

**BỘ LAO ĐỘNG THƯỜNG BINH VÀ XÃ HỘI  
TỔNG CỤC DẠY NGHỀ**

**GIÁO TRÌNH**  
**Mô đun: KỸ THUẬT CẢM BIẾN**  
**NGHỀ: ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP**  
**TRÌNH ĐỘ : CAO ĐẲNG**

*Ban hành kèm theo Quyết định số: 120/QĐ-TCDN ngày 25 tháng 02 năm  
2013 của Tổng cục trưởng Tổng cục Dạy nghề*



**Năm 2013**

## **TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN**

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

## LỜI GIỚI THIỆU

Để thực hiện biên soạn giáo trình đào tạo nghề Điện tử công nghiệp ở trình độ Cao Đẳng Nghề và Trung Cấp Nghề, giáo trình cảm biến là một trong những giáo trình mô đun đào tạo chuyên ngành được biên soạn theo nội dung chương trình khung được Bộ Lao động Thương binh Xã hội và Tổng cục Dạy Nghề phê duyệt.

Khi biên soạn, nhóm biên soạn đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến nội dung chương trình đào tạo và phù hợp với mục tiêu đào tạo, nội dung lý thuyết và thực hành được biên soạn gắn với nhu cầu thực tế trong sản xuất đồng thời có tính thực tiễn cao.

Nội dung giáo trình được biên soạn với dung lượng thời gian đào tạo 180 giờ gồm có:

Bài 1: Bài mở đầu các khái niệm cơ bản về bộ cảm biến

Bài 2: Cảm biến nhiệt độ

Bài 3: Cảm biến tiệm cận và một số loại cảm biến xác định vị trí và khoảng cách khác

Bài 4: Phương pháp đo lưu lượng

Bài 5: Đo vận tốc vòng quay và góc quay

Bài 6: Cảm biến quang điện

Trong quá trình sử dụng giáo trình, tùy theo yêu cầu cũng như khoa học và công nghệ phát triển có thể điều chỉnh thời gian và bổ sung những kiến thức mới cho phù hợp. Trong giáo trình, chúng tôi có đề ra nội dung thực tập của từng bài để người học củng cố và áp dụng kiến thức phù hợp với kỹ năng. Tuy nhiên, tùy theo điều kiện cơ sở vật chất và trang thiết bị, các trường có thể sử dụng cho phù hợp.

Mặc dù đã cố gắng tổ chức biên soạn để đáp ứng được mục tiêu đào tạo nhưng không tránh được những khiếm khuyết. Rất mong nhận được đóng góp ý kiến của các thầy, cô giáo, bạn đọc để nhóm biên soạn sẽ hiệu chỉnh hoàn thiện hơn. Các ý kiến đóng góp xin gửi về Trường Cao đẳng nghề Lilama 2, Long Thành Đồng Nai.

*Đồng Nai, ngày 10 tháng 06 năm 2013*

Tham gia biên soạn

1. Chủ biên TS. Lê Văn Hiền
2. KS. Lê Phước Tuy

## MỤC LỤC

### ĐỀ MỤC

### TRANG

LỜI GIỚI THIỆU ..... 2

MỤC LỤC ..... 3

MÔ ĐUN KỸ THUẬT CẢM BIẾN..... 6

### BÀI MỞ ĐẦU

**KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CÁC BỘ CẢM BIẾN** ..... 8

1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến:..... 8

2. Phạm vi sử dụng của cảm biến ..... 10

3. Phân loại cảm biến: ..... 10

YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI MỞ ĐẦU ..... 12

### BÀI 1

**CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ**..... 13

1.1 Đại cương..... 13

1.1.1 Thang đo nhiệt độ ..... 13

1.1.2 Nhiệt độ cần đo và nhiệt độ được đo ..... 14

1.2 Nhiệt điện trở Platin và Niken ..... 14

1.2.1 Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ ..... 14

1.2.2 Nhiệt điện trở Platin..... 15

1.2.3 Nhiệt điện trở Niken ..... 17

1.3 Cảm biến nhiệt độ với vật liệu Silic..... 20

1.4 IC cảm biến nhiệt độ..... 24

1.5 Nhiệt điện trở NTC..... 26

1.6 Nhiệt điện trở PTC ..... 29

1.7 Thực hành với cảm biến nhiệt độ Platin Pt 100, Pt1000 và ADT70 ..... 31

1.8 Thực hành với cảm biến LM35..... 33

1.9 Thực hành với cảm biến nhiệt điện trở NTC..... 34

1.10 Thực hành với cảm biến nhiệt điện trở PTC ..... 36

YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI 1 ..... 38

### BÀI 2

**CẢM BIẾN TIỆM CẬN VÀ CÁC LOẠI CẢM BIẾN XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ , KHOẢNG CÁCH**..... 39

2.1 Cảm biến tiệm cận (Proximity Sensor) ..... 39

2.1.1 Cảm biến tiệm cận điện cảm (Inductive Proximity Sensor)..... 43

2.1.2 Cảm biến tiệm cận điện dung (Capacitive Proximity Sensor)..... 47

2.2 Một số loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách khác ..... 50

2.2.1 Xác định vị trí và khoảng cách dùng biến trở ..... 50

2.2.2	Xác định vị trí khoảng cách bằng tự cảm (Inductance Transducers).	53
2.2.3.	Xác định vị trí khoảng cách bằng cảm biến điện dung (Capacitance Transducers )	57
2.2.4	Cảm biến từ	60
2.2.5	Cảm biến phân loại màu	62
2.3	Thực hành với cảm biến tiệm cận điện cảm	63
2.4	Thực hành với cảm biến tiệm cận điện dung	64
2.5	Thực hành với cảm biến từ	65
2.6	Thực hành với cảm phân loại màu	66
<b>YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI 2</b>		64
<b>BÀI 3</b>		
<b>PHƯƠNG PHÁP ĐO LƯU LƯỢNG</b>		68
3.1.	Đại cương	68
3.2.	Phương pháp đo lưu lượng theo nguyên tắc chênh lệch áp suất	71
3.3.	Phương pháp đo lưu lượng bằng tần số dòng xoáy	76
3.3.1.	Nguyên tắc hoạt động	76
3.3.2.	Các ưu, nhược điểm của phương pháp đo lưu lượng dùng nguyên tắc tần số dòng xoáy	77
3.3.3.	Một số ứng dụng của cảm biến đo lưu lượng dùng nguyên tắc tần số dòng xoáy	78
3.4.	Thực hành với cảm biến đo lưu lượng	78
3.4.1.	Ghi nhận các thông số của cảm biến	78
3.4.2.	Thiết lập các thông số cho cảm biến	80
<b>YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI 3</b>		81
<b>BÀI 4</b>		
<b>ĐO VẬN TỐC VÒNG QUAY VÀ GÓC QUAY</b>		83
4.1.	Một số phương pháp đo vận tốc vòng quay cơ bản	83
4.2.	Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp Analog	83
4.3.	Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp quang điện tử	85
4.4.	Đo vận tốc vòng quay với nguyên tắc điện trở từ	88
4.5.	Cảm biến đo góc với tổ hợp có điện trở từ	92
4.6.	Máy đo góc tuyệt đối (Resolver)	93
4.7.	Thực hành đo góc với encoder tương đối và tuyệt đối	94
4.8.	Thực hành với cảm biến đo vòng quay	96
4.8.1	Cảm biến KMI15/1	96
4.8.2	Cảm biến đo vòng quay KMI16/1	97
4.8.3	Thực hành với cảm biến đo góc KM110BH/2430, KM110BH/2470	98

YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI 4 .....	98
<b>BÀI 5</b>	
<b>CẢM BIẾN QUANG ĐIỆN</b> .....	100
5.1 Đại cương.....	100
5.1.1 Tính chất ánh sáng .....	100
5.1.2 Các loại nguồn sáng.....	101
5.1.3 Các cảm biến quang.....	102
5.1.4 Một số cảm biến quang thông dụng.....	108
5.2 Cảm biến quang loại thu phát độc lập.....	109
5.3 Cảm biến quang loại phản xạ gương.....	112
5.4 Cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán.....	115
5.5. Một số ứng dụng của cảm biến quang điện.....	116
5.6. Thực hành với cảm biến quang.....	120
5.6.1 Thực hành với cảm biến quang loại phát thu độc lập.....	120
5.6.2 Thực hành với cảm biến quang loại gương phản xạ .....	121
5.6.3 Thực hành với cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán .....	122
YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI 5 .....	123
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	119

## MÔ ĐUN KỸ THUẬT CẢM BIẾN

### Mã môđun MĐ 31

#### Vị trí, ý nghĩa, vai trò của môđun:

Trong nền công nghiệp sản xuất hiện đại ngày nay, rất nhiều nhà máy xí nghiệp đang trang bị cho mình những dây chuyền sản xuất tự động hoặc bán tự động. Các loại cảm biến đã có mặt trong hầu hết các lĩnh vực điều khiển tự động, nó đóng một vai trò rất quan trọng, không một thiết bị nào có thể thay thế được. Việc trang bị cho mình những kiến thức về các loại cảm biến là nhu cầu bức xúc của các kỹ thuật viên, kỹ sư của ngành Điện tử công nghiệp cũng như những ngành khác.

Mô đun Kỹ thuật cảm biến là một mô đun chuyên môn của học viên ngành Điện tử công nghiệp. Mô đun này nhằm trang bị cho học viên các trường cao đẳng nghề, trung cấp nghề và các trung tâm dạy nghề những kiến thức về nguyên lý, cấu tạo, các mạch ứng dụng trong thực tế của các loại cảm biến ... với các kiến thức này học viên có thể áp dụng trực tiếp vào lĩnh vực sản xuất cũng như đời sống. Ngoài ra các kiến thức này dùng làm phương tiện để học tiếp các môn chuyên môn của nghề Điện tử công nghiệp như PLC, Điều khiển điện-khí nén,....

#### Mục tiêu của môđun:

Sau khi học xong mô đun này học viên có năng lực

\* Về kiến thức :

- Trình bày được đặc tính cấu tạo và nguyên lý làm việc của các loại cảm biến

- Phân tích được các phương pháp kết nối mạch điện

\* Về kỹ năng :

- Thiết kế được mạch cảm biến đơn giản đạt yêu cầu kỹ thuật

- Thực hành lắp ráp một số mạch điều khiển thiết bị cảm biến đúng yêu cầu

- Kiểm tra, vận hành và sửa chữa được mạch ứng dụng các loại cảm biến đúng yêu cầu kỹ thuật

\* Về thái độ :

- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác, an toàn và vệ sinh công nghiệp

#### Nội dung chính của môđun :

Số TT	Tên các bài trong mô đun	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra*
1	Bài mở đầu: Các khái niệm cơ bản về bộ cảm biến	2	2	0	0
2	Cảm biến nhiệt độ	57	12	44	1

3	Cảm biến tiệm cận và một số loại cảm biến xác định vị trí và khoảng cách khác	42	12	29	1
4	Phương pháp đo lưu lượng	25	10	14	1
5	Đo vận tốc vòng quay và góc quay	30	12	17	1
6	Cảm biến quang điện	24	12	12	0
	<b>Cộng</b>	<b>180</b>	<b>60</b>	<b>116</b>	<b>4</b>

\* Ghi chú : Thời gian kiểm tra được tích hợp giữa lý thuyết với thực hành được tính vào giờ thực hành



**BÀI MỞ ĐẦU**  
**KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CÁC BỘ CẢM BIẾN**  
**Mã bài: MĐ31-00**

**GIỚI THIỆU**

Các bộ cảm biến được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực kinh tế và kỹ thuật, các bộ cảm biến đặc biệt rất nhạy cảm được sử dụng trong các thí nghiệm, các lĩnh vực nghiên cứu khoa học. Trong lĩnh vực tự động hoá người ta sử dụng các sensor bình thường cũng như đặc biệt. Cảm biến có rất nhiều loại, rất đa dạng và phong phú, do nhiều hãng sản xuất, giúp con người nhận biết các quá trình làm việc tự động của máy móc hoặc trong tự động hoá công nghiệp.

**MỤC TIÊU BÀI HỌC**

Sau khi học xong bài này học viên có đủ khả năng :

- Phát biểu được khái niệm về các bộ cảm biến
- Trình bày được các ứng dụng và phương pháp phân loại các bộ cảm biến
- Rèn luyện tính tư duy và tác phong công nghiệp

**1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến:**

**Mục tiêu :**

- Phát biểu được khái niệm về các bộ cảm biến
- Phát biểu được các đặc trưng cơ bản của cảm biến

\* Khái niệm:

Cảm biến là thiết bị dùng để cảm nhận và biến đổi các đại lượng vật lý và các đại lượng không có tính chất về điện cần đo thành các đại lượng mang tính chất về điện có thể đo và xử lý được

Các đại lượng cần đo (m) thường không có tính chất về điện như nhiệt độ, áp suất,... tác động lên cảm biến cho ta một đặc trưng (s) mang tính chất điện như điện áp, điện tích, dòng điện hoặc trở kháng chứa đựng thông tin cho phép xác định giá trị của đại lượng đo. Đặc trưng (s) là hàm của đại lượng cần đo (m) :

$$s = f(m) \quad (1)$$

Người ta gọi (s) là đại lượng đầu ra hoặc là phản ứng của cảm biến, (m) là đại lượng đầu vào hay kích thích (có nguồn gốc là đại lượng cần đo). Thông qua đo đạc (s) cho phép nhận biết giá trị (m).

\* Các đặc trưng cơ bản của cảm biến :

- Độ nhạy của cảm biến

Đối với cảm biến tuyến tính, giữa biến thiên đầu ra  $\Delta s$  và biến thiên đầu vào  $\Delta m$  có sự liên hệ tuyến tính:

$$\Delta s = S. \Delta m \quad (2)$$

Đại lượng S được xác định bởi biểu thức  $S = \frac{\Delta s}{\Delta m}$  (3) được gọi là độ nhạy của cảm biến.

- Sai số và độ chính xác

Các bộ cảm biến cũng như các dụng cụ đo lường khác, ngoài đại lượng cần đo (cảm nhận) còn chịu tác động của nhiều đại lượng vật lý khác gây nên sai số giữa giá trị đo được và giá trị thực của đại lượng cần đo. Gọi  $\Delta x$  là độ lệch tuyệt đối giữa giá trị đo và giá trị thực  $x$  (sai số tuyệt đối), sai số tương đối của bộ cảm biến được tính bằng :

$$\delta = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100 \text{ , [\%]} \quad (4)$$

Sai số của cảm biến mang tính chất ước tính bởi vì không thể biết chính xác giá trị thực của đại lượng cần đo.

- Độ nhanh và thời gian hồi đáp

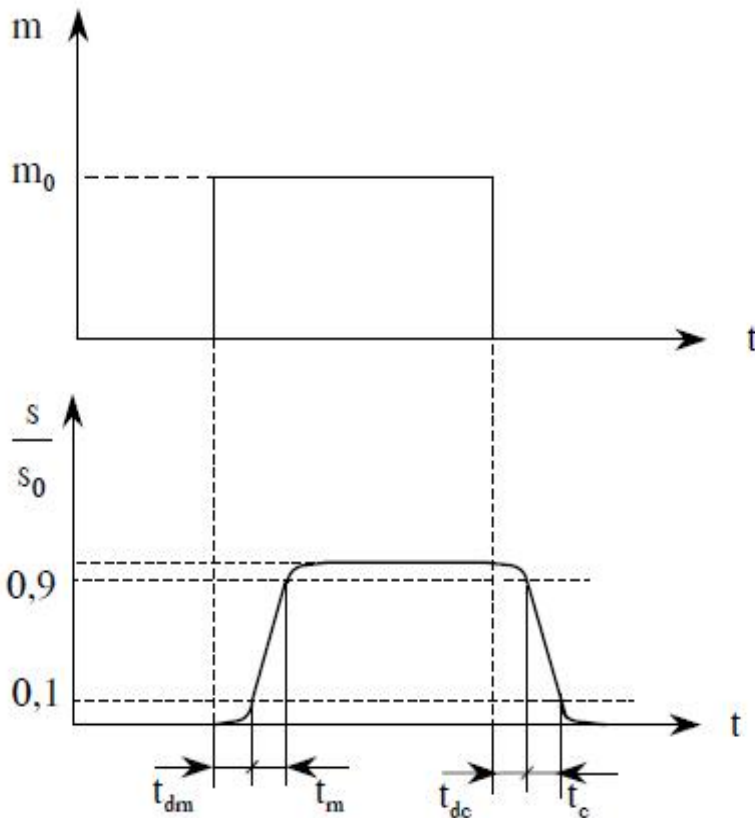
Độ nhanh là đặc trưng của cảm biến cho phép đánh giá khả năng theo kịp về thời gian của đại lượng đầu ra khi đại lượng đầu vào biến thiên. Thời gian hồi đáp là đại lượng được sử dụng để xác định giá trị số của độ nhanh.

Độ nhanh  $t_r$  là khoảng thời gian từ khi đại lượng đo thay đổi đột ngột đến khi khi biến thiên của đại lượng đầu ra chỉ còn khác giá trị cuối cùng một lượng giới hạn  $\varepsilon$  tính bằng %. Thời gian hồi đáp tương ứng với  $\varepsilon$  (%) xác định khoảng thời gian cần thiết phải chờ đợi sau khi có sự biến thiên đại lượng đo để lấy giá trị của đầu ra với độ chính xác định trước. thời gian hồi đáp đặc trưng cho chế độ quá độ của cảm biến và là hàm của các thông số thời gian xác định chế độ này.

Trong trường hợp sự thay đổi của đại lượng đo có dạng bậc thang, các thông số thời gian gồm thời gian trễ khi tăng ( $t_{dm}$ ) và thời gian tăng ( $t_m$ ) ứng với sự tăng đột ngột của đại lượng đo hoặc thời gian trễ khi giảm ( $t_{dc}$ ) và thời gian giảm ( $t_c$ ) ứng với sự giảm đột ngột của đại lượng đo. Khoảng thời gian trễ khi tăng ( $t_{dm}$ ) là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra tăng từ giá trị ban đầu của nó đến 10% của biến thiên tổng cộng của đại lượng này và khoảng thời gian tăng ( $t_m$ ) là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra tăng từ 10% đến 90% biến thiên tổng cộng của nó.

Tương tự khi đại lượng đo giảm, thời gian trễ khi giảm ( $t_{dc}$ ) là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra giảm từ giá trị ban đầu của nó đến 10% biến thiên tổng cộng của đại lượng này và khoảng thời gian giảm ( $t_c$ ) là thời gian cần thiết để đại lượng đầu ra giảm từ 10% đến 90% biến thiên tổng cộng của nó.

Các thông số về thời gian ( $t_r$ ), ( $t_{dm}$ ), ( $t_m$ ), ( $t_{dc}$ ), ( $t_c$ ) của cảm biến cho phép ta đánh giá về thời gian hồi đáp của nó.



Hình 1 Xác định các khoảng thời gian đặc trưng cho chế độ quá độ

## 2. Phạm vi sử dụng của cảm biến

### Mục tiêu :

- Trình bày được phạm vi ứng dụng của các bộ cảm biến

Ngày nay các bộ cảm biến được sử dụng nhiều trong các ngành kinh tế và kỹ thuật như trong các ngành công nghiệp, nông nghiệp, giao thông vận tải,... Các bộ cảm biến đặc biệt rất nhạy được sử dụng trong các thí nghiệm và trong nghiên cứu khoa học. Trong lĩnh vực tự động hóa, các bộ cảm biến được sử dụng nhiều nhất với nhiều loại khác nhau kể cả các bộ cảm biến bình thường cũng như đặc biệt.

## 3. Phân loại cảm biến:

### Mục tiêu :

- Trình bày được các phương pháp phân loại các bộ cảm biến

Các bộ cảm biến được phân loại theo các đặc trưng cơ bản sau đây :

- Theo nguyên tắc chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích

<b>Hiện tượng</b>	<b>Chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích</b>
Hiện tượng vật lý	Nhiệt điện , quang điện , quang từ , điện từ, quang đàn hồi , từ điện , nhiệt từ,...
Hóa học	Biến đổi hoá học , Biến đổi điện hoá , Phân

	tích phổ,...
Sinh học	Biến đổi sinh hoá , Biến đổi vật lý , Hiệu ứng trên cơ thể sống,...

- Theo dạng kích thích

<i>Kích thích</i>	<i>Các đặc tính của kích thích.</i>
Âm thanh	-Biên pha, phân cực-Phổ-Tốc độ truyền sóng...
Điện	-Điện tích, dòng điện-Điện thế, điện áp-Điện trường-Điện dẫn, hằng số điện môi...
Từ	-Từ trường-Từ thông, cường độ từ trường-Độ từ thẩm...
Cơ	-Vị trí-Lực, áp suất-Gia tốc, vận tốc, ứng suất, độ cứng-Mômen -Khối lượng, tỉ trọng-Độ nhớt...
Quang	-Phổ-Tốc độ truyền-Hệ số phát xạ, khúc xạ...
Nhiệt	-Nhiệt độ-Thông lượng-Tỷ nhiệt...
Bức xạ	-Kiểu-Năng lượng-Cường độ...

- Theo tính năng

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| + Độ nhạy            | + Khả năng quá tải        |
| + Độ chính xác       | + Tốc độ đáp ứng          |
| + Độ phân giải       | + Độ ổn định              |
| + Độ tuyến tính      | + Tuổi thọ                |
| + Công suất tiêu thụ | + Điều kiện môi trường    |
| + Dải tần            | + Kích thước, trọng lượng |
| + Độ trễ             |                           |

- Phân loại theo phạm vi sử dụng

- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| + Công nghiệp           | + Nông nghiệp           |
| + Nghiên cứu khoa học   | + Dân dụng              |
| + Môi trường, khí tượng | + Giao thông vận tải... |
| + Thông tin, viễn thông |                         |

- Theo thông số của mô hình mạch điện thay thế

- + Cảm biến tích cực (có nguồn) : Đầu ra là nguồn áp hoặc nguồn dòng
- + Cảm biến thụ động (không có nguồn): Cảm biến gọi là thụ động khi chúng cần có thêm nguồn năng lượng phụ để hoàn tất nhiệm vụ đo kiểm, còn loại cực tính thì không cần. Được đặc trưng bằng các thông số: R, L, C...tuyến tính hoặc phi tuyến.

## **YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI MỞ ĐẦU**

### **+** Nội dung:

+ *Về kiến thức: Trình bày được khái niệm, ứng dụng và cách phân loại các bộ cảm biến*

+ *Về thái độ: Đảm bảo an toàn và vệ sinh công nghiệp.*

### **+** Phương pháp:

+ *Về kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm*

+ *Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác, ngăn nắp trong công việc.*

# BÀI 1

## CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ

### Mã bài: MĐ31-01

#### GIỚI THIỆU

Cảm biến nhiệt độ được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực kinh tế và kỹ thuật, vì cảm biến nhiệt độ đóng vai trò quyết định đến tính chất của vật chất, nhiệt độ có thể làm ảnh hưởng đến các đại lượng chịu tác dụng của nó, ví dụ như áp suất, thể tích chất khí ... v.v.

Cảm biến nhiệt độ rất nhạy cảm được sử dụng trong các thí nghiệm, các lĩnh vực nghiên cứu khoa học. Trong lĩnh vực tự động hoá người ta sử dụng các sensor bình thường cũng như đặc biệt.

#### MỤC TIÊU BÀI HỌC

Sau khi học xong bài này học viên có đủ khả năng:

- Trình bày được cấu tạo, đặc tính của các loại cảm biến theo nội dung đã học
- Thực hiện được các mạch cảm biến đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác và an toàn vệ sinh công nghiệp

#### 1.1 Đại cương

##### Mục tiêu :

- Phát biểu được các thang đo nhiệt độ
- Trình bày được tầm quan trọng của đại lượng nhiệt độ và các phương pháp đo nhiệt độ

##### 1.1.1 Thang đo nhiệt độ

Nhiệt độ có ba thang đo

- Thang Kelvin : hay còn gọi là thang nhiệt độ động học tuyệt đối, đơn vị là K . Trong thang Kelvin này người ta gán cho nhiệt độ của điểm cân bằng của ba trạng thái nước đá-nước-hơi một giá trị số bằng 273,15K (thường được sử dụng là 273K)

Từ thang Kelvin người ta xác định thêm các thang mới là thang Celsius và thang Fahrenheit bằng cách chuyển dịch các giá trị nhiệt độ

- Thang Celsius : đơn vị nhiệt độ là  $^{\circ}C$ . Quan hệ giữa nhiệt độ Celsius và nhiệt độ Kelvin được xác định theo biểu thức :

$$T(^{\circ}C) = T(K) - 273,15 \quad (1-1)$$

- Thang Fahrenheit : đơn vị nhiệt độ là  $^{\circ}F$

Ta có chuyển đổi qua lại giữa  $^{\circ}C$  và  $^{\circ}F$  như sau :

$$T(^{\circ}C) = \frac{5}{9}[T(^{\circ}F) - 32] \quad (1-2)$$

$$T(^{\circ}F) = \frac{9}{5}T(^{\circ}C) + 32 \quad (1-3)$$

Nhiệt độ	Kelvin (K)	Celsius ( $^{\circ}C$ )	Fahrenheit ( $^{\circ}F$ )
Điểm 0 tuyệt đối	0	-273,15	-459,67
Hỗn hợp nước-nước đá	273,15	0	32
Cân bằng nước-nước đá-hơi nước	273,16	0,01	32,018
Nước sôi	373,15	100	212

*Bảng 1.1 Thông số đặc trưng của các thang đo nhiệt độ khác nhau*

### 1.1.2 Nhiệt độ cân đo và nhiệt độ được đo

Trong tất cả các đại lượng vật lý, nhiệt độ là một trong những đại lượng được quan tâm nhiều nhất. Đó là vì nhiệt độ có vai trò quyết định trong nhiều tính chất của vật chất như làm thay đổi áp suất và thể tích của chất khí, làm thay đổi điện trở của kim loại, ... hay nói cách khác nhiệt độ làm thay đổi liên tục các đại lượng chịu ảnh hưởng của nó.

Có nhiều cách đo nhiệt độ, trong đó có thể liệt kê các phương pháp chính sau

- Phương pháp quang dựa trên sự phân bố phổ bức xạ nhiệt do dao động nhiệt (hiệu ứng Doppler)
- Phương pháp cơ dựa trên sự giãn nở của vật rắn, của chất lỏng hoặc chất khí (với áp suất không đổi), hoặc dựa trên tốc độ âm thanh
- Phương pháp điện dựa trên sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ (hiệu ứng Seebeck), hoặc dựa trên sự thay đổi tần số dao động của thạch anh

### 1.2 Nhiệt điện trở Platin và Niken

#### Mục tiêu :

- Trình bày được cấu tạo và đặc tính của nhiệt điện trở Platin và Niken

#### 1.2.1 Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ

Nhiệt điện trở là linh kiện mà điện trở của bản thân nó sẽ thay đổi khi nhiệt độ tác động lên nó thay đổi

Nhiệt điện trở thường được chế tạo từ các vật liệu có khả năng chịu nhiệt như :

- Nhiệt điện trở đồng với khả năng chịu nhiệt :  $-50^{\circ}C$  đến  $180^{\circ}C$
- Nhiệt điện trở niken với khả năng chịu nhiệt :  $0^{\circ}C$  đến  $300^{\circ}C$
- Nhiệt điện trở platin với khả năng chịu nhiệt :  $-180^{\circ}C$  đến  $1200^{\circ}C$

Người ta kéo chúng thành sợi mảnh quấn trên khung chịu nhiệt rồi đặt vào hộp vỏ đặc biệt và đưa ra 2 đầu để lấy tín hiệu với điện trở ( $R_0$ ) chế tạo khoảng từ  $10(\Omega)$  đến  $100(\Omega)$

Trong đó  $R_0$  là điện trở tại thời điểm ban đầu

$$R_0 = \frac{1}{n.e.\mu} \quad (1-4)$$

Trong đó:  $n$  - là số điện tử tự do trong một đơn vị diện tích

$e$  - là điện tích của điện tử tự do

$\mu$  - là tính linh hoạt của điện tử,  $\mu$  được đặc trưng bởi tốc độ của điện tử trong từ trường).

Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ có ưu điểm được sử dụng rất rộng rãi và được sử dụng nhiều. Song nhược điểm của điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ là kích thước lớn, công kênh, có quán tính lớn.

### 1.2.2 Nhiệt điện trở Platin

Platin là vật liệu cho nhiệt điện trở được dùng rộng rãi trong công nghiệp. Có 2 tiêu chuẩn đối với nhiệt điện trở platin, sự khác nhau giữa chúng nằm ở mức độ tinh khiết của vật liệu. Hầu hết các quốc gia sử dụng tiêu chuẩn quốc tế DIN IEC 751 – 1983 (được sửa đổi lần thứ nhất vào năm 1986, lần thứ 2 vào năm 1995). USA vẫn tiếp tục sử dụng tiêu chuẩn riêng.

Ở cả 2 tiêu chuẩn đều sử dụng phương trình Callendar – VanDusen :

$$R(t) = R_0 [1 + A.t + B.t^2 + C (t - 100^0C).t^3] \quad (1-5)$$

$R_0$  là trị số điện trở định mức ở  $0^0C$

<i>Standard</i>	<i>Alpha ohms/ohm/°C</i>	<i>R<sub>0</sub> ohms</i>	<i>Hệ số</i>	<i>Đất nước</i>
IEC 751 (Pt100)	0,003855055	100	-200 <sup>0</sup> C < t < 0 <sup>0</sup> C A = 3,90830 x 10 <sup>-3</sup> B = - 5,77500 x 10 <sup>-7</sup> C = - 4,18301 x 10 <sup>-12</sup> 0 <sup>0</sup> C < t < 850 <sup>0</sup> C A & B như trên, riêng C = 0,0	Áo, Brazil, Úc, Bỉ, Bungari, Canada, Đan mạch, Ai cập, Phần Lan, Pháp , Đức, Isaren, Ý, Nhật, Nam Phi, Thổ Nhĩ Kỳ, Nga, Anh, Ba Lan, Rumani
SAMA RC - 4	0,0039200	98,129	A = 3,97869 x 10 <sup>-3</sup>	USA



			$B = - 5,86863 \times 10^{-7}$ $C = - 4,16696 \times 10^{-12}$	
--	--	--	---	--

*Bảng 1.2 Tiêu chuẩn quốc tế IEC-751 và SAMA RC-4*

$R_0$  của nhiệt điện trở Pt 100 là  $100\Omega$ , của Pt 1.000 là  $1.000\Omega$ , các loại Pt 500 , Pt 1.000 có hệ số nhiệt độ lớn hơn, do đó độ nhạy lớn hơn (điện trở thay đổi mạnh hơn theo nhiệt độ). Ngoài ra còn có loại Pt 10 có độ nhạy kém dùng để đo nhiệt độ trên  $600^{\circ}\text{C}$ .

Tiêu chuẩn IEC 751 chỉ định nghĩa 2 đẳng cấp dung sai A, B. Trên thực tế xuất hiện thêm loại C và D (Bảng 1.3). Các tiêu chuẩn này cũng áp dụng cho các loại nhiệt điện trở khác.

<b>Đẳng cấp dung sai</b>	<b>Dung sai (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>
A	$t = \pm (0,15 + 0,002 \cdot  t )$
B	$t = \pm (0,30 + 0,005 \cdot  t )$
C	$t = \pm (0,40 + 0,009 \cdot  t )$
D	$t = \pm (0,60 + 0,018 \cdot  t )$

*Bảng 1.3 Tiêu chuẩn về dung sai*

Theo tiêu chuẩn DIN vật liệu Platin dùng làm nhiệt điện trở có pha tạp. Do đó khi bị các tạp chất khác thẩm thấu trong quá trình sử dụng sự thay đổi trị số điện của nó ít hơn so với các Platin ròng, nhờ thế sự ổn định lâu dài theo thời gian, thích hợp hơn trong công nghiệp. Trong công nghiệp nhiệt điện trở Platin thường dùng có đường kính  $30\ \mu\text{m}$  (so sánh với đường kính sợi tóc khoảng  $100\ \mu\text{m}$ )

\* Mạch ứng dụng với nhiệt điện trở platin :

ADT70 là IC do hãng Analog Devices sản xuất, cung cấp sự kết hợp lý tưởng với Pt1.000, ta sẽ có dải đo nhiệt độ rộng, nó cũng có thể sử dụng với Pt100. Trong trường hợp có sự cách biệt, với nhiệt điện trở Platin kỹ thuật màng mỏng, ADT70 có thể đo từ  $50^{\circ}\text{C}$  đến  $500^{\circ}\text{C}$ , còn với nhiệt điện trở Platin tốt, có thể đo đến  $1.000^{\circ}\text{C}$ . Độ chính xác của hệ thống gồm ADT70 và nhiệt điện trở Platin ở thang đo  $-200^{\circ}\text{C}$  đến  $1.000^{\circ}\text{C}$  phụ thuộc nhiều vào phẩm chất của nhiệt điện trở Platin.

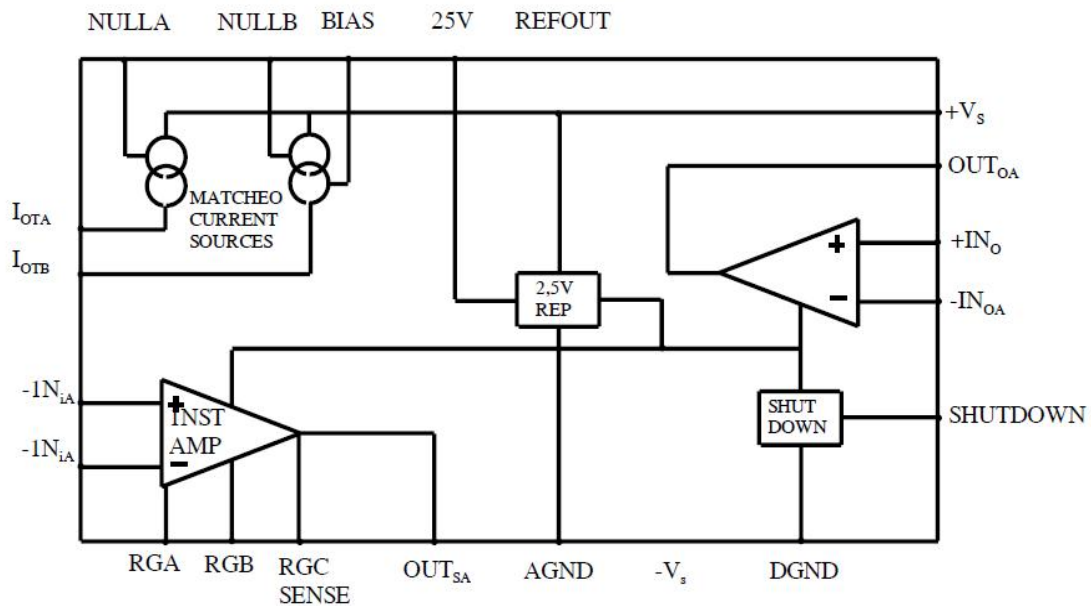
Các thông số thiết bị ADT70 :

- Sai số :  $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Điện áp hoạt động: 5 vôn hoặc  $\pm 5$  vôn
- Nhiệt độ hoạt động: Từ  $- 40^{\circ}\text{C}$  đến  $125^{\circ}\text{C}$  (dạng 20 – lead DIP, SO packages)

- Ứng dụng: Thiết bị di động, bộ điều khiển nhiệt độ

ADT70 có 2 thành phần chính : Nguồn dòng có thể điều chỉnh và bộ phận khuếch đại, nguồn dòng có thể điều chỉnh bộ phận khuếch đại. Nguồn dòng được sử dụng để cung cấp cho nhiệt điện trở và điện trở tham chiếu. Bộ phận khuếch đại so sánh điện áp trên nhiệt điện trở và điện áp trên điện trở tham chiếu, sau đó đưa tín hiệu điện áp tương ứng với nhiệt độ. (ADT70 còn có 1 opamp, 1 nguồn áp 2,5 vôn).

Dải đo của ADT70 phụ thuộc vào đặc tính của nhiệt điện trở, vì vậy điều quan trọng là phải chọn lựa nhiệt điện trở thích hợp với ứng dụng thực tế



Hình 1.1 Sơ đồ khối ADT70

### 1.2.3 Nhiệt điện trở Niken

Nhiệt điện trở niken so sánh với Platin rẻ tiền hơn và có hệ số nhiệt độ lớn gần gấp 2 lần ( $6,18 \cdot 10^{-3}, (^{\circ}\text{C})^{-1}$ ). Tuy nhiên dải đo chỉ từ  $-60^{\circ}\text{C}$  đến  $+250^{\circ}\text{C}$ , vì trên  $350^{\circ}\text{C}$  niken có sự thay đổi về pha, cảm biến niken 100 thường dùng trong công nghiệp điều hoà nhiệt độ phòng.

$$R(t) = R_0 (1 + A.t + B.t^2 + D.t^4 + F.t^6) \quad (I-6)$$

$$A = 5,485 \times 10^{-3} ; B = 6,650 \times 10^{-6} ; D = 2,805 \times 10^{-11} ; F = -2,000 \times 10^{-17}$$

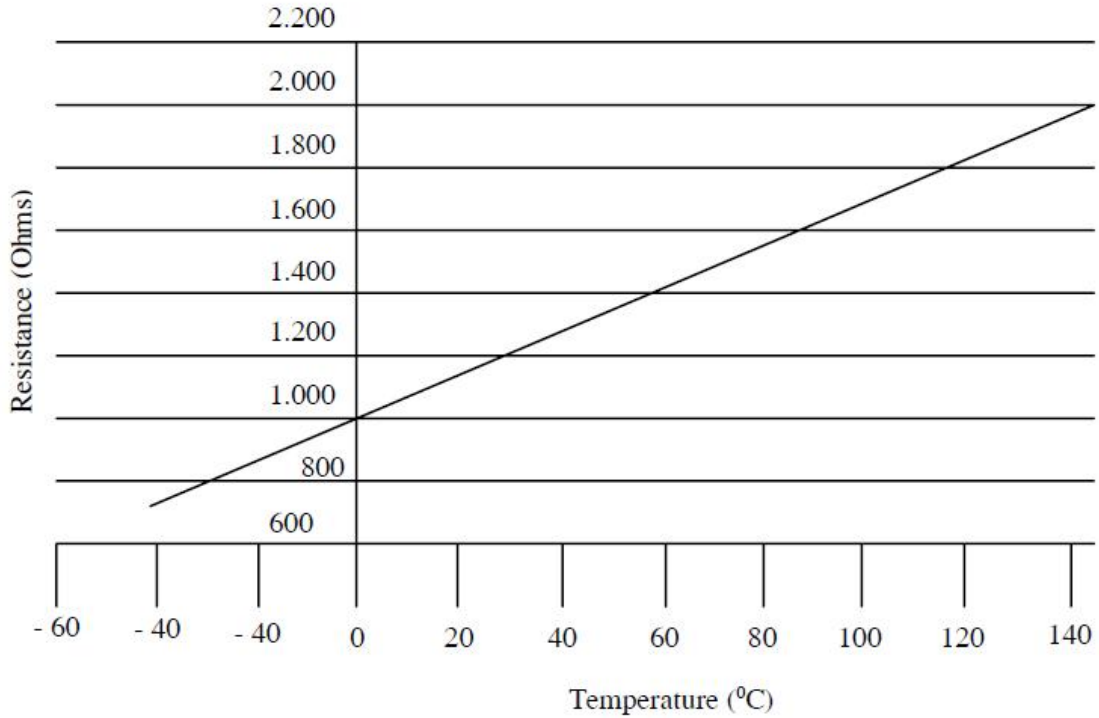
Với các trường hợp không đòi hỏi sự chính xác cao, ta sử dụng phương trình sau :

$$R(t) = R_0 (1 + a.t) \quad (I-7)$$

$$a = \alpha = 0,00672(\text{Ohms}/\text{Ohm}/^{\circ}\text{C})$$

Từ đó dễ dàng chuyển đổi thành giá trị nhiệt độ :

$$T = (R_t/R_0 - 1) / a = (R_t/R_0 - 1)/0,00672 \quad (1-8)$$



Hình 1.2 Đường đặc tính cảm biến nhiệt độ ZNI 1000

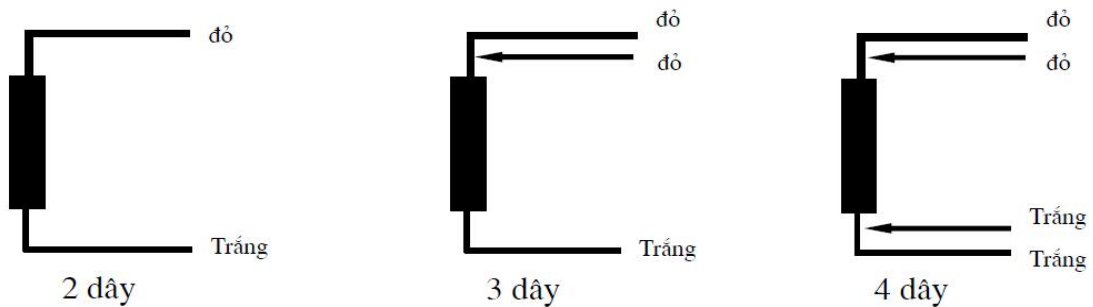
Cảm biến nhiệt độ ZNI 1.000 do hãng ZETEX Semiconductors sản xuất sử dụng nhiệt điện trở Ni, được thiết kế có giá trị 1.000( tại 0°C).

- Mạch ứng dụng với nhiệt điện trở Ni :

Zni 1.000 với ZMR500 được dùng với DVM như là nhiệt kế

\* Cách nối dây đo :

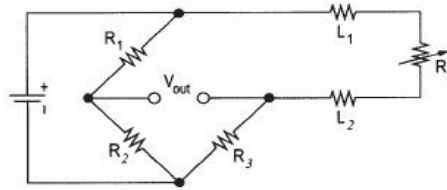
Nhiệt điện trở thay đổi điện trở theo nhiệt độ, với một dòng điện không đổi qua nhiệt điện trở, ta có thể đo được  $U = R.I$ , để cảm biến không bị nóng lên qua phép đo, dòng điện cần phải nhỏ khoảng 1 mA. Với Pt 100 ở 0°C ta có điện thế khoảng 0,1 vôn, điện thế này cần được đưa đến máy đo qua dây đo. Ta có 3 kỹ thuật nối dây đo:



Hình 1.3 Cách nối dây nhiệt điện trở

Tiêu chuẩn IEC 751 yêu cầu dây nối đến cùng đầu nhiệt điện trở phải có màu giống nhau (đỏ hoặc trắng) và dây nối đến 2 đầu phải khác màu.

- Kỹ thuật 2 dây :

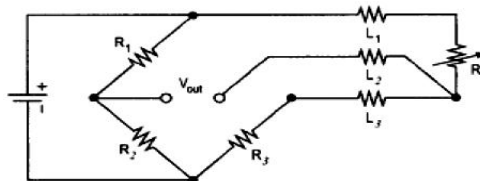


Hình 1.4 Kỹ thuật nối 2 dây

Giữa nhiệt điện trở và mạch điện tử được nối bởi 2 dây, bất cứ dây dẫn điện nào đều có điện trở, điện trở này nối tiếp với điện trở của 2 dây đo, mạch điện trở sẽ nhận được một điện thế cao hơn điện thế cần đo, kết quả ta có chỉ thị nhiệt kế cao hơn nhiệt độ cần đo, nếu khoảng cách quá xa, điện trở dây đo có thể lên đến vài ôm.

Để đảm tránh sai số của phép đo do điện trở của dây đo gây ra, người ta bù trừ điện trở của dây đo bằng một mạch điện như sau: Một biến trở bù trừ được nối vào một trong hai dây đo và nhiệt điện trở được thay thế bằng một điện trở  $100\Omega$ . Mạch điện tử được thiết kế với điện trở dự phòng của dây đo là  $10\Omega$ . Ta chỉnh biến trở sao có chỉ thị  $0^{\circ}\text{C}$ . Biến trở và điện trở của dây đo là  $10\Omega$ .

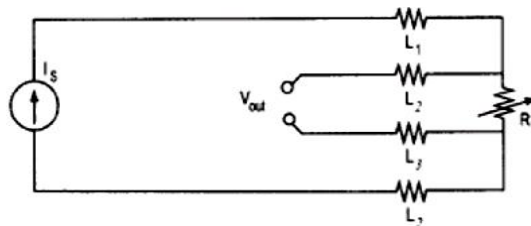
- Kỹ thuật 3 dây :



Hình 1.5 Kỹ thuật nối 3 dây

Từ nhiệt điện trở của dây đo được nối thêm một điện trở. Với cách nối dây này ta có 2 mạch đo được hình thành, một trong hai mạch được dùng làm mạch chuẩn, với kỹ thuật 3 dây, sai số của phép đo do điện trở dây đo và sự thay đổi của nó do nhiệt độ không còn nữa. Tuy nhiên 3 dây đo cần có cùng trị số kỹ thuật và có cùng một nhiệt độ. Kỹ thuật 3 dây rất phổ biến.

- Kỹ thuật 4 dây :



Hình 1.6 Kỹ thuật nối 4 dây

Với kỹ thuật 4 dây người ta đạt kết quả đo tốt nhất, hai dây được dùng cho một dòng điện không đổi qua nhiệt điện trở. Hai dây khác được dùng làm dây đo điện thế trên nhiệt điện trở, trường hợp tổng trở ngõ vào của mạch đo rất lớn so với điện trở dây đo, điện trở dây đo coi như không đáng kể, điện thế đo được không bị ảnh hưởng bởi điện trở dây đo và sự thay đổi của nó do nhiệt.

\* Các cấu trúc của cảm biến nhiệt platin và nickel :

- Nhiệt điện trở với vỏ gốm: Sợi Platin được giữ chặt trong ống gốm sứ với bột óit nhôm, dải đo từ  $-200^{\circ}\text{C}$  đến  $800^{\circ}\text{C}$ .

- Nhiệt điện trở với vỏ thủy tinh: Loại này có độ bền cơ học và độ nhạy cao, dải đo từ  $-200^{\circ}\text{C}$  đến  $400^{\circ}\text{C}$ , được dùng trong môi trường hoá chất có độ ăn mòn hoá học cao.

- Nhiệt điện trở với vỏ nhựa : Giữa 2 lớp nhựa polyamid dây platin có đường kính khoảng 30 mm được dán kín. Với cấu trúc mỏng, cảm biến này được dùng để đo nhiệt độ bề mặt các ống hay cuộn dây biến thế. Dải đo từ  $-80^{\circ}\text{C}$  đến  $230^{\circ}\text{C}$

- Nhiệt điện trở với kỹ thuật màng mỏng: Loại này có cấu trúc cảm biến gồm một lớp màng mỏng (platin) đặt trên nền ceramic hoặc thủy tinh. Tia lazer được sử dụng để chuẩn hoá giá trị điện trở của nhiệt điện trở.

### **1.3 Cảm biến nhiệt độ với vật liệu Silic**

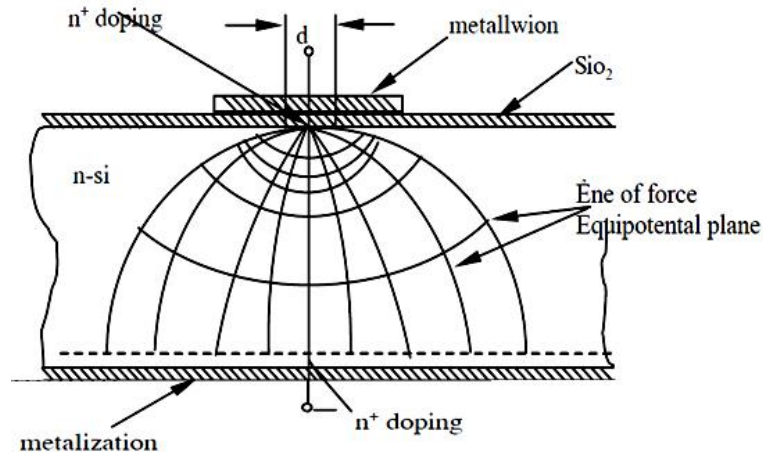
**Mục tiêu :**

- Trình bày được cấu tạo và đặc tính của cảm biến nhiệt độ với vật liệu Silic

Cảm biến nhiệt độ với vật liệu silic đang ngày càng đóng vai trò quan trọng trong các hệ thống điện tử. Với cảm biến silic, bên cạnh các đặc điểm tuyến tính, sự chính xác, phí tổn thấp, còn có thể tích hợp trong một IC cùng với bộ phận khuếch đại và các yêu cầu xử lý tín hiệu khác, hệ thống trở nên nhỏ gọn, mức độ phức tạp cao hơn và chạy nhanh hơn. Kỹ thuật cảm biến truyền thống như cặp nhiệt, nhiệt điện trở có đặc tuyến không tuyến tính và yêu cầu sự điều chỉnh có thể chuyển đổi chính xác từ giá trị nhiệt độ sang đại lượng điện (dòng hoặc áp), đang được hay thế dần bởi các cảm biến silic với lợi điểm là sự nhỏ gọn của mạch điện tích hợp và dễ sử dụng.

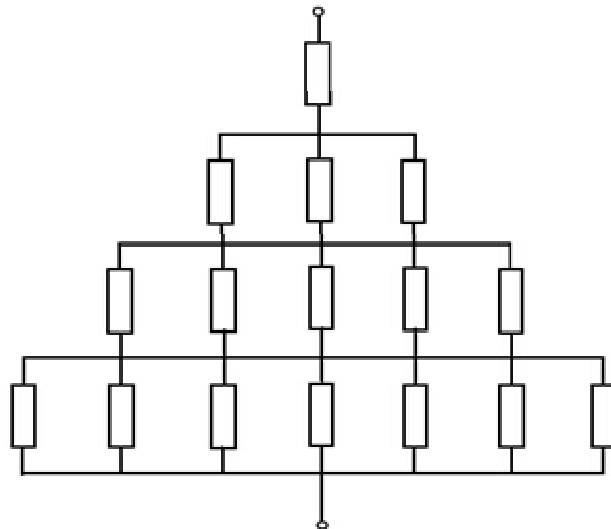
\* Nguyên tắc :

Hình vẽ 1.7 thể hiện cấu trúc cơ bản của một cảm biến, kích thước của một cảm biến là  $500 \times 500 \times 200$ (mặt trên của cảm biến là một lớp  $\text{SiO}_2$  có một vùng hình tròn được mạ kim loại có đường kính khoảng  $20 \mu\text{m}$ , toàn bộ mặt đáy được mạ kim loại



Hình 1.7 Cấu trúc cơ bản của cảm biến Silic

Hình vẽ 1.8 biểu diễn mạch điện tương đương tượng trưng thay thế cho cảm biến silic (sản xuất theo nguyên tắc điện trở phân rải). Sự sắp xếp này dẫn đến sự phân bố dòng qua tinh thể có dạng hình nón, đây là nguồn gốc có tên gọi điện trở phân rải.



Hình 1.8 Mạch điện tương đương tượng trưng thay thế cảm biến Silic  
Điện trở cảm biến nhiệt R được xác định như sau :

$$R = \frac{\rho}{\pi.d} \quad (1-9)$$

Trong đó : R - là điện trở cảm biến nhiệt

$\rho$  - là điện trở suất của vật liệu silic (  $\rho$  lệ thuộc vào nhiệt độ)

d - là đường kính của hình tròn vùng mạ kim loại mặt trên

- Đặc trưng kỹ thuật cơ bản của dòng cảm biến KTY(hãng Philips sản xuất)

Với sự chính xác và ổn định lâu dài của cảm biến với vật liệu silic .KTY sử dụng công nghệ điện trở phân rải là một sự thay thế tốt cho các loại cảm biến nhiệt độ truyền thống

Ưu điểm chính :

- Sự ổn định : Giả thiết cảm biến làm việc ở nhiệt độ có giá trị bằng một nửa giá trị nhiệt độ hoạt động cực đại, sau thời gian làm việc ít nhất là 45.000 giờ (khoảng 51 năm) hoặc sau 1.000 giờ (1,14 năm), hoạt động liên tục với dòng định mức tại giá trị nhiệt độ hoạt động cực đại cảm biến silic sẽ cho kết quả đo với sai số như bảng dưới đây

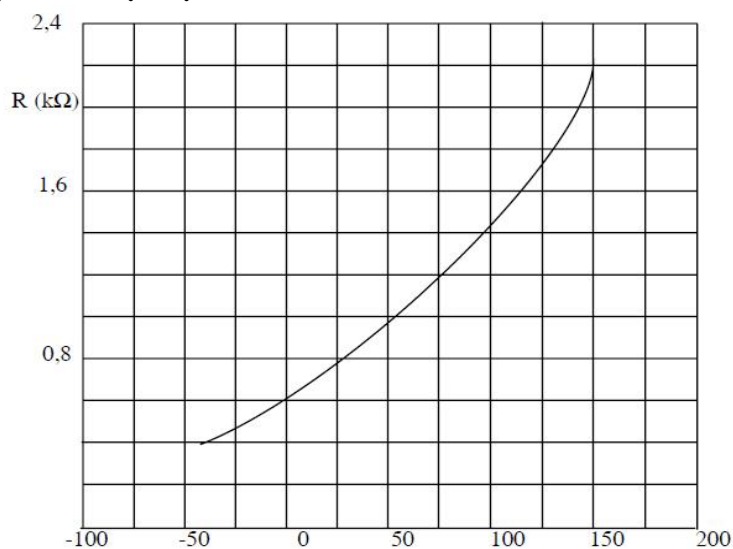
<i>TYPE</i>	<i>Sai số tiêu biểu (K)</i>	<i>Sai số lớn nhất (K)</i>
KTY 81 – 1 KTY 82 - 1	0,20	0,50
KTY 81 – 2 KTY 82 – 2	0,20	0,80
KTY 83	0,15	0,40

*Bảng 1.4 Sai số của cảm biến silic (do thời gian sử dụng)*

- Sử dụng công nghệ silic : Do cảm biến được sản xuất dựa trên nền tảng công nghệ silic nên gián tiếp chúng ta được hưởng lợi ích từ những tiến bộ trong lĩnh vực công nghệ này đồng thời điều này cũng gián tiếp mang lại những ảnh hưởng tích cực cho công nghệ đóng gói, nơi mà luôn có xu hướng thu nhỏ.

- Sự tuyến tính: Cảm biến với vật liệu silic có hệ số gần như là hằng số trên toàn bộ thang đo, đặc tính này là một điều lý tưởng để khai thác sử dụng (đặc trưng kỹ thuật của KYT 81)

Nhiệt độ hoạt động của các cảm biến silic thông thường bị giới hạn ở 150<sup>0</sup>C. KYT 84 với vỏ bọc SOD68 và công nghệ nổi đặc biệt giữa dây dẫn và chip có thể hoạt động đến nhiệt độ 300<sup>0</sup>C



*Hình 1.9 Đặc trưng kỹ thuật của KYT 81*

Đặc điểm sản phẩm :

<b>Tên sản phẩm</b>	<b>R25 (Ω)</b>	<b>ΔR</b>	<b>Thang đo (°C)</b>	<b>Dạng IC</b>
KYT 81 -1	1.000	1% tới 5%	- 55 tới 150	SOD 70
KYT 81 - 2	2.000	1% tới 5%	- 55 tới 150	SOD 70
KYT 82 - 1	1.000	1% tới 5%	- 55 tới 150	SOT 23
KYT 82 - 2	2.000	1% tới 5%	- 55 tới 150	SOT 23
KYT 83 - 1	1.000	1% tới 5%	- 55 tới 175	SOD 68 (DO - 34)
KYT 84 - 1	1.000 (R100)	1% tới 5%	- 40 tới 300	SOD 68 (DO - 34)

*Bảng 1.5 Đặc điểm sản phẩm của cảm biến KYT*

Đối với loại KYT 83, ta có phương trình toán học biểu diễn mối quan hệ giữa điện trở và nhiệt độ như sau :

$$R_T = R_{ref} [1 + A(T - T_{ref}) + B(T - T_{ref})^2] \quad (I-10)$$

Trong đó :  $R_T$  - là điện trở nhiệt độ

$R_{ref}$  - là điện trở tại  $T_{ref}$  (100<sup>0</sup>C với loại KYT 84 và 25<sup>0</sup>C với các cảm biến còn lại)

A,B - là các hệ số

Đối với KYT 81/82/84 :

$$R_T = R_{ref} [1 + A(T - T_{ref}) + B(T - T_{ref})^2 - C(T - T_1)^D] \quad (I-11)$$

Trong đó :  $T_1$  - là nhiệt độ mà độ dốc của đường cong bắt đầu giảm

C và D - là các hệ số

<b>Loại cảm biến</b>	<b>A (K - 1)</b>	<b>B (K - 2)</b>	<b>C(1)(K - D)</b>	<b>D</b>	<b>T<sub>i</sub> (°C)</b>
KYT 81 -1	7,874 x 10 <sup>-3</sup>	1,874 x 10 <sup>-5</sup>	3,42 x 10 <sup>-8</sup>	3,7	100
KYT 81 - 2	7,874 x 10 <sup>-3</sup>	1,874 x 10 <sup>-5</sup>	1,096 x 10 <sup>-6</sup>	3,0	100
KYT 82 - 1	7,874 x 10 <sup>-3</sup>	1,874 x 10 <sup>-5</sup>	3,42 x 10 <sup>-8</sup>	3,7	100
KYT 82 - 2	7,874 x 10 <sup>-3</sup>	1,874 x 10 <sup>-5</sup>	1,096 x 10 <sup>-6</sup>	3,0	100
KYT 83	7,635 x 10 <sup>-3</sup>	1,731 x 10 <sup>-5</sup>	-	-	-
KYT 84	6,12 x 10 <sup>-3</sup>	1,1 x 10 <sup>-5</sup>	3,14 x 10 <sup>-8</sup>	3,6	250

*Bảng 1.6 Các hệ số của các loại cảm biến*

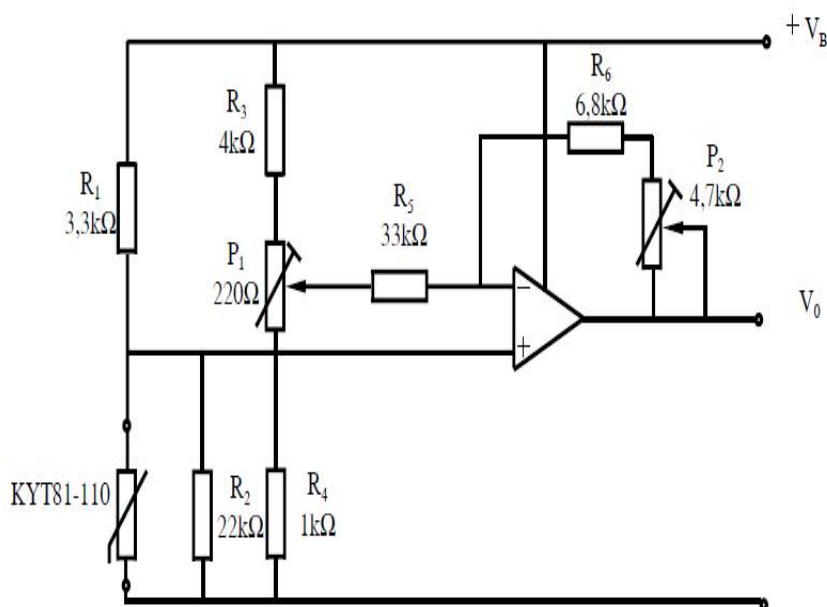


**Chú ý:** Với loại cảm biến KYT 83/84 khi lắp đặt cần chú ý đến cực tính, đầu có vạch màu cần nối vào cực âm, còn KYT 81/82 khi lắp đặt ta không cần quan tâm đến cực tính

\* Mạch điện tiêu biểu với KTY81 hoặc KTY82 :

Hình vẽ 1.10 cho ta một mạch điện điển hình được thiết kế cho cảm biến KYT 81 – 110 hoặc KYT 82 – 110 (nhiệt độ từ  $0^{\circ}\text{C}$  đến  $100^{\circ}\text{C}$ ). Điện trở  $R_1$  và  $R_2$ , cảm biến và các nhánh điện trở  $R_3$ , biến trở  $P_1$  và  $R_4$  tạo thành một mạch cầu.

Giá trị  $R_1$  và  $R_2$  được chọn sao cho giá trị dòng điện qua cảm biến gần bằng 1A và tuyến tính hoá cảm biến trong dải nhiệt độ cần đo. Điện áp ngõ ra thay đổi tuyến tính từ 0,2VS đến 0,6 VS (VS = 5 vôn thì  $V_{out}$  thay đổi từ 1 vôn đến 3 vôn). Ta điều chỉnh  $P_1$  để  $V_{out} = 1$  vôn tại  $0^{\circ}\text{C}$ , tại  $100^{\circ}\text{C}$  điều chỉnh  $P_2$   $V_{out} = 3$  vôn, với mạch điện này việc điều chỉnh  $P_2$  không ảnh hưởng đến việc chỉnh zero.



Hình 1.10 Mạch đo nhiệt độ sử dụng KYT81-110

#### 1.4 IC cảm biến nhiệt độ.

##### Mục tiêu :

- Trình bày được cấu tạo và đặc tính của IC cảm biến nhiệt độ

Rất nhiều công ty, các hãng chế tạo và sản xuất IC bán dẫn để đo và hiệu chỉnh nhiệt độ IC cảm biến nhiệt độ là mạch tích hợp nhận tín hiệu nhiệt độ chuyển thành tín hiệu dưới dạng điện áp hoặc tín hiệu dòng điện. Dựa vào các đặc tính rất nhạy cảm của các bán dẫn với nhiệt độ, tạo ra điện áp hoặc dòng điện tỉ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối C, F, K hay tùy loại. Đo tín hiệu điện ta cần biết được nhiệt độ cần đo. Tầm đo giới hạn từ  $-55^{\circ}\text{C}$  đến  $150^{\circ}\text{C}$ , độ chính

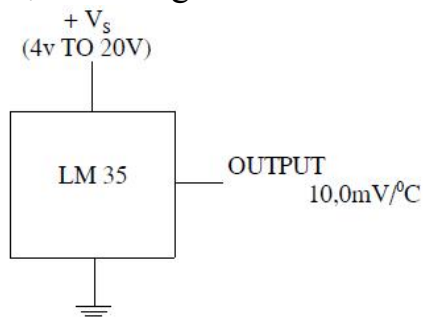
xác từ 1% đến 2% tùy theo từng loại.

Sự tác động của nhiệt độ sẽ tạo ra điện tích tự do và các lỗ trống trong chất bán dẫn bằng sự phá vỡ các phân tử, bứt các electron thành dạng tự do di chuyển qua các vùng cấu trúc mạng tinh thể, tạo sự xuất hiện các lỗ trống nhiệt làm cho tỉ lệ điện tử tự do và các lỗ trống tăng lên theo quy luật hàm số mũ với nhiệt độ. Kết quả của hiện tượng này là dưới mức điện áp thuận, dòng thuận của mối nối p – n trong diode hay transistor sẽ tăng theo hàm số mũ theo nhiệt độ.

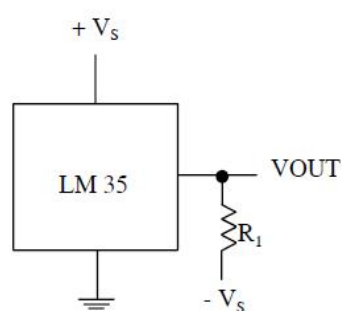
Trong mạch tổ hợp, cảm biến nhiệt thường là điện áp của lớp chuyển tiếp p – n trong một transistor loại bipolar, Texinstruments có STP 35 A/B/C; National Semiconductor LM 35/4.5/50...vv.

\* Cảm biến nhiệt LM 35/ 34 của National Semiconductor :

Hầu hết các cảm biến nhiệt độ phổ biến đều sử dụng có phần phức tạp, chẳng hạn cặp nhiệt độ ngẫu nhiên có mức ngõ ra thấp và yêu cầu bù nhiệt, thermistor thì không tuyến tính, thêm vào đó ngõ ra của các loại cảm biến này không tuyến tính tương ứng bất kỳ thang chia nhiệt độ nào. Các khối cảm biến tích hợp được chế tạo khắc phục được những đặc điểm đó, nhưng ngõ ra của chúng quan hệ với thang đo Kelvin hơn là độ Celsius và Fahrenheit



Thang đo : +2<sup>0</sup>C đến 150<sup>0</sup>C  
Vs = 4Volt tới 30Volt



Thang đo: -55<sup>0</sup>C đến 150<sup>0</sup>C  
 $R_1 = V_S/50 \mu A$   
Vs = 4Volt tới 30Volt  
 $V_{OUT} = 1500mV$  tại +150<sup>0</sup>C  
 $= +250mV$  tại +25<sup>0</sup>C  
 $= -550mV$  tại -55<sup>0</sup>C

Hình 1.11 Các cách kết nối cảm biến LM35

Loại LM35: Precision Centigrade Temperature Sensor: Với loại này ta có điện áp ngõ ra tỉ lệ trực tiếp với thang nhiệt độ Celsius (thang bách phân). Như thế một mạch điện bù trừ điểm zero của thang Kelvin (thang nhiệt độ tuyệt đối) không còn cần thiết như một số IC cảm biến nhiệt khác.

- Đặc điểm: Điện áp hoạt động:  $V_s = 4$  vôn đến 30 vôn;  
Điện áp ngõ ra tuyến tính:  $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$
- Thang đo: -  $55^\circ\text{C}$  đến  $150^{0+}\text{C}$  với LM 35/35A;  
-  $40^\circ\text{C}$  đến  $110^\circ\text{C}$  với LM 35C/35CA;  
 $0^\circ\text{C}$  đến  $100^\circ\text{C}$  với LM 35D;
- Sự tự nung nóng rất nhỏ:  $0,08^\circ\text{C}$  (trong môi trường không khí)
- Mức độ không tuyến tính chỉ  $\pm 1/4(^\circ\text{C})$

Loại LM 34:

- Giống như LM 35 nhưng được thiết kế cho thang đo Fahrenheit từ  $-50$  đến  $+300^\circ\text{F}$
- Độ chính xác  $\pm 0,4(^\circ\text{F})$
- LM 34 có ngõ ra  $10\text{mV}/^\circ\text{F}$
- Điện áp hoạt động: Từ 5 vôn DC đến 20 vôn DC

Trở kháng ngõ ra LM 34 thấp và đặc điểm ngõ ra tuyến tính làm cho giá trị đọc ra hay điều khiển mạch điện dễ dàng.

\* Cảm biến nhiệt độ AD 590 của Analog Devices :

Cảm biến AD 590 (Analog Devices) được thiết kế làm cảm biến nhiệt có tổng trở ngõ ra khá lớn ( $10 \text{ M}\Omega$ ), vi mạch đã được cân bằng bởi nhà sản xuất, khiến cho dòng mA ra tương ứng với chuẩn nhiệt độ K. Điện áp làm việc càng nhỏ càng tốt để tránh hiện tượng tự gia nhiệt, khi cấp điện áp thay đổi, dòng điện thay đổi rất ít.

- Thang đo: -  $55^\circ\text{C}$  đến  $150^\circ\text{C}$
- Điện áp hoạt động: Từ 4 vôn DC đến 30 vôn DC
- Dòng điện ra tỉ lệ:  $1 \mu\text{A}/^\circ\text{K}$

## 1.5 Nhiệt điện trở NTC

**Mục tiêu :**

- Trình bày được cấu tạo và đặc tính của nhiệt điện trở NTC

NTC (Negative Temperature Coefficient) là nhiệt điện trở có hệ số nhiệt điện trở âm nghĩa là giá trị điện trở giảm khi nhiệt độ tăng, giảm từ 3% đến 5% trên 1 độ

\* Cấu tạo :

NTC là hỗn hợp đa tinh thể của nhiều ôxit gốm đã được nung chảy ở nhiệt độ cao ( $1.000^\circ\text{C}$  đến  $1.400^\circ\text{C}$ ) như  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Zn}_2\text{TiO}_4$ ;  $\text{MgCr}_2\text{O}_4$ ;  $\text{TiO}_2$  hay NiO và CO với  $\text{Li}_2\text{O}$ . Để có các NTC có những đặc trưng kỹ thuật ổn định với thời gian dài, nó còn được xử lý với những phương pháp đặc biệt sau khi chế tạo

\* Đường đặc tính cảm biến nhiệt NTC :

- Đặc tính nhiệt độ - điện trở

Sự phụ thuộc nhiệt độ của điện trở phần tử thermistor NTC dẫn nóng có thể biểu diễn theo công thức :

$$R_T = R_N \cdot e^{B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_N} \right)} \quad (1-12) \quad \text{hoặc :}$$

$$R_T = R_N \cdot e^{\alpha_{T_N} \cdot \Delta T \cdot \frac{T_N}{T}} \quad (1-13) \quad \text{ở đây :}$$

$$\alpha_{T_N} = \frac{-B}{T^2} \quad (1-14)$$

Trong đó :

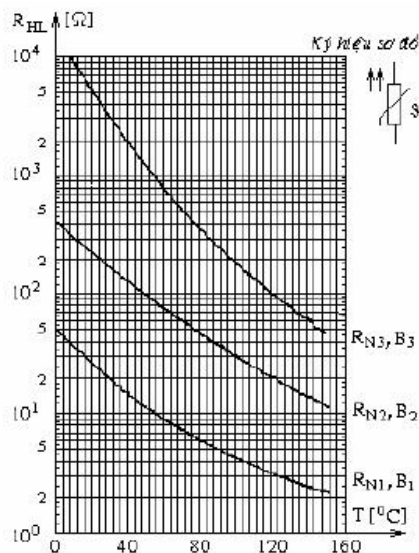
$R_T$  – điện trở phần tử thermistor NTC ở nhiệt độ T

$R_N$  – điện trở thermistor NTC ở nhiệt độ dẫn xuất  $T = 293K = 20^{\circ}C$

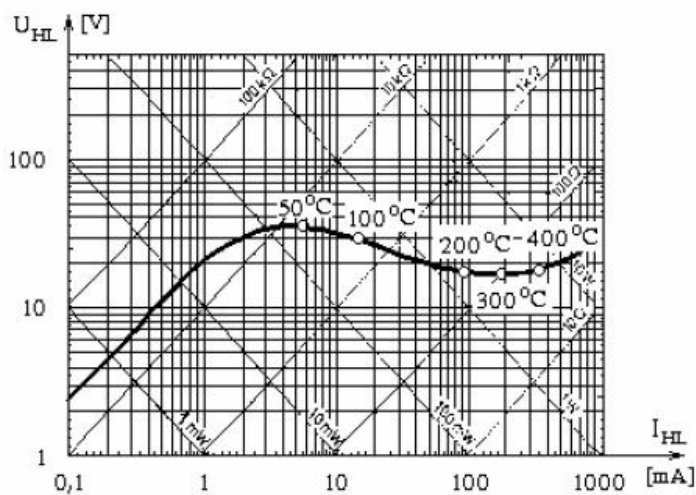
B – hằng số vật liệu, xác định sự phụ thuộc nhiệt độ dẫn nóng

$\alpha_{T_N}$  – hệ số nhiệt của phần tử thermistor NTC

Các biểu thức trên mô tả sự phụ thuộc nhiệt độ của nhiệt điện trở thermistor NTC ở dạng gần đúng. Đối với những phép đo chính xác hơn trong một phạm vi biến thiên nhiệt độ rộng hơn thì ít nhiều sẽ có sai lệch. Cho nên phải coi hằng số B là hàm biến thiên theo nhiệt độ. Hình 1.12 vẽ các đặc tuyến biến trở phụ thuộc nhiệt độ đối với các trị số điện trở dẫn xuất và giá trị B khác nhau.



Hình 1.12 Đặc tính nhiệt độ-điện trở



Hình 1.13 Đặc tính volt-ampere

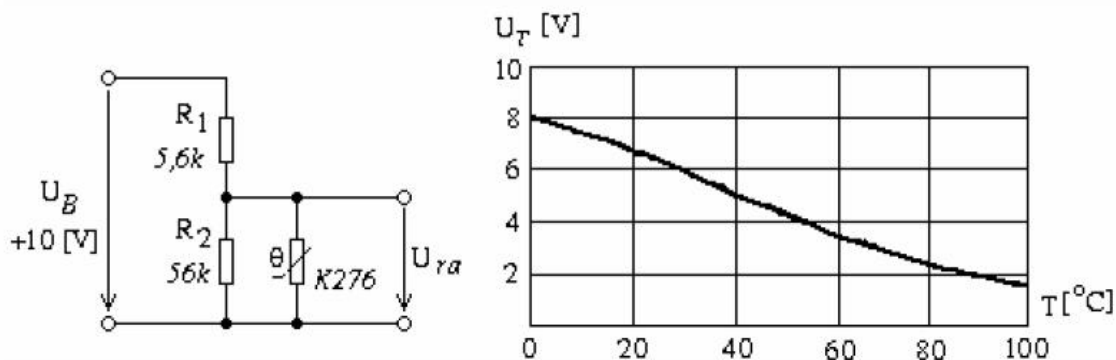
- Đặc tính volt – ampere

Trường hợp dòng điện hay điện áp của thermistor NTC lớn hơn bình thường sẽ làm nóng thermistor lên đến nhiệt độ cao hơn nhiệt độ của môi trường. Việc này dẫn tới trạng thái tổn hao công suất điện năng do tăng dòng hay áp sẽ bằng công suất mà phần tử dẫn nóng toả ra môi trường dưới dạng độ nóng gia tăng ấy. Nhằm nghiên cứu các đặc tính này người ta xác định đặc tuyến

tính của phần tử. Hình 1.13 vẽ đặc tuyến như vậy của một thermistor NTC dẫn nóng

Vị trí điểm cực đại trên đặc tuyến volt-ampere tùy thuộc điện trở nguội của thermistor NTC, nhiệt độ môi trường và cả diện tích bề mặt của phần tử dẫn nóng. Phần tử có diện tích bề mặt lớn hơn, do đó tản nhiệt tốt hơn, sẽ phát tán công suất ra môi trường nhiều hơn so với phần tử có diện tích bề mặt nhỏ. Trong trường hợp đó điểm cực đại sẽ xê dịch về phía trị số dòng và áp lớn hơn. Các phần tử nhiệt điện trở dẫn nóng dùng trong đo lường và mạch điều khiển bù cân bằng chỉ nên chịu tải nhẹ, sao cho không bị phát nhiệt tự thân, như vậy trị số điện trở của chúng mới thật sự chỉ tùy thuộc nhiệt độ môi trường.

Do điện trở nguội và hệ số nhiệt có thể khác nhau cho những phần tử cùng loại, đến mức thường phải chỉnh định cân bằng trị số phần tử bằng cách mắc nối tiếp hay song song một điện trở không phụ thuộc nhiệt độ. Để tuyến tính hoá đặc tuyến, người ta dùng sơ đồ mắc phần tử dẫn nóng vào một bộ phân áp (hình 1.14). Điện trở  $R_1$  có trị số sao cho phần tử nhiệt điện trở NTC chỉ thị vào khoảng giữa phạm vi nhiệt độ làm việc. Trị số điện trở  $R_2$  lớn gấp 10 lần điện trở  $R_1$ .



Hình 1.14 Tuyến tính hóa đặc tuyến phần tử biến trở NTC

\* Các thông số của biến trở NTC :

- $T_{min}$ ;  $T_{max}$  là giới hạn nhiệt độ hoạt động của NTC.
- $P_{max}$  là công suất lớn nhất cho phép chuyển đổi ra nhiệt trong NTC

\* Ứng dụng :

NTC có rất nhiều ứng dụng, được chia ra làm 2 loại đó là loại dùng làm đo lường và loại làm bộ trễ.

- Loại dùng làm đo lường: trong đo lường và tác động bù, cần tránh hiện tượng tự sinh nhiệt do dòng NTC lớn, như vậy NTC hoạt động chủ yếu trong vùng tuyến tính, như đã mô tả trước đây, trong vùng này điện trở của NTC được xác định bằng nhiệt độ môi trường, phạm vi chủ yếu của NTC trong lĩnh vực này là đo nhiệt độ, kiểm tra, điều khiển. Tuy nhiên NTC cũng được dùng

để bù tính phụ thuộc nhiệt độ của điện trở, làm ổn định nhiệt độ cho các mạch điện tử dùng bán dẫn.

- Loại dùng làm bộ trễ: NTC có tính chất trễ, khi dòng điện qua nó lớn đến nỗi điện trở giảm nhiều do quá trình tự toả nhiệt, tải càng lớn thì điện trở NTC càng giảm mạnh. Nhiệt điện trở NTC tạo tác dụng trễ nhằm triệt dòng đỉnh trong mạch đèn chiếu sáng loại có tim, mạch động cơ công suất nhỏ, mạch đốt tim các bóng điện tử, mạch có tính dung kháng (tụ)

## 1.6 Nhiệt điện trở PTC

### Mục tiêu :

- Trình bày được cấu tạo và đặc tính của nhiệt điện trở PTC

Nhiệt điện trở PTC (Positive Temperature Coefficient) là loại nhiệt điện trở có hệ số nhiệt điện trở dương (giá trị điện trở tăng khi nhiệt độ tăng). Trong một khoảng nhiệt độ nhất định PTC có hệ số nhiệt độ  $\alpha_R$  rất cao.

\* Cấu tạo :

Vật liệu chế tạo PTC gồm hỗn hợp barium carbonate và một vài ôxít kim loại khác được ép và nung, nhiều tính chất về điện khác nhau có thể đạt được bằng cách gia giảm các hợp chất trộn khác nhau về nguyên vật liệu bằng cách gia nhiệt theo nhiều phương pháp khác nhau, sau khi gia nhiệt nung kết các mối nối đã được hình thành ở trong thermistors sau đó trong quá trình sản xuất các dây nối dẫn ra ngoài được thêm vào, nhiệt điện trở PTC thông thường được phủ bên ngoài một lớp vỏ có cấu tạo như vecni để chống lại ảnh hưởng của môi trường không khí

\* Đặc tính nhiệt độ - điện trở của nhiệt điện trở PTC :

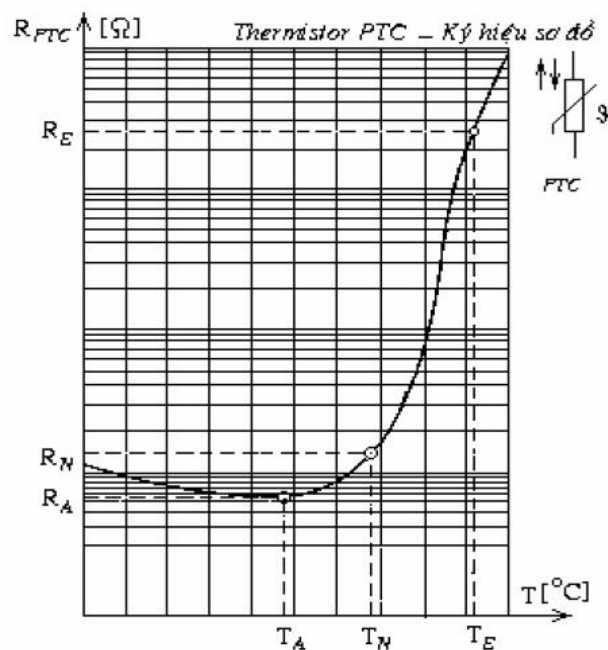
Phần tử nhiệt điện trở PTC dẫn nguội có hệ số nhiệt độ dương PTC rất lớn trong một phạm vi nhiệt độ đặc trưng. Trong khoảng nhiệt độ này điện trở thermistor gia tăng hơn mười phần trăm. Sự gia tăng điện trở là do tác động chất bán dẫn và hiệu ứng sắt-điện. Ở vùng lân cận hạt nhân tinh thể có một lớp chặn mà độ lớn mức điện thế của nó tùy thuộc hằng số điện môi của vật liệu quanh nó. Sự hình thành lớp chặn quyết định mức gia tăng điện trở. Ở miền điện trở thấp, lớp chặn dàn ra tương đối yếu, hằng số điện môi lớn, nhiệt độ làm việc của phần tử thấp hơn nhiệt độ chuyển pha, được coi như trị số giới hạn hay còn gọi là nhiệt độ Curie. Trên mức ngưỡng nhiệt độ chuyển pha thì hằng số điện môi giảm xuống, lớp chặn mạnh lên, và như vậy điện trở phần tử tăng lên có dạng dốc đứng. Sự hoạt hoá nhiệt của tải gây ra sự sụt giảm điện trở ở chất bán dẫn, sẽ được bù hoàn, mặc dù vẫn còn có thể nhận thấy ở miền nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ Curie.

Điểm đầu phạm vi làm việc gọi là nhiệt độ ban đầu  $T_A$ , điện trở tương ứng với nhiệt độ đó là điện trở ban đầu  $R_A$  - là trị số điện trở nhỏ nhất của phần tử

nhật điện trở PTC. Điện trở tương ứng điểm đầu đoạn tăng trưởng dốc đứng được coi là trị số danh định  $R_N$  ở nhiệt độ danh định  $T_N$ . Nhiệt độ danh định gần như tương ứng nhiệt độ Curie của vật liệu phân tử nhiệt điện trở dẫn nguội. Để trị danh định trở thành giá trị có thể tái lập lại, người ta thống nhất rằng trị số điện trở danh định  $R_N$  có độ lớn gấp đôi trị điện trở ban đầu  $R_A$

$$R_N = 2.R_A \quad (1-15)$$

Nhiệt độ cuối  $T_E$  là điểm cuối đoạn tăng trưởng điện trở dốc đứng. Như thấy từ sự biến thiên điện trở của phần tử dẫn nguội phụ thuộc vào nhiệt độ, các giá trị nhiệt độ cuối  $T_E$  và điện trở cuối  $R_E$  không phải là những thông số đặc trưng của phần tử cảm biến nhiệt điện trở



Hình 1.15 Đặc tính nhiệt độ - điện trở

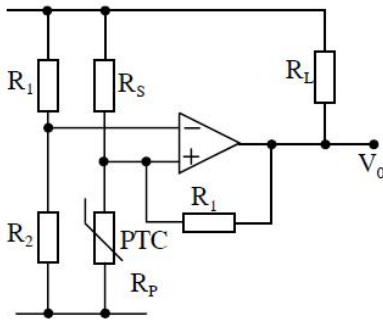
\* Các thông số của cảm biến nhiệt PTC :

- $T_N$ : Nhiệt độ danh định, tại giá trị nhiệt độ  $R_N = 2.R_A$
- $\alpha_R$ : Hệ số nhiệt độ nhiệt điện trở PTC.
- $T_E$ : Nhiệt độ giới hạn vùng làm việc.
- $R_{25}$ : Điện trở của PTC khi ở môi trường nhiệt độ  $25^{\circ}C$

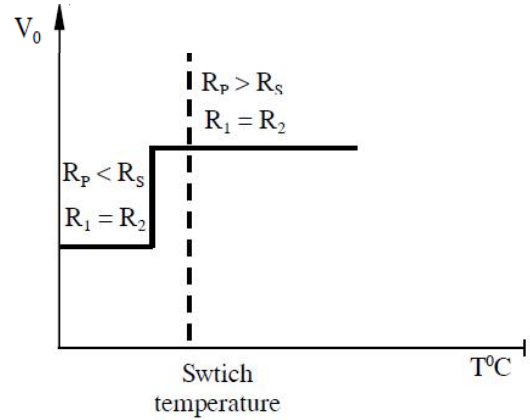
\* Ứng dụng :

Ứng dụng tính chất giá trị điện trở tăng (khi nhiệt độ tăng): Khởi động bóng đèn huỳnh quang, mạch bảo vệ quá tải ...vv

- Nhiệt điện trở PTC được mắc trong một cầu đo của mạch so sánh (hình 1.16), tại nhiệt độ bình thường  $R_P < R_S$ , điện áp ngõ ra ở mức thấp, khi sự tăng nhiệt độ vượt quá ngưỡng xuất hiện, PTC bị nung nóng nên  $R_P > R_S$  nên điện áp ngõ ra  $V_0$  lên mức cao (hình 1.17)



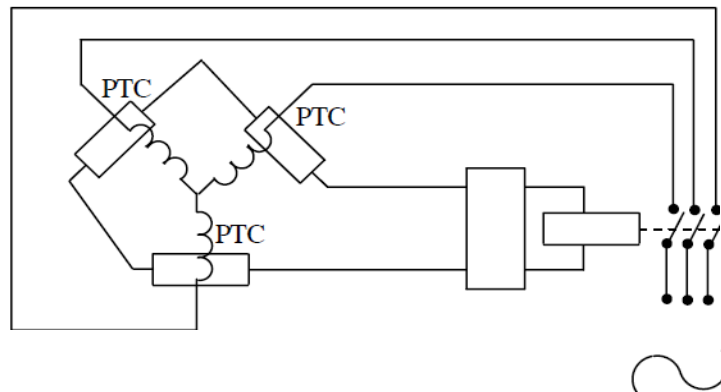
Hình 1.16 Mạch so sánh



Hình 1.17 Đặc tuyến  $V_0$

- PTC được dùng để phát hiện sự tăng nhiệt bất thường trong động cơ bằng cách đo trực tiếp, cảm biến nhiệt được gắn chìm trong cuộn Stator, tín hiệu được xử lý nhờ một thiết bị điều khiển dẫn đến tác động (Hình 1.18)

Nếu nhiệt độ trong cuộn dây động cơ ở trạng thái bình thường thì điện trở cảm biến giảm xuống đến mức thấp cần thiết Reset, thiết bị tự động reset nếu thiết bị không cài đặt reset bằng tay



Hình 2.18 Mạch bảo vệ động cơ

### 1.7 Thực hành với cảm biến nhiệt độ Platin Pt 100, Pt1000 và ADT70

#### Mục tiêu :

- Thực hiện được các mạch cảm biến nhiệt độ Platin Pt 100, Pt1000 và ADT70 đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác và an toàn vệ sinh công nghiệp



\* Mục đích : Khảo sát cảm biến nhiệt độ Pt 100, Pt 1.000

\* Thiết bị : Cảm biến Pt 100 và Pt 1000, IC ADT70

\* Thực hiện :

- Lắp đặt mạch đo nhiệt độ sử dụng nhiệt độ trở Pt1000 với IC ADT 70 như hình 1.19.

+ Đo giá trị điện áp ngõ ra ( $V_{OUT\ IA}$  và điểm nối mass) :  $V_{OUT} =$

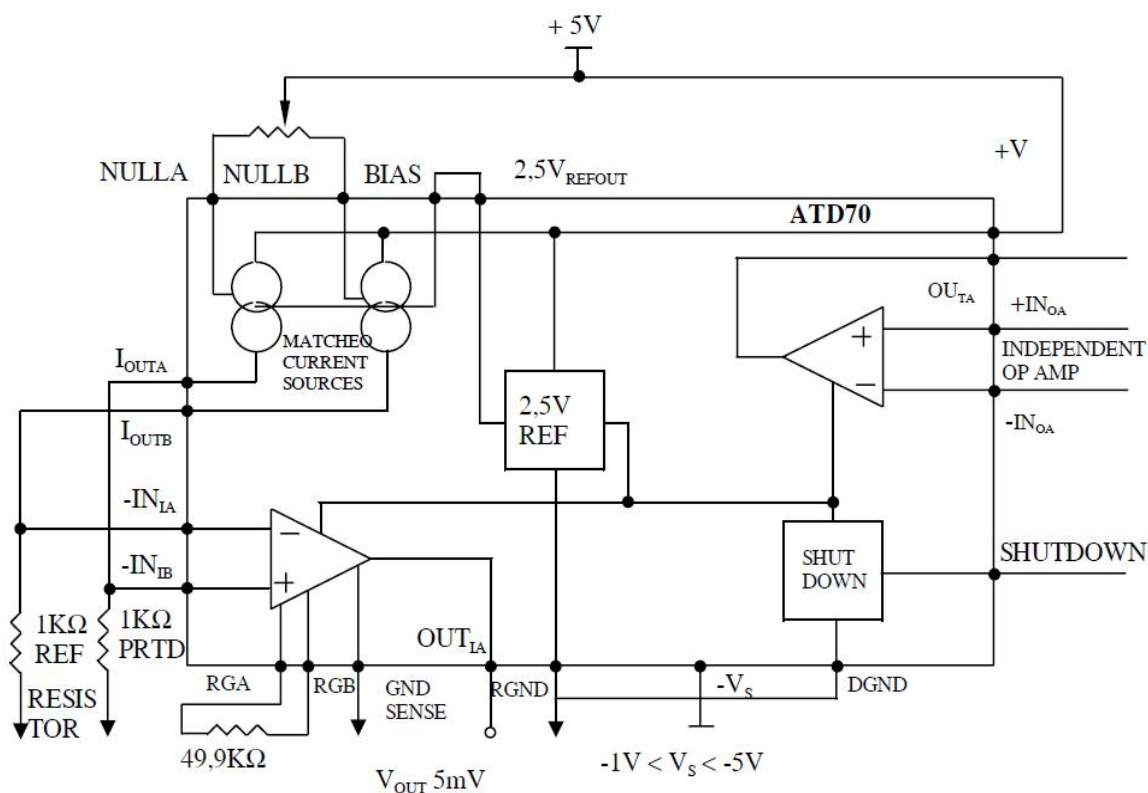
+ Tính giá trị nhiệt độ môi trường của phòng thí nghiệm :  $t =$

- Lắp mạch như hình 1.19, nhưng cần lưu ý thay giá trị điện trở  $R_G = 4,98k\Omega$  như hình 1.20 (Việc thay  $R_G$  giúp giữ tỉ lệ điện áp ngõ ra và nhiệt độ như khi dùng Pt1.000)

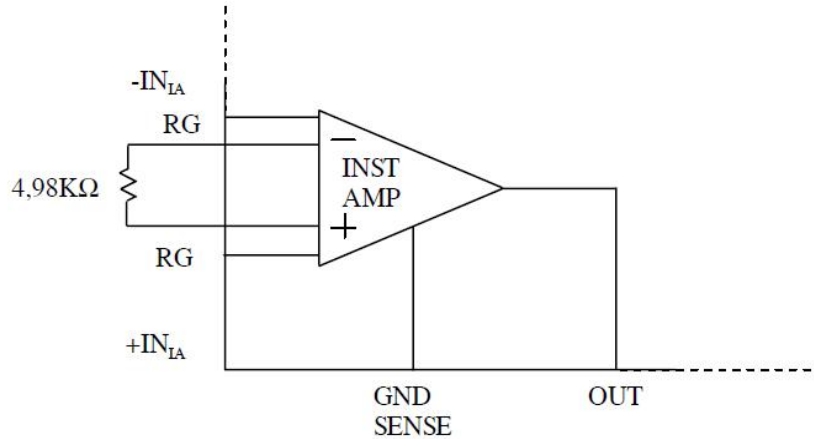
+ Thay điện trở tham chiếu  $1000\Omega$  bằng điện trở  $100\Omega$

+ Đo giá trị điện áp ngõ ra ( $V_{OUT\ IA}$  và điểm nối mass) :  $V_{OUT} =$

+ Tính giá trị nhiệt độ môi trường của phòng thí nghiệm :  $t =$



Hình 1.19 Pt1.000 và ADT 70



Hình 1.20 Pt100 và ADT 70

### 1.8 Thực hành với cảm biến LM35

#### Mục tiêu :

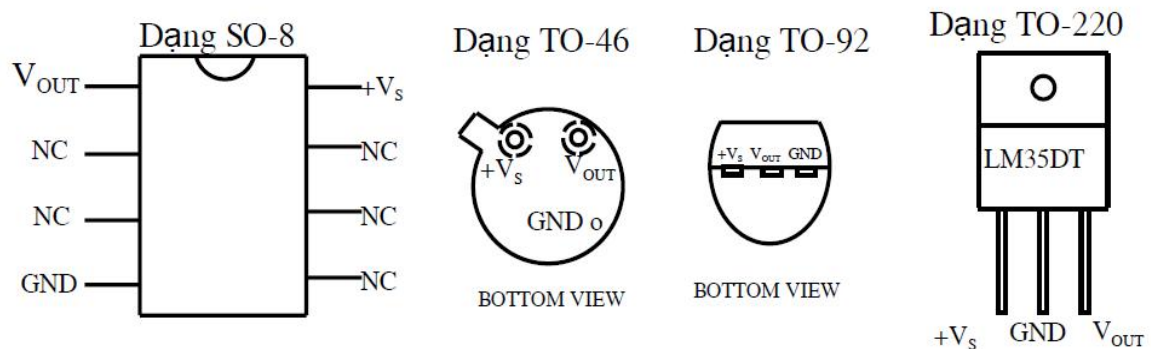
- Thực hiện được các mạch cảm biến LM35 đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác và an toàn vệ sinh công nghiệp

\* Mục đích : Khảo sát IC LM35

- \* Thiết bị :
- IC LM 35, điện trở.
  - Diod 1N914, diod zener.
  - Mili vôn kế

\* Thực hiện :

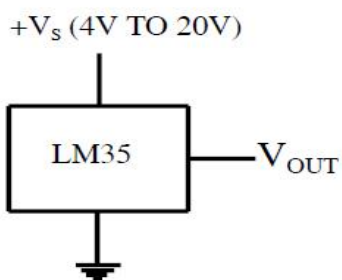
Với IC LM35 điện áp ngõ ra tỉ lệ trực tiếp với thang đo Celsius. Thực tế IC LM35 có 4 dạng như sau :



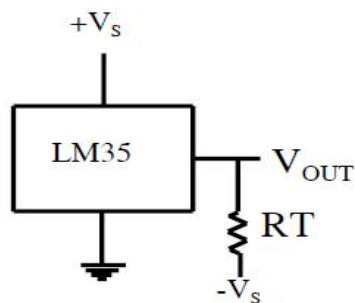
Hình 1.21 Sơ đồ chân của IC LM35

- Lắp mạch như ở hình vẽ 1.22 thang đo  $+ 2^{\circ}\text{C}$  đến  $150^{\circ}\text{C}$ 
    - + Sử dụng Milivôn kế đo giá trị điện áp  $V_{\text{OUT}}$  :  $V_{\text{OUT}} =$
    - + Tính nhiệt độ  $t =$
    - + Đưa cảm biến đến gần nguồn nhiệt theo dõi sự thay đổi của  $V_{\text{OUT}}$
  - Lắp mạch như ở hình vẽ 1.23 thang đo  $- 55^{\circ}\text{C}$  đến  $150^{\circ}\text{C}$
- Giá trị  $R_1$  được chọn tùy thuộc vào  $-V_S$  ;  $R_1 = -V_S/50\mu\text{A}$ .
- + Sử dụng milivôn kế đo giá trị điện áp  $V_{\text{OUT}}$  :  $V_{\text{OUT}} =$

- + Tính nhiệt độ  $t =$
- + Đưa cảm biến đến gần nguồn nhiệt theo dõi sự thay đổi của  $V_{OUT}$



Hình 1.22

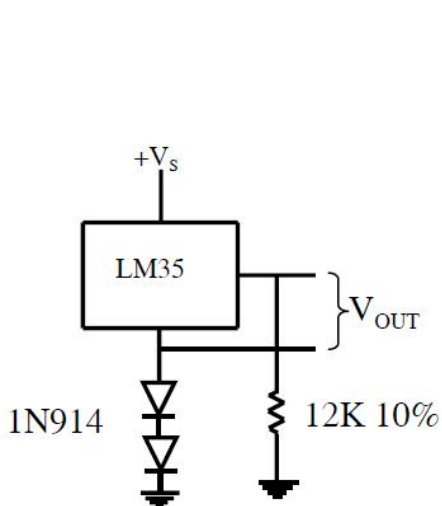


Hình 1.23

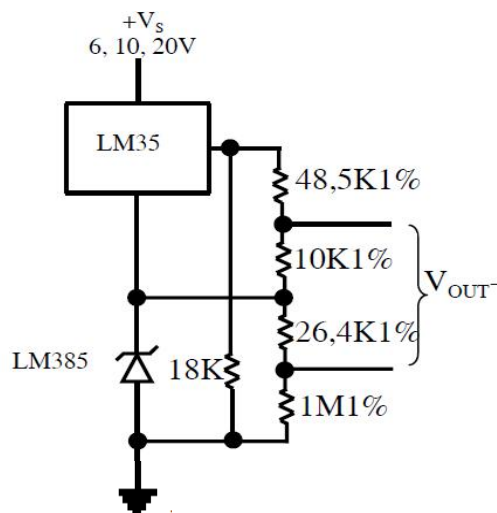
- Lắp mạch như hình vẽ 1.24 thang đo từ  $-55^{\circ}\text{C}$  đến  $150^{\circ}\text{C}$
- + Sử dụng milivôn kế đo giá trị điện áp  $V_{OUT}$  :  $V_{OUT} =$
- + Tính nhiệt độ  $t =$
- + Đưa cảm biến đến gần nguồn nhiệt theo dõi sự thay đổi của  $V_{OUT}$
- Lắp mạch như ở hình vẽ 1.25

Chú ý trong mạch này giá trị điện áp ra tỉ lệ với nhiệt độ thang đo Fahrenheit

- + Sử dụng Milivôn kế đo giá trị điện áp  $V_{OUT}$  :  $V_{OUT} =$
- + Tính nhiệt độ  $t =$
- + Đưa cảm biến đến gần nguồn nhiệt theo dõi sự thay đổi của  $V_{OUT}$



Hình 1.24



Hình 1.25

## 1.9 Thực hành với cảm biến nhiệt điện trở NTC

### Mục tiêu :

- Thực hiện được các mạch cảm biến nhiệt điện trở NTC đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác và an toàn vệ sinh công nghiệp



6	6,2																			
5	5,8																			
4	5,4																			
3	5,0																			
2	4,6																			
1	4,2																			
0	0	5	10	15	20	25	30	35												U(V)

Bảng 1.7 Bảng các giá trị điện áp

### 1.10 Thực hành với cảm biến nhiệt điện trở PTC

#### Mục tiêu :

- Thực hiện được các mạch cảm biến nhiệt điện trở PTC đúng yêu cầu kỹ thuật.

- Rèn luyện tính tỷ mỉ, chính xác và an toàn vệ sinh công nghiệp

\* Mục đích : Xây dựng đường đặc tính  $R = f(\theta)$  và  $I = f(U)$

\* Thiết bị : - Nhiệt điện trở PTC (Positive Temperature Coefficient)

- Vôn kế, miliampe kế

\* Thực hiện :

Sự thay đổi điện trở có thể tạo ra qua việc thay đổi nhiệt độ của môi trường xung quanh hoặc qua việc tự nóng cũng như làm lạnh tùy theo tải điện khác nhau. Đường đặc tính của điện trở PTC là đường biểu diễn hàm số mũ, nó phụ thuộc vào vật liệu sử dụng, dạng cấu tạo cũng như sự thay đổi nhiệt độ. Bỏ qua sự thay đổi điện trở do nhiệt độ của môi trường vì trong phòng thí nghiệm, nhiệt độ coi như không đổi.

Lắp thí nghiệm theo mạch hình 1.27, đo dòng điện qua điện trở PTC theo các điện áp đã cho trong bảng dưới đây, để chỉnh được trạng thái nhiệt độ ổn định khi thay đổi điện áp, các phép đo được thực hiện lần lượt theo khoảng cách về thời gian là 30s





**BÀI 2**  
**CẢM BIẾN TIỆM CẬN**  
**VÀ CÁC LOẠI CẢM BIẾN XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ, KHOẢNG CÁCH**  
**Mã bài: MĐ31-02**

**GIỚI THIỆU**

Cảm biến tiệm cận được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực tự động hoá quá trình sản xuất, trong các dây chuyền tự động hoá sản xuất, trong các nơi làm việc khó khăn, độc hại, vì cảm biến tiệm cận dùng để nhận biết có hoặc không các vật thể.

**MỤC TIÊU BÀI HỌC**

Sau khi học xong bài này học viên có đủ khả năng:

- Phát biểu được đặc tính của cảm biến tiệm cận theo nội dung đã học
- Trình bày được cấu tạo, nguyên lý hoạt động, phạm vi ứng dụng của các loại cảm biến tiệm cận, đo vị trí và khoảng cách theo nội dung đã học.
- Trình bày được cách phân loại các loại cảm biến theo nội dung đã học
- Thực hiện được các mạch cảm biến điện cảm và điện dung đạt các yêu cầu về kỹ thuật.
- Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo, chủ động trong quá trình học tập

**2.1 Cảm biến tiệm cận (Proximity Sensor)**

**Mục tiêu :**

- Phát biểu được đặc tính của cảm biến tiệm cận
- Trình bày được cấu tạo, nguyên lý hoạt động, phạm vi ứng dụng của các loại cảm biến tiệm cận
- Trình bày được cách phân loại các loại cảm biến tiệm cận

**\* Đại cương về cảm biến tiệm cận**

Cảm biến tiệm cận là tên thường gọi để chỉ các cảm biến chuyên dùng để đo lường, phát hiện vật ở một khoảng cách gần, mà không cần phải tiếp xúc trực tiếp lên vật đo lường. Cảm biến tiệm cận có các đặc điểm sau :

- Phát hiện vật không cần tiếp xúc
- Tốc độ đáp ứng cao
- Đầu sensor nhỏ, có thể lắp đặt nhiều nơi



- Có thể sử dụng trong môi trường khắc nghiệt

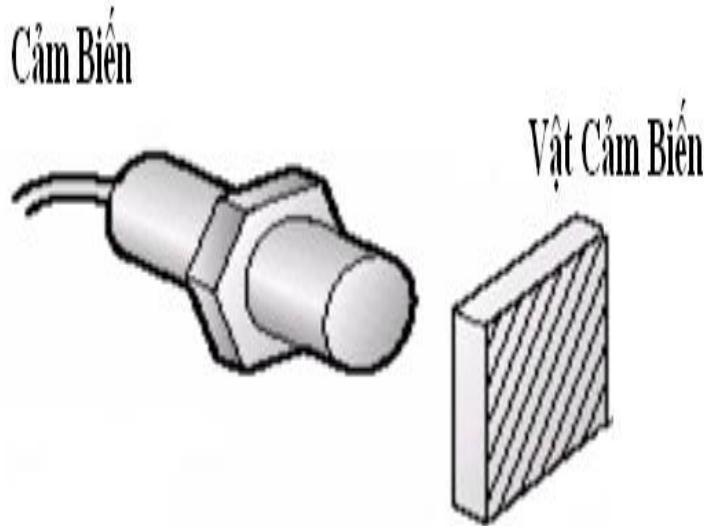
Đối với cảm biến tiệm cận thường được chia thành hai loại, đó là :

- Cảm biến điện cảm
- Cảm biến điện dung

\* Các thuật ngữ thường sử dụng :

- Vật chuẩn, vật cảm biến :

+ Vật chuẩn (Standard Object) : Một vật được là vật chuẩn nếu hình dạng, vật liệu kích cỡ... của vật liệu phải phù hợp với yêu cầu của nhà sản xuất để có thể phát huy hết đặc tính kỹ thuật của sensor



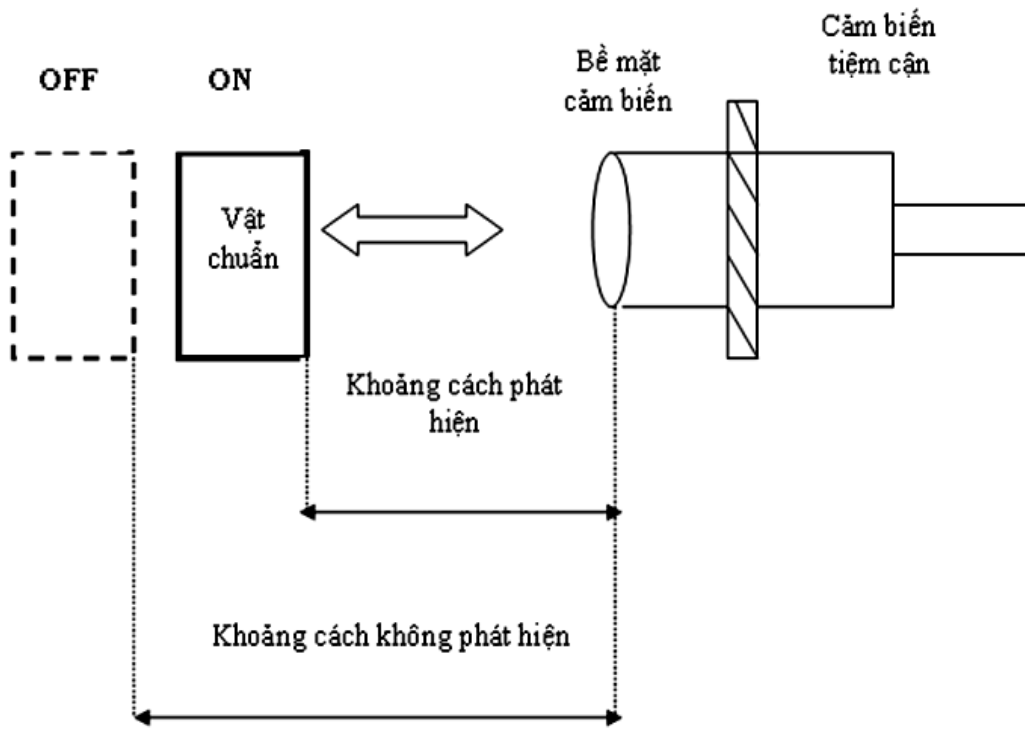
Hình 2.1 Cách đo lường không tiếp xúc của cảm biến tiệm cận

+ Vật cảm biến (Target Object) : là vật được đưa vào để cho cảm biến đo lường, phát hiện, hay nói cách khác đây chính là vật cần đo lường . do đó, để có thể phát huy được các tính năng kỹ thuật của cảm biến, yêu cầu người thiết kế phải biết rõ các tính chất của vật cảm biến để có thể lựa chọn cảm biến phù hợp.

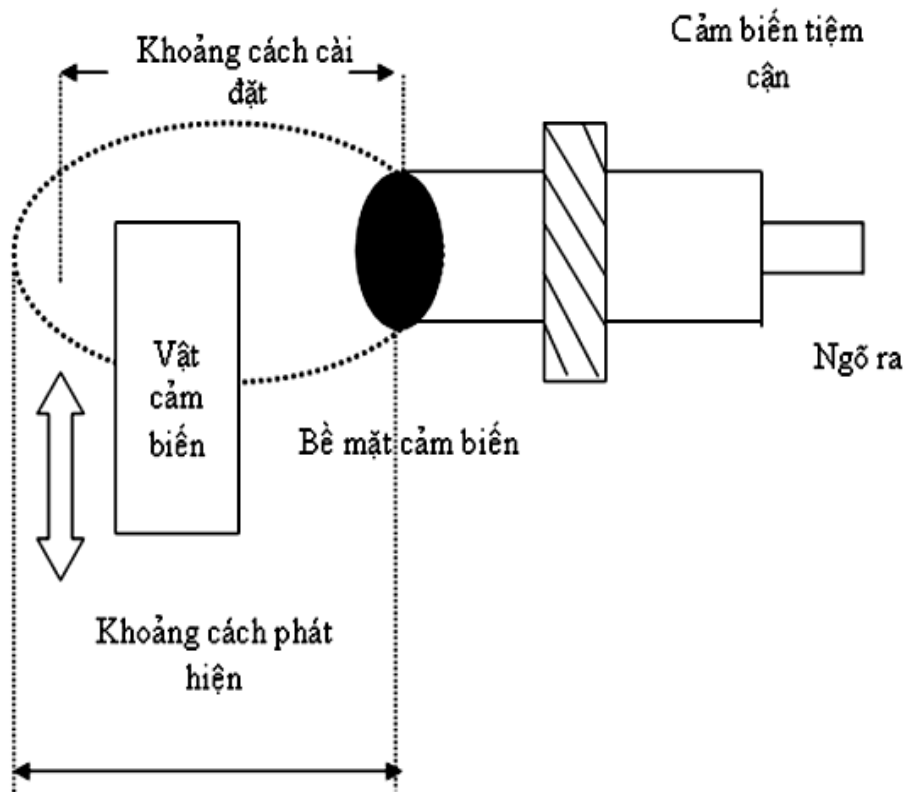
- Khoảng cách phát hiện, khoảng cách cài đặt :

+ Khoảng cách phát hiện (Detecting Distance) : là khoảng cách từ bề mặt cảm biến ở đầu sensor tới vị trí vật chuẩn xa nhất mà sensor có thể phát hiện được

+ Khoảng cách cài đặt (Setting Distance) : là khoảng cách từ bề mặt cảm biến ở đầu sensor tới vị trí vật cảm biến để sensor có thể phát hiện vật ổn định (thường khoảng cách này bằng 70-80% khoảng cách phát hiện)

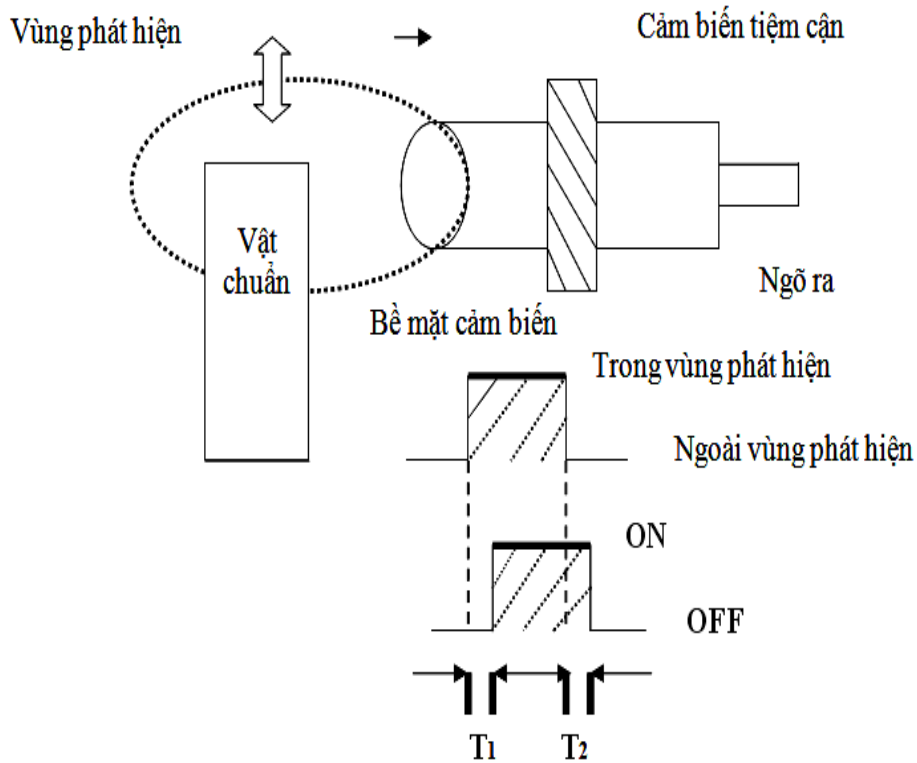


Hình 2.2 Khoảng cách phát hiện vật chuẩn của cảm biến



Hình 2.3 Khoảng cách cài đặt đối với vật cảm biến

- Thời gian đáp ứng, tần số đáp ứng :
- + Thời gian đáp ứng (Response Time) :



Hình 2.4 Minh họa về thời gian đáp ứng

$T_1$  : Khoảng thời gian từ lúc vật chuẩn chuyển động đi vào vùng phát hiện của sensor tới lúc đầu ra của sensor lên ON

$T_2$  : Khoảng thời gian từ lúc vật chuẩn chuyển động đi ra khỏi vùng phát hiện của sensor tới khi đầu ra của sensor tắt về OFF

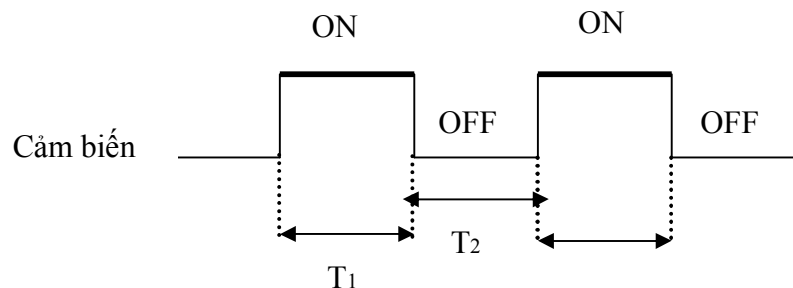
Nếu  $T_1$  và  $T_2$  càng lớn thì thời gian trễ sẽ càng cao, do đó chúng ta mong muốn  $T_1$  và  $T_2$  càng nhỏ càng tốt

+ Tần số đáp ứng (Response Frequency) :

Tần số của vật cảm biến là số lần xuất hiện lặp lại của vật cảm biến trong vùng tác động của cảm biến.

Được ký hiệu là  $f_{\text{vật cảm biến}}$  :

$$f_{\text{vật cảm biến}} = \frac{1}{T_1 + T_2} \quad (2-1)$$



Hình 2.5 Minh họa về tần số đáp ứng

Tần số đáp ứng của cảm biến là số lần tác động lặp lại khi vật cảm biến đi vào vùng tác động của cảm biến. Và yêu cầu tần số đáp ứng của cảm biến phải lớn hơn tần số của cảm biến.

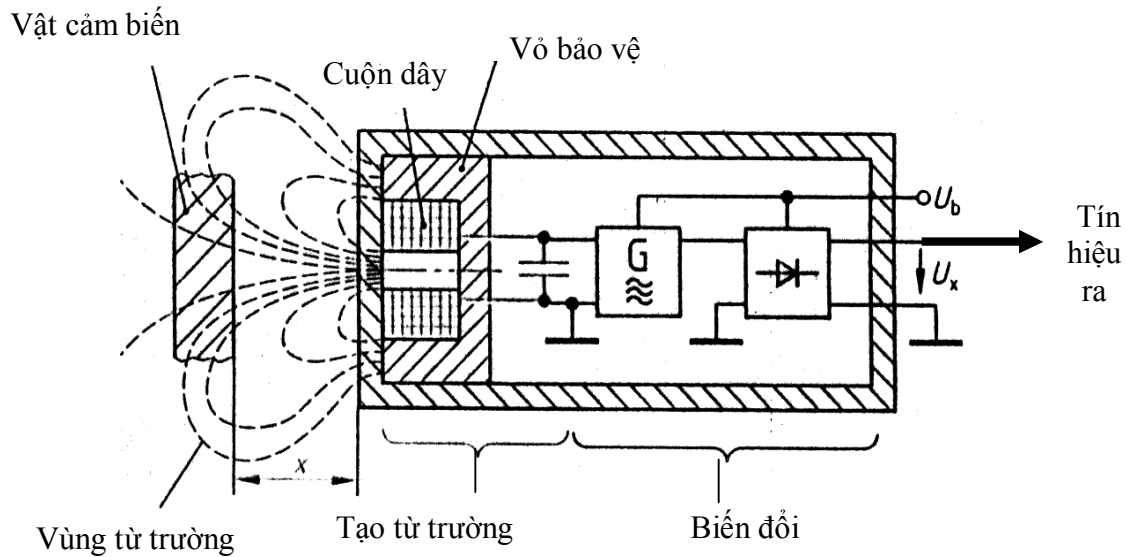
### 2.1.1 Cảm biến tiệm cận điện cảm (Inductive Proximity Sensor)

\* Tác dụng :

Dùng để phát hiện những vật bằng kim loại, với khoảng cách phát hiện nhỏ (có thể lên đến 50mm)

\* Cấu tạo và nguyên lý hoạt động :

- Cấu tạo :



Hình 2.6 Cấu tạo cảm biến tiệm cận điện cảm

Các bộ phận chính :

- + Tạo từ trường gồm : bộ tạo dao động và cuộn dây cảm ứng,
- + Biến đổi gồm : cuộn dây so sánh, bộ so sánh, bộ khuếch đại
- + Tín hiệu ra

- Nguyên lý hoạt động :

Bộ tạo dao động sẽ phát ra tần số cao và truyền tần số này qua cuộn cảm ứng để tạo ra vùng từ trường ở phía trước. Đồng thời năng lượng từ bộ tạo dao động cũng được gửi qua bộ so sánh để làm mẫu chuẩn.

Khi không có vật cảm biến nằm trong vùng từ trường thì năng lượng nhận về từ cuộn dây so sánh sẽ bằng với năng lượng do bộ dao động gửi qua như vậy sẽ không có tác động gì xảy ra.

Khi có vật cảm biến bằng kim loại nằm trong vùng từ trường, dưới tác động của vùng từ trường trong kim loại sẽ hình thành dòng điện xoáy. Khi vật cảm biến càng gần vùng từ trường của cuộn cảm ứng thì dòng điện xoáy sẽ tăng lên đồng thời năng lượng phát trên cuộn cảm ứng càng giảm. Qua đó, năng

lượng mà cuộn dây so sánh nhận được sẽ nhỏ hơn năng lượng mẫu chuẩn do bộ dao động cung cấp. Sau khi qua bộ so sánh tín hiệu sai lệch sẽ được khuếch đại và dùng làm tín hiệu điều khiển ngõ ra

\* Phân loại cảm biến tiệm cận điện cảm :

Xét về hình dáng thì cảm biến tiệm cận điện cảm có hai loại :

- Cảm biến tiệm cận điện cảm loại có vỏ bảo vệ (Shielded) hay cảm biến tiệm cận điện cảm đầu bằng : có vùng từ trường tập trung phía trước mặt cảm biến, nên ít bị nhiễu bởi kim loại xung quanh nhưng phạm vi đo nhỏ đi



*Hình 2.7 Cảm biến tiệm cận điện cảm đầu bằng E2EV của hãng Omron*

- Cảm biến tiệm cận điện cảm loại không có vỏ bảo vệ (Un-Shielded) hay cảm biến tiệm cận điện cảm đầu lồi : có vùng từ trường tập trung phía trước mặt và xung quanh cảm biến, nên phạm vi đo rộng hơn nhưng dễ bị nhiễu bởi kim loại xung quanh

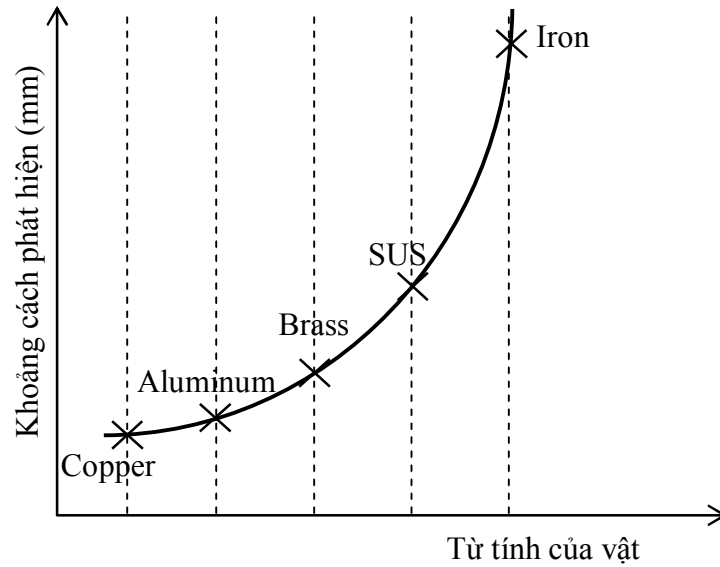


*Hình 2.8 Cảm biến tiệm cận điện cảm đầu lồi E2E-X2F1 2M OMS của hãng Omron*

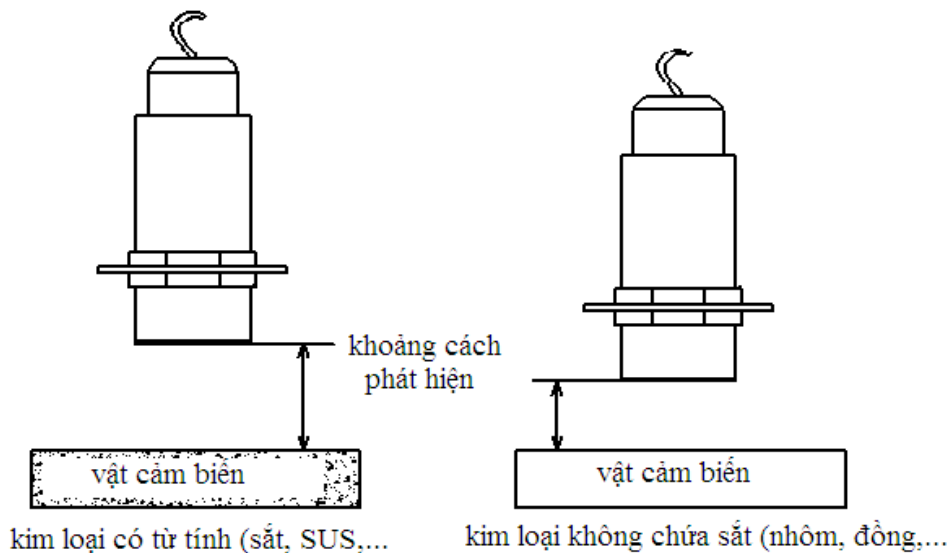
\* Khoảng cách đo – các yếu tố ảnh hưởng :

- Vật liệu của vật cảm biến : Khoảng cách phát hiện của cảm biến phụ thuộc rất nhiều vào vật liệu của vật cảm biến. Các vật liệu có độ từ tính hoặc kim

loại có chứa sắt sẽ có khả năng phát hiện xa hơn các vật liệu không có từ tính hoặc không chứa sắt

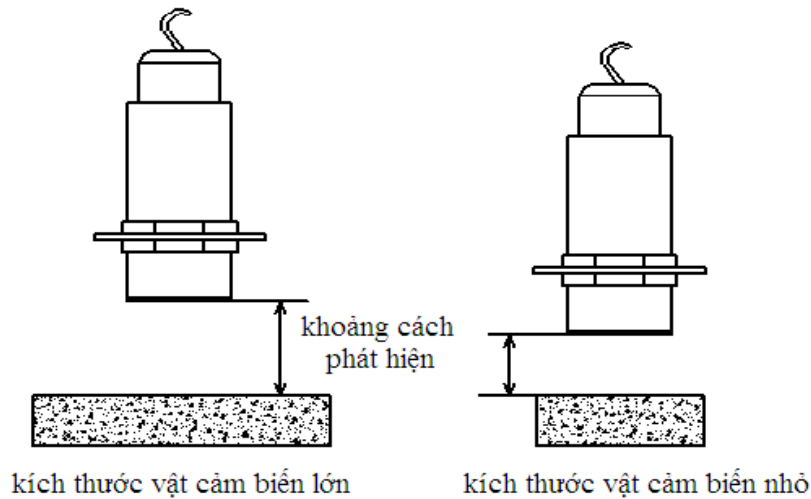


Hình 2.9 Đường đặc tuyến quan hệ giữa khoảng cách phát hiện và từ tính của vật



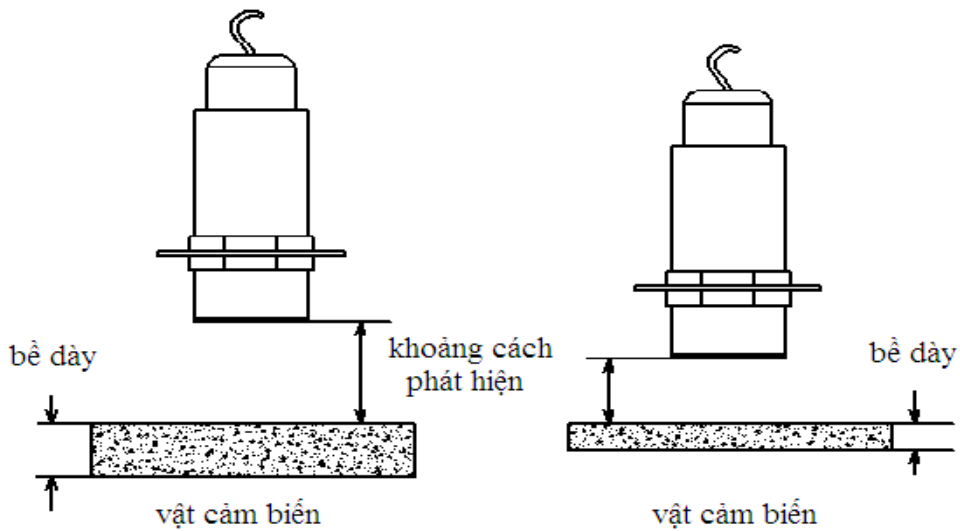
Hình 2.10 Ảnh hưởng của vật liệu làm vật cảm biến đến khoảng cách phát hiện

- Kích cỡ của vật cảm biến : Nếu kích cỡ vật cảm biến nhỏ hơn vật chuẩn, khoảng cách phát hiện của sensor sẽ giảm



Hình 2.11 Ảnh hưởng của kích cỡ vật cảm biến đến khoảng cách phát hiện

- Bề dày của vật cảm biến : Với vật cảm biến thuộc nhóm kim loại có từ tính (sắt, niken, ...), bề dày vật phải lớn hơn hoặc bằng 1mm. Bề dày của vật cảm biến càng mỏng thì khoảng cách phát hiện càng giảm.



Hình 2.12 Ảnh hưởng của bề dày vật cảm biến đến khoảng cách phát hiện

- Lớp mạ bên ngoài của vật cảm biến : Nếu vật cảm biến được mạ, khoảng cách phát hiện cũng sẽ bị ảnh hưởng. Ở đây ta lấy ví dụ cho các cảm biến của hãng Omron

Số thứ tự	Vật liệu mạ và độ dày	Vật liệu làm lõi	
		Thép	Đồng
1	Không mạ	100 (%)	100 (%)
2	Zn (5 → 15 μm)	90 → 120	95 → 105

3	Cd (5 → 15 μm)	100 → 110	95 → 105
4	Ag (5 → 15 μm)	60 → 90	85 → 100
5	Cu (10 → 20 μm)	70 → 90	95 → 105
6	Cu (5 → 15 μm)	...	95 → 105
7	Cu (5 → 10 μm) + Ni (10 → 20 μm)	70 → 95	...
8	Cu (5 → 10 μm) + Ni (10 μm) + Cr (0.3 μm)	75 → 95	...

Bảng 1.1 Ảnh hưởng của lớp mạ bên ngoài cảm biến đến khoảng cách phát hiện

### 2.1.2 Cảm biến tiệm cận điện dung (Capacitive Proximity Sensor)

\* Tác dụng :

Dùng để phát hiện những bằng phi kim, với khoảng cách phát hiện nhỏ (có thể lên đến 50mm)

\* Cấu tạo và nguyên lý hoạt động :

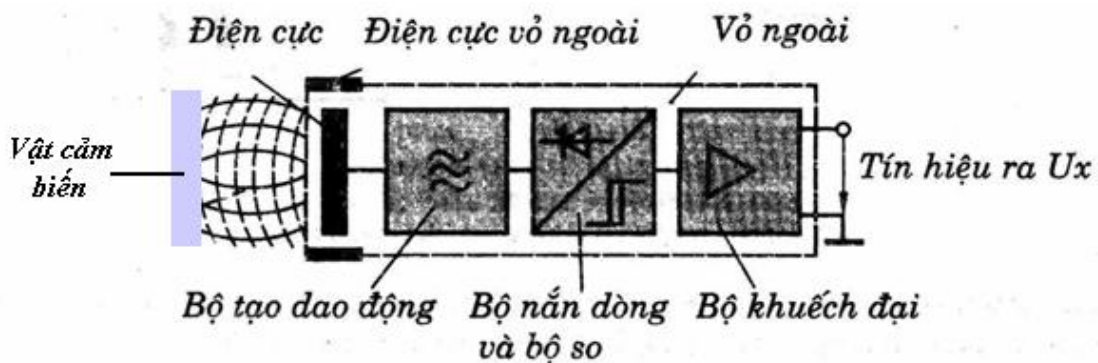
- Cấu tạo :

Các bộ phận chính :

+ Tạo vùng điện môi (hoặc vùng từ trường) gồm : bộ tạo dao động và các bản cực hờ (bản cực trong và bản cực ngoài)

+ Biến đổi gồm : bộ so sánh, bộ khuếch đại

+ Tín hiệu ra



Hình 2.13 Cấu tạo cảm biến tiệm cận điện dung

- Nguyên lý hoạt động :

Bộ dao động sẽ phát ra tần số cao và truyền tần số này qua hai bản cực hờ để tạo ra vùng điện môi (hoặc vùng từ trường) ở phía trước . Đồng thời năng lượng từ bộ dao động cũng được gửi qua bộ so sánh để làm mẫu chuẩn.



Khi không có vật cảm biến nằm trong vùng điện môi thì năng lượng nhận về từ hai bản cực hở sẽ bằng với năng lượng do bộ dao động gửi qua như vậy sẽ không có tác động gì xảy ra.

Khi có vật cảm biến bằng phi kim (giấy, nhựa, gỗ,...) nằm trong vùng điện môi thì vùng điện môi sẽ hình thành một tụ điện và điện dung của tụ điện sẽ bị thay đổi tức là năng lượng trên tụ điện giảm đi. Qua đó, năng lượng mà bộ so sánh nhận được sẽ nhỏ hơn năng lượng mẫu chuẩn do bộ dao động cung cấp. Sau khi qua bộ so sánh tín hiệu sai lệch sẽ được khuếch đại và dùng làm tín hiệu điều khiển ngõ ra.

\* Phân loại cảm biến tiệm cận điện dung :

Xét về hình dáng thì cảm biến tiệm cận điện dung có hai loại :

- Cảm biến tiệm cận điện dung loại có vỏ bảo vệ (Shielded) hay cảm biến tiệm cận điện dung đầu bằng : có vùng điện môi (hoặc vùng từ trường) tập trung phía trước mặt cảm biến, nên ít bị nhiễu bởi những phi kim và kim loại xung quanh nhưng phạm vi đo nhỏ đi



*Hình 2.14 Cảm biến tiệm cận điện dung đầu bằng CR Series của hãng Autonics*

- Cảm biến tiệm cận điện dung loại không có vỏ bảo vệ (Un-Shielded) hay cảm biến tiệm cận điện dung đầu lồi : có vùng điện môi (hoặc từ trường) tập trung phía trước mặt và xung quanh cảm biến, nên phạm vi đo rộng hơn nhưng dễ bị nhiễu bởi kim loại xung quanh

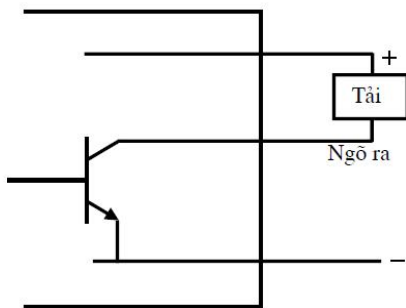


Hình 2.15 Cảm biến tiệm cận điện dung đầu lồi E2K-X8MF1 2M của hãng Omron

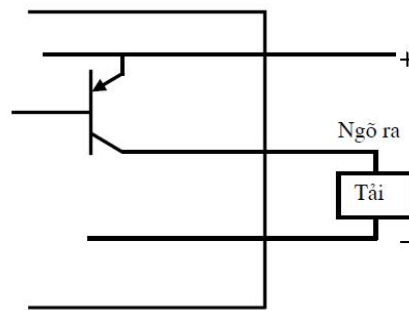
**\* Cách kết nối ngõ ra của cảm biến tiệm cận điện cảm:**

- Ngõ ra dạng NPN Transistor và PNP Transistor :

Với điện áp DC thấp, cảm biến có 2 dạng cấu hình ngõ ra phổ biến là kiểu NPN Transistor và PNP Transistor

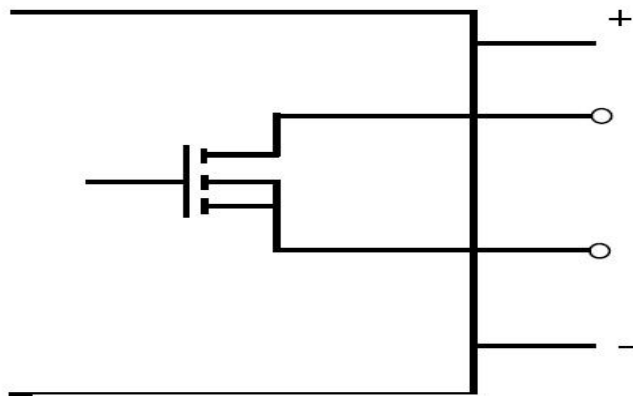


Hình 2.16 NPN transistor



Hình 2.17 PNP transistor

- Ngõ ra dạng Transistor FETs :



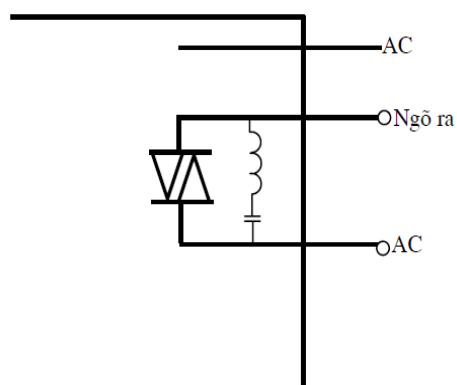
Hình 2.18 Transistor FETs

Ngõ ra dạng khác là kiểu Transistor FETs cung cấp đáp ứng nhanh, dòng tiêu hao rất nhỏ, dòng điều khiển để thay đổi trạng thái chỉ cần cỡ  $30 \mu A$ , song

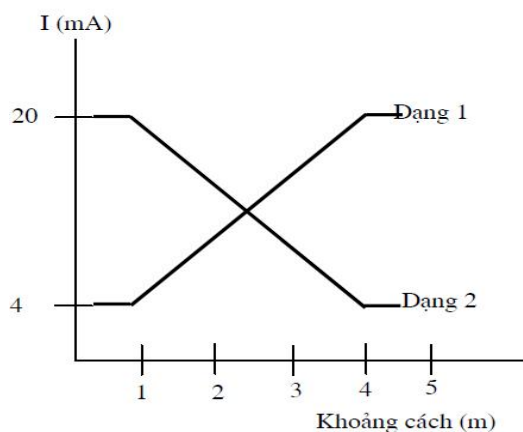
nhìn chung giá thành cao hơn so với 2 loại trên. Có thể kết nối song song ngõ ra của FET như tiếp điểm cơ khí của rơle (cả điện áp AC hay DC). Dạng FET công suất thì tiếp điểm ngõ ra có thể chịu được dòng đến 500 mA

- Ngõ ra dạng Triac :

Cảm biến ngõ ra dạng triac được thiết kế để có thể sử dụng như công tắc cho điện AC. Cảm biến dạng này cung cấp ngõ ra có thể chịu được dòng lớn, điện áp rơi thấp do đó thích hợp với việc kết nối với các công tắc tơ lớn. Dòng tiêu hao của nó lớn hơn so với FETS, giá trị này vượt quá 1mA do đó không thích hợp để kết nối với các thiết bị như PLC



Hình 2.19 Triac



Hình 2.20 Analog

- Ngõ ra dạng Analog :

Cảm biến có thể cung cấp tín hiệu ngõ ra dưới dạng dòng và áp tương ứng (hay nghịch đảo sự tương ứng) với sự phát hiện. Trạng thái ngõ ra của cảm biến có thể là thường đóng (NO) hoặc thường mở (NC). Ví dụ cảm biến loại PNP, trạng thái ngõ ra là Off khi không có đối tượng xuất hiện thì nó là loại thiết bị thường mở, ngược lại trạng thái ngõ ra On khi không có đối tượng xuất hiện thì nó là loại thường đóng. Ngoài loại 3 dây, cảm biến còn có loại 4 dây và loại 2 dây, với loại 4 dây trong một cảm biến có 2 loại ngõ ra đó là thường đóng và thường mở.

- Cách kết nối các cảm biến tiệm cận với nhau :

Trong một số ứng dụng đòi hỏi phải sử dụng nhiều hơn 1 cảm biến, các cảm biến có thể nối song song hoặc mắc nối tiếp, khi mắc song song, ngõ ra lên On khi tất cả các cảm biến đều lên On, còn khi mắc nối tiếp, chỉ cần trong số các cảm biến lên On thì ngõ ra lên On

## 2.2 Một số loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách khác

**Mục tiêu :**

- Trình bày được cấu tạo, nguyên lý hoạt động, phạm vi ứng dụng của các loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách

### 2.2.1 Xác định vị trí và khoảng cách dùng biến trở ( Resistance

**Transducer )**

\* Nguyên lý :

Các phần tử biến trở thường được chế xuất dưới dạng chiết áp *potentiometer*. Trị số điện trở thuần Ohm của biến trở kim loại dây cuốn là:

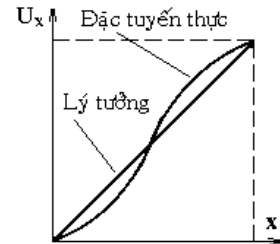
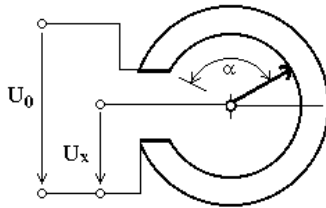
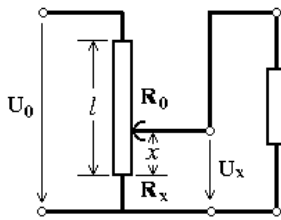
$$R = \rho \frac{l}{S}, [\Omega]; \quad (2-2)$$

Trong đó :  $\rho$  - điện trở suất vật liệu điện trở,  $[\Omega \frac{mm^2}{m}]$ ;

$l$  – chiều dài dây cuốn điện trở;

$S$  – tiết diện dây trở,  $[mm^2]$ .

Về cấu trúc, các chiết áp có tiếp điểm con trượt: chuyển động thẳng *linear*- hay vòng (*arc-shaped*-) (hình 2.21), một vòng hay nhiều vòng. Kiểu thông dụng là có bộ phận truyền động trục quay con trượt (quay tay hay dùng máy điện). Biến trở được thực hiện bằng điện trở dây cuốn, hoặc màng điện trở *film resistor* bằng một lớp carbon hay chất dẻo dẫn điện. Mỗi chiết áp thực tế không tránh khỏi có những thành phần điện cảm và điện dung. Tuy nhiên, có thể bỏ qua những thành phần đó, nếu dùng điện một chiều hay xoay chiều tần số thấp. Hiện nay đang phát triển loại biến trở từ – *magnetic field resistors*, làm việc không tiếp xúc và do đó không bị ảnh hưởng ma sát con trượt



Hình 2.21 Cảm biến điện trở: ;

a). Chiết áp thẳng

b). Chiết áp vòng (*amular*)

Hình 2.22 Sai lệch tuyến tính của

chiết áp do dung sai chế tạo

\* Các thông số đặc trưng của biến trở :

- Trị số điện trở (danh định): Trị số điện trở điển hình là  $100[\Omega]$  và  $100 [k\Omega]$ .

- Mức tổn hao công suất cho phép: Tổn hao sẽ tăng tùy theo mức tăng điện áp nếu điện trở nhỏ. Với điện trở lớn thì không chỉ làm tăng ảnh hưởng thành phần điện cảm và điện dung mà còn có nguy cơ làm tăng nhiễu điện-từ. Do đó, tùy trường hợp ứng dụng cụ thể mà tìm phương án thỏa hiệp. Do đó, điện áp lớn nhất  $U_{0 \max}$  có thể cung cấp cho chiết áp được tính bằng :

$$U_{0 \max} = \sqrt{P_{th} R} ; [V] \quad (2-3)$$

Trong đó :  $P_{th}$  – công suất tổn hao cho phép của chiết áp, [W];

R – trị số điện trở, [ $\Omega$ ].

- Dung sai cho phép: Dung sai là sai số lớn nhất có thể cho phép. Dung sai của chiết áp là sai lệch giữa trị số thực tế và trị số danh định, tính bằng [%] trị danh định, tức là sai số tương đối của biến trở chiết áp. Nó nằm trong phạm vi  $\pm(1 \div 10)$ [%]. Trị số điển hình là trong khoảng  $\pm 3$ [%] và  $\pm 5$ [%].

- Độ tuyến tính: Độ tuyến tính là đặc tính đặc biệt quan trọng đối với các phần tử tự động. Thậm chí trong điều kiện không tải, ví dụ khi điện áp đầu ra được xác định theo phương pháp bù (cân bằng), coi như không có sụt áp trên đầu đo, thì thay đổi điện áp đầu ra cũng vẫn không thật tuyến tính với đường trượt hay góc quay của con trượt. Độ sai lệch điện trở thực tế so với đường cong lý tưởng thường là trong khoảng 0,05[%] và 1[%] (hình 3.17). Chiết áp dây cuộn có độ tuyến tính tốt hơn cả, nhưng có nhược điểm là giá trị biến trở thay đổi đúng bằng độ lớn vòng dây, từ vòng này sang vòng khác. Nói cách khác, độ phân giải bằng độ lớn điện trở một vòng dây. Trong thực tế, có thể chế tạo chiết áp với 25 vòng trên 1 [mm], tức là độ phân giải giới hạn trong khoảng 40 [ $\mu m$ ].

- Độ phân giải: Độ phân giải của chiết áp vòng đơn đường kính 25 [mm] là khoảng 0,2°. Về lý thuyết, các chiết áp kiểu màng carbon hay màng dẻo điện dẫn có độ phân giải vô định. Trên thực tế, có thể đạt 0,01 [mm] khi đo dịch chuyển thẳng và 0,01° khi đo di góc. Tuy nhiên độ tuyến tính của những cảm biến này kém hơn các chiết áp dây cuộn

\* Sơ đồ đo :

Phương pháp xác định trị số điện trở chính xác nhất là sử dụng sơ đồ cầu đo. Hình 2.23 giới thiệu nguyên lý sơ đồ mạch cầu ứng dụng cho phần tử biến trở.

Sơ đồ mạch cầu ứng dụng cho phần tử biến trở có thể thực hiện theo nguyên lý sơ đồ cầu cân bằng, khi đó sơ đồ hình 2.23 được chỉnh định sao cho điện áp đường chéo cầu  $U_D = 0$  [V], tức là dùng điện kế galvanometer chỉ thị “0”. Khi cầu cân bằng, có thể xác định trị số điện trở chưa biết  $R_1 = R_x$  theo giá trị biết trước của các điện trở kia.

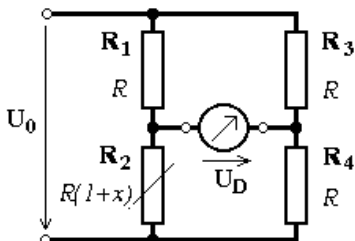
$$R_x = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4} \quad (2-4)$$

Cũng có thể sử dụng sơ đồ cầu theo nguyên lý cầu lệch để xử lý gia công tín hiệu đo, khi đó đồng hồ chỉ thị điện áp đường chéo cầu  $U_D$  là điện áp đầu ra. Thông thường phần tử biến trở  $R_2$  trong sơ đồ cầu lệch hình 2.24 thay đổi theo chuyển vị x dạng  $R_2 = R(1+x)$ . (2-5)

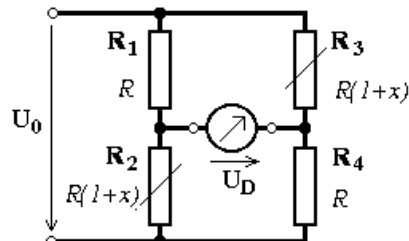
Đối với những chuyển dịch nhỏ, tức là  $x \ll 1$ , thì:

$$U_D = U_0 \cdot \left[ \frac{R(1+x)}{R+R(1+x)} - \frac{1}{2} \right] = \frac{U_0}{4} \cdot \frac{x}{1+x/2} \cong \frac{U_0}{4} \cdot x = f(x)|_{x \ll 1}. \quad (2-6)$$

Như vậy, điện áp đường chéo cầu  $U_D$  – chính là điện áp ra, tỷ lệ với độ chuyển dịch  $x$ .



Hình 2.23 Sơ đồ cầu trở với một phần tử biến trở



Hình 2.24 Sơ đồ cầu trở với hai phần tử biến trở

Để tăng độ nhạy, có thể dùng sơ đồ hai phần tử cảm biến (hình 2.24). Khi đó điện áp ra sẽ bằng :

$$U_D = U_0 \cdot \left[ \frac{R(1+x)}{R+R(1+x)} - \frac{R}{R+R(1+x)} \right] \cong \frac{U_0}{2} \cdot x \quad (2-7) \quad ; \text{ với } x \ll 1$$

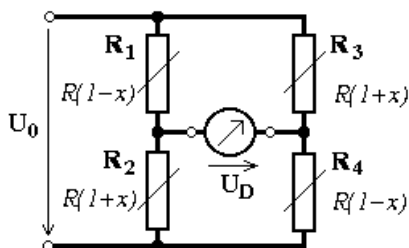
tức là điện áp đầu ra tăng gấp đôi so với sơ đồ hình 2.23

Hình 2.25 giới thiệu sơ đồ mạch cầu có 4 phần tử cảm biến, điển hình là dùng hai biến trở vi sai. Khi đó:

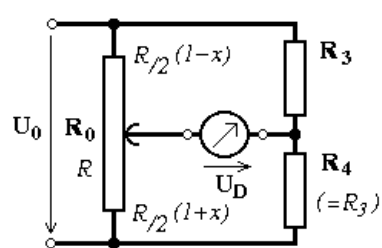
$$U_D = U_0 \cdot \left[ \frac{R(1+x)}{R(1+x)+R(1-x)} - \frac{R(1-x)}{R(1+x)+R(1-x)} \right] = U_0 \cdot \frac{2Rx}{R(1+x)+R(1-x)} \cong U_0 \cdot x. \quad (2-8)$$

Hình 2.26 là phương án sơ đồ mạch cầu dùng cho biến trở chiết áp tuyến tính.

$$\text{Ở đây } U_D \cong \frac{U_0}{2} \cdot x \quad (2-9)$$



Hình 2.25 Sơ đồ cầu trở với bốn phần tử biến trở



Hình 2.26 Sơ đồ cầu trở dùng cho biến trở chiết áp tuyến tính

## 2.2.2 Xác định vị trí khoảng cách bằng tự cảm (Inductance Transducers)

\* Nguyên lý :

Điện cảm của cuộn dây được xác định bằng :

$$L = \frac{N^2 \mu_0 \mu_r A}{l} ; \quad (2-10)$$

Trong đó :  $N$  – số vòng dây

$\mu_0$  - độ từ thẩm của khoảng không

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} [H/m]$$

$\mu_r$  – độ từ thẩm tương đối

$A$  – diện tích

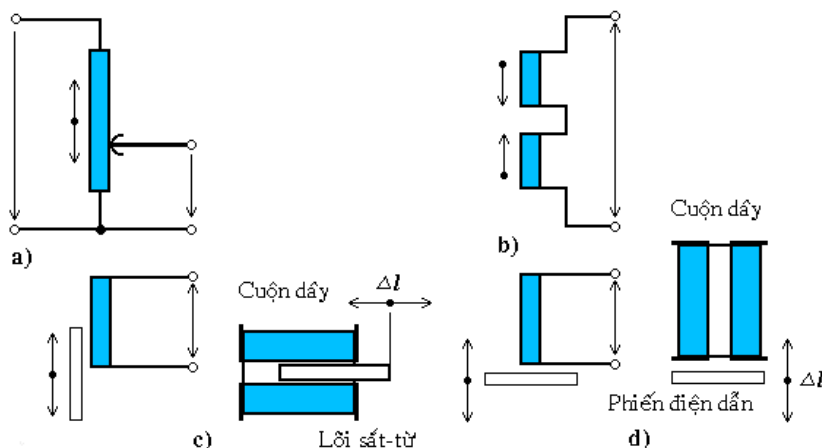
$l$  – độ dài của cuộn dây.

Trên thực tế, việc tính toán điện cảm cuộn dây theo các đại lượng này nói chung là không thể. Thường thì người ta xác định điện cảm theo phép đo trị hiệu dụng dòng và áp xoay chiều tần số  $f$  trên cuộn dây.

$$L = \frac{\bar{U}}{2\pi f \cdot \bar{I}}. \quad (2-11)$$

Cũng như đối với các phần tử cảm biến điện dung, nguyên lý chung đối với các phần tử cảm biến điện cảm là làm thay đổi một trong những đại lượng xác định điện cảm của cuộn cảm, có thể biến thiên các thành phần  $N$ ,  $\mu_r$ ,  $A$  và  $l$  để dùng làm biến cảm. Trên cơ sở đó có thể có những phương án hiện thực hoá phần tử biến cảm như trong hình 2.27.

Có thể biến thiên số vòng dây  $N$  bằng cách dùng kết cấu con trượt (hình 2.27a). Tuy nhiên, khó có thể làm thay đổi kích thước hình học của từng vòng dây riêng lẻ. Cách khác, nếu chia cuộn dây thành hai nửa và làm thay đổi khoảng không giữa chúng (hình 2.27b), thì sự ghép từ tính sẽ thay đổi và làm thay đổi điện cảm toàn phần. Đối với cuộn cảm có lõi sắt thì sự dịch chuyển của lõi sắt-từ trong lòng cuộn dây làm thay đổi độ từ thẩm  $\mu_r$  (kiểu phần ứng dọc, hình 2.27c – nguyên lý và kết cấu). Kiểu khác – kiểu phần ứng ngang, thì một bản cực điện dẫn được đưa lại gần cuộn dây, hoặc ở thân bọc điện dẫn đặt trên cuộn dây, khi đó trong phần điện dẫn sẽ cảm ứng dòng xoáy Foucault. Điện trường tạo bởi dòng Foucault ấy tương tác với từ trường cuộn dây làm thay đổi điện cảm (hình 2.27d – nguyên lý và kết cấu)

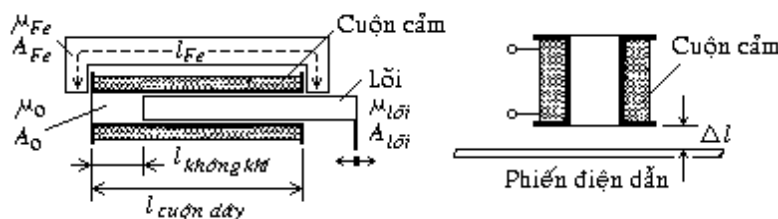


Hình 2.27 Nguyên lý biến cảm theo phương án biến thiên:

- a). số vòng dây  $N$
- b). bố trí hình học
- c). độ từ thẩm (lõi sắt từ – kiểu phân ứng dọc)
- d). tổn hao dòng xoáy (phiến điện dẫn – kiểu phân ứng ngang).

Phần tử biến cảm có lõi sắt-từ bên trong cuộn dây  $n$  vòng. Chuyển dịch lõi sắt-từ sẽ làm thay đổi điện cảm của phần tử (hình 2.28a). Điện cảm của phần tử cảm biến phụ thuộc vào số vòng dây  $n$ , độ từ thẩm  $\mu$  và kích thước hình học của phần tử.

$$L = f(n, \mu, A, l) \quad (2-12)$$



Hình 2.28 Nguyên lý cấu tạo phần tử biến cảm.

- a). Cấu trúc lõi trượt (phần ứng dọc trực);
- b). Cấu trúc phân ứng ngang theo nguyên lý thay đổi từ thông.

Cấu trúc phần tử biến cảm như vậy được gọi là phần tử lõi trượt (phần tử cảm biến điện cảm có phần ứng dọc). Dạng biến cảm khác là theo nguyên lý thay đổi từ thông (phần ứng ngang). Ở đây có một phiến điện dẫn nằm cách cuộn cảm một khoảng  $\Delta l$ . Khi cung cấp cho cuộn cảm một điện áp xoay chiều, sẽ tạo ra từ trường xuyên qua phiến điện dẫn. Khi đó bên trong phiến sẽ có dòng xoáy Foucault, tạo nên một trường đối ngẫu làm tăng một phần điện trường của cuộn cảm hay là làm giảm điện cảm ban đầu của cuộn cảm (hình 2.28b).

Như vậy, phần tử cảm biến điện cảm nói chung có hai dạng kết cấu cơ bản:

- Cuộn cảm không lõi sắt
- Cuộn cảm lõi sắt-từ.



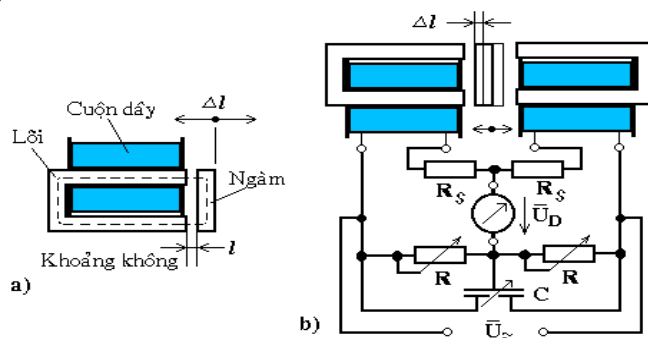
Về nguyên lý thì kết cấu biến cảm có lõi sắt-từ làm việc chủ yếu trên cơ sở ghép từ tính, đó là nguyên lý biến áp, với hệ số ghép như là hệ số biến áp. Do đó dạng kết cấu có lõi sắt có hai kiểu cơ bản:

- Kiểu phần ứng dọc *longitudinal armature*
- Kiểu phần ứng ngang *transverse armature*.

Ở đây, cũng như trong kỹ thuật điện-từ, bộ phận động gọi là phần ứng.

\* Sơ đồ đo :

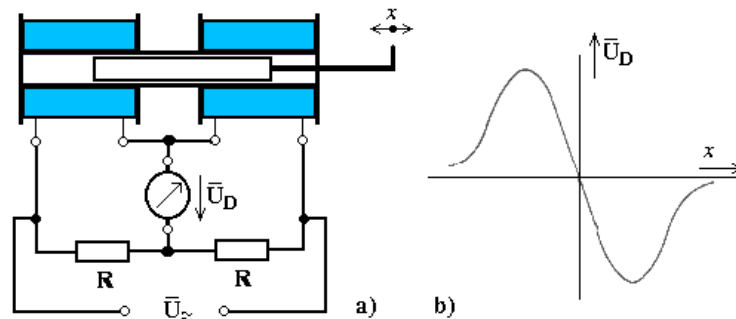
Một dạng phần tử biến cảm kiểu phần ứng ngang được thực hiện bằng cách thay đổi độ từ thẩm của khoảng không trong lòng cuộn cảm bằng lõi sắt có ngàm (hình 2.29a). Hình 2.29b giới thiệu sơ đồ nguyên lý phần tử biến cảm vi sai với mạch cầu.



Hình 2.29 Phần tử biến cảm kiểu phần ứng ngang:

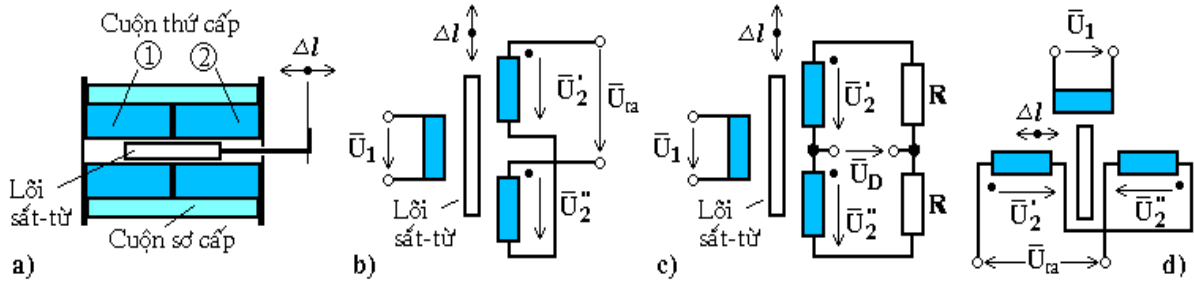
a). kiểu ngàm; b). kiểu vi sai mắc vào mạch cầu.

Dạng ứng dụng có lõi sắt-từ mềm di động trong lòng cuộn cảm dây cuốn là phần tử biến cảm phần ứng dọc – một dạng phần tử biến cảm theo nguyên lý biến thế. Cấu trúc thông dụng nhất là cuộn chặn *iron-core choke* vi sai mắc mạch nửa cầu – phần tử biến cảm ghép hai cuộn dây có lõi sắt-từ di động kiểu vi sai (hình 2.30).



Hình 2.30 Phần tử biến cảm vi sai: a). Sơ đồ nối mạch cầu đo; b). Đặc tuyến.

Còn trên hình 2.31 là phương án ứng dụng nguyên lý biến áp vi sai :



Hình 2.31 Nguyên lý biến áp vi sai: a). Kết cấu; b). Kiểu lõi dọc; c). Kiểu lõi dọc mắc mạch cầu đo; d). Kiểu lõi ngang.  
 Đối với sơ đồ hình 2.31b thì điện áp đầu ra của mạch  $\bar{U}_{ra}$  sẽ bằng:

$$\bar{U}_{ra} = K \cdot \bar{U}_1 \cdot \Delta l \quad (2-13)$$

Trong đó:  $K$  – hằng số ghép (hệ số biến áp)

$\bar{U}_1$  – điện áp cuộn sơ cấp (trị hiệu dụng)

$\Delta l$  – chuyển vị của lõi sắt-từ khỏi vị trí đối xứng

Ở sơ đồ mạch cầu hình 2.31c, thì điện áp đầu ra (điện áp đường chéo cầu) sẽ bằng

$$\bar{U}_{ra} = \frac{1}{2} K \cdot \bar{U}_1 \cdot \Delta l. \quad (2-14)$$

Như vậy, nếu dịch chuyển lõi sắt-từ là như nhau ở cả hai sơ đồ, thì sơ đồ hình 2.31b sẽ cho điện áp đầu ra lớn hơn.

### 2.2.3. Xác định vị trí khoảng cách bằng cảm biến điện dung (Capacitance Transducers )

\* Nguyên lý :

Phần tử biến dung gồm hai bản cực dẫn điện cách ly nhau nhưng có thể chuyển dịch so với nhau. Hai bản cực đặt song song, nên có thể tính điện dung của phần tử biến dung bằng :

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \cdot \frac{A}{l_0} \quad (2-15)$$

Trong đó :  $C$  – điện dung phần tử, tính bằng [F];

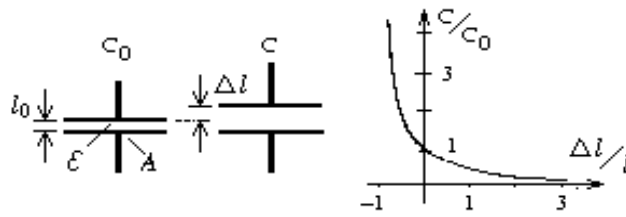
$\epsilon_r$  – hằng số điện môi tương đối;

$\epsilon_0$  – hằng số điện môi không khí,  $\epsilon_0 = 8,8854184 \cdot 10^{-12}$  [F/m];

$A$  – diện tích bản cực, [ $m^2$ ];

$l_0$  – khoảng cách giữa hai bản cực, tính bằng [m].

Mối quan hệ rõ ràng giữa các đại lượng kích thước và điện dung tạo cơ sở chế xuất phần tử biến dung có khả năng lượng giá tín hiệu đo theo khoảng cách (hình 2.32)



Hình 2.32 Nguyên lý phân tử biến dung đo khoảng cách

Ở trạng thái ban đầu thì:

$$C_0 = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{l_0} \quad (2-16)$$

Khi tăng khoảng cách giữa hai điện cực ( $l_1 = l_0 + \Delta l$ ) thì:

$$C_1 = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{l_1} \quad (2-17)$$

Biểu thức cơ sở của phân tử biến dung đo khoảng cách sẽ là:

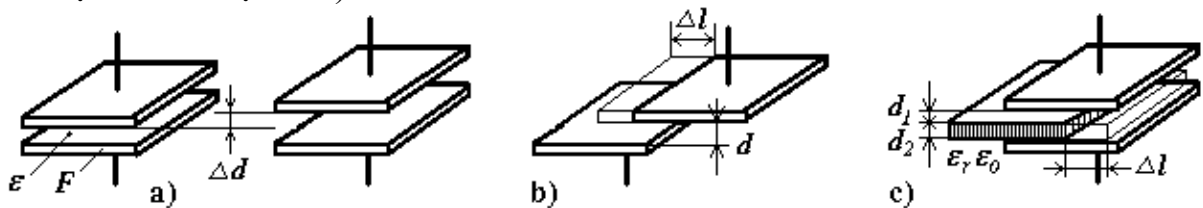
$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta l}{l_0}} \quad (2-18)$$

Đối với những chuyển dịch nhỏ  $\Delta l$  so với khoảng cách  $l_0$  thì tỷ số biến động khoảng cách có thể coi là khá nhỏ ( $\frac{\Delta l}{l_0} \ll 1$ ) và như vậy:

$$\frac{C_1}{C_0} = 1 - \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2-19)$$

Đặc tuyến phân tử cũng có thể coi gần đúng là tuyến tính trong một phạm vi nhất định.

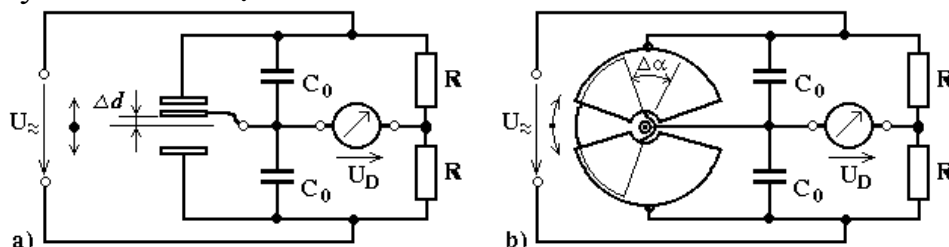
Các phần tử cảm biến điện dung ứng dụng sự thay đổi điện dung theo biến động của một trong những đại lượng sau : Hình 2.33 trình bày sơ đồ nguyên lý các phương án biến dung đó. Hình 2.33a – phân tử biến dung do thay đổi khoảng cách giữa các bản cực một lượng bằng  $\Delta d$ ; hình 2.33b – do thay đổi diện tích đối ứng của các bản cực (bởi chuyển dịch  $\Delta l$ ); hình 2.33c – do thay đổi tính chất điện môi (bởi tương tác điện môi không gian  $\epsilon_r$  và  $\epsilon_0$  giữa các bản cực với xê dịch  $\Delta l$ )



Hình 2.33 Nguyên lý cấu trúc cơ bản của các phần tử biến dung

\* Sơ đồ đo :

Sự thay đổi khoảng cách bản cực, diện tích bề mặt bản cực hay chất điện môi làm thay đổi điện dung và sẽ được lượng giá bằng sơ đồ mạch cầu (hình 2.34). Ở đây các phần tử cảm biến điện dung kiểu biến dung vi sai, mà mỗi nửa như một tụ điện. Các tụ điện  $C_0$  mắc song song là để khắc phục ảnh hưởng ký sinh và tán xạ.

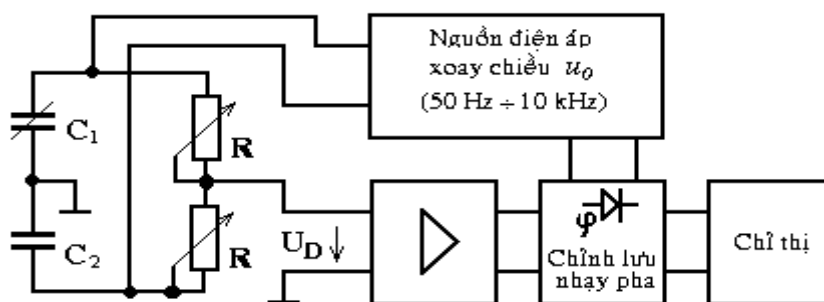


Hình 2.34 Sơ đồ mạch cầu với phần tử biến dung

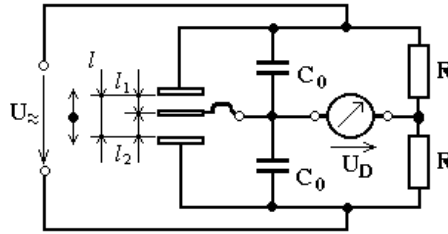
Trường hợp đơn giản nhất thì phần tử cảm biến điện dung là tụ biến dung  $C_1$ , còn  $C_2$  là một tụ cố định. Nửa cầu kia là các biến trở chiết áp, cũng có thể thay bằng các tụ điện. Các biến trở trong sơ đồ hình 2.34 thường được chọn trị số bằng nhau. Có thể dùng mạch cầu theo nguyên lý cầu cân bằng (cân bằng cầu cho điện áp đường chéo cầu  $u_D = 0 [V]$ ), hay theo nguyên lý cầu lệch. Phương pháp cầu lệch dựa trên mối quan hệ giữa điện áp đường chéo cầu với sự thay đổi điện dung của phần tử cảm biến. Điện áp cung cấp là điện áp xoay chiều có tần số trong khoảng  $50 [Hz]$  đến  $10 [kHz]$ , cho nên điện áp  $u_D$  là điện áp xoay chiều. Nó sẽ được khuếch đại lên và chỉnh lưu bằng một bộ chỉnh lưu nhạy pha để chỉ thị hay điều khiển. Việc sử dụng bộ chỉnh lưu nhạy pha ở cầu xoay chiều là để nhận biết sự đổi dấu tín hiệu ở lân cận điểm cân bằng. Bằng cách đó, việc lượng giá điện áp đường chéo cầu ở trạng thái lân cận điểm cân bằng sẽ được thực hiện không chỉ về độ lớn sai lệch mà còn cả theo xu hướng tiệm cận.

Hình 2.35 vẽ sơ đồ nguyên lý mạch cầu biến dung. Khi mạch đo điện áp đường chéo cầu  $\bar{U}_D$  có nội trở đủ lớn thì ta có:

$$\bar{U}_D \approx \frac{\bar{U}_0}{2} \cdot \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \quad (2-20)$$



Hình 2.35 Sơ đồ nguyên lý mạch cầu biến dung



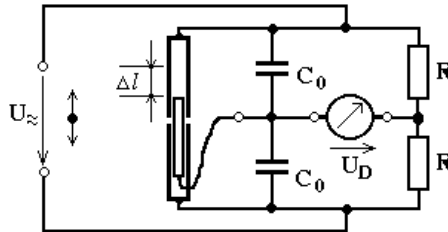
Hình 2.36 Sơ đồ mạch cầu dùng cho phần tử cảm biến điện dung vi sai  
Sơ đồ hình 2.36 dùng cho phần tử cảm biến điện dung vi sai. Ở đây kết hợp cả hai tụ điện  $C_1$  và  $C_2$  trong hình 2.35 trong một phần tử vi sai, có các tụ điện phụ  $C_0$  nhằm khắc phục điện dung ký sinh và tán xạ.

Tương quan giữa sự chuyển dịch của bản cực giữa và điện áp đường chéo cầu là không tuyến tính. Tuy nhiên, ở lân cận điểm cân bằng thì có thể tuyến tính hoá gần đúng, ta có:

$$\bar{U}_D \approx \frac{\bar{U}_0}{2} - \frac{l_1}{l} \cdot \bar{U}_0; \quad (2-21)$$

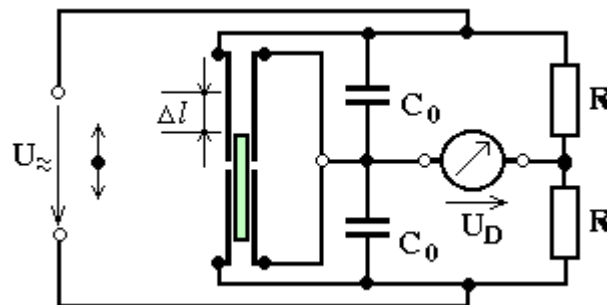
ở đây :  $l$  – khoảng cách các bản cực tụ biến dung.

Không chỉ thay đổi khoảng cách bản cực tụ biến dung, mà còn có thể thay đổi diện tích đối ứng của các bản cực. Việc này có thể thực hiện bằng cách tách một bản cực thành hai tụ điện hình trụ (hình 2.37)



Hình 2.37 Sơ đồ cầu lệch với phần tử biến dung vi sai thay đổi diện tích bản cực.

Tương tự như vậy đối với phương án thay đổi tính chất điện môi (hình 2.38). Ở đây lõi di động giữa các bản cực tụ điện sẽ làm thay đổi tính chất điện môi.

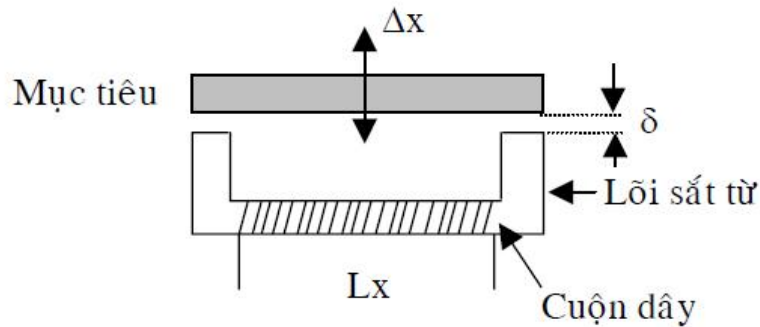


Hình 2.38 Sơ đồ cầu lệch với phần tử biến dung vi sai thay đổi tính chất điện môi.

## 2.2.4 Cảm biến từ

\* Cấu tạo :

Cảm biến điện từ có cấu tạo là một khung dây hở như hình 2.39



Hình 2.39 Cấu tạo cảm biến từ

Mục tiêu là một phần của đối tượng cần đo dịch chuyển với khoảng cách nhỏ, khi mục tiêu di chuyển làm cho khe hở không khí  $\delta$  thay đổi làm cho từ trở của mạch từ thay đổi làm cho điện cảm của cuộn dây thay đổi. Nếu bỏ qua điện trở của dây dẫn và bỏ qua từ trở của lõi sắt từ thì điện cảm của cuộn dây :

$$L = W^2 \mu_0 s \frac{1}{l_0 + \frac{l_f}{\mu_f}} \quad (2-22)$$

Trong đó :  $l_0$  và  $l_f$  - chiều dài trung bình của đường sức từ trong lõi sắt từ và trong không khí,  $l_0 = 2\delta = \Delta x$

$\mu_0$  - là độ từ thẩm của không khí  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$

$\mu_f$  - là độ từ thẩm của lõi sắt từ  $\mu_f = 10^3 \div 10^4$

$s$  - là tiết diện của khe hở không khí

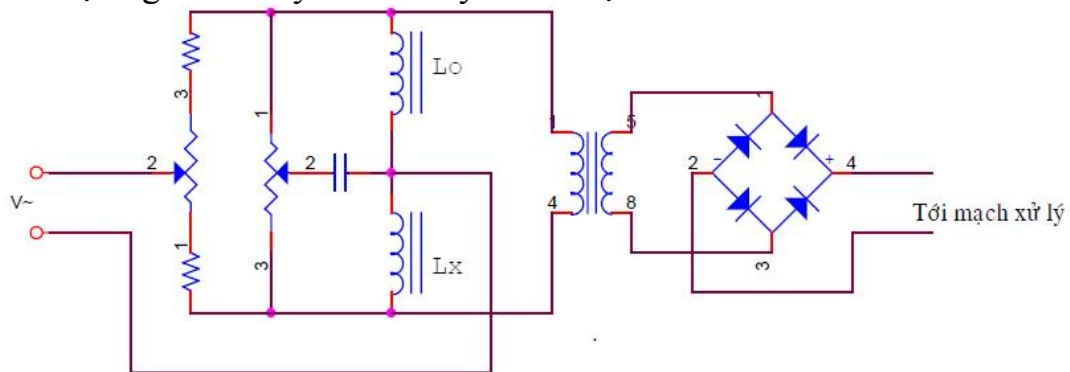
$W$  - là số vòng dây

\* Mạch đo :

Mạch đo là một mạch cầu xoay chiều hình 2.40

\* Mạch xử lý tín hiệu đo :

Mạch xử lý tín hiệu đo là một khối rời có cơ cấu chỉ thị và cho phép cài đặt dạng tín hiệu ngõ ra là tuyến tính hay là tín hiệu điều khiển như hình 2.41



Hình 2.40 Mạch đo dùng cảm biến từ



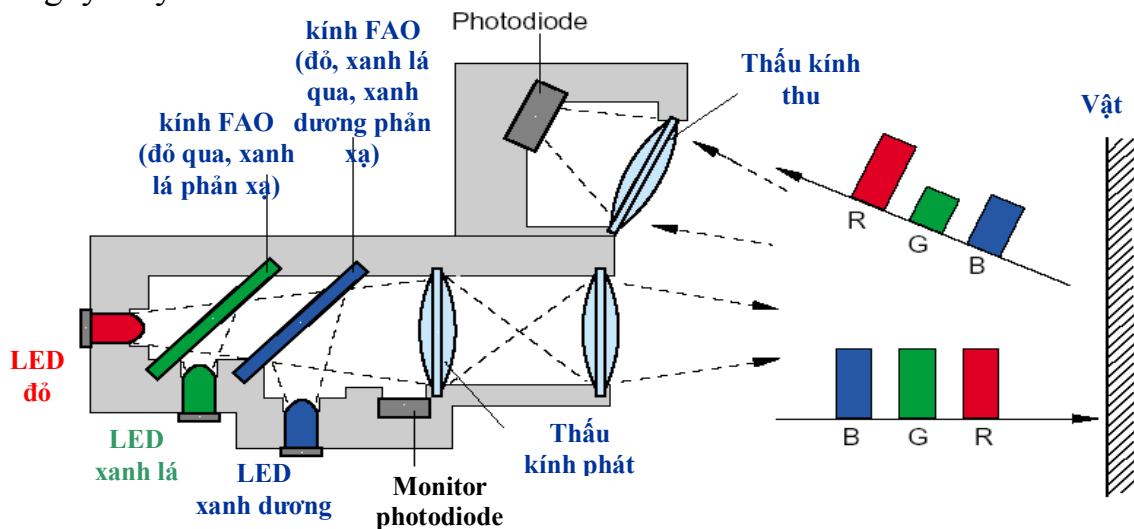
Hình 2.41 Cảm biến từ và bộ xử lý tín hiệu

### 2.2.5 Cảm biến phân loại màu

Khi ánh sáng đập vào bề mặt một vật thì một phần ánh sáng bị phản xạ, một phần bị bề mặt hấp thụ hoặc truyền dẫn vào vật. Tỷ lệ các bước sóng phản xạ phụ thuộc vào góc tới, đặc tính lý hóa của bề mặt và sự phân cực ánh sáng. Do vậy phân bố phổ ánh sáng phản xạ cho ta thông tin về đặc tính lý hóa của bề mặt. Có nhiều kỹ thuật khác nhau khai thác thông tin của tín hiệu ánh sáng phản xạ :

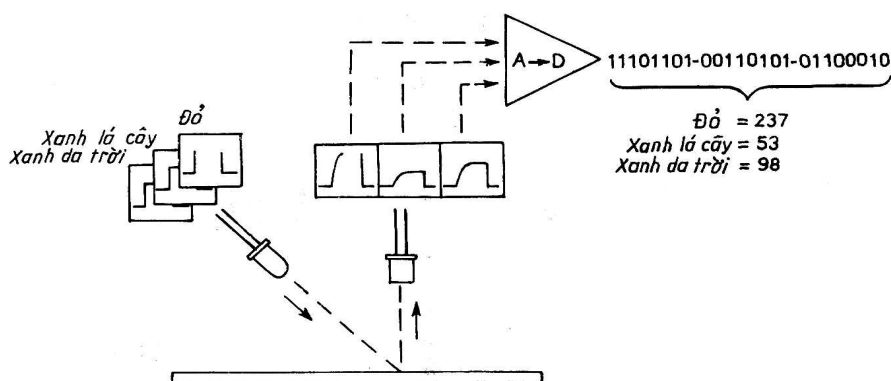
- Kỹ thuật phân tích phổ : dùng máy phân tích phổ để đánh giá tính chất của bề mặt chiếu sáng
- Kỹ thuật phổ ảnh : quan tâm đến đặc tính hóa học của từng miền ánh sáng xuyên qua
- Kỹ thuật nhận dạng hình ảnh tĩnh : sử dụng ba màu R (Red) – màu đỏ, bước sóng 700nm; G (Green) – xanh lá cây, bước sóng 546nm; B (Blue) – xanh da trời, bước sóng 436nm phối hợp với nhau tạo nên 7 màu
- Sắc ký : là lĩnh vực liên quan đến nhận dạng hoặc tạo màu của vật

\* Nguyên lý :



Hình 2.42 Cấu tạo cảm biến phân loại màu

Cảm biến màu phát các ánh sáng đỏ (R), xanh lá (G), xanh dương (B) tới vật cảm biến, sau đó nhận ánh sáng phản xạ về, phân tích tỉ lệ các ánh sáng R, G, B để phân biệt màu của vật.



Hình 2.43 Biến đổi tín hiệu ra của cảm biến phân loại màu thành số

### 2.3 Thực hành với cảm biến tiệm cận điện cảm

#### Mục tiêu :

- Thực hiện được mạch cảm biến điện cảm đạt các yêu cầu về kỹ thuật.
- Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo, chủ động trong quá trình học tập

#### 2.3.1 Thiết bị

- + Cảm biến tiệm cận điện cảm IW-2008-BRKG/IW5039
- + Relay trung gian, tiếp điểm thường mở của relay trung gian
- + Nguồn 24VDC
- + Đèn tín hiệu 24VDC
- + Vật cảm biến

#### 2.3.2 Ghi các thông số kỹ thuật của cảm biến

Nguồn gốc: .....

Công ty sản xuất: .....

Mã số sản xuất sản phẩm: .....

Điện áp hoạt động: .....

Dòng điện: .....

Đặc tính hoạt động: .....

Khoảng cách tác động: .....

Tiêu chuẩn cách điện: .....

#### 2.3.3 Vẽ sơ đồ kết nối cảm biến

#### 2.3.4 Các bước thực hành

**Bước 1 :** Tiến hành đấu nối cảm biến theo sơ đồ đã vẽ

**Chú ý :** Tùy thuộc vào ngõ ra của cảm biến mà có thể đấu nối theo dạng NPN hoặc PNP.

**Bước 2 :** Lần lượt cho các vật cảm biến bằng kim loại có kích thước khác



nhau hoặc có độ từ tính khác nhau đi qua cảm biến để xét xem với các vật cảm biến khác nhau thì khoảng cách phát hiện sẽ thay đổi như thế nào ?

### 2.3.5 Những ghi chú khi thực hành và nhận xét :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## 2.4 Thực hành với cảm biến tiệm cận điện dung

### Mục tiêu :

- Thực hiện được mạch cảm biến điện dung đạt các yêu cầu về kỹ thuật.
- Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo, chủ động trong quá trình học tập

### 2.4.1 Thiết bị :

- + Cảm biến tiệm cận điện dung KIE3015-FPKG
- + Relay trung gian, tiếp điểm thường mở của relay trung gian
- + Nguồn 24VDC
- + Đèn tín hiệu 24VDC
- + Vật cảm biến

### 2.4.2 Ghi các thông số kỹ thuật của cảm biến

Nguồn gốc: .....

Công ty sản xuất: .....

Mã số sản xuất sản phẩm: .....

Điện áp hoạt động: .....

Dòng điện: .....

Đặc tính hoạt động: .....

Khoảng cách tác động: .....

Tiêu chuẩn cách điện: .....

### 2.4.3 Vẽ sơ đồ kết nối cảm biến

### 2.4.4 Các bước thực hành

**Bước 1 :** Tiến hành đấu nối cảm biến theo sơ đồ đã vẽ

**Chú ý :** Tùy thuộc vào ngõ ra của cảm biến mà có thể đấu nối theo dạng NPN hoặc PNP.

**Bước 2 :** Lần lượt cho các vật cảm biến bằng phi kim (như giấy, gỗ, nhựa,...) hoặc kim loại(có kích thước khác nhau hoặc có độ từ tính khác nhau) đi qua cảm biến để xét xem với các vật cảm biến khác nhau thì khoảng cách phát hiện sẽ thay đổi như thế nào ?

### 2.4.5 Những ghi chú khi thực hành và nhận xét :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## 2.5 Thực hành với cảm biến từ

### Mục tiêu :

- Thực hiện được mạch cảm biến từ đạt các yêu cầu về kỹ thuật.
- Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo, chủ động trong quá trình học tập

### 2.5.1 Thiết bị :

- + Cảm biến từ GLS
- + Relay trung gian, tiếp điểm thường mở của relay trung gian
- + Nguồn 24VDC
- + Đèn tín hiệu 24VDC
- + Vật cảm biến

### 2.5.2 Ghi các thông số kỹ thuật của cảm biến

Nguồn gốc: .....

Công ty sản xuất: .....

Mã số sản xuất sản phẩm: .....

Điện áp hoạt động: .....

Dòng điện: .....

Đặc tính hoạt động: .....

Khoảng cách tác động: .....

Tiêu chuẩn cách điện: .....

### 2.5.3 Vẽ sơ đồ kết nối cảm biến

### 2.5.4 Các bước thực hành

**Bước 1 :** Tiến hành đấu nối cảm biến theo sơ đồ đã vẽ

**Bước 2 :** Lần lượt cho các vật cảm biến khác nhau đi qua cảm biến để xét xem với các vật cảm biến khác nhau thì khoảng cách phát hiện sẽ thay đổi như thế nào ?

### 2.5.5 Những ghi chú khi thực hành và nhận xét :

.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....  
.....  
.....

## 2.6 Thực hành với cảm phân loại màu

### Mục tiêu :

- Thực hiện được mạch cảm biến phân loại màu đạt các yêu cầu về kỹ thuật.

- Rèn luyện tính tư duy, sáng tạo, chủ động trong quá trình học tập

### 2.6.1 Thiết bị :

- + Cảm biến phân loại màu F150 – 3
- + Relay trung gian, tiếp điểm thường mở của relay trung gian
- + Nguồn 24VDC
- + Đèn tín hiệu 24VDC
- + Vật cảm biến

### 2.6.2 Ghi các thông số kỹ thuật của cảm biến

Nguồn gốc: .....

Công ty sản xuất: .....

Mã số sản xuất sản phẩm: .....

Điện áp hoạt động: .....

Dòng điện: .....

Đặc tính hoạt động: .....

Khoảng cách tác động: .....

Tiêu chuẩn cách điện: .....

### 2.6.3 Vẽ sơ đồ kết nối cảm biến

### 2.6.4 Các bước thực hành

**Bước 1 :** Tiến hành đấu nối cảm biến theo sơ đồ đã vẽ

**Bước 2 :** Lần lượt cho các vật cảm biến có màu sắc khác nhau(đỏ, xanh lá, xanh dương) đi qua cảm biến để xét xem với các vật cảm biến khác nhau thì các tác động ở ngõ ra của cảm biến sẽ như thế nào ?

### 2.6.5 Những ghi chú khi thực hành và nhận xét :

.....  
.....  
.....  
.....

## YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI 2

✚ Nội dung:

+ Về kiến thức: Trình bày được cấu tạo, nguyên lý hoạt động của các loại cảm biến tiệm cận và các loại cảm biến xác định vị trí khoảng cách

+ Về kỹ năng: lắp ráp đúng yêu cầu kỹ thuật các mạch điện với ngõ ra yêu cầu và lập bảng thống kê các thông số của các loại cảm biến

+ Về thái độ: Đảm bảo an toàn và vệ sinh công nghiệp.

✚ Phương pháp:

+ Về kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm

+ Về kỹ năng: Đánh giá kỹ năng thực hành lắp ráp mạch điện, bảng liệt kê các thông số của cảm biến

+ Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác, ngăn nắp trong công việc.

### **BÀI 3**

## **PHƯƠNG PHÁP ĐO LƯU LƯỢNG**

### **Mã bài: MĐ31-03**

#### **GIỚI THIỆU**

Cảm biến đo lưu lượng được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực đo đặc chất lỏng, chất khí, dùng trong các môi trường có tính chất lý hoá cao, độc hại, ngoài ra nó còn làm nhiệm vụ giám sát và điều khiển tự động trong quá trình sản xuất.

#### **MỤC TIÊU**

- Trình bày được các phương pháp đo lưu lượng theo nội dung đã học
- Trình bày được các nguyên tắc cơ bản trong phương pháp đo lưu lượng theo nội dung đã học
- Thực hiện đo lưu lượng theo các phương pháp đã học đúng yêu cầu về kỹ thuật
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác, an toàn và vệ sinh công nghiệp

#### **3.1. Đại cương**

##### **Mục tiêu :**

- Trình bày được khái niệm về đo lưu lượng, các đặc trưng của lưu chất và trạng thái dòng chảy

Các cảm biến đo lưu lượng được sử dụng để đo cả chất lỏng và chất khí trong nhiều ứng dụng giám sát và điều khiển, với chất lỏng, khối lượng riêng có thể coi là hằng số nên việc đo lưu lượng nhìn chung dễ thực hiện hơn. Một số kỹ thuật hoạt động với cả chất lỏng và chất khí, một số chỉ hoạt động với dạng lưu chất xác định. Việc đo lưu lượng thường bắt đầu bằng việc đo tốc độ dòng chảy.

\* Khái niệm chung về đo lưu lượng :

Một trong các tham số quan trọng của quá trình công nghệ là lưu lượng các chất chảy qua ống dẫn, muốn nâng cao chất lượng sản phẩm và hiệu quả của hệ thống điều khiển tự động các quá trình công nghệ cần phải đo chính xác thể tích và lưu lượng các chất. Môi trường đo khác nhau được đặc trưng bằng tính chất lý hoá và các yêu cầu công nghệ do đó ta có nhiều phương pháp đo dựa trên những nguyên lý khác nhau, số lượng vật chất được xác định bằng khối lượng và thể tích của nó tương ứng với các đơn vị đo (kg, tấn) hay đơn vị đo thể tích ( $m^3$ , lít), lưu lượng vật chất là số lượng chất ấy chảy qua tiết diện ngang của ống dẫn trong một đơn vị thời gian.

- Lưu lượng thể tích :  $Q$  ( $m^3/s$ ;  $m^3/giờ$  ...vv.)
- Lưu lượng khối :  $G$  (kg/s; kg/giờ; tấn/giờ ...vv.)

Cần phải phân biệt sự khác nhau giữa lưu lượng tức thời và lưu lượng trung

bình :

- Lưu lượng trung bình trong khoảng thời gian  $\Delta t = t_2 - t_1$  được xác định theo biểu thức :

$$Q_{tb} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (3-1) \quad \text{hoặc} \quad G_{tb} = \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (3-2)$$

Trong đó :  $\Delta V, \Delta m$  - là thể tích và khối lượng chất lưu chảy qua ống trong thời gian khảo sát

- Lưu lượng tức thời được xác định theo công thức :

$$Q = \frac{dV}{dt} \quad (3-3) \quad \text{hoặc} \quad Q = \frac{dm}{dt} \quad (3-4)$$

Đối với chất khí, để kết quả đo không phụ thuộc vào điều kiện áp suất, nhiệt độ, ta quy đổi về điều kiện chuẩn (nhiệt độ  $200^0\text{C}$ , áp suất 760 mm thủy ngân).

\* Đặc trưng của lưu chất :

Mỗi lưu chất được đặc trưng bởi những yếu tố sau :

- Khối lượng riêng : là khối lượng của 1 đơn vị thể tích lưu chất

$$\rho = \frac{m}{V}, (\text{kg/m}^3) \quad (3-5)$$

Trong đó m là khối lượng của lưu chất, V là thể tích của khối lưu chất

- Hệ số nhớt động lực và hệ số nhớt động học :

Tính nhớt: là tính chống lại sự dịch chuyển, nó biểu hiện sức dính phân tử hay khả năng lưu động của lưu chất, đây là một tính chất quan trọng của lưu chất vì nó là nguyên nhân cơ bản gây ra sự tổn thất năng lượng khi lưu chất chuyển động, giữa chúng có sự chuyển động tương đối, nảy sinh ma sát tạo nên sự biến đổi một phần cơ năng thành nhiệt năng và mất đi, tính nhớt được đặc trưng bởi tính nhớt động lực, hệ số này phụ thuộc vào từng loại lưu chất.

Có nhiều cách để đo độ nhớt, cách thức đơn giản thường được các phòng thí nghiệm ở các trường đại học sử dụng để chứng minh sự tồn tại độ nhớt và xác định giá trị là: Cho một quả cầu rơi trong chất lỏng dưới tác dụng của trọng lực, đo khoảng cách (d) và thời gian (t) quả cầu rơi, tính vận tốc u.

Hệ số nhớt động lực sẽ tính theo phương trình sau :

$$\mu = \frac{2\Delta p \cdot g \cdot r^2}{9u} \quad (3-6)$$

Trong đó :  $\mu$  - hệ số nhớt động lực (Pa.s) ( $1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ N.s/m}^2 = 103 \text{ cP}$  (centiPoise) = 10 P (Poise))

g - là gia tốc trọng trường =  $9,81 \text{ m/s}^2$

r - là bán kính quả cầu (m)

$u$  - là vận tốc rơi của quả cầu:  $u = d/t$  (m/s)

Để nhấn mạnh mối quan hệ giữa tính nhớt và khối lượng riêng của lưu chất người ta đưa ra hệ số nhớt động học :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (3-7)$$

Trong đó :  $\nu$  - hệ số nhớt động học (stoke) ( $1 \text{ stoke} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ )

$\mu$  - hệ số nhớt động lực (Pa.s)

$\rho$  - khối lượng riêng của lưu chất ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

- Trị số Reynold ( $Re$ ) : Tất cả các yếu tố đã kể trên đều có ảnh hưởng đến dòng chảy của lưu chất trong ống dẫn, người ta kết hợp chúng với nhau tạo ra 1 đại lượng duy nhất thể hiện đặc trưng của lưu chất là số Reynolds thường được kí hiệu là  $Re$  và được tính theo công thức :

$$Re = \frac{\rho u l}{\mu} = \frac{u l}{\nu} \quad (3-8)$$

Trong đó :  $\rho$  - là khối lượng riêng của chất lưu ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$u$  - là vận tốc đặc trưng của dòng chảy (m/s)

$l$  - là quy mô tuyến tính (độ dài) đặc trưng của dòng chảy (m)

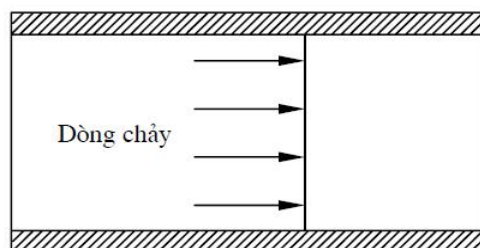
$\mu$  - là độ nhớt động lực học của môi trường (Pa.s)

$\nu$  - là độ nhớt động học của môi trường (stoke)

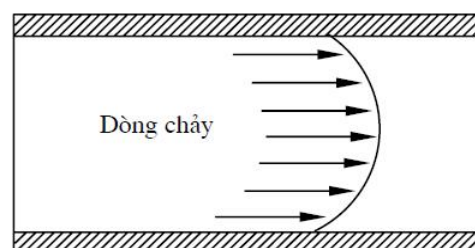
\* Trạng thái dòng chảy :

Nếu bỏ đi ảnh hưởng của độ nhớt và sự ma sát với thành ống dẫn thì vận tốc dòng chảy sẽ như nhau ở mọi vị trí trên mặt cắt ngang của ống dẫn (hình 3.1)

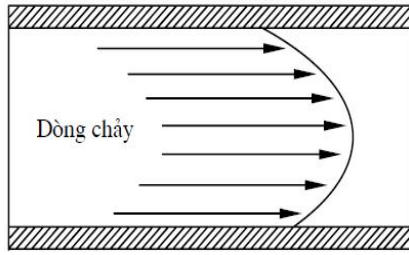
Tuy nhiên đó chỉ là trường hợp lý tưởng, trong thực tế độ nhớt ảnh hưởng đến tốc độ dòng chảy, cùng với sự ma sát của ống dẫn làm giảm vận tốc của lưu chất ở vị trí gần thành ống (hình 3.2)



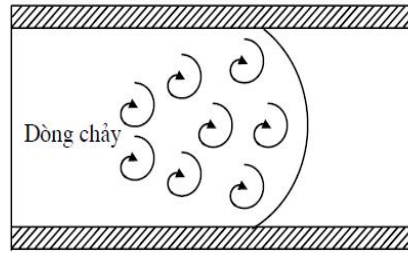
Hình 3.1 Vận tốc dòng chảy (trường hợp lý tưởng)



Hình 3.2 Vận tốc dòng chảy với ảnh hưởng của tính nhớt và lực ma sát



Hình 3.3 Vận tốc dòng chảy với  $Re \leq 2300$



Hình 3.4 Vận tốc dòng chảy với  $Re > 2300$

Với trị số Reynold nhỏ ( $Re \leq 2300$ ), chất chuyển động thành lớp (chảy tầng). Tất cả các chuyển động xuất hiện theo dọc trục của ống dẫn, dưới ảnh hưởng của tính nhớt và lực ma sát với thành ống dẫn, tốc độ lưu chất lớn nhất ở vị trí trung tâm ống dẫn (hình 3.3).

Khi tốc độ tăng và trị số Reynold vượt quá 2.300, dòng chảy tăng dần hỗn loạn với càng lúc càng nhiều các dòng xoáy (trạng thái quá độ) (hình 3.4). Với  $Re$  từ 10.000 trở lên, dòng chảy hoàn toàn hỗn loạn (trạng thái chảy rối).

Các khí (ở trạng thái bão hoà) và hầu hết các chất lỏng thường được vận chuyển bằng ống dẫn ở trạng thái dòng chảy rối.

### 3.2. Phương pháp đo lưu lượng theo nguyên tắc chênh lệch áp suất

#### Mục tiêu :

- Trình bày được phương pháp đo lưu lượng theo nguyên tắc chênh lệch áp suất

Để dùng cảm biến áp suất đo lưu lượng ,người ta đo sự chênh lệch áp suất (hiệu áp) giữa 2 vị trí ống có tiết diện dòng chảy khác nhau, các lưu lượng kế đo dựa trên hiệu áp (differential pressure flowmeter) được sử dụng rất phổ biến, đặc biệt là dùng với các chất lỏng, các thiết bị này cũng như hầu hết các lưu lượng kế khác gồm 2 thành phần cơ bản :

- Thành phần 1: Là nguyên nhân gây lên sự thay đổi trong năng lượng động học, tạo nên sự thay đổi áp suất trong ống, thành phần này phải phù hợp với kích thước của đường ống, điều kiện dòng chảy, tính chất của lưu chất

- Thành phần 2: Đo sự chênh lệch áp và tín hiệu đầu ra được chuyển đổi thành giá trị lưu lượng

\* Định nghĩa áp suất : là lực tác dụng trên một đơn vị diện tích

$$p = F/S \quad (3-9)$$

Trong đó : p – áp suất

F – lực tác dụng (N)

S – diện tích chịu tác dụng ( m<sup>2</sup>)

Đơn vị áp suất : Pascal (Pa) (1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>)

Ngoài ra còn sử dụng các đơn vị khác : bar , at , mmHg , ....



\* Bộ phận tạo nên sự chênh lệch áp suất :

Dù hiện nay đã có nhiều phương pháp đo lưu lượng được phát triển, song phương pháp đo lưu lượng bằng ống co vẫn được ứng dụng rất rộng rãi trong công nghiệp và các lĩnh vực khác, ống co dùng để tạo sự chênh lệch áp suất giữa vị trí ống chưa co và ống đã co, nên ống co phải dùng các linh kiện cơ học rất bền bỉ, cấu trúc đơn giản và không có các phần tử di động để chịu được những điều kiện vô cùng khắc nghiệt trong công nghiệp. Phương pháp đo sử dụng Pitottube cũng dựa trên sự chênh lệch áp suất nhưng không tạo sự co trực tiếp trên dòng chảy

\* Ống co Venturi :

Nguyên tắc : Phương pháp đo lưu lượng bằng ống co dựa trên định luật liên tục và phương trình năng lượng của Bernoulli

$$\text{Phương trình liên tục : } A_1 u_1 = A_2 u_2 \text{ hay } Au = \text{const} \quad (3-10)$$

Phương trình Bernoulli :

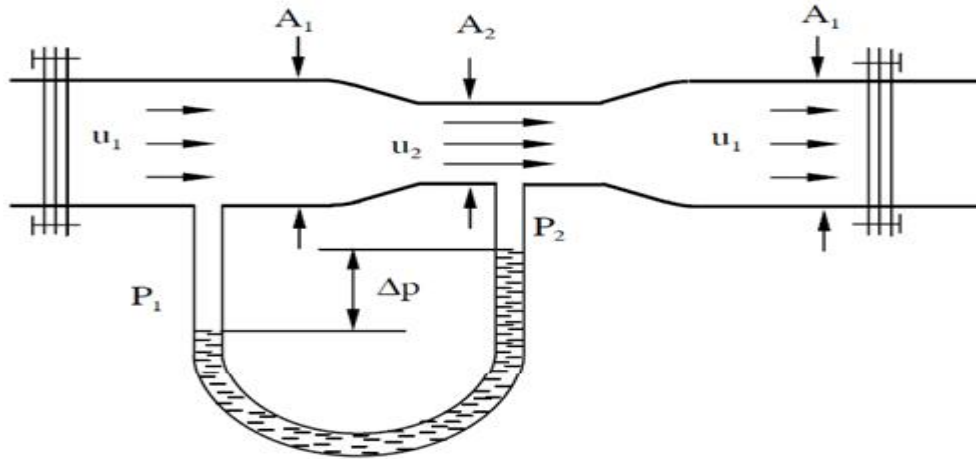
$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho u_1^2}{2} = p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho u_2^2}{2} \text{ hay } p + \rho g h + \frac{\rho u^2}{2} = \text{const} \quad (3-11)$$

$$\text{Áp dụng cho ống co Venturi : } p_1 + \frac{\rho u_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho u_2^2}{2} \quad (3-12)$$

Trong đó:

- $A_1$  - là diện tích trước co
- $A_2$  - là diện tích ở vị trí co
- $u_1$  - là vận tốc trước vị trí co
- $u_2$  - là vận tốc ở vị trí co
- $p_1$  - là áp suất trước vị trí co
- $P_2$  - là áp suất ở vị trí co
- $\rho$  - là khối lượng riêng
- $h_1$  - là độ cao ở vị trí trước co
- $h_2$  - là độ cao ở vị trí sau co

Ở nơi ống có diện tích bị thu nhỏ, vận tốc dòng chảy gia tăng, với phương trình năng lượng của Bernoulli, năng lượng của dòng chảy là tổng năng lượng áp suất tĩnh và động năng (vận tốc) là một hằng số



Hình 3.5 Ống Venturi

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{2}{\rho}(u_2^2 - u_1^2) \quad (3-13)$$

$$u_2^2 = \frac{2}{\rho}(P_1 - P_2) + u_1^2 = \frac{2}{\rho}(P_1 - P_2) + \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 u_2^2 \quad (3-14)$$

Đặt  $\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - (A_2/A_1)^2}}$  (3-15) gọi là hằng số dòng chảy,

$$\text{ta có : } u_2 = \alpha \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (P_1 - P_2)} \quad (3-16)$$

Từ đó ta có lưu lượng tính theo thể tích và khối lượng như sau :

$$Q_v = A_2 \cdot u_2 = \alpha \cdot A_2 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot (P_1 - P_2)} = \alpha \cdot k \cdot \sqrt{\Delta P} \quad (3-17)$$

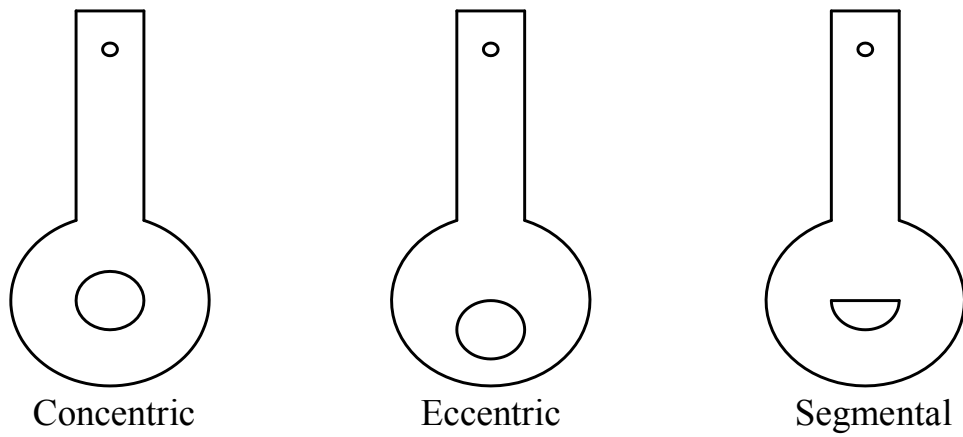
$$Q_m = A_2 \cdot u_2 \cdot \rho = \alpha \cdot A_2 \cdot \sqrt{2\rho} \cdot \sqrt{P_1 - P_2} = \alpha \cdot k' \cdot \sqrt{\Delta P} \quad (3-18)$$

Trong đó :  $k = A_2 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}}$  và  $k' = A_2 \cdot \sqrt{2\rho}$  (3-19)

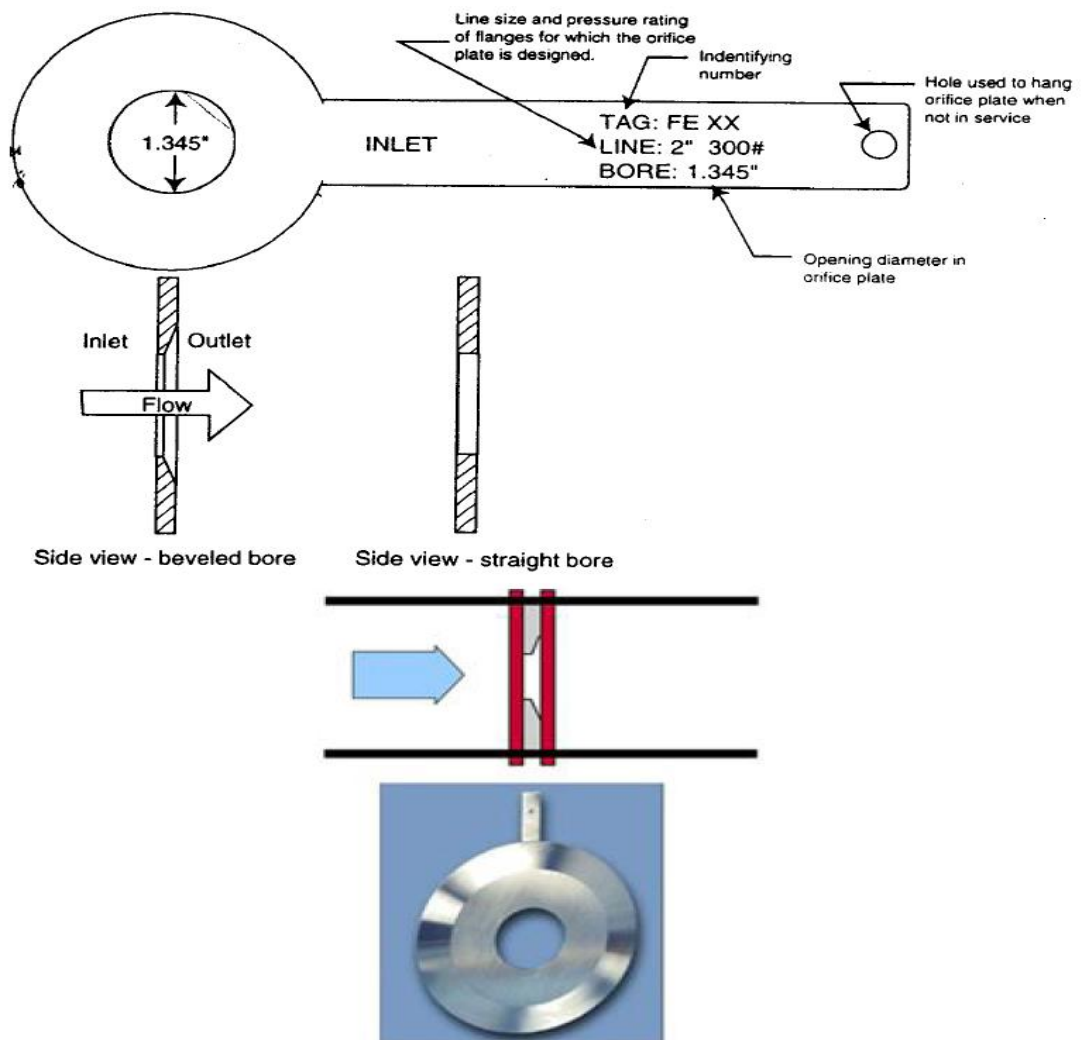
Như vậy lưu lượng tỉ lệ với căn bậc 2 của hiệu áp khi khối lượng riêng là hằng số

\* Oriffice plate : Oriffice plate (hình 3.7) là một trong các cách thức đơn giản nhất và kinh tế nhất để tác động đến dòng chảy, để từ đó có thể tính được lưu lượng. Tấm “Oriffice” được đặt trong dòng chảy quá trình giữa hai mặt bích nằm trên các ống nằm ngang hay thẳng đứng. Dòng chảy sẽ bị giới hạn khi đi qua tấm “Oriffice” có lỗ hở 1,345 inch (bề dày khoảng 1/16 đến 1/4 inch)

Thường có 3 loại Oriffice plate đó là Concentric (đồng tâm); Eccentric (lệch tâm); Segmental (hình cung) như hình vẽ 3.6



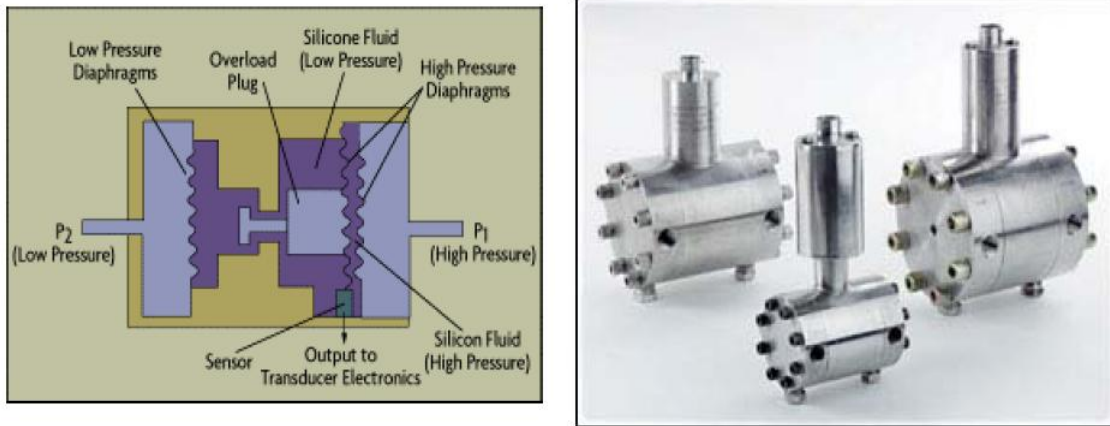
Hình 3.6 Các dạng ống co Oriffice plate



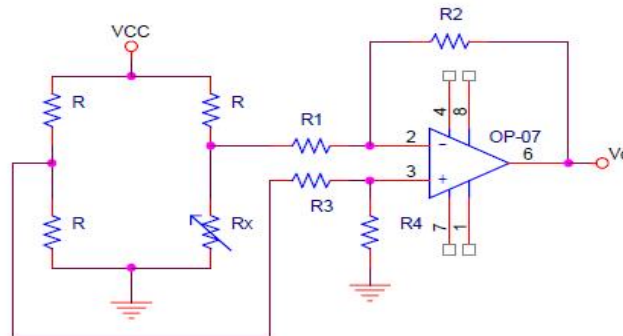
Hình 3.7 Tấm "Oriffice"

- \* Cảm biến áp suất kiểu điện trở áp điện :
- Cảm biến áp suất kiểu điện trở :

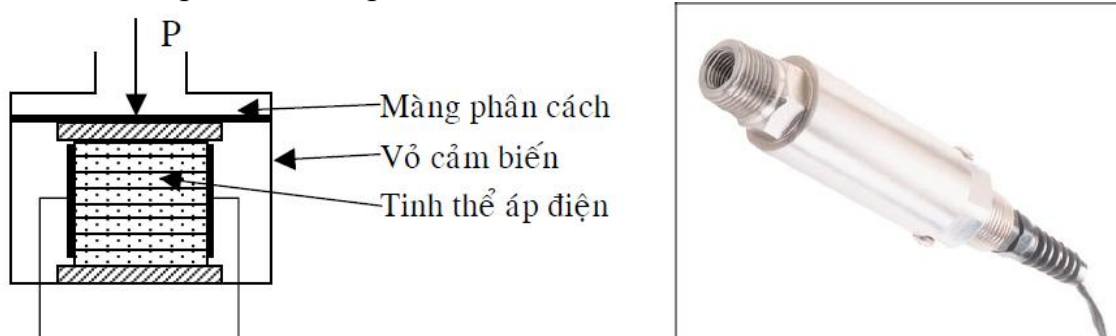
Cảm biến áp suất kiểu điện trở có cấu tạo gồm 1 strain gauge được dán cố định trên màng mỏng (phân cách phần áp suất cao và phần áp suất thấp) biến dạng như hình hình 3.8. Khi áp suất chất lưu tác động lên cảm biến ở phần áp suất cao, màng phân cách bị biến dạng làm cho Strain gauge bị biến dạng theo. Khi strain gauge bị biến dạng, điện trở của nó sẽ thay đổi.



Hình 3.8 Cấu tạo và một số hình dạng của cảm biến áp suất kiểu điện trở  
Mạch đo :



Hình 3.9 Mạch đo dùng cảm biến áp suất kiểu biến trở  
- Cảm biến áp suất kiểu áp điện :



Hình 3.10 Cấu tạo và hình dạng cảm biến áp suất kiểu áp điện  
Trong cấu tạo của cảm biến, phần tử nhạy cảm chính là các chất áp điện như : các tinh thể thạch anh, Titan, Bari .... Khi áp suất của chất lưu tác động lên

cảm biến sẽ làm các tinh thể áp điện bị biến dạng (bị nén) thì trên bề mặt của chất áp điện sẽ xuất hiện điện tích  $Q$  phụ thuộc vào áp suất nén.

$$Q = K.P \quad (3-20)$$

Với  $K$  là hệ số phụ thuộc vào kích thước và bản chất của chất áp điện.

### 3.3. Phương pháp đo lưu lượng bằng tần số dòng xoáy

#### Mục tiêu :

- Trình bày được nguyên tắc hoạt động, các ưu nhược điểm và ứng dụng của phương pháp đo lưu lượng bằng tần số dòng xoáy

#### 3.3.1. Nguyên tắc hoạt động

Phương pháp đo lưu lượng bằng dòng xoáy dựa trên hiệu ứng sự phát sinh dòng xoáy khi một vật cản nằm trong lưu chất, các dòng xoáy xuất hiện tuần tự và bị dòng chảy cuốn đi. Hiện tượng này đã được Leonardo da Vinci ghi nhận. Strouhal trong năm 1878 đã cố gắng giải thích lần đầu tiên, ông nhận thấy rằng một sợi dây nằm trong dòng chảy có sự rung động như một dây đàn, sự dao động này tỉ lệ thuận với vận tốc dòng chảy và tỉ lệ nghịch với đường kính sợi dây.

Theo von Karman đã tìm thấy nguyên nhân gây ra sự dao động này : Đó là sự sinh ra và biến mất của các dòng xoáy bên cạnh vật cản, một con đường dòng xoáy hình thành phía sau vật cản khi một vật được đặt trong một dòng chảy.

Các dòng xoáy này rời bỏ vật cản tuần tự và trôi theo dòng chảy, phía sau vật cản hình thành con đường của dòng xoáy được đặt tên là con đường xoáy Karman. Các dòng xoáy ở 2 bên của vật cản có chiều xoáy ngược nhau, tần số sự biến mất (và cả sự xuất hiện) là hiệu ứng dùng để đo lưu lượng bằng thể tích.

Lord Rayleigh đã tìm thấy sự liên hệ giữa kích thước hình học vật cản (đường kính vật cản  $D$ ), vận tốc lưu chất  $v$  và tần số biến mất của dòng xoáy  $f$ , sự liên hệ này được diễn tả với trị số Strouhal :  $St$  (Trị số Strouhal là hàm của trị số Reynold )

$$St = \frac{f.D}{v} \quad (3-21)$$

Khi hằng số Strouhal không phụ thuộc vào trị số Reynold ta có thể tính lưu lượng thể tích trên đơn vị thời gian theo công thức sau :

$$Q = \frac{\alpha.A.f}{S} \quad (3-22)$$

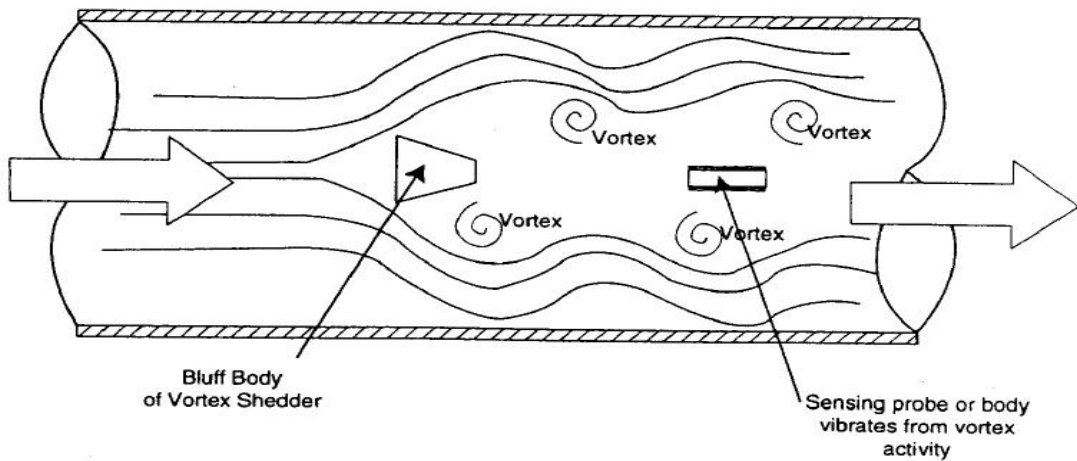
\* Nguyên tắc tần số dòng xoáy :

Cảm biến độ xoáy sử dụng một đặc tính khác của chất lỏng để xác định lưu lượng. Khi một dòng chất lỏng chảy nhanh tác động vào một dốc đứng đặt

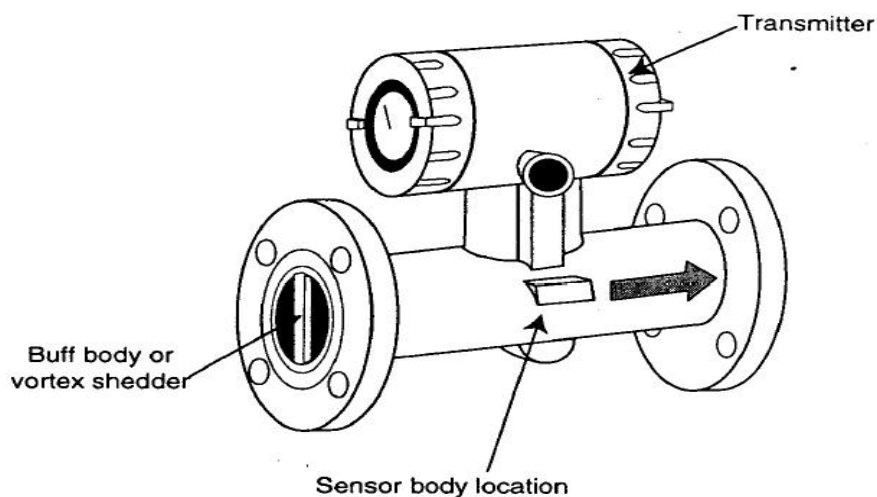
vuông góc với dòng chảy sẽ tạo ra các vùng xoáy. Tốc độ tạo xoáy trong dòng chất lỏng tăng lên khi lưu lượng tăng. Với sự biến mất và xuất hiện của dòng xoáy, vận tốc của dòng chảy ở 2 bên của vật cản và trên đường dòng xoáy thay đổi một cách cục bộ. Tần số dao động của vận tốc có thể đo với những phương pháp khác nhau.

Cảm biến lưu lượng kiểu xoáy thường gồm có 3 phần :

- Thân gián đoạn dòng chảy – có chức năng tạo ra các kiểu xoáy định trước tùy thuộc vào hình dáng thân
- Một cảm biến bị làm rung bởi dòng xoáy, chuyển đổi sự rung động này thành các xung điện
- Một bộ chuyển đổi và truyền tín hiệu đơn (transmitter) – có chức năng gửi tín hiệu đã được hiệu chuẩn đến các thành phần khác của vòng điều khiển



Hình 3.11 Kiểu dòng chảy tiêu biểu trong đường ống có gắn các phần tử của cảm biến độ xoáy



Hình 3.12 Cảm biến độ xoáy kiểu Vortex đặc trưng

### 3.3.2. Các ưu, nhược điểm của phương pháp đo lưu lượng dùng nguyên tắc tần số dòng xoáy

**\* Các ưu điểm:**

- Rất kinh tế và có độ tin cậy cao.
- Tần số dòng xoáy không bị ảnh hưởng bởi sự dơ bẩn hay hư hỏng nhẹ của vật cản, đường biểu diễn của nó tuyến tính và không thay đổi theo thời gian sử dụng.
- Sai số phép đo rất bé.
- Khoảng đo lưu lượng tính bằng thể tích từ 3% đến 100% thang đo.
- Phép đo dòng xoáy là độc lập với các tính chất vật lý của môi trường dòng chảy, sau một lần chuẩn định, không cần chuẩn định lại với từng loại lưu chất.
- Các phép đo lưu lượng bằng dòng xoáy không có bộ phận cơ học chuyển động và sự đòi hỏi về cấu trúc khá đơn giản.
- Lưu chất không cần có tính chất dẫn điện như trong phép đo lưu lượng bằng cảm ứng điện từ.
- Không gây cản trở dòng chảy nhiều.

**\* Các nhược điểm:**

- Với vận tốc dòng chảy quá thấp, dòng xoáy có thể không được tạo ra và như vậy lưu lượng kể sẽ chỉ ở mức 0.
- Các rung động có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả đo.
- Việc lắp đặt nếu tạo ra các điểm nhô ra (như các vị trí hàn ... vv) có thể ảnh hưởng tới dạng của dòng xoáy, ảnh hưởng tới độ chính xác.
- Tốc độ lớn nhất cho phép của dòng chảy theo chỉ dẫn thường ở mức 80 đến 100m/s. Nếu lưu chất đo ở dạng khí hoặc hơi mà vận tốc lớn hơn sẽ gặp nhiều vấn đề khó khăn đặc biệt là với các chất khí ẩm ướt và bẩn.
- Đòi hỏi phải có một đoạn ống thẳng, dài ở trước vị trí đo.

### **3.3.3. Một số ứng dụng của cảm biến đo lưu lượng dùng nguyên tắc tần số dòng xoáy**

Ứng dụng chính của lưu lượng kế kiểu Vortex là đo lưu lượng (được trình bày trong phần 3.3.4), ngoài ra còn có các ứng dụng khác như : chống thấm thấu, làm mát nước, hệ thống nước thải, hệ thống lọc hơi đốt, và có thể dùng trong phân phối chất hóa học...

### **3.4. Thực hành với cảm biến đo lưu lượng**

#### **Mục tiêu :**

- Thực hiện đo lưu lượng theo nguyên tắc tần số dòng xoáy đúng yêu cầu về kỹ thuật
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác, an toàn và vệ sinh công nghiệp

Thực hành với cảm biến đo lưu lượng (nguyên tắc tần số dòng xoáy) của hãng KROHNE Messtechnik GmbH

#### **3.4.1. Ghi nhận các thông số của cảm biến**

\* Mục đích : Ghi nhận các thông số của cảm biến OPTISWIRL 4070 C

\* Thiết bị : cảm biến OPTISWIRL 4070 C(sử dụng để đo lưu lượng của khí, hơi nước và chất lỏng)

- Đo lưu lượng với giới hạn vận tốc :

+ Tốc độ 0,3m đến 9m/s cho chất lỏng

+ Tốc độ 3m đến 80m/s cho khí và hơi nước

- Đo lưu lượng nước:

+  $Q_{\min} = 0,36\text{m}^3/\text{h}$

+  $Q_{\max} = 5,7\text{m}^3/\text{h}$

Tài liệu Quick Start Manual kèm theo thiết bị cảm biến

\* Thực hiện :

- Ghi các thông số kỹ thuật :

Nguồn gốc: .....

Công ty sản xuất: .....

Dạng cảm biến: .....

Đường kính danh định của cảm biến: .....

Điện áp hoạt động: .....

Dòng điện: .....

- Vẽ sơ đồ kết nối cảm biến :

- Những ghi chú khi thực hành :

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



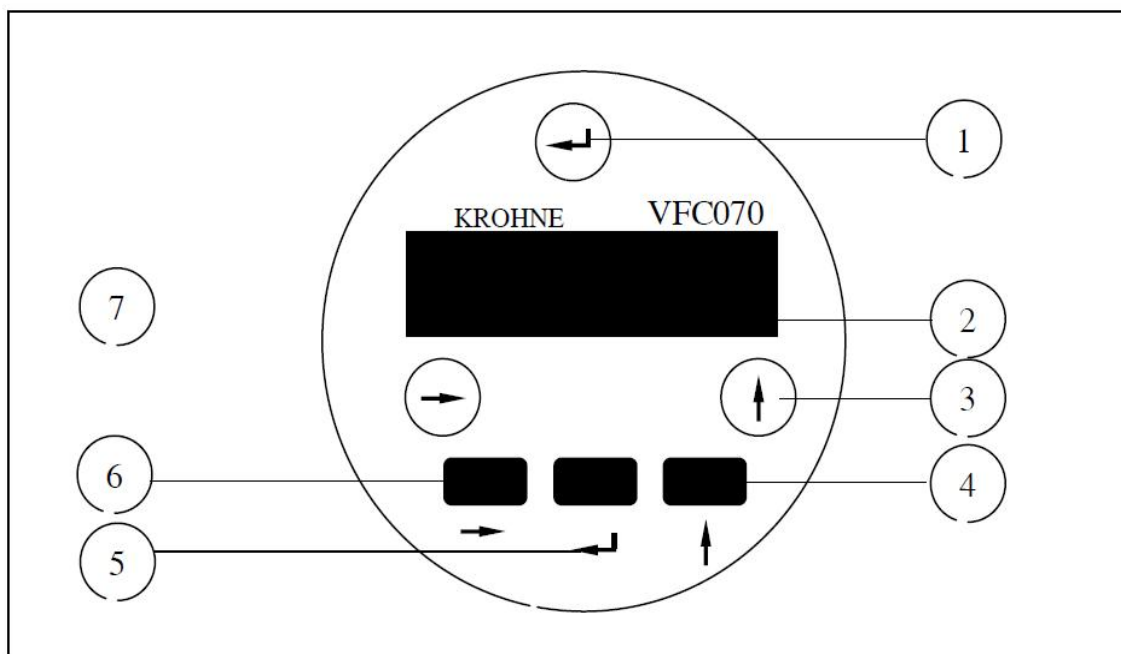
### 3.4.2. Thiết lập các thông số cho cảm biến

\* Yêu cầu: Thực hiện được các thiết lập khác nhau cho cảm biến OPTISWIRL 4070C

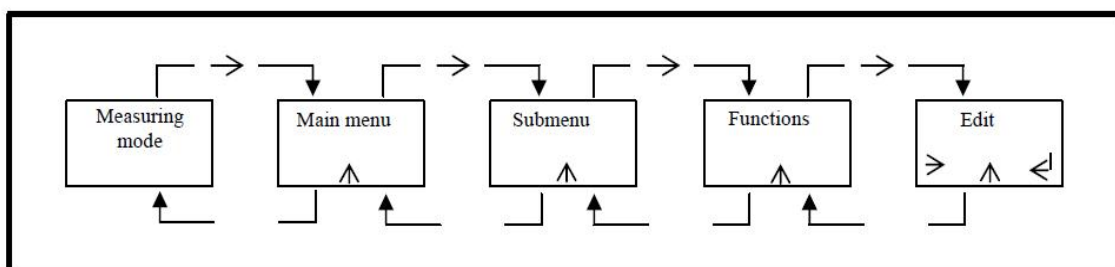
\* Thiết bị: Cảm biến OPTISWIRL 4070C



\* Khảo sát chức năng các phím :


- 1 và 5 : Phím Enter
  - 3 và 4 : Phím lên;
  - 2 và 6 : Phím phải
  - 7 : Màn hình hiển thị
- (Các phím 1, 2, 3 tác động bằng thanh nam châm)



\* Cấu trúc menu :



	<p>Chuyển từ chế độ Measuring mode đến chế độ Main menu. Di chuyển giữa các cấp menu (theo chiều xuống). Mở 1 mục menu.</p>
	<p>Ở chế độ Measuring mode: di chuyển từ giá trị và thông báo lỗi. Di chuyển giữa các mục menu trong một cấp menu. Khi thiết lập các thông số cài đặt : Thay đổi giá trị, di chuyển giữa các ký tự, di chuyển dấu chấm về bên phải (dấu thập phân) .</p>

	Di chuyển giữa các cấp menu (theo chiều lên). Khi thiết lập các thông số cài đặt : Quay trở lại chế độ Measuring mode .
---	--

\* Thực hiện các thiết lập sau:


- Chọn ngôn ngữ: English (cấp menu 1.1.1)
- Tên khu vực đặt cảm biến (cấp menu 1.1.2)
- Chọn dạng đơn vị đo lưu lượng thể tích (Volume measurement) (cấp menu 1.1.3)
- Đơn vị đo: m<sup>3</sup>/h (cấp menu 1.1.4)
- Giá trị lưu lượng đo lớn nhất: 5,7m<sup>3</sup>/h (cấp menu 1.1.1)
- Trình bày giá trị đo với đơn vị đo tuyệt đối (m<sup>3</sup>/h) hay tương đối (%) : chọn m<sup>3</sup>/h (cấp menu 1.1.1).
- Giá trị lưu lượng nhỏ nhất: 0,36m<sup>3</sup>/h (cấp menu 1.1.5)
- Thiết lập các thông số loại lưu chất cảm biến phải đo là chất lỏng (cấp menu 3.4.1)

\* Các bước tiến hành đo lưu lượng nước với cảm biến OPTISWIRL 4070 C :

- Yêu cầu : Thực hiện lắp đặt cảm biến OPTISWIRL 4070 C đúng các tiêu chuẩn kỹ thuật.
- Thiết bị : Cảm biến OPTISWIRL 4070 C , hệ thống dẫn nước, hệ thống dẫn nước có đường kính trong bằng 0,62 mm, máy bơm, van các thiết bị cần thiết khác.
- Thực hiện : Lắp đặt cảm biến OPTISWIRL 4070 C vào đường ống dẫn nước. Kích thước chi tiết của cảm biến (Flange version ASME B16.5)

DN (đường kính danh định)	d (mm)	D (mm)	L (mm)	l (mm)	H	a (mm)	b (mm)	c (mm)
1/2	0,62	3,54	7,87	5,67	10,43	133	105	179

### YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI 3

 Nội dung:

- + Về kiến thức: Trình bày được các phương pháp và các nguyên tắc cơ bản trong đo lưu lượng
- + Về kỹ năng: lắp ráp mạch cảm biến đo lưu lượng đúng yêu cầu kỹ thuật, lập bảng ghi nhận kết quả
- + Về thái độ: Đảm bảo an toàn và vệ sinh công nghiệp.

 Phương pháp:

+ Về kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm

+ Về kỹ năng: Đánh giá kỹ năng thực hành lắp ráp mạch cảm biến, bảng ghi nhận kết quả

+ Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác, ngăn nắp trong công việc.

## **BÀI 4**

### **ĐO VẬN TỐC VÒNG QUAY VÀ GÓC QUAY**

**Mã bài: MĐ31-04**

#### **GIỚI THIỆU**

Cảm biến đo vận tốc vòng quay và góc quay rất quan trọng trong quá trình đảm bảo an toàn như theo dõi hoạt động của các máy móc, thiết bị. Trong chuyển động thẳng, việc đo vận tốc dài cũng thường được chuyển về đo tốc độ quay. Bởi vậy các cảm biến đo vận tốc góc đóng vai trò quan trọng trong việc đo vận tốc.

#### **MỤC TIÊU**

- Trình bày được các phương pháp đo vòng quay và góc quay theo nội dung đã học
- Giải thích được sự khác nhau giữa các loại thiết bị đo góc
- Thực hiện được các phương pháp đo góc đạt yêu cầu kỹ thuật
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác, an toàn và vệ sinh công nghiệp

#### **4.1. Một số phương pháp đo vận tốc vòng quay cơ bản**

##### **Mục tiêu :**

- Kể tên được các phương pháp đo vận tốc vòng quay cơ bản

Trong công nghiệp có rất nhiều trường hợp cần đo vận tốc quay của máy, người ta thường theo dõi tốc độ quay của máy vì lý do an toàn hoặc để khống chế các điều kiện đặt trước cho hoạt động của máy móc, thiết bị. Trong chuyển động thẳng việc đo vận tốc dài cũng thường được chuyển sang đo vận tốc quay. Bởi vậy các cảm biến đo vận tốc góc chiếm vị trí ưu thế trong lĩnh vực đo tốc độ. Sau đây là một số phương pháp đo vận tốc vòng quay cơ bản :

- Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp Analog
- Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp quang điện tử
- Đo vận tốc vòng quay với nguyên tắc điện trở từ

#### **4.2. Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp Analog**

##### **Mục tiêu :**

- Trình bày được phương pháp đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp Analog

\* Tốc độ kế một chiều (máy phát tốc) :

Máy phát tốc độ là máy phát điện một chiều, cực từ là nam châm vĩnh cửu, điện áp trên cực máy phát tỉ lệ với tốc độ quay của nó, máy phát tốc độ nối cùng trục với phanh hãm điện từ và cùng trục với động cơ do đó tốc độ quay của nó chính là tốc độ quay của động cơ, tốc độ này tỉ lệ với điện áp của máy phát tốc độ, dùng Vmét điện từ hoặc đồng hồ đo tốc độ nối với nó có thể đo được tốc độ của động cơ. Giá trị điện áp âm hay dương phụ thuộc vào chiều

quay

$$E_r = -\frac{\omega n \phi_0}{2\pi} = -Nn\phi_0 \quad (4-1)$$

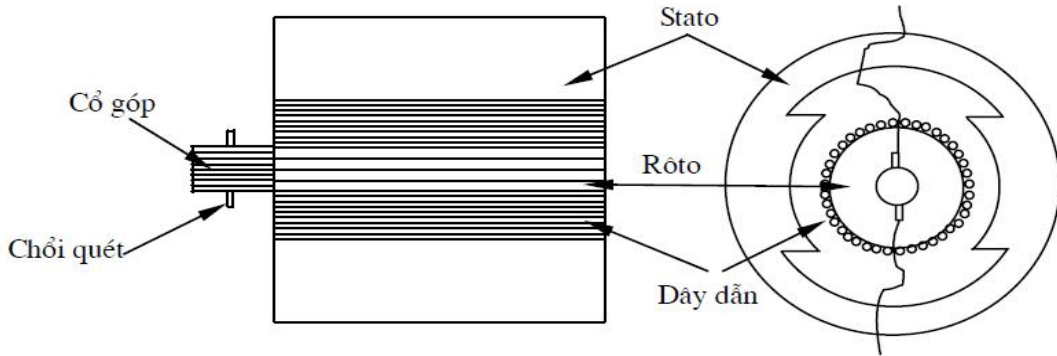
Trong đó : N - là số vòng quay trong một giây

$\omega$  - là vận tốc góc của rôto

n - là tổng số dây chính trên rôto

$\phi_0$  - là từ thông xuất phát từ cực nam châm

Các phần tử cấu tạo cơ bản của một tốc độ kế dòng một chiều như hình 4.1



Hình 4.1 Cấu tạo máy phát tốc 1 chiều

\* Tốc độ kế dòng xoay chiều :

Tốc độ kế xoay chiều có ưu điểm là không có cổ góp điện và chổi than nên có tuổi thọ bền hơn, không có tăng, giảm điện áp trên chổi than. Song nhược điểm là mạch điện phức tạp hơn, ngoài ra để xác định biên độ cần phải chỉnh lưu và lọc tín hiệu

- Máy phát đồng bộ : là một loại máy phát điện xoay chiều cỡ nhỏ (hình 4.2), rôto của máy phát được gắn đồng trục với thiết bị cần đo tốc độ, rôto là một nam châm hoặc nhiều nam châm nhỏ, stato là phần cảm, có thể là 1 pha hoặc 3 pha, là nơi cung cấp suất điện động hình sin có biên độ tỉ lệ với tốc độ quay của rôto.

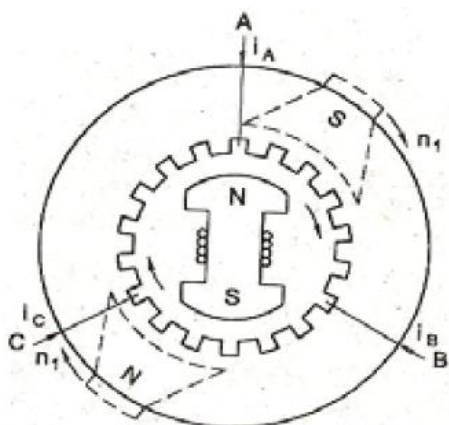
$$e = E_0 \sin \Omega t \quad (4-2)$$

Trong đó :  $E_0 = K_1 \cdot \omega$  (4-3);  $\Omega = K_2 \cdot \omega$  (4-4) với  $K_1$  và  $K_2$  là các thông số đặc trưng cho máy phát.

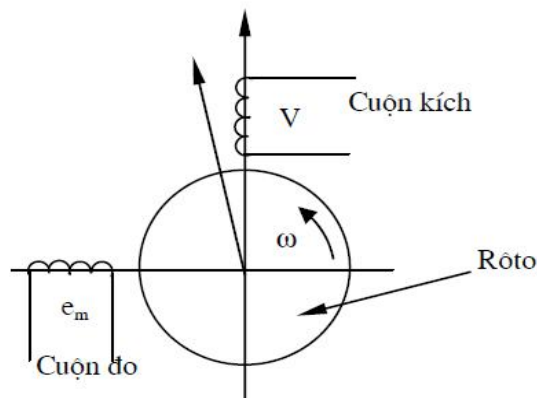
Ở đầu ra điện áp được chỉnh lưu thành điện áp một chiều, điện áp này không phụ thuộc vào chiều quay và hiệu suất lọc giảm đi tần số thấp, tốc độ quay có thể xác định được bằng cách đo tần số của sức điện động. Phương pháp này rất quan trọng khi khoảng cách đo lớn, tín hiệu từ máy phát đồng bộ có thể truyền đi xa và suy giảm tín hiệu trên đường đi không ảnh hưởng đến độ chính xác của phép đo (vì đo tần số).

- Máy phát không đồng bộ : Cấu tạo của máy phát không đồng bộ tương tự

như động cơ không đồng bộ (hình 4.3). Rôto là 1 hình trụ bằng kim loại mỏng được quay với vận tốc cần đo, khối lượng và quán tính không đáng kể, stato làm bằng thép lá kỹ thuật điện, trên có đặt 2 cuộn dây được bố trí như hình vẽ, cuộn thứ nhất là cuộn kích từ, được cung cấp một điện áp định mức  $V_c$  có biên độ  $V_e$  và tần số không đổi  $\omega_e$ :  $V_c = V_e \cos \omega_e t$  (4-5)



Hình 4.2 Cấu tạo máy phát đồng bộ



Hình 4.3 Cấu tạo máy phát không đồng bộ

Cuộn dây thứ 2 là cuộn dây đo, giữa 2 đầu của cuộn dây này sẽ xuất hiện sức điện động có biên độ tỉ lệ với vận tốc góc cần đo

$$e_m = E_m \cos(\omega_e t + \varphi) = k\omega V_e \cos(\omega_e t + \varphi) \quad (4-6)$$

Trong đó :  $E_m = k\omega V_e$  (4-7)

với  $k$  - là hằng số phụ thuộc vào kết cấu của máy

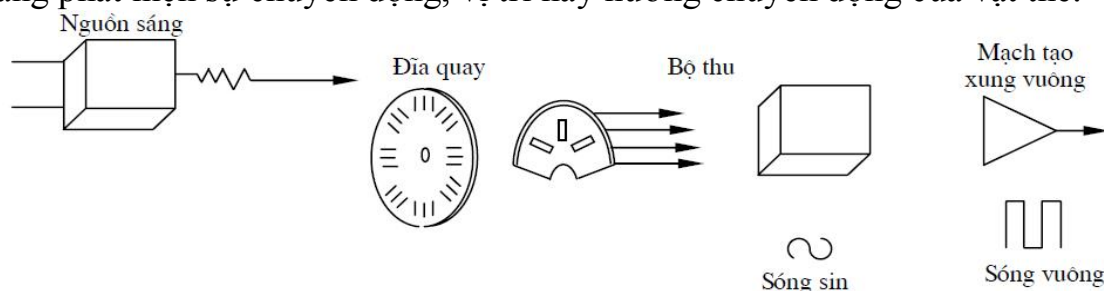
$\varphi$  - là độ lệch pha

Do đó khi đo  $E_m$  sẽ xác định được  $\omega$

### 4.3. Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp quang điện tử

\* Dùng bộ cảm biến quang tốc độ với đĩa mã hóa :

Encoder là thiết bị có thể phát hiện sự chuyển động hay vị trí của vật, Encoder sử dụng các cảm biến quang để sinh ra chuỗi xung, từ đó chuyển sang phát hiện sự chuyển động, vị trí hay hướng chuyển động của vật thể.



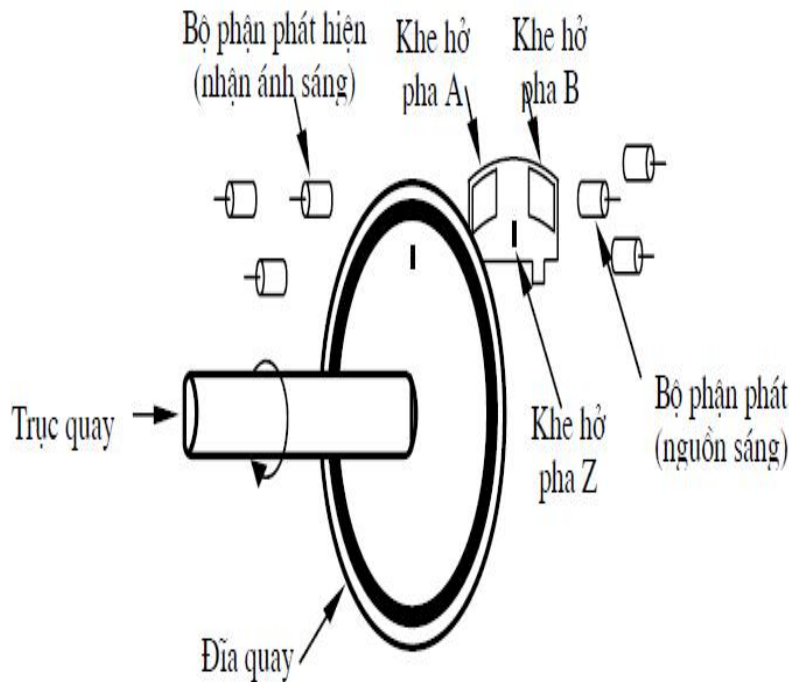
Hình 4.4 Sơ đồ hoạt động với đĩa quang mã hóa

Nguồn sáng được lắp đặt sao cho ánh sáng liên tục được tập trung xuyên qua đĩa, bộ phận thu nhận ánh sáng được lắp đặt ở mặt còn lại của đĩa sao cho có thể nhận được ánh sáng, đĩa được lắp đặt đến trục động cơ hay thiết bị khác cần xác định vị trí sao cho khi trục quay, khi đĩa quay sao cho lỗ, nguồn sáng, bộ phận nhận ánh sáng thẳng hàng thì tín hiệu xung vuông sinh ra.

Khuyết điểm : cần nhiều lỗ để nâng cao độ chính xác nên dễ làm hư hỏng đĩa quay

\* Đĩa mã hóa tương đối :

Encoder với một bộ xung thì sẽ không thể phát hiện được chiều quay, hầu hết các Encoder mã hoá đều có bộ xung thứ 2 lệch pha  $90^\circ$  so với bộ xung thứ nhất và một xung xác định thời gian Encoder quay một vòng

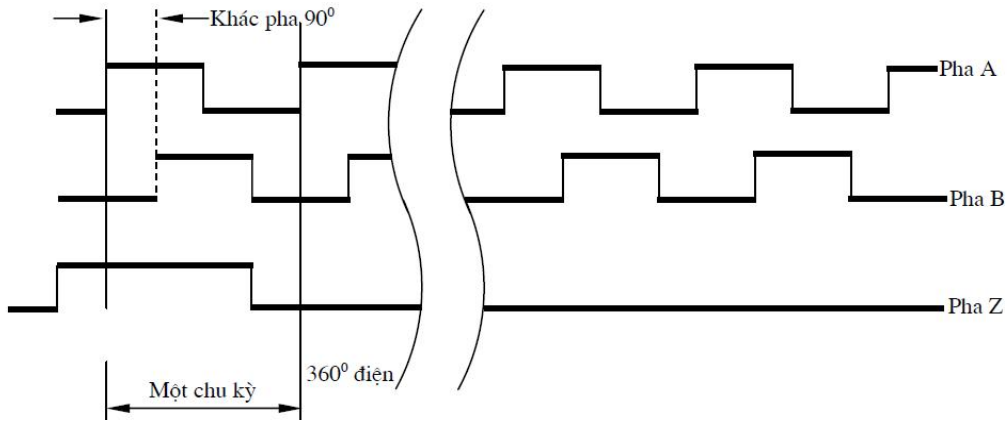


Hình 4.5 Sơ đồ thu phát Encoder tương đối

Xung A, xung B và xung điều khiển, nếu xung A xảy ra trước xung B, trục sẽ quay theo chiều kim đồng hồ, và ngược lại. xung Z xác định đã quay xong một vòng.

Gọi  $T_n$  là thời gian đếm xung,  $N_0$  là số xung trong một vòng (độ phân giải của bộ cảm biến tốc độ, phụ thuộc vào số lỗ),  $N$  là số xung trong thời gian  $T_n$ . Tốc độ quay  $n$  được tính theo công thức :

$$n = \frac{60N}{4N_0T_n} \text{ , (vòng/phút) } \quad (4-8)$$



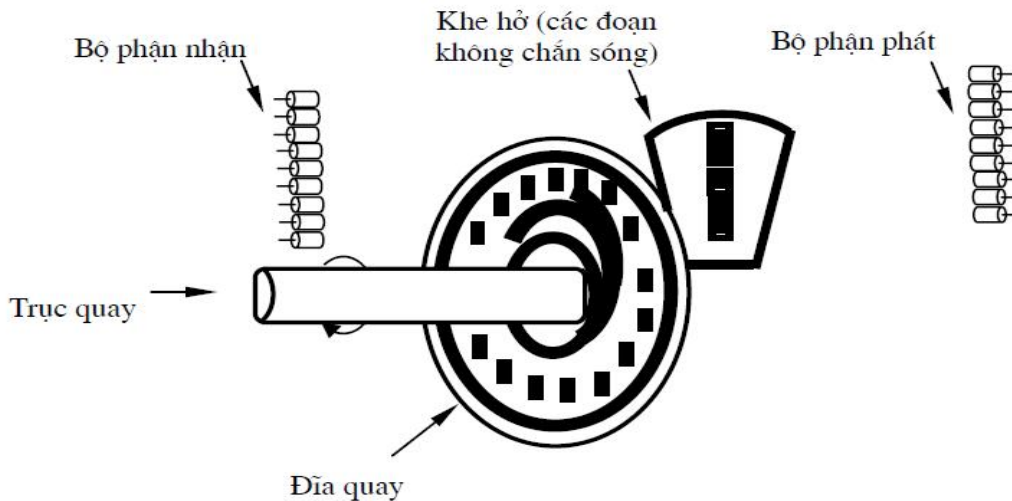
Hình 4.6 Dạng sóng ra của Encoder 2 bộ xung

\* Đĩa mã hóa tuyệt đối :

Để khắc phục nhược điểm chính của đĩa mã hoá tương đối là khi mất nguồn số đếm sẽ bị mất, như vậy khi các cơ cấu ngừng hoạt động vào buổi tối hay khi bảo dưỡng sửa chữa thì khi bật nguồn trở lại Encoder sẽ không thể xác định chính xác vị trí cơ cấu. Đĩa mã hoá tuyệt đối được thiết kế để luôn xác định được vị trí vật một cách chính xác.

Đĩa Encoder tuyệt đối sử dụng nhiều vòng phân đoạn theo hình đồng tâm gồm các phân đoạn chắn sáng và không chắn sáng.

- Vòng trong cùng xác định đĩa quay đang nằm ở nửa vòng tròn nào.
- Kết hợp vòng trong cùng với vòng tiếp theo sẽ xác định đĩa quay đang nằm ở 1/4 vòng tròn nào.



Hình 4.7 Sơ đồ thu phát Encoder tuyệt đối (sử dụng mã Gray)

- Các rãnh tiếp theo cho ta xác định được vị trí 1/8, 1/16 ...vv của vòng tròn, vòng phân đoạn ngoài cùng cho ta độ chính xác cuối cùng.

- Loại Encoder này có nguồn sáng và bộ thu cho mỗi vòng nếu Encoder có 10 vòng sẽ có 10 bộ nguồn sáng và thu, nếu Encoder có 16 vòng sẽ có 16 bộ nguồn sáng và thu.



- Để đếm đo vận tốc hay vị trí (góc quay), có thể sử dụng mã nhị phân hoặc mã Gray. Tuy nhiên thực tế chỉ có mã Gray được sử dụng phổ biến.

#### 4.4. Đo vận tốc vòng quay với nguyên tắc điện trở từ

##### Mục tiêu :

- Trình bày được phương pháp đo vận tốc vòng quay với nguyên tắc điện trở từ

\* Khái niệm và đơn vị từ trường :

- Từ trường : Là một dạng vật chất tồn tại xung quanh dòng, hay nói chính xác là xung quanh các hạt mang điện chuyển động, tính chất cơ bản của từ trường là tác dụng lực lên dòng điện, lên nam châm.

- Cảm ứng từ B : Về mặt gây ra lực từ, từ trường được đặc trưng bằng vectơ cảm ứng từ B.

Trong hệ thống đơn vị SI đơn vị cảm ứng từ B là T (Tesla).

$$1T = 1Wb/m^2 = 1V.s/m^2$$

- Từ thông : Từ thông gởi qua diện tích dS là đại lượng về giá trị bằng :

$$\phi = \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad (4-9)$$

Trong đó :  $\vec{B}$  - là véc tơ cảm ứng từ tại 1 điểm bất kì trên diện tích ấy.

$d\vec{S}$  - là véc tơ có phương của véc tơ pháp tuyến với diện tích đang xét, chiều là chiều dương của pháp tuyến, độ lớn bằng độ lớn diện tích đó.

Trong hệ thống đơn vị SI, đơn vị từ thông là Wb (Weber), nếu từ thông thay đổi trong một đơn vị thời gian 1 giây (s), điện áp cảm ứng sinh ra trong cuộn dây là 1 vôn (V) thì :  $1Wb = 1Vs$ .

- Cường độ từ trường : Cường độ từ trường H được đặc trưng cho từ trường do riêng dòng điện sinh ra và không phụ thuộc vào tính chất môi trường trong đó đặt dòng điện.

Trong hệ thống đơn vị SI đơn vị của cường độ từ trường là A/m.

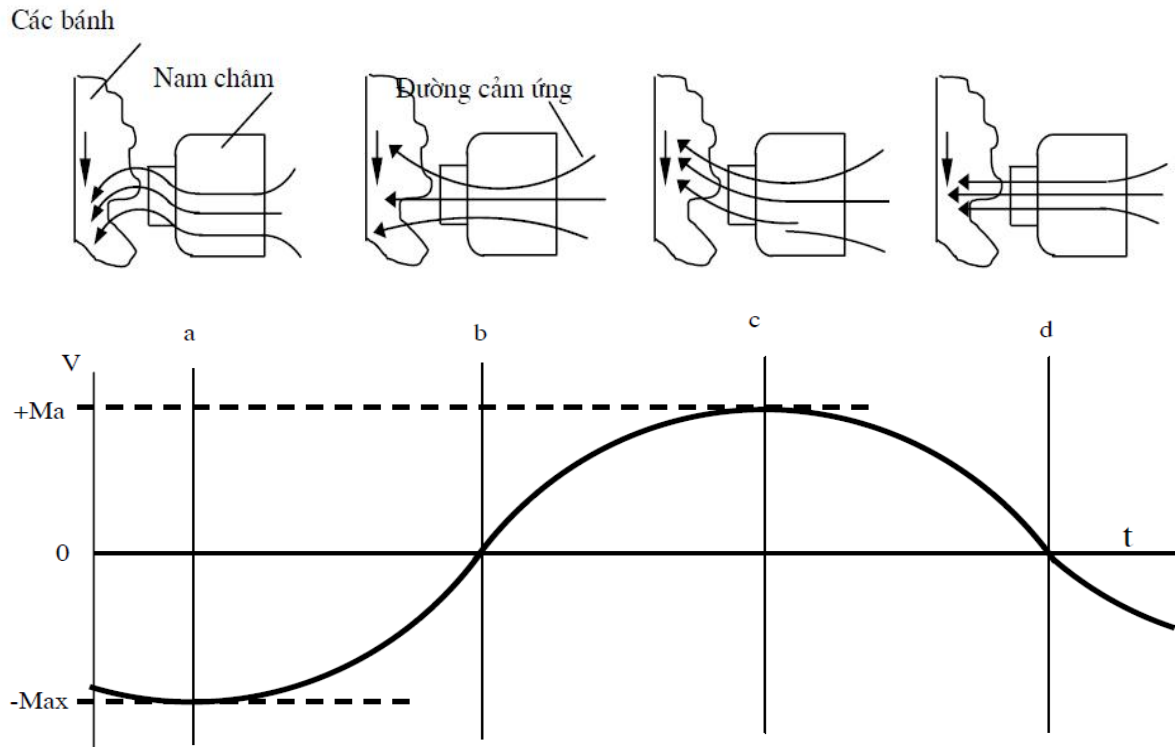
\* Cảm biến điện trở từ :

Cảm biến điện trở từ là một linh kiện bán dẫn có 2 cực điện, điện trở của nó gia tăng dưới tác động của từ trường, trong trường hợp từ trường tác dụng thẳng góc mặt phẳng của cảm biến ta có độ nhạy lớn nhất, chiều của từ trường không ảnh hưởng gì đến hiệu ứng điện trở từ trong trường hợp này.

Độ lớn của tín hiệu ra của cảm biến điện trở từ không phụ thuộc vào tốc độ quay, khác với trường hợp cảm biến điện cảm, độ lớn tín hiệu ra quan hệ trực tiếp với tốc độ quay, vì vậy đòi hỏi các thiết bị điện tử phức tạp để có thể thu nhận được các tín hiệu trên 1 dải điện áp rộng.

Ngược lại với cảm biến điện trở từ, tín hiệu ra được hình thành bởi sự đổi hướng của đường cảm ứng từ thay đổi theo vị trí bánh răng (Bending of

magnetic field lines), tín hiệu ra của cảm biến vẫn được hình thành dù đối tượng không di chuyển rất chậm.

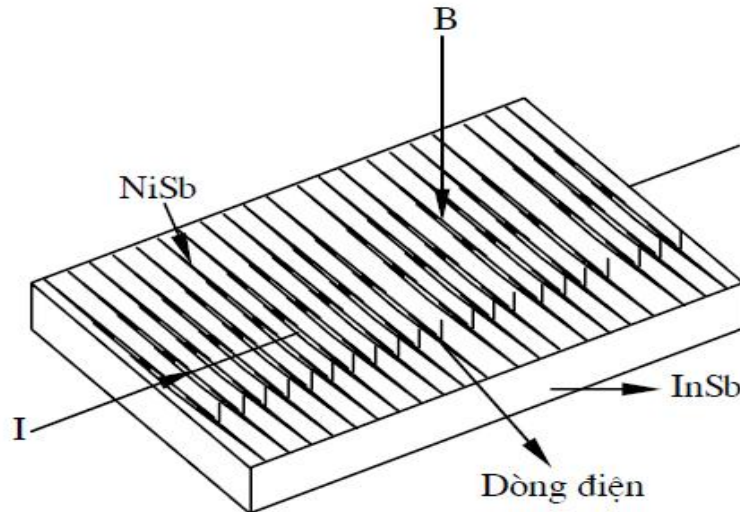


Hình 4.8 Tín hiệu tạo ra bởi cảm ứng điện

- Cảm biến điện trở từ với vật liệu InSb/NiSb :

+ Hiệu ứng điện trở từ với vật liệu InSb/NiSb :

Vật liệu bán dẫn InSb liên kết III – V có độ linh động rất lớn. Trong vật liệu bán dẫn, dưới tác dụng của từ trường hướng dịch chuyển của các điện tích bị lệch đi 1 góc ( $\tan \theta = B$ ). Do sự chênh lệch này đoạn đường dịch chuyển của electron dài hơn, kết quả là điện trở cảm biến gia tăng dưới tác dụng của từ trường, để hiệu ứng này có thể sử dụng trong thực tế, góc cần phải lớn hơn. Trong kim loại góc này rất bé, với germanium góc lệch khoảng  $200^\circ$ , trong Indiumantimon do độ linh động của electron rất cao nên góc lệch =  $80^\circ$ , với  $B = 1T$ .



Hình 4.9 Kết cấu cảm biến điện trở từ với vật liệu InSb/NiSb

Để tạo con đường dịch chuyển của electron càng dài càng tốt dưới tác dụng của từ trường, như vậy ngõ ra sẽ có sự thay đổi điện trở lớn hơn, cảm biến được kết cấu như hình vẽ 4.9. Nhiều phiến InSb (bề rộng vài  $\mu\text{m}$ ) được ghép nối tiếp nhau, giữa các phiến này là màng kim loại.

Trong thực tế với kỹ thuật luyện kim, người ta tạo ra những cây kim bằng Nickelantimon nằm bên trong InSb có chiều song song với 2 cực điện, một ít NiSb cho vào trong InSb chảy lỏng và qua các công đoạn làm nguội, vô số cây kim NiSb được hình thành bên trong InSb. Các cây kim này có đường kính khoảng  $1 \mu\text{m}$  và dài  $50 \mu\text{m}$ , các cây kim này dẫn điện rất tốt và hầu như không có điện áp rơi trên nó.

Mật độ điện tích phân bố không đều trong InSb do tác dụng của từ trường, sẽ được phân bố đều trên các cây kim, như thế ta có sự phân bố điện tích ở nơi khởi đầu vùng 1 giống như ở nơi khởi đầu vùng 2.

Điện trở từ có thể coi như 1 hàm của cảm ứng từ theo cách tính gần đúng :

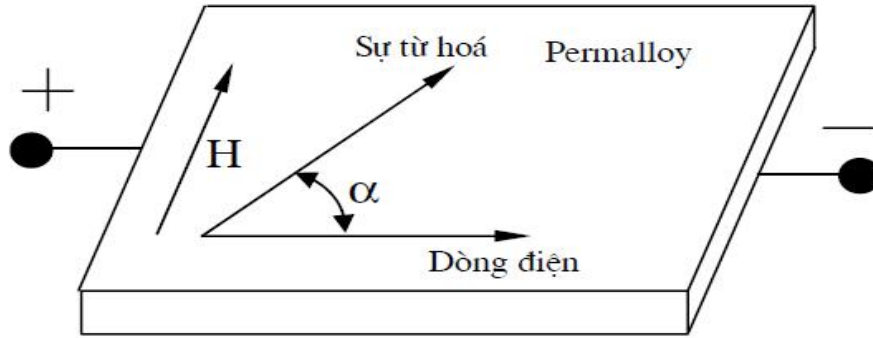
$$R_B = R_0(1 + \mu^2 \cdot B^2) \quad (4-10)$$

Trong đó  $\mu$  là hằng số vật liệu có trị số khoảng 0,85.

Điện trở cảm biến nằm trong khoảng 10 đến  $500\Omega$ , diện tích cắt ngang của bán dẫn càng nhỏ càng tốt, tuy nhiên chiều rộng không thể nhỏ hơn  $80 \mu\text{m}$ .

- Cảm biến điện trở từ với vật liệu Permalloy :

+ Hiệu ứng điện trở từ với vật liệu Permalloy :



Hình 4.10 Hiệu ứng trên điện trở từ Permalloy

Một màng mỏng vật liệu sắt từ gọi là Permalloy (20% Fe ; 80% Ni). Khi không có sự hiện diện của từ trường, véc tơ từ hoá bên trong vật liệu nằm song song với dòng điện. Với từ trường nằm song song với mặt phẳng màng mỏng nhưng thẳng góc với dòng điện, véc tơ từ hoá sẽ quay đi 1 góc, kết quả là điện trở của Permalloy thay đổi theo

$$R = R_0 + \Delta R_0 \cdot \cos^2 \alpha \quad (4-11)$$

$$\alpha = 0 \rightarrow R = R_{\max}$$

$$\alpha = 90 \rightarrow R = R_{\min}$$

Trong đó :  $R_0$  và  $\Delta R_0$  là các thông số phụ thuộc vào chất liệu Permalloy.

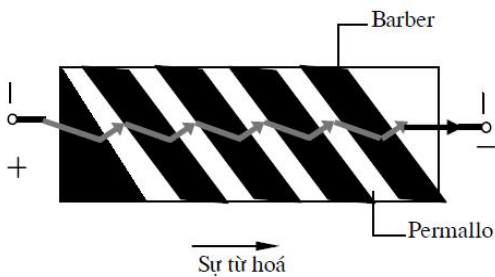
$$\Delta R_0 = (2 \rightarrow 3)\% \cdot R$$

Nguyên tắc này được ứng dụng để đo tốc độ quay và góc quay

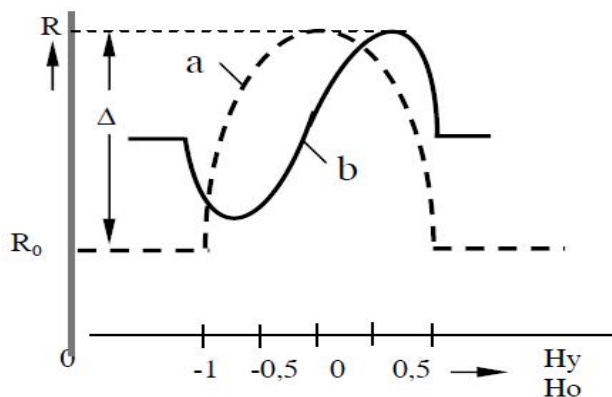
+ Tuyến tính hóa đặc tính của cảm biến :

Điện trở cảm biến điện trở từ không tuyến tính (hình 4.12), để 1 cảm biến tiện lợi trong sử dụng thì tốt nhất là đặc tuyến của nó tuyến tính

Hiệu ứng điện trở từ có thể được tuyến tính hoá bằng cách đặt 1 màng mỏng nhôm gọi là barber poles



Hình 4.11 Kết cấu cảm biến điện trở từ có barber poles



Hình 4.12 a) Đặc tuyến  $R - H$  của cảm biến điện trở từ loại tiêu chuẩn  
b) Đặc tuyến  $R - H$  của cảm biến điện trở từ loại có barber poles

#### 4.5. Cảm biến đo góc với tổ hợp có điện trở từ

##### Mục tiêu :

- Trình bày được phương pháp đo góc quay với tổ hợp có điện trở từ
- Giải thích được sự khác nhau giữa các loại thiết bị đo góc

\* Nguyên tắc :

Từ công thức cơ bản (4-11):  $R = R_0 + \Delta R_0 \cdot \cos^2 \alpha$

Ta có sự liên hệ gần đúng giữa R và  $\alpha$  :  $R \approx 2\alpha$  (4-12)

Dựa trên nguyên tắc này, cảm biến có thể đo góc mà không cần sự đụng chạm

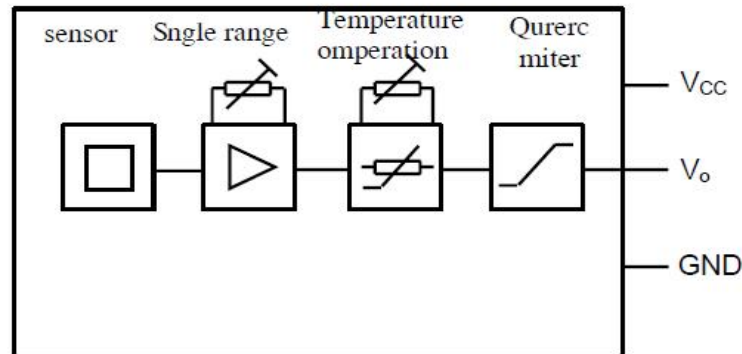
\* Các loại cảm biến KM110BH/2 của hãng Philips Semiconductor :

Loại cảm biến KM110BH/21 có 2 dạng :

- KMB110BH/2130 được chế tạo với thang đo nhỏ hơn để có độ khuếch đại lớn hơn, đo từ  $-15^0$  đến  $+15^0$ . Tín hiệu ra tuyến tính (độ phi tuyến chỉ 1%).
- KMB110BH/2190 đo từ  $-45^0$  đến  $+45^0$ , tín hiệu ra hình sin.

Cả 2 cảm biến trên có thang đo khác nhau nhưng mạch điện như nhau (hình 4-13). đều có tín hiệu ra dạng Analog.

Ngoài 2 cảm biến này còn có các dạng cảm biến thiết kế mới KM110BH/23 và KM110BH/24 (xem bảng 4-1).



Hình 4.13 Sơ đồ khối của các loại cảm biến KM110BH/21, KM110BH/24 và KM110BH/2390

Thông số	KM110BH						Đơn vị
	2130	2190	2270	2390	2430	2470	
Thang đo	30	90	70	90	30	70	Độ
Điện áp ra	0,5÷4,5	0,5÷4,5	-	0,5÷4,5	0,5÷4,5	0,5÷4,5	V
Dòng điện ra	-	-	4÷20	-	-	-	mA
Đặc tuyến	Tuyến	Hình	Hình	Tuyến	Tuyến	Hình	

ngõ ra	tính	sin	sin	tính	tính	sin	
Điện áp hoạt động	5	5	8,5	5	5	5	V
Nhiệt độ hoạt động	- 40 ÷ + 125	- 40 ÷ + 125	- 40 ÷ +125	- 40 ÷ + 125	- 40 ÷ + 125	- 40 ÷ + 125	°C
Độ phân giải	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	Độ

*Bảng 4.1 Các dạng cảm biến KM110BH*

\* Các loại cảm biến KMA10 và KMA20 :

KMA10 và KMA20 là loại cảm biến đo góc (không cần đụng chạm) được thiết kế để có thể hoạt động trong môi trường khắc nghiệt hơn, ứng dụng trong lĩnh vực tự động và công nghiệp.

Hai loại cảm biến KMA10 và KMA20 được thiết kế để phát triển bởi sự hợp tác giữa Philips Semiconductor và AB Electronic.

- KMA10 cho tín hiệu dưới dạng dòng điện.(KMA10/70 phát triển từ loại KM110BH/2270).

- KMA20 cho tín hiệu ra dưới dạng điện áp, KMA20/30 phát triển từ loại KM110BH/2430, KMA20/70 từ loại KM110BH/2470, còn KMA20/90 phát triển từ loại KMA20/2390. Tuy nhiên tín hiệu từ KMA20/30 thì tuyến tính và từ KMA20/70 thì hình sin.

<i>Thông số</i>	<i>KMA10/70</i>	<i>KMA20/30</i>	<i>KMA20/70</i>	<i>KMA20/90</i>	<i>Đơn vị</i>
Thang đo	70	30	70	90	Độ
Điện áp ra	-	0,5÷4,5	-	0,5÷4,5	V
Dòng điện ra	4÷20	-	-	-	mA
Đặc tuyến ngõ ra	Hình sin	Tuyến tính	Hình sin	Tuyến tính	
Điện áp hoạt động	8,5	5	5	5	V
Nhiệt độ hoạt động	- 40 ÷ + 100	- 40 ÷ + 125	- 40 ÷ +125	- 40 ÷ + 125	°C
Độ phân giải	0,001	0,001	0,001	0,001	Độ

*Bảng 2.2 Các dạng cảm biến KMA10 và KMA20*

#### 4.6. Máy đo góc tuyệt đối (Resolver)

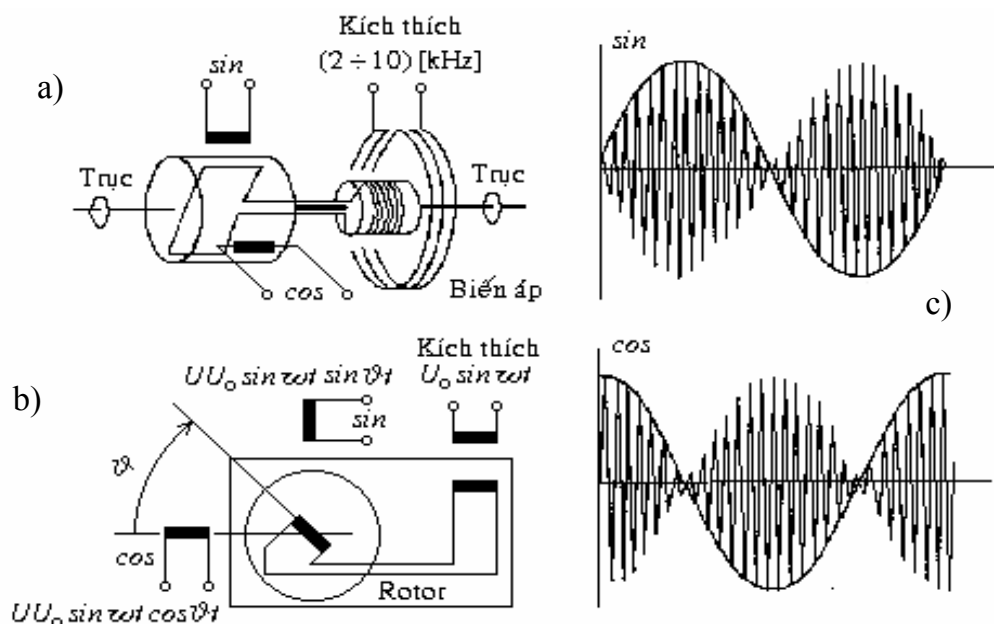
**Mục tiêu :**

- Trình bày được phương pháp đo góc quay với máy đo góc tuyệt đối
- Giải thích được sự khác nhau giữa các loại thiết bị đo góc

Máy đo góc tuyệt đối cấu tạo gồm 2 phần, phần động gắn liền với trục quay động cơ chứa cuộn sơ cấp được kích thích bằng sóng mang tần số 2 – 10 KHz qua máy biến áp quay (Hình 4-14a). Phần tĩnh có 2 dây thứ cấp (cuộn sin và cuộn cos) đặt lệch nhau  $90^0$ , đầu ra của dây quấn thứ cấp ta thu được 2 tín hiệu điều biên  $UU_0 \sin \omega t \sin \theta t$  và  $UU_0 \sin \omega t \cos \theta t$  (hình 4-15b). Đường bao của kênh tín hiệu ra chứa thông tin vị trí tuyệt đối (góc  $\theta t$ ) của rôto máy đo, có nghĩa là vị trí tuyệt đối của rôto động cơ (hình 4-15c)

Có 2 cách thu thập thông tin về  $\theta t$  :

- Hiệu chỉnh sửa sai góc thu được trên cơ sở so sánh góc và được cài đặt sẵn trong 1 số vi mạch sẵn có, các vi mạch này cho tín hiệu góc dạng số (độ phân giải 10 – 16 bit/1 vòng) và tốc độ quay dưới dạng tương tự.
- Dùng 2 bộ chuyển đổi tương tự - số để lấy mẫu trực tiếp từ đỉnh tín hiệu điều chế. Trong trường hợp này cần đồng bộ chặt chẽ giữa thời điểm lấy mẫu và khâu tín hiệu kích thích 2 – 10 kHz.



Hình 4.14 Máy đo góc tuyệt đối (Resolver)

a) Nguyên lý cấu tạo; b) Nguyên lý hoạt động; c) Hai kênh tín hiệu ra

**4.7. Thực hành đo góc với encoder tương đối và tuyệt đối**

**Mục tiêu :**

- Thực hiện được phương pháp đo góc với encoder tương đối và tuyệt đối đạt yêu cầu kỹ thuật
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác, an toàn và vệ sinh công nghiệp

\* Thực hành với encoder đĩa mã hóa tương đối :

- Mục đích – yêu cầu :

+ Khảo sát encoder E6A2 – CW3C

+ Đo tốc độ động cơ với encoder loại đĩa mã hóa tương đối.

- Thiết bị : encoder E6A2 – CW3C, máy đo tốc độ góc H7ER, động cơ, các thiết bị cần thiết khác.

- Thực hiện :

+ Ghi nhận các thông số kỹ thuật trên thiết bị :

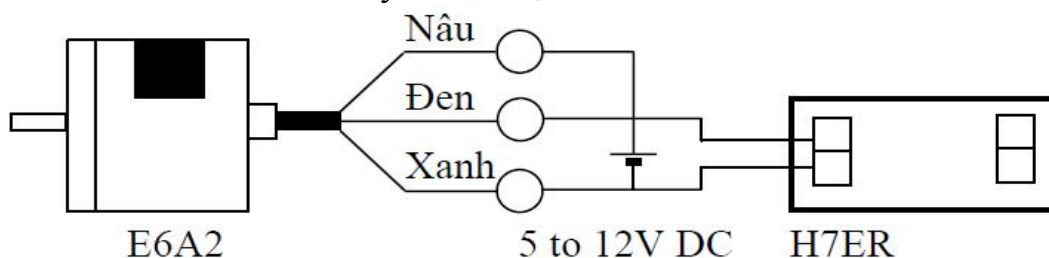
Điện áp hoạt động : .....

Độ phân giải : .....

+ Vẽ sơ đồ mắc cảm biến :

+ Kết nối encoder với động cơ cần đo tốc độ (về mặt cơ)

+ Kết nối cảm biến với máy đo tốc độ như hình vẽ 4-15



Hình 4.15 Kết nối cảm biến với máy đo tốc độ

+ Ghi nhận thông số tốc độ đo được : .....

\* Thực hành với encoder tuyệt đối :

- Mục đích – yêu cầu :

+ Khảo sát encoder E6CP – AG5C - C

+ Đo tốc độ động cơ với encoder

- Thiết bị : encoder E6CP – AG5C – C , thiết bị đo vị trí H8PS – 8P Cam, động cơ và các thiết bị cần thiết khác.

- Thực hiện :

+ Ghi nhận các thông số kỹ thuật trên encoder :

Điện áp hoạt động : .....

Độ phân giải : .....

+ Các thông số kỹ thuật của máy đo vị trí :

Máy đo vị trí E6CP – AG5C – C đo từ 0° đến 359°

Điện áp hoạt động : 24 vôn DC

Chức năng các chân :



Chân	E6CP – AG5C – C
1	Kết nối sẵn bên trong
2	
3	$2^5$
4	$2^1$
5	$2^0$
6	$2^7$
7	$2^4$
8	$2^2$
9	$2^3$
10	$2^6$
11	.....
12	$12 \div 24 \text{ VDC}$
13	$0 \text{ V}$

- + Vẽ sơ đồ mắc cảm biến :
- + Kết nối encoder với động cơ cần đo tốc độ (về mặt cơ)
- + Kết nối cảm biến với máy đo tốc độ.

#### 4.8. Thực hành với cảm biến đo vòng quay

##### Mục tiêu :

- Thực hiện được phương pháp đo vòng quay đạt yêu cầu kỹ thuật
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác, an toàn và vệ sinh công nghiệp

##### 4.8.1 Cảm biến KMI15/1

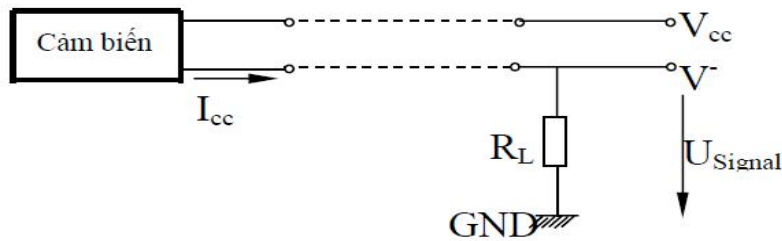
\* Mục đích : Khảo sát cảm biến KMI15/1

\* Thiết bị : Cảm biến KMI15/1, điện trở  $115\Omega$ , Tụ điện  $100\text{nF}$ , đối tượng dạng thụ động

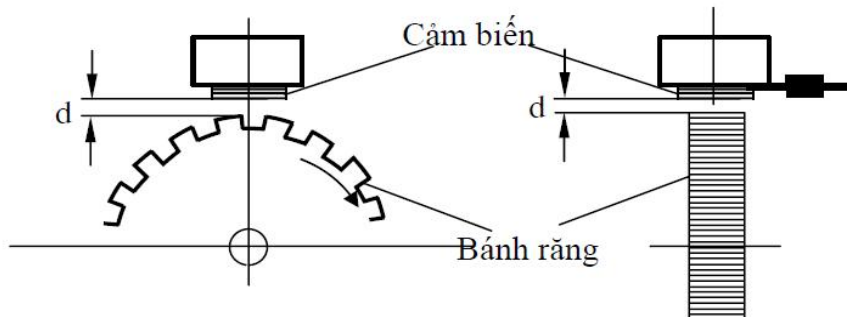
\* Sơ đồ chân :

Chân	Chức năng
1	$V_{cc}$
2	$V^-$

\* Thực hiện lắp mạch :



- Điện áp  $V_{cc}$  : 12 vôn DC
- Lắp đặt cảm biến như hình vẽ 4.16 ;  $d = 2,5$  mm
- Cho đối tượng quay
- Dùng máy đo dao động kí đo tín hiệu ra
- Vẽ lại dạng sóng
- Ghi nhận các giá trị nhỏ nhất, giá trị trung bình của tín hiệu.



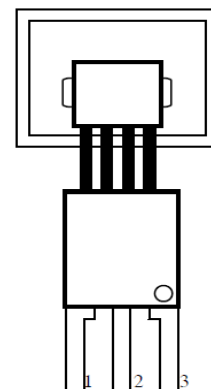
Hình 4.16 Cách lắp cảm biến

#### 4.8.2 Cảm biến đo vòng quay KMI16/1

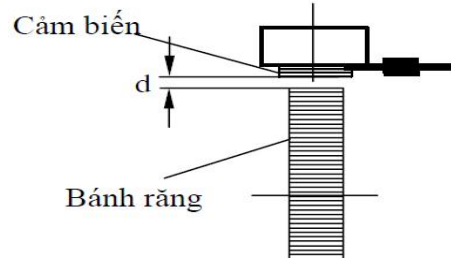
- \* Mục đích : Khảo sát cảm biến KMI16/1
- \* Thiết bị : Cảm biến KMI16/1, điện trở 2,7 k $\Omega$ , 10 k $\Omega$ , tụ điện 2,2nF, đối tượng dạng thụ động (giống KMI15/1)
- \* Sơ đồ chân :

Chân	Ký hiệu	Chức năng
1	$V_{cc}$	Nối với nguồn DC
2	$V_{out}$	Ngõ ra của tín hiệu
3	GND	Nối đất

- \* Thực hiện lắp mạch :
    - Điện áp hoạt động  $V_{cc} = 5$  vôn DC
    - Ghi chú: Cảm biến có thể hoạt động với điện áp 4,5 vôn đến 16 vôn DC (nhưng giá trị ngõ ra sẽ thay đổi).
    - Lắp đặt cảm biến như hình vẽ 4.17
- $d = 2,5$ mm



- Cho đối tượng quay
- Dùng máy đo dao động kí đo tín hiệu ra
- Giá trị điện áp ra ở mức cao: .....
- Giá trị điện áp ra ở mức thấp: .....
- Vẽ lại dạng sóng



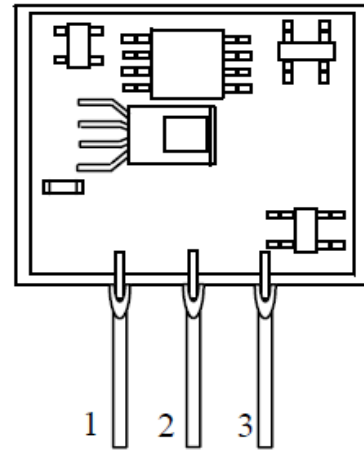
Hình 4.17 Cách lắp cảm biến

#### 4.8.3 Thực hành với cảm biến đo góc KM110BH/2430, KM110BH/2470

- \* Mục đích : Khảo sát cảm biến đo góc KM110BH/2430, KM110BH/2470
- \* Thiết bị : - Nam châm (NdFeB) kích thước 11,2 x 5,5 x 8 mm  
 - Cảm biến đo góc KM110BH/2430, KM110BH/2470  
 - Nguồn 5 vôn DC và vôn kế, các thiết bị đo lường cần thiết

\* Sơ đồ chân :

Chân	Chú thích
1	GND
2	$V_{cc}$
3	$V_0$



\* Thực hiện : Ghi nhận các thông số hoạt động của cảm biến

Cảm biến	Điện áp hoạt động	Thang đo	Dạng tín hiệu
KM110BH/2430			
KM110BH/2470			

- Vẽ mạch kết nối cảm biến, ngõ ra dùng  $R_L = 1,7 \text{ k}\Omega$  (vôn kế đo giá trị tín hiệu ra mắc song song với  $R_L$ )
- Lắp đặt nam châm song song với cảm biến ( $d = 2,5 \text{ mm}$ )
- Thay đổi vị trí nam châm, đo giá trị ngõ ra, vẽ đồ thị biểu diễn sự thay đổi của giá trị ngõ ra theo góc quay

#### YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI 4

✚ Nội dung:

+ Về kiến thức: Trình bày được các phương pháp đo vòng quay, góc quay và giải thích sự khác nhau giữa các thiết bị đo góc

+ Về kỹ năng: lắp ráp đúng yêu cầu kỹ thuật các mạch cảm biến và lập bảng ghi nhận các thông số của cảm biến

+ Về thái độ: Đảm bảo an toàn và vệ sinh công nghiệp.

✚ Phương pháp:

+ Về kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm

+ Về kỹ năng: Đánh giá kỹ năng thực hành lắp ráp mạch cảm biến, bảng ghi nhận kết quả

+ Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác, ngăn nắp trong công việc.

## BÀI 5

### CẢM BIẾN QUANG ĐIỆN

Mã bài: MĐ31-05

#### GIỚI THIỆU

Cảm biến quang được sử dụng để chuyển thông tin từ ánh sáng nhìn thấy hoặc tia hồng ngoại (IR) và tia tử ngoại (UV) thành tín hiệu điện. Do đó nó được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp với nhiều ứng dụng khác nhau.

#### MỤC TIÊU

- Trình bày được các khái niệm cơ bản về phép đo quang theo nội dung đã học
- Mô tả, phân biệt được các loại cảm biến quang theo nội dung đã học
- Thực hiện được các phép đo dùng cảm biến quang đạt yêu cầu kỹ thuật
- Xử lý được các lỗi do hệ thống cảm biến quang gây ra đạt yêu cầu kỹ thuật
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác, an toàn và vệ sinh công nghiệp

#### 5.1 Đại cương

##### Mục tiêu :

- Trình bày được các khái niệm cơ bản về phép đo quang
- Mô tả, phân biệt được các loại cảm biến quang

##### 5.1.1 Tính chất ánh sáng

Ánh sáng có 2 tính chất cơ bản là sóng và hạt.

Dạng sóng ánh sáng là sóng điện từ phát ra khi có sự chuyển điện tử giữa các mức năng lượng của nguyên tử nguồn sáng. Các sóng này có vận tốc truyền đi trong chân không là  $c = 299792 \text{ km/s}$ , trong môi trường vật chất là :

$$v = c/n \quad (5-1) \quad (n : \text{chiết suất của môi trường})$$

Tần số  $\gamma$  và bước sóng  $\lambda$  của ánh sáng liên hệ với nhau qua biểu thức :

$$\lambda = v/\gamma \quad (5-2) \quad \text{trong chân không : } \lambda = c/\gamma \quad (5-3)$$

Phổ ánh sáng được biểu diễn như hình 5.1

Tính chất hạt thể hiện qua sự tương tác của nó với vật chất. Ánh sáng bao gồm các hạt photon mang năng lượng  $W_\phi$  phụ thuộc duy nhất vào tần số.

$$W_\phi = h.\gamma \quad (5-4) \quad (h = 6,6256.10^{-24} \text{ Js : hằng số Planck})$$

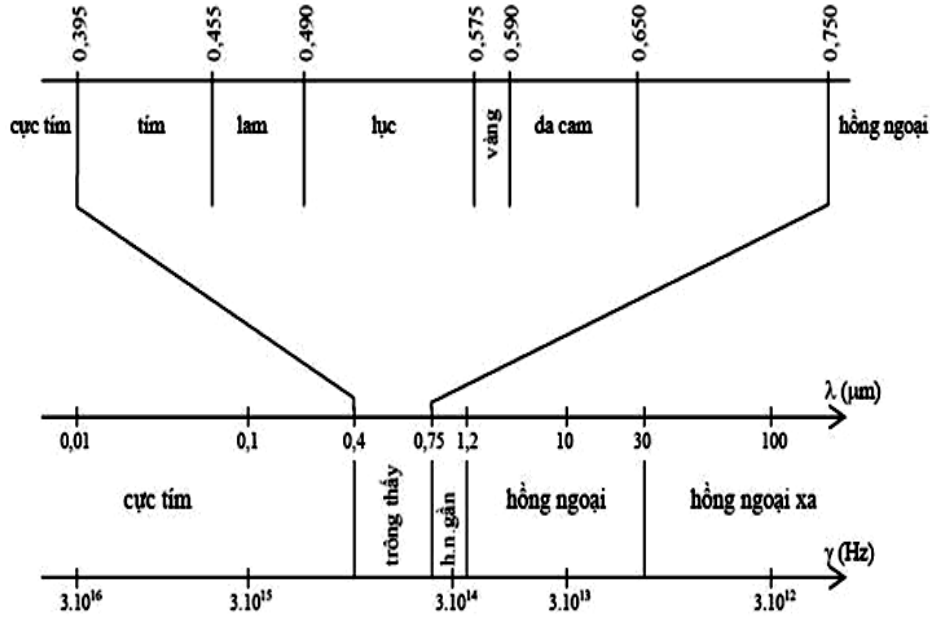
Các đại lượng quang học :

- Thông lượng : oat (W)
- Cường độ : oat/steradian (W/Sr)
- Độ chói : (W/Sr.m<sup>2</sup>)
- Năng lượng : J

Một điện tử được liên kết có năng lượng  $W_1$ , để giải phóng các điện tử khỏi nguyên tử cần cung cấp cho nó năng lượng bằng với năng lượng liên kết  $W_1$ .

Vậy một điện tử sẽ được giải phóng nếu nó hấp thụ một photon có năng lượng

$$W_{\phi} \geq W_1 \text{ nghĩa là } \gamma \geq \frac{W_{\phi}}{h} \text{ hay } \lambda \leq \frac{hc}{W_1} \quad (5-5)$$



Hình 5.1 Phân bố phổ ánh sáng

Bước sóng ngưỡng (bước sóng lớn nhất) của ánh sáng có thể gây nên hiện tượng giải phóng điện tử được tính từ biểu thức :  $\lambda_s = \frac{hc}{W_1}$  (5-6)

Hiện tượng hạt dẫn điện được giải phóng dưới tác dụng của ánh sáng làm thay đổi tính chất điện của vật liệu gọi là hiệu ứng quang điện. Đây là nguyên lý cơ bản của cảm biến quang.

### 5.1.2 Các loại nguồn sáng

Một cảm biến quang chỉ hiệu quả khi phù hợp với bức xạ ánh sáng (phổ, thông lượng, tần số). Nguồn sáng quyết định mọi đặc tính của bức xạ.

#### \* Đèn sợi đốt vonfram

Cấu tạo : gồm một sợi vonfram đặt trong bóng thủy tinh có chứa khí halogen để giảm bay hơi sợi đốt.

Đặc điểm :

- Nhiệt độ giống như nhiệt độ của một vật đen tuyệt đối.
- Phổ phát xạ nằm trong vùng nhìn thấy.
- Quang thông lớn, dải phổ rộng.
- Quán tính nhiệt lớn nên không thể thay đổi bức xạ nhanh chóng.
- Tuổi thọ thấp, dễ vỡ.

#### \* Diode phát quang

Cấu tạo : gồm nối P-N. Năng lượng giải phóng do sự tái hợp các hạt dẫn làm phát sinh các photon.

Đặc điểm :

- Thời gian hồi đáp nhỏ cỡ ns, có khả năng biến điệu tần số cao.
- Phổ ánh sáng hoàn toàn xác định, độ tin cậy cao.
- Tuổi thọ cao, kích thước nhỏ, tiêu thụ năng lượng thấp.
- Quang thông tương đối nhỏ và nhạy với nhiệt độ là nhược điểm hạn chế phạm vi sử dụng của đèn.

\* Laser (Light Amplification by Stimulated Emission Radiation)

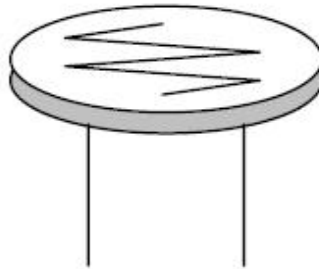
Laser là nguồn sáng rất đơn sắc, độ chói lớn, rất định hướng và đặc biệt là tính liên kết mạnh (cùng phân cực, cùng pha). Đối với những nguồn sáng khác, bức xạ phát ra là sự chồng chéo của rất nhiều sóng thành phần có phân cực và pha khác nhau. Trong trường hợp tia laser, tất cả các bức xạ cấu thành đều cùng pha cùng phân cực và bởi vậy khi chồng chéo lên nhau chúng tạo thành một sóng duy nhất và rất xác định.

Đặc điểm chính của laser là có bước sóng đơn sắc hoàn toàn xác định, quang thông lớn, có khả năng nhận được chùm tia rất mảnh với độ định hướng cao, truyền đi khoảng cách rất lớn.

### 5.1.3 Các cảm biến quang

\* Tế bào quang dẫn :

Tế bào quang dẫn là một loại cảm biến quang dựa trên hiện tượng quang dẫn do kết quả của hiệu ứng quang điện bên trong. Đó là hiện tượng giải phóng các hạt tải điện trong vật liệu bán dẫn dưới tác dụng của ánh sáng.



Hình 5.2 Tế bào quang dẫn

- Các vật liệu dùng để chế tạo tế bào quang dẫn:

Tế bào quang dẫn thường được chế tạo bằng các bán dẫn đa tinh thể đồng nhất hoặc đơn tinh thể, bán dẫn riêng hoặc pha tạp.

+ Đa tinh thể: CdS, CdSe, CdTe, PbS, PbSe, PbTe.

+ Đơn tinh thể: Ge, Si tinh khiết hoặc pha tạp Au, Cu, Sb, In, SbIn, AsIn, CdHgTe.

- Các tính chất cơ bản của tế bào quang dẫn:

+ Điện trở vùng tối  $R_c$  phụ thuộc vào hình dạng, kích thước, nhiệt độ và bản chất lý hoá của vật liệu

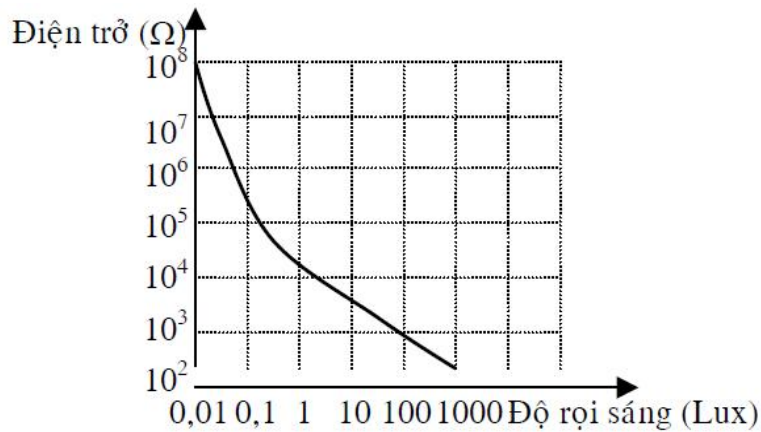
Các chất PbS, CdS, CdSe có điện trở vùng tối rất cao ( từ  $10^4$  tới  $10^5 \Omega$  ở  $25^0C$  ), trong khi đó SbIn, AbSs, CdHgTe có điện trở vùng tối tương đối nhỏ (từ  $10$  tới  $10^3 \Omega$  ở  $25^0C$ ).

Khi được chiếu sáng, điện trở của tế bào quang dẫn giảm xuống rất nhanh, quan hệ giữa điện trở của tế bào quang dẫn và độ rọi sáng :

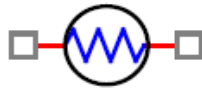
$$R_c = a \Phi^{-\gamma} \quad (5-7)$$

Trong đó : a – là hằng số phụ thuộc vào vật liệu

$\gamma$  – tần số của ánh sáng  $0,5 < \gamma < 1$



Hình 5.3 Quan hệ giữa độ rọi và điện trở của tế bào quang dẫn



Hình 5.4 Ký hiệu của tế bào quang dẫn

+ Độ nhạy của tế bào quang dẫn : Nếu đặt lên 2 đầu tế bào quang dẫn một điện áp V, thì sẽ có một dòng điện I chảy qua tế bào quang dẫn :

$$I = \frac{V}{R_c} = \frac{V}{a} \cdot \Phi^\gamma \quad (5-8)$$

Độ nhạy của tế bào quang dẫn :

$$s = \frac{dI}{d\Phi} = \frac{\gamma \cdot V}{a} \cdot \Phi^{\gamma-1} \quad (5-9)$$

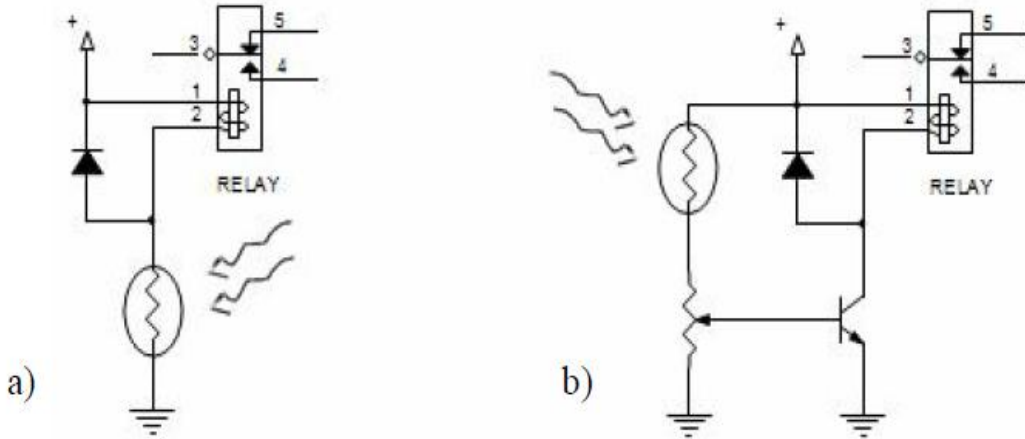
- Ứng dụng của tế bào quang dẫn :

Trong thực tế các tế bào quang dẫn thường được ứng dụng trong hai trường hợp :



+ Điều khiển relay.

+ Thu tín hiệu quang : tế bào quang điện có thể được sử dụng để biến đổi xung quang thành xung điện. Người ta ứng dụng mạch đo kiểu này để đếm vật, đo tốc độ quay đĩa.



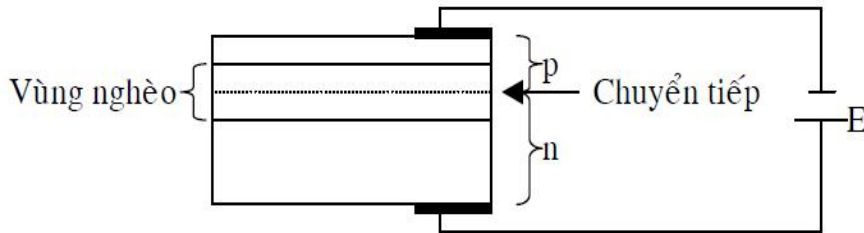
Hình 5.5 Minh họa dùng tế bào quang dẫn điều khiển Relay

a) Điều khiển trực tiếp      b) Điều khiển gián tiếp qua transistor khuếch đại

\* Photo Diode :

- Cấu tạo của Photo Diode :

Photo diode là một tiếp giáp p-n được tạo bởi các vật liệu như: Ge, Si (cho vùng ánh sáng trông thấy và gần hồng ngoại), GaAs, InAs, CdHgTe, InSb (cho vùng ánh sáng hồng ngoại).



Hình 5.6 Cấu tạo của Photo Diode

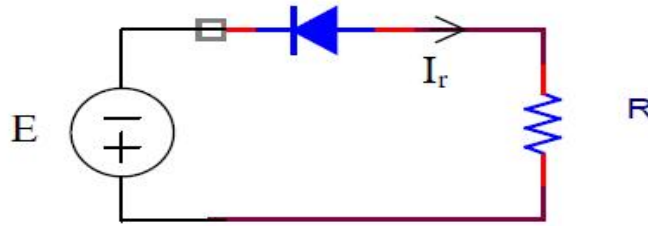
- Nguyên lý làm việc của photo diode:

Khi chiếu sáng lên bề mặt của photo diode bằng bức xạ có bước sóng nhỏ hơn bước sóng ngưỡng  $\lambda < \lambda_n$  sẽ xuất hiện thêm các cặp điện tử- lỗ trống. Để các hạt này có thể tham gia vào độ dẫn và làm tăng dòng điện I ta cần phải ngăn quá trình tái hợp của chúng nghĩa là phải nhanh chóng tách cặp điện tử- lỗ trống dưới tác dụng của điện trường. Quá trình này chỉ xảy ra trong vùng nghèo và làm tăng dòng điện ngược.

- Các chế độ làm việc của Photo Diode :

+ Chế độ quang dẫn :

Ở chế độ quang dẫn, Photo Diode được phân cực ngược bởi nguồn sức điện động E như hình 5.7



Hình 5.7 Sơ đồ phân cực Photo Diode ở chế độ quang dẫn

Dòng điện ngược  $I_r$  chạy qua diode :

$$I_r = -I_0 \exp\left(\frac{qV_d}{kT}\right) + I_0 + I_p \quad (5-10)$$

Trong đó :  $I_0$  - là dòng ngược khi không được chiếu sáng

$I_p$  - là dòng quang điện khi ánh sáng đạt tới vùng nghèo sau khi qua bề dày X của lớp bán dẫn

$$I_p = K \cdot \Phi_0 \cdot \exp(-\alpha X) \quad (5-11)$$

Trong đó : K - là hằng số

$\Phi_0$  - là quang thông bên ngoài lớp bán dẫn

$\alpha \approx 10^5 \text{ [cm}^{-1}\text{]}$

$V_d$  - là điện áp ngược trên photo diode

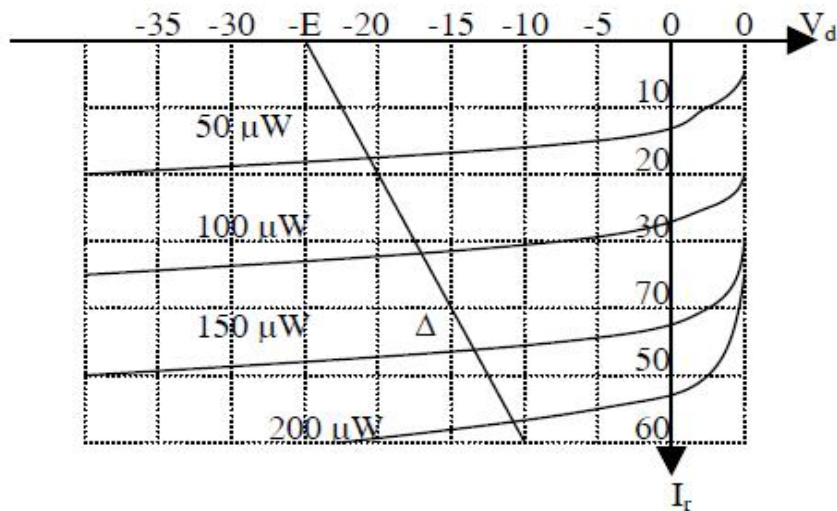
Khi  $V_d$  có giá trị đủ lớn thì :  $I_r = I_0 + I_p \quad (5-12)$

do  $I_0$  thường rất nhỏ nên :  $I_r = I_p \quad (5-13)$

Viết phương trình cho mạch điện hình 5.7 :  $E = V_R - V_d \quad (5-14)$

Trong đó :  $V_R = R \cdot I_r \quad (5-15)$  - là đường thẳng tải

Hay :  $I_r = \frac{E}{R} - \frac{V_d}{R} \quad (5-16)$



Hình 5.8 Đặc tuyến  $I - V$  với thông lượng khác nhau của photo diode  
+ Chế độ quang thế :

Trong chế độ quang thế không có điện áp ngoài đặt vào Diode, Photo diode làm việc như một nguồn dòng. Đặc điểm của chế độ này là không có dòng điện tối do không có nguồn phân cực ngoài nên giảm được ảnh hưởng của nhiễu và cho phép đo quang thông nhỏ.

Khi chiếu sáng vào photo diode, các hạt dẫn không cơ bản tăng lên làm cho hàng rào điện thế của tiếp giáp thay đổi một lượng  $\Delta v_b$  khi đó ta có :

$$-I_0 \exp\left(\frac{q\Delta v_b}{kT}\right) + I_0 + I_p = 0 \quad (5-17)$$

$$\Delta v_b = \frac{kT}{q} \ln\left(1 + \frac{I_p}{I_0}\right) \quad (5-18)$$

Sự thay đổi của hàng rào điện thế này được xác định bằng cách đo hiệu điện thế trên photo diode ở trạng thái hở mạch.

Khi chiếu sáng yếu :  $I_p \ll I_0$  thì :

$$\Delta v_b = \frac{kT}{q} \cdot \frac{I_p}{I_0} = \frac{kT}{q} \cdot \frac{K\Phi_0 \cdot \exp(-\alpha X)}{I_0} \quad (5-19)$$

Do đó điện áp trên diode phụ thuộc tuyến tính vào thông lượng ánh sáng  $\Phi$

Khi chiếu sáng mạnh :  $I_p \gg I_0$  thì :

$$\Delta v_b = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_p}{I_0} \quad (5-20)$$

Với  $I_p$  được tính trong công thức ở trên thì từ đây ta thấy điện áp trên photo diode phụ thuộc theo thông lượng ánh sáng theo hàm logarit.

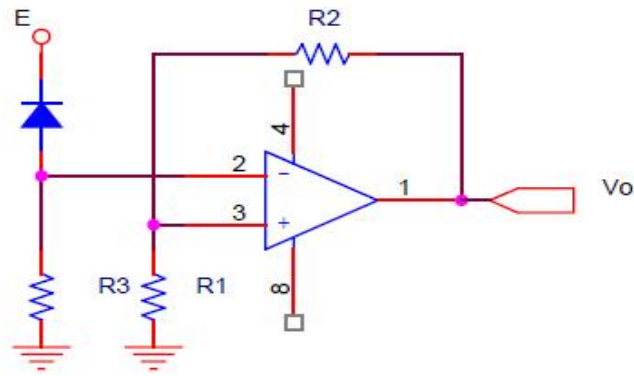
- Độ nhạy của photo diode :

$$s = \frac{dI_p}{dI_0} = K \cdot e^{-\alpha X} \quad (5-21)$$

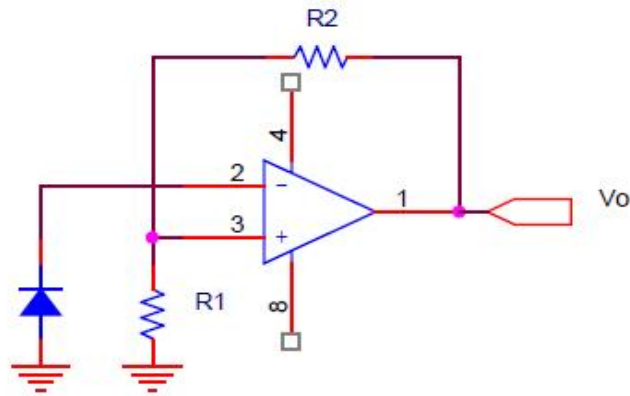
- Ứng dụng của photo diode :

Photo diode có thể dùng để đo thông lượng ánh sáng, dò vạch dẫn đường cho mobile robot, làm đầu thu trong các bộ điều khiển từ xa không dây, .....

Sơ đồ dùng photo diode :



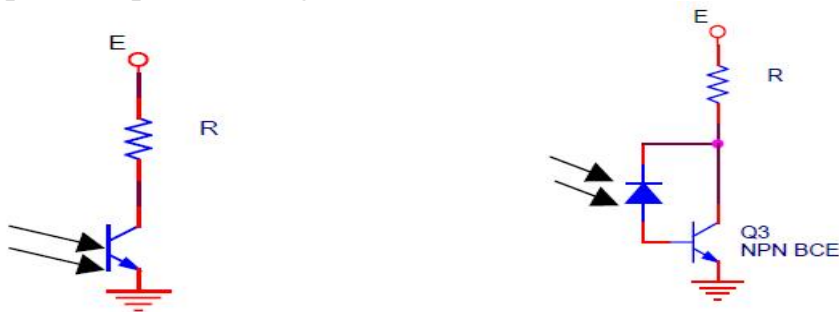
Hình 5.9 Sơ đồ mạch đo dòng ngược dùng photo diode ở chế độ quang dẫn



Hình 5.9 Sơ đồ mạch đo dòng photo diode ở chế độ quang thế

\* Photo transistor :

- Cấu tạo của photo transistor và nguyên lý làm việc của transistor quang :  
Photo transistor là transistor silic loại NPN mà vùng Bazơ có thể được chiếu sáng. Khi không có điện áp đặt lên Bazơ chỉ có điện áp đặt lên Colector, chuyển tiếp BC bị phân cực ngược như hình 5.10



a) Sơ đồ phân cực transistor quang

b) Sơ đồ tương đương

Hình 5.10 Sơ đồ mạch đo dòng transistor quang

Điện áp đặt vào E hầu như tập trung toàn bộ trên chuyển tiếp B-C, trong khi đó sự chênh lệch điện thế giữa Emiteer và Bazơ là không đáng kể ( $V_{BE} \approx 0,7$ )

[V]). Khi chuyển tiếp B-C được chiếu sáng, nó hoạt động như một photo diode ở chế độ quang dẫn với dòng điện ngược

$$I_r = I_o + I_p \quad (5-22)$$

Trong đó :  $I_o$  - là dòng điện ngược khi không được chiếu sáng

$I_p$  - là dòng quang điện khi có quang thông  $\Phi_o$  chiếu qua bề dày X của lớp bán dẫn

$I_r$  đóng vai trò như dòng Bazơ, nó sẽ gây nên dòng collector  $I_c$  :

$$I_c = (\beta + 1)I_r \quad (5-23)$$

Trong đó :  $\beta$  - là hệ số khuếch đại dòng khi emitter nối chung

- Độ nhạy của transistor quang :

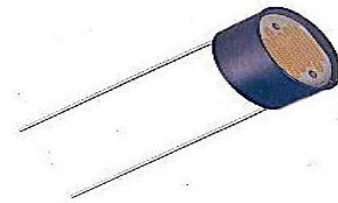
$$s = \frac{dI_c}{d\Phi_o} = K(\beta + 1)e^{-\alpha X} \quad (5-24)$$

- Ứng dụng của transistor quang :

Transistor có thể dùng để đo thông lượng ánh sáng, dò vạch dẫn đường cho mobile robot, làm đầu thu trong các bộ điều khiển từ xa không dây, đọc mã vạch, chế tạo các cảm biến quang trong công nghiệp ...

#### 5.1.4 Một số cảm biến quang thông dụng

\* Quang trở (photoresistor) :



Hình 5.11 Quang trở

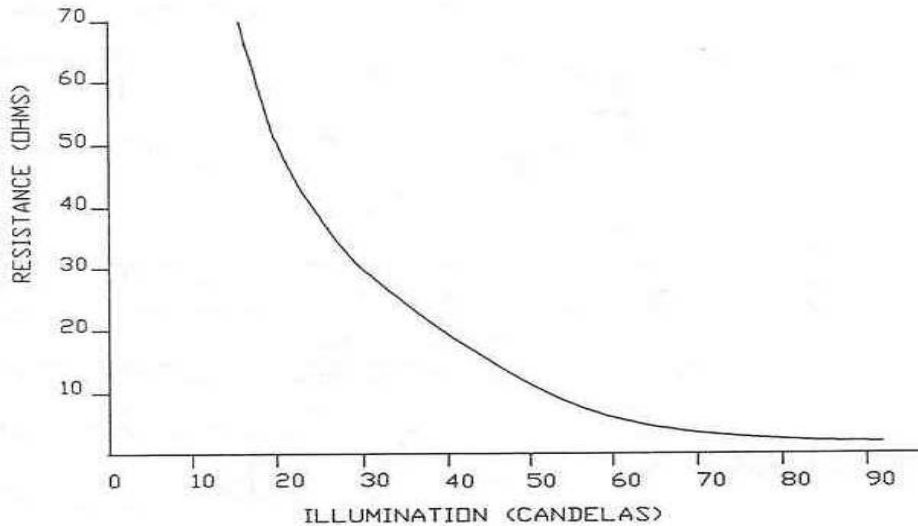
Giá trị điện trở của quang trở thay đổi khi có cường độ ánh sáng chiếu vào bề mặt của nó thay đổi. Giá trị điện trở của quang trở cũng giảm khi cường độ ánh sáng chiếu vào nó cũng mạnh và ngược lại.

Độ nhạy của quang trở được xác định :

$$K_{photo} = \frac{\Delta I}{\Delta R} \quad (5-25)$$

Trong đó :  $\Delta I$  - sự thay đổi của cường độ ánh sáng

$\Delta R$  - sự thay đổi điện trở



Hình 5.12 Đường đặc tính của quang trở

\* Cảm biến hồng ngoại :

Bao gồm các loại sau :

- Cảm biến quang loại phát thu độc lập
- Cảm biến quang loại phản xạ gương
- Cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán

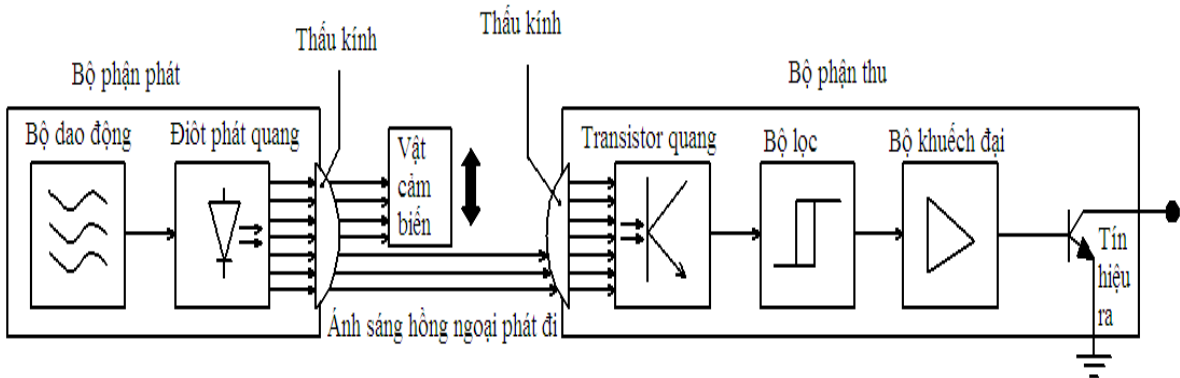
### 5.2 Cảm biến quang loại thu phát độc lập

Mục tiêu :

- Trình bày được cấu tạo, nguyên lý hoạt động và các đặc điểm liên quan đến cảm biến quang loại thu phát độc lập

\* Cấu tạo và nguyên lý hoạt động :

Cảm biến quang loại thu phát độc lập (through beam) bao gồm hai bộ phận chính đó là bộ phận phát và bộ phận thu (như hình 5.13)



Hình 5.13 Cấu tạo cảm biến quang loại thu phát độc lập

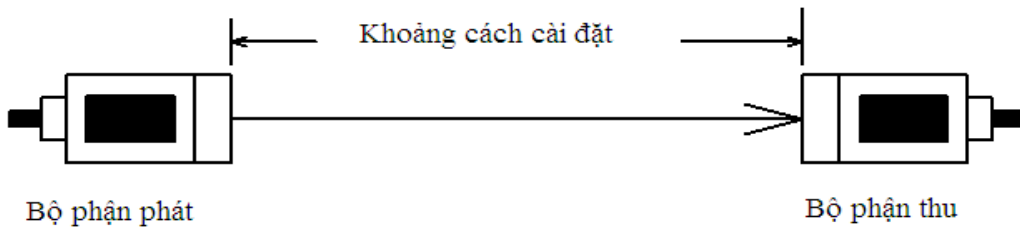
Bộ phận phát sẽ phát ra ánh sáng hồng ngoại và truyền đi thẳng, ánh sáng hồng ngoại này đã được mã hóa theo 1 tần số nào đó, mục đích nhằm tránh ảnh hưởng của các nguồn ánh sáng xung quanh.

Nếu đặt bộ phận thu trên đường truyền thẳng của ánh sáng hồng ngoại thì bộ phận thu sẽ nhận được ánh sáng và không có tác động gì ở ngõ ra.

Nếu có vật cảm biến đi ngang qua và ngắt ánh sáng truyền đến bộ phận thu thì bộ phận thu sẽ không nhận được ánh sáng từ bộ phận phát, lúc này bộ phận thu sẽ có tín hiệu tác động ở ngõ ra.

\* Khoảng cách phát hiện :

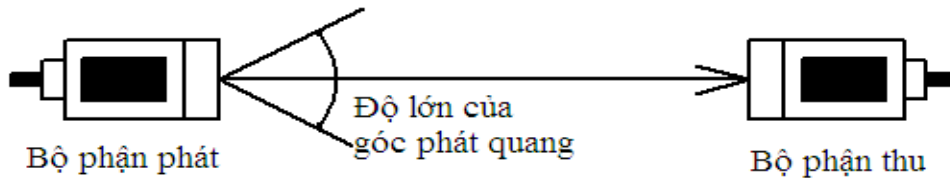
Đối với cảm biến quang loại thu phát độc lập, khoảng cách cài đặt là khoảng cách tính từ bộ phận phát đến bộ phận thu sao cho bộ phận thu có thể nhận được ánh sáng hồng ngoại phát ra từ bộ phận phát. Do đó, có thể nói khoảng cách phát hiện cũng chính là khoảng cách cài đặt.



Hình 5.14 Khoảng cách cài đặt của cảm biến quang loại thu phát độc lập

\* Góc phát quang :

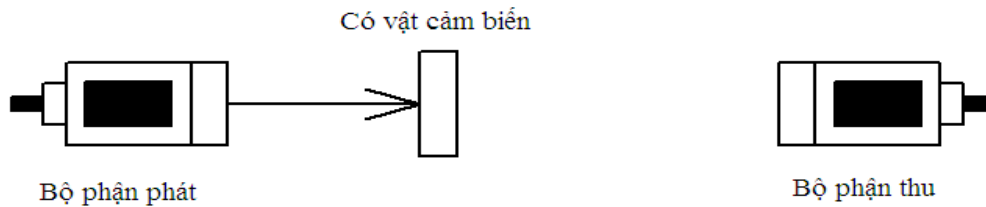
Trên thực tế bộ phận phát không phát ra một tia sáng truyền thẳng mà phát ra một tia sáng có đường kính tăng dần



Hình 5.15 Góc phát quang của cảm biến quang loại thu phát độc lập

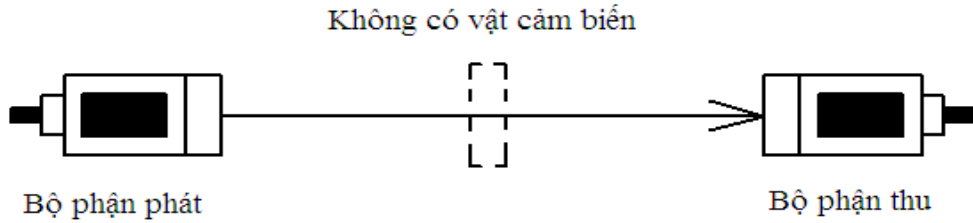
\* Chế độ hoạt động Dark-On và Light-On :

- Chế độ hoạt động Dark-On :



Hình 5.16 Chế độ hoạt động Dark-On của cảm biến quang loại thu phát độc lập

- Chế độ hoạt động Light-On :

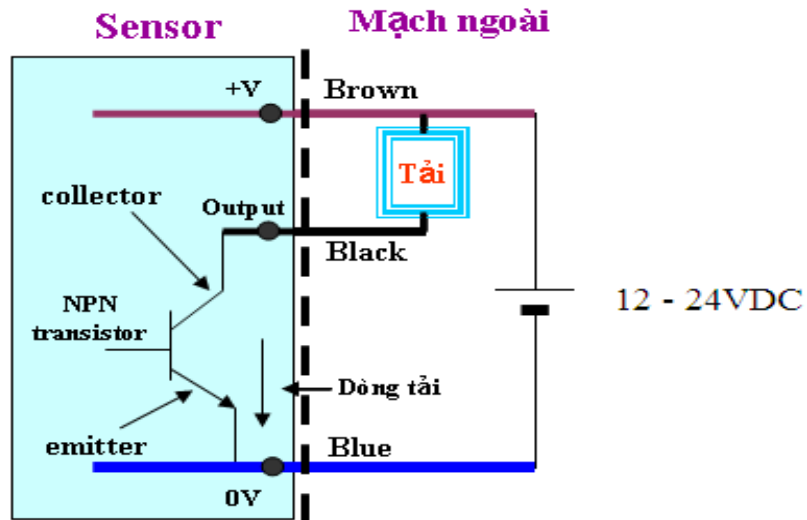


Hình 5.17 Chế độ hoạt động Light-On của cảm biến quang loại thu phát độc lập

\* Kết nối cảm biến :

Tùy thuộc vào đối tượng tải thực tế, mà chúng ta sử dụng bộ phận thu của cảm biến quang là loại DC hay AC. Khi kết nối cảm biến với tải phải tuân theo chỉ dẫn đã được ghi trên nhãn của cảm biến. Mọi kết nối sai sẽ làm hỏng cảm biến.

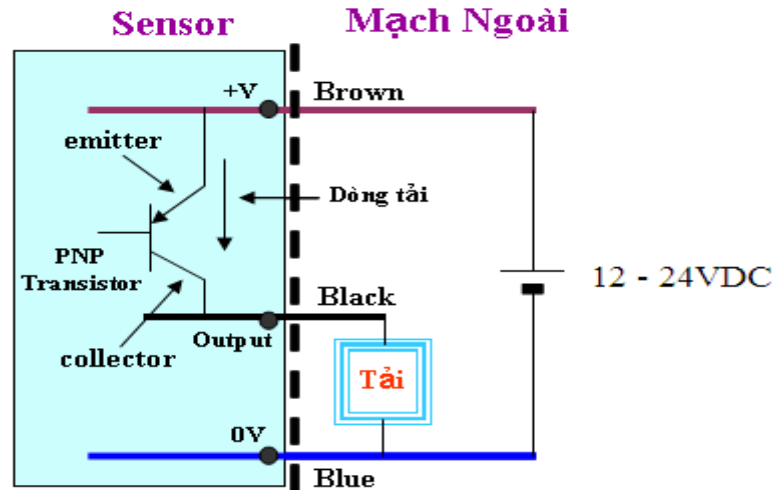
- Kết nối tải khi bộ phận thu là kiểu NPN :



Hình 5.18 Kết nối bộ phận thu kiểu NPN

- Kết nối tải khi bộ phận thu là kiểu PNP :





Hình 5.19 Kết nối bộ phận thu kiểu PNP

Tải có thể là Relay, PLC hoặc các mạch Logic

### 5.3 Cảm biến quang loại phản xạ gương

#### Mục tiêu :

- Trình bày được cấu tạo, nguyên lí hoạt động và các đặc điểm liên quan đến cảm biến quang loại phản xạ gương

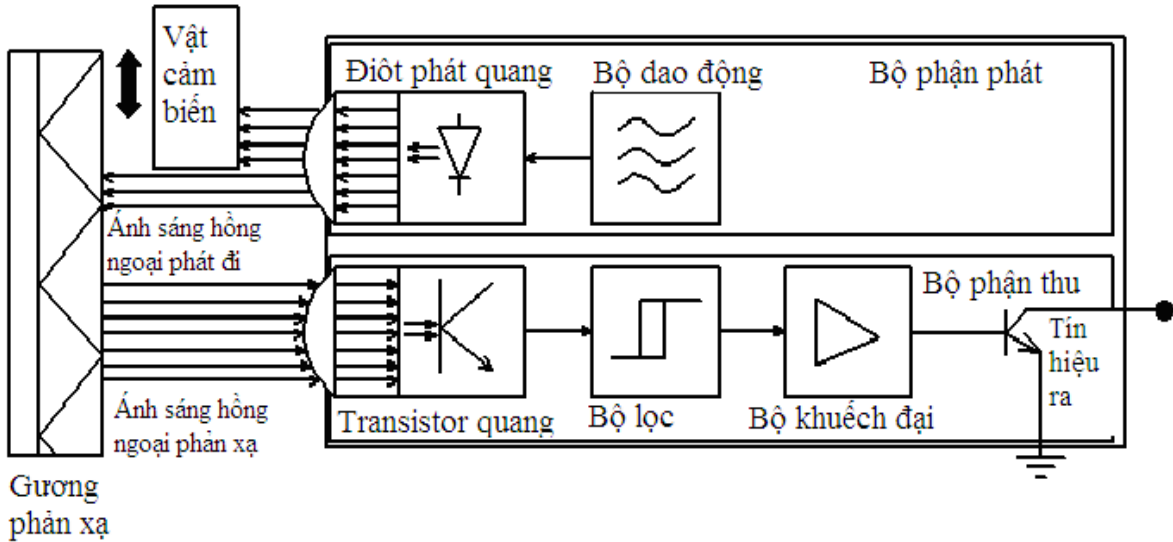
\* Cấu tạo và nguyên lý hoạt động :

Cảm biến quang loại phản xạ gương (retro reflective) gồm hai thành phần chính đó là bộ phận phát – thu và gương phản xạ như hình 5.20

Bộ phận phát sẽ phát ra ánh sáng hồng ngoại và truyền đi thẳng, ánh sáng hồng ngoại này đã được mã hóa theo 1 tần số nào đó, mục đích nhằm tránh ảnh hưởng của các nguồn ánh sáng xung quanh.

Nếu không có vật cảm biến thì ánh sáng từ bộ phận phát sẽ bị phản xạ ngược lại, bộ phận thu sẽ nhận được ánh sáng và không có tác động gì ở ngõ ra.

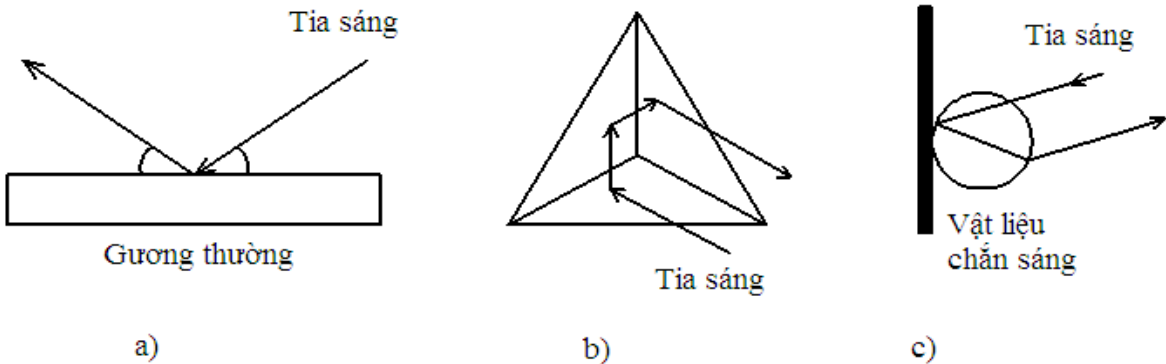
Nếu có vật cảm biến đi ngang qua và ngắt ánh sáng truyền đến bộ phận thu thì bộ phận thu sẽ không nhận được ánh sáng từ bộ phận phát, lúc này bộ phận thu sẽ có tín hiệu tác động ở ngõ ra.



Hình 5.20 Cấu tạo cảm biến quang loại phản xạ gương

\* Gương phản xạ :

Gương phản xạ là loại gương mà khi ánh sáng chiếu đến thì ánh sáng phản xạ trở lại sẽ song song với ánh sáng chiếu tới. Gương phản xạ dùng cho cảm biến quang thường có dạng hình vuông hoặc hình chữ nhật. Về cấu tạo bên trong thì gương phản xạ có hai loại, đó là loại hạt thủy tinh và loại gương ba mặt.

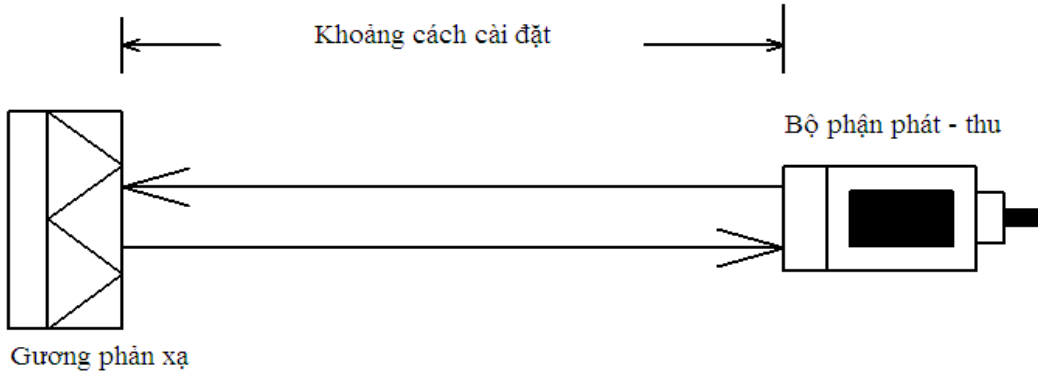


Hình 5.21 Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của :

a) Gương thường b) Gương phản xạ 3 mặt c) Gương phản xạ loại hạt thủy tinh

\* Khoảng cách phát hiện :

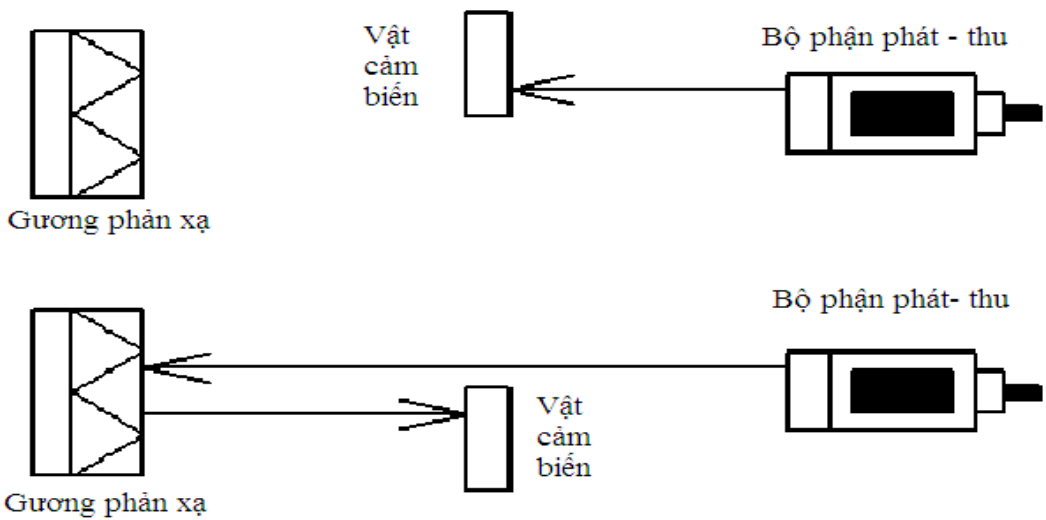
Đối với cảm biến quang loại gương phản xạ, khoảng cách cài đặt là khoảng cách tính từ bộ phận phát – thu đến gương phản xạ sao cho bộ phận thu có thể nhận được ánh sáng hồng ngoại phát ra từ bộ phận phát. Do đó, có thể nói khoảng cách phát hiện cũng chính là khoảng cách cài đặt.



Hình 5.22 Khoảng cách cài đặt của cảm biến quang loại gương phản xạ

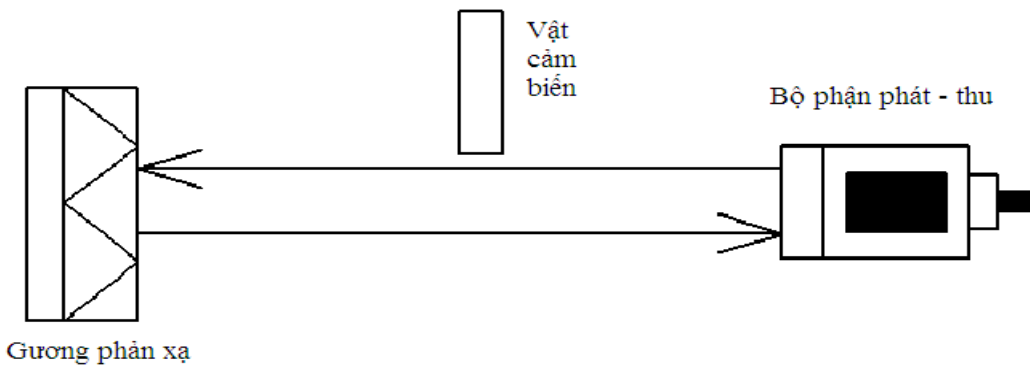
\* Chế độ hoạt động Dark-On và Light-On :

- Chế độ hoạt động Dark-On :



Hình 5.23 Chế độ hoạt động Dark – On của cảm biến quang loại gương phản xạ

- Chế độ hoạt động Light-On :



Hình 5.24 Chế độ hoạt động Light – On của cảm biến quang loại gương phản xạ

\* Kết nối cảm biến : (Tương tự như kết nối cảm biến quang loại phát thu độc lập)

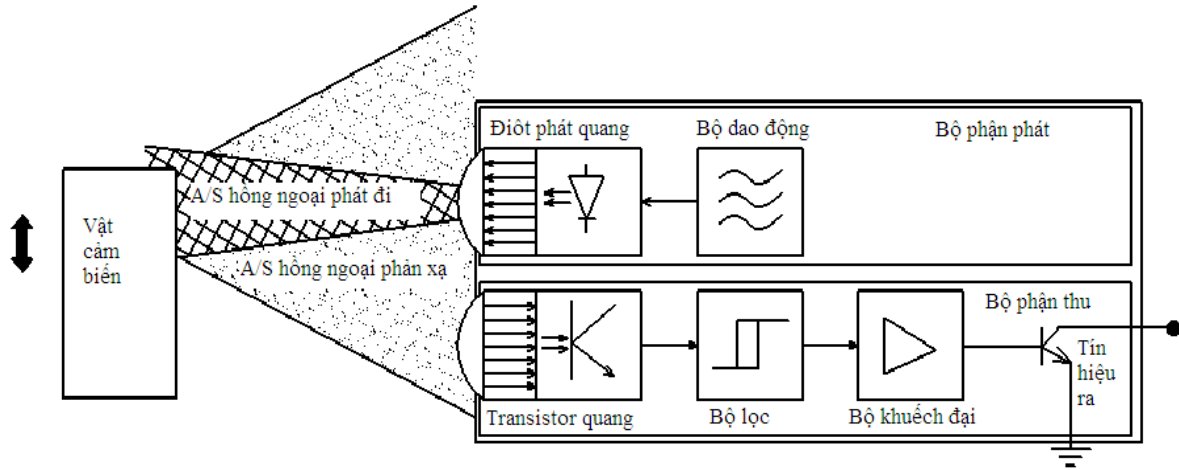
### 5.4 Cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán

#### Mục tiêu :

- Trình bày được cấu tạo, nguyên lí hoạt động và các đặc điểm liên quan đến cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán

\* Cấu tạo và nguyên lí hoạt động :

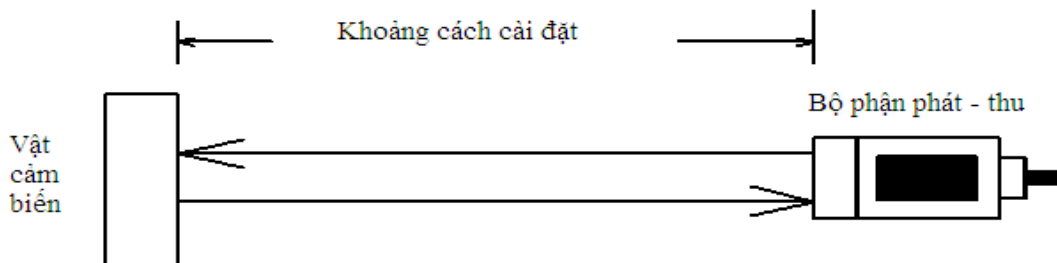
Cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán (diffuse reflective) là loại cảm biến cũng sử dụng nguyên lý phát thu, những tia hồng ngoại phát ra có góc phát to dần khi ánh sáng đi ra xa.



Hình 5.25 Cấu tạo và nguyên lí hoạt động cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán

\* Khoảng cách phát hiện :

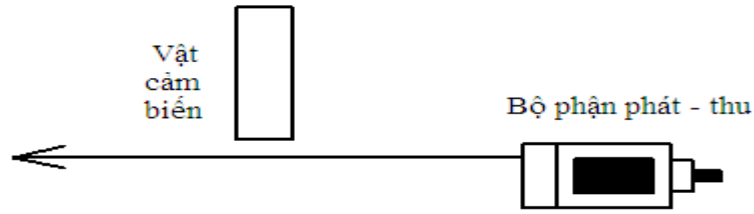
Đối với cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán, khoảng cách cài đặt là khoảng cách xa nhất tính từ bộ phận phát – thu đến vật cảm biến sao cho bộ phận thu có thể nhận được ánh sáng hồng ngoại phát ra từ bộ phận phát. Do đó, có thể nói khoảng cách phát hiện cũng chính là khoảng cách cài đặt.



Hình 5.26 Khoảng cách cài đặt của cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán

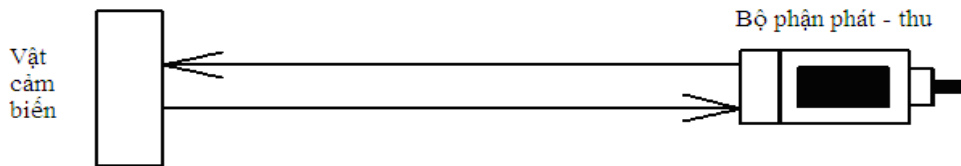
\* Chế độ hoạt động Dark-On và Light-On :

- Chế độ hoạt động Dark-On :



Hình 5.27 Chế độ hoạt động Dark – On của cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán

- Chế độ hoạt động Light-On :



Hình 5.28 Chế độ hoạt động Light – On của cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán

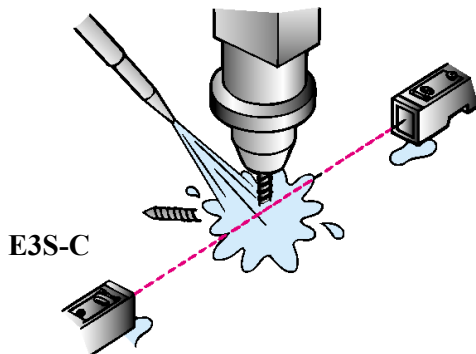
\* Kết nối cảm biến : (Tương tự như kết nối cảm biến quang loại phát thu độc lập)

### 5.5. Một số ứng dụng của cảm biến quang điện

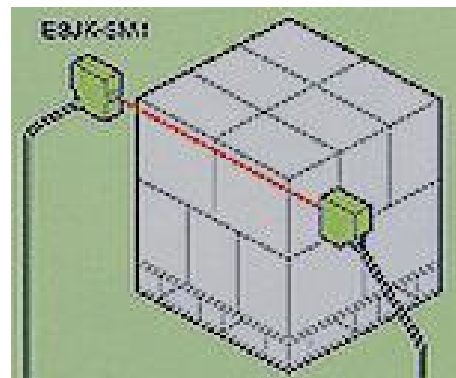
Mục tiêu :

- Trình bày được một số ứng dụng của cảm biến quang điện

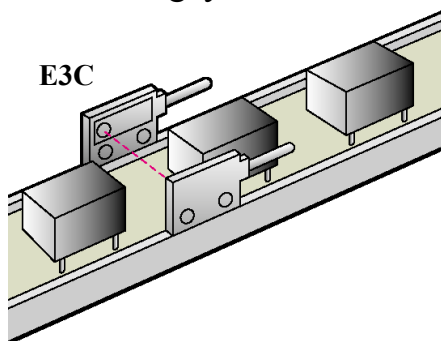
\* Cảm biến quang loại phát thu độc lập :



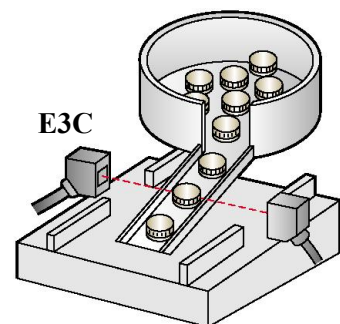
Phát hiện gãy mũi khoan



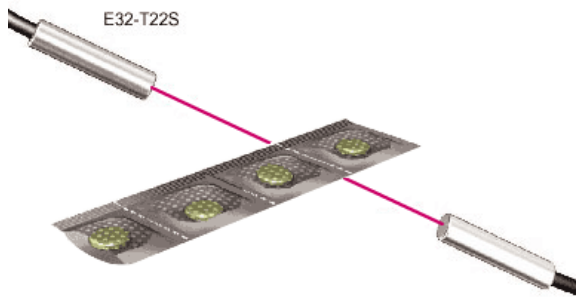
Phát hiện các vật lớn



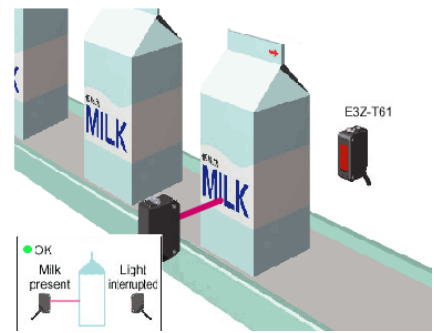
Phát hiện linh kiện điện tử



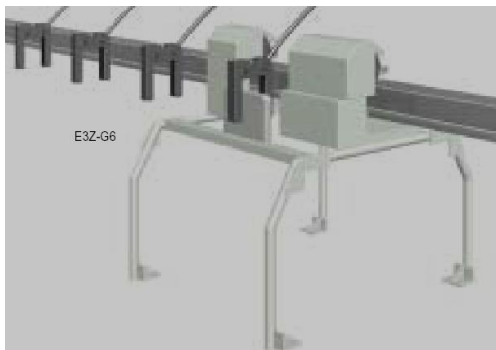
Phát hiện các vật nhỏ



Kiểm tra thuốc



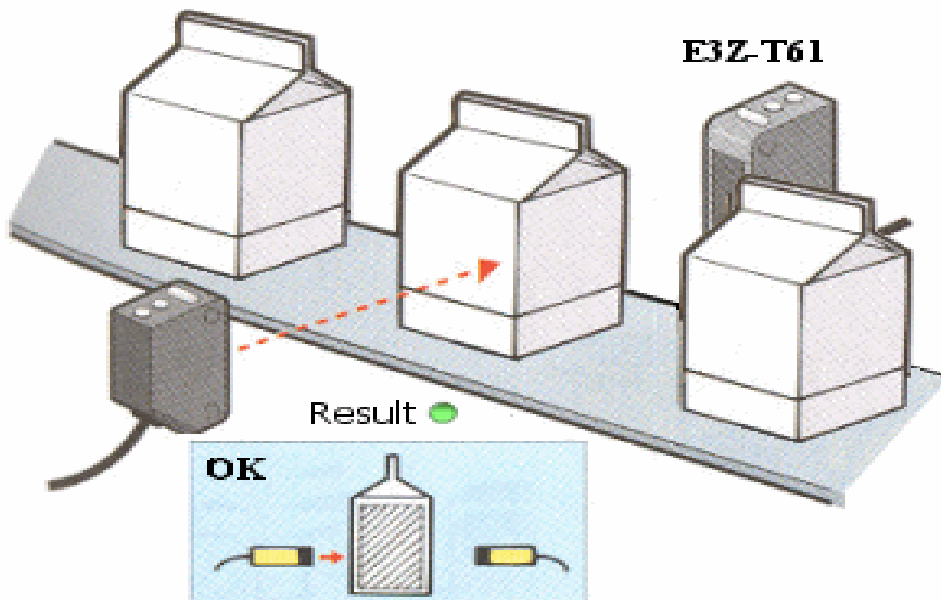
Phát hiện sữa trong hộp giấy



Phát hiện vật băng ngang qua

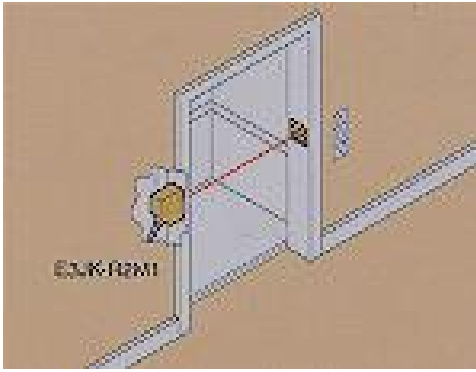
**Đặc điểm:**

- Độ tin cậy cao
- Khoảng cách phát hiện xa
- Không bị ảnh hưởng bởi bề mặt, màu sắc vật

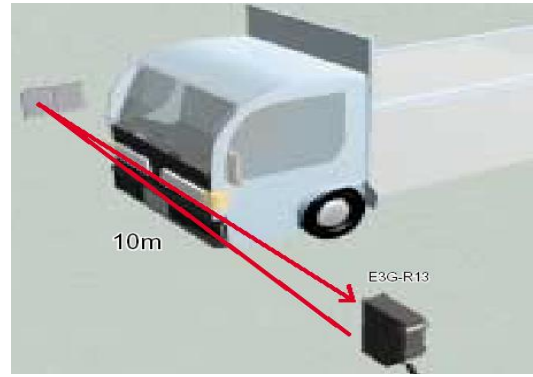


E3Z-T61, với tia sáng mạnh có thể xuyên qua vỏ bọc giấy bên ngoài và vì vậy có thể phát hiện được sữa / nước trái cây tại thời điểm hiện tại cũng như phát hiện được mức của chất lỏng này.

\* Cảm biến quang loại phản xạ gương :



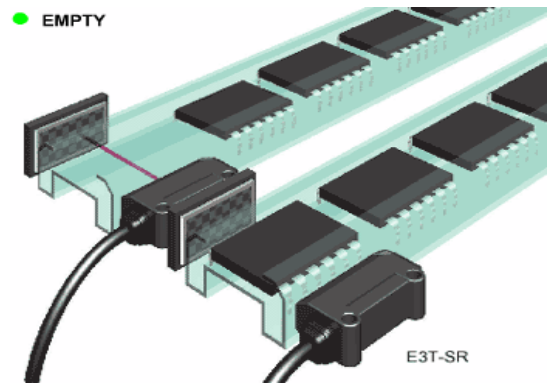
Phát hiện người để mở cửa



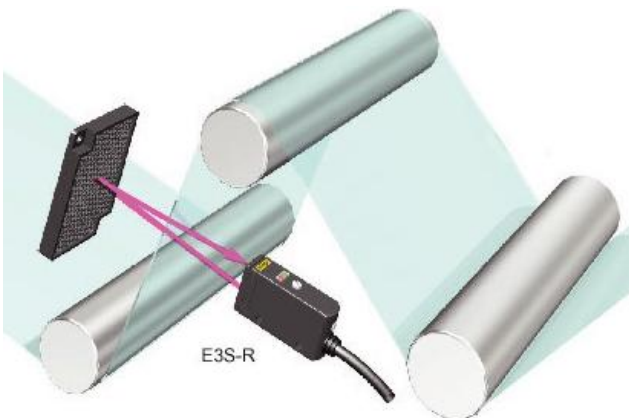
Phát hiện xe đi qua



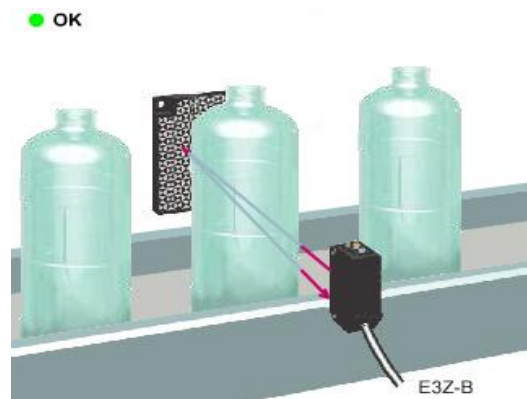
Phát hiện vali, túi xách ... trên băng chuyền



Nhận dạng và đếm IC

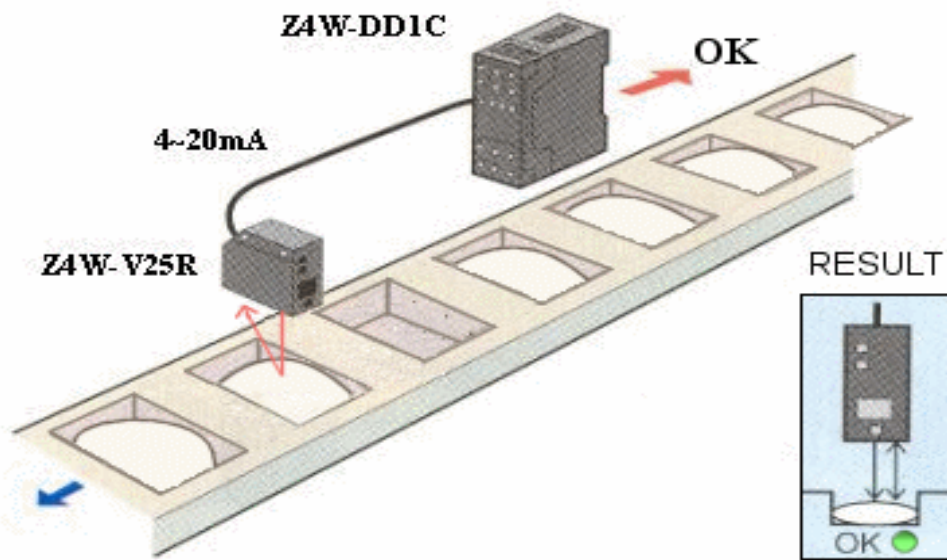


Phát hiện màn trong

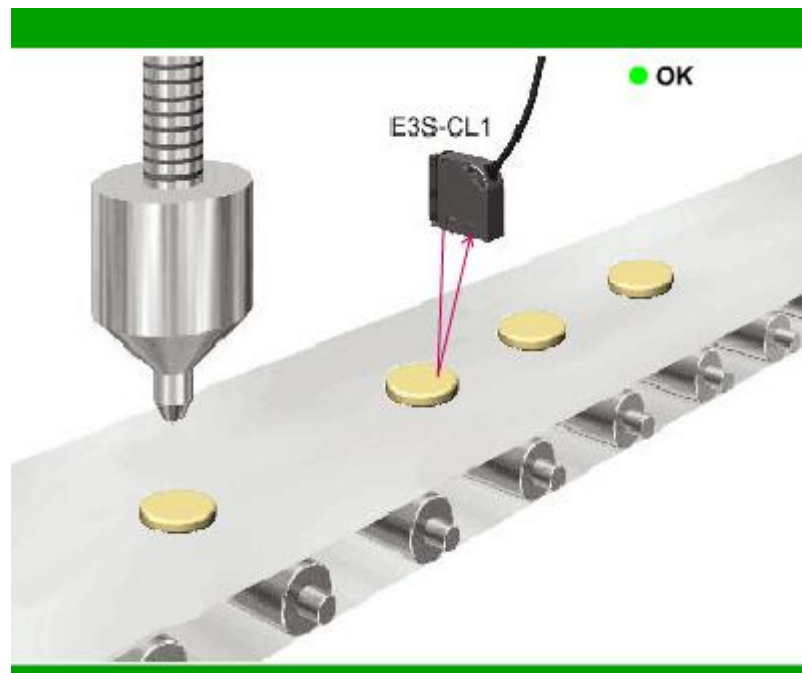


Phát hiện chai PET

\* Cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán :

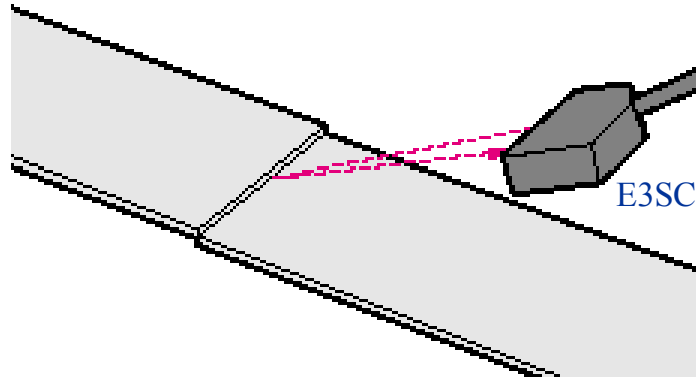


Z4W-V là loại Laser sensor và nó có thể phát hiện được chiều cao của bánh được làm ra với độ chính xác tới vài micromet.



Phát hiện bánh trên băng chuyền





Nhận dạng và cắt cao su

## 5.6. Thực hành với cảm biến quang

### Mục tiêu :

- Thực hiện được các phép đo dùng cảm biến quang đạt yêu cầu kỹ thuật
- Xử lý được các lỗi do hệ thống cảm biến quang gây ra đạt yêu cầu kỹ thuật
- Rèn luyện tính tỉ mỉ, chính xác, an toàn và vệ sinh công nghiệp

### 5.6.1 Thực hành với cảm biến quang loại phát thu độc lập

#### 5.6.1.1 Thiết bị

- + Cảm biến quang loại phát thu độc lập E3C
- + Relay trung gian 24VDC
- + Nguồn 24VDC
- + Đèn tín hiệu 24VDC
- + Vật cảm biến

#### 5.6.1.2 Ghi các thông số kỹ thuật của cảm biến

Nguồn gốc: .....

Công ty sản xuất: .....

Mã số sản xuất sản phẩm: .....

Điện áp hoạt động: .....

Dòng điện: .....

Đặc tính hoạt động: .....

Khoảng cách tác động: .....

Tiêu chuẩn cách điện: .....

#### 5.6.1.3 Vẽ sơ đồ kết nối cảm biến

#### 5.6.1.4 Các bước thực hành

**Bước 1 :** Tiến hành đấu nối cảm biến theo sơ đồ đã vẽ

**Chú ý :** Tùy thuộc vào ngõ ra của cảm biến mà có thể đấu nối theo dạng NPN

hoặc PNP.

**Bước 2 :** Lần lượt cho các vật cảm biến khác nhau đi qua giữa bộ phận phát và bộ phận thu để xét xem tác động ở ngõ ra của cảm biến

**5.6.1.5 Những ghi chú khi thực hành và nhận xét :**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**5.6.2 Thực hành với cảm biến quang loại gương phản xạ**

**5.6.2.1 Thiết bị**

- + Cảm biến quang loại gương phản xạ E3T - SR
- + Relay trung gian 24VDC
- + Nguồn 24VDC
- + Đèn tín hiệu 24VDC
- + Vật cảm biến

**5.6.2.2 Ghi các thông số kỹ thuật của cảm biến**

Nguồn gốc: .....  
Công ty sản xuất: .....  
Mã số sản xuất sản phẩm: .....  
Điện áp hoạt động: .....  
Dòng điện: .....  
Đặc tính hoạt động: .....  
Khoảng cách tác động: .....  
Tiêu chuẩn cách điện: .....

**5.6.2.3 Vẽ sơ đồ kết nối cảm biến**

**5.6.2.4 Các bước thực hành**

**Bước 1 :** Tiến hành đấu nối cảm biến theo sơ đồ đã vẽ

**Chú ý :** Tùy thuộc vào ngõ ra của cảm biến mà có thể đấu nối theo dạng NPN hoặc PNP.

**Bước 2 :** Lần lượt cho các vật cảm biến khác nhau đi qua giữa bộ phận phát - thu và gương phản xạ để xét xem tác động ở ngõ ra của cảm biến

**5.6.2.5 Những ghi chú khi thực hành và nhận xét :**

.....  
.....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
**5.6.3 Thực hành với cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán**

**5.6.3.1 Thiết bị**

- + Cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán E3S – CL1
- + Relay trung gian 24VDC
- + Nguồn 24VDC
- + Đèn tín hiệu 24VDC
- + Vật cảm biến

**5.6.3.2 Ghi các thông số kỹ thuật của cảm biến**

Nguồn gốc: .....  
Công ty sản xuất: .....  
Mã số sản xuất sản phẩm: .....  
Điện áp hoạt động: .....  
Dòng điện: .....  
Đặc tính hoạt động: .....  
Khoảng cách tác động: .....  
Tiêu chuẩn cách điện: .....

**5.6.3.3 Vẽ sơ đồ kết nối cảm biến**

**5.6.3.4 Các bước thực hành**

**Bước 1 :** Tiến hành đấu nối cảm biến theo sơ đồ đã vẽ

**Chú ý :** Tùy thuộc vào ngõ ra của cảm biến mà có thể đấu nối theo dạng NPN hoặc PNP.

**Bước 2 :** Lần lượt cho các vật cảm biến khác nhau đi qua bộ phận phát - thu với những khoảng cách khác nhau để xét xem tác động ở ngõ ra của cảm biến

**5.6.3.5 Những ghi chú khi thực hành và nhận xét :**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## **YÊU CẦU VỀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HỌC TẬP BÀI 5**

### **✚ Nội dung:**

- + *Về kiến thức: Trình bày được các khái niệm cơ bản về các phép đo quang, mô tả, phân biệt được các loại cảm biến quang*
- + *Về kỹ năng: lắp ráp đúng yêu cầu kỹ thuật các mạch cảm biến và lập bảng ghi nhận các thông số của cảm biến*
- + *Về thái độ: Đảm bảo an toàn và vệ sinh công nghiệp.*

### **✚ Phương pháp:**

- + *Về kiến thức: Được đánh giá bằng hình thức kiểm tra viết, trắc nghiệm*
- + *Về kỹ năng: Đánh giá kỹ năng thực hành lắp ráp mạch cảm biến, bảng ghi nhận kết quả*
- + *Thái độ: Tỉ mỉ, cẩn thận, chính xác, ngăn nắp trong công việc.*

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Đề cương môđun/môn học nghề Sửa chữa thiết bị điện tử công nghiệp”, *Dự án Giáo dục kỹ thuật và Dạy nghề (VTEP), Tổng cục Dạy Nghề, Hà Nội, 2003*
- [2] Các bộ cảm biến trong kỹ thuật đo lường và điều khiển . *Lê Văn Doanh, Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Văn Hòa, Đào Văn Tân. NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội, 2001*
- [3] Cảm biến và ứng dụng. *Dương Minh Trí .NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội, 2001*
- [4] Giáo trình cảm biến . *Phan Quốc Phô, Nguyễn Đức Chiến. NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội, 2001*
- [5] Giáo trình đo lường không điện. *Trường ĐHSPKT TP HCM*