

LỜI GIỚI THIỆU

(Font chữ Times New Roman, in hoa, cỡ chữ 14, Bold)

(Vài nét giới thiệu xuất xứ của giáo trình giảng dạy, về quá trình biên soạn, mối quan hệ của giáo trình với chương trình, môn học/mô đun/học phần và cấu trúc chung của giáo trình. Lời cảm ơn các cơ quan liên quan, các đơn vị và cá nhân đã tham gia)

(Font chữ Times New Roman, in thường, cỡ chữ 14, Bold)

Quận 5, ngày tháng năm 20...

Tham gia biên soạn

1. Chủ biên

2.....

3.

(Font chữ Times New Roman, in thường, cỡ chữ 14, Italic)

MỤC LỤC

| ĐỀ MỤC | TRANG |
|---|-------|
| a. Lời giới thiệu..... | 1 |
| b. Mục lục | 2 |
| c. Giới thiệu về mô đun | 4 |
| d. Bài mở đầu | 6 |
| 1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến | 6 |
| 2. Phạm vi ứng dụng | 6 |
| 3. Phân loại các bộ cảm biến | 6 |
| e. Bài 1 : Cảm biến nhiệt độ | 9 |
| 1.1. Đại cương | 9 |
| 1.2. Nhiệt điện trở với Platin và Nickel..... | 10 |
| 1.3. Cảm biến nhiệt độ với silic..... | 19 |
| 1.4. IC cảm biến nhiệt độ..... | 25 |
| 1.5. Ứng dụng | 28 |
| 1.6. Nhiệt điện trở PTC..... | 32 |
| 1.7. Thực hành với cảm biến nhiệt độ | 37 |
| 1.8. Thực hành với cảm biến LM 35 | 38 |
| 1.9. Thực hành với cảm biến nhiệt điện trở NTC..... | 40 |
| f. Bài 2 : Cảm biến tiệm cận và một số loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách khác | 41 |
| 2.1. Cảm biến tiệm cận (Proximity Sensor) | 41 |
| 2.1.1. Đại cương | 41 |
| 2.1.2. Cảm biến tiệm cận điện cảm Inductive Proximity Sensor | 42 |
| 2.1.3. Cảm biến tiệm cận điện dung..... | 49 |
| 2.1.4. Cảm biến tiệm cận siêu âm | 54 |
| 2.1.5. Cấu hình ngõ ra của cảm biến tiệm cận | 60 |
| 2.1.6. Cách kết nối các cảm biến tiệm cận với nhau | 62 |
| 2.2. Một số loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách khác | 63 |
| 2.2.1. Xác định vị trí và khoảng cách bằng biến trở | 63 |
| 2.2.2. Xác định vị trí và khoảng cách bằng tự cảm..... | 65 |
| 2.2.3. Xác định vị trí và khoảng cách bằng cảm biến điện dung..... | 68 |
| g. Bài 3 : Phương pháp đo lưu lượng..... | 71 |
| 3.1. Đại cương | 71 |
| 3.1.1. Khái niệm chung về đo lưu lượng | 71 |
| 3.1.2. Đặc trưng của lưu chất..... | 71 |
| 3.1.3. Hiệu chuẩn khối lượng riêng | 74 |
| 3.1.4. Trạng thái dòng chảy | 74 |
| 3.2. Phương pháp đo lưu lượng dựa trên nguyên tắc sự chênh lệch áp suất..... | 76 |
| 3.2.1. Định nghĩa áp suất | 76 |
| 3.2.2. Bộ phận tạo nên sự chênh lệch áp suất..... | 77 |
| 3.2.3. Bộ phận đo sự chênh lệch áp suất..... | 84 |
| 3.2.4. Mạch ứng dụng | 87 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.3. | Phương pháp đo lưu lượng bằng tần số dòng xoáy | 89 |
| 3.3.1. | Nguyên tắc hoạt động | 89 |
| 3.3.2. | Các ưu điểm nổi bật và hạn chế của phương pháp đo lưu lượng với nguyên tắc tần số dòng xoáy | 93 |
| 3.3.3. | Một số ứng dụng của cảm biến đo lưu lượng với nguyên tắc tần số dòng xoáy | 93 |
| h. | Bài 4: Đo vận tốc vòng quay và góc quay | 96 |
| 4.1. | Một số phương pháp cơ | 96 |
| 4.2. | Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp analog | 96 |
| 4.2.1. | Kế một chiều (máy phát tốc) | 96 |
| 4.2.2. | Kế dòng xoáy chiều | 97 |
| 4.3. | Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp quang điện tử..... | 98 |
| 4.3.1. | Dùng bộ cảm biến quang tốc độ với đĩa mã hóa..... | 98 |
| 4.3.2. | Đĩa mã hóa tương đối..... | 98 |
| 4.3.3. | Đĩa mã hóa tuyệt đối | 99 |
| 4.4. | Đo vận tốc vòng quay với nguyên tắc điện trở từ | 103 |
| 4.4.1. | Các đơn vị từ trường và định nghĩa | 103 |
| 4.4.2. | Cảm biến điện trở từ..... | 103 |
| 4.5. | Cảm biến đo góc với tổ hợp có điện trở từ..... | 109 |
| 4.6. | Máy đo góc tuyệt đối (Resolver)..... | 112 |
| i. | Bài 5: Cảm biến quang điện..... | 113 |
| 5.1. | Đại cương | 113 |
| 5.1.1. | Ánh sáng và phép đo quang | 113 |
| 5.1.2. | Nguyên tắc hoạt động, cấu trúc của cảm biến quang... .. | 115 |
| 5.1.3. | Nguồn sáng..... | 116 |
| 5.1.4. | Thấu kính..... | 117 |
| 5.1.5. | Thời gian đáp ứng, tính trễ..... | 117 |
| 5.1.6. | Phân loại cảm biến quang điện..... | 117 |
| 5.1.7. | Vùng phát hiện của cảm biến quang điện | 118 |
| 5.1.8. | Các chế độ hoạt động của cảm biến quang điện | 118 |
| 5.1.9. | Cáp quang..... | 119 |
| 5.2. | Cảm biến quang loại thu phát độc lập (Thru-Beam)..... | 120 |
| 5.3. | Cảm biến quang loại phản xạ (Retro-reflective hoặc Reflex) | 122 |
| 5.4. | Cảm biến quang loại khuếch tán (Diffuse)..... | 125 |
| 5.5. | Một số ứng dụng của cảm biến quang điện..... | 127 |
| j. | Tài liệu tham khảo | 131 |

GIỚI THIỆU VỀ MÔ ĐUN

Vị trí, ý nghĩa, vai trò mô đun:

Trong nền công nghiệp sản xuất hiện đại ngày nay, rất nhiều nhà máy xí nghiệp đã trang bị cho mình những dây truyền sản xuất hoàn toàn 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 một kiến thức về các loại cảm biến là nhu cầu bức xúc của các kỹ thuật viên, kỹ sư của ngành điện cũng như những ngành khác.

Mô đun kỹ thuật cảm biến là một mô đun chuyên môn của học viên ngành sửa chữa thiết bị điện công nghiệp. Mô đun này nhằm trang bị cho học viên các trường công nhân kỹ thuật và các trung tâm dạy nghề những kiến thức về nguyên lý, cấu tạo, các mạch ứng dụng trong thực tế của một số 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 ngành điện như trang bị điện, PLC... Mô đun này cũng có thể làm tài liệu tham khảo cho các cán bộ kỹ thuật, các học viên của các ngành khác quan tâm đến lĩnh vực này.

Mục tiêu của mô đun

- Sau khi hoàn tất mô-đun này, học viên có năng lực:
- Phân biệt được các loại cảm biến, phạm vi ứng dụng của chúng.
- Lắp đặt được một số mạch điều khiển.
- Kiểm tra và thử mạch. Phát hiện sự cố và có biện pháp khắc phục.

Mục tiêu thực hiện của mô đun

- Học xong mô-đun này, học viên có năng lực:
- Thiết kế được sơ đồ mạch đơn giản.
- Thực hành lắp đặt một số mạch điều khiển theo đúng tiêu chuẩn điện (TCVN) ...
- Kiểm tra và thử mạch trong lắp đặt điện theo tiêu chuẩn điện (TCVN).

Yêu cầu về đánh giá hoàn thành mô đun.

Yêu cầu về kiến thức:

- Qui cách các loại cảm biến: Cảm biến nhiệt độ, cảm biến tiệm cận, cảm biến xác định khoảng cách, cảm biến áp suất....
- Kiểm tra được các hư hỏng của các loại cảm biến.
- Lắp được một số mạch điều khiển thông dụng

Yêu cầu về kỹ năng

- Sử dụng thành thạo các thiết bị đo điện.
- Kiểm tra/xác định hư hỏng của cảm biến.
- Lắp đặt một số mạch điều khiển.

Công cụ đánh giá

- Lý thuyết:
 - Sử dụng ngân hàng câu hỏi trắc nghiệm.
 - Ngân hàng đáp án để tạo bộ đề thi.
- Thực hành:
 - Thực hiện các bài tập ở lớp.
- Bảng tiêu chí đánh giá
- Thời gian qui định
- Sản phẩm đánh giá: Các bài kiểm tra, bài thi, bài thực hành.

Phương pháp đánh giá:

- Đánh giá theo quá trình.

Yêu cầu về thái độ

- Nghiêm túc, tích cực, chủ động trong học tập.
- Chấp hành nghiêm chỉnh nội qui của xưởng.

BÀI MỞ ĐẦU

KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CÁC BỘ CẢM BIẾN

1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến

Trong quá trình sản xuất có nhiều đại lượng vật lý như nhiệt độ, áp suất, tốc độ, tốc độ quay, nồng độ pH, độ nhớt...vv cần được xử lý cho đo lường, cho mục đích điều khiển truyền động. Các bộ cảm biến thực hiện chức năng này, chúng thu nhận, đáp ứng các kích thích. Cảm biến là một bộ chuyển đổi kỹ thuật để chuyển đổi các lượng vật lý như nhiệt độ, áp suất, khoảng cách...vv sang một đại lượng khác để có thể đo, đếm được. Các đại lượng này phần lớn là tín hiệu điện. Thí dụ: Điện áp, dòng điện, điện trở hoặc tần số dao động. Các tên khác của các bộ cảm biến: Sensor, bộ cảm biến đo lường, đầu dò, van đo lường, bộ nhận biết hoặc bộ biến đổi.

Từ sen-sor là một từ mượn tiếng la tinh Sensus, trong tiếng Đức và tiếng Anh được gọi là sensor, trong tiếng Việt thường gọi là bộ cảm biến.

Các bộ cảm biến thường được định nghĩa theo nghĩa rộng là thiết bị cảm nhận, kích thích và đáp ứng các tín hiệu.

2. Phạm vi ứng dụng.

Các bộ cảm biến được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực kinh tế và kỹ thuật. Các bộ cảm biến đặc biệt và 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.

3. Phân loại các bộ cảm biến.

Cảm biến được phân loại theo nhiều tiêu chí. Người ta có thể phân loại cảm biến theo các cách sau:

3.1. Theo nguyên lý chuyển đổi giữa kích thích và đáp ứng.

| Hiện tượng | Chuyển đổi giữa kích thích và đáp ứng |
|------------|---|
| Vật lý | Nhiệt điện. Quang điện Quang từ. Điện từ Từ điện ...vv |
| Hóa học | Biến đổi hóa học Biến đổi điện hóa Phân tích phổ ...vv |
| Sinh học | Biến đổi sinh hóa Biến đổi vật lý Hiệu ứng trên cơ thể sống ..vv |

3.2. Theo dạng kích thích.

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

3.3. Theo tính năng.

- Độ nhạy
- Độ chính xác
- Độ phân giải
- Độ tuyến tính
- Công suất tiêu thụ

3.4. Theo phạm vi sử dụng

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

3.5. 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 tích cực thì không cần. Được đặc trưng bằng các thông số: R, L, C...tuyến tính hoặc phi tuyến.

BÀI 1

CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ

1.1. Đại cương

1.1.1. Thang đo nhiệt độ.

Việc xác định thang nhiệt độ xuất phát từ các định luật nhiệt động học.

Thang đo nhiệt độ tuyệt đối được xác định dựa trên tính chất của khí lý tưởng. Định luật Carnot nêu rõ: Hiệu suất η của một động cơ nhiệt thuận nghịch hoạt động giữa 2 nguồn có nhiệt độ θ_1 và θ_2 trong một thang đo bất kỳ chỉ phụ thuộc vào θ_1 và θ_2 :

$$\eta = \frac{F(\theta_1)}{F(\theta_2)}$$

Dạng của hàm F chỉ phụ thuộc vào thang đo nhiệt độ. Ngược lại, việc lựa chọn hàm F sẽ quyết định thang đo nhiệt độ. Đặt $F(\theta) = T$ chúng ta sẽ xác định T như là nhiệt độ nhiệt động học tuyệt đối và hiệu suất của động cơ nhiệt thuận nghịch sẽ được viết như sau

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Trong đó:

T_1 và T_2 là nhiệt độ nhiệt động học tuyệt đối của hai nguồn

- **Thang Kelvin**

Năm 1664 Robert Hook thiết lập điểm không là điểm đông của nước cất. Thomson (Kelvin) nhà vật lý Anh, năm 1852 xác định thang nhiệt độ.

Thang Kelvin đơn vị là ^0K , người ta gán cho nhiệt độ của điểm cân bằng của 3 trạng thái nước – nước đá – hơi một trị số bằng $273,15^0\text{K}$.

- **Thang Celsius**

Năm 1742 Andreas Celsius là nhà vật lý Thụy Điển đưa ra thang nhiệt độ bách phân. Trong thang này đơn vị đo nhiệt độ là ^0C , một độ Celsius bằng một độ Kelvin. Quan hệ giữa nhiệt độ Celsius và nhiệt độ Kelvin được xác định bằng biểu thức:

$$T(^0\text{C}) = T(^0\text{K}) - 273,15$$

- **Thang Fahrenheit**

Năm 1706 Fahrenheit nhà vật lý Hà Lan đưa ra thang nhiệt độ có điểm nước đá tan là 32^0 và sôi ở 212^0 . Đơn vị nhiệt độ là Fahrenheit (^0F). Quan hệ giữa nhiệt độ Celsius và Fahrenheit được cho theo biểu thức:

$$T(^0\text{C}) = \frac{T(^0\text{F}) - 32}{9} \cdot 5$$

$$T(^0\text{F}) = \frac{9}{5}T(^0\text{C}) + 32$$

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

| Nhiệt độ | Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) | Celsius ($^{\circ}\text{C}$) | Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 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 |

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

- Nhiệt độ đo được:

Nhiệt độ đo được nhờ một điện trở hay một cặp nhiệt, chính bằng nhiệt độ của cảm biến và kí hiệu là TC. Nó phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường TX và vào sự trao đổi nhiệt độ trong đó. Nhiệm vụ của người thực nghiệm là làm thế nào để giảm hiệu số TX – TC xuống nhỏ nhất. Có hai biện pháp để giảm sự khác biệt giữa TX và TC:

- Tăng trao đổi nhiệt giữa cảm biến và môi trường đo.
- Giảm trao đổi nhiệt giữa cảm biến và môi trường bên ngoài.

- Đo nhiệt độ trong lòng vật rắn

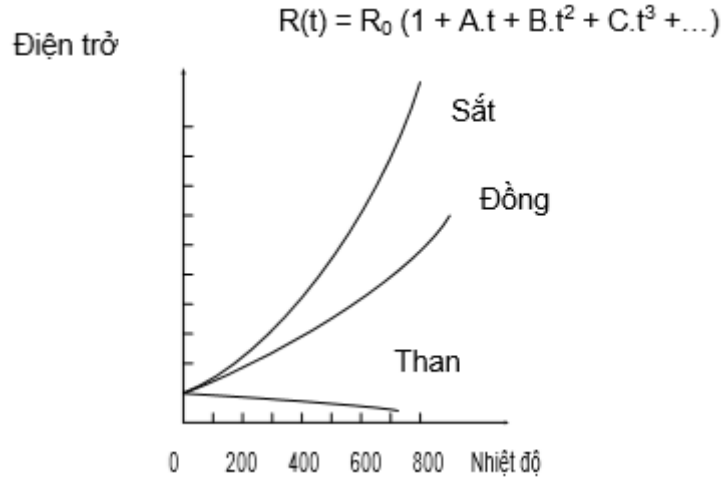
Thông thường cảm biến được trang bị một lớp vỏ bọc bên ngoài. Để đo nhiệt độ của một vật rắn bằng cảm biến nhiệt độ, từ bề mặt của vật người ta khoan một lỗ nhỏ đường kính bằng r và độ sâu bằng L . Lỗ này dùng để đưa cảm biến vào sâu trong chất rắn. Để tăng độ chính xác của kết quả phải đảm bảo hai điều kiện:

- Chiều sâu của lỗ khoan phải bằng hoặc lớn hơn gấp 10 lần đường kính của nó ($L \geq 10r$).
- Giảm trở kháng nhiệt giữa vật rắn và cảm biến bằng cách giảm khoảng cách giữa vỏ cảm biến và thành lỗ khoan. khoảng cách giữa vỏ cảm biến và thành lỗ khoan phải được lấp đầy bằng một vật liệu dẫn nhiệt tốt.

1.2. Nhiệt điện trở với Platin và Nickel**1.2.1. Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ**

Sự chuyển động của các hạt mang điện tích theo một hướng hình thành một dòng điện trong kim loại. Sự chuyển động này có thể do một lực cơ học hay điện trường gây nên và điện tích có thể là âm hay dương dịch chuyển với chiều ngược nhau. Độ dẫn điện của kim loại rỗng tỉ lệ nghịch với nhiệt độ hay điện trở của kim loại có hệ số nhiệt độ dương. Trong hình 1.1 ta có các đặc tuyến điện trở của các kim loại theo nhiệt độ. Như thế điện trở kim loại có hệ số nhiệt điện trở dương PTC (Positive Temperature Coefficient): điện trở kim loại tăng khi nhiệt độ tăng. Để hiệu ứng này có thể sử dụng được trong việc đo nhiệt độ, hệ số nhiệt độ cần phải lớn. Điều đó có nghĩa là có sự thay đổi điện

trở khá lớn đối với nhiệt độ. Ngoài ra các tính chất của kim loại không được thay đổi nhiều sau một thời gian dài. Hệ số nhiệt độ không phụ thuộc vào nhiệt độ, áp suất và không bị ảnh hưởng bởi các hóa chất. Giữa nhiệt độ và điện trở thường không có sự tuyến tính, nó được diễn tả bởi một đa thức bậc cao:



Hình 1.1: Các đặc tuyến điện trở của các kim loại theo nhiệt độ.

- R_0 : điện trở được xác định ở một nhiệt độ nhất định.
- t_2, t_3 : các phân tử được chú ý nhiều hay ít tùy theo yêu cầu chính xác của phép đo.
- A, B, C : các hệ số tùy theo vật liệu kim loại và diễn tả sự liên hệ giữa nhiệt độ và điện trở một cách rõ ràng.

Thông thường đặc tính của nhiệt điện trở được thể hiện bởi chỉ một hệ số α (alpha), nó thay thế cho hệ số nhiệt độ trung bình trong thang đo (ví dụ từ 00C đến 1000C.)

$$\alpha = (R_{100} - R_0) / 100 \cdot R_0 (^{\circ}\text{C}^{-1})$$

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 IEC751-1983 (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 - Van Dusen:

$$R(t) = R_0 (1 + A.t + B.t^2 + C[t - 100^{\circ}\text{C}].t^3)$$

R_0 là trị số điện trở định mức ở 0°C .

| Standard | Alpha ohms/ohm/°C | R ₀ ohms | Hệ số | Đất nước |
|-------------------|----------------------|------------------------|---|---|
| IEC751 (Pt100) | 0.00385055 | 100 | $200^{\circ}\text{C} < t < 0^{\circ}\text{C}$ $A = 3.90830 \times 10^{-3}$ $B = -5.77500 \times 10^{-7}$ $C = -4.18301 \times 10^{-12}$ $0^{\circ}\text{C} < t < 850^{\circ}\text{C}$ A & B như trên, riêng $C = 0.0$ | Úc, Áo, Bỉ, Brazil, Bulgaria, Canada, Cộng hòa Czech, Đan mạch, Ai Cập, Phần Lan, Pháp, Đức, Israel, Ý, Nhật, Ba Lan, Rumania, Nam phi, Thổ Nhĩ Kỳ, Nga, Anh, USA |
| SAMA RC-4 | 0.0039200 | 98.129 | $A = 3.97869 \times 10^{-3}$ $B = -5.86863 \times 10^{-7}$ $C = -4.16696 \times 10^{-12}$ | USA |

R₀ của nhiệt điện trở Pt 100 là 100Ω, của Pt 500 là 500Ω, của Pt 1000 là 1000Ω. Các loại Pt 500, Pt 1000 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°C.

Tiêu chuẩn IEC751 chỉ định nghĩa 2 “đẳng cấp” dung sai A, B. Trên thực tế xuất hiện thêm loại C và D (xem bảng phía dưới). Các tiêu chuẩn này cũng áp dụng cho các loại nhiệt điện trở khác.

| Đẳng cấp dung sai | Dung sai (°C) |
|-------------------|-------------------------------------|
| 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 | $t = \pm (0.60 + 0.0018 \cdot t)$ |

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 có 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 30μm (so sánh với đường kính sợi tóc khoảng 100μm).

1.2.3. Nhiệt điện trở nickel

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

$$R(t) = R_0 (1 + A \cdot t + B \cdot t^2 + D \cdot t^4 + F \cdot t^6)$$

$$A = 5.485 \times 10^{-3} \quad B = 6.650 \times 10^{-9} \quad D = 2.805 \times 10^{-11} \quad F = -2.000 \times 10^{-17}$$

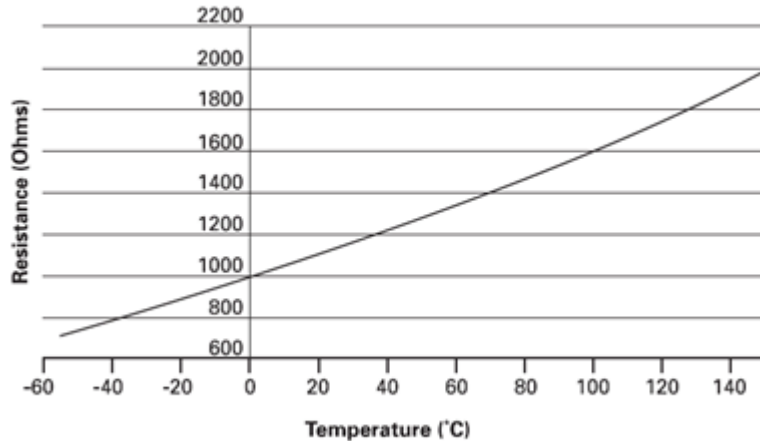
Với các trường hợp không đòi hỏi sự chính xác cao ta sử dụng phương trình sau:

$$R(t) = R_0 (1 + a.t)$$

$$a = \alpha = 0.00672 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

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

$$t = (R_t / R_0 - 1) / a = (R_t / R_0 - 1) / 0.00672$$

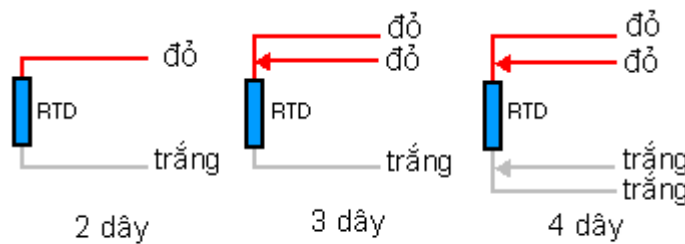


Hình 1.2. Đường đặc tính cảm biến nhiệt độ ZNI1000

Cảm biến nhiệt độ ZNI1000 do hãng ZETEX Semiconductors sản xuất sử dụng nhiệt điện trở Ni, được thiết kế có giá trị 1000Ω tại 0°C .

1.2.4 Cách nối dây đo

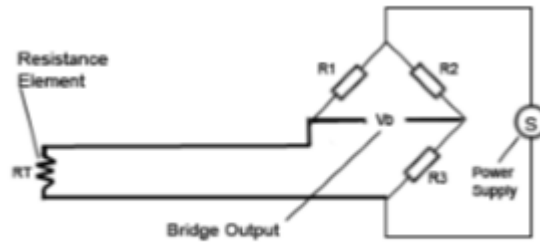
Nhiệt điện trở thay đổi điện trở theo nhiệt độ. Với một dòng điện không thay đổi qua nhiệt điện trở, ta có điện thế đo được $U = R.I$. Để cảm biến không bị nóng lên qua phép đo, dòng điện cần phải nhỏ khoảng 1mA. Với Pt 100 ở 0°C ta có điện thế khoảng 0,1V. Điện thế này cần được đưa đến máy đo qua dây đo. Ta có 4 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 hai dây



Hình 1.4

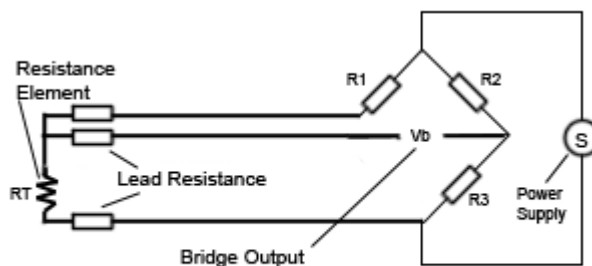
Giữa nhiệt điện trở và mạch điện tử được nối bởi hai dây. Bất cứ dây dẫn điện nào đều có điện trở, điện trở này nối tiếp với nhiệt điện trở. Với hai điện trở của hai dây đo, mạch điện trở sẽ nhận được một điện thế cao hơn điện thế cần đo. Kết quả ta có chỉ thị nhiệt kế cao hơn nhiệt độ cần đo. Nếu khoảng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

Ví dụ với dây
đồng:

| | |
|---------------------------|---|
| Diện tích mặt cắt dây đo: | $0,5\text{mm}^2$ |
| Điện trở suất: | $0,0017\text{W } \Omega \text{ m}^2\text{m}^{-1}$ |
| Chiều dài: | 100m |

$R = 6,8 \Omega$, với $6,8\Omega$ tương ứng cho nhiệt điện trở Pt 100 một thay đổi nhiệt độ là 17°C . Để 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 100W . Mạch điện tử được thiết kế với điện trở dự phòng của dây đo là 10Ω . Ta chỉnh biến trở sao cho có chỉ thị 0°C : Biến trở và điện trở của dây đo là 10Ω .

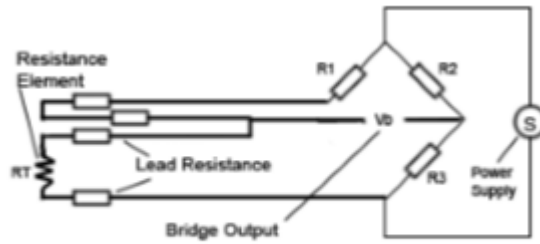
- **Kỹ thuật 3 dây:**



Hình 1.5

Từ nhiệt điện trở của dây đo được nối thêm (h1.5). Với cách nối dây này ta có hai mạch đo được hình thành, một trong hai mạch được dùng làm mạch chuẩn. Với kỹ thuật 3 dây, sai số cho 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

Với kỹ thuật 4 dây người ta đạt kết quả đo tốt nhất. Hai dây được dùng để 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 đó 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.

- **Kỹ thuật 2 dây với bộ biến đổi tín hiệu đo.**

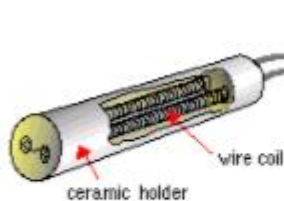
Người ta vẫn có thể dùng hai dây đo mà không bị sai số cho phép đo với bộ biến đổi tín hiệu đo. Bộ biến đổi tín hiệu đo biến đổi tín hiệu của cảm biến thành một dòng điện chuẩn, tuyến tính so với nhiệt độ có cường độ từ 4mA đến 20mA. Dòng điện nuôi cho bộ biến đổi được tải qua hai dây đo với cường độ khoảng 4mA. Với kỹ thuật này tín hiệu được khuếch đại trước khi truyền tải do đó không bị nhiễu nhiễu.

1.2.5. Các cấu trúc của cảm biến nhiệt platin và nickel

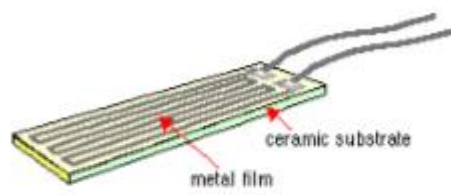
- **Nhiệt điện trở với kỹ thuật dây quấn.**

Nhiệt điện trở với vỏ gốm: Sợi platin được giữ chặt trong ống gốm sứ với bột oxit nhôm. Dải đo từ -200°C đến 800°C . Nhiệt điện trở với vỏ thủy tinh: loại này có độ bền cơ học và độ nhạy cao. Dải đo từ -200°C đến 400°C , được dùng trong môi trường hóa chất có độ ăn mòn hóa học cao.

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



Hình 1.7: Cấu trúc nhiệt điện trở kim loại dây quấn (vỏ ceramic)



Hình 1.8: Cấu trúc nhiệt điện trở kim loại dạng màng mỏng (vỏ ceramic)

- **Nhiệt điện trở với kỹ thuật màng mỏng**

Cấu trúc cảm biến gồm một lớp màng mỏng (platin) đặt trên nền ceramic hoặc thủy tinh. Tia laser được sử dụng để chuẩn hóa giá trị điện trở của nhiệt điện trở.

1.2.6. 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 Pt1000, 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 50⁰C đến 500⁰C, còn với nhiệt điện trở platin tốt, có thể đo đến 1000⁰C. Độ chính xác của hệ thống gồm ADT70 và nhiệt điện trở platin ở thang đo -2000C ÷ 10000C phụ thuộc nhiều vào phẩm chất của nhiệt điện trở platin.

Các thông số thiết bị ADT70:

Sai số: $\pm 10C$

Điện áp hoạt động: 5V hoặc $\pm 5V$

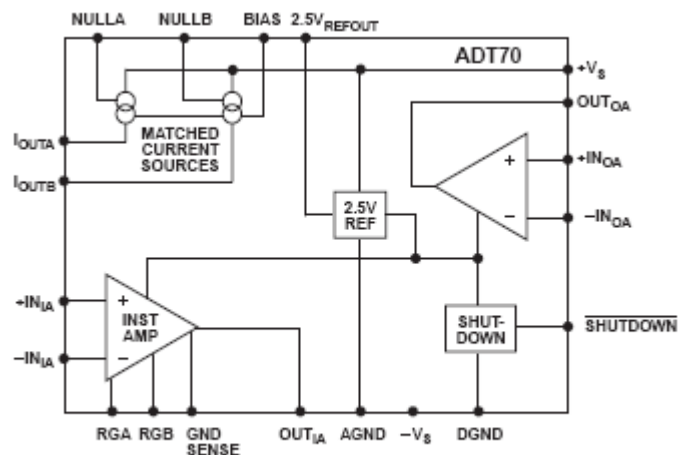
Nhiệt độ hoạt động: -40 đến 125 ⁰C (dạng 20-lead DIP, SO packages)

Ứng dụng:

Thiết bị di động

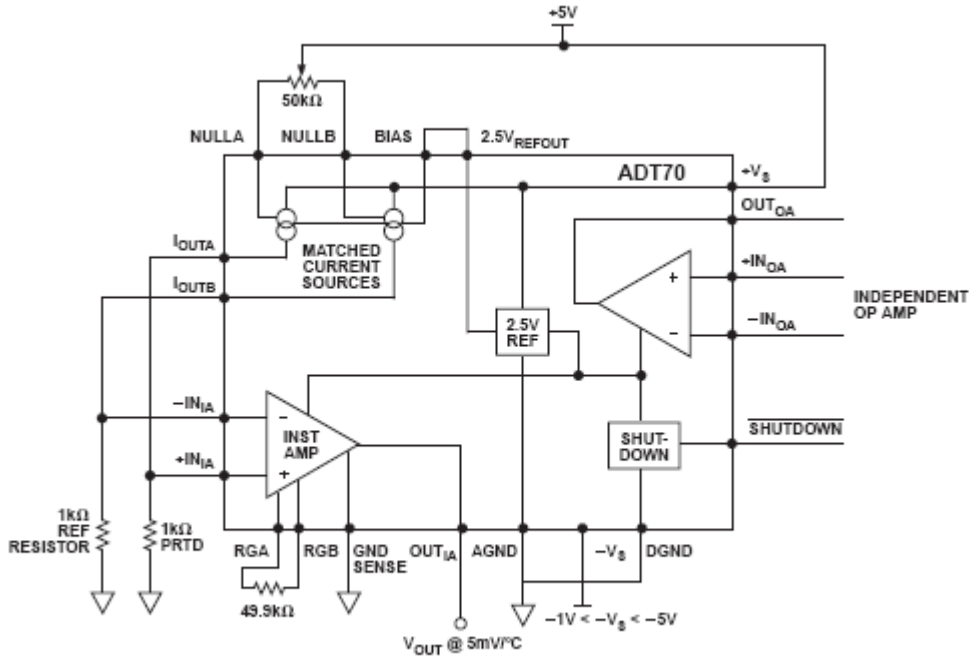
Bộ điều khiển nhiệt độ

ADT70 có 2 thành phần chính: Nguồn dòng có thể điều chỉnh và bộ phận khuếch đại. nguồn dòng 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 ra tín hiệu điện áp tương ứng với nhiệt độ. (ADT70 còn có 1 opamp, 1 nguồn áp 2,5 V).



Hình 1.9: Sơ đồ khối ADT70

Dải đo của ADT70 phụ thuộc nhiều 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 1.10: Sơ đồ hoạt động cơ bản

Ở hình 1.10, mạch dùng nhiệt điện trở PT1000 và điện trở tham chiếu $1000\ \Omega$, điện trở $49,9\ k\Omega$ được nối vào R_{GA} (chân 11) và R_{GB} (chân 12), chân BIAS (chân 4) được nối với V_{REFOUT} (chân 3), lúc này sẽ có hương trình chuyển đổi như sau:

$$V_{OUT} = 1.299\ mV/\Omega \times \Delta R$$

Nếu nhiệt điện trở Pt có hệ số $\alpha = 0,00385\ ^\circ\text{C}^{-1}$ (hay giá trị điện trở tăng $3,85\ \Omega / ^\circ\text{C}$), điện áp ra sẽ có tỉ lệ như sau $5\text{mV}/^\circ\text{C}$.

Hệ số khuếch đại thường là 1,30 (với điện trở nối giữa R_{GA} và R_{GB} là $49,9\ k\Omega$ (gọi là R_{Gain}). Ta có thể thay đổi hệ số khuếch đại theo phương trình sau:

$$\text{Hệ số khuếch đại} = 1,30 \cdot \left(\frac{49,9\ k\Omega}{R_{Gain}} \right)$$

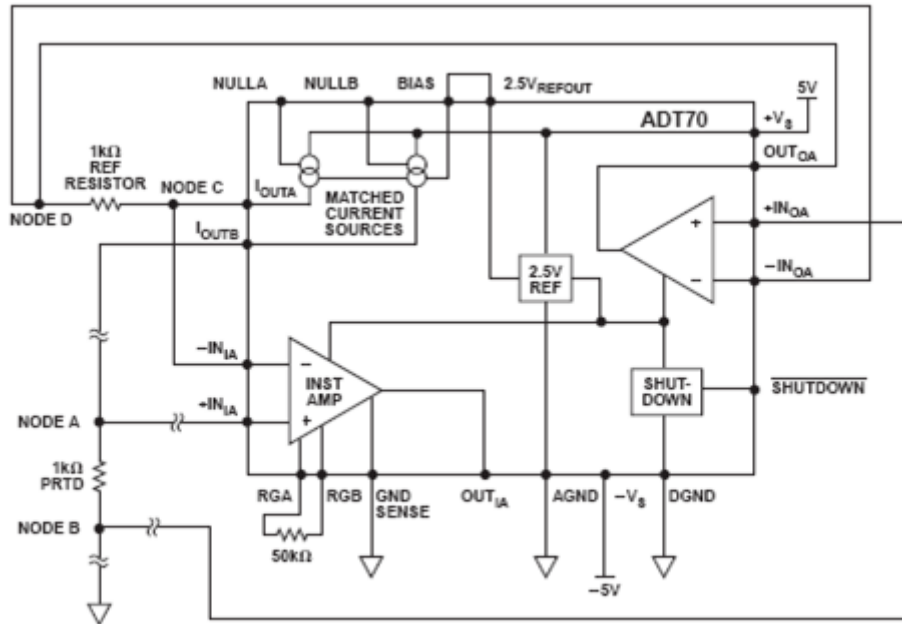
Để đo được nhiệt độ dưới 0°C (dùng Pt1000) thì chân $-V_S$ phải được cung cấp điện áp ít nhất là -1V , chân $-V_S$ có thể nối đất khi ta đo nhiệt độ trên 0°C .

Các chân GND Sense (chân 13), DGND (chân 15) và AGND (chân 2) đều nối đất.

ADT70 sẽ ngừng hoạt động khi chân **SHUTDOWN** ở mức thấp, hoạt động lại khi nó ở mức cao. nếu không sử dụng chân **SHUTDOWN** thì nên nối với nguồn VS.

Để đạt được sự chính xác cao hơn ở giá trị của nguồn dòng có thể dùng biến trở $50\ k\Omega$ nối chân NULLA (chân 5) và NULLB (chân 6), điểm giữa của biến trở nối với chân $+V_S$ (chân 20).

Chân Bias (chân 4) được kết nối với điện áp tham chiếu V_{REFOUT} (chân 3), tuy nhiên cũng có thể sử dụng 1 nguồn điện áp tham chiếu từ bên ngoài.



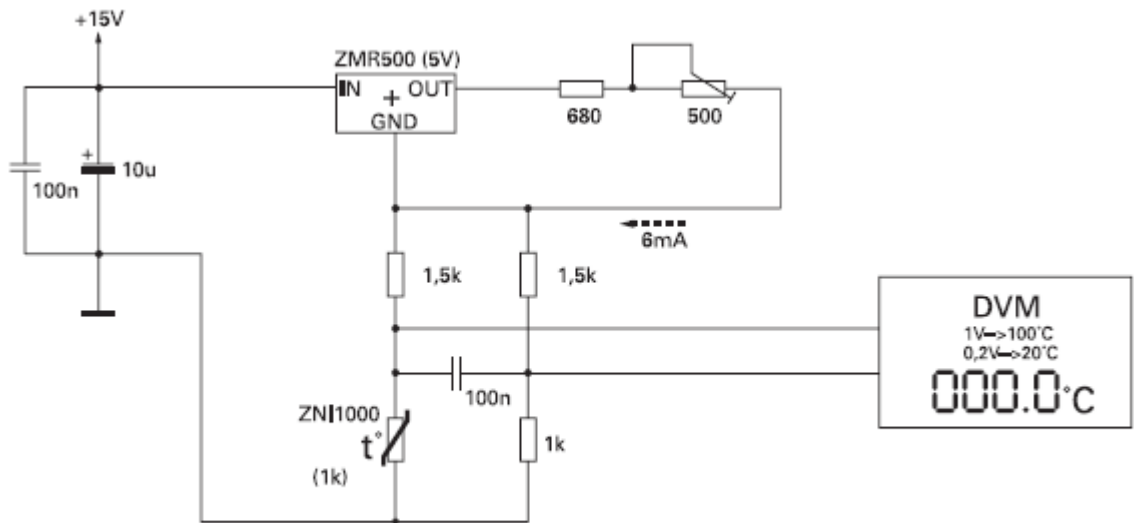
Hình 1.11: Mạch đo sử dụng kỹ thuật 4 dây

Để loại trừ ảnh hưởng của điện trở dây dẫn, mạch đo dùng kỹ thuật 4 dây được sử dụng. Ở hình trên, điện trở dây dẫn từ nguồn dòng đến điện trở tham chiếu và nhiệt điện trở không liên quan đến kết quả đo vì bộ phận khuếch đại chỉ so sánh sự khác nhau giữa mức điện áp trên nhiệt điện trở và điện trở tham chiếu. Bên cạnh đó hầu như không có dòng đi từ Node A, Node C vào bộ phận khuếch đại, như vậy sẽ không có sai số do điện trở dây dẫn gây ra.

Mức điện áp đo được cũng có thể sai do sự khác giữa điện áp ở Node D và Node B (do sự khác nhau về điện trở dây dẫn từ điểm nối đất đến 2 điểm trên). Bằng cách nối điểm Node B và Node D đến 2 ngõ vào của opamp, rồi nối ngõ ra của opamp vào điểm Node D ta sẽ có mức điện áp như nhau ở hai điểm Node B và Node D.

1.2.7. Mạch ứng dụng với nhiệt điện trở Ni

Zni 1000 với ZMR500 được dùng với DVM như là nhiệt kế



Hình 1.12

- ZMR 500 là thiết bị ổn áp dương tính, được thiết kế cho những trường hợp dòng tĩnh đặc biệt thấp, đặc biệt lý tưởng cho những trường hợp đòi hỏi mức năng lượng thấp.

Các thông số của thiết bị ZMR 500:

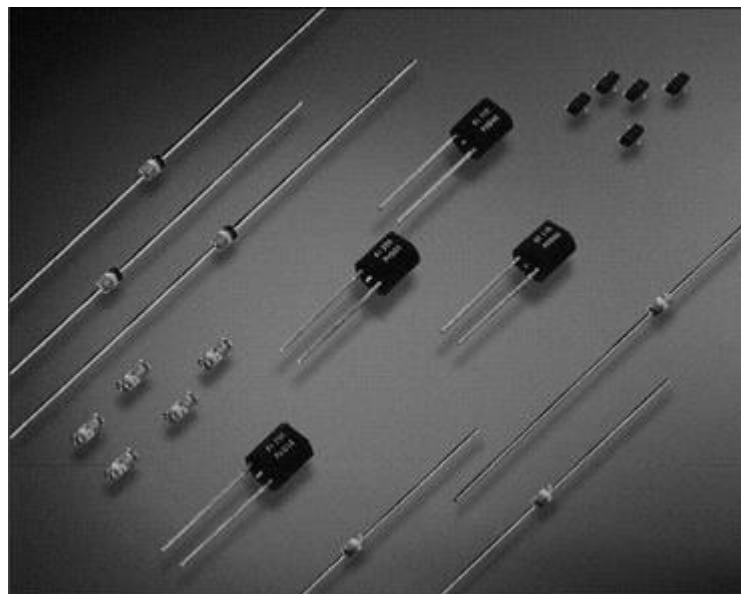
$$V_{in} = 7 \div 25V$$

$$V_{out} = 5V$$

$$I_{out} = 70\mu A \div 50mA$$

- Giá trị dòng không đổi được chọn là 6 mA như trên hình vẽ (nhưng chính xác là 6,0623 mA) để có điện áp ra là 1V tại 100°C. Biến trở 500 Ω được dùng để chỉnh chính xác giá trị ra là 1V tại 100°C. Thiết bị DVM đo sẽ có sai số $\pm 2^{\circ}C$ trên thang đo từ -55°C tới 150°C.

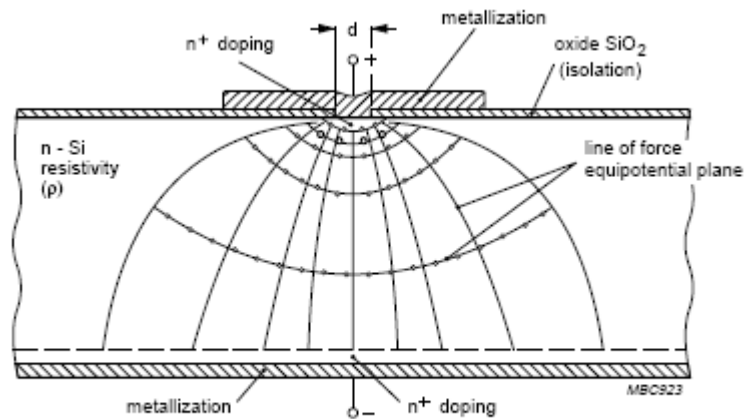
1.3. Cảm biến nhiệt độ với vật liệu silic



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 đặc điểm tuyến tính, sự chính xác, phí tổn thấp, và có thể được tích hợp trong 1 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 để có thể chuyển đổi chính xác từ giá trị nhiệt độ sang đại lượng điện (dòng hoặc áp), đang được thay thế dần bởi các cảm biến silic với lợi điểm là sự nhỏ gọn của mạch điện tích hợp và dễ sử dụng.

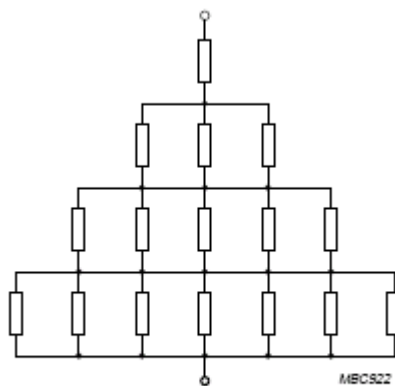
1.3.1. Nguyên tắc

Hình 1.13 thể hiện cấu trúc cơ bản của một cảm biến. kích thước của cảm biến là $500 \times 500 \times 200 \mu\text{m}$. Mặt trên của cảm biến là một lớp 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 1.13

Hình 1.14 biểu diễn mạch điện tương đương tượng trưng thay thế cho cảm biến silic (sản xuất theo nguyên tắc điện trở phân rải (spreading resistance)). Sự sắp xếp này dẫn đến sự phân bố dòng qua tinh thể có dạng hình nón, đây là nguồn gốc của tên gọi điện trở phân rải (spreading resistance).



Hình 1.14

Điện trở điện trở cảm biến nhiệt R được xác định như sau:

$$R = \rho / \pi \cdot d$$

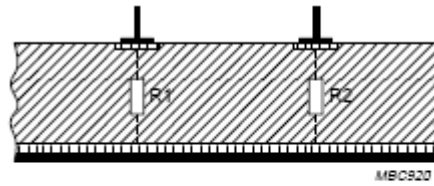
R: điện trở cảm biến nhiệt.

ρ : điện trở suất của vật liệu silic (ρ lệ thuộc vào nhiệt độ).

d: đường kính của hình tròn vùng mạ kim loại mặt trên.

Hình 1.15 thể hiện loại kết cấu thứ hai của cảm biến. Lợi điểm của kiểu kết cấu này là điện trở cảm biến không phụ thuộc vào chiều dòng điện. Trái lại kiểu kết cấu thứ nhất, dành cho dòng điện lớn hơn và nhiệt độ trên 100°C , sự thay đổi điện trở của cảm biến nhỏ.

Cảm biến nhiệt silic với nguyên tắc điện trở phân rải có hệ số nhiệt độ dương như trường hợp cảm biến nhiệt với vật liệu platin hay nickel.



Hình 1.15: Kết cấu gồm hai cảm biến mắc nối tiếp nhưng ngược cực tính.

1.3.1. Đặc trưng kỹ thuật cơ bản của dòng cảm biến KTY

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.

- **Các 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 450000 h (khoảng 51 năm), hoặc sau 1000 h (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 1.

| TYPE | Sai số tiêu biểu (K) | Sai số lớn nhất (K) |
|---------|----------------------|---------------------|
| KTY81-1 | 0.20 | 0.50 |
| KTY82-1 | | |
| KTY81-2 | 0.20 | 0.80 |

| | | |
|---------|------|------|
| KTY82-2 | | |
| KTY83 | 0.15 | 0.40 |

Bảng 1: Sai số của cảm biến silic (do thời gian sử dụng)

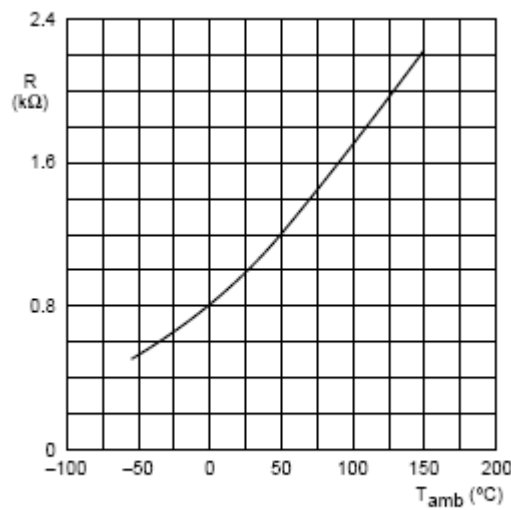
- Sử dụng công nghệ silic:

Do cảm biến được sản xuất dựa trên nền tảng công nghệ silic nên gián tiếp chúng ta sẽ hưởng được lợi ích từ những tiến bộ trong lãnh vực công nghệ này, đồng thời điều này cũng gián tiếp mang lại những ảnh hưởng ích cực cho công nghệ “đóng gói”, nơi mà luôn có khuynh 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 (xem hình đặc trưng kỹ thuật của KTY81).

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



Hình 1.16 Đặc trưng kỹ thuật của KTY81

- Đặc điểm của sản phẩm

| Tên sản phẩm | R25 (Ω) | ΔR | Thang đo (°C) | Dạng IC |
|--------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| KTY81-1 | 1000 | ±1% tới ±5% | -55 tới 150 | SOD70 |
| KTY81-2 | 2 000 | ±1% tới ±5% | -55 tới 150 | SOD70 |
| KTY82-1 | 1000 | ±1% tới ±5% | -55 tới 150 | SOT23 |
| KTY82-2 | 2000 | ±1% tới ±5% | -55 tới 150 | SOT23 |
| KTY83-1 | 1000 | ±1% tới ±5% | -55 tới 175 | SOD68 (DO-34) |
| KTY84-1 | 1000 (R100) | ±3% tới ±5% | -40 tới 300 | SOD68 (DO-34) |

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

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

R_T là điện trở tại nhiệt độ T

R_{ref} là điện trở tại T_{ref} (1000C với loại KTY 84, 250C với các loại cảm biến còn lại)

A, B là các hệ số.

Với KTY 81/82/84:

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

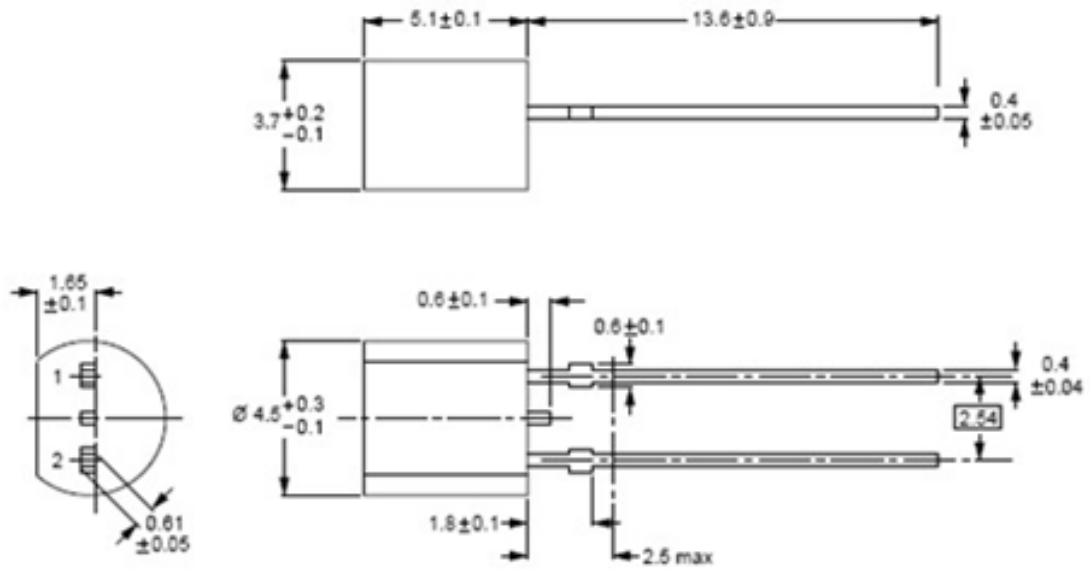
T_1 là nhiệt độ mà độ dốc của đường cong bắt đầu giảm.

Nếu $T < T_1$ thì hệ số $C = 0$, D là các hệ số.

| Loại cảm biến | A (K ⁻¹) | B (K ⁻²) | C(1) (K ^{-D}) | D | T ₁ (°C) |
|---------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----|---------------------|
| KTY81-1 | 7.874×10^{-3} | 1.874×10^{-5} | 3.42×10^{-8} | 3.7 | 100 |
| KTY81-2 | 7.874×10^{-3} | 1.874×10^{-5} | 1.096×10^{-6} | 3.0 | 100 |
| KTY82-1 | 7.874×10^{-3} | 1.874×10^{-5} | 3.42×10^{-8} | 3.7 | 100 |
| KTY82-2 | 7.874×10^{-3} | 1.874×10^{-5} | 1.096×10^{-6} | 3.0 | 100 |
| KTY83 | 7.635×10^{-3} | 1.731×10^{-5} | - | - | - |
| KTY84 | 6.12×10^{-3} | 1.1×10^{-5} | 3.14×10^{-8} | 3.6 | 250 |

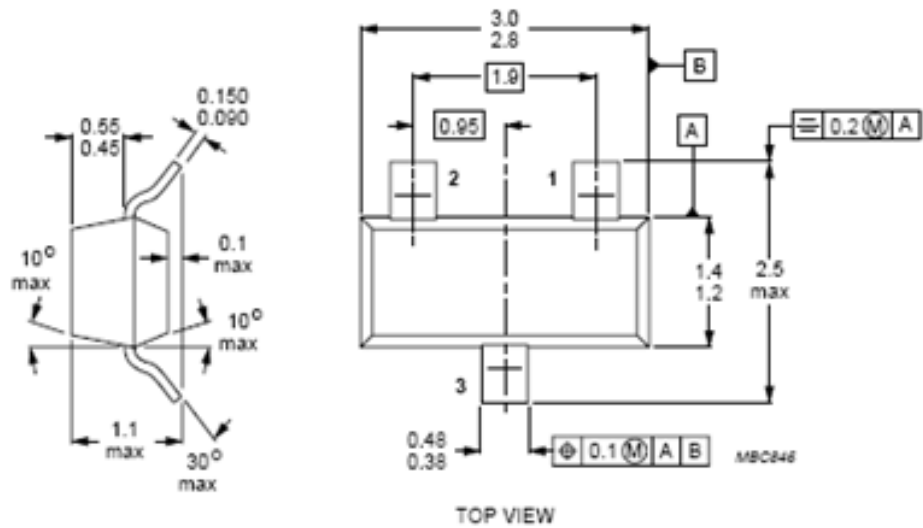
Chú ý: Với loại cảm biến KTY 83/84 khi lắp đặt cần chú ý đến cực tính, đầu có vạch màu (xem hình phí dưới) cần nối vào cực âm (do chúng có kiểu kết cấu thứ 1 như hình 1.13). KTY 81/82 sử dụng kiểu kết cấu thứ 2 (hình 1.15) nên không cần quan tâm đến cực tính.

- Hình ảnh thực tế các loại cảm biến



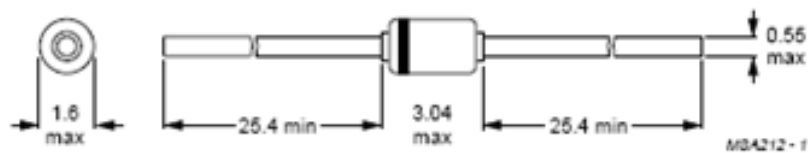
Outline of the KTY81 (SOD70).

Hình 1.16



Outline of the KTY82 (SOT23)

Hình 1.17



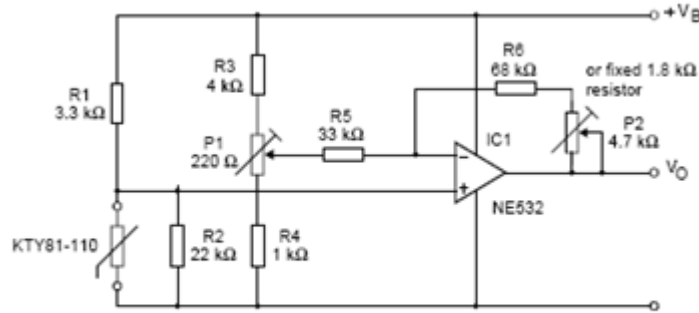
The marking band indicates the negative connector.

Outline of the KTY83/84 (SOD68; DO34).

Hình 1.18

1.3.2. Mạch điện tiêu biểu với KTY81 hoặc KTY82

Hình 1.19 cho ta một mạch điện điển hình được thiết kế cho cảm biến KTY 81-110 hoặc KTY 82-110 (nhiệt độ đo từ 0°C đến 100°C). Điện trở R1, R2, cảm biến và các nhánh điện trở R3, biến trở P1 và R4 tạo thành một mạch cầu.



Hình 1.19: Mạch đo nhiệt độ sử dụng KTY81-110

Giá trị R1 và R2 được chọn sao cho giá trị dòng điện qua cảm biến gần bằng 1mA và tuyến tính hóa cảm biến trong dải nhiệt độ cần đo. Điện áp ngõ ra thay đổi tuyến tính từ $0,2 V_S$ đến $0,6 V_S$ ($V_S = 5 \text{ V}$ thì V_{out} thay đổi từ 1V đến 3V). Ta điều chỉnh P1 để $V_{out} = 1\text{V}$ tại 0°C , tại 100°C điều chỉnh P2 $V_{out} = 3\text{V}$. Với mạch điện này việc điều chỉnh P2 không ảnh hưởng đến việc chỉnh zero.

1.4. IC cảm biến nhiệt độ.

Nhiều công ty trên thế giới đã chế tạo 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 tỷ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối C, F, K hay tùy loại. Đo tín hiệu điện ta biết được nhiệt độ cần đo. Tầm đo nhiệt độ giới hạn từ -55°C đến 150°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 qui luật hàm số mũ với nhiệt độ. Kết quả của hiện tượng này là dưới mức điện áp thuận, dòng thuận của mỗi 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 pn trong một transistor loại bipolar. Texinstruments có STP 35 A/B/C; National Semiconductor LM 35/4.5/50...

1.4.1. Cảm biến nhiệt LM 35/ 34 của National Semiconductor

Hầu hết các cảm biến nhiệt độ phổ biến đều sử dụng hơi phức tạp. Chẳng hạn cặp nhiệt ngẫu 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 với bất kỳ thang chia nhiệt độ nào. Các khối cảm biến tích hợp được chế tạo khắc phục được những nhược điểm đó. Nhưng ngõ ra của chúng quan hệ với thang chia độ Kelvin hơn là độ Celsius và Fahrenheit.

- **Loại LM35: Precision Centigrade Temperature Sensor.**

Với loại LM35 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: $V_S = 4V$ tới $30V$

Điện áp ngõ ra tuyến tính: $10mV/^{\circ}C$

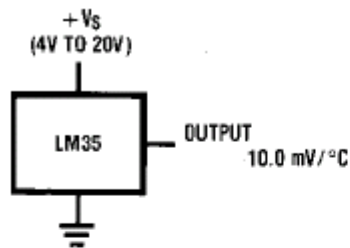
Thang đo: $-55^{\circ}C$ đến $150^{\circ}C$ với LM 35/35A,

$-40^{\circ}C$ đến $110^{\circ}C$ với LM 35C/35CA

$0^{\circ}C$ đến $100^{\circ}C$ với LM 35D

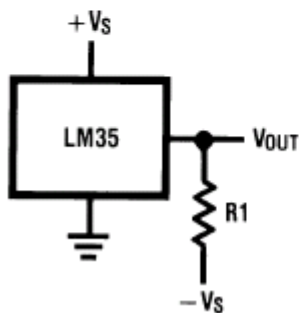
Sự tự nung nóng rất nhỏ: $0,08^{\circ}C$ (trong môi trường không khí) Mức độ không tuyến tính chỉ $\pm 1/4^{\circ}C$

Cách kết nối:



Hình 1.20

Thang đo: $+2^{\circ}C$ đến $150^{\circ}C$
 $V_S = 4V$ tới $30V$



Hình 1.21

Thang đo: $-55^{\circ}C$ đến $150^{\circ}C$

$R1 = V_S / 50 \mu A$

$V_S = 4V$ tới $30V$

$V_{OUT} = 1500 mV$ tại $+150^{\circ}C$

$= +250 mV$ tại $+25^{\circ}C$

$= -550 mV$ tại $-55^{\circ}C$

- **Loại LM 34**

LM 34 giống như LM 35 nhưng được thiết kế cho thang đo Fahrenheit từ -50 đến $+300^{\circ}F$, độ chính xác $\pm 0,4^{\circ}F$.

LM 34 có ngõ ra $10mV/^{\circ}F$.

Điện áp hoạt động: 5 tới $20 V DC$.

Trở kháng ngõ ra LM34 thấp và đặc điểm ngõ ra tuyến tính làm cho giá trị đọc ra hay điều khiển mạch điện dễ dàng.

1.4.2. 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 ($10\text{ M}\Omega$). Vì mạch đã được cân bằng bởi nhà sản xuất, khiến cho dòng mA ra tương ứng với chuẩn nhiệt độ tuyệt đối 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°C tới 150°C

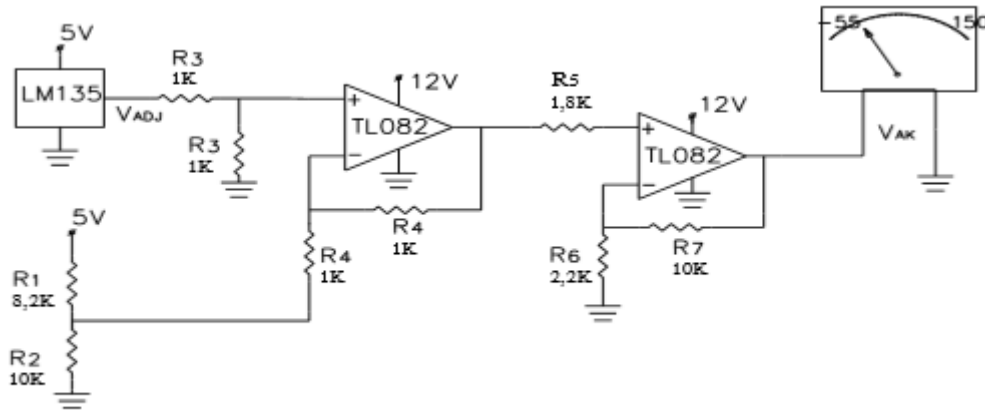
Điện áp hoạt động: 4 tới 30

VDC Dòng điện ra tỉ lệ: 1

$\mu\text{A}^{\circ}\text{K}$

1.4.3. Mạch ứng dụng

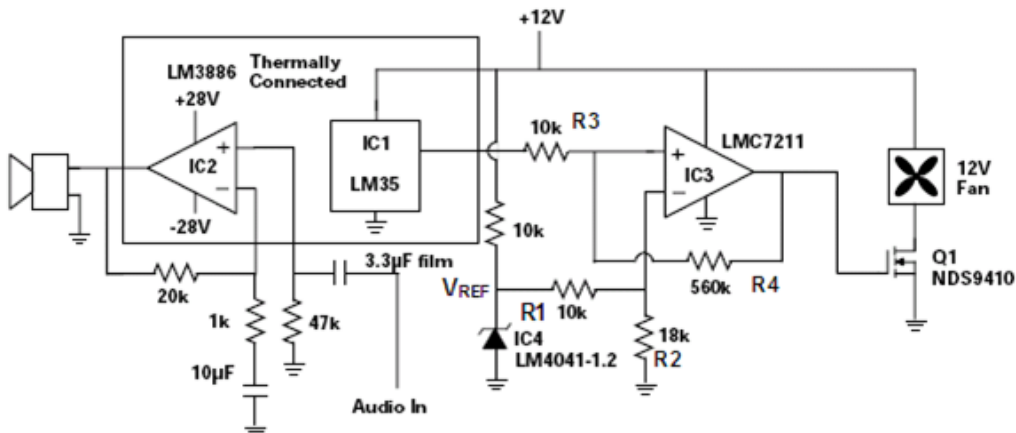
- Mạch đo nhiệt độ bằng LM35



Hình 1.22

- Mạch ứng dụng LM35 với thiết bị khuếch đại âm thanh

Trong mạch ứng dụng này, nhiệt độ IC khuếch đại âm thanh (IC1) là đại lượng được quan tâm. LM35 và IC1 có sự gắn kết về nhiệt. Tín hiệu ngõ ra của bộ so sánh sẽ xuống mức thấp nếu nhiệt độ vượt quá giới hạn (thông số này được chọn bằng R1, R2 và điện áp tham chiếu). Hệ thống được thiết kế để quạt hoạt động khi nhiệt độ vượt quá khoảng giá trị 80°C và tắt quạt khi nhiệt độ hạ xuống dưới 60°C .



LM35 với bộ phận khuếch đại âm thanh công suất 60W

Hình 1.23

1.5. Nhiệt điện trở NTC

NTC (Negative Temperature Coefficient) là nhiệt điện trở có hệ số nhiệt điện trở âm: giá trị điện trở giảm khi nhiệt độ tăng.

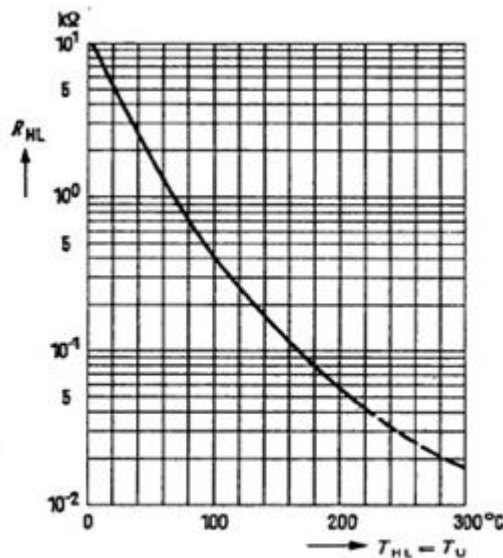
NTC giảm từ 3 đến 5, 5 % / 1 độ.

1.5.1. Cấu tạo

NTC là hỗn hợp đa tinh thể của nhiều oxit gốm đã được nung chảy ở nhiệt độ cao ($1000^{\circ}\text{C} \div 1400^{\circ}\text{C}$) như Fe_2O_3 , Zn_2TiO_4 , MgCr_2O_4 , TiO_2 hay NiO và CO với Li_2O . 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.

1.5.2. Đặc tính cảm biến nhiệt NTC

- **Đường đặc tính nhiệt độ - điện trở của NTC mã số A34-2/30:**
 $R_{NTC} \approx 5,5 \text{ kW}$ ở nhiệt độ môi trường 20°C .
 $R_{NTC} \approx 400 \text{ W}$ ở nhiệt độ môi trường 100°C .



Hình 1.25

- **Đặc tính dòng/áp của NTC**

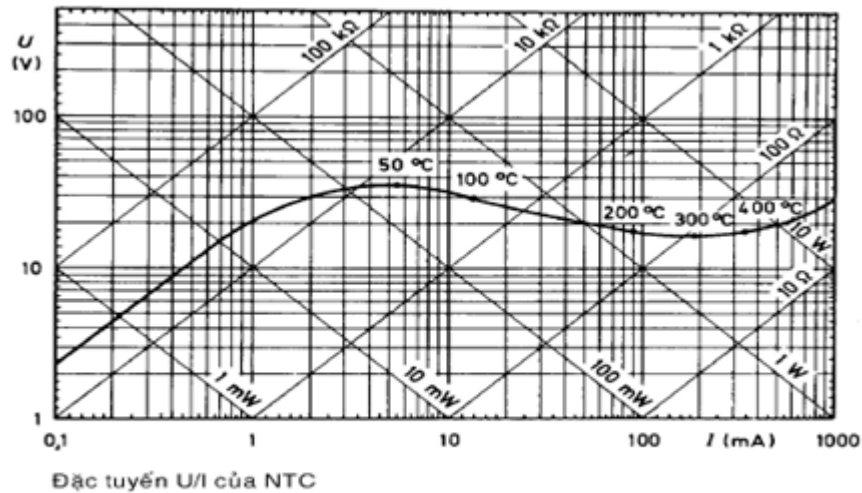
Đặc tính dòng/áp của NTC cung cấp nhiều thông tin hơn cả đặc tính điện trở nhiệt độ. Đặc tính này cũng dùng được, cả trong trường hợp dòng qua NTC làm nhiệt độ của nó cao hơn nhiệt độ môi trường.

Đặc tuyến này cũng được gọi là đặc tuyến tĩnh của NTC, điện áp rơi trên NTC chỉ được ghi nhận khi đạt được trạng thái cân bằng giữa điện năng cung cấp và nguồn nhiệt (thường lấy ở môi trường nhiệt độ 25°C , trong điều kiện lặng gió).

Đặc tuyến trên chia làm 3 vùng:

- Vùng bắt đầu đặc tuyến (giới hạn vùng này là khu vực 10 mW): năng lượng điện cung cấp cho NTC không đáng kể, lượng nhiệt sinh ra do dòng điện không đáng kể. Trong vùng này, điện trở của NTC xác định chỉ do nhiệt độ môi trường. Độ nhạy đáng kể nếu sử dụng NTC làm cảm biến nhiệt độ trong vùng này.

- Vùng 2: Do sự tăng dòng, nhiệt độ của NTC tăng cao hơn nhiệt độ môi trường. Do tự làm nóng, điện trở của NTC giảm đáng kể. Ở một giá trị dòng cho sẵn, áp tăng tối đa.
- Vùng 3 Nếu dòng vẫn tăng thêm, điện áp rơi sẽ trở nên bé. Ở cuối đường đặc tuyến điện trở của NTC gần như do năng lượng điện chuyển đổi, chỉ có một ít là do tác động bởi nhiệt môi trường.

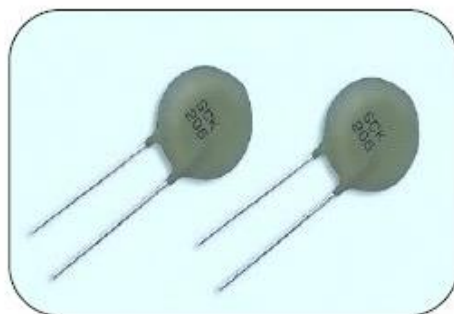


Hình 1.26

Một số thông số của NTC R_{20} hay R_{25} : điện trở nguội hay điện trở biểu kiến là giá trị nhiệt độ của NTC ở 20°C hoặc 25°C (tuy nhiên sai số từ 5% đến 25%.)

T_{\min} , T_{\max} : giới hạn nhiệt độ hoạt động của NTC.

P_{\max} công suất lớn nhất cho phép chuyển đổi ra nhiệt trong NTC



SCK Series



TCF Series



TTF Series



TSM series

1.5.3. Ứng dụng

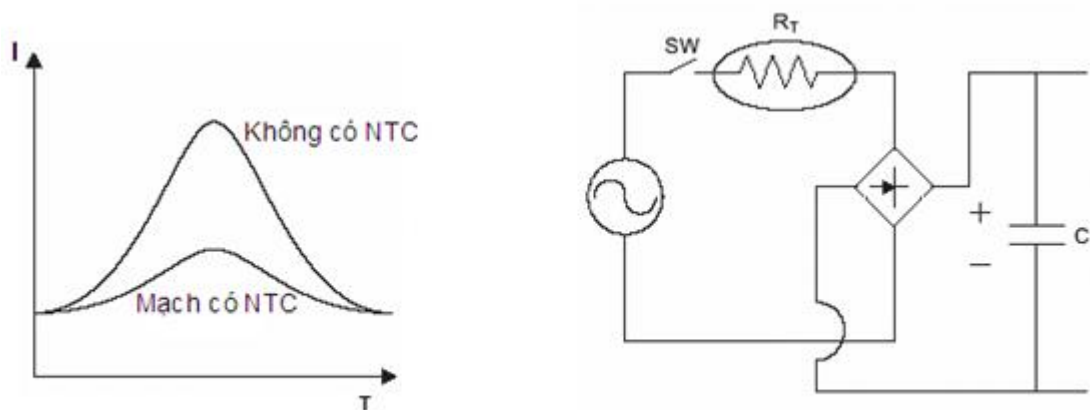
NTC có nhiều ứng dụng, chia làm 2 loại: Bộ chính, đo lường và làm bộ trễ.

- **Bộ chính và đo lường**

Trong đo lường và tác động bù, cần tránh hiện tượng tự sinh nhiệt do dòng qua 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, nhằm ổn định nhiệt cho các mạch điện tử dùng bán dẫn

- **Làm bộ trễ**

NTC có tính chất trễ, khi dòng điện qua nó lớn đến nỗi điện trở giảm nhiều do quá trình tự tỏa 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).

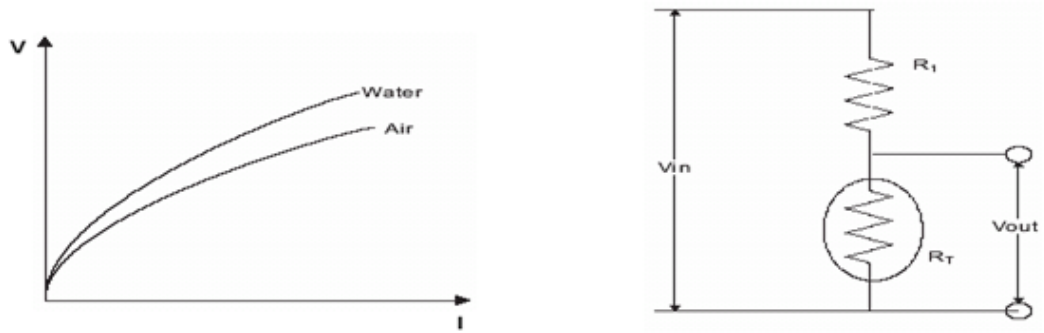


Hình 1.28 |

- **Mạch ứng dụng với NTC**

- **Đo mực chất lỏng**

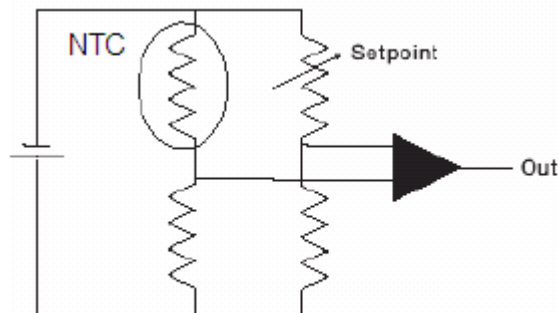
Hoạt động của cảm biến dựa trên sự khác nhau về khả năng làm mát của chất lỏng và không khí hoặc hơi nước ở trên chất lỏng. Khi NTC được nhúng trong chất lỏng, nó được làm mát nhanh chóng. Điện áp rơi trên NTC tăng lên. Do hiệu ứng này NTC có thể phát hiện có sự tồn tại hay không của chất lỏng ở một vị trí.



Hình 1.29

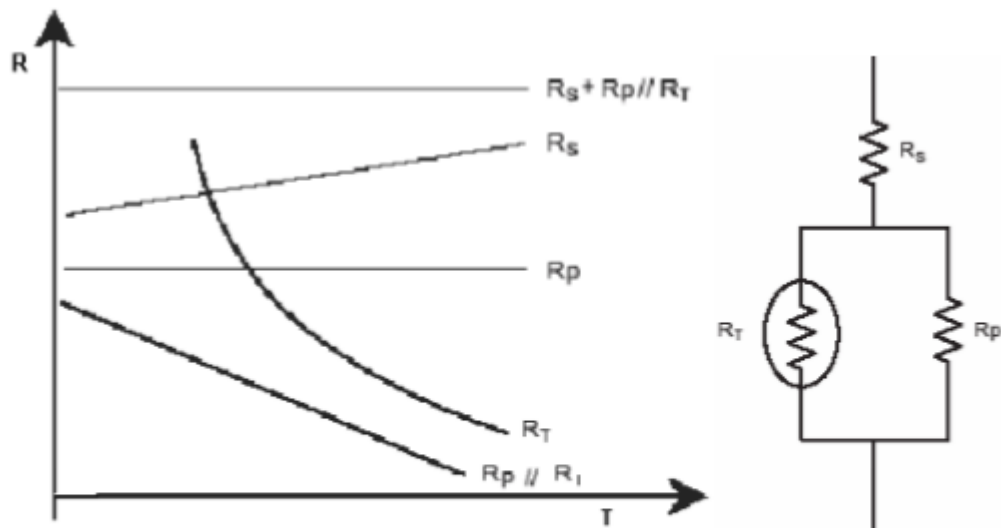
- Bộ điều khiển nhiệt độ

NTC được sử dụng rất nhiều trong các hệ thống điều khiển nhiệt độ. Bằng cách sử dụng một nhiệt điện trở trong mạch so sánh cơ bản, khi nhiệt độ vượt mức cài đặt, ngõ ra sẽ chuyển trạng thái từ off sang on.



Hình 1.30

- Bù nhiệt



Hình 1.31

a) Nhiều chất bán dẫn và IC cần có sự bù nhiệt để có sự hoạt động ổn định trên dải nhiệt độ rộng. Bản thân chúng có hệ số nhiệt độ dương cho nên NTC đặc biệt thích hợp với vai trò bù nhiệt.

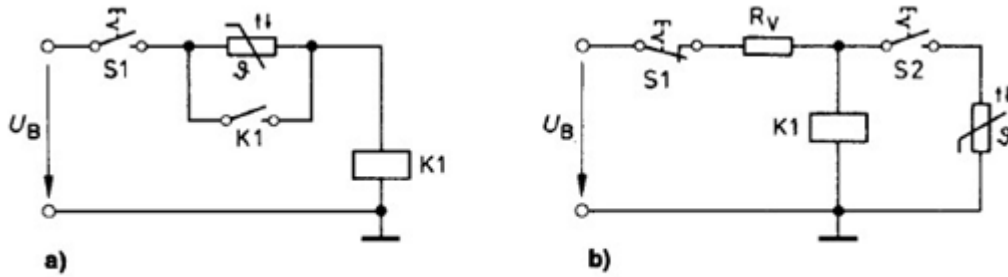
- Rơ le thời gian dùng NTC

Role thời gian hiện nay đã đạt độ chính xác cao, bằng cách dùng phần tử RC và công tắc điện tử. Tuy nhiên khi không cần độ chính xác cao, có thể

dùng NTC theo 2 mạch điện cơ bản sau đây.

Mạch A là role thời gian đóng chậm. Sau khi nối nguồn với S1, dòng qua cuộn dây role, nhưng bị giới hạn vì điện trở nguội của NTC lớn, sau 1 thời gian do quá trình tự gia nhiệt vì dòng qua nó, điện trở NTC giảm, tăng dòng, khiến role tác động.

Mạch B là role thời gian mở chậm. Khi đóng S2, dòng qua nhiệt điện trở, bắt đầu quá trình tự gia nhiệt. Điện áp rơi qua RS tăng, sau 1 thời gian role không còn đủ dòng duy trì, bị ngắt. Thời gian trễ tùy thuộc môi trường tỏa nhiệt của NTC.



Hình 1.32

1.6. 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 αR rất cao.

1.6.1. Cấu tạo

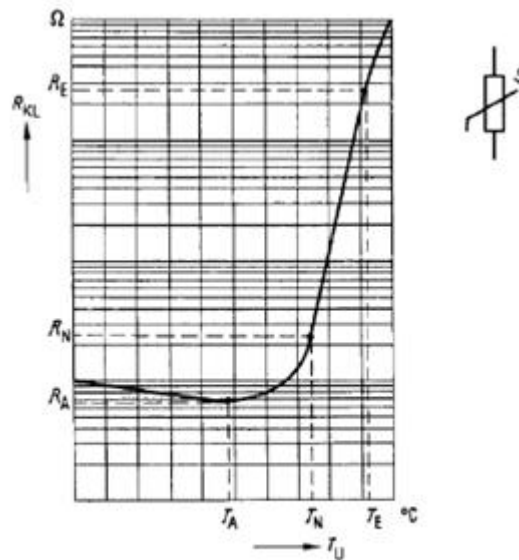
Vật liệu chế tạo PTC gồm hỗn hợp barium carbonate và một vài oxit kim loại khác được ép và nung. Nhiều tính chất về điện khác nhau có thể đạt được bằng cách gia giảm các hợp chất trộn khác nhau về nguyên vật liệu và bằng cách gia nhiệt theo nhiều phương pháp khác nhau. Sau khi gia nhiệt nung kết các môi nối đã được thành hình 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 ở bên ngoài một lớp vỏ có cấu tạo như vecni để chống lại ảnh hưởng của môi trường không khí.

1.6.2. Đặc tính cảm biến PTC

- **Đường đặc tính điện trở nhiệt độ của PTC chia làm 3 vùng**
 - + Vùng nhiệt độ thấp: giống như nhiệt điện trở NTC có hệ số nhiệt độ âm.
 - + Vùng hệ số nhiệt tăng chậm (T_A, T_N): Sau một vài khoảng nhiệt độ đạt được thì bắt đầu nhiệt điện trở biến đổi sang tính chất dương bắt đầu từ điểm T_A . Giá trị của nhiệt điện trở PTC ở điểm T_A được xem như là điện trở khởi điểm". R_A là giá trị điện trở thấp nhất mà PTC thể hiện.
 - + Vùng làm việc ($T_N < T < T_{UPPER}$): Sau khi đạt được giá trị nhiệt độ danh định T_N , giá trị điện trở của nhiệt điện trở PTC bỗng nhiên gia tăng theo độ dốc thẳng đứng thực tế thì gấp vài chục lần khi so sánh về độ dốc ở đoạn này với đoạn trước. Vùng dốc đứng này chính là dải điện trở làm việc của

nhật điện trở PTC.

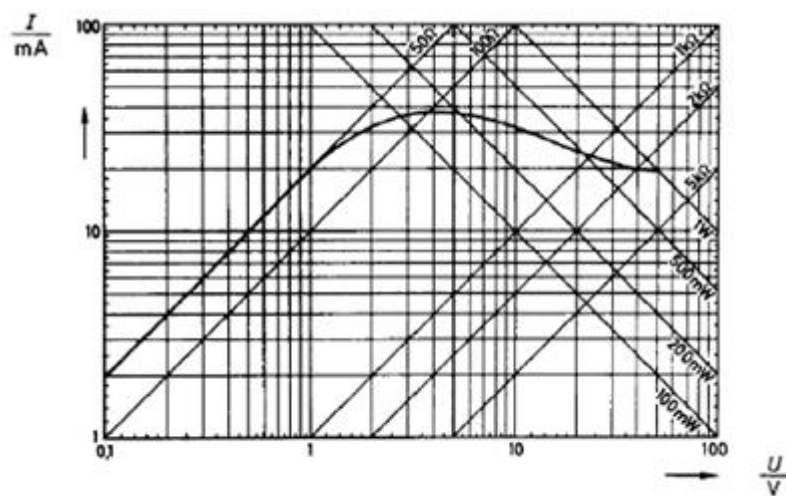
Hướng về đường đặc tuyến ở điểm nhiệt độ dần cao hơn, vùng làm việc của nhiệt điện trở PTC bị giới hạn bởi vùng nhiệt độ trên Tupper với điện trở ở vùng trên Rupper. Khi Tupper bị vượt qua, sự gia tăng điện trở sẽ ít và càng ít hơn nữa cho đến đạt được giá trị điện trở tự đặt. Và tiếp theo sau đường đặc tính ở vùng này sẽ là điểm có tính chất điện trở âm. Vùng này thường không có được chỉ ra trong đặc tính bởi vì nó nằm ngoài vùng làm việc của nhiệt điện của PTC.



Hình 1.33

Đường đặc tính dòng áp cho những loại riêng lẻ khác được cho bởi nhà sản xuất thường không theo hệ trục tọa độ tuyến tính mà lại sử dụng hệ trục log.

Tính chất dùng về dòng và áp của nhiệt điện trở PTC cũng có hình dạng giống như là tính chất của nhiệt điện trở NTC đây (hình bên)



Hình 1.34

- **Một số thông số đặc trưng của PTC:**

T_{NOM} (T_N): nhiệt độ danh định. Tại giá trị nhiệt độ

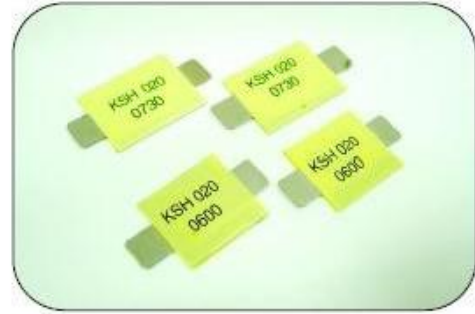
$R_N = 2 \cdot R_A$ α_R : hệ số nhiệt độ nhiệt điện trở PTC.

T_{UPPER} : nhiệt độ giới hạn vùng làm việc.

R_{25} : điện trở của PTC khi ở môi trường nhiệt độ 25°C

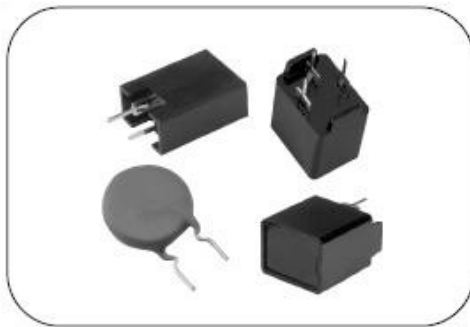


KRG Series

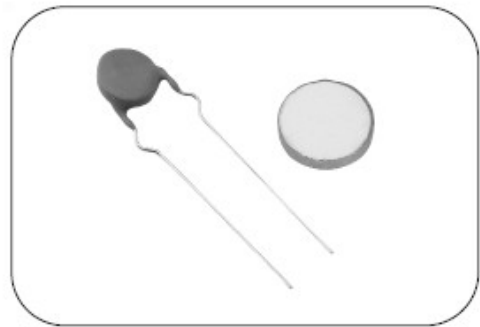


KSH Series

Hình 1.35: Một số cảm biến PTC do công ty Thinking Electronic Industrial sản xuất



PD Series



PP Series

Hình 1.35: Một số cảm biến PTC do công ty Thinking Electronic Industrial sản xuất

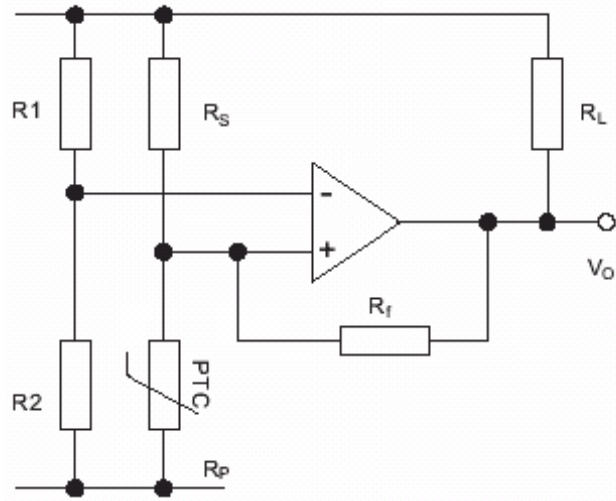
1.6.3. Ứng dụng

Nhiệt điện trở PTC làm việc như cảm biến có độ nhạy cao.

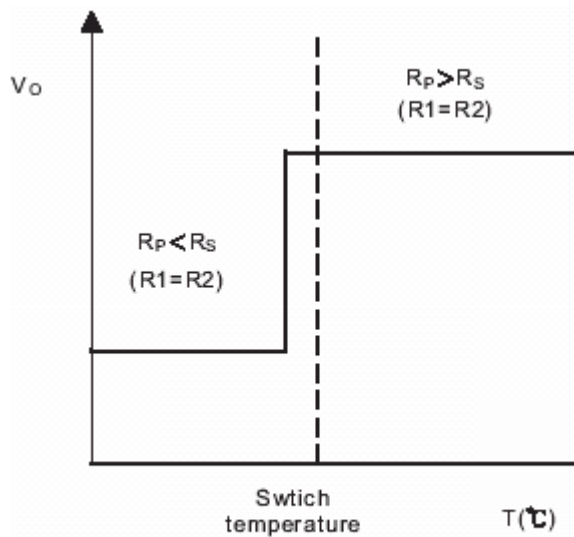
Ứng dụng tính chất giá trị điện trở tăng: khởi động bóng đèn huỳnh quang, mạch bảo vệ quá tải...

- **Mạch ứng dụng với PTC**

Nhiệt điện trở PTC được mắc trong một cầu đo của mạch so sánh (xem hình 1.36). Tại nhiệt độ bình thường $R_{PTC} < R_S$, điện áp ngõ ra ở mức thấp. khi sự tăng nhiệt độ vượt ngưỡng xuất hiện, PTC bị nung nóng nên $R_{PTC} > R_S$ nên điện áp ngõ ra VO lên mức cao (xem hình 1.37).

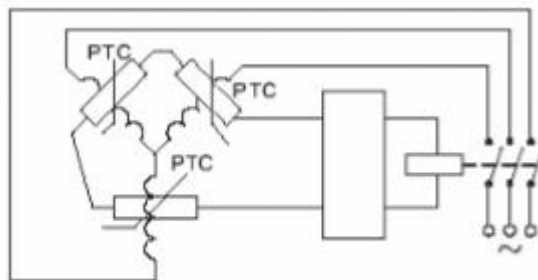


Hình 1.36: Mạch so sánh

Hình 1.37: Đặc tuyến của V_o

- Mạch bảo vệ động cơ

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 (cho động cơ hạ áp), tín hiệu được xử lý nhờ một thiết bị điều khiển dẫn đến tác động CB.



Hình 1.38

Thiết bị điều khiển **KLIXON 40/41/42AA series**

Thiết bị được sử dụng kết hợp với cảm biến nhiệt độ PTC, chúng tương

thích với loại cảm biến Klixon BA series.

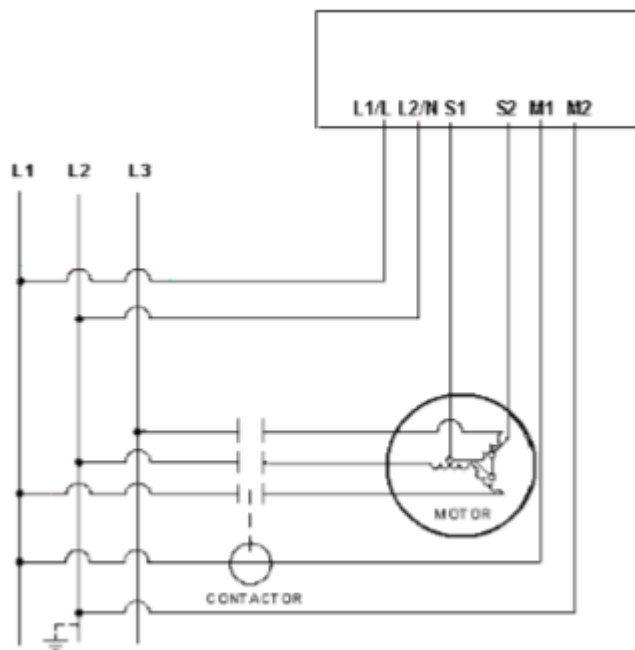
Nếu nhiệt độ ở trạng thái bình thường của cuộn dây động cơ đủ thấp để điện trở cảm biến giảm xuống mức cần thiết Reset. Thiết bị sẽ tự động reset nếu thiết bị không được cài đặt reset bằng tay.



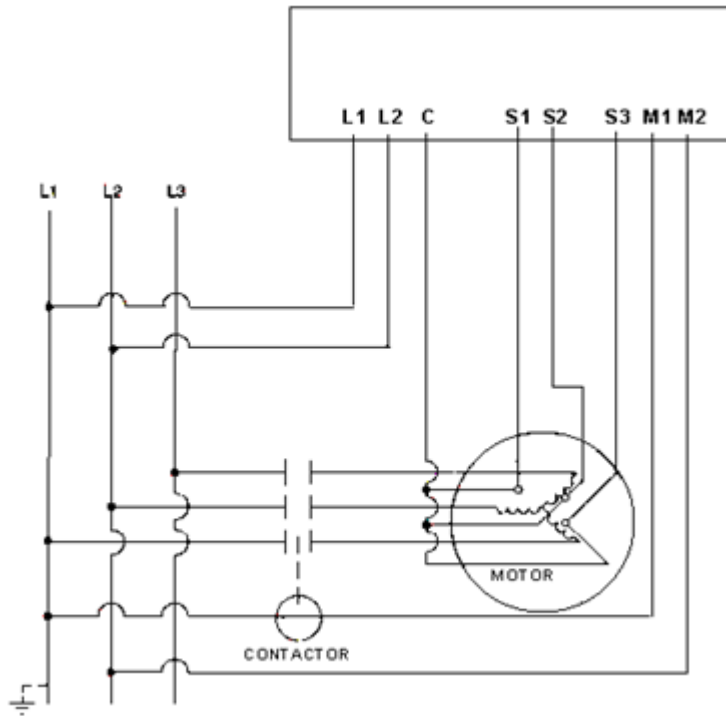
Hình 1.39

Sơ đồ kết nối cảm biến với bộ điều khiển

Loại 40AA, 42AA Series



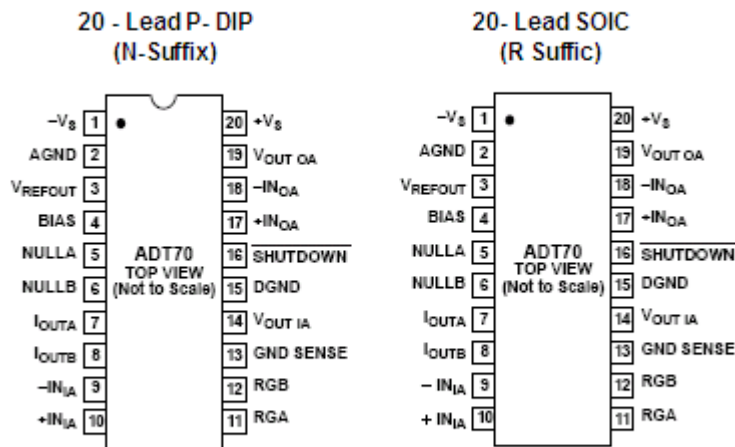
Loại 41AA Series



1.7. Thực hành với cảm biến nhiệt độ Platin Pt 100, Pt100 và ADT70

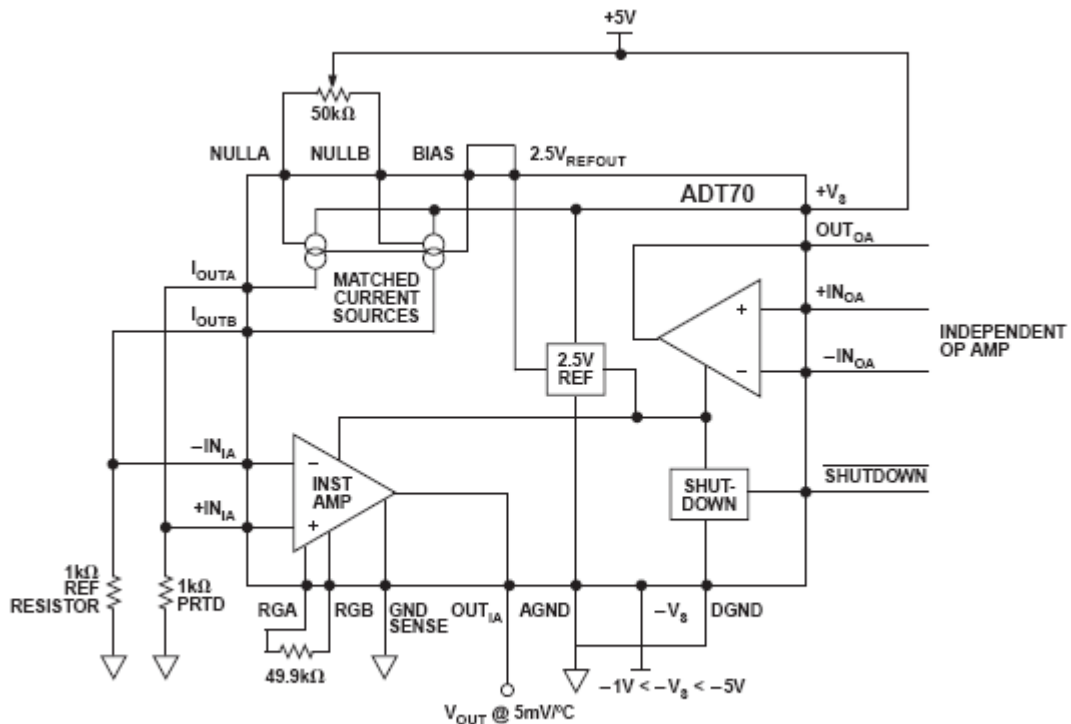
- Yêu cầu – mục đích
- Khảo sát cảm biến nhiệt độ Pt100, Pt1000
- Thiết bị
- Cảm biến Pt100 và Pt1000 IC ADT70
- Thực hiện
- Lắp đặt mạch đo nhiệt độ sử dụng nhiệt điện trở Pt100, Pt1000 với IC ADT 70

SƠ ĐỒ CHÂN



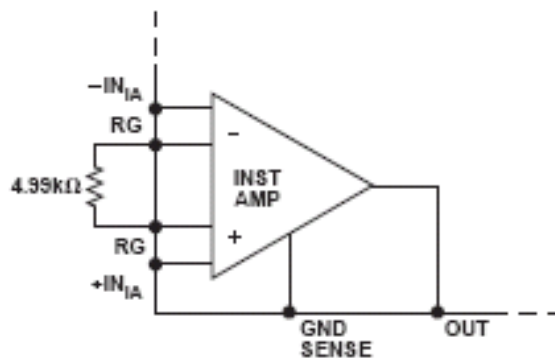
Hình 1.40: Sơ đồ chân ADT 70

- **Pt 1000**
- Lắp mạch như hình 1.41.
- Đo giá trị điện áp ngõ ra (chân $V_{OUT IA}$ và điểm nối mass) $V_{out} =$
- Tính giá trị nhiệt độ môi trường của phòng thí nghiệm: $t =$



Hình 1.41: Pt1000 và ADT 70

- **Pt 100**
 - Lắp mạch như hình 1.41, nhưng cần lưu ý thay giá trị điện trở $R_G=4,99\text{ k}\Omega$ như hình 1.42.
 - Thay điện trở tham chiếu 1000Ω bằng điện trở 100Ω
 - Việc thay R_G giúp giữ tỉ lệ điện áp ngõ ra và nhiệt độ như khi dùng Pt 1000 Đo giá trị điện áp ngõ ra (chân $V_{OUT\text{IA}}$ và điểm nối mass) $V_{out} =$
 - Tính giá trị nhiệt độ môi trường của phòng thí nghiệm: $t =$

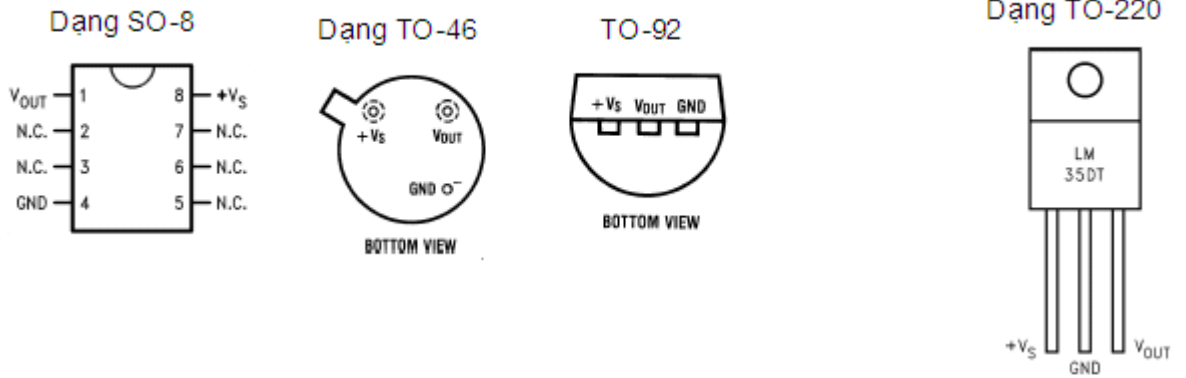


1.8. Thực hành với cảm biến LM 35

- Yêu cầu – mục đích
Khảo sát IC LM 35.
- 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:

- Sơ đồ chân của IC LM35



LM35DM

LM35H,
LM35AH,
LM35CH,
LM35CAH or
LM35DH

LM35CZ,
LM35CAZ or
LM35DZ

LM35DT

- Ráp mạch như ở hình 1.43 (thang đo: $+2^{\circ}\text{C}$ đến 150°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} .

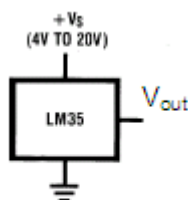
- Ráp mạch như hình 1.44 (thang đo: -55°C đến 150°C)

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_{out} . $V_{out} =$ Tính nhiệt độ $t =$

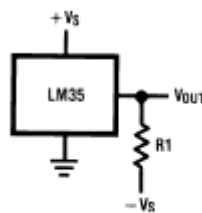
Đưa cảm biến đến gần nguồn nhiệt theo dõi sự thay đổi của V_{out} .

- Ráp mạch như hình 1.45 (thang đo: -55°C đến 150°C)

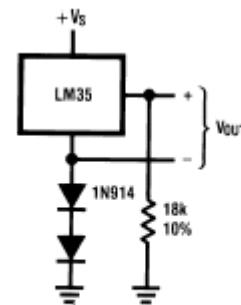
Sử dụng milivôn kế đo giá trị điện áp V_{out} . $V_{out} =$ Nhiệt độ $t =$
Đưa cảm biến đến gần nguồn nhiệt theo dõi sự thay đổi của V_{out} .



Hình 1.43



Hình 1.44

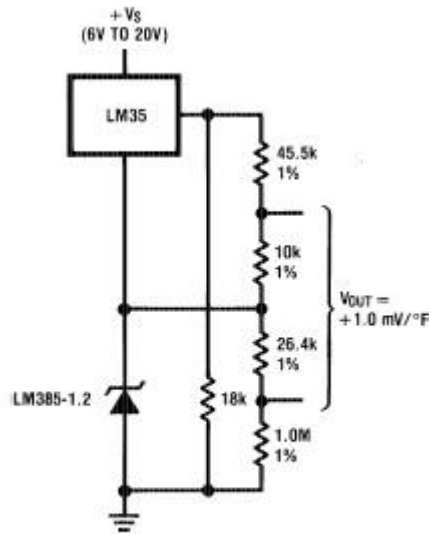


Hình 1.45

- Ráp mạch như hình 1.46

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

Sử dụng milivôn kế đo giá trị điện áp V_{out} . $V_{out} =$ Nhiệt độ $t =$
 Đưa cảm biến đến gần nguồn nhiệt theo dõi sự thay đổi của V_{out} .



Hình 1.46

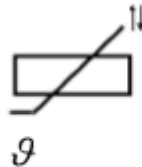
1.9. Thực hành với cảm biến nhiệt điện trở NTC

- **Yêu cầu – mục đích**

Lấy đường đặc tính tĩnh của một điện trở NTC, $R = f(\vartheta)$ và $I = f(U)$. Sự thay đổi điện trở xảy ra do tự làm nóng (tải tăng).

- **Thiết bị**

Nhiệt điện trở NTC (Negative Temperature Coefficient), Vôn kế, miliAmpe kế.



Ký hiệu của nhiệt điện trở NTC.

BÀI 2:**CẢM BIẾN TIỆM CẬN VÀ MỘT SỐ LOẠI
CẢM BIẾN XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ, KHOẢNG CÁCH KHÁC****2.1. Cảm biến tiệm cận (Proximity Sensor)****2.1.1. Đại cương****2.1.1.1. Đặc điểm:**

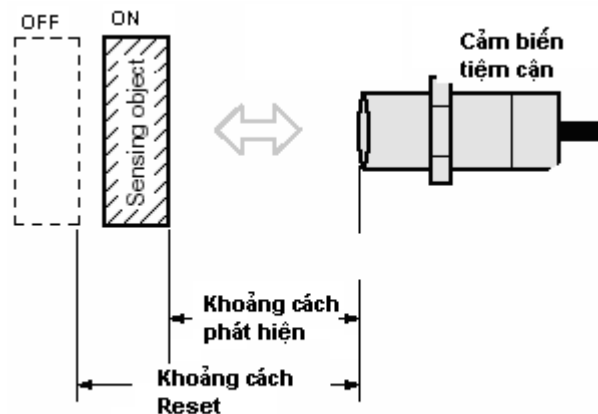
- Phát hiện vật không cần tiếp xúc.
- Tốc độ đáp ứng nhanh.
- Đầu sensor nhỏ, có thể lắp ở nhiều nơi.
- Có thể sử dụng trong môi trường khắc nghiệt.

Cảm biến tiệm cận là một kỹ thuật để nhận biết sự có mặt hay không có mặt của một vật thể với cảm biến điện tử không công tắc (không đụng chạm). Cảm biến tiệm cận có một vị trí rất quan trọng trong thực tế. Thí dụ phát hiện vật trên dây chuyền để robot bắt giữ lấy; phát hiện chai, lon nhôm trên băng chuyền...vv. Tín hiệu ở ngõ ra của cảm biến thường dạng logic có hoặc không.

2.1.1.2. Một số định nghĩa

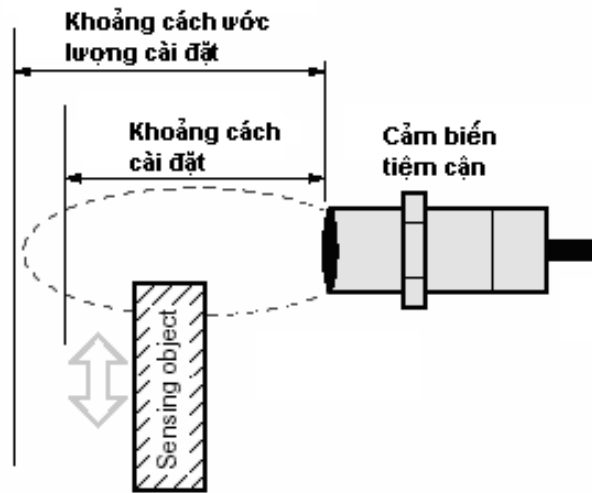
- Khoảng cách phát hiện:

Khoảng cách xa nhất từ đầu cảm biến đến vị trí vật chuẩn mà cảm biến có thể phát hiện được.



Hình 2.1

- Khoảng cách cài đặt:
- Khoảng cách để cảm biến có thể nhận biết vật một cách ổn định (thường bằng 70 – 80% khoảng cách phát hiện)

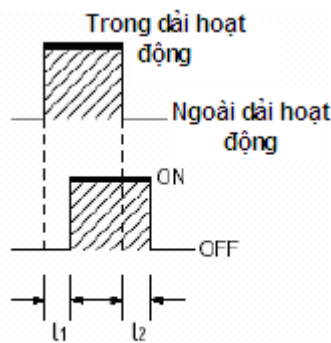


Hình 2.2

- Thời gian đáp ứng:

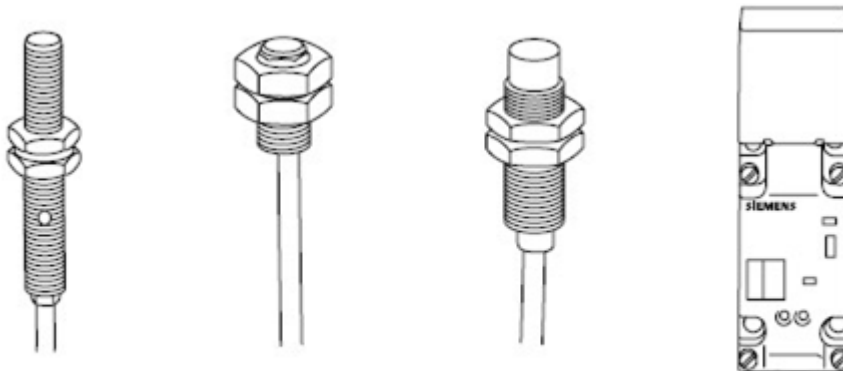
t_1 : Thời gian từ lúc đối tượng đi vùng phát hiện của cảm biến đến lúc cảm biến báo tín hiệu

t_2 : Thời gian từ lúc đối tượng chuẩn đi ra khỏi vùng phát hiện cho đến khi cảm biến hết báo tín hiệu



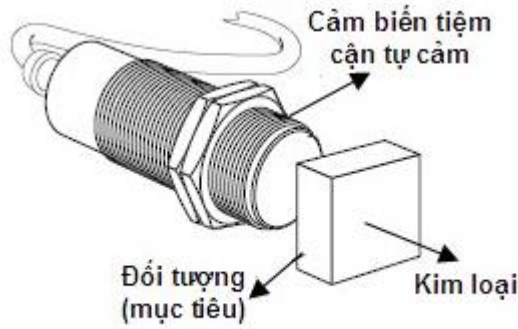
Hình 2.3

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



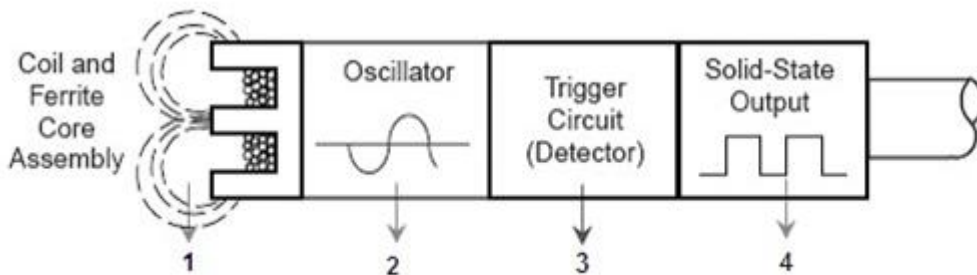
Hình 2.4 Vài loại cảm biến tiệm cận điện cảm của Siemens

Cảm biến tiệm cận điện cảm có nhiều kích thước và hình dạng khác nhau tương ứng với các ứng dụng khác nhau. Cảm biến tiệm cận điện cảm được dùng để phát hiện các đối tượng là kim loại (loại cảm biến này không thể phát hiện các đối tượng có cấu tạo không phải là kim loại).



Hình 2.5

2.1.2.1. Cấu trúc của cảm biến tiệm cận điện cảm

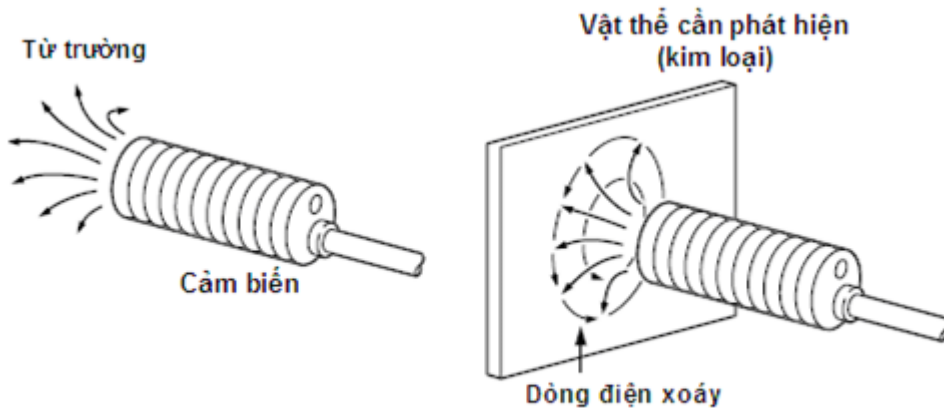


Hình 2.6

Cấu trúc của cảm biến gồm 4 phần chính:

- 1 - Cuộn dây và lõi ferrit
- 2 - Mạch dao động
- 3 - Mạch phát hiện
- 4 - Mạch đầu ra

2.1.2.2. Nguyên lý hoạt động của cảm biến tiệm cận điện cảm

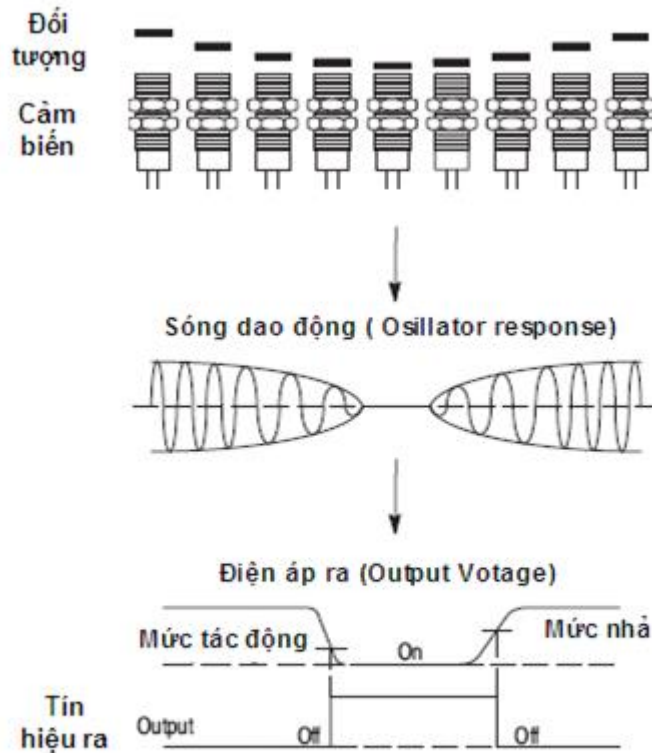


Hình 2.7 Nguyên lý làm việc của cảm biến điện cảm

Cảm biến tiệm cận điện cảm được thiết kế để tạo ra một vùng điện từ trường, Khi một vật bằng kim loại tiến vào khu vực này, xuất hiện dòng điện xoáy (dòng điện cảm ứng) trong vật thể kim loại này.

Dòng điện xoáy gây nên sự tiêu hao năng lượng (do điện trở của kim loại), làm ảnh hưởng đến biên độ sóng dao động. Đến một trị số nào đó tín hiệu này được ghi nhận. Mạch phát hiện sẽ phát hiện sự thay đổi tín hiệu và

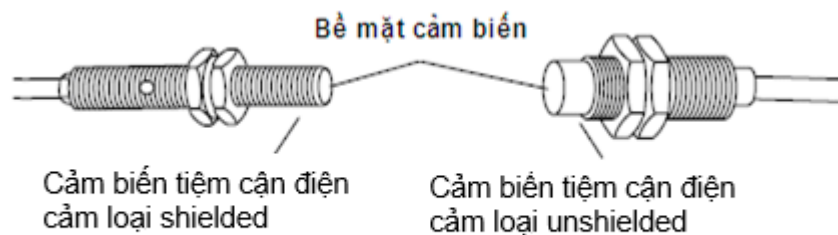
tác động để mạch ra lên mức ON (hình 2.8). Khi đối tượng rời khỏi khu vực từ trường, sự dao động được tái lập, cảm biến trở lại trạng thái bình thường.



Hình 2.8: Hoạt động của cảm biến tiệm cận điện cảm

2.1.2.3. Phân loại cảm biến tiệm cận điện cảm

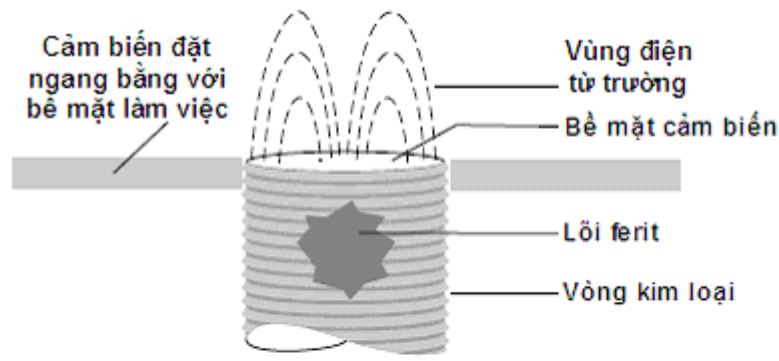
Cảm biến tiệm cận điện cảm có thể phân làm 2 loại: Shielded (được bảo vệ) và unshielded (không được bảo vệ). Loại unshielded thường có tầm phát hiện lớn hơn loại shielded.



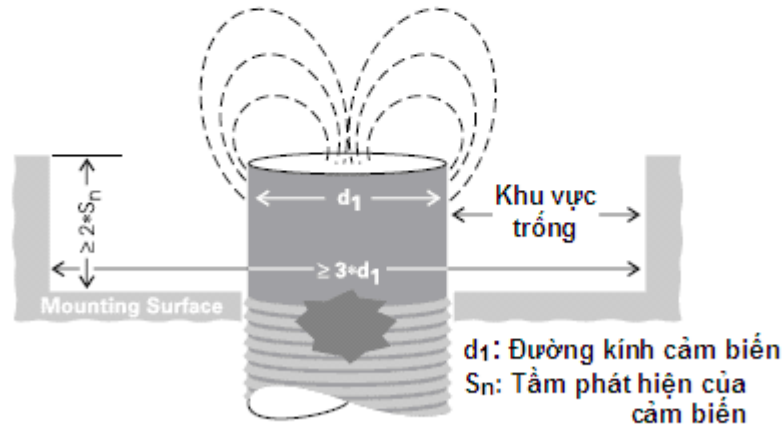
Hình 2.9

Cảm biến tiệm cận điện cảm loại shielded có 1 vòng kim loại bao quanh giúp hạn chế vùng diện từ trường ở vùng bên. Vị trí lắp đặt cảm biến có thể đặt ngang bằng với bề mặt làm việc.

Cảm biến tiệm cận điện cảm loại unshielded không có vòng kim loại bao quanh. Không thể lắp đặt cảm biến ngang bằng bề mặt làm việc (bằng kim loại). Xung quanh cảm biến phải có 1 vùng không có chứa kim loại (với cảm biến loại unshield của Siemens, hình 2.11.)



Hình 2.10: Cảm biến tiệm cận điện cảm loại shielded



Hình 2.11 Cảm biến tiệm cận điện cảm loại unshielded

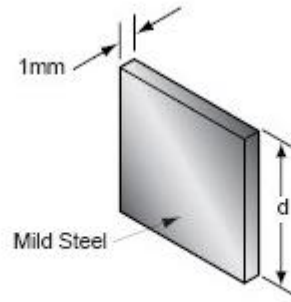
Ở cả 2 loại cảm biến shield và unshield, nếu có 1 bề mặt kim loại ở vị trí đối diện cảm biến, để không ảnh hưởng đến hoạt động của cảm biến thì bề mặt kim loại này phải cách bề mặt cảm biến 1 khoảng cách có độ lớn ít nhất gấp 3 lần tầm phát hiện của cảm biến.

2.1.2.4. Những yếu tố ảnh hưởng đến tầm phát hiện của cảm biến tiệm cận điện cảm

- + Kích thước, hình dáng, vật liệu lõi và cuộn dây.
- + Vật liệu và kích thước đối tượng
- + Nhiệt độ môi trường

Đặc điểm của đối tượng (mục tiêu) tiêu chuẩn: hình vuông, độ dài cạnh bằng d (đường kính của bề mặt cảm biến), dày 1 mm và làm bằng thép mềm (mild steel).

Nếu đối tượng cần phát hiện có kích thước nhỏ hơn tiêu chuẩn, tầm phát hiện của cảm biến sẽ giảm xuống (do dòng điện xoáy yếu đi) nhưng nếu kích thước lớn hơn kích thước tiêu chuẩn không có nghĩa là tầm phát hiện tăng lên.



Hình 2.12: Kích thước tiêu chuẩn của đối tượng.

Đề hiệu chỉnh khoảng cách tầm cảm biến phụ thuộc vào vật liệu người ta sử dụng bảng 1 và bảng 2:

$$S_{\text{new}} = S_n * \text{hệ số}$$

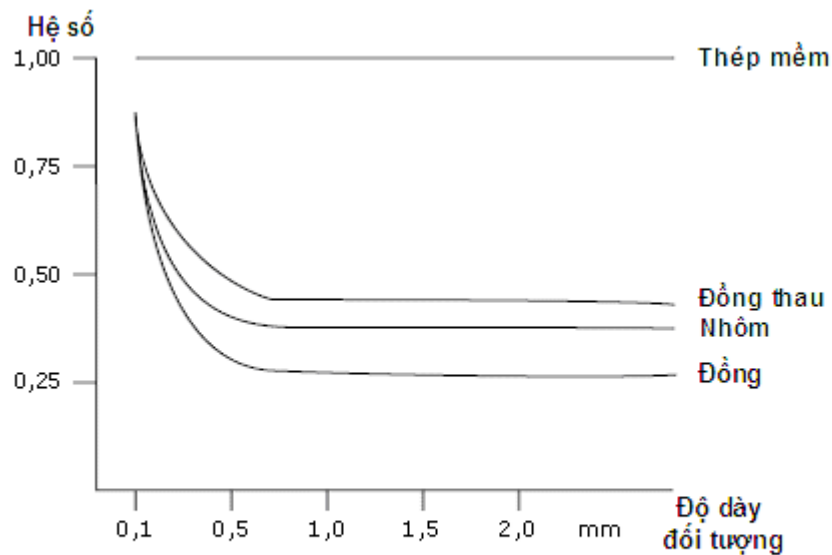
S_{new} : Tầm phát hiện mới của cảm biến tương ứng kích thước và vật liệu của cảm biến

S_n : Tầm phát hiện của cảm biến với đối tượng tiêu chuẩn

| Bảng 1 | | |
|-----------------------|----------|------------|
| Vật liệu | Hệ số 1 | |
| | Shielded | Unshielded |
| Thép mềm (mild steel) | 1.00 | 1.00 |
| Thép không gỉ (300) | 0,70 | 0,80 |
| Đồng thau | 0,40 | 0,50 |
| Nhôm | 0,35 | 0,45 |
| Đồng | 0,30 | 0,40 |

| Bảng 2 | | |
|---|----------|------------|
| Kích thước của đối tượng so với kích thước tiêu chuẩn | Hệ số 2 | |
| | Shielded | Unshielded |
| 25% | 0,56 | 0,50 |
| 50% | 0,83 | 0,73 |
| 75% | 0,92 | 0,90 |
| 100% | 1,00 | 1,00 |

Độ dày của đối tượng cũng là một yếu tố ảnh hưởng đến tầm phát hiện của cảm biến. Đối với những vật liệu không mang từ tính (không chứa chất sắt) như đồng, nhôm, đồng thau chịu ảnh hưởng của “hiệu ứng bề mặt”. Tầm phát hiện của cảm biến tăng lên khi độ dày đối tượng giảm.



Hình 2.13

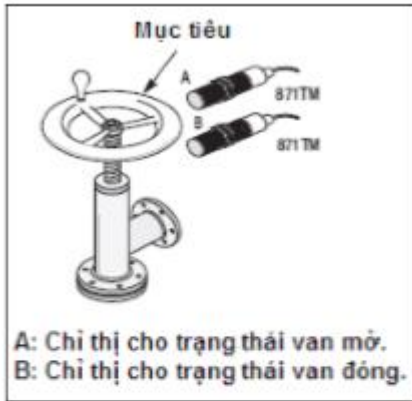
Ghi chú: Hệ số giúp điều chỉnh tầm phát hiện của cảm biến

2.1.2.5. Ưu nhược điểm của cảm biến tiệm cận điện cảm

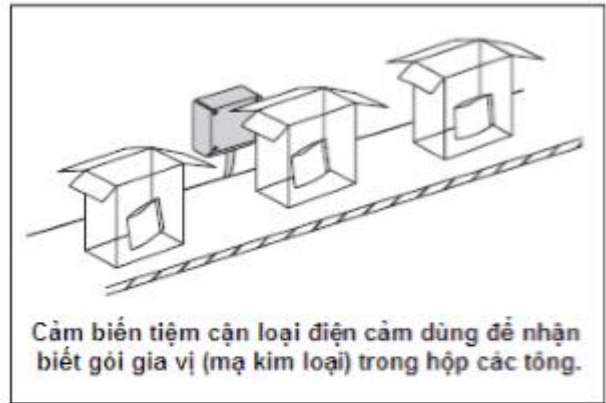
- Ưu điểm
 - Không chịu ảnh hưởng của độ ẩm
 - Không có bộ phận chuyển động.
 - Không chịu ảnh hưởng của bụi bặm.
 - Không phụ thuộc vào màu sắc.
 - Ít phụ thuộc vào bề mặt đối tượng hơn so với các kĩ thuật khác.
 - Không có “khu vực mù” (blind zone: cảm biến không phát hiện ra đối tượng mặc dù đối tượng ở gần cảm biến).
- Nhược điểm
 - Chỉ phát hiện được đối tượng là kim loại.
 - Có thể chịu ảnh hưởng bởi các vùng điện từ mạnh.
 - Phạm vi hoạt động ngắn hơn so với các kĩ thuật khác.

2.1.2.6. Một số ứng dụng của cảm biến tiệm cận điện cảm

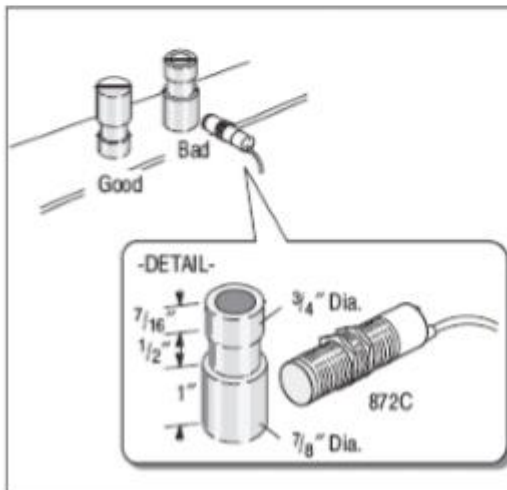
Công nghiệp dầu mỏ
(xác định vị trí của van)



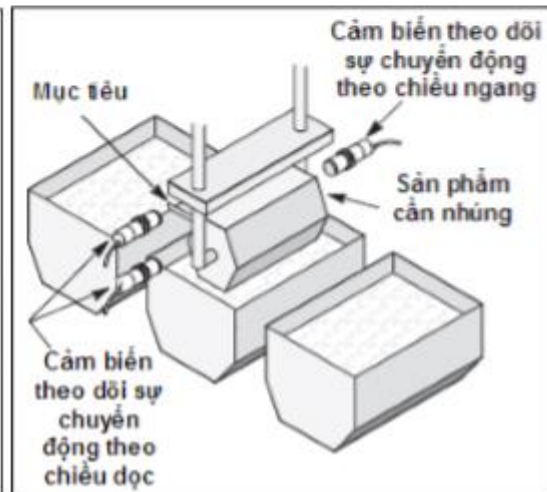
Công nghiệp đóng gói

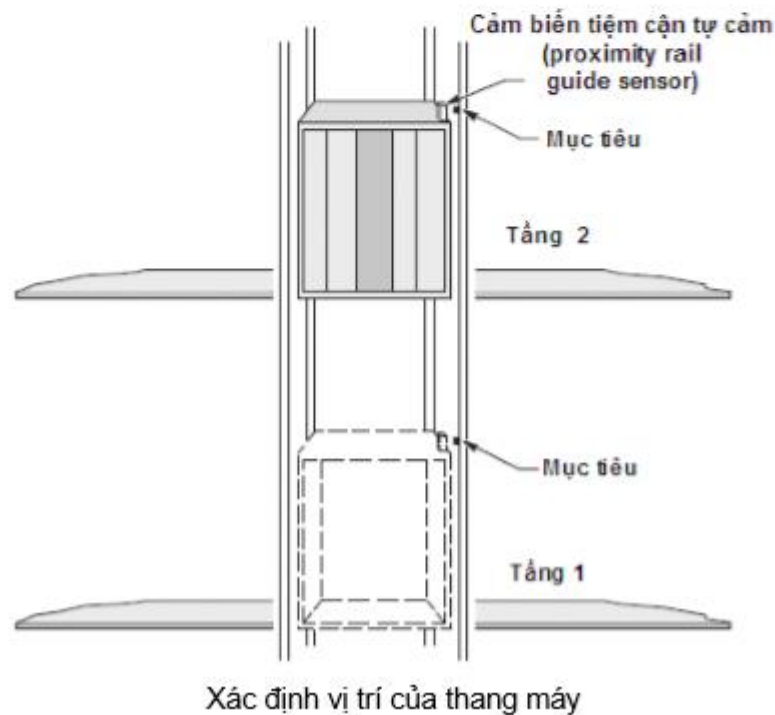
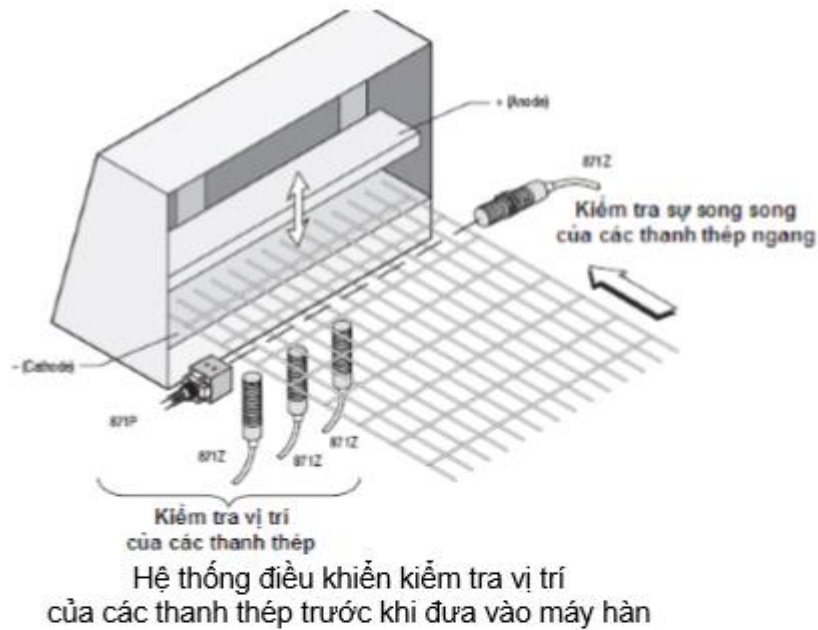


Kiểm tra vị trí của sản phẩm



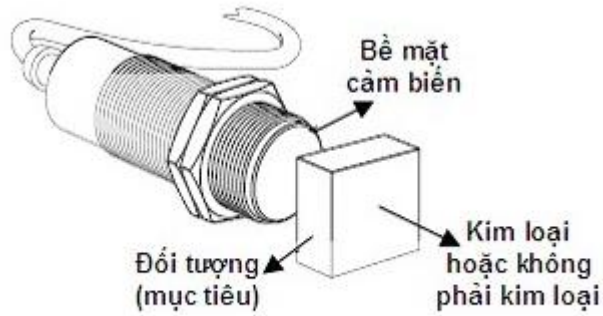
Công nghệ mạ





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

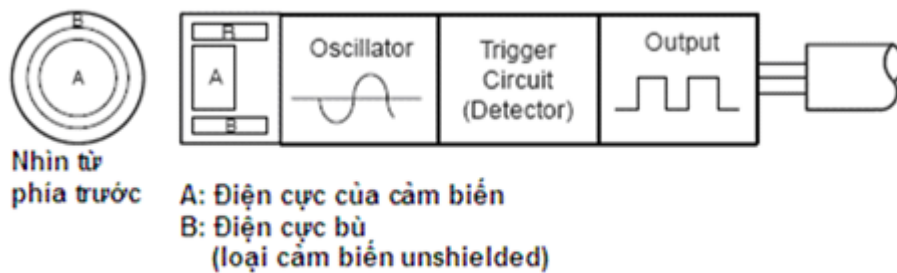
Cảm biến tiệm cận điện dung giống về kích thước, hình dáng, cơ sở hoạt động so với cảm biến tiệm cận điện cảm. Điểm khác biệt căn bản giữa chúng là cảm biến tiệm cận điện dung tạo ra vùng điện trường còn cảm biến tiệm cận điện cảm tạo ra vùng điện từ trường. Cảm biến tiệm cận điện dung có thể phát hiện đối tượng có chất liệu kim loại cũng như không phải kim loại.



Hình 2.14

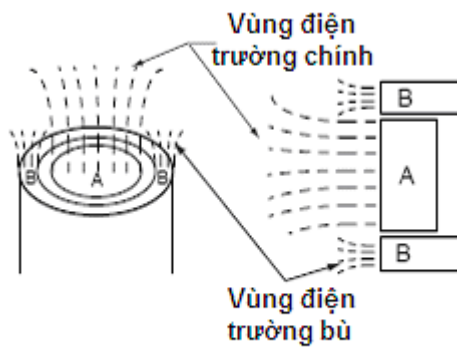
2.1.3.1. Cấu trúc của cảm biến tiệm cận điện dung

Cũng giống như cảm biến tiệm cận điện cảm, cảm biến tiệm cận loại điện dung có 4 phần:



Hình 2.15

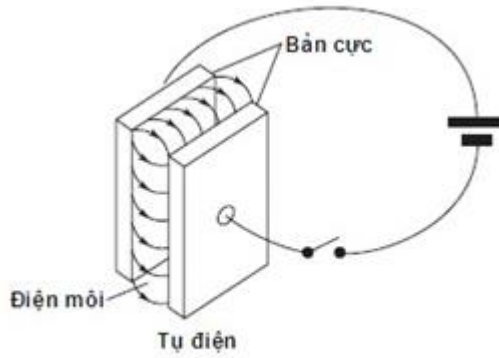
- Bộ phận cảm biến (các bản cực(điện cực) cách điện) (hình 2.16)
- Mạch dao động
- Mạch ghi nhận tín hiệu
- Mạch điện ở ngõ ra



Hình 2.16

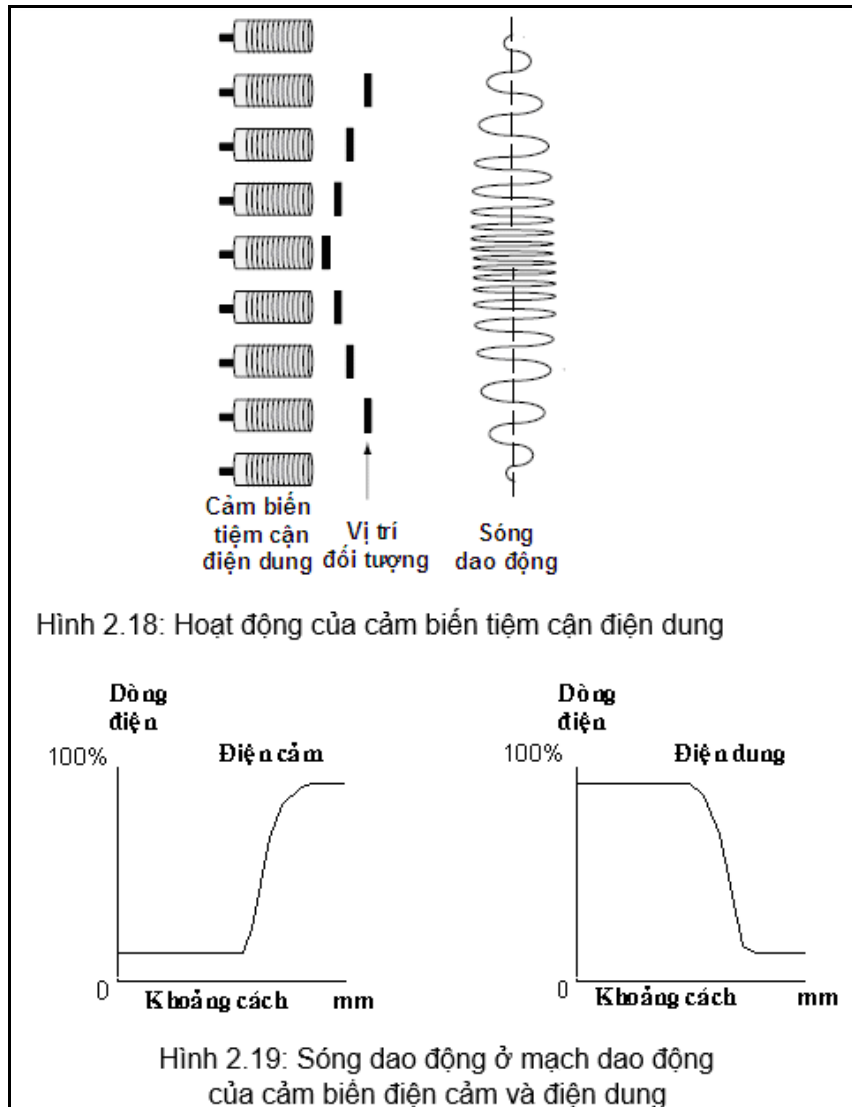
2.1.3.2. Nguyên lý hoạt động của cảm biến tiệm cận điện dung

- Tụ điện gồm hai bản cực và chất điện môi ở giữa. Khoảng cách giữa hai điện cực ảnh hưởng đến khả năng tích trữ điện tích của một tụ điện (điện dung là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích trữ điện tích của một tụ điện)



Hình 2.17

- Nguyên tắc hoạt động của cảm biến tiệm cận loại điện dung dựa trên sự thay đổi điện dung khi vật thể xuất hiện trong vùng điện trường. Từ sự thay đổi này trạng thái “On” hay “Off” của tín hiệu ngõ ra được xác định.
- Một bản cực là thành phần của cảm biến, đối tượng cần phát hiện là bản cực còn lại.
- Mối quan hệ giữa biên độ sóng dao động và vị trí đối tượng ở cảm biến tiệm cận điện dung trái ngược so với cảm biến tiệm cận điện cảm.



- Cảm biến tiệm cận loại điện dung có thể phát hiện bất cứ loại đối tượng nào có hằng số điện môi lớn hơn không khí. Vật liệu càng có hằng số điện môi càng cao thì càng dễ được cảm biến phát hiện. Ví dụ nước và không khí, cảm biến tiệm cận điện dung rất dễ dàng phát hiện ra nước (hằng số điện môi = 80) nhưng không thể nhận ra không khí (hằng số điện môi = 1).
- Đối với các chất kim loại khác nhau, khả năng phát hiện của cảm biến là không đổi. Nhưng đối với các chất khác, thì phạm vi phát hiện của cảm biến đối với từng chất là khác nhau.
- Vì vậy, cảm biến tiệm cận điện dung có thể dùng để phát hiện các vật liệu có hằng số điện môi cao như chất lỏng dù nó được chứa trong hộp kín (làm bằng chất liệu có hằng số điện môi thấp hơn như thủy tinh, plastic). Cần chắc chắn rằng đối tượng cảm biến phát hiện là chất lỏng chứ không phải hộp chứa.



Hình 2.20

2.1.3.3. Phân loại cảm biến tiệm cận điện dung

Cảm biến tiệm cận điện dung cũng phân thành 2 loại: shielded (được bảo vệ) và unshielded (không được bảo vệ).

Loại shielded có vòng kim loại bao quanh giúp hướng vùng điện trường về phía trước và có thể đặt ngang bằng với bề mặt làm việc.

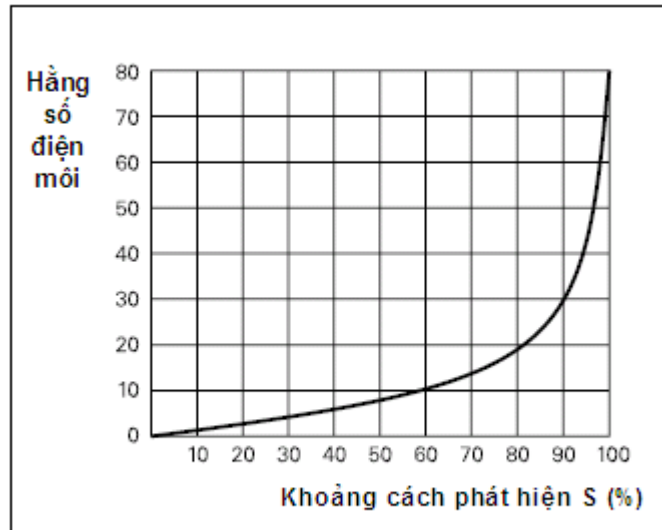
Loại unshielded không có vòng kim loại bao quanh và không thể đặt ngang bằng với bề mặt làm việc. Xung quanh cảm biến phải có 1 vùng trống (giống cảm biến tiệm cận điện cảm loại unshielded), kích thước vùng trống tùy thuộc vào từng loại cảm biến.

2.1.3.4. Những yếu tố ảnh hưởng đến tầm phát hiện của cảm biến tiệm cận điện dung

- + Kích thước của điện cực của cảm biến.
- + Vật liệu và kích thước đối tượng
- + Nhiệt độ môi trường

Đối tượng tiêu chuẩn và hằng số điện môi

Đối tượng tiêu chuẩn được chỉ định riêng với từng loại cảm biến tiệm cận điện dung. Thông thường chất liệu của đối tượng tiêu chuẩn được định nghĩa là kim loại hoặc nước



Hình 2.21

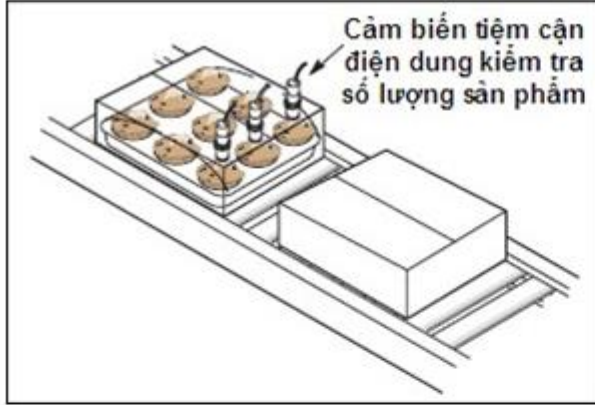
Hình 2.21 Biểu diễn mối quan hệ giữa khả năng phát hiện đối tượng và hằng số điện môi.

2.1.3.5. Ưu điểm và nhược điểm của cảm biến tiệm cận điện dung

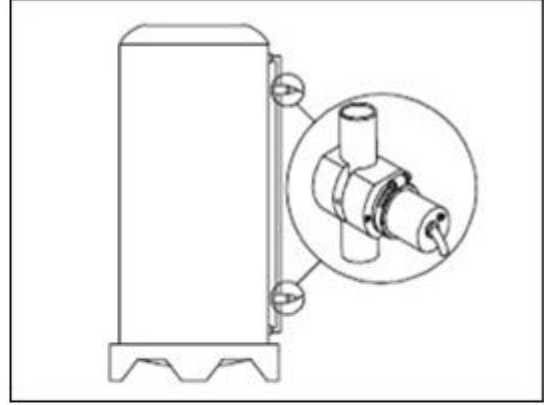
- **Ưu điểm**
 - Có thể cảm nhận vật dẫn điện và không dẫn điện.
 - Tính chất tuyến tính và độ nhạy không tùy thuộc vào vật liệu kim loại.
 - Nó có thể cảm nhận được vật thể nhỏ, nhẹ.
 - Vận tốc hoạt động nhanh.
 - Tuổi thọ cao và độ ổn định cũng cao đối với nhiệt độ.
- **Nhược điểm**
 - Bị ảnh hưởng bởi độ ẩm
 - Dây nối với sensor phải ngắn để điện dung dây không ảnh hưởng đến độ cộng hưởng của bộ dao động.

2.1.3.6. Một số ứng dụng của cảm biến tiệm cận điện dung

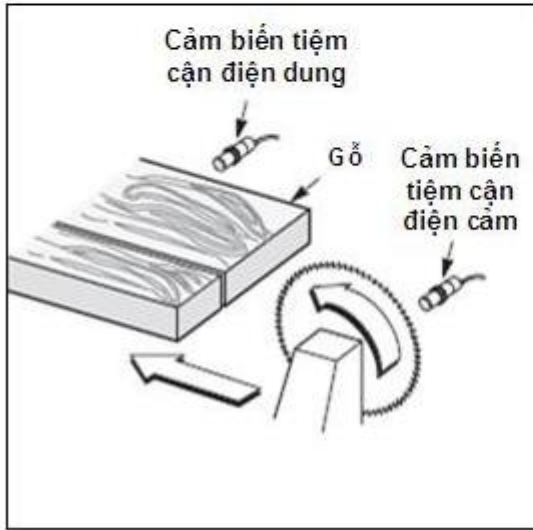
Công nghiệp thực phẩm



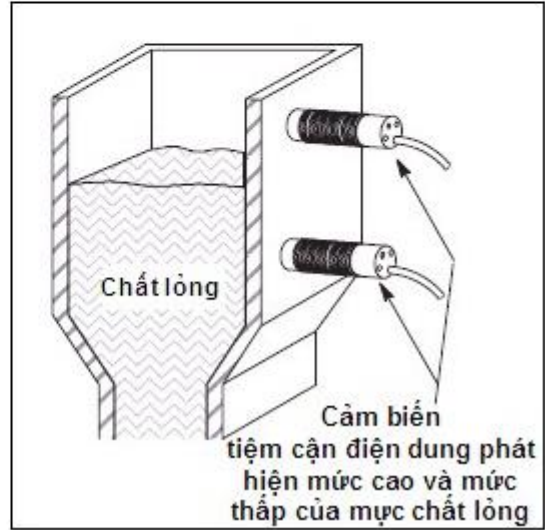
Đo mực chất lỏng



Chế biến gỗ

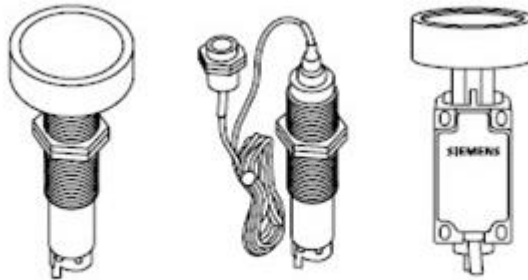


Đo mực chất lỏng



2.1.4. Cảm biến tiệm cận siêu âm (Ultrasonic proximity sensor)

Cảm biến tiệm cận siêu âm có thể phát hiện hầu hết các loại đối tượng: kim loại hoặc không phải là kim loại, chất lỏng hoặc chất rắn, vật trong hoặc mờ đục (những vật có hệ số phản xạ sóng âm thanh đủ lớn).



Hình 2.22: Một vài loại cảm biến tiệm cận siêu âm do Siemens sản xuất

2.1.4.1. Cấu trúc cảm biến tiệm cận siêu âm

Cảm biến tiệm cận siêu âm có 4 phần chính:

- Bộ phận phát và nhận sóng siêu âm (Transducer / Receiver):
- Bộ phận so sánh (Comparator)

- Mạch phát hiện (Detector Circuit) Khi cảm biến nhận được sóng phản hồi, bộ phân so sánh tính toán khoảng cách bằng cách so sánh thời gian phát, nhận và vận tốc âm thanh.
- Mạch điện ngõ ra (Output):
Tín hiệu ngõ ra có thể là digital hoặc analog. Tín hiệu từ cảm biến digital báo có hay không sự xuất hiện đối tượng trong vùng cảm nhận của cảm biến. Tín hiệu từ cảm biến analog chứa đựng thông tin khoảng cách của đối tượng đến cảm biến.



Hình 2.23: Các thành phần của cảm biến tiệm cận siêu âm

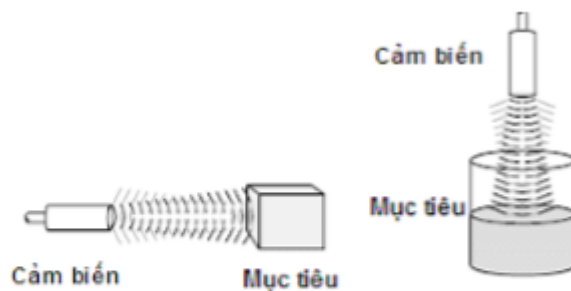
2.1.4.2. Nguyên lý hoạt động cảm biến tiệm cận siêu âm

Kỹ thuật cảm biến siêu âm dựa trên đặc điểm vận tốc âm thanh là hằng số. Thời gian sóng âm thanh đi từ cảm biến đến đối tượng và quay trở lại liên hệ trực tiếp đến độ dài quãng đường. Vì vậy cảm biến siêu âm thường được dùng trong các ứng dụng đo khoảng cách.

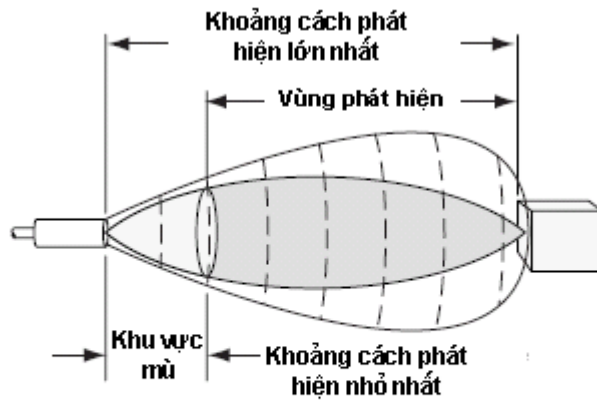
Tần số hoạt động: Nhìn chung, các cảm biến công nghiệp hoạt động với tần số 25 khz đến 500 Khz. Các cảm biến trong lĩnh vực y khoa thì hoạt động với khoảng tần số từ 5MHz trở lên. Tần số hoạt động của cảm biến tỉ lệ nghịch với khoảng cách phát hiện cảm biến. Với tần số 50 kHz, phạm vi hoạt động của cảm biến có thể lên tới 10 m hoặc hơn, với tần số 200 kHz thì phạm vi hoạt động cảm biến bị giới hạn ở mức 1 m.

Vùng hoạt động: là khu vực giữa 2 giới hạn khoảng cách phát hiện lớn nhất và nhỏ nhất

Cảm biến tiệm cận siêu âm có một vùng nhỏ không thể sử dụng gần bề mặt cảm biến gọi là “khu vực mù” (blind zone).

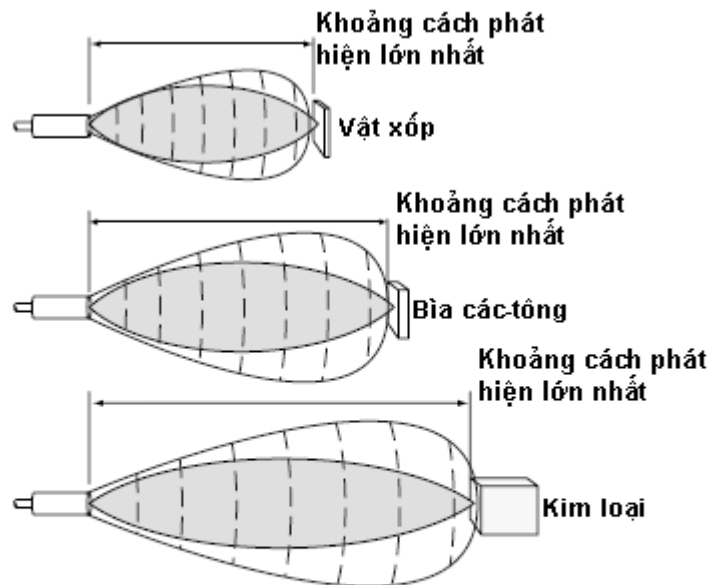


Hình 2.24 Sóng âm thanh phản hồi khi đối tượng (mục tiêu) là chất rắn, chất lỏng.



Hình 2.25: Vùng hoạt động của cảm biến tiệm cận siêu âm

Kích thước và vật liệu của đối tượng cần phát hiện quyết định khoảng cách phát hiện lớn nhất (xem hình 2.26).



Hình 2.26: Khoảng cách hoạt động lớn nhất của cảm biến tiệm cận siêu âm với các đối tượng khác nhau

2.1.4.3. Cảm biến tiệm cận siêu âm loại có thể điều chỉnh khoảng cách phát hiện (Background Suppression)

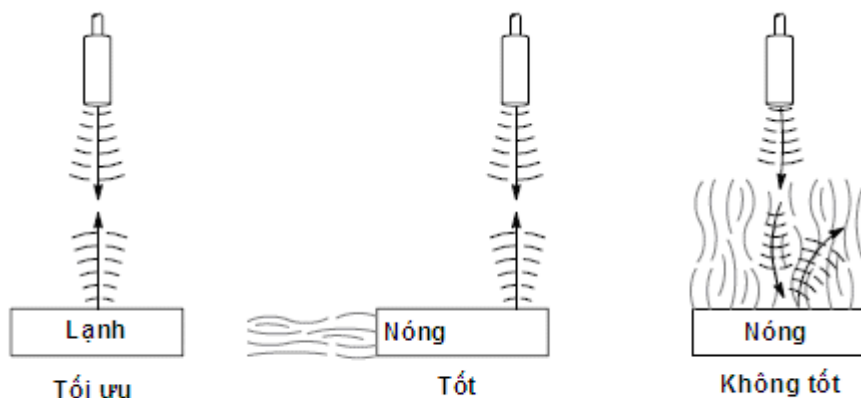
Một số dạng cảm biến ngõ ra analog cho phép điều chỉnh khoảng cách phát hiện, chúng có thể từ chối việc phát hiện các đối tượng sau một khoảng cách xác định. Khoảng cách phát hiện có thể điều chỉnh bởi người sử dụng.

Ngoài ra để cảm biến không phát hiện đối tượng dù chúng di chuyển vào vùng hoạt động của cảm biến, người ta có thể tạo 1 lớp vỏ bằng chất liệu có khả năng không phản xạ lại sóng âm thanh.

2.1.4.4. Ưu nhược điểm của cảm biến tiệm cận siêu âm

- **Ưu điểm**

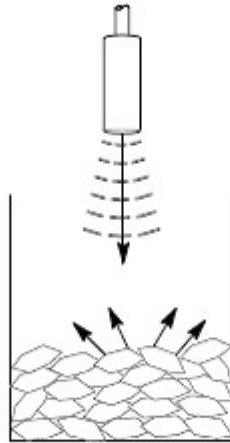
- Khoảng cách mà cảm biến có thể phát hiện vật thể lên tới 15m.
- Sóng phản hồi của cảm biến không phụ thuộc màu sắc của bề mặt đối tượng hay tính chất phản xạ ánh sáng của đối tượng ví dụ bề mặt kính trong suốt, bề mặt gốm màu nâu, bề mặt plastic màu trắng, hay bề mặt chất liệu nhôm sáng, trắng... là như nhau.
- Tín hiệu đáp ứng của cảm biến tiệm cận siêu âm analog là tỉ lệ tuyến tính với khoảng cách. Điều này đặc biệt lý tưởng cho các ứng dụng như theo dõi các mức của vật chất, mức độ chuyển động của đối tượng.
- Nhược điểm
 - Cảm biến tiệm cận siêu âm yêu cầu đối tượng có một diện tích bề mặt tối thiểu (giá trị này tùy thuộc vào từng loại cảm biến).
 - Sóng phản hồi cảm biến nhận được có thể chịu ảnh hưởng của các sóng âm thanh tạp âm.
 - Cảm biến tiệm cận siêu âm yêu cầu một khoảng thời gian sau mỗi lần sóng phát đi để sẵn sàng nhận sóng phản hồi. Kết quả thời gian đáp ứng của cảm biến tiệm cận siêu âm nhìn chung chậm hơn các cảm biến khác.
 - Với các đối tượng có mật độ vật chất thấp như bọt hay vải (quần áo) rất khó để phát hiện với khoảng cách lớn.
 - Cảm biến tiệm cận siêu âm bị giới hạn khoảng cách phát hiện nhỏ nhất.
 - Sự thay đổi của môi trường như nhiệt độ (vận tốc âm thanh phụ thuộc vào nhiệt độ), áp suất, sự chuyển không đồng đều của không khí, bụi bẩn bay trong không khí gây ảnh hưởng đến kết quả đo.
 - Nhiệt độ bề mặt của đối tượng của ảnh hưởng đến phạm vi hoạt động của cảm biến. Hơi nóng tỏa ra từ đối tượng có nhiệt độ cao làm méo dạng sóng, làm cho khoảng cách phát hiện của đối tượng ngắn lại và giá trị khoảng cách không chính xác.



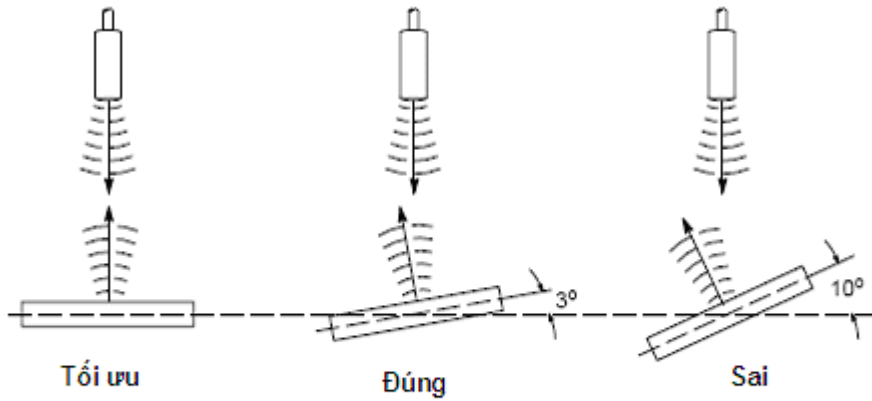
Hình 2.27: Ảnh hưởng của nhiệt độ đối với sóng phản hồi

- Bề mặt phẳng phản hồi năng lượng của sóng âm thanh tốt hơn bề mặt gồ ghề. Tuy nhiên bề mặt trơn phẳng lại có đòi hỏi khắc khe về vị trí

góc tạo thành giữa cảm biến và mặt phẳng đối tượng (xem hình 2.27 và hình 2.28).



Hình 2.28: Đối tượng có bề mặt gồ ghề không yêu cầu cảm biến đặt ở vị trí chính xác

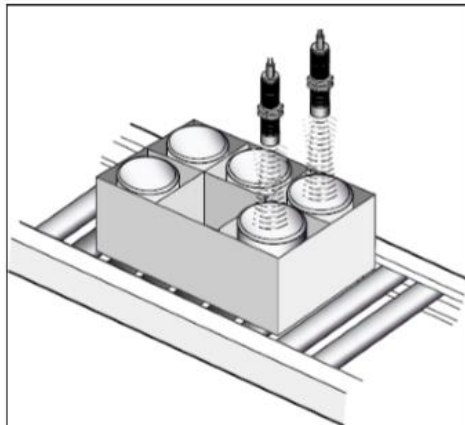


Hình 2.29: Đối tượng có bề mặt phẳng yêu cầu cảm biến đặt ở vị trí tạo thành góc phải bằng hoặc nhỏ hơn 3° .

2.1.4.5. Một số ứng dụng của cảm biến tiệm cận siêu âm

Phát hiện sự hiện diện, không hiện diện của đối tượng trong suốt bằng thủy tinh.

Dùng trong điều khiển

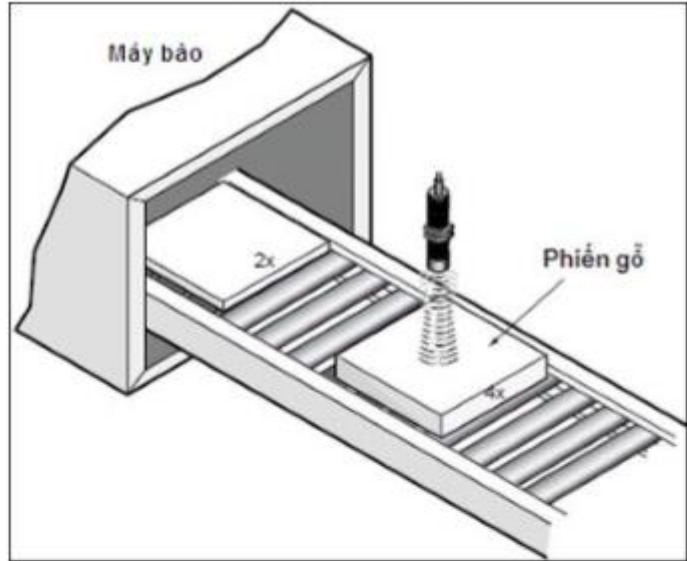


Đo khoảng cách, đo cao, hay

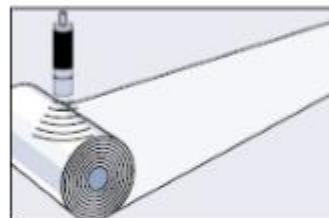
mực chất lỏng.



vị trí của phiến gỗ trên dây chuyền



Phát hiện người



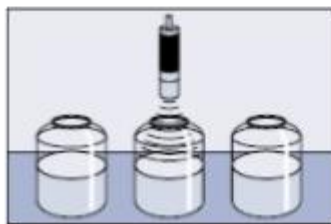
Phát hiện đường kính



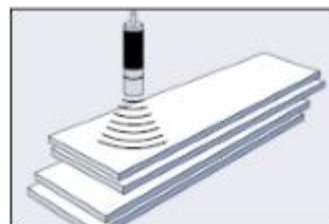
Phát hiện dây bị đứt



Đo mực chất lỏng



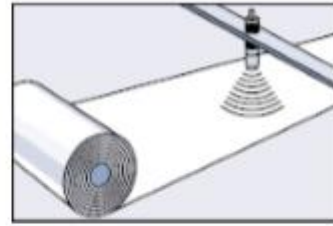
Đo mực chất lỏng trong lọ (có cổ nhỏ)



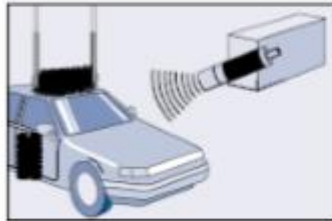
Phát hiện chiều cao



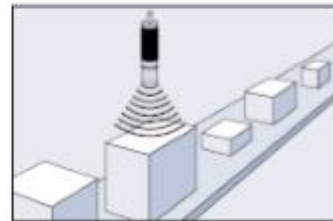
Đếm chai



Phát hiện giấy bị đứt



Phát hiện xe

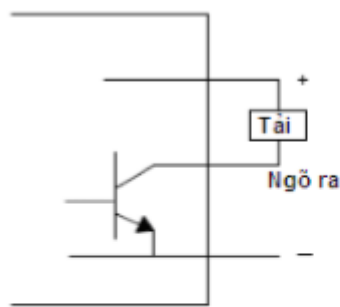


Phát hiện chiều cao

2.1.5. Cấu hình ngõ ra của cảm biến tiệm cận

2.1.5.1. Ngõ ra dạng transistor NPN và transistor PNP

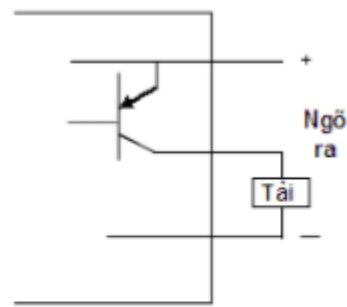
Với điện áp DC thấp, cảm biến có 2 dạng cấu hình ngõ ra phổ biến là: kiểu NPN transistor và kiểu PNP transistor.



Hình 2.30: NPN transistor

Trường hợp cảm biến loại NPN:

Tải mắc giữa ngõ ra A của cảm biến và cực dương của nguồn điện.



Hình 2.31: PNP transistor

Trường hợp cảm biến loại PNP:

Tải mắc giữa ngõ ra A của cảm biến và cực âm của nguồn điện.

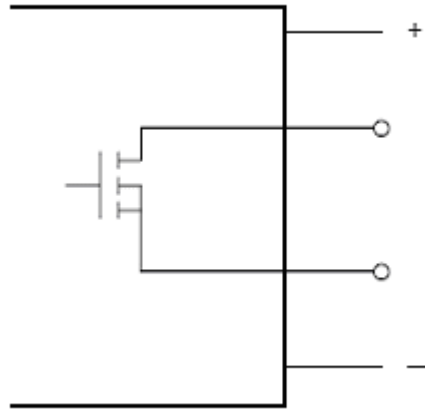
2.1.5.2. Ngõ ra dạng Transistor FETs

Ngõ ra dạng khác là kiểu transistor FETs cung cấp sự đáp ứng nhanh, dòng tiêu hao rất nhỏ. Dòng điều khiển để thay đổi trạng thái chỉ cần cỡ $30 \text{ A } \mu$,

Nhưng nhìn chung thì 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 relay (cả điện AC và DC).

Dạng FET công suất, tiếp điểm ngõ ra có thể chịu được dòng đến 500 mA

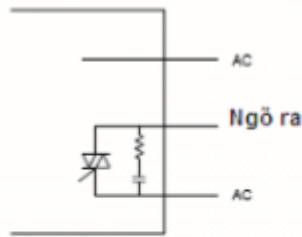


Hình 2.32: Transistor FETs

2.1.5.3. 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 contactor lớn.

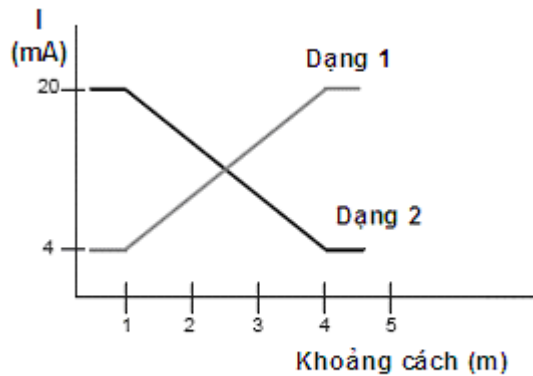
Dòng tiêu hao của nó lớn hơn so với FETs. Giá trị này vượt quá 1mA do đó nó không thích hợp để kết nối với các thiết bị như PLC.



Hình 2.33: Triac

2.1.5.4. 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.

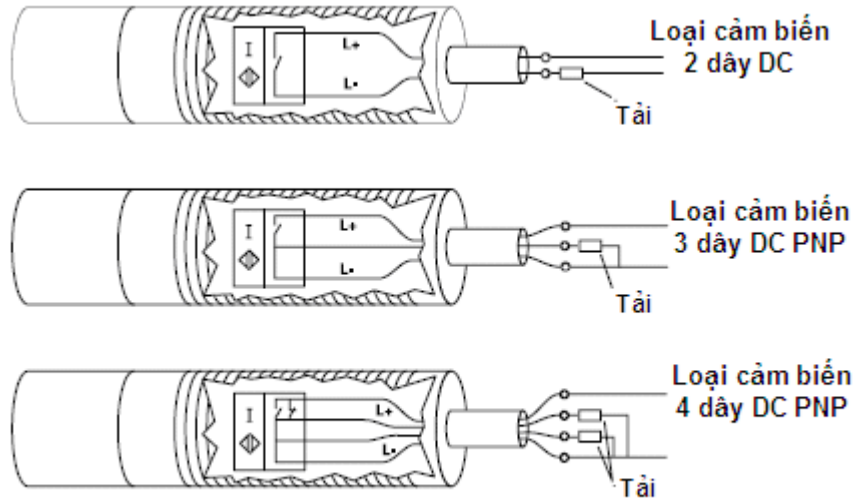


Hình 2.34:

- 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 thiết bị loại thường mở. Ngược lại trạng thái ngõ ra là On khi không có đối tượng xuất hiện thì nó là loại thường đóng.

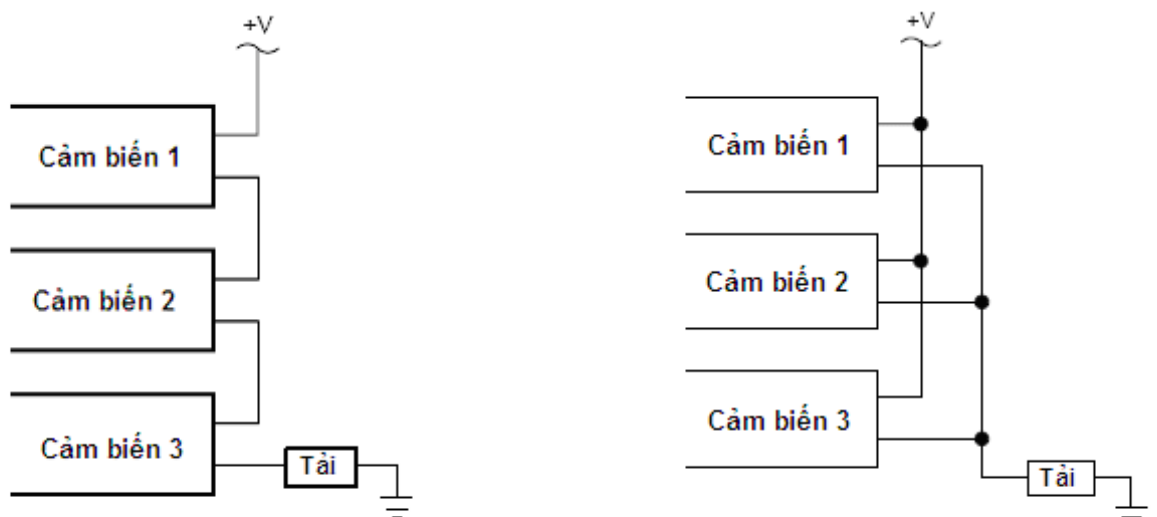
- Ngoài loại 3 dây, cảm biến còn có loại 4 dây và loại 2 dây. Với loại 4 dây, trong 1 cảm biến có cả 2 loại ngõ ra: thường đóng và thường mở.



Hình 2.35

2.1.6. Cách kết nối các cảm biến tiệm cận với nhau

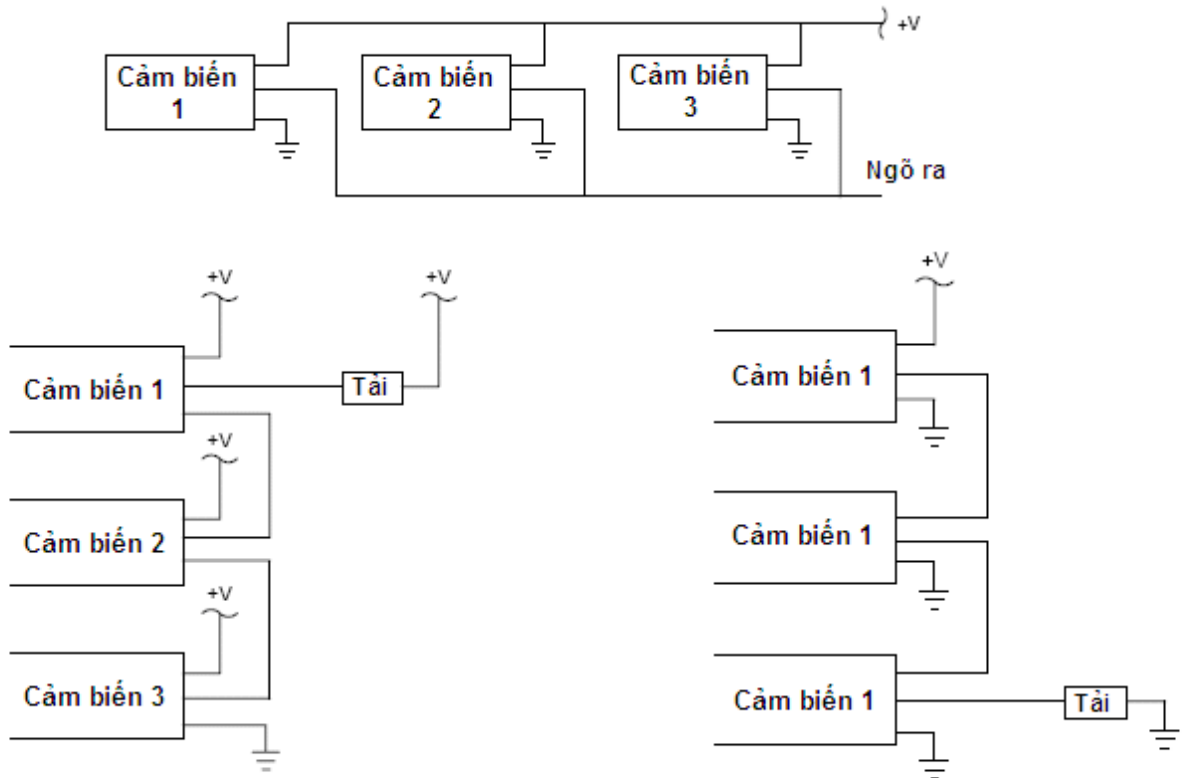
- Trong một số ứng dụng đòi hỏi phải sử dụng nhiều hơn 1 cảm biến. Các cảm biến có thể nối song song hoặc mắc nối tiếp. Khi mắc nối tiếp, ngõ ra lên On khi tất cả các cảm biến đều lên On. Còn khi mắc nối tiếp, chỉ cần 1 trong số các cảm biến lên On thì ngõ ra lên On.
- Loại 2 dây



Cách kết nối nối tiếp cảm biến loại 2 dây

Cách kết nối song song cảm biến loại 2 dây

- Loại 3 dây NPN và PNP Cách kết nối song song cảm biến loại 3 dây NPN



Cách kết nối nối tiếp cảm biến loại 3 dây NPN

Cách kết nối nối tiếp cảm biến loại 3 dây PNP

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

2.2.1. Xác định vị trí và khoảng cách bằng biến trở

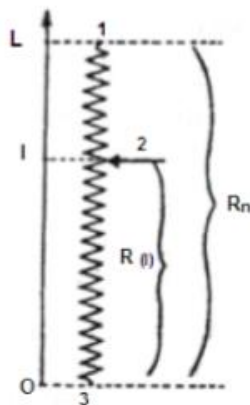
2.2.1.1. Cấu trúc

Gồm một điện trở cố định R_n và một tiếp xúc điện có thể di chuyển gắn với chuyển động cần đo gọi là con chạy. Vị trí con chạy tỷ lệ với giá trị điện trở tại đầu ra của tiếp xúc điểm.

Căn cứ vào hình dạng của R_n và dạng chuyển động của con chạy người ta chia ra 2 loại:

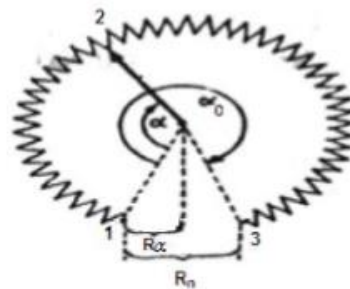
Dịch chuyển thẳng

$$R(l) = R_n \frac{l}{L}$$



Dịch chuyển quay

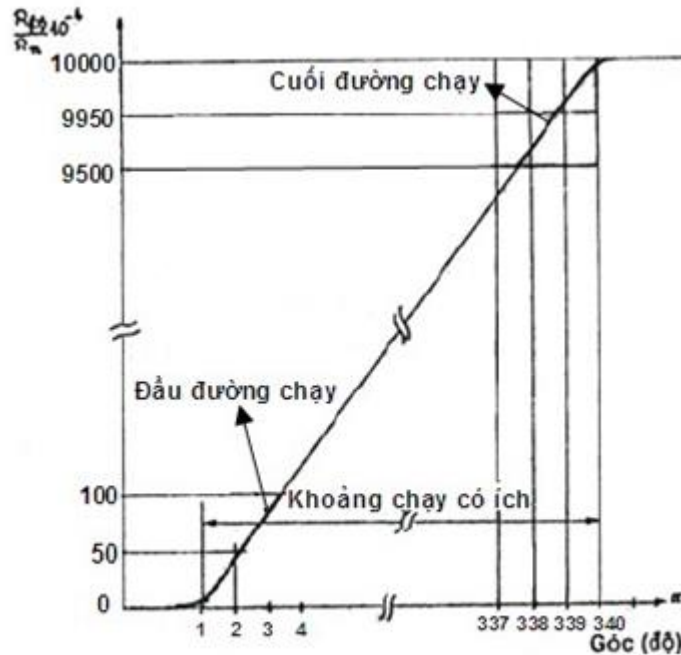
$$R_\alpha = R_n \frac{\alpha}{\alpha_0}$$



Hình 2.36

2.2.1.2. Đặc tính

- + Độ phân giải: thông thường đạt cỡ $10\ \mu\text{m}$
 - + Tuổi thọ của con chạy: 106 lần với dạng xoay và 107 – 108 với dạng dịch chuyển
 - + Độ tuyến tính: giá trị của tỉ số $R(x)/R_n$ ở hai đầu của điện trở không ổn định, do đó ở đầu đường chạy hoặc cuối đường chạy thì độ tuyến tính kém.
- Hình 2.37: Sự thay đổi của tỉ số $R(x)/R_n$ phụ thuộc vào vị trí con chạy



Hình 2.37

2.2.1.3. Các loại biến trở

Giá trị điện trở R_n từ $1\text{k}\Omega$ đến $100\text{k}\Omega$, đôi khi lên đến hàng $\text{M}\Omega$. Tùy từng trường hợp cụ thể độ chính xác của điện trở là 20%, 10% và đôi khi đạt tới 5%. Trên thực tế không cần đòi hỏi độ chính xác cao vì tín hiệu đo chỉ phụ thuộc vào tỉ số $R(x)/R_n$. Có nhiều loại biến trở, tùy theo từng ứng dụng mà người ta chọn loại biến trở thích hợp.

- **Biến trở dây kim loại**

Loại biến trở này có thể dùng với dòng điện khá cao. Nó có hệ số nhiệt độ thấp, ít tiếng ồn cho mạch điện tử và trị số điện trở không bị trôi theo thời gian và do ảnh hưởng của khí hậu. Nhược điểm là độ phân giải thấp.

- **Biến trở với lớp polymer**

Lớp điện trở được cấu tạo bởi một loại sơn hữu cơ trộn với muội than và bột graphite. Lớp điện tử loại này rất trơn phẳng, khó bị mài mòn. Tuy nhiên nó có hệ số nhiệt độ khá lớn ($300\dots 1000\text{ppm/K}$). Do độ ổn định của nó so với biến trở dây kim loại ở nhiệt độ cao kém.

- **Biến trở với oxit kim loại – thủy tinh (cermet)**

Loại điện trở này được tôi ở nhiệt độ khá cao $80^{\circ} \dots 900^{\circ}\text{C}$, cho nên rất cứng. Tuy nhiên bề mặt nhám, không thích hợp cho sự dịch chuyển con chạy nhiều lần. Biến trở loại này thích hợp cho việc chỉnh điện áp trong các mạch điện tử.

Biến trở với màng mỏng kim loại.

Với phương pháp phun phủ hay phun bụi catot người ta có thể tạo một lớp kim loại thực phẳng trên một nền thủy tinh. Vật liệu có thể là hợp kim Ni/Cr hay oxit kim loại Ta_2O_5 . Màng mỏng kim loại có bề dày khoảng $1 \mu\text{m}$.

Trong các loại biến trở trên chỉ có loại biến trở với lớp polymer là thích hợp hơn cả cho công việc định vị và tính khoảng cách. Với bề mặt trơn láng và ít bị mài mòn, loại biến trở này có thể chịu đựng được rất nhiều lần dịch chuyển của con chạy mà đặc tính kỹ thuật không bị thay đổi. Loại cảm biến này được dùng nhiều trong các lĩnh vực như: Kỹ thuật xe hơi, định vị trong một hệ thống đo đạc và ngay cả tính hệ số góc cho việc điều chỉnh động cơ bước, vì với cách này sự thay đổi góc được chuyển đổi vô nấc. Độ dày của lớp polymer khoảng từ $10 \dots 20 \mu\text{m}$ và chịu đựng được nhiệt độ đến 1500°C . Vật liệu chế tạo các con chạy là hợp kim của các kim loại quý như: Pd, Pt, Au và Ag. Với các hợp kim này sự hình thành các lớp dẫn điện kém do ảnh hưởng của khí hậu không xảy ra. Do vậy giữa con chạy và màng polymer luôn luôn có sự tiếp xúc điện rất tốt. Các lớp polymer này được chế tạo với phương pháp in lụa thật thận trọng trong điều kiện sạch không có bụi. Sau đó được làm cứng lại qua sự nung nóng ở nhiệt độ $150^{\circ}\text{C} \dots$ đến 250°C . Lớp polymer có thể chịu đựng được 10^7 lần dịch chuyển của con chạy mà điện trở giữa con chạy và lớp polymer không hề gia tăng.

2.2.2. Xác định vị trí và khoảng cách bằng tự cảm

2.2.2.1. Cấu trúc, nguyên lý hoạt động của cảm biến tự cảm

Cấu trúc đơn giản của một cảm biến tự cảm dùng để đo khoảng cách, đo góc gồm một cuộn dây và một lõi sắt dịch chuyển.

Nguyên lý hoạt động

Đại lượng vào làm thay đổi độ tự cảm và tổng trở của cảm biến cũng thay đổi theo.

Đường sức đi qua 3 vùng, trong sắt ($l_{\text{Fe}}, A_{\text{Fe}}$), trong không khí bên trong cuộn dây (l, A) và trong vùng bên ngoài cuộn dây (S_a, l_a).

$$L = \frac{N^2}{R_m}$$

Trong đó:

N: số vòng dây của cuộn

dây.

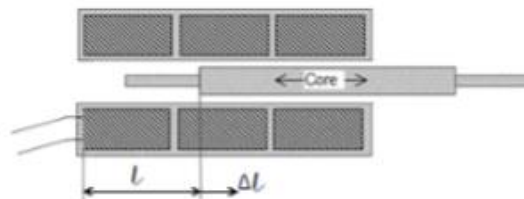
R_m : điện trở từ của cuộn

dây.

Điện trở từ của cuộn dây với

lõi sắt:

$$R_m = \frac{l_{\text{Fe}}}{\mu_0 \mu_r A_{\text{Fe}}} + \frac{l}{\mu_0 A} + \frac{l_a}{\mu_0 A_a}$$



Hình 2.38:

Trong đó:

+ μ_r của sắt rất lớn (khoảng 10^3 đến 10^4) cho nên coi sự thay đổi của phần điện trở từ trong sắt khi lõi sắt di chuyển coi như không đáng kể.

+ Diện tích A_a trong không khí bên ngoài cuộn dây rất lớn hoặc có thể bọc cuộn dây bằng vỏ sắt mềm và hầu như tất cả các đường sức đều chạy vào đây với điện trở từ coi như rất nhỏ

Do đó đặt $R_0 = \frac{l_{Fe}}{\mu_0 \mu_r A_{Fe}} + \frac{l_a}{\mu_0 A_a}$ và bỏ qua R_0

$$R_m = \frac{l}{\mu_0 A}$$

$$L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{N^2 \mu_0 A}{l} = \frac{k}{l}$$

Như thế độ tự cảm càng lớn khi lõi sắt càng nằm sâu bên trong cuộn dây. Khi lõi sắt được dịch chuyển từ vị trí l_0 ra bên ngoài cuộn dây 1 đoạn Δl độ tự

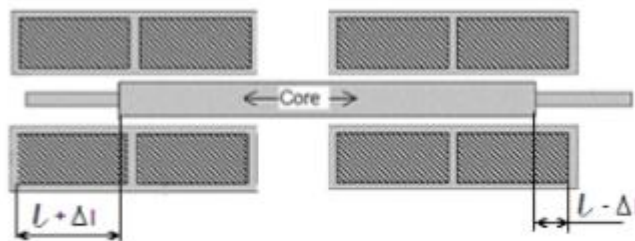
cảm giảm đi từ $L_1 = \frac{k}{l}$ thành $L_2 = \frac{k}{l + \Delta l}$

Vậy L phi tuyến theo l , để tính cả ảnh hưởng sự thay đổi của từ trở qua lõi sắt, và giảm bớt mức độ phi tuyến người ta dùng cấu trúc cảm biến lõi chìm vi sai.

2.2.2.2. Cảm biến tự cảm với lõi chìm vi sai

Cấu trúc:

Gồm hai cuộn dây cách biệt, một lõi sắt được đặt bên trong hai cuộn dây. Khi lõi sắt được dịch chuyển, tự cảm của 1 cuộn dây giảm và cuộn khác dây tăng.



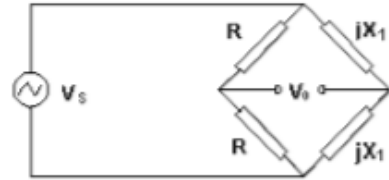
Hình: 2.39

Với cấu trúc đối xứng đồng trục, cảm biến này có thể dùng để đo khoảng cách. Với cấu trúc vành khăn và xoay, nó được dùng để đo góc.

Để đo khoảng cách, cả hai cuộn dây được đặt trong nửa cầu đo.

$$X_1 = \omega L_1 = \frac{\omega k}{(l + \Delta l)}$$

$$X_2 = \omega L_2 = \frac{\omega k}{(l - \Delta l)}$$



$$V_0 = V_s \left(\frac{jX_1}{j(X_1 + X_2)} - \frac{R}{2R} \right) = V_s \left(\frac{2X_1 - (X_1 + X_2)}{2(X_1 + X_2)} \right) = V_s \frac{(X_1 - X_2)}{2(X_1 + X_2)}$$

$$V_0 = \frac{V_s}{2} \frac{\frac{\omega k}{l + \Delta l} - \frac{\omega k}{l - \Delta l}}{\frac{\omega k}{l + \Delta l} + \frac{\omega k}{l - \Delta l}} = -\frac{V_s}{2l} \Delta l$$

Như vậy V_0 tỉ lệ với Δl .

2.2.2.3. Cảm biến tự cảm để đo khoảng cách ngắn

Vòng từ trường được khép kín bởi 1 thanh đặt nằm ngang. Các đường sức của từ trường đi ngang qua 2 lần khoảng cách x , lõi di chuyển và ống dây.

Với A là diện tích mặt cắt ngang của lõi ta có điện trở từ.

$$R_m = R_g + R_A + R_c$$

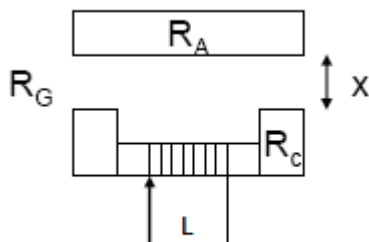
$$R_m = \frac{2x}{\mu_0 A} + \frac{l_A}{\mu_0 \mu_r A} + \frac{l_c}{\mu_0 \mu_r A}$$

$$\text{đặt } R_0 = \frac{l_A}{\mu_0 \mu_r A} + \frac{l_c}{\mu_0 \mu_r A}$$

$$R_m = \frac{2x}{\mu_0 A} + R_0 = Kx + R_0 \text{ với } K = \frac{2}{\mu_0 A}$$

$$L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{N^2}{Kx + R_0} = \frac{N^2 / R_0}{x \cdot K / R_0 + 1} = \frac{L_0}{1 + \alpha x}$$

Như vậy L phi tuyến theo x .



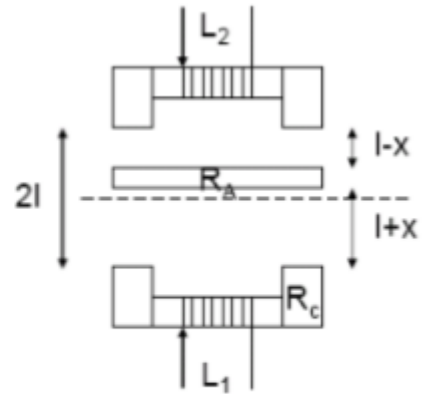
Hình 2.40: Cấu trúc cảm biến

- Loại vi sai

$$L_1 = \frac{L_{01}}{1 + \alpha(l-x)}$$

$$L_2 = \frac{L_{02}}{1 + \alpha(l+x)}$$

Với cách đo này độ nhạy tăng lên 2 lần và độ phi tuyến giảm đi đáng kể.



Hình 2.41: Cấu trúc cảm biến vi sai

2.2.3. Xác định vị trí và khoảng cách bằng cảm biến điện dung

2.2.3.1. Nguyên lý hoạt động:

Cảm biến điện dung dựa trên tác động tương hỗ giữa 2 điện cực tạo thành tụ điện. Điện dung của nó thay đổi dưới tác động của đại lượng vào.

Điện dung sẽ phụ thuộc vào tiết diện, khoảng cách 2 bản cực và điện môi giữa 2 bản cực $C(x) = f(A, d, \epsilon)$.

Với trường hợp đơn giản tụ điện phẳng:

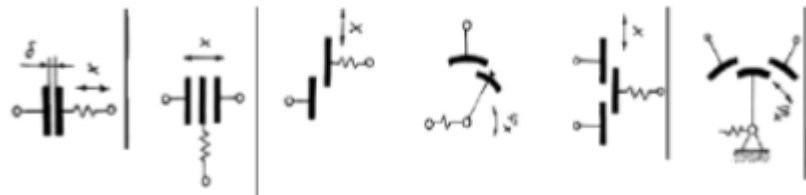
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{a}$$

A: diện tích bản cực

a: khoảng cách giữa 2 bản cực.

ϵ_0 : hằng số điện môi chân không.
($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m)

ϵ_r : hằng số điện môi.



Hình 2.42

Cảm biến được đặc trưng bởi độ nhạy:

+ Độ nhạy điện dung: $S_c = \Delta C / \Delta x$

+ Độ nhạy điện kháng: $S_z = \Delta Z / \Delta x$

2.2.3.2. Sự thay đổi khoảng cách của hai bản cực

Điện dung của tụ điện tỉ lệ nghịch với khoảng cách bản cực. Khi khoảng cách bé đi điện dung lớn hơn và ngược lại.

Xét tụ điện phẳng:

$$\text{Độ nhạy } S_C = \Delta C / \Delta x = dC/da = -\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{a^2} = -\frac{C}{a}$$

$$\rightarrow \frac{dC}{C} = -\frac{da}{a}$$

Như vậy sự thay đổi tương đối của điện dung tỉ lệ với sự thay đổi tương đối của khoảng cách.

Khi a tăng 1 khoảng Δa , điện dung giảm từ $C_0 = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{a_0}$ đến

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{a_0 + \Delta a}$$

Khi tụ điện nằm ở $\frac{1}{4}$ cầu:

$$X_2 = \frac{-1}{\omega C} = \frac{-(a_0 + \Delta a)}{\omega \varepsilon_0 \varepsilon_r A} \quad X_1 = \frac{-1}{\omega C} = \frac{-a_0}{\omega \varepsilon_0 \varepsilon_r A}$$

Điện thế cầu chỉ tỉ lệ tuyến tính gần đúng với sự thay đổi khoảng cách bản cực:

$$U_\varepsilon = \frac{U_0}{2} \frac{\Delta a}{2a_0 + \Delta a} \approx \frac{U_0}{4a_0} \Delta a$$

Sự không tuyến tính mất đi trong trường hợp với tụ vi sai (2 tụ điện với bản cực chung nằm ở giữa). Khi bản cực giữa di chuyển 1 đoạn Δa , điện dung 1 tụ giảm 1 tụ tăng.

$$X_1 = \frac{-1}{\omega C} = \frac{-(a_0 - \Delta a)}{\omega \varepsilon_0 \varepsilon_r A}$$

$$X_2 = \frac{-1}{\omega C} = \frac{-(a_0 + \Delta a)}{\omega \varepsilon_0 \varepsilon_r A}$$

Hai tụ này được đặt ở phân nửa cầu, ta có điện thế cầu tỉ lệ tuyến tính với sự thay đổi khoảng cách Δa .

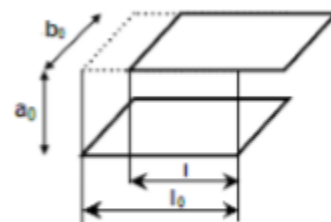
$$U_\varepsilon = \frac{U_0}{2a_0} \Delta a$$

2.2.3.3. Sự thay đổi diện tích bản cực

Diện tích hiệu dụng bản cực của một tụ điện có thể thay đổi được khi bản cực nằm ở các vị trí chênh nhau.

Bản cực có chiều dài l_0 , chiều rộng b_0 và khoảng cách a_0 ta có điện dung cực đại của tụ điện.

$$C_0 = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{b_0 l_0}{a_0}$$



Hình 2.44

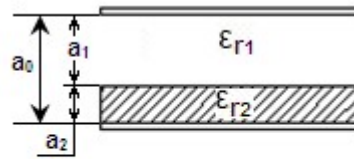
Khi 2 bản cực chỉ đối diện nhau 1 chiều dài l , điện dung sẽ giảm đi từ C_0 thành C :

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{b_0 l}{a_0} = \frac{C_0}{l_0} l$$

Như vậy điện dung C tỉ lệ với l

2.2.3.4. Sự thay đổi kích thước điện môi

Các lớp điện môi khác nhau tụ điện với 2 lớp điện môi ϵ_{r1} và ϵ_{r2} có độ dày a_1 và a_2 , hai lớp điện môi này lắp đầy khoảng trống giữa 2 điện cực với độ dày $a_0 = a_1 + a_2$. cấu trúc trên có thể coi như 2 tụ điện mắc nối tiếp nhau.



Hình 2.45

Điện dung C tương đương của 2 tụ điện được tính như sau:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{\epsilon_0 A} \left(\frac{a_1}{\epsilon_{r1}} + \frac{a_2}{\epsilon_{r2}} \right) \Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 A}{\frac{a_1}{\epsilon_{r1}} + \frac{a_2}{\epsilon_{r2}}}$$

Nếu trị số điện môi $\epsilon_{r1} = 1$ (không khí) điện dung C được tính như sau:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{a_1 + \frac{a_2}{\epsilon_{r2}}} = \frac{\epsilon_0 A}{a_0 - a_2 + \frac{a_2}{\epsilon_{r2}}}$$

Như vậy trị số điện dung C tỉ lệ với hằng số điện môi và bề dày a_2 của lớp điện môi thứ 2. nếu có được 1 trong 2 thông số này có thể tính được thông số còn lại thông qua việc đo giá trị điện dung. Phương pháp này được ứng dụng để đo bề dày mà không cần đụng chạm khi đã biết hằng số điện môi của đối tượng (các màng mỏng như giấy, nhựa...)

- Điện môi nằm trong tụ điện với độ sâu khác nhau

Điện dung tương đương của 2 tụ điện được tính như sau

$$C = C_1 + C_2$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r1} b (l_0 - l)}{a_0} + \frac{\epsilon_0 \epsilon_{r2} b_0 l}{a_0} = \frac{\epsilon_0 b_0}{a_0} [\epsilon_{r1} (l_0 - l) + \epsilon_{r2} l]$$

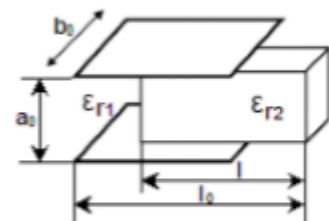
Với $C_0 = \frac{\epsilon_0 b_0 l_0}{a_0}$ (điện dung của tụ điện khi toàn bộ điện môi là không khí, $\epsilon_{r1} = 1$).

$$\frac{\Delta C}{C_0} = \frac{C - C_0}{C_0} = \frac{l_0 - l}{l_0} + \frac{\epsilon_{r2} l}{l_0} - 1 \Rightarrow \frac{\Delta C}{C_0} = \frac{\epsilon_{r2} - 1}{l_0} l$$

Như vậy sự thay đổi tương đối $\Delta C / C_0$ của tụ điện tỉ lệ với l / l_0 .

- Ứng dụng

Phương pháp này dùng để đo mức vật liệu của chất lỏng không dẫn điện. Tụ điện với 2 bản cực được đặt bên trong môi trường cần kiểm soát. Điện dung đo được là thước đo cho mức vật liệu



Hình 2.46

BÀI 3: PHƯƠNG PHÁP ĐO LƯU LƯỢNG

3.1. Đại cương

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.

3.1.1. 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 hóa 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 thể tích (m³, lít). Lưu lượng vật chất là số lượng chất ấy chảy qua tiết diện ngang của ống dẫn trong một đơn vị thời gian.

$$\text{Lưu lượng thể tích } Q_v = \frac{V}{t}$$

Đơn vị đo m³/s; m³/giờ... v v

$$\text{Lưu lượng khối } Q_m = \frac{m}{t}$$

Đơn vị đo kg/s; kg/giờ; tấn/giờ... v v

Cần phân biệt sự khác nhau giữa lưu lượng tức thời và lưu lượng trung bình. Chẳng hạn lưu lượng thể tích: Lưu lượng trung bình $Q_{tb} = \frac{V}{\tau_1 - \tau_2}$, lưu lượng tức thời: $Q_v = \frac{dV}{d\tau}$ (V là thể tích vật chất đo được trong thời gian $(\tau_1 - \tau_2)$)

Đối với chất khí, để kết quả đo không phụ thuộc vào điều kiện áp suất và nhiệt độ, ta qui đổi về điều kiện chuẩn (nhiệt độ 20 °C, áp suất 760 mm thủy ngân).

Để thích ứng với các nhu cầu khác nhau trong công nghiệp, người ta đã phát triển rất nhiều phương pháp khác nhau để đo lưu lượng chất lỏng, hơi nước, khí...

3.1.2. Đặc trưng của lưu chất

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

- Khối lượng riêng
- Hệ số nhớt động lực
- Hệ số nhớt động học

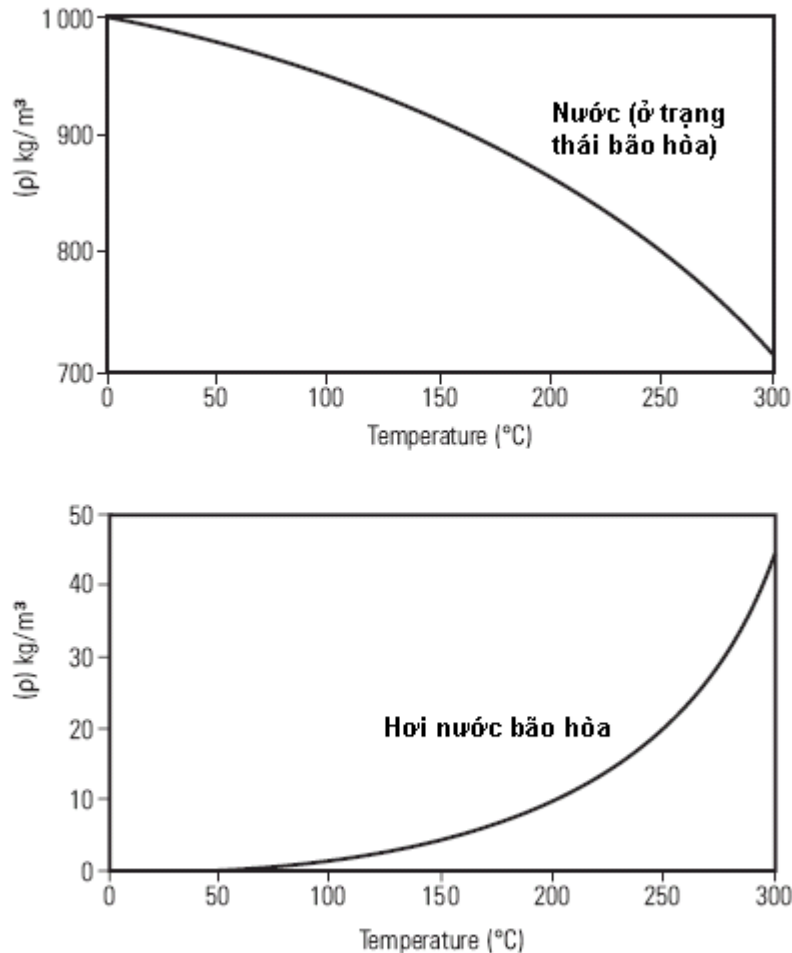
- **Khối lượng riêng:**

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

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

m: khối lượng của khối lưu chất

V: thể tích của khối lưu chất



Hình 3.1: Khối lượng riêng của nước và hơi nước ở trạng thái bão hòa với các điều kiện nhiệt độ khác nhau

- **Tính nhớt:**

Tính nhớt là tính chất chống lại sự dịch chuyển, nó biểu hiện sức dính phân tử hay khả năng lưu động của lưu chất. Đây là 1 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. Khi lưu chất chuyển động, giữa chúng có sự chuyển động tương đối, nảy sinh ma sát tạo nên sự biến đổi 1 phần cơ năng thành nhiệt năng và mất đi. Tính nhớt được đặc trưng bởi hệ số nhớt động lực, hệ số này phụ thuộc vào 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 1 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 được tính theo phương trình sau:

$$\mu = \frac{2 \Delta \rho \cdot g \cdot r^2}{9u}$$

μ : Hệ số nhớt động lực (Pa s)

$\Delta \rho$: Sự khác nhau giữa khối lượng riêng quả cầu và chất lỏng (kg/m^3).

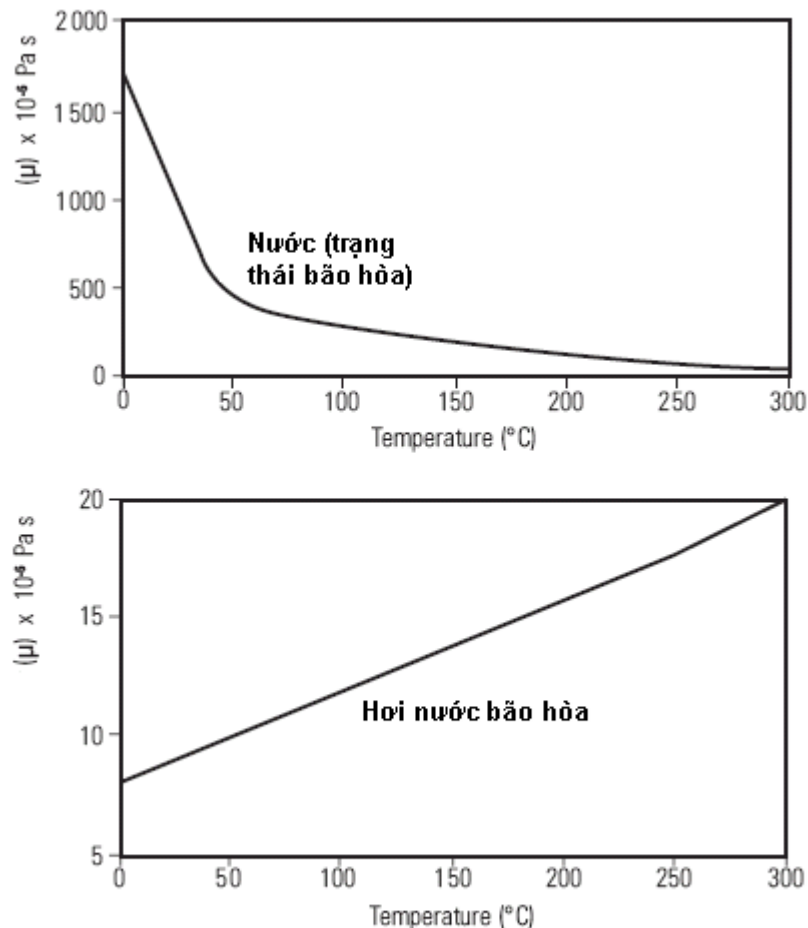
g: Gia tốc trọng trường $9,81 \text{ m/s}^2$.

r: Bán kính quả cầu (m).

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

Đơn vị của hệ số nhớt động lực:

$\text{Pa s} = \text{Ns/m}^2 = 10^3 \text{ cP (centiPoise)} = 10 \text{ P (Poise)}$



Hình 3.2: Hệ số nhớt động lực của nước và hơi nước ở trạng thái bão hòa với các điều kiện nhiệt độ khác nhau

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.

$$v = \frac{\mu \cdot 10^3}{\rho}$$

v : hệ số nhớt động học, đơn vị centistokes (cSt)

μ : Hệ số nhớt động lực.

ρ : Khối lượng riêng của lưu chất (kg/m^3).

Đơn vị hệ số nhớt động học là cSt (centistokes), St (stokes), m^2/s

1St = 100 cSt = $1 \text{ cm}^2/\text{s} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

Độ nhớt phụ thuộc vào nhiệt độ và áp suất. Độ nhớt của chất lỏng tăng khi nhiệt giảm và khi áp suất tăng, đối với chất khí thì ngược lại.

- **Trị số Reynold (Re)**

Tất cả các yếu tố đã kể trên đều có ảnh hưởng tới 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: Trị số Reynold:

ρ : Khối lượng riêng của lưu chất (kg/m^3)

D : Đường kính trong của ống dẫn lưu chất (m)

u : Vận tốc của lưu chất (m/s)

μ : Hệ số nhớt động lực (Pa s)

$$R_e = \frac{\rho u D}{\mu}$$

3.1.3. Hiệu chuẩn khối lượng riêng

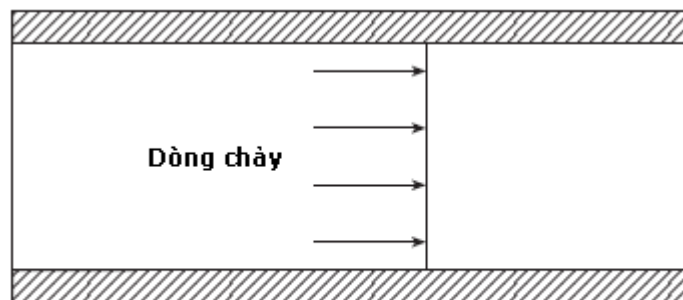
Khối lượng riêng của chất lỏng, chất khí trong môi trường đo ảnh hưởng đến phép đo lưu lượng. Thực chất khối lượng riêng thường không là một hằng số.

+ Khối lượng riêng của chất lỏng tùy thuộc vào nhiệt độ. Trường hợp này để hiệu chuẩn khối lượng riêng ta chỉ cần đo nhiệt độ.

+ Khí thường là một hỗn hợp gồm nhiều thành phần. Khối lượng riêng của nó lệ thuộc vào áp suất và nhiệt độ. Để hiệu chỉnh sai số cần đo cả hai đại lượng này (lấy chuẩn là khối lượng riêng ở điều kiện 0°C , áp suất khí quyển).

3.1.4. 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 (xem hình 3.3).



Hình 3.3: Vận tốc dòng chảy
(trường hợp lý tưởng)

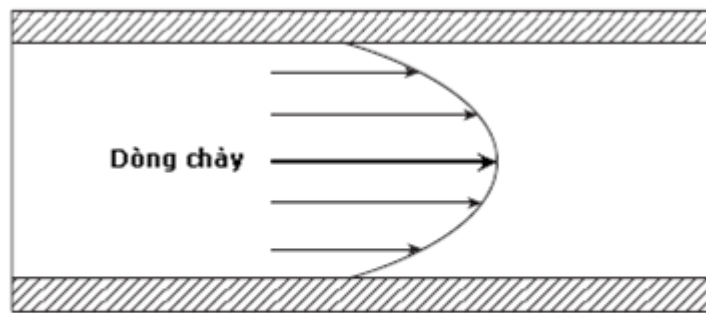
Tuy nhiên đó chỉ là trường hợp lý tưởng, trong thực tế độ nhớt ảnh hưởng đến tốc độ của dòng chảy, cùng với sự ma sát của ống dẫn làm giảm vận tốc của

lưu chất ở vị trí gần thành ống (hình 3.4).



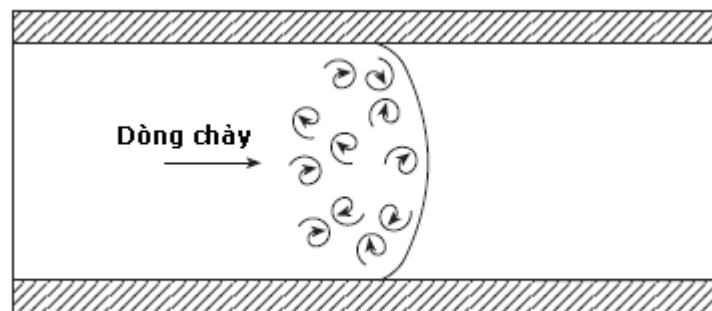
Hình 3.4: Vận tốc dòng chảy với ảnh hưởng của tính nhớt và lực ma sát

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 3.5).



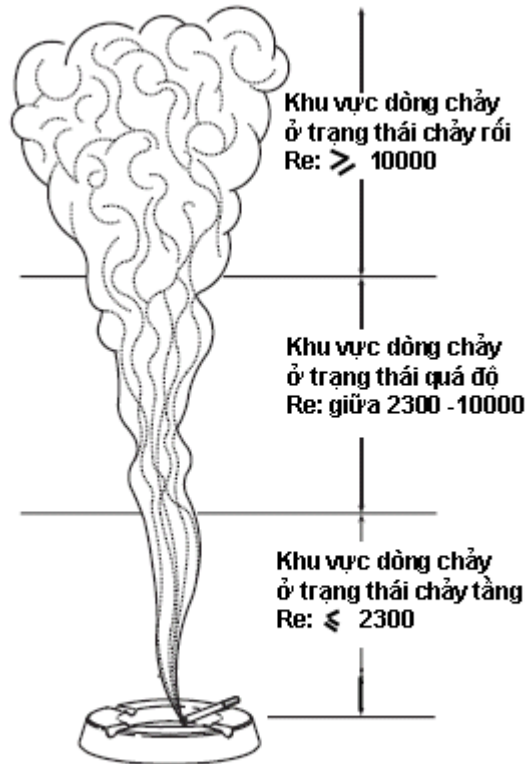
Hình 3.5:

Khi tốc độ tăng và trị số Re vượt quá 2300, dòng chảy tăng dần hỗn loạn với càng lúc càng nhiều các dòng xoáy (trạng thái quá độ). Với Re từ 10.000 trở lên, dòng chảy hoàn toàn hỗn loạn (trạng thái chảy rối).



Hình 3.6

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



Hình 3.7: Trị số Reynold

3.2. Phương pháp đo lưu lượng dựa trên nguyên tắc sự 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 hai thành phần cơ bản.

Thành phần 1: là nguyên nhân gây nên 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 thứ 2: đo sự chênh lệch áp và tín hiệu đầu ra được chuyển đổi thành giá trị lưu lượng.

3.2.1. Định nghĩa áp suất

Áp suất là lực tác dụng trên một đơn vị diện tích

$$p = \frac{dF}{dS}$$

p: áp suất

A: diện tích

F: lực

Để đo áp suất người ta sử dụng một nguyên tắc giống nhau, áp suất được cho tác dụng lên một bề mặt xác định, như thế áp suất được biến thành lực. Việc đo áp suất được đưa về đo lực. Tất cả các lực tác dụng lên một mặt phẳng xác định là thước đo áp suất.

$$p = \frac{F}{S}$$

Đơn vị áp suất

Ủy ban quốc tế cho việc đo đạc với luật định đã chọn Pascal (Pa) = N/m² là đơn vị áp suất (ISO 1000, DIN 1301). Việc phân chia thang đo của máy đo áp suất được dùng với bội số của đơn vị Pa.

$$1 \text{ mbar} = 10^2 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

Những đơn vị cũ dùng phổ biến trước đây:

$$1 \text{ mmHg} = 1,0000 \text{ Torr}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr (atm đơn vị áp suất khí quyển vật lý)}$$

$$1 \text{ Torr} = 1,333224 \cdot 10^2 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kp/cm}^2 = 0,980665 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 0,980665 \cdot 10^5 \text{ Pa (at đơn vị áp suất khí quyển kỹ thuật)}$$

$$1 \text{ mm nước} = 9,80665 \text{ Pa}$$

Ngoài ra ở các nước Anh, Mỹ người ta còn dùng các đơn vị áp suất sau:

| | |
|---|------------------------------|
| 1 pound-force/ square yard (Lb/yd ²) | = 5,425. 10 ⁻⁵ at |
| 1 pound-force/ square foot (Lb/ft ²) | = 4,883. 10 ⁻⁴ at |
| 1 pound-force/ square inch (Lb/in ² = psi) | = 7,031. 10 ⁻² at |
| 1 ounce/ square foot (oz/ft ²) | = 3,052. 10 ⁻⁵ at |
| 1 ounce/ square inch (oz/in ²) | = 4,394. 10 ⁻³ at |
| 1 Ton/ square foot (Ton/ft ²) | = 2,540. 10 ⁻³ at |
| 1 inch of water (trong nước) | = 2,40. 10 ⁻³ at |
| 1 inch of mecuri (trong thủy ngân) | = 3,455. 10 ⁻² at |

3.2.2. Bộ phận tạo nên sự chênh lệch áp suất

Dù hiện nay đã có nhiều phương pháp đo lưu lượng được phát triển, 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 chứa co và ống co) nên ống co phải là những 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 Pitot tube cũng dựa trên sự chênh lệch áp suất nhưng không tạo sự “co” trực tiếp trên dòng chảy.

3.2.2.1. 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.

Phương trình liên tục: $A_1 u_1 \rho = A_2 u_2 \rho$

Phương trình Bernoulli:

$$p_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + \frac{\rho}{2} u_1^2 = p_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \frac{\rho}{2} u_2^2$$

Áp dụng cho trường ống co venturi:

$$p_1 + \frac{\rho}{2} u_1^2 = p_2 + \frac{\rho}{2} u_2^2$$

Trong đó:

A_1 : Diện tích trước co.

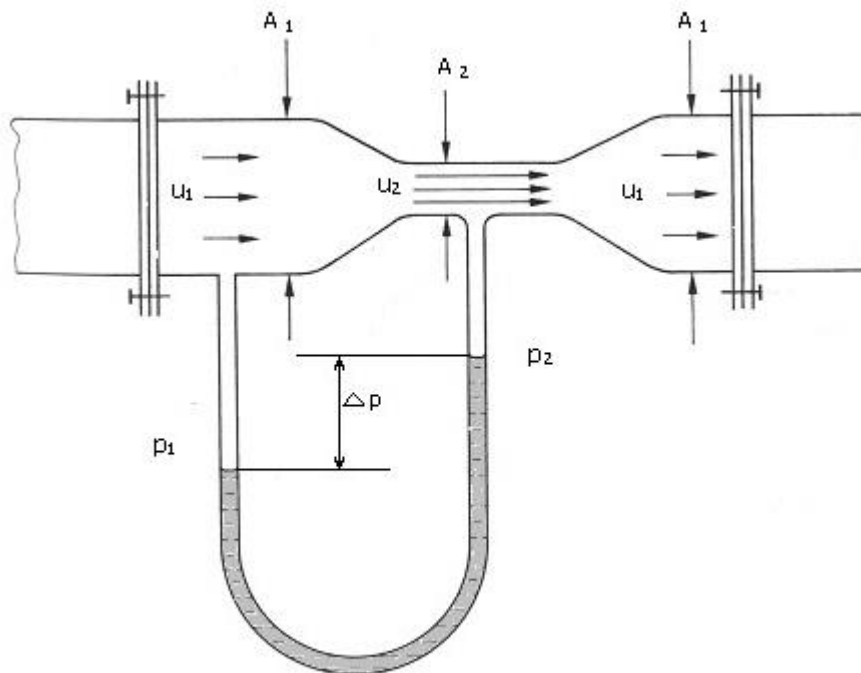
A_2 : Diện tích ở vị trí co. u_1 : Vận tốc

trước vị trí co u_2 : Vận tốc ở vị trí co

p_1 : Áp suất tĩnh trước vị trí co p_2 : Áp suất tĩnh ở vị trí co

ρ : Khối lượng riêng.

h_1 : Độ cao vị trí ở vị trí trước co h_2 : Độ cao vị trí ở vị trí sau co



Hình 3.8

Ở nơi diện tích ống 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.

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{\rho}{2}(u_2^2 - u_1^2)$$

Giải phương trình trên theo v_2 :

$$u_2^2 = \frac{2}{\rho}(p_1 - p_2) + u_1^2 = \frac{2}{\rho}(p_1 - p_2) + \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 u_1^2$$

Đặt $\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$ là hằng số dòng chảy

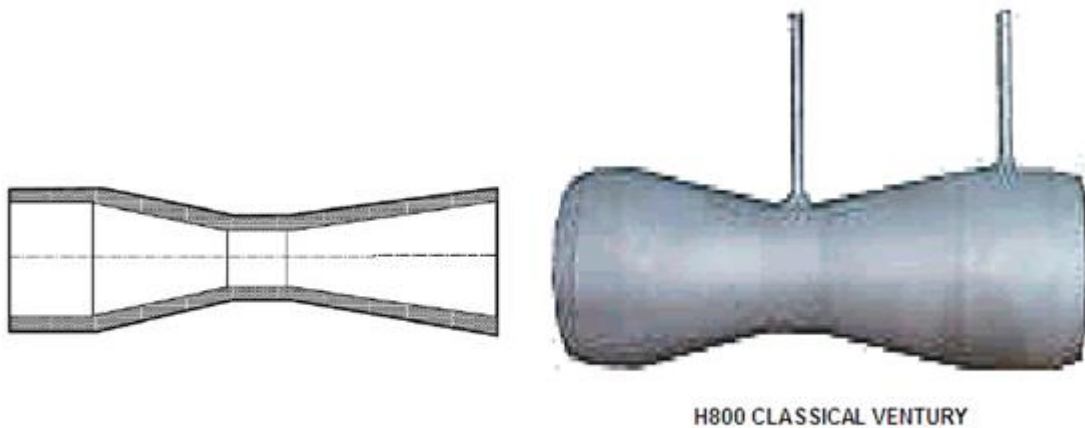
Ta có $u_2 = \alpha \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_1 - p_2}$

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

$$Q_v = A_2 u_2 = \alpha A_2 \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_1 - p_2} = \alpha k \sqrt{\Delta p}$$

$$Q_m = A_2 u_2 \cdot \rho = \alpha A_2 \sqrt{2\rho} \sqrt{p_1 - p_2} = \alpha k' \sqrt{\Delta p}$$

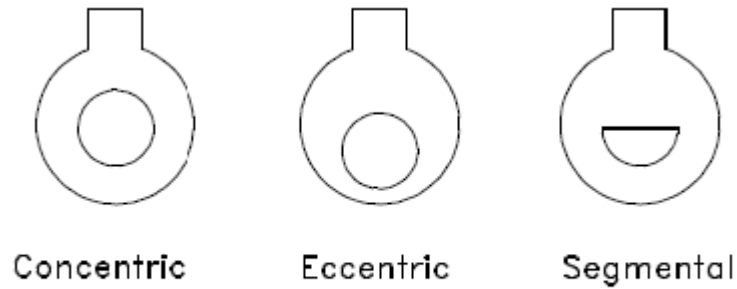
Như thế lưu lượng tỉ lệ với căn số bậc hai của hiệu áp khi khối lượng riêng là hằng số. Hình ảnh thực tế loại ống co Venturi H800 do hãng Tetratoc Instruments sản xuất.



Hình 3.9

3.2.2.2. Orifice plate

Orifice plate là một trong những cách thức đơn giản nhất (và cũng kinh tế nhất) để tác động đến dòng chảy, để từ đó có thể tính được lưu lượng.



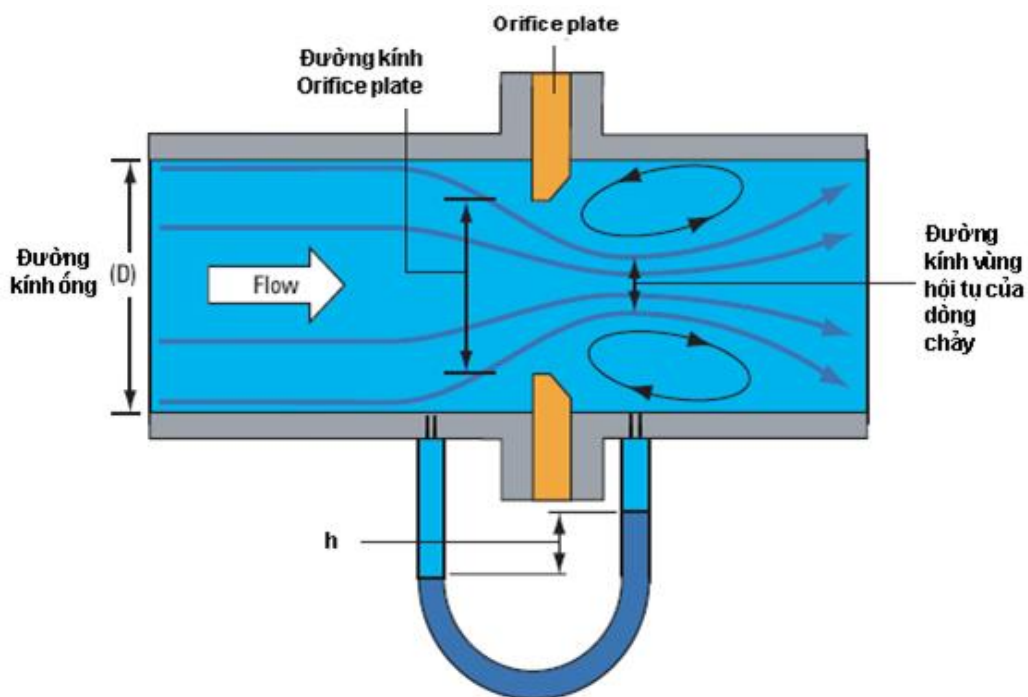
Hình 3.10: Các dạng ống co Orifice plate

Orifice plate dày khoảng 1/16 đến đến 1/4 inch. Có 3 loại Orifice plate: concentric (đồng tâm), eccentric (lệch tâm), segmental (hình cung) (như hình trên).

Trong 3 loại, loại concentric được sử dụng nhiều nhất. Khi lưu chất đi qua Orifice plate, dòng chảy “hội tụ”, tốc độ lưu chất tăng lên mức tối đa. Tại điểm này, áp suất là nhỏ nhất. Khi dòng chảy phân kì, tốc độ lưu chất giảm trở lại mức ban đầu.

Hai loại Eccentric và Segmental cũng có chức năng hoàn toàn toàn giống như Concentric. Thiết bị được lắp đặt đồng tâm với ống dẫn lưu chất (ống dẫn đặt nằm ngang), với loại Segmental, vị trí phần cung tròn (phần đã được cắt) phụ thuộc vào dạng chất lỏng có thể ở trên hoặc ở dưới nhằm mục đích ngăn chặn các vật lạ từ trong dòng chảy. Kết quả đạt được là phép đo tăng mức độ chính xác. Loại eccentric cũng được thiết kế với cùng mục đích trên.

- Nguyên tắc hoạt động



Hình: 3.11

Nguyên tắc đo lưu lượng khí sử dụng Orifice plate cũng dựa trên phương trình Bernoulli

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$Q_V = Av = A\sqrt{2gh}$$

Trong thực tế giá trị vận tốc thực sự sẽ nhỏ hơn giá trị vận tốc trên lý thuyết (do ma sát). Sự khác biệt này được điều chỉnh với hệ số C_V .

$C_V = \text{vận tốc thực tế} / \text{vận tốc lý thuyết}$.

Bên cạnh đó diện tích dòng chảy hội tụ sẽ nhỏ hơn diện tích của Orifice plate, điều này tiếp tục được điều chỉnh với hệ số CC.

CC = diện tích vùng hội tụ / diện tích Orifice plate

Hai hệ số C_V , CC kết hợp với nhau có được hệ số điều chỉnh C.

$$Q_V = C \cdot A \sqrt{2gh}$$

Q_V : Lưu lượng m^3/s

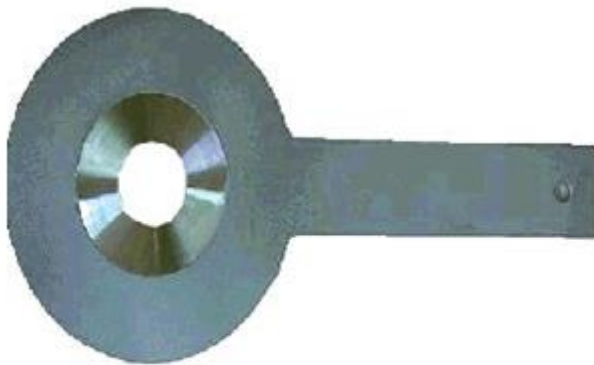
A: Hệ số điều chỉnh.

A: Diện tích Orifice plate.

h: Sự chênh lệch về áp suất (m)

g: Gia tốc trọng trường ($9,8 \text{ m}^2/\text{s}$)

Hệ số C (được định nghĩa theo tiêu chuẩn ISO 5167 – 2003) có thể tra các giá trị dựa vào dựa vào tiêu chuẩn ISO 5167.

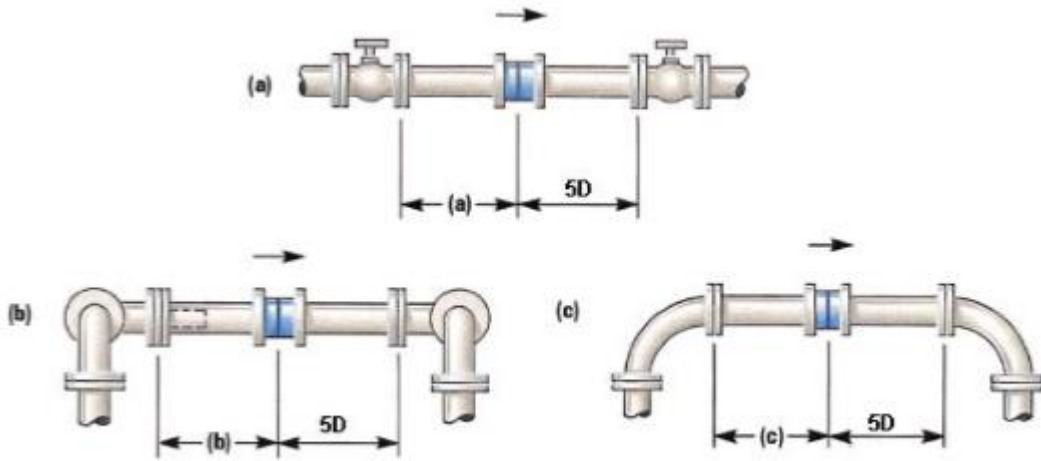


Hình 3.12: Loại Orifice Plate BLS 100 của Tetrtec Instruments



Hình 3.13: Loại Orifice plate tiêu chuẩn BLB300 của Tetrtec Instruments

- **Yêu cầu lắp đặt (theo tiêu chuẩn ISO 5167)**



Hình 3.14

Cần có các đoạn ống dẫn lưu chất không cong, thẳng ở vị trí trước và sau vị trí lắp đặt Orifice Plate. Độ dài tối thiểu của các đoạn ống này phải đạt mức:

- + Ở vị trí sau Orifice Plate (cuối nguồn): 5 lần đường kính ống dẫn lưu chất.
- + Ở vị trí trước Orifice Plate (đầu nguồn): Phụ thuộc vào tỉ số β và cách lắp đặt.

$$\beta = \frac{d}{D}$$

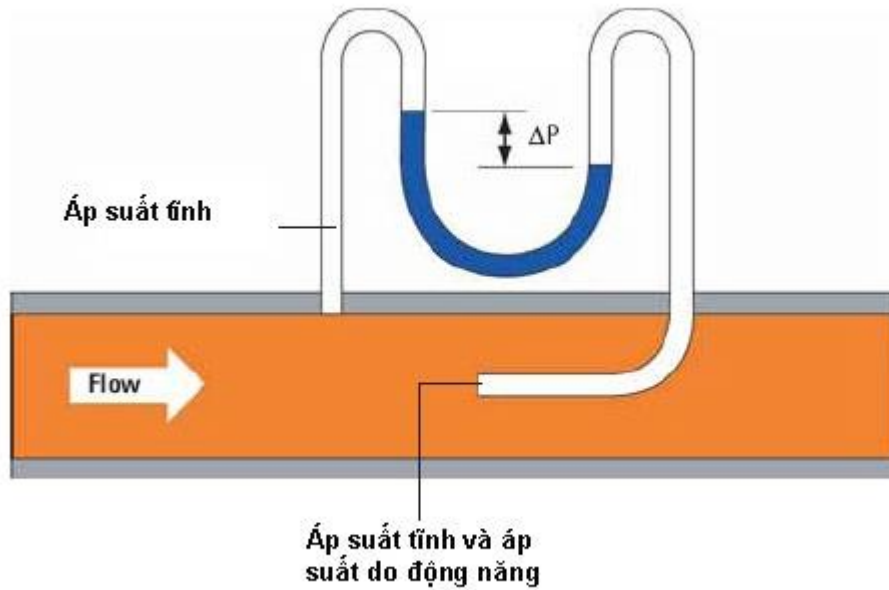
d: đường kính của Orifice Plate (đường kính miệng vòi của).

D: đường kính ống dẫn lưu chất.

Căn cứ vào giá trị β và cách lắp đặt (xem hình) mà sử dụng 1 trong các hệ số a, b, c. Tính được độ dài tối thiểu cần thiết = hệ số * D.

| Hệ số | β | | | | | | |
|-------|---------|------|------|------|------|------|------|
| | <0,32 | 0,45 | 0,55 | 0,63 | 0,70 | 0,77 | 0,84 |
| A | 18 | 20 | 23 | 27 | 32 | 40 | 49 |
| B | 15 | 18 | 22 | 28 | 36 | 46 | 57 |
| C | 10 | 13 | 16 | 22 | 29 | 44 | 56 |

3.2.2.3. Pitot tube



Hình 3.15: Lược đồ Pitot tube

- Nguyên tắc hoạt động

$$p_1 + \frac{\rho}{2} v_1^2 = p_2 + \frac{\rho}{2} v_2^2$$

p_1 : Áp suất tĩnh trong dòng chảy của lưu chất ống dẫn.

p_2 : Áp suất tĩnh trong Pitot tube.

v_1 : Vận tốc dòng chảy.

v_2 : Vận tốc dòng chảy ở vị trí ứ đọng (bằng 0).

ρ : Khối lượng riêng của lưu chất.

Do $v_2=0$

$$p_1 + \frac{\rho}{2} v_1^2 = p_2$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = \frac{\rho}{2} v_1^2$$

Giải phương trình trên theo v_1

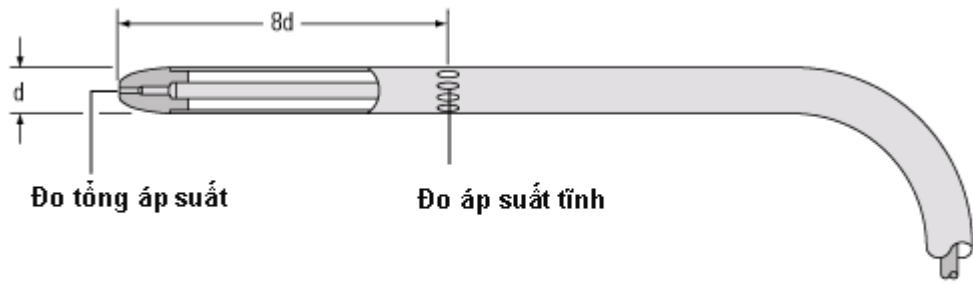
$$v_1^2 = \frac{2\Delta p}{\rho} \Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

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

$$Q_v = A \cdot v_1 = A \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

Trong thực tế, Pitot tube có thể được tích hợp trong cùng 1 khối, bộ phận đo tổng áp suất tĩnh và động năng với bộ phận đo áp suất tĩnh được đặt trong cùng một thiết bị.

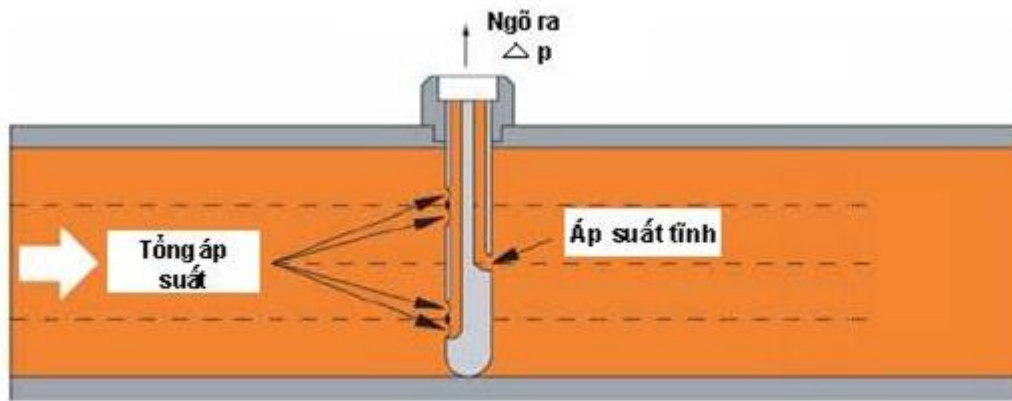
Do dạng đơn giản của pitot tube chỉ đo tại 1 điểm, mà giá trị của vận tốc dòng chảy tại những vị trí khác nhau là không giống nhau (trên mặt cắt ngang của dòng chảy). Do đó vị trí đo mang tính chất quyết định.



Hình 3.16: Dạng đơn giản của Pitot tube

Trong thực tế, Pitot tube có thể được tích hợp trong cùng 1 khối, bộ phận đo tổng áp suất tĩnh và động năng với bộ phận đo áp suất tĩnh được đặt trong cùng một thiết bị.

Do dạng đơn giản của pitot tube chỉ đo tại 1 điểm, mà giá trị của vận tốc dòng chảy tại những vị trí khác nhau là không giống nhau (trên mặt cắt ngang của dòng chảy). Do đó vị trí đo mang tính chất quyết định.



Hình 3.17: Pitot tube trung bình

3.2.2.4. Sự chính xác của phép đo

Khi diện tích cắt ngang của dòng chảy và khối lượng riêng của lưu chất coi như cố định, trong phương trình

$$Q_v = \text{hệ số} \cdot \sqrt{\Delta p}$$

Hiệu áp thang đo Δp tỉ lệ với bình phương với lưu lượng Q_v , do đó khi $Q_v = 30\%$ thang đo thì $\Delta p = 9\%$ thang đo

Hiệu áp càng thấp, sai số tương đối càng lớn. Khi lớn gấp 11 lần sai số ở cuối thang đo $\Delta p = 9\%$ thang đo, sai số tương đối lúc này

Do đó chỉ nên thực hiện việc đo lưu lượng bằng ống co từ 30% đến 100% thang đo.

3.2.3. Bộ phận đo sự chênh lệch áp suất

Bộ phận đo sự chênh lệch áp suất này được thiết kế đo áp suất dựa trên các nguyên tắc:

Chuyển đổi áp suất kiểu điện dung

- Chuyển đổi áp suất kiểu biến áp vi sai
- Chuyển đổi áp suất kiểu điện trở áp điện
- Chuyển đổi áp suất kiểu áp điện
- Chuyển đổi áp suất kiểu màng sọc cơ giãn...vv

3.2.3.1. Cảm biến áp suất loại điện trở áp điện

Cảm biến áp suất loại điện trở áp điện thay đổi điện trở tương ứng với biến dạng trên bản thân nó.

- + Cảm biến biến dạng áp điện trở kim loại
- + Cảm biến biến dạng áp điện trở bán dẫn

- **Các thông số cơ bản:**

+ Độ dài biến dạng: tỉ số của sự thay đổi kích thước với chiều dài ban đầu

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

Đơn vị là Strain và thường sử dụng microstrain

+ Hệ số biến dạng: tỉ số thay đổi điện trở với thay đổi chiều dài.

$$GF = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}} = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon}$$

Hệ số GF của kim loại: 2, bán dẫn: 80 – 120

- **Nguyên lý đo sử dụng cảm biến dạng áp điện trở.**

Các phép đo biến dạng ít khi có giá trị lớn hơn vài millistrain ($\varepsilon \cdot 10^{-3}$)

Ví dụ: Cơ cấu chịu lực biến dạng $500 \mu\varepsilon$. Hệ số biến dạng $GF = 2$.

Giá trị thay đổi điện trở: $\Delta R/R = GF \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 0.001$

Để đo sự thay đổi nhỏ giá trị điện trở, các cảm biến biến dạng áp điện trở sử dụng mạch cầu.

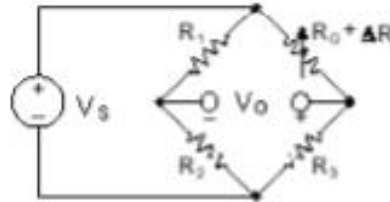
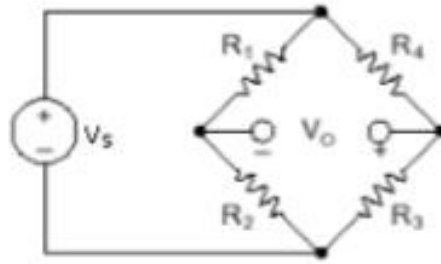
$$V_o = \left(\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) V_s$$

Khi $R_1/R_2 = R_3/R_4$ thì điện áp ra bằng 0. Nếu thay thế R4 bằng cảm biến thì khi có lực tác dụng lên, điện áp ra sẽ thay đổi

Hình dạng mạch cầu $\frac{1}{4}$

Độ thay đổi điện trở: $\Delta R = R_G \cdot GF \cdot \varepsilon$ Chọn $R_1 = R_2$ và $R_3 = R_G$ ta có:

$$V_o = V_s \cdot \frac{GF \cdot \varepsilon}{4} \left(\frac{1}{1 + GF \cdot \frac{\varepsilon}{2}} \right)$$

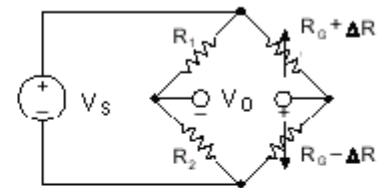
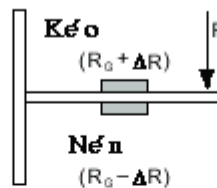


Tuy nhiên $GF \cdot \varepsilon / 2 \ll 1$ nên ta có thể lấy

$$V_o = V_s \cdot \frac{GF \cdot \varepsilon}{4}$$

Hình dạng mạch cầu $\frac{1}{2}$

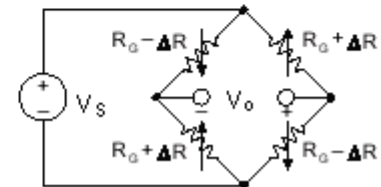
$$V_o = V_s \cdot \frac{GF \cdot \varepsilon}{2}$$



Mạch cầu 4 nhánh

Điện áp ra có thể xác định:

$$V_o = V_s \cdot GF \cdot \varepsilon$$



3.2.3.2. Cảm biến áp suất loại áp điện

Cảm biến áp suất áp điện có nguyên tắc hoạt động dựa trên hiện tượng thay đổi hay xuất hiện phân cực điện khi một số chất điện môi bị biến dạng dưới tác dụng của lực.

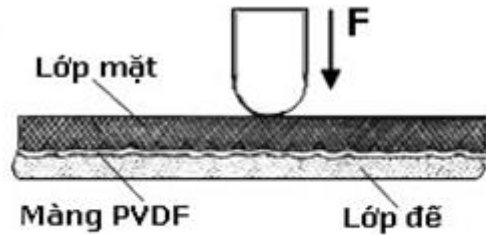
Bộ cảm biến gồm ba lớp màng polyvinylidene flourid (PVDF) được dát mỏng giữa là chất nền (cao su silicon) và lớp ép. Khi tác dụng lực lên bộ cảm biến màng PVDF chịu ứng suất và hình thành các điện tích trên bề mặt.

Điện tích thay đổi tạo nên biến thiên điện áp ra. Biên độ điện áp ra tỉ lệ với lực tác động vào bộ cảm biến.

Cảm biến áp điện được dùng để đo lực biến thiên (đến 10 kN), đo áp suất $1000 \text{ ms}^{-1} (100 \text{ N/mm}^2)$ và gia tốc (tới 1kg) trong dải tần từ 0,5 – 100kHz.

Ưu điểm của cảm biến loại này là cấu trúc đơn giản, kích thước nhỏ, độ

tin cậy cao, có khả năng đo các đại lượng biến thiên nhanh.



Hình 3.18

3.2.3.3. Cảm biến áp suất loại màng sợi cơ giãn kim loại

Màng sợi cơ giãn là loại cảm biến rất quan trọng dùng để đo áp suất, lực... đã được phát triển đầu tiên ở Mỹ trong những năm cuối thập niên 40. Ưu điểm của loại cảm biến này là trị số đo chính xác, kích thước bé. Mạch đo thường dùng với cầu Wheatstone. Để có độ chính xác, mạch điện cần nhiều điện trở bù trừ và sửa sai.

- Nguyên tắc

Khi 1 sợi dây dẫn điện bị kéo căng ra, nó trở nên dài và ồm hơn nên điện trở của dây tăng lên. Khi sợi dây bị nén, co lại, nó trở nên ngắn hơn và mập hơn nên điện trở giảm đi. Nếu giữ việc nén và kéo dãn này trong giới hạn đàn hồi thì sau khi bị biến dạng nó vẫn giữ nguyên kích thước và trị số như ban đầu. Nếu gắn chặt dây dẫn này vào phần tử cần đo đặc, chiều dài dây dẫn thay đổi theo sự biến dạng của phần tử này. Sao cho sự thay đổi điện trở của dây dẫn tương ứng với lực, áp suất làm biến dạng phần tử cần khảo sát.

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

R: Điện trở dây dẫn.

L: Chiều dài.

ρ : Điện trở suất

S; Diện tích mặt cắt ngang của dây dẫn

3.2.4. Mạch ứng dụng

- Ứng dụng đo lưu lượng bằng ống co với cảm biến áp suất loại điện trở áp điện

Để đo sự chênh lệch của áp suất ở 2 vị trí có thể sử dụng cảm biến áp suất loại điện trở áp điện.

Loại cảm biến này có 2 mặt:

Mặt trước còn gọi là mặt tích cực (mặt công tắc), vì lí do cách điện nên chỉ chịu đựng được các khí sạch như không khí và khí Freon.

Mặt sau còn gọi là mặt thụ động chỉ gồm các mặt silic chịu đựng được nhiều môi trường khác nhau.

Cho nên để đo hiệu số áp suất của một dòng chảy ta dùng 2 cảm biến và

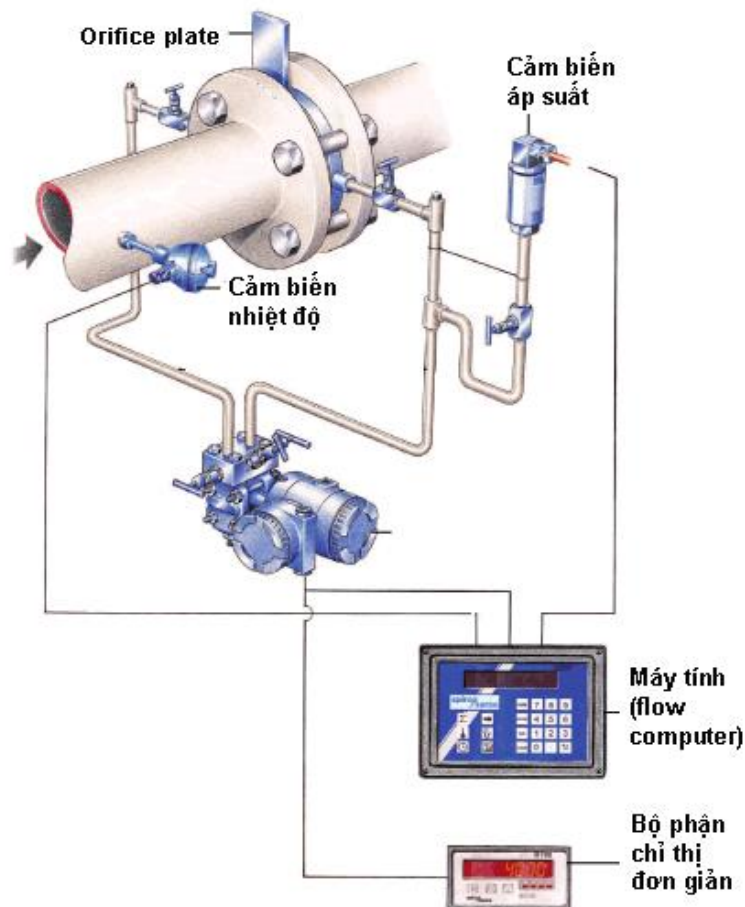
cho môi trường tác dụng ở mặt sau cảm biến.

- Có thể dùng loại cảm biến 240PC Series của Honeywell.
 - Các loại cảm biến này có các khoảng đo: 0..0,345 bar, 0...1 bar, 0... 2 bar, 0...4 bar, 0...7 bar, 0...10 bar.
 - Hoạt động với điện áp 8 V.
 - Điều kiện nhiệt độ môi trường: - 40⁰C...+85⁰C.
 - Vật liệu ống dẫn là cao su buna - N nên có thể chịu đựng được dầu lửa, dầu nhớt, dầu thủy lực, cồn, khí Freon...
- Đại lượng ngõ ra của cảm biến là giá trị điện áp. Tín hiệu ra của 2 cảm biến được đưa đến mạch xử lý để cuối cùng có được kết quả chỉ thị.



Hình 3.19: 240 PC Series

- Mạch lắp đặt thực tế sử dụng Orifice plate để đo lưu lượng



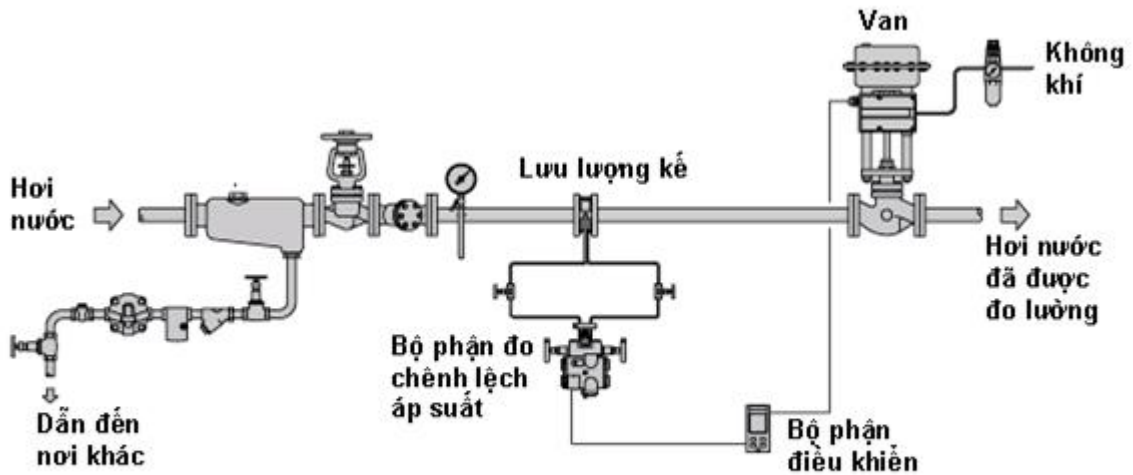
Hình 3.20

Thông tin độ chênh lệch áp suất có thể đưa trực tiếp tới 1 bộ chỉ thị đơn giản hay đưa tới một mạch tính toán – chỉ thị phức tạp (flow computer) hơn kèm theo cả thông tin nhiệt độ và áp suất. Bộ phận này có thể tính toán bù vào sự thay đổi của khối lượng riêng lưu chất theo điều kiện môi trường.

- Các lĩnh vực ứng dụng tiêu biểu của hệ thống điều khiển lưu lượng:

- Hệ thống hoạt động bằng hơi nước.

- Kiểm soát lượng nước đưa vào sản phẩm (chúng đòi hỏi môi trường khô ráo khi vận chuyển và lưu trữ như: thuốc lá, cà phê, các chất liệu làm thức ăn gia súc.

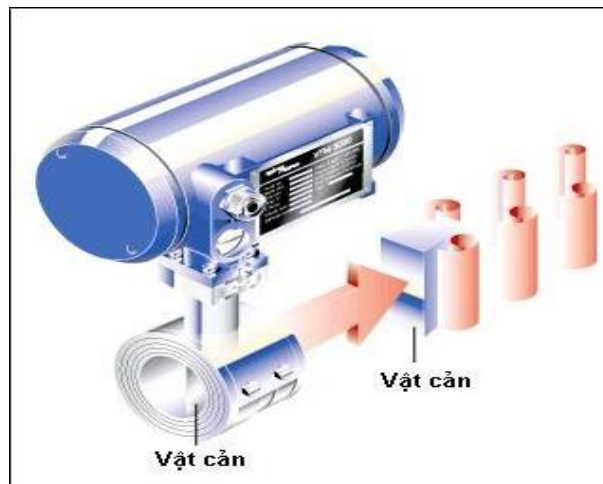


Hình 3.21: Sơ đồ hệ thống đo lưu lượng

3.3. 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 đã 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.



Hình 3.22: Cảm biến đo lưu lượng với nguyên tắc tần số dòng xoáy

Theodor 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 đi 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 hai bên cạnh 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.



Hình 3.23: Hình ảnh dòng xoáy

Lord Rayleigh đã tìm thấy sự liên hệ giữa kích thước hình học vật cản, 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.:

$$S = \frac{f \cdot a}{v}$$

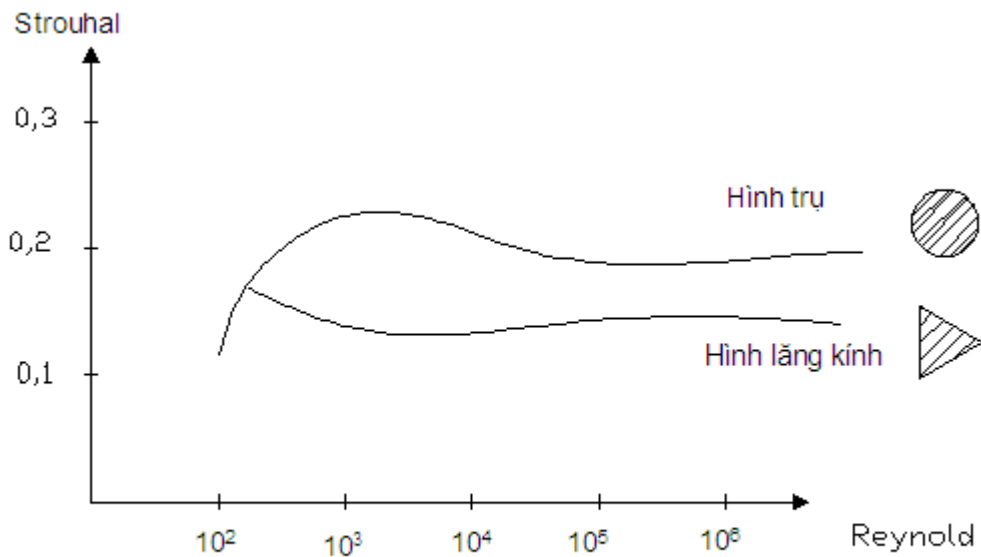
a : đường kính của vật cản.

f : tần số dòng xoáy

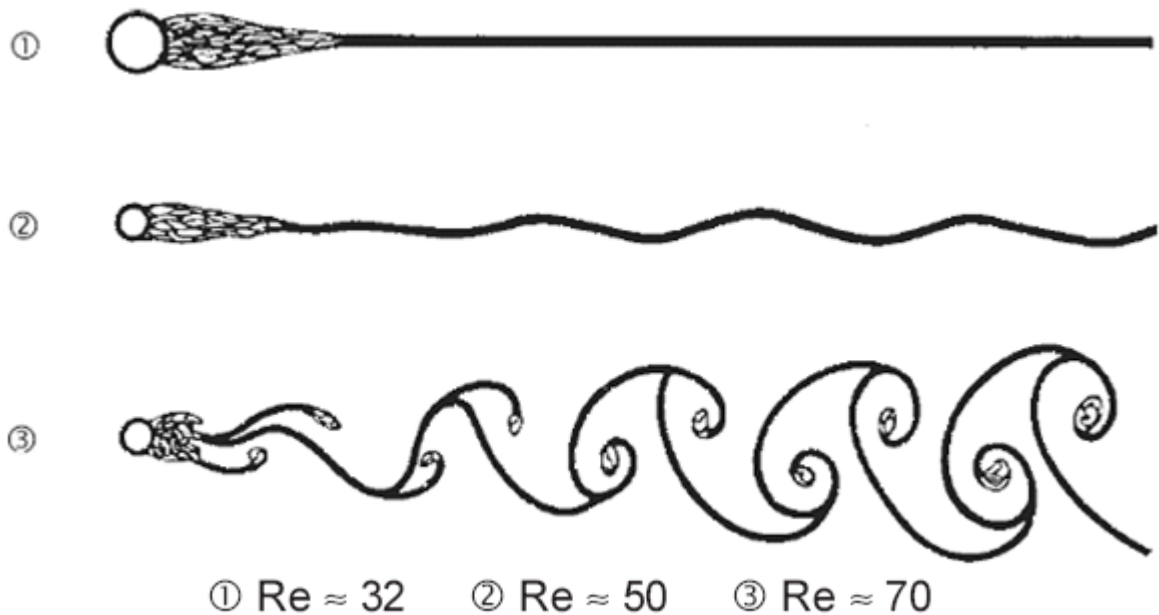
v : vận tốc dòng xoáy

Trị số Strouhal là hàm của trị số Reynold (Reynold: là tỷ lệ giữa lực quán tính và lực nhớt trong một lưu chất, biểu thị sự ma sát của một dòng chảy. $Re = \frac{u \rho D}{\mu}$: khối lượng riêng của lưu chất, u : vận tốc lưu chất, D : đường kính bên trong ống dẫn, μ : độ nhớt)

Hình dáng của vật cản phải được cấu tạo sao cho trong một khoảng trị số Reynold khá rộng mà trị số Strouhal vẫn là hằng số. Hình 3.24 phía dưới cho ta sự liên hệ giữa trị số Strouhal và trị số Reynold với hai vật cản khác nhau. Với vật cản hình lăng kính trị số S ổn định trong suốt một dải trị số Re khá rộng.



Hình 3.24: Sự liên hệ giữa trị số Strouhal và trị số Reynold



Hình 3.25: Hình ảnh dòng xoáy với các trị số Reynold khác nhau

Với điều kiện hằng số Strouhal S không tùy thuộc vào trị số Reynold ta có thể tính lưu lượng thể tích trên đơn vị thời gian theo công thức sau:

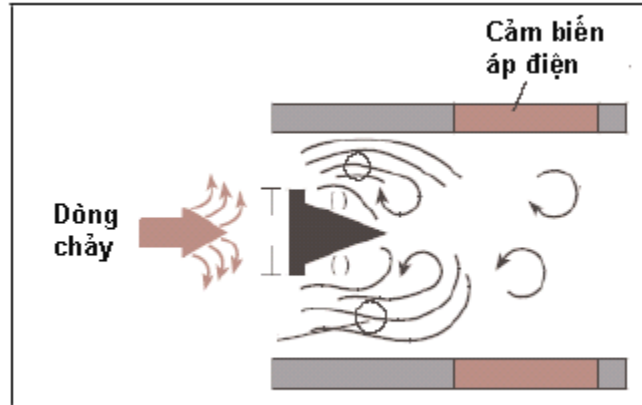
$$Q = \frac{1}{S} \cdot a \cdot A \cdot f$$

A: Diện tích cắt ngang của dòng chảy.

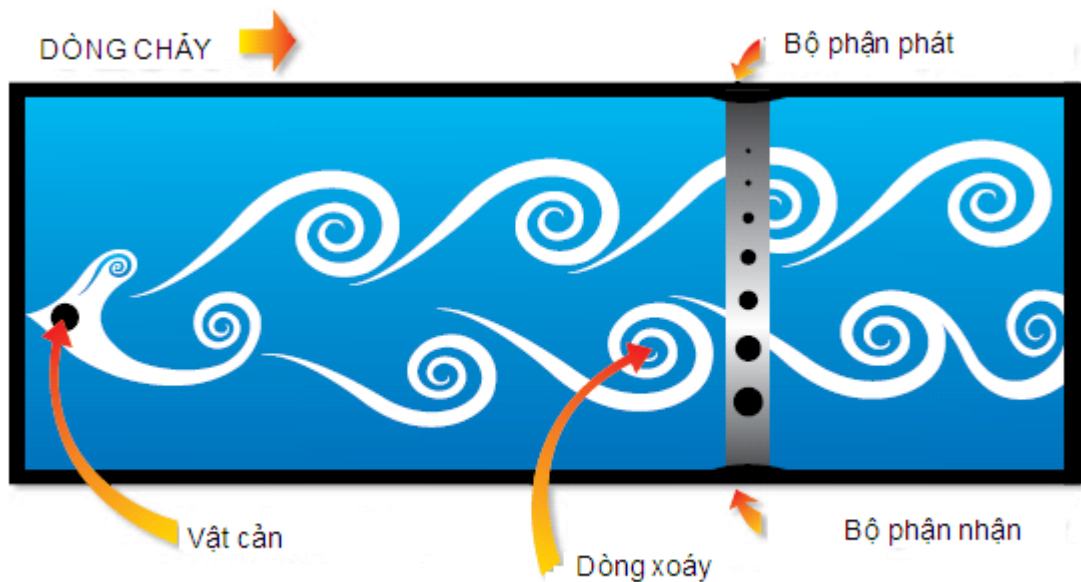
Nguyên tắc đo tần số dòng xoáy

Với sự biến mất và xuất hiện của dòng xoáy, vận tốc dòng chảy ở hai bên 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. Các nhà sản xuất các lưu lượng kế sử dụng nguyên tắc tần số dòng xoáy dùng các kỹ thuật khác nhau để ghi nhận tần số. Hình 3.26: Kỹ thuật đo với cảm biến áp điện

- Một số sử dụng các “vây cá” cơ khí để ghi nhận những rung động của dòng chảy.
- Số khác sử dụng kỹ thuật cảm biến áp điện hoặc sóng siêu âm để cảm nhận sự thay đổi của áp suất. Ngoài ra còn có một số phương pháp khác để ghi nhận số liệu như: Đo sự dao động áp suất với màng lọc cơ dẫn...



Hình 3.26: Kỹ thuật đo với cảm biến áp điện



Hình 3.27: Kỹ thuật đo dùng Sóng siêu âm

Kỹ thuật số mở ra một kỉ nguyên mới cho các lưu lượng kế sử dụng nguyên tắc tần số dòng xoáy, kỹ thuật số cho phép phân tích tín hiệu nhận được, điều mà trước đây không thể thực hiện được. Trong những báo cáo nghiên cứu gần đây cho thấy các nhà sản xuất đã đạt được những tiên bộ đáng kể cho mục tiêu cơ bản: Đo tần số dòng xoáy. Vấn đề chính luôn là xác định tín hiệu từ dòng xoáy, đặc biệt là khi tần số của dòng xoáy ở mức thấp. Với tín hiệu dòng xoáy tần số thấp, sẽ có sự chia sẻ dải tần với những rung động hạ tần khác trong công nghiệp. Các nhà sản xuất sử dụng các bộ lọc để tăng tỷ lệ tín hiệu trên tạp âm. Tuy nhiên khi tần số của dòng xoáy thay đổi, thiết bị phải tự động điều chỉnh lại dải thông của bộ lọc. Tình trạng trên được so sánh với một chiếc radio, khi người sử dụng dò các tần số của các đài phát thanh, khi tìm thấy thì giữ cố định. Vấn đề tần số của dòng xoáy thì khó khăn hơn, có nhiều

tín hiệu khác nhau trong dải tần mà thiết bị tìm kiếm. Thậm chí khi đã tìm được đúng tần số rồi, thì nó vẫn có thể thay đổi trong chốc lát

3.3.2. Các ưu điểm nổi bật và hạn chế của phương pháp đo lưu lượng với 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 bằng 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 máy 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 hạn chế

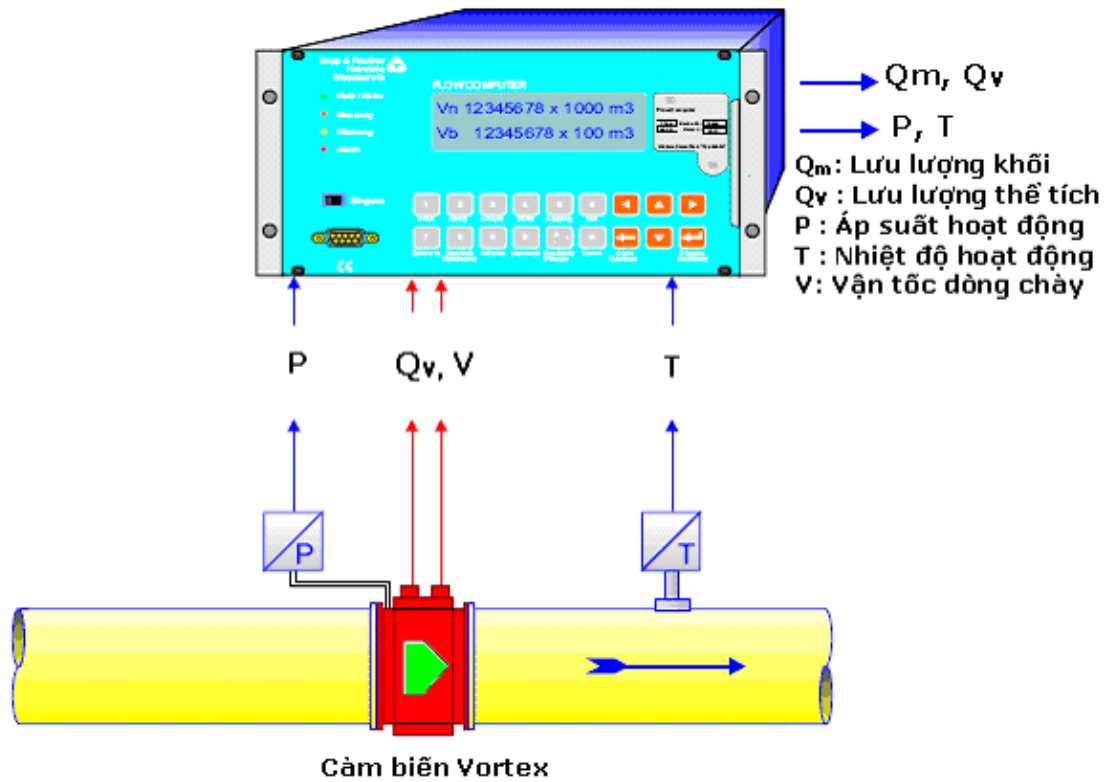
- Với tốc độ dòng chảy quá thấp, dòng xoáy có thể không được tạo ra và như vậy lưu lượng kế sẽ chỉ ở mức 0.
- Các rung động có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả đo
- Việc lắp đặt nếu tạo ra nhiễu tạo ra các điểm nhô ra (như các vị trí hàn...) có thể ảnh hưởng tới dạng của dòng xoáy, ảnh hưởng tới độ chính xác.
- Tốc độ lớn nhất cho phép của dòng chảy theo chỉ dẫn thường ở mức 80 đến 100 m/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 với nguyên tắc tần số dòng xoáy.

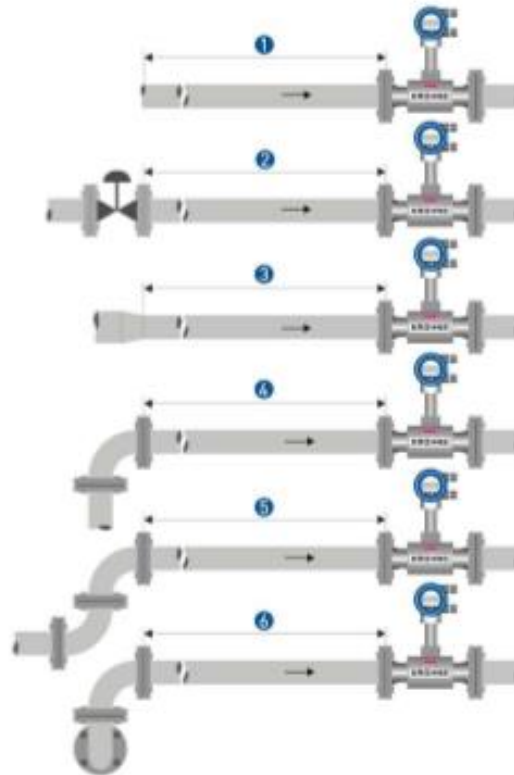
- Đo lưu lượng hơi nước tại khu vực nung nóng tạo hơi và khu vực sử dụng.
- Đo lưu lượng các chất khí đốt.
- Đo lưu lượng dẫn điện và cả không dẫn điện.
- Sử dụng ở các khu vực có yêu cầu khắc nghiệt.
- Đo lượng lưu chất cần thiết (hệ thống nén khí, các sản phẩm hóa học..).

Hệ thống đo lưu lượng trong thực tế có thể dùng máy tính lưu lượng (flow computer), các cảm biến đo nhiệt độ, cảm biến áp suất đem lại những tiện dụng

cho người sử dụng.

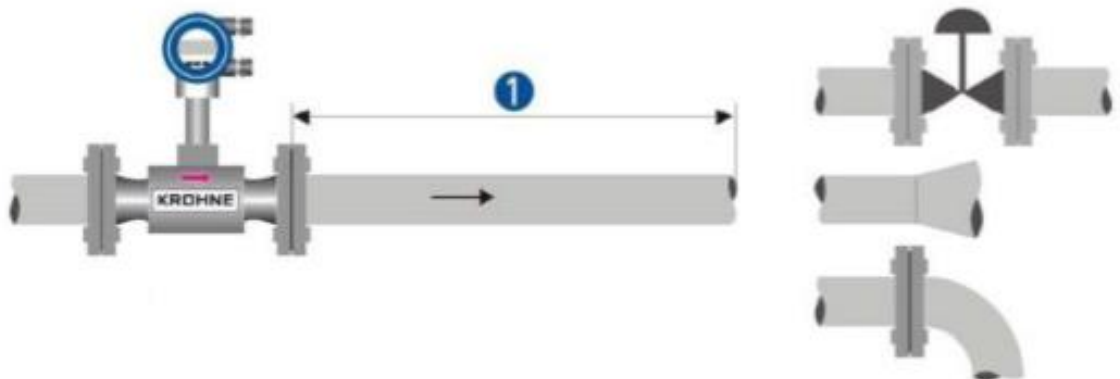


Hình 3.28: Hệ thống đo lưu lượng với cảm biến Vortex



- ① : ≥ 20 DN ② : ≥ 50 DN
 ③ ≥ 20 DN ④ ≥ 20 DN
 ⑤ : ≥ 30 DN ⑥ : ≥ 40 DN

+ Độ dài đoạn ống sau cảm biến



- Kết nối cảm biến với nguồn (như phần 3.4.1).
- Cho máy bơm nước hoạt động, nước chảy qua vị trí đo của cảm biến.
- Đọc giá trị lưu lượng hiển thị trên cảm biến.

Bài 4: ĐO VẬN TỐC VÒNG QUAY VÀ GÓC QUAY

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.

4.1. Một số phương pháp cơ bản.

Cảm biến vận tốc góc quay cung cấp cho ta tín hiệu đo là tần số. Thông thường trên trục quay được đánh một hay nhiều dấu và một cảm biến ở phần không chuyển động sẽ ghi nhận sự chuyển động của các dấu này. Tần số đo được tỉ lệ với vòng quay n và số dấu k :

$$f = n.k$$

Để đo tốc độ quay của rotor ta có thể sử dụng các phương pháp sau:

- Sử dụng máy phát tốc độ một chiều hoặc xoay chiều, thực chất là các máy phát điện công suất nhỏ có sức điện động tỉ lệ với tốc độ cần đo. Được sử dụng rộng rãi trong các hệ chuyển động kinh điển.
- Sử dụng bộ cảm biến quang tốc độ với bộ mã hóa.
- Sử dụng máy đo góc tuyệt đối.
- Xác định tốc độ gián tiếp qua phép đo dòng điện và điện áp stator mà không cần dùng bộ cảm biến tốc độ.

4.2. Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp analog

4.2.1. 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 $V_{m\acute{e}t}$ 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.

$$E_r = -(\omega n \Phi_0) / 2\pi = -Nn\Phi_0$$

N : số vòng quay trong 1 s.

ω : vận tốc góc của rotor.

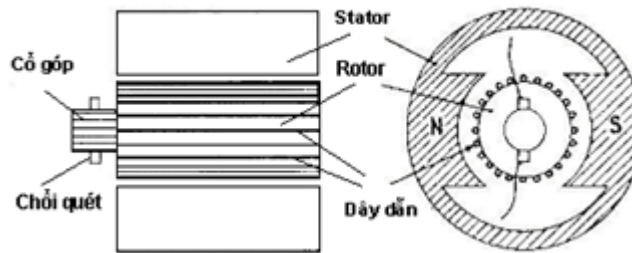
n : là tổng số dây chính trên rotor.

Φ_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 biểu diễn trên hình 4.1.

Stator (phần cảm) là một nam châm điện hoặc một nam châm vĩnh cửu

có hai cực nam và bắc nằm ngoài cùng. Rotor (phần ứng) gồm có lõi thép phần ứng, trên có xẻ rãnh, trong rãnh có đặt dây quấn



Hình 4.1: Cấu tạo của một máy phát dòng một chiều.

4.2.2. Kế dòng xoay chiều

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

4.2.2.1. Máy phát đồng bộ.

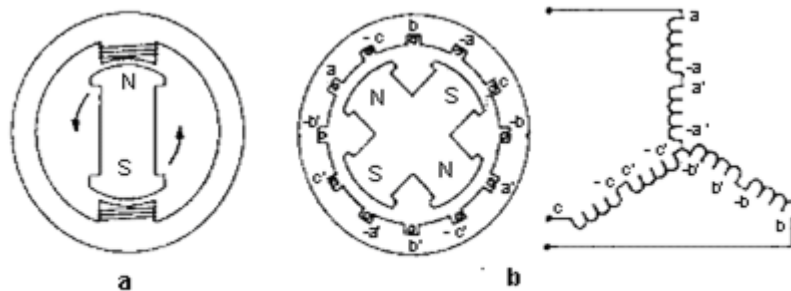
Là một loại máy phát điện xoay chiều loại nhỏ. Rotor của máy phát được gắn đồng trục với thiết bị cần đo tốc độ. Rotor là một nam châm hoặc nhiều nam châm nhỏ hình 4.3. Stator là phần cảm, có thể 1 pha hoặc ba pha, là nơi cung cấp suất điện động hình sin có biên độ tỷ lệ với tốc độ quay của rotor.

$$e = E_0 \sin \Omega t$$

$$E_0 = K_1 \cdot \omega, \quad \Omega = K_2 \cdot \omega$$

K_1 và K_2 là các thông số đặc trưng cho máy phát.

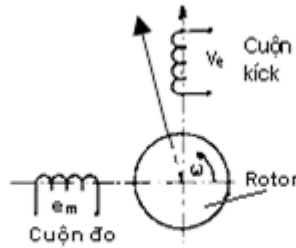
Ở đầu ra điện áp được chỉnh lưu thành điện áp một chiều. Điện áp này không phụ thuộc vào chiều quay và hiệu suất lọc giảm đi khi tần số thấp. Tốc độ quay có thể xác định được bằng cách đo tần số của sức điện động. Phương pháp này rất quan trọng khi khoảng cách đo lớn. Tín hiệu từ máy phát đồng bộ có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



Hình 4.2. Cấu tạo của một máy phát đồng bộ. (a: 1 pha, b: 3 pha)

4.2.2.1. Máy phát không đồng bộ

Cấu tạo của máy phát không đồng bộ tương tự như động cơ không đồng bộ hai pha (hình 4.3)



Hình 4.3. Cấu tạo của một máy phát đồng bộ.

Rotor là một hình trụ kim loại mỏng được quay với vận tốc cần đo, khối lượng và quán tính của nó không đáng kể. Stator làm bằng thép lá kỹ thuật điện, trên có đặt hai cuộn dây được bố trí như hình vẽ. Cuộn thứ nhất là cuộn kích từ được cung cấp một điện áp định mức có biên độ và tần số không đổi ω_e .

$$v_e = V_e \cos \omega_e t$$

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

$$e_m = E_m \cos(\omega_e t + \Phi) = k \omega V_e \cos(\omega_e t + \Phi)$$

$$\text{Do } E_m = k \omega V_e = k' \omega$$

k là hằng số phụ thuộc vào cấu trúc của máy.

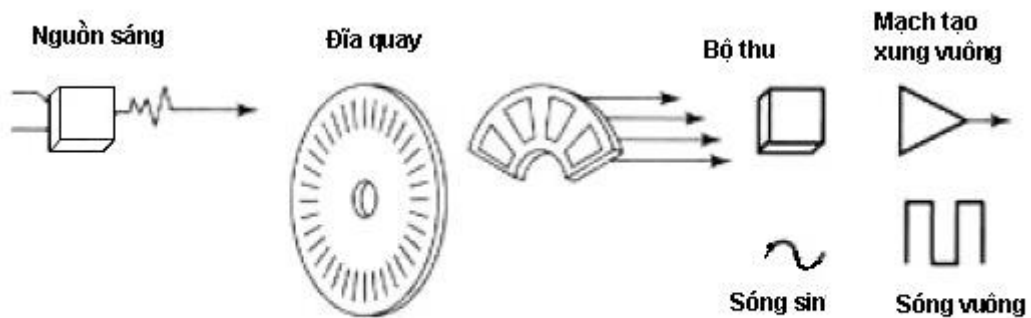
Φ : độ lệch pha.

Khi đo E_m sẽ xác định được ω

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

4.3.1. 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.



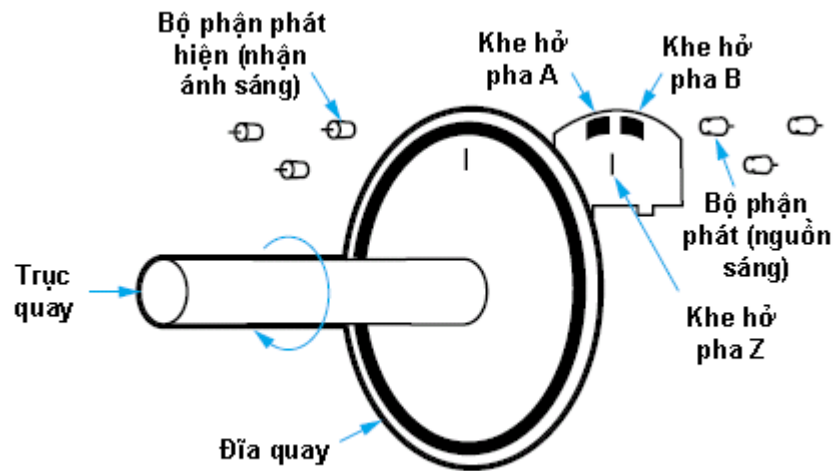
Hình 4.5: Sơ đồ hoạt động đĩa quang mã hóa

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 ở mặt còn lại của 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, đĩa cũng sẽ 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

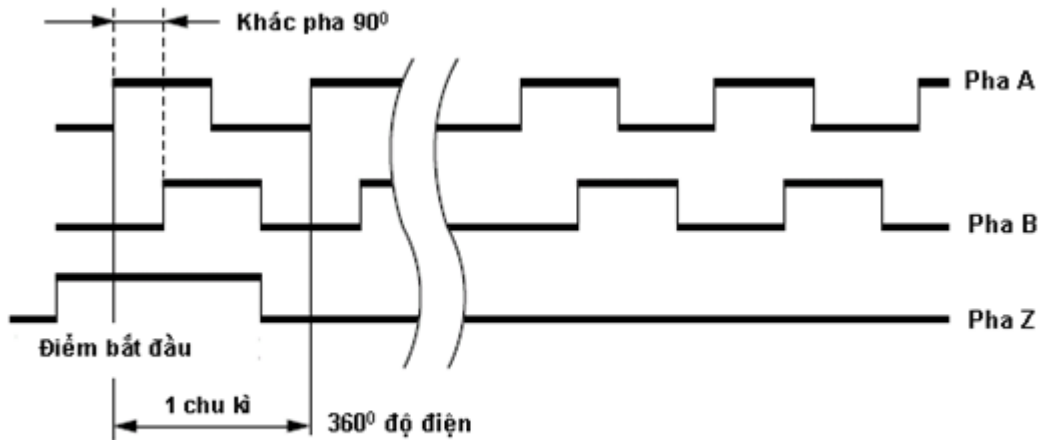
4.3.2. Đĩa mã hóa tương đối

Encoder với 1 bộ xung thì sẽ không thể phát hiện được chiều quay, hầu hết các encoder mã hóa đều có bộ xung thứ 2 lệch pha 90^0 so với bộ xung thứ nhất, và một xung xác định mỗi thời gian encoder quay một vòng.



Hình 4.6: 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.



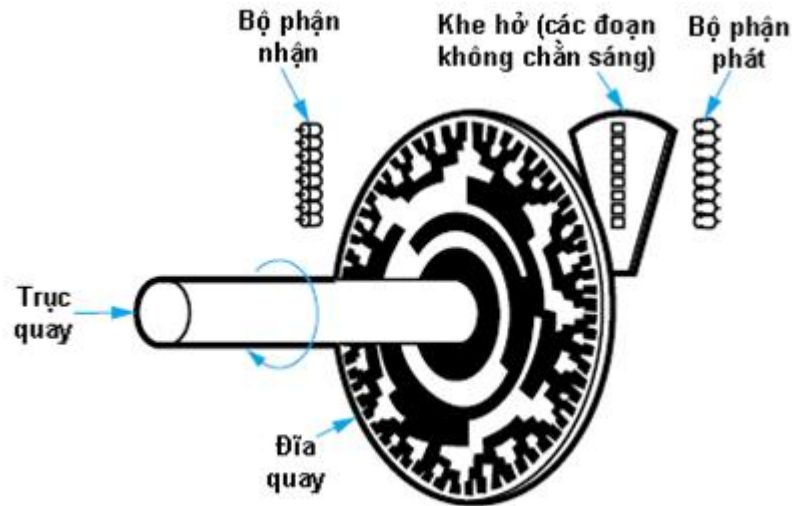
Hình 4.7: Dạng sóng ra của Encoder 2 bộ xung

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 .

$$n \text{ (vòng / phút)} = \frac{60N}{40N_0T_n}$$

4.3.3. Đĩa mã hóa tuyệt đối

Để khắc phục nhược điểm chính của đĩa mã hóa tương đối là khi mất nguồn số đếm sẽ bị mất. Như vậy khi các cơ cấu ngưng hoạt động vào buổi tối hay khi bảo trì thì khi bật nguồn trở lại encoder sẽ không thể xác định chính xác vị trí cơ cấu.



Hình 4.8: Sơ đồ thu phát Encoder tuyệt đối (sử dụng mã Gray)

Đĩa mã hóa 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 $\frac{1}{4}$ vòng tròn nào.
 - Các rãnh tiếp theo cho ta xác định được vị trí $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$... 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 như 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.

- **Xét trường hợp đĩa mã hóa tuyệt đối trường hợp 3 rãnh với mã nhị phân và mã**

Gray

- **Mã nhị phân**

Bảng giá trị 1

| Mã nhị phân | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|---------------|
| Vùng | Vòng 1 | Vòng 2 | Vòng 3 | Góc |
| 1 | off | off | off | 0° tới 45° |
| 2 | off | off | on | 45° tới 90° |
| 3 | off | on | off | 90° tới 135° |
| 4 | off | on | on | 135° tới 180° |
| 5 | on | off | off | 180° tới 225° |
| 6 | on | off | on | 225° tới 270° |
| 7 | on | on | off | 270° tới 315° |
| 8 | on | on | on | 315° tới 360° |



Hình 4.9: Đĩa mã hóa tuyệt đối trường hợp 3 rãnh với mã nhị phân

Ghi chú: Vùng màu đen qui ước tương ứng với giá trị on (phân đoạn không chấn sáng).

Chiều quay ngược chiều kim đồng hồ (góc quay mang giá trị dương). Vòng trong cùng (vòng 1): tương ứng với bit MSB.

Vòng ngoài cùng: tương ứng với bit LSB.

Một cách tổng quát, khi có n vòng thì sẽ có số lượng vị trí của đối tượng là 2^n . ví dụ $n=3$ số lượng vị trí xác định được là $2^3 = 8$.

Ở ví dụ trên, mã nhị phân được tạo ra khi đĩa quay, qua đó có thể xác định được vị trí của đĩa quay. Tuy nhiên trong thực tế việc đặt vị trí các rãnh chấn sáng và các rãnh cho ánh sáng đi qua khó mà có thể thực hiện 1 cách hoàn hảo. Trong khi đó vị trí của chúng lại quyết định giá trị gõ ra.

Ví dụ khi đĩa chuyển từ vị trí $179,9^0$ tới $180,1^0$ (từ vùng 4 sang vùng 5), trong tức khắc, theo bảng giá trị 1, sẽ có sự chuyển trạng thái từ off-on-on sang on-off-off. Cách thức hoạt động này sẽ có được độ tin cậy, bởi vị trong thực tế thì sẽ không thể có sự chuyển trạng đồng thời 1 cách hoàn hảo. Nếu ở vị trí vòng 1 chuyển trạng thái trước, rồi đến vòng 3 và vòng 2 thì thực sự sẽ có chuỗi các mã nhị phân như sau sẽ được tạo ra.

off-on-on (vị trí bắt đầu)

on-on-on (đầu tiên, trạng thái vòng 1 lên

on) on-on-off (kế đến, trạng thái vòng 3 xuống off)

on-off-off (cuối cùng, trạng thái vòng 2 xuống off)

Như vậy chuỗi mã nhị phân tạo ra tương ứng với việc đĩa quay ở các vị trí 4, 8, 7,5. Trong nhiều trường hợp điều này có thể gây nên rắc rối, làm lỗi hệ thống. Ví dụ encoder được sử dụng cho cánh tay robot, bộ điều khiển cho rằng cánh tay ở sai vị trí và cố gắng thực hiện việc di chuyển 180^0 để có thể quay về vị trí đúng.

• Mã Gray

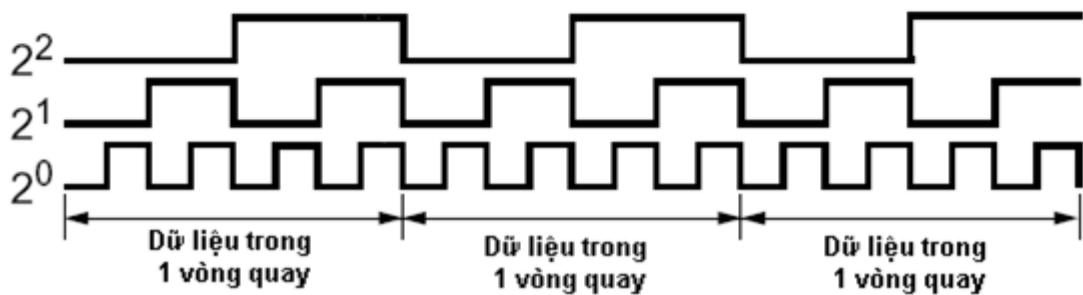
Để khắc phục những vấn đề nêu trên, mã Gray được sử dụng. Đây cũng là một hệ thống mã nhị phân nhưng chỉ có 1 sự khác nhau duy nhất giữa 2 mã Gray kế tiếp nhau (chỉ có 1 bit thay đổi trạng thái). Ví dụ trong bảng giá trị 2, từ vùng 1 chuyển sang vùng 2 chỉ có sự thay đổi từ off sang on ở vị trí bit đại diện cho vòng 3.

Bảng giá trị 2

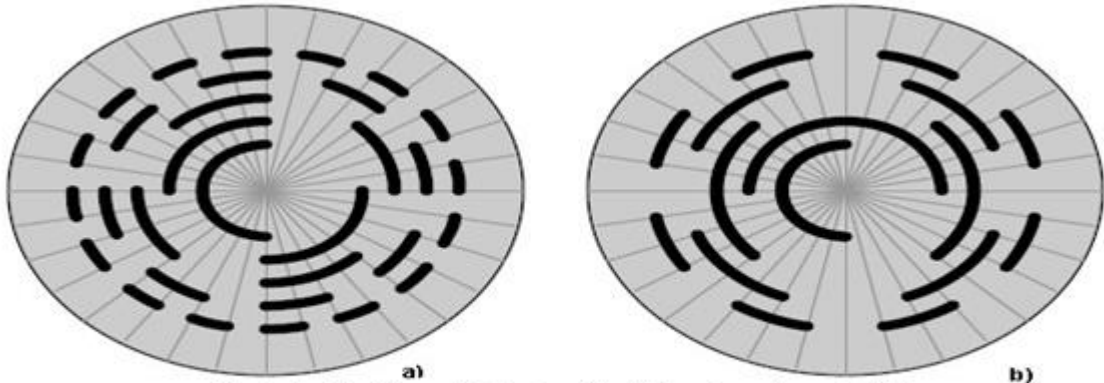
| Mã Gray | | | | |
|---------|--------|--------|--------|---------------|
| Vùng | Vòng 1 | Vòng 2 | Vòng 3 | Góc |
| 1 | off | off | off | 0° tới 45° |
| 2 | off | off | on | 45° tới 90° |
| 3 | off | on | on | 90° tới 135° |
| 4 | off | on | off | 135° tới 180° |
| 5 | on | on | off | 180° tới 225° |
| 6 | on | on | on | 225° tới 270° |
| 7 | on | off | on | 270° tới 315° |
| 8 | on | off | off | 315° tới 360° |



Hình 4.10: Đĩa mã hóa tuyệt đối trường hợp 3 rãnh với mã Gray



Hình 4.11: Dạng sóng ra của encoder với đĩa mã hóa tuyệt đối (mã Gray)



Hình 4.12: Đĩa mã hóa tuyệt đối trường hợp 5 rãnh
a) mã nhị phân
b) mã Gray

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

4.4.1. Các đơn vị từ trường và định nghĩa

- 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 từ lên dòng điện, lên nam châm.

- Cảm ứng từ B

Về mặt gây ra lực từ, từ trường được đặc trưng bằng vector cảm ứng từ B .

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

$$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 1 \text{ V.s/m}^2$$

- Từ thông Φ

Từ thông gởi qua diện tích dS là đại lượng về giá trị bằng $d\Phi = B \cdot dS$

Trong đó:

- \vec{B} là vector cảm ứng từ tại 1 điểm bất kì trên diện tích ấy.
- $d\vec{S}$ là vector có phương của vector pháp tuyến n 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 Weber (Wb). Nếu từ thông thay đổi 1 đơn vị trong thời gian 1 s, điện áp cảm ứng sinh ra trong cuộn dây là 1 V. $1 \text{ Wb} = 1 \text{ Vs}$

- Cường độ từ trường H

Cường độ từ trường H 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 H là A/m

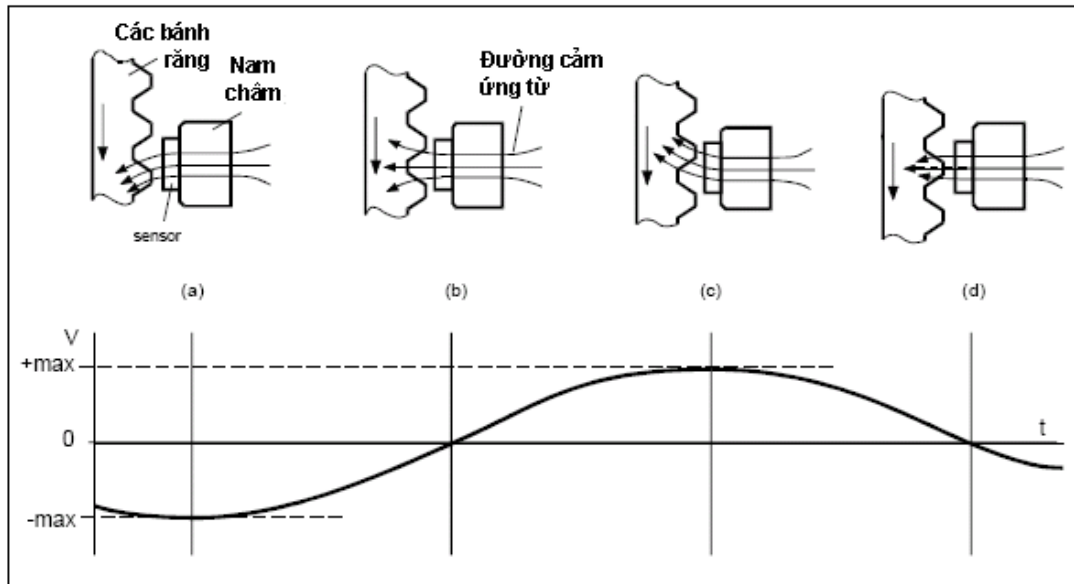
4.4.2. Cảm biến điện trở từ

Cảm biến điện trở từ là 1 linh kiện bán dẫn có hai cực, 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 - bending of magnetic field lines (thay đổi theo vị trí của bánh răng). Tín hiệu ra của cảm biến vẫn được hình thành dù đối tượng không di chuyển rất chậm.



Hình 4.13: Tín hiệu tạo ra bởi cảm biến điện trở từ

4.4.2.1 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 với 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 α $\text{tg } \alpha = \mu B$. Do sự 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. Trong kim loại, góc này rất bé. Với germanium góc lệch này khoảng 200, trong Indiumantimon do độ linh động của electron rất cao nên góc lệch = 800 với $B = 1\text{T}$.

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. Nhiều phiến InSb (bề rộng vài μm được ghép nối tiếp nhau. Giữa các phiến này là các màng kim loại.

Trong thực tế với kỹ thuật luyện kim người ta tạo ra các cây kim bằng Nickelantimon nằm bên trong InSb có chiều song song với hai cực điện. Cho mục đích này, một ít NiSb được 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 μm và dài 50 μm . Các cây kim này dẫn điện rất tốt và hầu như không có điện áp rơi trên nó.

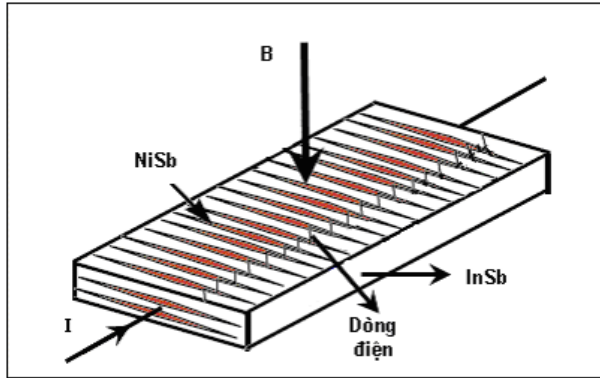
Mật độ điện tích phân bố không đều trong InSb do tác dụng của từ trường, sẽ phân bố được phân bố đều lại ở trên các cây kim. Như thế ta có sự phân bố điện tích ở nơi khởi đầu vùng 1 giống như ở nơi khởi đầu vùng 2. Điện trở từ có

thể coi như 1 hàm của cảm ứng từ theo cách tính gần đúng

$$R_B = R_0(1 + k \mu^2 B^2)$$

k là hằng số vật liệu có trị số khoảng 0,85.

Điện trở cảm biến nằm trong khoảng 10 - 500 Ω . Diện tích cắt ngang của bán dẫn càng nhỏ càng tốt, tuy nhiên chiều rộng không thể nhỏ hơn 80 μm

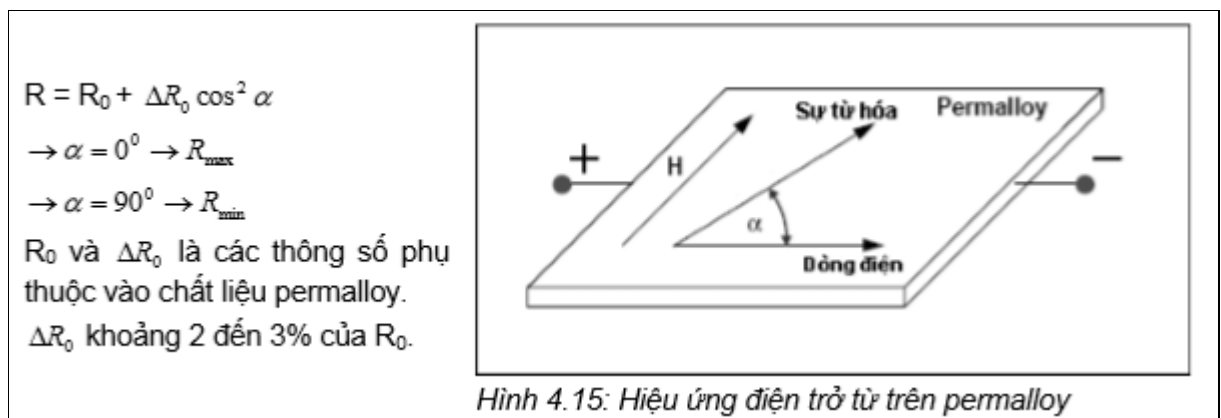


Hình 4.14

4.4.2.2 Cảm biến điện trở từ với vật liệu permalloy

- **Hiệu ứng điện trở từ với vật liệu permalloy**

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



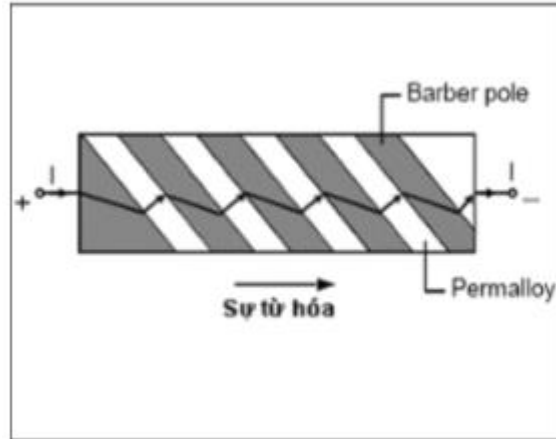
Nguyên tắc này được ứng dụng để đo tốc độ quay và góc quay.

- **Tuyến tính hóa đặc tính của cảm biến**

Theo phương trình bậc 2: $R = R_0 + \Delta R_0 \cos^2 \alpha$ thì điện trở cảm biến điện trở từ không tuyến tính (xem đặc tuyến a hình 4.17). Để 1 cảm biến tiện lợi trong sử dụng thì tốt nhất là đặc tuyến của nó tuyến tính, vì vậy biện pháp thiết kế tốt hơn là điều cần thiết.

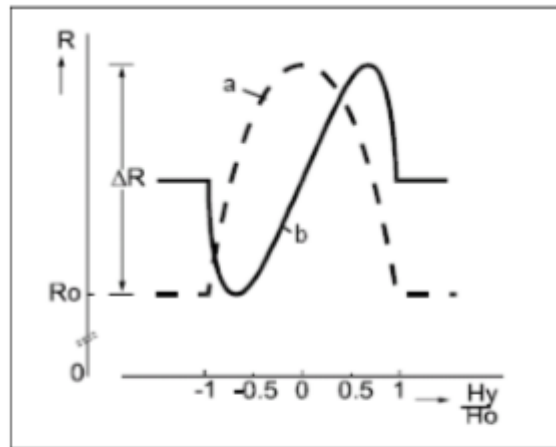
Hiệu ứng điện trở từ có thể được tuyến tính hóa bằng cách đặt 1 màng mỏng nhôm gọi là (barber poles) lên trên màng mỏng permalloy với góc 45° so với trục của màng mỏng (như hình 4.16). Nhôm có tính chất dẫn điện tốt hơn so với permalloy, barber poles làm thay đổi góc của dòng điện 45° . Như vậy góc giữa dòng điện và vectơ sự từ hóa từ α thành $(\alpha - 45^\circ)$. Hình 4.17 biểu diễn ảnh

hướng của barber poles lên đặc tính của cảm biến điện trở từ.



Hình 4.16

Để tạo nên một cảm biến hoàn chỉnh cầu Wheatstone với 4 cảm biến điện trở từ được sử dụng. Trong đó cặp cảm biến đối diện nhau qua đường chéo sẽ có cùng “sự định hướng”. Điều này có nghĩa là 1 cặp cảm biến có barber poles tạo với trục mặt phẳng màng 1 góc $+45^0$ và 1 cặp có barber poles tạo với trục mặt phẳng màng 1 góc -45^0 . Điều này làm cho biên độ tín hiệu ra tăng lên 2 lần và vẫn đảm bảo sự tuyến tính. Bên cạnh đó ảnh hưởng của nhiệt độ trong cầu điện trở sẽ được bù qua lại.



Hình 4.17

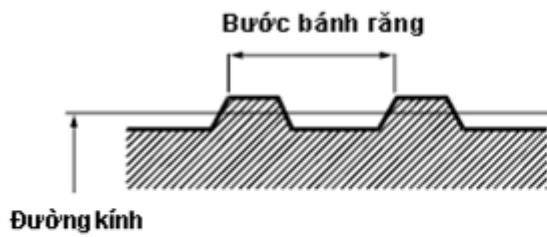
a: Đặc tuyến R-H của cảm biến loại tiêu chuẩn

b: Đặc tuyến R-H của cảm biến loại có barber poles

- Đặc điểm của việc đo tốc độ với cảm biến điện trở từ

Cảm biến điện trở từ không thể đo trực tiếp tốc độ quay mà chỉ phát hiện sự chuyển động của các bánh răng làm từ vật liệu chứa sắt (đối tượng thụ động) và hoặc đối tượng quay có các cực nam châm thay đổi tuần tự (đối tượng tích cực, xem hình)

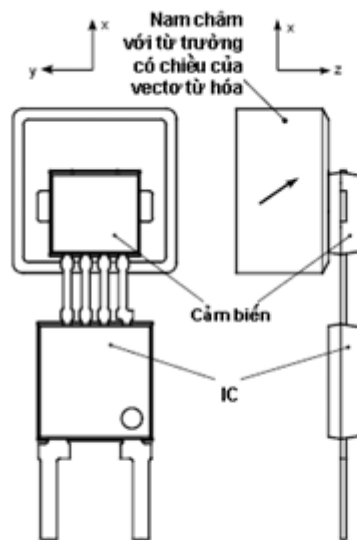
- Đối tượng “thụ động” Đặc điểm hoạt động của cảm biến với đối tượng thụ động được mô tả ở hình 4.13. Cảm biến cần được gắn với 1 nam châm vĩnh cửu.



Hình 4.18. Cấu trúc đối tượng (hình tròn)

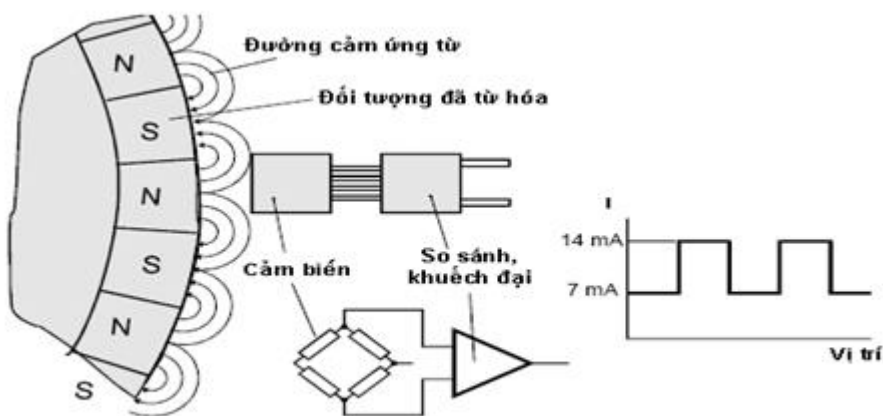
| Ký hiệu | Miêu tả | Đơn vị |
|----------------------|-------------------|--------|
| z | Số lượng răng | |
| d | Đường kính | mm |
| m | $m = d/z$ | mm |
| p (bước bánh răng) | $p = \pi \cdot m$ | mm |

Các thông số đặc trưng của đối tượng (theo tiêu chuẩn DIN)



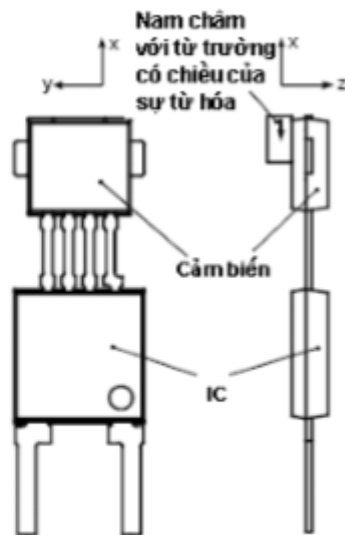
Hình 4.19: Các thành phần chi tiết của cảm biến KMI 15/1 của hãng Philips Semiconductors với đối tượng thụ động.

Đối tượng “tích cực”



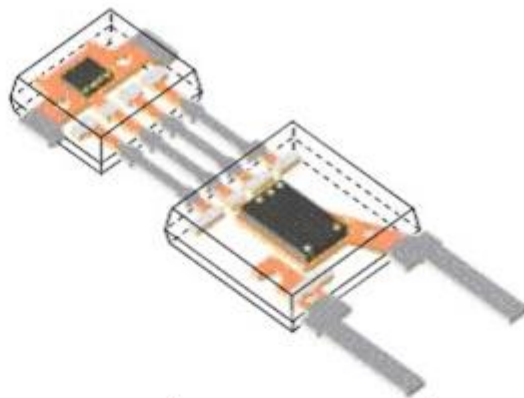
Hình 4.20

Đối tượng tích cực cung cấp vùng “làm việc”. Do đó không cần nam châm cho cảm biến để hoạt động. Tuy nhiên để cảm biến hoạt động ổn định không chịu tác động không theo ý muốn, một nam châm nhỏ vẫn được dùng trong cảm biến.

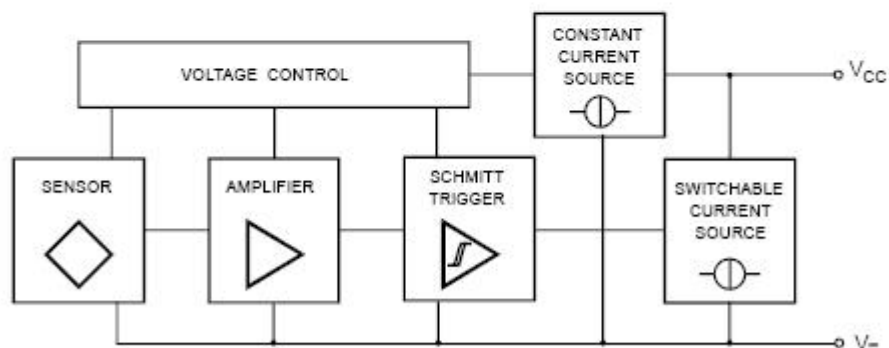


Hình 4.21: Các thành phần chi tiết của cảm biến KMI 15/2 của hãng Philips Semiconductors với đối tượng “tích cực”

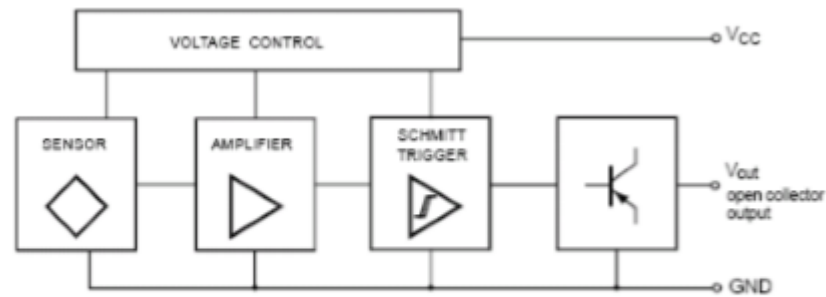
Cảm biến đo tốc độ quay KMI15/x và KMI16/x do hãng Philips Semiconductors sản xuất sử dụng hiệu ứng điện trở từ. Cấu tạo của cảm biến bao gồm bộ phận cảm biến điện trở từ, nam châm vĩnh cửu và tích hợp cả mạch điều chỉnh tín hiệu. Bộ phận điều chỉnh tín hiệu có chức năng khuếch đại (với KMI15/x) và chuyển đổi tín hiệu thành dạng digital (với KMI16/x).



Hình 4.22: Cấu trúc loại cảm biến KMI

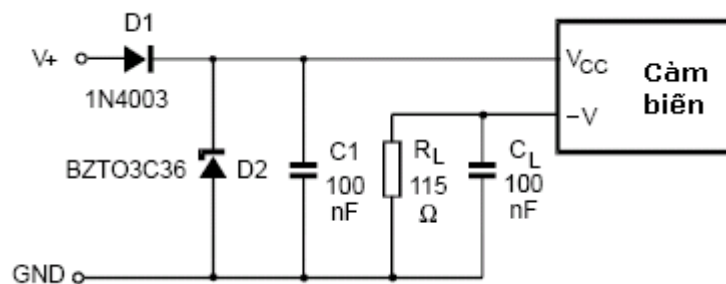


Hình 4.23: Sơ đồ khối của cảm biến KMI15/x



Hình 4.24: Sơ đồ khối của cảm biến KMI16/x

Việc dùng cảm biến KMI15/x trong các ứng dụng thực tế cần được lắp đặt như hình bên để có thể khử nhiễu và bảo vệ cảm biến trong trường hợp cực tính nguồn bị lắp sai.



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

4.5.1 Nguyên tắc

Từ công thức cơ bản

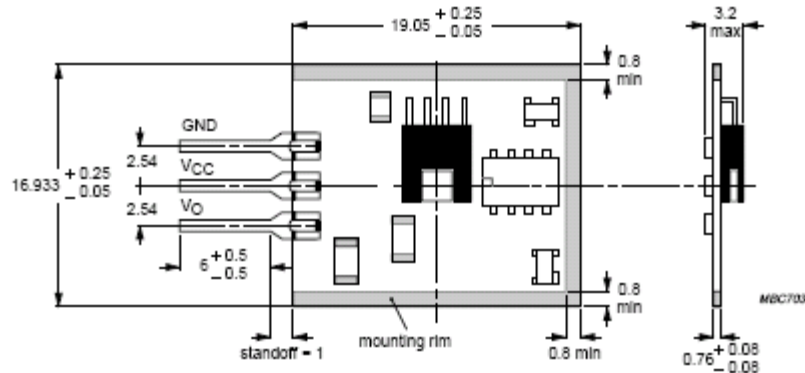
$$R = R_0 + \Delta R_0 \cos^2 \alpha$$

Ta có thể giữa R và α có sự liên hệ gần đúng

$$R \approx 2\alpha$$

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

4.5.2 Các loại cảm biến KM110BH/2 của hãng Philips Semiconductor

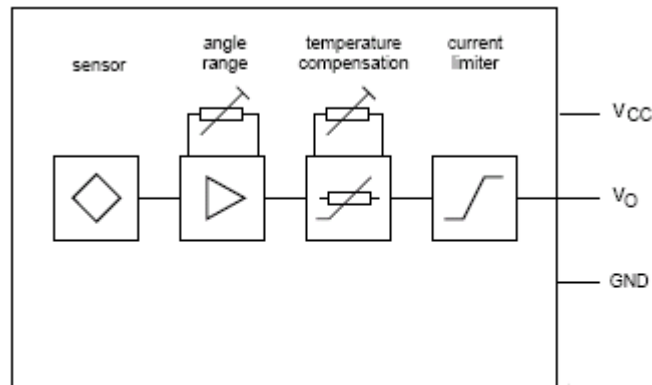


Hình 4.25: Cấu trúc cảm biến KM110BH/21

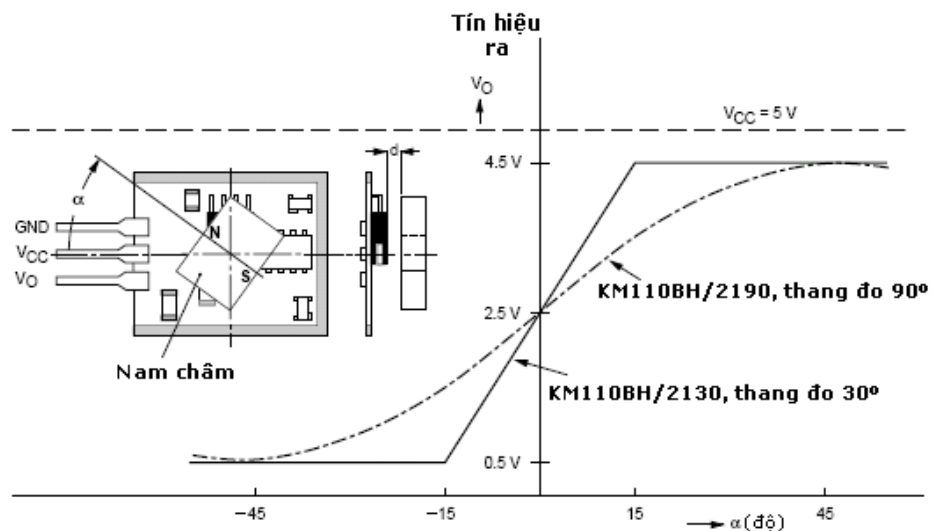
Loại cảm biến KM110BH/21 có 2 dạng KMB110BH/2130 và KMB110BH/2190. Tuy có thang đo khác nhau nhưng có mạch điện như nhau (xem hình 4.26)

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

Cả hai cảm biến đều có tín hiệu ra dạng Analog. Ngoài 2 dạng cảm biến này, còn có các thiết kế mới KM110BH/23 và KM110BH/24 (xem bảng 1



Hình 4.26: Sơ đồ khối của các loại cảm biến KM110BH/21, KM110BH/24 và KM110BH/2390



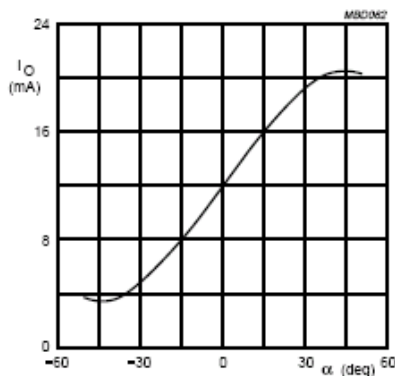
Hình 4.27: Đặc tuyến của cảm biến KM110BH/2130 và KM110BH/2190

Bảng 1

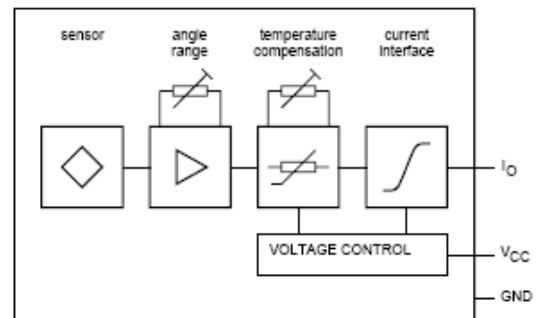
| Thông số | KM110BH/ | | | | | | Đơn vị |
|------------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | 2130 | 2190 | 2270 | 2390 | 2430 | 2470 | |
| Thang đo | 30 | 90 | 70 | 90 | 30 | 70 | 0,001 |
| Điện áp ra | 0,5 tới 4,5 | 0,5 tới 4,5 | - | 0,5 tới 4,5 | 0,5 tới 4,5 | 0,5 tới 4,5 | V |

| | | | | | | | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----|
| Dòng điện ra | | | 4 tới 20 | | | | mA |
| Đặc tuyến ngõ ra | Tuyến tính | Hình sin | Hình sin | Tuyến tính | Tuyến tính | Hình sin | |
| Điện áp hoạt động | 5 | 5 | 8,5 | 5 | 5 | 5 | V |
| Nhiệt độ hoạt động | -40 tới +125 | -40 tới +125 | -40 tới +125 | -40 tới +125 | -40 tới +125 | -40 tới +125 | °C |
| Độ phân giải | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | Độ |

Loại cảm biến KM110BH /2270 có thang đo từ -35° đến $+35^{\circ}$. Tín hiệu ngõ ra là dòng điện từ 4 đến 20 mA. Có thể sử dụng 1 điện trở để chuyển sang dạng điện áp.



Hình 4.28: Tín hiệu ra của KM110BH /2270



Hình 4.29: Sơ đồ khối của loại cảm biến KM110BH/2270

4.5.3 Các loại cảm biến KMA10 và KMA20

KMA10 và KMA20 là loại cảm biến đo góc (không cần 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 và phát triển bởi sự hợp tác giữa Philips Semiconductor và AB Electronic.

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

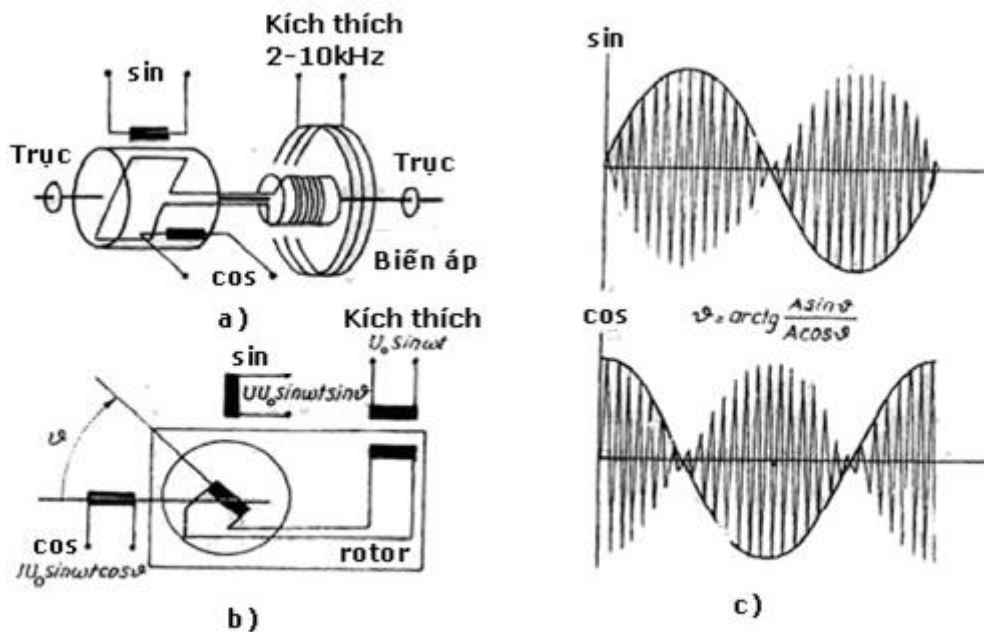
KMA20 cho tín hiệu ra dưới dạng điện áp. KMA20/30 phát triển từ loại KM110BH/2430, KMA20/70 từ loại KM110BH/2470, còn KMA20/90 phát triển từ loại KMA20/2390. Tuy nhiên tín hiệu từ KMA20/30 thì tuyến tính và từ KMA20/70 thì hình sin.

| Thông số | KMA10/70 | KMA20/30 | KMA20/70 | KMA20/90 | Đơn vị |
|--------------|----------|-------------|-------------|-------------|--------|
| Thang đo | 70 | 30 | 70 | 90 | Độ |
| Điện áp ra | - | 0,5 tới 4,5 | 0,5 tới 4,5 | 0,5 tới 4,5 | V |
| Dòng điện ra | 4 tới 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 tới +100 | -40 tới +125 | -40 tới +125 | -40 tới +125 | °C |
| Độ phân giải | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | Độ |

4.6 Máy đo góc tuyệt đối (Resolver)

Máy đo góc tuyệt đối có cấu tạo gồm hai phần: phần động gắn liền với trục quay động cơ chứa cuộn sơ cấp được kích thích bằng sóng mang tần số 2-10Khz qua máy biến áp quay (hình 4.30 a). Phần tĩnh có 2 dây quấn thứ cấp (cuộn sin và cuộn cos) đặt lệch nhau 90°. Đầu ra của hai dây quấn thứ cấp ta thu được 2 tín hiệu điều biên $UU_0 \sin \omega t \sin \vartheta$ và $UU_0 \sin \omega t \cos \vartheta$ (hình 4.30 b). Đường bao của kênh tín hiệu ra chứa thông tin về vị trí tuyệt đối (góc ϑ) của rotor máy đo, có nghĩa là vị trí tuyệt đối của rotor động cơ (hình 4.30 c).



Hình 4.30: Máy đo góc tuyệt đối
a) cấu tạo b) sơ đồ nguyên lý c) hai kênh tín hiệu ra

Có 2 cách thu thập thông tin về ϑ

- 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 hai 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 tạo tín hiệu kích thích 2-10 kHz.

BÀI 5 : CẢM BIẾN QUANG ĐIỆN

5.1. Đại cương

Cảm biến quang điện có tính linh hoạt rất cao và giá thành tương đối thấp. Cảm biến quang điện có thể phát hiện các đối tượng nhanh hơn và ở cự ly xa hơn so với nhiều kỹ thuật khác. Với những ưu thế trên, cảm biến quang điện nhanh chóng trở thành một trong các thiết bị trong lãnh vực tự động được sử dụng rộng rãi trong thực tế sản xuất.

5.1.1. Ánh sáng và phép đo quang

5.1.1.1. Tính chất của ánh sáng

Các cảm biến quang được sử dụng để chuyển thông tin từ ánh sáng nhìn thấy hoặc tia hồng ngoại (IR: Infared) và tia tử ngoại (UV: Ultra Violed) thành tín hiệu điện. Ánh sáng có hai tính chất cơ bản là sóng và hạt. Dạng sóng của ánh sáng là sóng điện từ phát ra khi có sự chuyển điện tử giữa các mức năng lượng nguyên tử của nguồn sáng. Các dạng sóng này di chuyển trong chân không với tốc độ $c = 299792 \text{ km/s}$ (khoảng 300.000 km/s). Trong vật chất ánh sáng có vận tốc $V = c/n$ (n là chiết suất của môi trường).

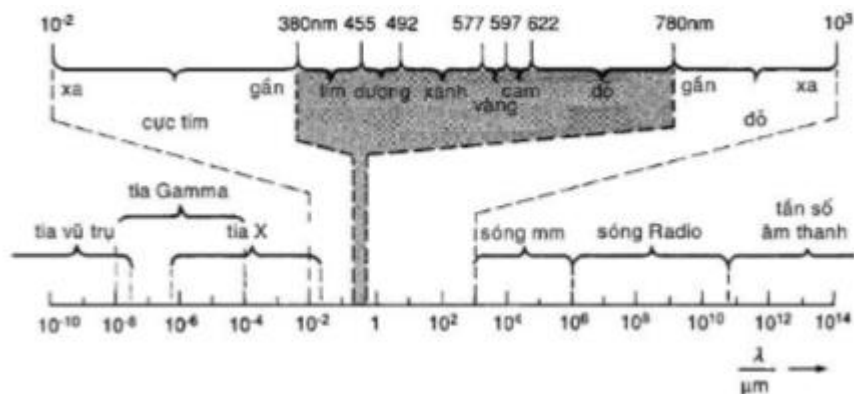
Tần số ν và bước sóng λ liên hệ với nhau bằng biểu thức:

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

Trong chân không

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

Trên hình 5.2 biểu diễn phổ ánh sáng và sự phân chia thành các dải màu của phổ. Đơn vị độ dài sóng thường dùng là ($1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{m}$)



Hình 5.2: Biểu diễn phổ ánh sáng.

Tia đỏ (tia hồng ngoại), và tím (tia tử ngoại) cũng được phân loại là bức xạ sóng ánh sáng, nhưng là ánh sáng không nhìn thấy được bằng mắt thường của người. Ta thấy màu ánh sáng phụ thuộc độ dài sóng.

Tia đỏ (IR) có độ dài λ từ 780 nm đến 106 nm, sóng này giáp cận dưới của sóng dài vô tuyến (LW).

Tia cực tím (UV) có độ dài λ từ 10 nm đến 380 nm, sóng này giáp cận trên của sóng có độ dài ngắn hơn và có màu như cầu vồng.

Nguồn sáng tự nhiên, hay nhân tạo là tổng hợp nhiều dao động điện từ nói khác đi có nhiều độ dài sóng khác nhau, qua lăng kính ta thấy được phổ ánh sáng này. Nguồn sáng nhân tạo cho phép ta dịch chuyển phần lớn các bức xạ này theo ý, bằng các vật liệu, và các tính chất vật lý, chẳng hạn nguồn sáng chủ yếu chỉ sinh ra tia đỏ, tím hay vàng.

Tính chất hạt của ánh sáng thể hiện qua sự tương tác của nó và vật chất.

5.1.1.2. Các đơn vị đo quang

- Các đơn vị đo năng lượng.

- Năng lượng bức xạ Q: Là năng lượng phát xạ, lan truyền hoặc hấp thụ dưới dạng bức xạ đo được bằng jun (J).

- Thông lượng ánh sáng (Φ): Là công suất phát xạ, lan truyền hoặc hấp thụ, đo bằng oát (W).

$$\Phi = \frac{dQ}{dt}$$

- Cường độ ánh sáng (I): Là luồng năng lượng phát ra theo một hướng cho trước dưới một đơn vị góc khối, có đơn vị là oát/steradian

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

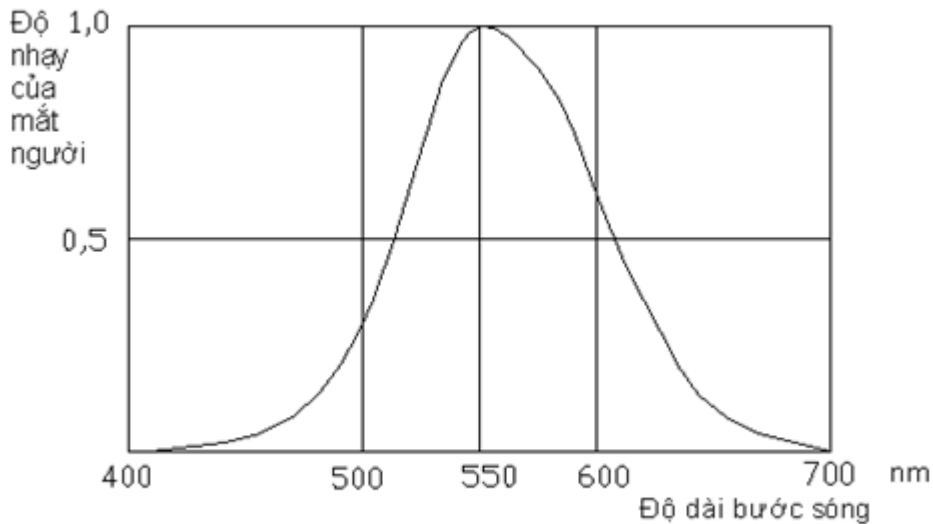
- Độ chói năng lượng (L): Là tỉ số giữa cường độ ánh sáng phát ra bởi một phần tử bề mặt dA theo một hướng xác định và diện tích hình chiếu của phần tử này trên mặt phẳng P vuông góc với hướng đó, $dA_n = dA \cdot \cos\theta$ (θ là góc giữa P và mặt phẳng chứa dA) > Độ chói năng lượng được đo bằng oát/steradian.m²:

$$L = \frac{dI}{dA_n}$$

- Độ rọi năng lượng (E): Là tỉ số giữa nguồn năng lượng thu được bởi một phần tử bề mặt và diện tích của phần tử đó. Độ rọi năng lượng được đo bằng oát/m².

- Các đơn vị đo thị giác.

Độ nhạy của mắt người đối với ánh sáng có bước sóng khác nhau là khác nhau. Trong vùng ánh sáng nhìn thấy được, mắt người cảm nhận độ nhạy ánh sáng khác nhau đối với những màu sắc khác nhau. Độ nhạy của mắt người theo bước sóng ánh sáng được vẽ ở hình dưới.



Hình 5.3: Đường cong độ nhạy tương đối của mắt người.

Theo sơ đồ hình vẽ độ nhạy cực đại của mắt là bằng chiều dài của bước sóng $\lambda = 555 \text{ nm}$. Tương đương với ánh sáng màu xanh dương hoặc màu vàng. Độ nhạy của mắt tại $\lambda = 555 \text{ nm}$ ứng với giá trị bằng 1 như trong hình trên. Đối với bước sóng ngắn hoặc dài hơn thì độ nhạy của mắt giảm và tiến về giá trị 0.

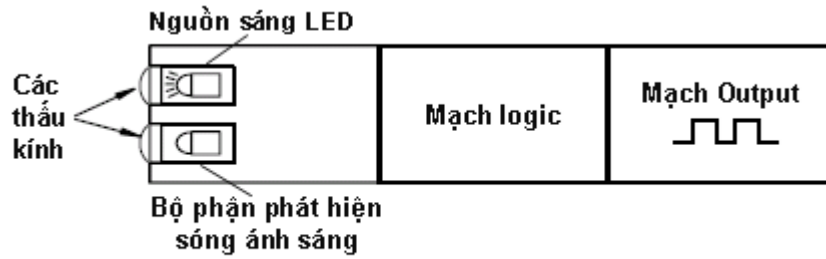
| | Đơn vị thị giác | Đơn vị năng lượng |
|---------------------|---|--|
| Luồng (thông lượng) | Lumen (lm) | Oat (W) |
| Cường độ | <u>Candela</u> (cd) | Oat/sr (W/Sr) |
| Độ chói | <u>Candela</u> /m ² (cd/m ²) | Oat/sr. m ² (W/Sr. m ²) |
| Độ rọi | Lumen/ m ² hay lux (lx) | W/ m ² . |
| Năng lượng | <u>Lumen.s</u> (lm.s) | Jun (J) |

5.1.2. Nguyên tắc hoạt động, cấu trúc của cảm biến quang

Nguồn sáng phát ra các tia sóng ánh sáng, nơi nhận là bộ phận photodetector (Photodetector có thể là photodiode hoặc phototransistor). Khi có đối tượng di chuyển vào đường đi sóng của ánh sáng, dựa trên sự thay đổi của sóng ánh sáng cảm biến có thể phát hiện sự xuất hiện, hình dạng kích thước, tính phản xạ, sự trong hay mờ, và màu sắc của đối tượng.

Tín hiệu ngõ ra của mạch output của cảm biến quang điện có thể là analog hoặc digital.

Cấu trúc cảm biến quang điện



Hình 5.4: Cấu trúc cảm biến quang điện

Cảm biến quang điện gồm 5 phần cơ bản chính:

- + Nguồn sáng
- + Bộ phận phát hiện sóng ánh sáng
- + Các thấu kính
- + Mạch logic
- + Mạch output

5.1.3. Nguồn sáng

Việc sử dụng một cảm biến quang chỉ có hiệu quả khi nó phù hợp với bức xạ ánh sáng (phổ, thông lượng, tần số). Nguồn sáng sẽ quyết định mọi đặc tính quan trọng của bức xạ. Vì vậy trong phần này giới thiệu tóm tắt các tính chất quan trọng của những nguồn sáng thường sử dụng.

- Đèn đốt wonfram

Đèn có cấu tạo gồm một sợi dây wonfram đặt trong một ống bằng thủy tinh hoặc thạch anh có chứa chất khí hiếm hoặc halogen (I₂) để giảm bay hơi sợi đốt. Nhiệt độ của sợi dây wonfram giống như nhiệt độ của một vật đen tuyệt đối, có đường cong phổ phát xạ nằm trong vùng phổ nhìn thấy. Đèn wonfram có một số đặc điểm sau:

Thông lượng lớn, dải phổ rộng, có thể giảm bằng các tấm lọc.

Quán tính nhiệt lớn nên không thể thay đổi bức xạ một cách nhanh chóng, tuổi thọ ngắn, dễ vỡ.

- Diod phát quang (LED)

Trong loại đèn này năng lượng giải phóng do tái hợp điện tử lỗ trống ở gần chuyển tiếp P – N của diod sẽ làm phát sinh các photon. Các đặc điểm chính của đèn diod phát quang:

- Thời gian hồi đáp nhỏ, cỡ ns, phổ ánh sáng hoàn toàn xác định, độ tin cậy cao và độ bền tốt.
- Nhược điểm: Thông lượng tương đối nhỏ (khoảng 102 mW), nhạy với nhiệt độ.

- Laser

Laze là nguồn sáng rất đơn sắc, độ chói lớn, định hướng lớn, tính liên kết nhanh (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. Đối với tia laze, tất cả các bức xạ cấu thành đều cùng pha cùng

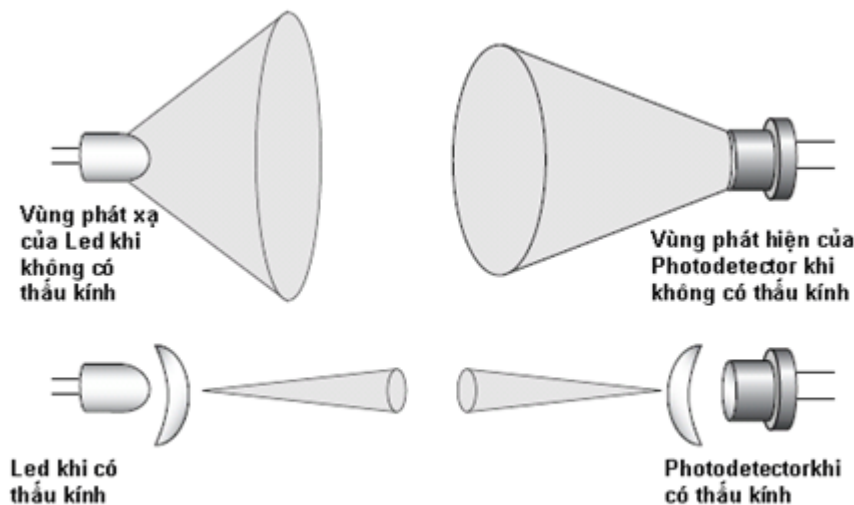
phân cực bởi vậy khi chồng chéo lên nhau chúng tạo thành một sóng duy nhất. Đặc điểm của laze là có bước sóng đơn sắc hoàn toàn xác định, thông lượng lớn, truyền đi khoảng cách lớn.

5.1.4. Thấu kính

Các thấu kính được sử dụng với nguồn sáng LED và bộ phận Photodetector để “làm hẹp”, điều chỉnh diện tích vùng hoạt động. Khi đã “làm hẹp” diện tích, tầm hoạt động của LED và bộ Photodetector sẽ tăng lên. kết quả là tầm phát hiện của cảm biến quang điện cũng tăng lên.

Sóng ánh sáng từ LED kết hợp với thấu kính thường có dạng hình nón.

Với nguồn sáng laser, các tia sáng song song với nhau và chỉ có khuynh hướng phân kỳ (không đáng kể) khi đạt tới khoảng cách hoạt động lớn nhất.

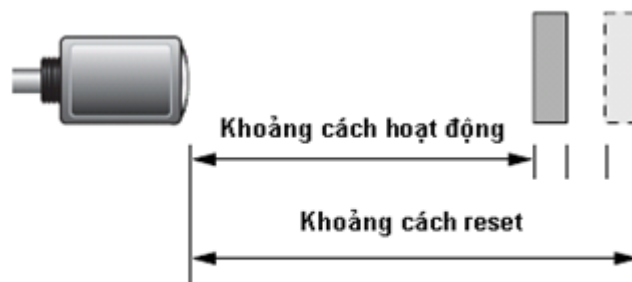


Hình 5.5: LED và Photodetector với thấu kính

5.1.5. Thời gian đáp ứng, tính trễ

Thời gian đáp ứng là thời gian từ lúc cảm biến phát hiện được đối tượng cho đến khi ngõ ra của cảm biến thay đổi trạng thái từ ON thành OFF hoặc từ OFF thành ON.

Tính trễ của cảm biến quang điện là sự khác nhau giữa khoảng cách đối tượng được phát hiện khi di chuyển đến gần cảm biến và khoảng cách đối tượng phải dịch chuyển ra xa để cảm biến không còn phát hiện nữa



Hình 5.6

5.1.6. Phân loại cảm biến quang điện

Kỹ thuật scan (phát hiện đối tượng):

Nhiều biện pháp kỹ thuật scan khác nhau được áp dụng cho các loại cảm biến quang điện để phát hiện ra đối tượng (mục tiêu). Một trong các yếu tố quyết định kỹ thuật nào tốt nhất là đặc điểm của đối tượng cần phát hiện. Một số đối tượng có sự phản xạ ánh sáng rất tốt, số khác lại có bề mặt mờ đục. Khoảng cách vùng hoạt động của cảm biến cũng là một yếu tố quyết định sử dụng loại kỹ thuật scan. Một số kỹ thuật đặc biệt hiệu quả ở cự ly lớn, số khác lại hoạt động tốt khi đối tượng ở gần bề mặt cảm biến.

Căn cứ vào loại kỹ thuật sử dụng, cảm biến quang thường được phân loại như sau:

- Cảm biến quang loại thu phát riêng (độc lập).
- Cảm biến quang loại thu phát chung.
- Cảm biến quang loại khuếch tán.
- Cảm biến quang loại phản xạ giới hạn.
- Cảm biến quang loại đặt khoảng cách.
- Cảm biến quang loại phát hiện màu...

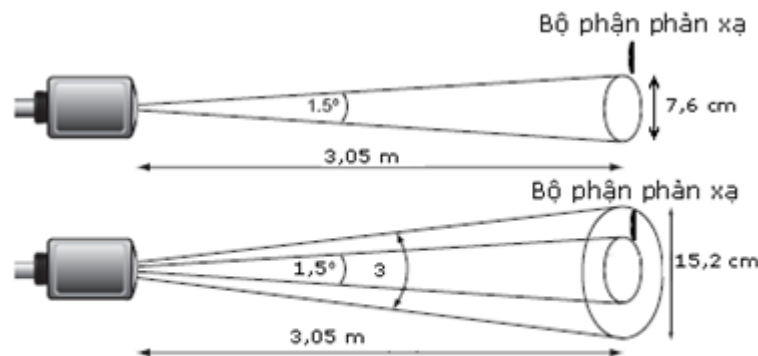
Ở phần sau ta sẽ xét 1 số loại cảm biến cơ bản.

5.1.7. Vùng phát hiện của cảm biến quang điện

Vùng phát hiện là khu vực mà nguồn sáng chiếu sáng và bộ phận nhận có thể “thấy”. Tóm lại đây là vùng mà khi có đối tượng di chuyển vào sẽ có sự đáp ứng của cảm biến quang điện. Vùng phát hiện có hình dạng như hình nón

Diện tích mặt cắt ngang của vùng phát hiện cảm biến quang điện nhìn chung là khá hẹp, Tuy nhiên nếu vùng phát hiện quá hẹp thì việc lắp đặt cảm biến trở nên khó khăn. Nếu cảm biến có diện tích mặt cắt ngang lớn thì tầm hoạt động của cảm biến ngắn đi.

Thông thường vùng hoạt động của cảm biến có góc từ 1,50 tới 70 để có được tầm phát hiện lớn và cũng dễ dàng trong lắp đặt. Nếu cảm biến có vùng hoạt động với góc lớn hơn 400 thì được gọi là cảm biến có “góc rộng”.



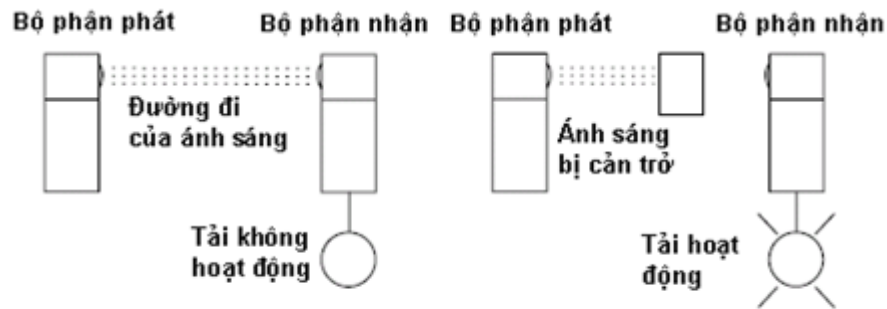
Hình 5.7

5.1.8. Các chế độ hoạt động của cảm biến quang điện

Có 2 chế độ hoạt động: LO: chế độ “sáng” (light operate) và DO: chế

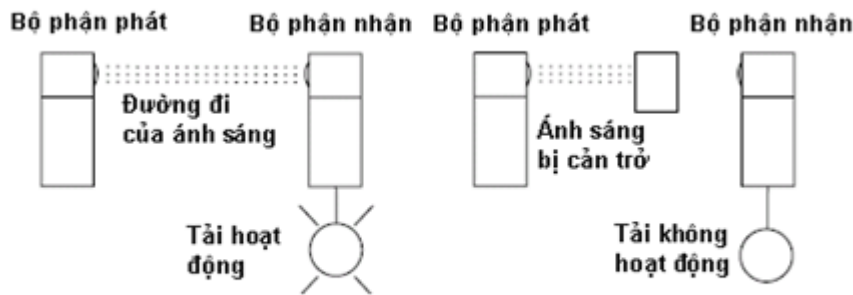
độ “tối”(dark operate).

- Chế độ DO: ngõ ra ở trạng thái tích cực (tải được cung cấp năng lượng) khi bộ phận nhận không nhận được sóng ánh sáng từ bộ phận phát.



Hình 5.7: Chế độ DO

- Chế độ LO: Ngõ ra ở trạng thái tích cực (tải được cung cấp năng lượng) khi có sóng ánh sáng đi được từ bộ phận phát đến bộ phận nhận.



Hình 5.8: Chế độ LO

Mối quan hệ giữa trạng ngõ ra cảm biến với trạng thái hoạt động của các loại cảm biến.

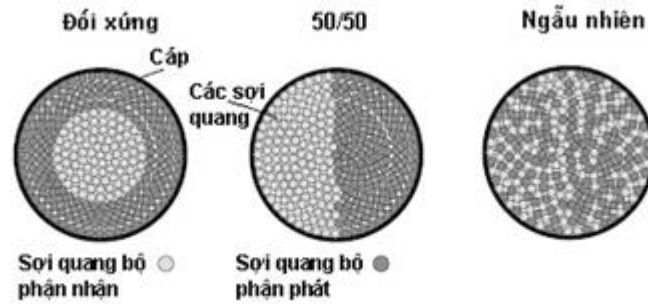
| Chế độ hoạt động | Đường đi của ánh sáng | Trạng thái ngõ ra của cảm biến | |
|------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------|
| | | Loại thu phát riêng Loại phản xạ | Loại khuếch tán |
| LO | Không bị cản trở | Tích cực | Không tích cực |
| | Bị cản trở | Không tích cực | Tích cực |
| DO | Không bị cản trở | Không tích cực | Tích cực |
| | Bị cản trở | Tích cực | Không tích cực |

5.1.9. Cáp quang

Các cảm biến sử dụng cáp quang làm phương tiện để có thể truyền đạt thông tin bằng ánh sáng. Cáp quang được cấu tạo từ nhiều sợi quang. Tùy thuộc vào từng chủng loại cảm biến, có thể sử dụng từng cáp riêng cho bộ phận phát và bộ phận nhận hoặc chỉ sử dụng 1 cáp duy nhất.

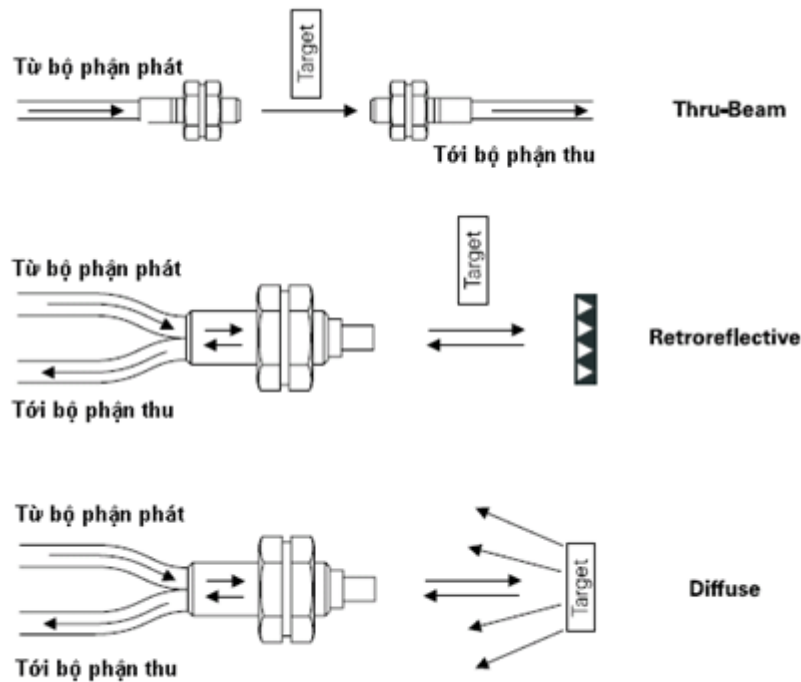
Khi chỉ sử dụng chung 1 cáp, bộ phận phát và bộ phận nhận sử dụng các phương pháp khác nhau để phân chia các sợi quang. Loại cáp quang “thủy

“ tinh” (Glass fibers) được sử dụng khi nguồn sáng phát ra tia hồng ngoại, còn khi nguồn sáng phát ra loại tia có thể nhìn thấy được thì loại cáp quang plastic được sử dụng.



Hình 5.9: Các cách phân chia sợi quang giữa bộ phận nhận và bộ phận phát

Cáp quang được sử dụng với các loại cảm biến quang điện. Loại thu phát riêng sử dụng cáp riêng cho mỗi phần. Loại cảm biến khuếch tán và phản xạ thì chỉ sử dụng 1 cáp (xem hình 5.10).



Hình 5.10

5.1.10. Yêu cầu khi lắp đặt cảm biến

Vị trí của nguồn sáng, bộ phận nhận, bộ phận phản xạ hay đối tượng phải sao cho lượng năng lượng của ánh sáng khi đến được bộ phận đạt mức cao nhất.

5.1.11. Cấu hình ngõ ra của cảm biến quang điện

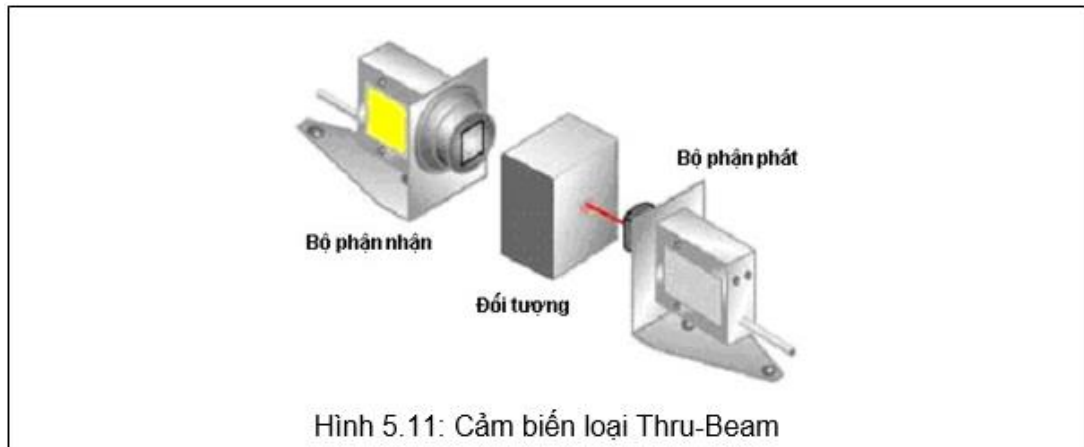
Xem phần 2.1.3 cấu hình cảm biến tiệm cận (Bài 2)

5.2. Cảm biến quang loại thu phát độc lập (Thru-Beam)

5.2.1. Nguyên tắc hoạt động

Cảm biến quang loại Thu-Beam là loại cảm biến có phần phát và phần thu ở trong hai bộ phận độc lập nhau và đặt đối diện nhau.

Các tia ánh sáng đi trực tiếp từ phần phát đến phần thu. Khi có đối tượng (mục tiêu) xuất hiện ở vị trí trên đường đi của các tia sáng, trạng thái ngõ ra ở bộ phận nhận sẽ thay đổi. Đến khi đối tượng không còn cản trở các tia sáng nữa, thì trạng thái ngõ ra trở lại bình thường.

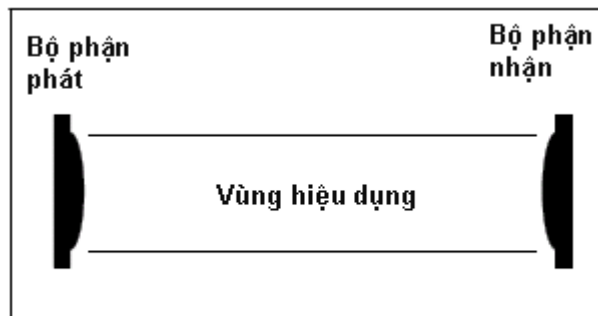


Phần lớn ánh sáng được sử dụng là tia hồng ngoại, vì sử dụng loại tia hồng ngoại thì ảnh hưởng của vùng ánh sáng nhìn thấy được, của bụi, của bản giảm ở mức nhỏ nhất.

5.2.2. Vùng hiệu dụng

Vùng hiệu dụng là khu vực mà cảm biến có thể phát hiện ra đối tượng. Đường kính của vùng hiệu dụng bằng với đường kính của thấu kính ở bộ phận nhận và bộ phận phát.

Kích thước nhỏ nhất của đối tượng nên bằng với đường kính thấu kính ở bộ phận nhận và bộ phận thu.



Hình 5.12: Vùng hiệu dụng của các tia ánh sáng

Chú ý: Phần trăm diện tích vùng hiệu dụng bị đối tượng chắn dẫn đến ngõ ra cảm biến thay đổi trạng thái còn phụ thuộc vào từng cảm biến cụ thể (độ nhạy và tính trễ của từng cảm biến).

5.2.3. Đặc điểm cảm biến quang loại thu phát độc lập (Thru-Beam)

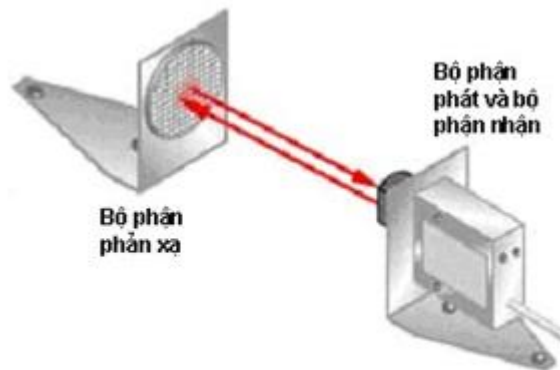
- Độ tin cậy cao.
- Thích hợp với việc dùng để phát hiện các đối tượng mờ đục, không trong suốt (chắn sáng) hay các đối tượng có tính phản chiếu.
- Không thích hợp để phát hiện các đối tượng trong suốt.

- Tầm hoạt động xa nhất so với 2 loại còn lại. Một số cảm biến đặc biệt có khả năng hoạt động lên đến cự ly 274 m. Với các cảm biến Siemens tầm hoạt động lớn nhất là 300 feet (khoảng 91 m).
- Khoảng cách phát hiện xa. Không bị ảnh hưởng bởi bề mặt, màu sắc vật.

5.3. Cảm biến quang loại phản xạ (Retro-reflective hoặc Reflex)

5.3.1. Nguyên tắc hoạt động

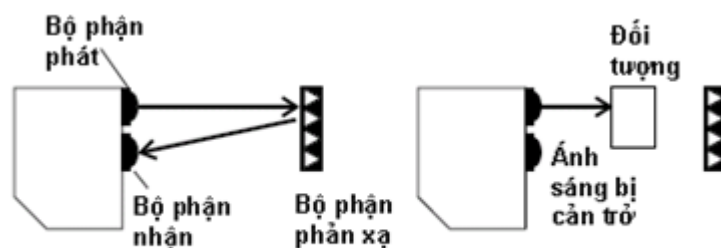
Cảm biến có bộ thu phát chung là loại cảm biến có bộ thu và phát tích hợp vào chung một bộ phận. Vị trí của 2 bộ phận này song song nhau. Một thành phần khác của loại cảm biến này là bộ phận phản xạ (Reflector).



Hình 5.13

Ánh sáng được chiếu đến bộ phận phản xạ và quay trở lại bộ tiếp nhận. Khi có đối tượng chặn ánh sáng, ngõ ra của cảm biến thay đổi trạng thái. Các vật được nhận biết khi ánh sáng bị ngắt không phản xạ lại.

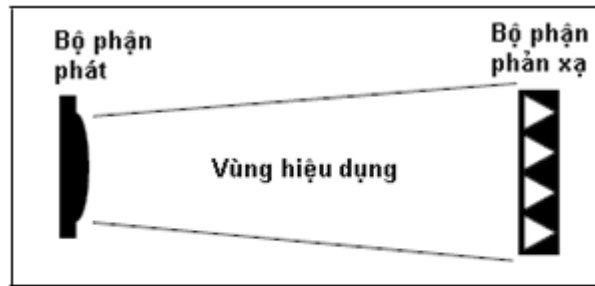
Khoảng cách phát hiện lớn nhất của các cảm biến Siemens loại thu phát chung là 35 feet (khoảng 10 m).



Hình 5.14

5.3.2. Vùng hiệu dụng

Vùng hiệu dụng là khu vực từ thấu kính của cảm biến đến bộ phận phản xạ. Kích thước nhỏ nhất của đối tượng nên bằng kích thước của bộ phận phản xạ



Hình 5.15: Vùng hiệu dụng của cảm biến
loại phản xạ

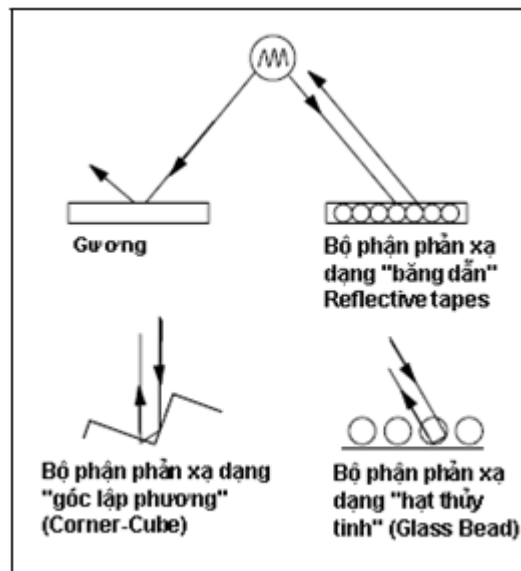
5.3.3. Đặc điểm cảm biến quang loại phản xạ (Retro-reflective hoặc Reflex)

- Độ tin cậy cao. Giảm bớt dây dẫn.
- Có thể phân biệt được vật trong suốt, mờ, bóng loáng.

5.3.4. Bộ phận phản xạ

Bộ phận phản xạ có các kích thước và hình dạng khác nhau, có thể tròn hoặc hình chữ nhật. Tầm hoạt động được chỉ định với từng dạng bộ phận phản xạ.

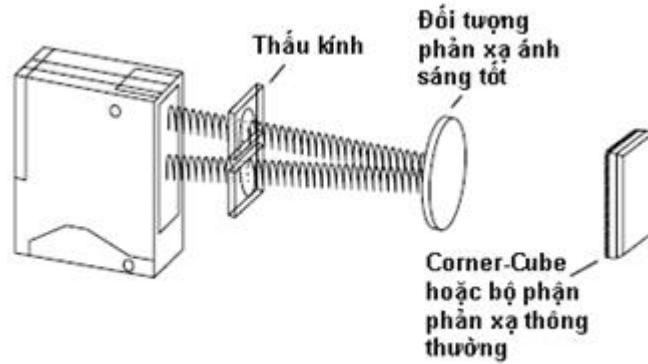
Những chất liệu đặc biệt được dùng để chế tạo các bộ phận phản xạ. Không như gương hay các mặt phẳng phản xạ thông thường khác, những bộ phận phản xạ này không đòi hỏi khắt khe, sự hoàn hảo trong việc lắp đặt (bộ phận phản xạ phải lắp đặt trực tiếp giao với cảm biến, vuông góc với đường thẳng từ cảm biến đến bộ phận phản xạ). Với loại Reflectives tape phạm vi cho phép lên tới 150.



Hình 5.16

5.3.5. Cảm biến loại Retro-reflective với đối tượng có tính chất phản xạ ánh sáng tốt

Cảm biến loại phản xạ không thể phát hiện các đối tượng có tính phản xạ ánh sáng tốt. Bởi vì loại đối tượng này cũng gây sự phản xạ ánh sáng ngược trở lại cảm biến. Cảm biến lại không thể phân biệt được sự khác nhau giữa ánh sáng phản xạ đối tượng và ánh sáng phản xạ từ bộ phận phản xạ



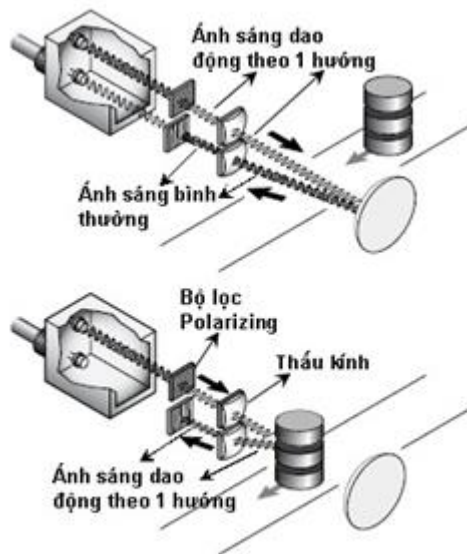
Hình 5.17

5.3.6. Cảm biến loại Polarized Retro-reflector

Cảm biến Polarized Retro-reflector là 1 dạng khác của loại cảm biến phản xạ (Retro- reflective).

- Cấu trúc

Cảm biến có thêm bộ lọc Polarizing đặt trước bộ phận nhận và bộ phận phát, có thể trước hoặc sau thấu kính. Bộ lọc này làm cho ánh sáng chỉ còn dao động theo một hướng nhất định (lúc này sóng dao động có thể biểu chỉ trên một mặt phẳng).



Hình 5.18

- Nguyên lý hoạt động

Sau khi qua bộ lọc Polarizing, nếu ánh sáng gặp đối tượng và phản xạ lại thì ánh sáng vẫn còn dao động theo một hướng. Nếu ánh sáng đi tới bộ phận phản xạ, thì ánh sáng phản xạ lại sẽ trở về trạng thái bình thường.

Chú ý: Các bộ phận phản xạ này có tính chất làm cho ánh sáng trở lại trạng thái bình thường. Hầu hết các bộ phận phản xạ dạng băng dẫn (Reflective tape) không thích hợp với cảm biến loại Polarized Retro-reflector trừ 1 số loại đặc biệt.

Bộ phận nhận chỉ có thể phát hiện ánh sáng ở trạng thái bình thường. Vì vậy bộ phận nhận không thể “nhận” được ánh sáng phản xạ khi gặp đối tượng

(kể cả đối tượng có tính chất phản xạ ánh sáng tốt).

So sánh Polarized Retro-reflector và dạng Retro-reflector nguyên bản thì loại cảm biến Polarized làm việc tốt hơn khi cần phải phát hiện các đối tượng có khả năng phản xạ ánh sáng tốt.

5.4. Cảm biến quang loại khuếch tán (Diffuse)

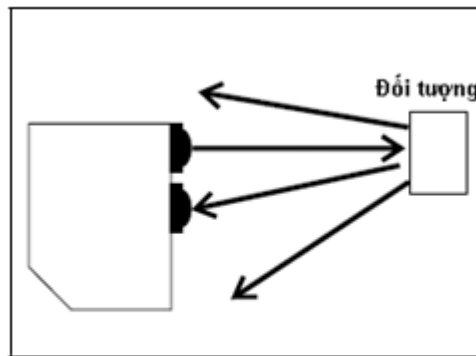
5.4.1. Nguyên tắc hoạt động

Bộ phận phát và bộ phận được tích hợp chung vào một khối. Ánh sáng đi từ bộ phận phát đến đối tượng.

Ánh sáng phản xạ từ bề mặt đối tượng khuếch tán với các góc độ khác nhau.

Nếu bộ phận nhận được đủ ánh sáng phản xạ, ngõ ra của cảm biến sẽ thay đổi trạng thái. Khi không có ánh sáng phản xạ trở lại, trạng thái ngõ ra sẽ trở lại bình thường.

Với cảm biến quang loại khuếch tán, bộ phận phát cần được đặt ở vị trí trực giao với đối tượng cần phát hiện

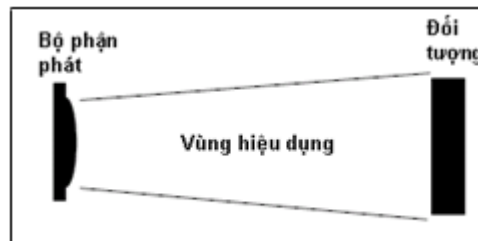


HÌNH 5.19:

Cảm biến quang điện loại khuếch tán

5.4.2. Vùng hiệu dụng

Kích thước vùng hiệu dụng phụ thuộc vào kích thước của đối tượng khi nó di chuyển vào vùng sóng ánh sáng.



Hình 5.20

5.4.3. Đặc điểm cảm biến quang loại khuếch tán (Diffuse)

Hệ số phản xạ ánh sáng của đối tượng và nền (môi trường xung quanh) có các giá trị rất khác nhau. Các yếu tố này rất quan trọng khi sử dụng cảm biến loại khuếch tán.

Nếu môi trường xung quanh có bề mặt sáng, bóng, phản xạ ánh sáng tốt

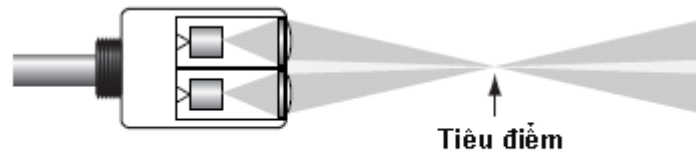
có thể phản xạ hầu hết các ánh sáng dù ở khoảng cách xa so với bộ phận nhận. Điều này sẽ gây khó khăn cho việc phát hiện đối tượng.

Nếu đối tượng (mục tiêu) làm từ những vật liệu có tính chất “hút” ánh sáng, lượng ánh sáng phản xạ lại là rất nhỏ. Những đối tượng này hầu như không thể phát hiện được trừ khi đối tượng ở phạm vi rất gần.

Tầm hoạt động lớn nhất của cảm biến loại khuếch tán phụ thuộc vào kích thước của đối tượng. Nhiều nhà sản xuất sử dụng đối tượng có kích thước 216mm (8.5 in) x 292mm (11 in), chất liệu bằng “giấy trắng” được chế tạo với công thức đặc biệt. Với chất liệu này cho phép đối tượng phản xạ 90% năng lượng nhận được từ nguồn sáng.

5.4.4. Cảm biến quang loại khuếch tán - tiêu điểm (Fixed Focus Diffuse)

Các chùm tia sáng của nguồn sáng và vùng phát hiện của bộ phận nhận hội tụ ở 1 điểm rất hẹp (tiêu điểm). Cảm biến rất nhạy tại tiêu điểm.



Hình 5.21

Loại cảm biến Fixed Focus Diffuse có các ứng dụng cơ bản sau:

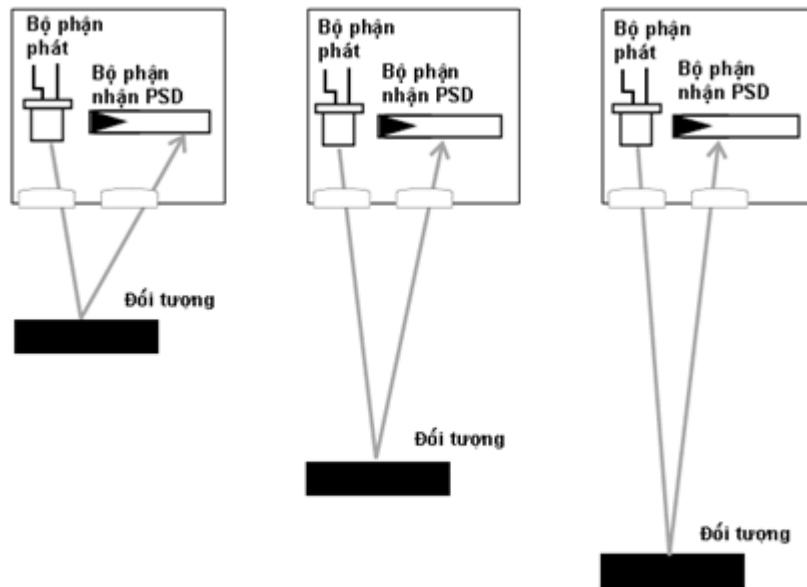
- Rất đáng tin cậy để dùng phát hiện các đối tượng có kích thước nhỏ: Do tại vị trí tiêu điểm, cảm biến rất nhạy nên các vật nhỏ được dễ dàng phát hiện.

- Phát hiện đối tượng ở cự li nhất định: bởi vì cảm biến hầu như chỉ phát hiện đối tượng tại tiêu điểm. Khi đối tượng ở trước và sau tiêu điểm đối tượng sẽ không phát hiện được.

5.4.5. Cảm biến quang loại khuếch tán - giới hạn (Background Suppression Diffuse)

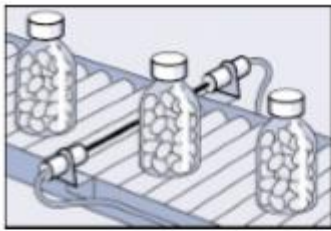
Cảm biến quang loại khuếch tán-giới hạn được dùng để phát hiện đối tượng trong một vùng với khoảng cách lớn nhất đã được xác định. Nếu đối tượng ở xa hơn khoảng cách đã chỉ định thì cảm biến sẽ không phát hiện. Sự khác biệt của cảm biến Background Suppression là bộ phận nhận PSD (position sensor detector: phát hiện vị trí). Ánh sáng phản xạ từ đối tượng đến bộ phận nhận khác nhau về góc độ. Độ lớn của góc phản xạ phụ thuộc vào khoảng cách, khoảng cách càng lớn thì góc càng hẹp.

Với những ứng dụng khó khăn, cảm biến quang loại khuếch tán giới hạn là giải pháp tốt hơn so với cảm biến quang khuếch tán thông thường (giá thành cũng cao hơn).

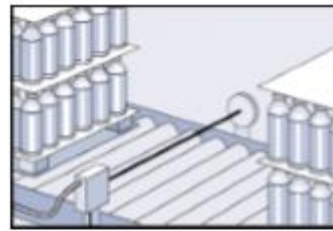


Hình 5.22: Cảm biến quang loại khuếch tán - giới hạn (Background Suppression Diffuse)

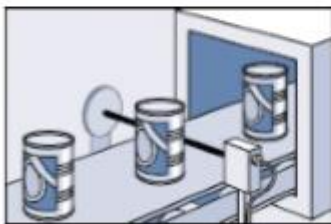
5.5. Một số ứng dụng của cảm biến quang điện



Ứng dụng:
Kiểm tra các đối tượng
trong chai trong suốt.



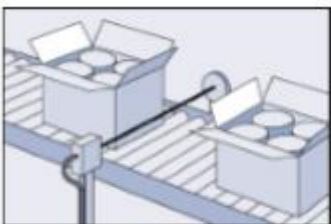
Ứng dụng:
Đếm số kiện hàng.



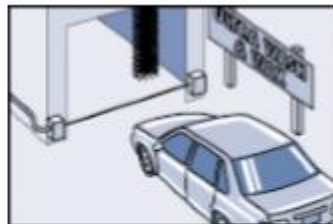
Ứng dụng:
Đếm số hộp



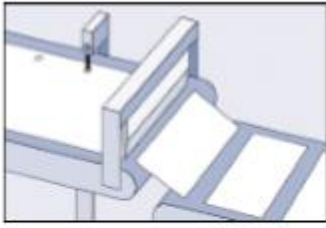
Ứng dụng:
Đếm số chai



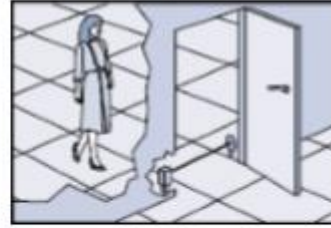
Ứng dụng:
Đếm số thùng carton



Ứng dụng:
Khu vực rửa xe



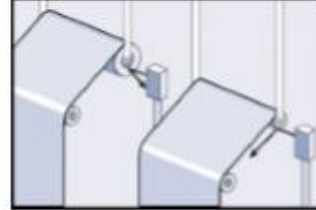
Ứng dụng:
Xác định vị trí tham chiếu
để thực hiện xén.



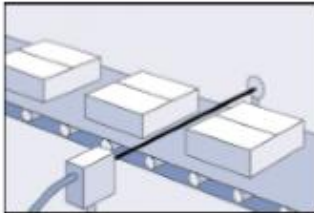
Ứng dụng:
Phát hiện người



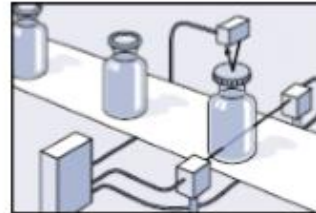
Ứng dụng:
Điều khiển cổng



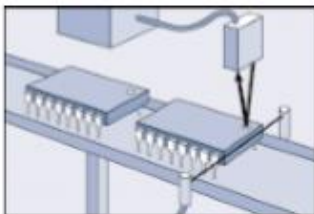
Ứng dụng:
Phát hiện vị trí cuối của
cuộn giấy.



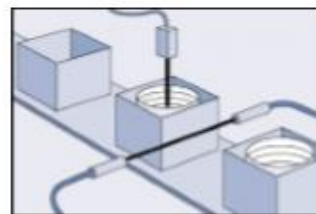
Ứng dụng:
Đếm các thùng hàng.



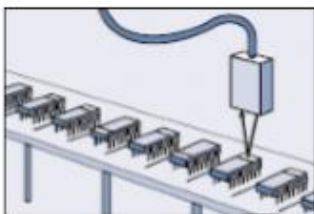
Ứng dụng:
Phát hiện nắp đậy của chai



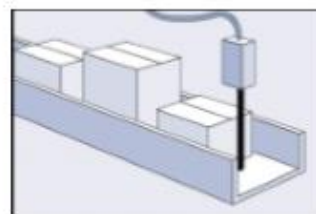
Ứng dụng:
Xác định hướng của các IC



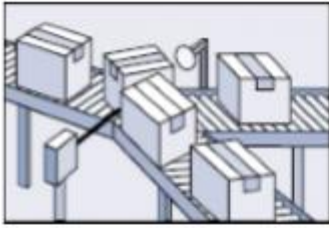
Ứng dụng:
Phát hiện các thành phần
trong hộp kim loại.



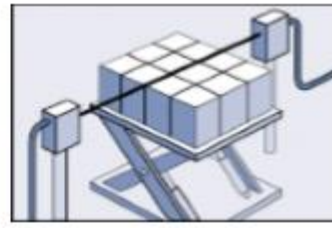
Ứng dụng:
Phát hiện hướng của các
IC



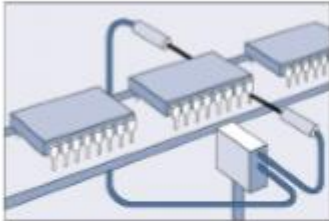
Ứng dụng:
Phát hiện và kiểm tra độ
cao



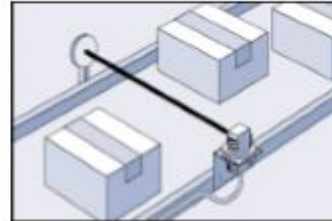
Ứng dụng:
Phát hiện sự tắc nghẽn
trên hệ thống dây chuyền



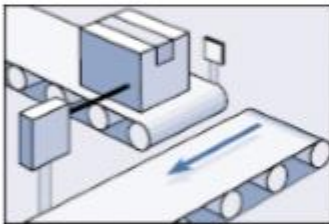
Ứng dụng:
Điều khiển độ cao của kiện
hàng.



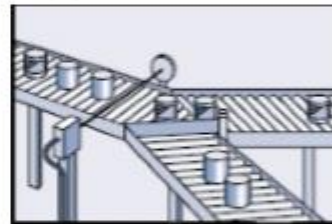
Ứng dụng:
Đếm số chân IC



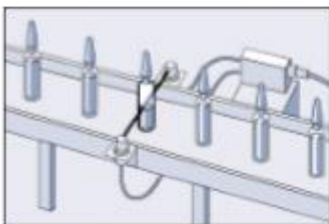
Ứng dụng: Đếm số lượng
sản phẩm (ở bất kì vị trí
nào) trên hệ thống dây
chuyền



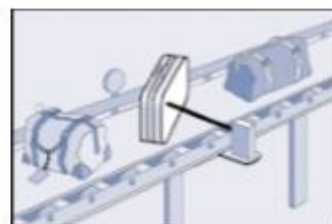
Ứng dụng:
Phát hiện sự xuất hiện của
đối tượng để dây chuyền
hoạt động



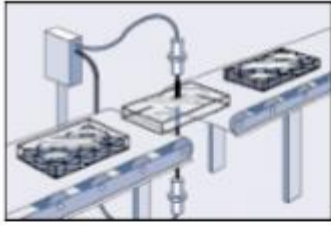
Ứng dụng:
Đếm và làm đổi hướng các
sản phẩm không có nhãn



Ứng dụng:
Kiểm tra chất lỏng trong lọ
thủy tinh



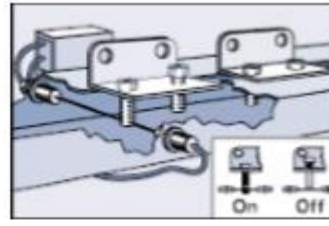
Ứng dụng:
Phát hiện các đối tượng
phản chiếu ánh sáng.



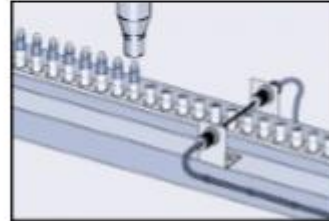
Ứng dụng:
Kiểm tra sự hiện diện của
bánh trong hộp đóng gói
trong suốt.



Ứng dụng:
Phát hiện nhãn hiệu trên
nền trong suốt.



Ứng dụng:
Kiểm tra các vít đã ở đúng
vị trí chưa



Ứng dụng:
Kiểm tra độ cao son môi
trước khi đóng nắp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Các bộ cảm biến trong kỹ thuật đo lường và điều khiển Lê Văn Doanh, Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Văn Hoà, Đào Văn Tân Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2001.
2. Cảm biến và Ứng dụng Dương Minh Trí Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, 2001.
3. Giáo trình Cảm biến Phan Quốc Phô, Nguyễn Đức Chiến Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2001.
4. Giáo trình Đo lường Không điện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.
5. Giáo trình Kỹ thuật cảm biến của Trung tâm Việt Đức
6. CD Omron Sensor selection Guide
7. National Semiconductor's Temperature Sensor Handbook
8. Fundamentals of Sensing - Training Manual of Rockwell Automation/Allen Bradley
9. <http://www.analog.com> 10.
<http://www.capgo.com/Resources/Temperature.html> 11.
<http://www.ti.com/snc/products/controls/motor-aa.htm> 12. <http://www.thinking.com.tw> 13. <http://www.zetex.com> 14.
<http://www.sensormag.com/sensors> 15. <http://en.wikipedia.org> 16.
<http://www.EatonElectrical.com> 17. <http://www.sea.siemens.com> 18.
<http://www.ifm-electronic.com> 19. <http://www.krohne.com> 20.
<http://www.SpiraxSarco.com> 21. <http://www.tetratec.de/English> 22.
<http://www.semiconductors.philips.com> 23. <http://www.nxp.com>