

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	1
CHƯƠNG 1.CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ ĐẶC TRƯNG CỦA CẢM BIẾN	2
1.1. Khái niệm cảm biến	2
1.2. Thành phần cảm biến trong hệ thống điều khiển tự động	3
1.3. Đường cong chuẩn cảm biến	4
1.4. Các thông số đặc trưng cơ bản của cảm biến	5
1.4.1. Độ nhạy của cảm biến	5
1.4.2. Sai số	5
1.4.3. Độ chính xác và độ chính xác lặp lại	7
1.4.4. Độ phân giải	7
1.4.5. Độ tuyến tính	7
1.4.6. Độ nhanh, thời gian hồi đáp	8
1.4.7. Giới hạn sử dụng cảm biến.....	8
CHƯƠNG 2.CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ	10
2.1. Khái niệm cơ bản	10
2.2. Thang nhiệt độ	10
2.3. Các hiệu ứng nhiệt điện	11
2.3.1. Hiệu ứng Peltier.....	11
2.3.2. Hiệu ứng Thomson.....	12
2.3.3. Hiệu ứng Seebeck	12
2.4. Phân loại, cấu tạo, nguyên lý hoạt động, phạm vi ứng dụng các loại cảm biến nhiệt độ trong thực tế	13
2.4.1. Cặp nhiệt điện.....	13
2.4.1.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động.....	13
2.4.1.2. Phương pháp đo	15
2.4.1.3. Các loại cặp nhiệt điện trong thực tế và đặc điểm của cặp nhiệt điện.....	17
2.4.2. Nhiệt điện trở kim loại.....	18
2.4.2.1. Khái quát và nguyên lý hoạt động.....	18

2.4.2.2. Cấu tạo và đặc điểm của nhiệt điện trở kim loại	19
2.4.3. Nhiệt điện trở bán dẫn.....	21
2.4.3.1. Đặc điểm chế tạo.....	21
2.4.3.2. Đặc điểm và phạm vi ứng dụng	22
2.4.4. Cảm biến bán dẫn	22
2.4.4.1. Nguyên lý cấu tạo	22
2.4.4.2. Đặc điểm, một số loại cảm biến bán dẫn và phạm vi ứng dụng .	23
2.4.5. Hỏa quang kế.....	25
2.4.5.1. Hỏa kế bức xạ toàn phần.....	25
2.4.5.2. Hỏa kế cường độ sáng.....	27
2.5. Sơ đồ ứng dụng cảm biến nhiệt độ trong thực tế.....	28
2.5.1. Các thành phần của hệ thống.....	29
2.5.2. Nguyên lý làm việc của hệ thống.....	32
CHƯƠNG 3.CẢM BIẾN ÁP SUẤT	33
3.1. Tổng quan về cảm biến áp suất.....	33
3.2. Khái niệm áp suất và đơn vị đo	33
3.2.1. Khái niệm về áp suất.....	33
3.2.2. Đơn vị đo	34
3.3. Đo áp suất tĩnh và áp suất động.....	36
3.3.1. Đo áp suất tĩnh.....	36
3.3.2. Đo áp suất động	36
3.4. Một số dụng cụ đo áp suất cơ bản	38
3.4.1. Đồng hồ đo áp suất.....	38
3.4.2. Áp kế vi sai kiểu phao	38
3.4.3. Áp kế vi sai kiểu chuông	40
3.5. Phân loại, cấu tạo, nguyên lí hoạt động, phạm vi ứng dụng các loại cảm biến áp suất trong thực tế.....	41
3.5.1. Cấu tạo cơ bản của cảm biến áp suất.....	41
3.5.2. Các phần tử biến dạng.....	41
3.5.3. Phần tử chuyển đổi tín hiệu	44
3.5.3.1. Chuyển đổi bằng biến thiên trở kháng	44
3.5.3.2. Chuyển đổi kiểu điện dung.....	48
3.5.3.3. Chuyển đổi kiểu điện cảm	51

3.5.3.4. Chuyển đổi kiểu áp điện	53
3.6. Sơ đồ khối ứng dụng cảm biến áp suất trong công nghiệp	58
3.6.1. Các thành phần của hệ thống.....	59
3.6.2. Nguyên lý làm việc của hệ thống.....	62
CHƯƠNG 4.CÁC BỘ BIẾN ĐỔI QUY CHUẨN CẢM BIẾN TRONG	
ĐO LƯỜNG VÀ ĐIỀU KHIỂN PHỤC VỤ CHO GHÉP NỐI MÁY	
TÍNH.....	64
4.1. Sự cần thiết của bộ biến đổi quy chuẩn cho các cảm biến sử dụng trong đo lường điều khiển khi ghép nối máy tính.....	64
4.2. Những yêu cầu cơ bản của các bộ biến đổi quy chuẩn	65
4.3. TRANSDUCER	65
4.3.1. Bộ biến đổi với đầu ra dòng $4 \div 20\text{mA}$	65
4.3.2. Bộ biến đổi với đầu ra áp $0 \div 5\text{V}$, $0 \div 10\text{V}$	68
4.3.3. AC Current & Voltage Transducer	69
4.3.4. U/I measurement transducer	72
KẾT LUẬN	74
TÀI LIỆU THAM KHẢO	75

LỜI NÓI ĐẦU

Ngày nay khoa học kỹ thuật ngày càng phát triển, nhất là về tự động hóa, máy móc ngày càng thay thế cho con người. Nếu nói về tự động hóa ta không thể không nhắc đến cảm biến, nó có ở khắp mọi nơi trong phục vụ cho công nghiệp, quân sự, y học. Cảm biến ngày càng được ứng dụng rộng rãi và chắc chắn trong tương lai nó còn ứng dụng nhiều hơn nữa.

Khi đất nước ta đang bắt đầu phát triển công nghiệp hóa hiện đại hóa thì việc nghiên cứu, tìm hiểu về cá hệ thống tự động hóa các thành phần và chức năng của hệ thống là điều rất cần thiết.

Để đánh giá quá trình học tập và nghiên cứu tại trường em nhận đề tài: **“Nghiên cứu các sensor nhiệt độ áp suất, bộ biến đổi quy chuẩn cho các sensor đo lường và điều khiển phục vụ cho việc ghép nối máy tính hiện nay”** nhằm tìm hiểu về cảm biến, các bộ biến đổi quy chuẩn tín hiệu để giúp em hiểu sâu hơn về hệ thống điều khiển tự động.

Nội dung đề án của em bao gồm 4 chương

- CHƯƠNG 1: CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ ĐẶC TRƯNG CỦA CẢM BIẾN
- CHƯƠNG 2: CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ
- CHƯƠNG 3: CẢM BIẾN ÁP SUẤT
- CHƯƠNG 4: CÁC BỘ BIẾN ĐỔI QUY CHUẨN CẢM BIẾN TRONG ĐO LƯỜNG VÀ ĐIỀU KHIỂN PHỤC VỤ CHO GHÉP NỐI MÁY TÍNH

Hải Phòng, tháng 11, năm 2012

Sinh viên

CHƯƠNG 1.

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VÀ ĐẶC TRƯNG CỦA CẢM BIẾN

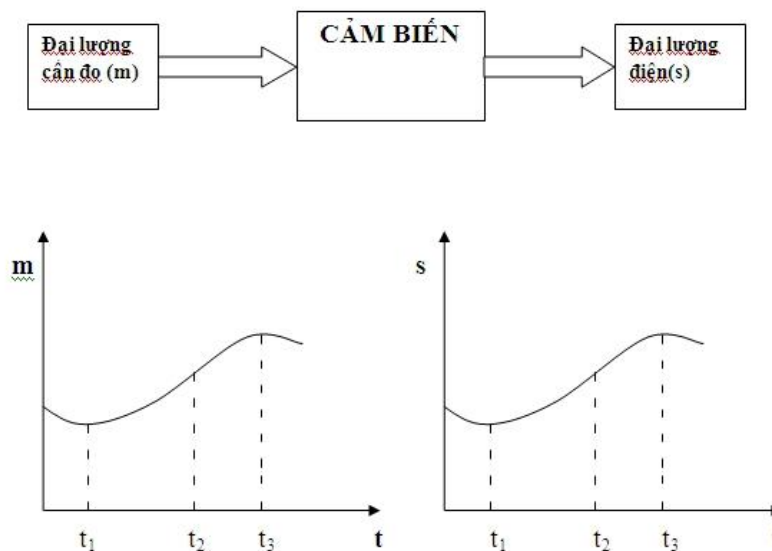
1.1. Khái niệm cảm biến

Cảm biến tiếng Anh gọi là Sensor, thiết bị dùng để cảm nhận biến đổi các đại lượng vật lí và các đại lượng không có tính chất điện thành các đại lượng điện có thể đo và xử lí được.

Cảm biến chịu tác động của các đại lượng cần đo m không có tính chất điện (như nhiệt độ, áp suất, vận tốc...) và cho ra một đặc trưng mang bản chất điện (như điện tích, điện áp, dòng điện, trở kháng) kí hiệu là s . Đặc trưng điện s là hàm của đại lượng cần đo m .

$$s = F(m) \quad (1.1)$$

Trong đó s là đại lượng đầu ra hoặc phản ứng của cảm biến, m là đại lượng đầu vào hay kích thích. Thông qua việc đo đạc s cho phép ta nhận biết được giá trị của m .



Hình 1.1: Sự biến đổi đại lượng cần đo m và phản ứng s theo thời gian

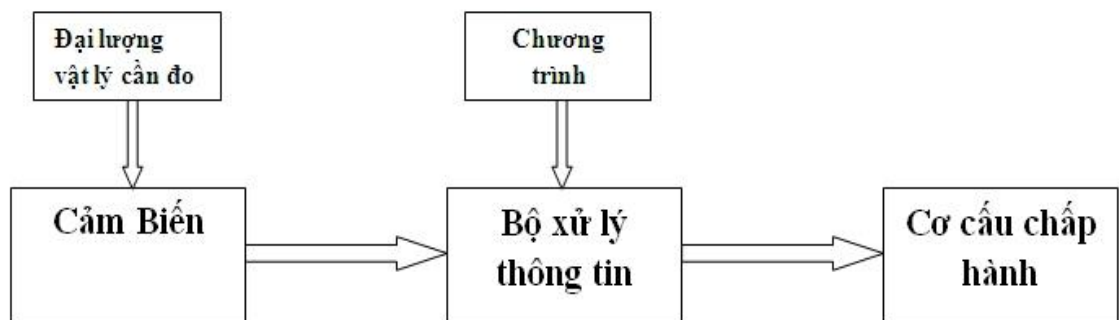
Biểu thức (1.1) là dạng lý thuyết biểu diễn hoạt động của cảm biến, sơ đồ trên minh họa cho sự biến thiên của đại lượng phản ứng s khi đại lượng m thay đổi theo thời gian.

* **Cảm biến tích cực:** hoạt động như máy phát, trong đó thành phần (s) là điện tích, điện áp hay dòng, nguyên lý của cảm biến tích cực là biến đổi dạng năng lượng nào đó (nhiệt, cơ hoặc bức xạ) thành năng lượng điện.

* **Cảm biến thụ động:** hoạt động như trở kháng trong đó thành phần (s) là điện trở, độ tự cảm hoặc điện dung, thường được chế tạo bằng trở kháng có một trong các thông số chủ yếu nhạy với đại lượng cần đo

1.2. Thành phần cảm biến trong hệ thống điều khiển tự động

Vì cảm biến là 1 thành phần trong hệ thống điều khiển tự động nên ta tìm hiểu tổng quan về sơ đồ điều khiển tự động



Hình 1.2. Sơ đồ hệ thống điều khiển tự động

Trong đó:

Nhiệm vụ của cảm biến:

- + Tiếp nhận các tín hiệu vào (trong ngành cơ khí thường là tín hiệu cơ, nhiệt...)
- + Chuyển đổi các tín hiệu đó thành các đại lượng vật lý khác (thường là tín hiệu điện)
- + Truyền cho mạch điều khiển (bộ phận xử lý tín hiệu).

Nhiệm vụ của bộ phận xử lý thông tin (bộ phận điều khiển):

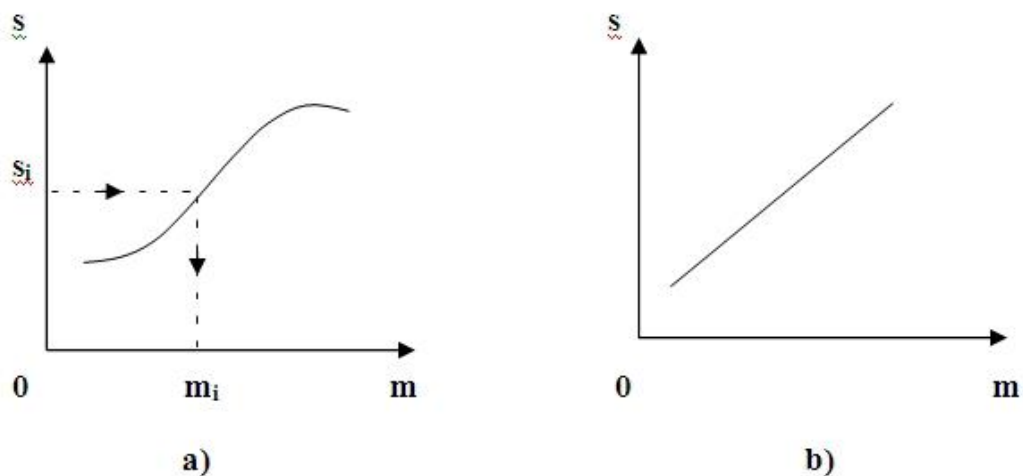
- + Thu nhận thông tin từ cảm biến
- + Xử lý thông tin: tổ hợp, phân tích, so sánh, phân phối...do chương trình điều khiển quy định
- + Xuất lệnh điều khiển đến cơ cấu chấp hành

Nhiệm vụ của cơ cấu chấp hành

Phần tử chấp hành sẽ thực hiện các hoạt động như: đóng, mở, đẩy, ngắt... các chuyển động của các bộ phận máy, các van, hay các thiết bị thực hiện nhiệm vụ của mình.

1.3. Đường cong chuẩn cảm biến

Đường cong chuẩn cảm biến là đường cong biểu diễn sự phụ thuộc của đại lượng điện (s) ở đầu ra của cảm biến vào giá trị đại lượng đo (m) ở đầu vào. Nó biểu diễn dưới dạng đồ thị như hình 1.3a



Hình 1.3. Đường cong chuẩn cảm biến

- a) Dạng đường cong chuẩn b) Đường cong chuẩn của cảm biến dạng tuyến tính

Dựa vào đường cong chuẩn của cảm biến ta có thể xác định giá trị m_i thông qua giá trị đo được s_i .

Để dễ sử dụng người ta thường chế tạo cảm biến có sự phù thuộc tuyến tính giữa đại lượng đầu ra và đầu vào, phương trình $s = F(m)$ có dạng

$$s = am + b \quad (1.2)$$

là phương trình tuyến tính với a, b là hằng số, khi đó đường cong chuẩn là đường thẳng như hình 1.3b

1.4. Các thông số đặc trưng cơ bản của cảm biến

1.4.1. Độ nhạy của cảm biến

Thông thường người ta chế tạo cảm biến sao cho có sự liên hệ tuyến tính giữa biến thiên đầu ra Δs và biến thiên đầu vào Δm

$$\Delta s = S \cdot \Delta m \quad (1.3)$$

Trong đó S là độ nhạy của cảm biến vậy $S = \frac{\Delta s}{\Delta m}$

Nhà sản xuất cung cấp giá trị độ nhạy S tương ứng với những điều kiện làm việc nhất định của cảm biến.

Đơn vị đo của độ nhạy phù thuộc vào nguyên lý làm việc của cảm biến và các đại lượng liên quan, ví dụ:

- S ($\Omega/^\circ\text{C}$) đối với nhiệt điện trở
- S ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) đối với cặp nhiệt

Một trong những vấn đề quan trọng khi thiết kế và sử dụng cảm biến là làm sao cho độ nhạy S của chúng không đổi hay S ít phụ thuộc nhất vào các yếu tố sau

- Giá trị đại lượng cần đo m và tần số thay đổi của nó
- Thời gian sử dụng (độ già hóa)
- Ảnh hưởng của các đại lượng vật lý khác của môi trường xung quanh

1.4.2. Sai số

Các bộ cảm biến cũng như các dụng cụ đo lường khác, ngoài đại lượng cần đo nó còn chịu tác động của nhiều đại lượng vật lý khác gây nên sai số giữa giá trị đo được và giá trị thực của đại lượng cần đo. Gọi Δx (sai số tuyệt

đối) là độ lệch tuyệt đối giữa giá trị đo được và giá trị thực x , vậy sai số tương đối của cảm biến:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1.4)$$

Sai số của bộ cảm biến mang tính chất ước tính bởi vì ta không thể biết chính xác hoàn toàn giá trị thực của đại lượng cần đo. Khi đánh giá sai số cảm biến người ta thường phân chúng làm hai loại, sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên

- Sai số hệ thống không phụ thuộc vào số lần đo liên tiếp. Đối với một giá trị cho trước của đại lượng cần đo, sai số hệ thống có thể không đổi hoặc thay đổi chậm theo thời gian đo, nó thêm vào một độ lệch không đổi giữa giá trị đo được và giá trị thực. Sai số hệ thống thường có nguyên nhân do sự hiểu biết sai lệch và không đầy đủ về hệ đo hay do điều kiện sử dụng không tốt. Các nguyên nhân gây nên sai số hệ thống:

- + Sai số do giá trị đại lượng chuẩn không đúng
- + Sai số do đặc tính của cảm biến
- + Sai số do điều kiện và chế độ sử dụng
- + Sai số do xử lý kết quả đo

- Sai số ngẫu nhiên là sai số mà sự xuất hiện của chúng có biên độ và dấu không xác định. Một số nguyên nhân gây sai số ngẫu nhiên có thể dự đoán được nhưng độ lớn của chúng thì không thể biết trước. Các nguyên nhân gây sai số ngẫu nhiên:

- + Sai số do tính không xác định của thiết bị
- + Sai số do tín hiệu nhiễu ngẫu nhiên
- + Sai số so các đại lượng ảnh hưởng

Trong nhiều trường hợp ta có thể giảm độ lớn của sai số ngẫu nhiên bằng một số biện pháp thích hợp như: bảo vệ mạch đo bằng cách ổn định nhiệt độ và độ ẩm của môi trường đo, sử dụng các giá đỡ chống rung, sử dụng các bộ tự điều chỉnh điện áp nguồn nuôi, các bộ chuyển đổi tương tự số có độ

phân giải thích hợp, che chắn và nối đất các thiết bị điện, sử dụng bộ lọc tín hiệu..., ngoài ra việc áp dụng chế độ vận hành đúng đắn cũng là biện pháp tốt để giảm sai số ngẫu nhiên.

1.4.3. Độ chính xác và độ chính xác lặp lại

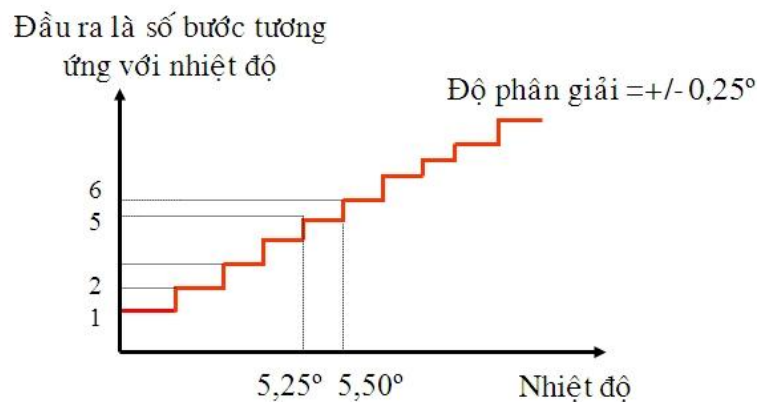
Độ chính xác là đặc trưng của thiết bị cho ra kết quả đo gần với giá trị thực của đại lượng cần đo.

Độ chính xác lặp lại mà miền giá trị đầu ra có thể nhận được khi cảm biến đo cùng một giá trị đầu vào nhiều lần.

1.4.4. Độ phân giải

Độ phân giải đối với mỗi cảm biến là sự thay đổi lớn nhất của giá trị đo mà không làm giá trị đầu ra của cảm biến thay đổi. Nói cách khác là giá trị được đo có thể thay đổi bằng độ lớn của độ phân giải mà không làm thay đổi giá trị đầu ra của cảm biến.

Ví dụ: độ phân giải của cảm biến nhiệt độ.



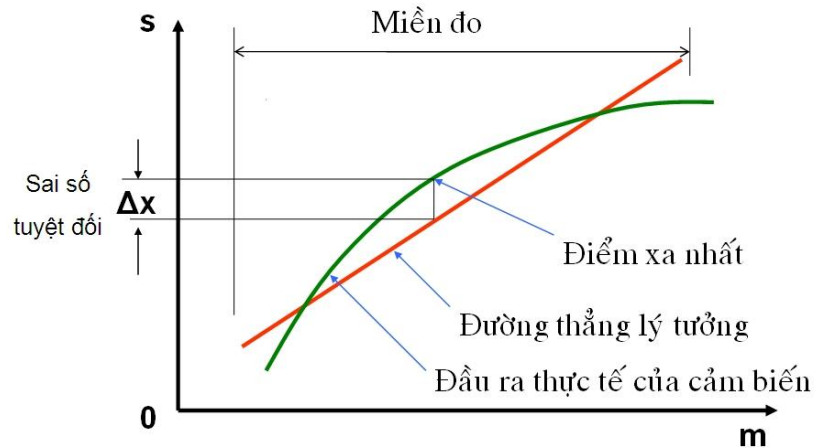
Hình 1.4. Đồ thị độ phân giải của cảm biến nhiệt độ

1.4.5. Độ tuyến tính

Bộ cảm biến được gọi là tuyến tính trong một dải đo xác định nếu trong dải đó độ nhạy S không phụ thuộc vào giá trị đại lượng đo (m), bộ cảm biến là lý tưởng khi mà đầu ra tuyến tính chính xác với đại lượng đo nhưng thực tế không có đầu đo nào được hoàn hảo như thế.

Nếu cảm biến không tuyến tính người ta đưa vào mạch đo các thiết bị hiệu chỉnh sao cho tín hiệu điện nhận được ở đầu ra tỉ lệ với sự thay đổi của đại lượng đo ở đầu vào, sự hiệu chỉnh đó gọi là tuyến tính hóa.

Các cảm biến luôn có sai số về không tuyến tính, sai số về độ tuyến tính không phải xảy ra trên toàn bộ miền đo như hình 1.5.



Hình 1.5. Độ phi tuyến của cảm biến

Trên hình ta thấy tại tỉ lệ ở trung tâm và đầu giới hạn thì sai số nhiều nhất, đó là sai số tuyệt đối, nhưng sai số này rất nhỏ có thể chấp nhận được.

1.4.6. Độ nhanh, thời gian hồi đáp

Độ nhanh là đặc trưng của cảm biến cho phép đánh giá xem đại lượng đầu ra có theo kịp thời gian với biến thiên của đại lượng đo hay không, vì vậy cảm biến có độ nhanh càng lớn càng tốt, điều này rất quan trọng với các thiết bị chuyển đổi tốc độ cao như robot, máy công cụ điều khiển số.

Thời gian hồi đáp là thời gian từ khi tín hiệu đo biến thiên đến khi có tín hiệu ra từ cảm biến như vậy cảm biến càng nhanh thì thời gian hồi đáp càng ngắn.

1.4.7. Giới hạn sử dụng cảm biến

Trong quá trình sử dụng, các cảm biến luôn chịu ứng lực cơ khí hoặc nhiệt tác động lên chúng, nếu các ứng lực này vượt quá ngưỡng cho phép thì chúng sẽ làm thay đổi đặc trưng làm việc của cảm biến. Bởi vậy khi sử dụng cảm biến ta phải hiểu rõ những giới hạn này và tuân thủ chúng.

* **Vùng làm việc danh định:** Vùng này tương ứng với điều kiện sử dụng bình thường của cảm biến, biến giới của vùng là các giá trị ngưỡng mà các đại lượng đo, các đại lượng vật lý có liên quan tới đại lượng đo hoặc các đại lượng ảnh hưởng có thể thường xuyên đạt tới mà không làm thay đổi các đặc trưng làm việc danh định của cảm biến.

* **Vùng không gây hư hỏng:** Khi các giá trị của đại lượng đo hoặc các đại lượng liên quan và các đại lượng ảnh hưởng vượt quá ngưỡng vùng làm việc danh định nhưng vẫn còn trong phạm vi của vùng không gây hư hỏng, các đặc trưng của cảm biến nguy cơ bị thay đổi nhưng những thay đổi này có tính chất thuận nghịch, tức là khi trở về vùng danh định thì các đặc trưng của cảm biến cũng sẽ tìm lại được giá trị ban đầu của chúng.

* **Vùng không phá hủy:** Khi các giá trị của đại lượng đo hoặc các đại lượng không liên quan và các đại lượng ảnh hưởng vượt quá ngưỡng của vùng không gây nên hư hỏng nhưng vẫn nằm trong phạm vi của vùng không phá hủy, các đặc trưng của cảm biến bị thay đổi, và sự thay đổi này không thuận nghịch, tức là khi trở về vùng danh định các đặc trưng của cảm biến cũng sẽ không tìm lại được giá trị ban đầu của chúng. Trong trường hợp như vậy nếu muốn tiếp tục sử dụng cảm biến cần phải chuẩn lại.

CHƯƠNG 2.

CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ

2.1. Khái niệm cơ bản

Trong các đại lượng vật lý nhiệt độ là một trong những đại lượng được quan tâm nhiều nhất, vì nó có vai trò quyết định trong nhiều tính chất của vật chất, bởi vậy việc đo và xác định nhiệt độ có ý nghĩa rất quan trọng. Vì thế cảm biến nhiệt độ (temperature sensor) ra đời, nó được ứng dụng rộng rãi trong các nhà máy, xí nghiệp. Là một thành phần quan trọng của hệ thống điều khiển tự động. Nhưng để đo được chính xác giá trị nhiệt độ là vấn đề không đơn giản, phần lớn các đại lượng vật lý đều có thể xác định bằng cách so sánh chúng với đại lượng cùng bản chất được coi là đại lượng so sánh. Nhiệt độ cũng vậy ta chỉ có thể đo gián tiếp trên cơ sở tính chất của vật liệu phụ thuộc vào nhiệt độ, tính chất đó là khi nhiệt độ tác động vào vật liệu thì sẽ làm thay đổi độ dẫn điện hay điện trở thay đổi theo.

Để đo nhiệt độ thì người ta thường dùng các phương pháp sau:

- Phương pháp cơ dựa trên cơ sở sự giãn nở của vật rắn, lỏng, khí.
- Phương pháp điện dựa trên sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ , hiệu ứng seebeck, Thomson, Peltier.
- Phương pháp quang dựa trên sự phân bố phổ bức xạ nhiệt.

2.2. Thang nhiệt độ

- Thang nhiệt độ nhiệt động học tuyệt đối:

Thang Kelvin đơn vị đo là K. Trong thang Kelvin này người ta gán cho nhiệt độ điểm của điểm cân bằng của ba trạng thái nước - nước đá – hơi một giá trị bằng 273,15 K.

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

- **Thang Celsius:**

Trong thang đo này đơn vị nhiệt độ là ($^{\circ}\text{C}$), một độ Celsius bằng một độ Kelvin. Quan hệ giữa độ Celsius và nhiệt độ Kelvin được xác định theo công thức:

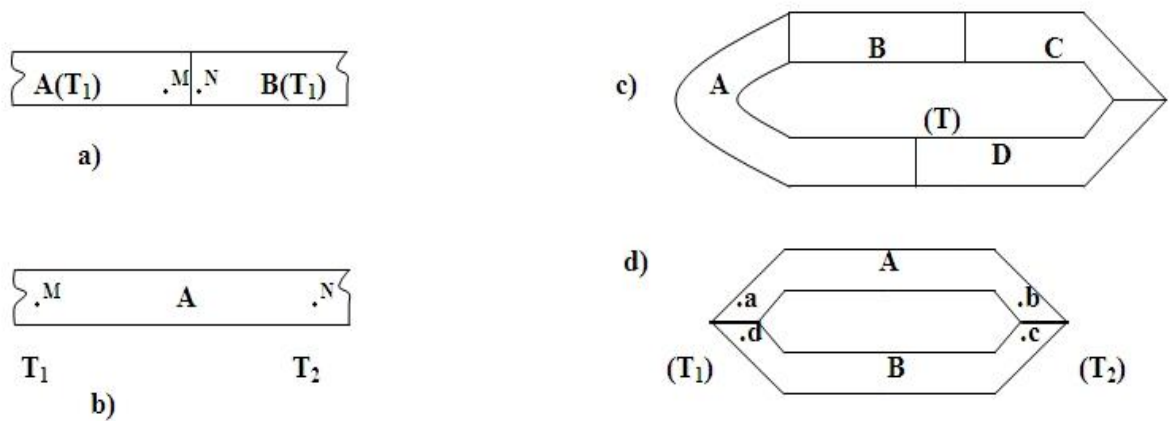
$$T(^{\circ}\text{C}) = T(^{\circ}\text{K}) - 273,15 \quad (2.1)$$

- **Thang Fahrenheit:**

Đơn vị đo nhiệt độ là $^{\circ}\text{F}$, công thức liên hệ giữa độ Celsius và độ Fahrenheit là:

$$T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5} T(^{\circ}\text{C}) + 32 \quad (2.2)$$

2.3. Các hiệu ứng nhiệt điện



Hình 2.1. Các hiệu ứng nhiệt điện

- a) Hiệu ứng Peltier b) Định luật Volta
 c) Hiệu ứng Thomson d) Hiệu ứng Seebeck

2.3.1. Hiệu ứng Peltier

Hình 2.1a ở nơi tiếp xúc giữa hai dây dẫn A và B khác nhau về bản chất nhưng giống nhau về nhiệt độ sẽ tồn tại một hiệu điện thế tiếp xúc. Hiệu điện thế này phụ thuộc vào bản chất của vật dẫn và nhiệt độ:

$$V_M - V_N = P_{A/B}^T \quad (2.3)$$

Định luật Volta : trong một chuỗi cách nhiệt được cấu thành từ những vật dẫn khác nhau, tổng suất điện động Peltier bằng 0. Như hình 2.1b trong một chuỗi có bốn vật dẫn A B C D mắc nối tiếp thì tổng suất điện động sẽ bằng 0.

$$P_{A/B}^T + P_{B/C}^T + P_{C/D}^T + P_{D/A}^T = 0 \quad (2.4)$$

Khi hai vật dẫn A và C được phân cách bởi các vật dẫn trung gian và toàn hệ là đẳng nhiệt thì hiệu điện thế giữa hai vật dẫn A và C ở đầu mút cũng chính bằng hiệu điện thế nếu như chúng (A và C) tiếp xúc trực tiếp với nhau.

2.3.2. Hiệu ứng Thomson

Hiệu ứng Thomson: (hình 2.1c) trong một vật dẫn đồng nhất A, giữa hai điểm M và N có nhiệt độ khác nhau sẽ sinh ra một suất điện động . Suất điện động này chỉ phụ thuộc vào bản chất của vật dẫn và nhiệt độ T_M , T_N của hai điểm M và N.

$$E_A = \int_{T_N}^{T_M} h_A \cdot dT \quad (2.5)$$

Trong đó h là hệ số Thomson. Suất điện động Thomson là hàm của nhiệt độ. Định luật Magnus phát biểu nếu hai đầu ngoài của một mạch chỉ gồm một vật dẫn duy nhất và đồng chất được duy trì ở cùng một nhiệt độ thì suất điện động Thomson bằng 0.

2.3.3. Hiệu ứng Seebeck

Hiệu ứng seebeck: giả sử có một mạch kín tạo thành từ hai vật dẫn A B và hai chuyển tiếp của chúng được giữ ở nhiệt độ T_1 và T_2 , khi đó mạch sẽ tạo thành một cặp nhiệt điện.

Cặp nhiệt điện này gây nên một suất điện động do kết quả tác động đồng thời của hai hiệu ứng Peltier và Thomson. Suất điện động đó gọi là suất điện động Seebeck.

Trên hình 2.1d ta có các suất điện động giữa a và b, b và c, c và d, d và a lần lượt bằng:

$$e_{ab} = \int_{T_1}^{T_2} h_A .dT \quad e_{bc} = P_{A/B}^{T_2} \quad e_{cd} = \int_{T_2}^{T_1} h_B .dT \quad e_{da} = P_{B/A}^{T_1} \quad (2.6)$$

Suất điện động Seebeck sẽ bằng tổng các suất điện động thành phần Peltier và Thomson ở trên:

$$E_{A/B}^{T_1 T_2} = P_{A/B}^{T_1} - P_{A/B}^{T_2} + \int_{T_1}^{T_2} (h_A - h_B) dT \quad (2.7)$$

Nếu chọn T_1 là nhiệt độ so sánh và lấy $T_1 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, khi đó đối với một cặp vật dẫn A B cho trước, suất điện động chỉ phụ thuộc vào T_2 .

2.4. Phân loại, cấu tạo, nguyên lí hoạt động, phạm vi ứng dụng các loại cảm biến nhiệt độ trong thực tế

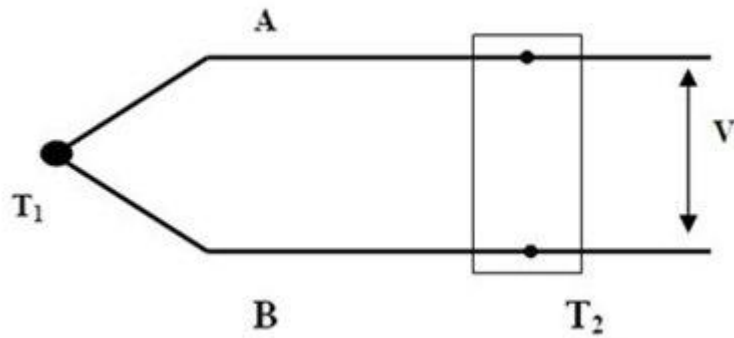
Các loại cảm biến nhiệt độ.

- Cặp nhiệt điện (Thermocouple)
- Nhiệt điện trở kim loại (RTD-resistance temperature detector).
- Nhiệt điện trở bán dẫn (Thermistor).
- Cảm biến bán dẫn (Diode, Tranzito, IC)

2.4.1. Cặp nhiệt điện

2.4.1.1. Cấu tạo và nguyên lí hoạt động

Cặp nhiệt điện tên tiếng anh là Thermocouples sử dụng hiệu ứng nhiệt điện Seebeck. Một cặp nhiệt điện gồm hai dây dẫn A và B được cấu tạo bởi vật liệu khác nhau, tại điểm nối chung của nó có nhiệt độ T_1 , và hai đầu còn lại (đầu tự do) của cặp nhiệt điện có nhiệt độ T_2 . Sức điện động nhiệt điện E có độ lớn phụ thuộc vào vật liệu của A và B cũng như sự sai biệt về nhiệt độ giữa T_2 và T_1 .

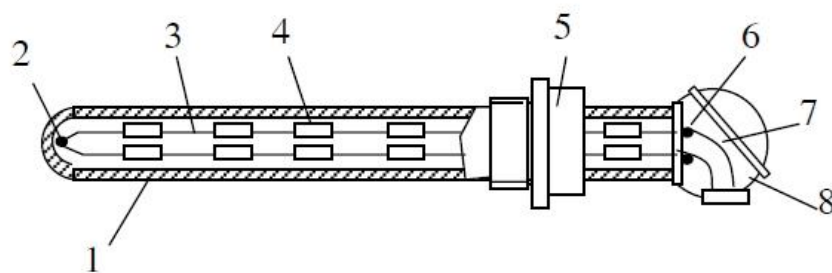


Hình 2.2. Cấu tạo cơ bản của cặp nhiệt điện

T_1 là nhiệt độ môi nối chung (còn được gọi là môi nối đo) là nhiệt độ T_c đạt được khi đặt môi nối chung trong môi trường cần đo có nhiệt độ không biết T_x , nhiệt độ T_c phụ thuộc vào T_x . Hai đầu còn lại của cặp nhiệt độ có nhiệt độ biết trước và giữ không đổi là $T_2 = T_{ref}$ và được nối với mạch đo áp. Cặp nhiệt điện đưa ra tín hiệu điện áp thấp ở tầm milivon. Tín hiệu điện áp gia tăng theo khi nhiệt độ đo gia tăng và cũng phụ thuộc vào chất liệu được sử dụng ở hai dây của cặp nhiệt điện.

Trong thực tế khi chế tạo cặp nhiệt người ta sẽ lắp thêm vào các bộ phận để bảo vệ và tăng tính ổn định, giảm sai số

Sơ đồ cặp nhiệt điện trong thực tế có dạng như sau:



Hình 2.3. Sơ đồ cấu tạo cặp nhiệt điện trong công nghiệp

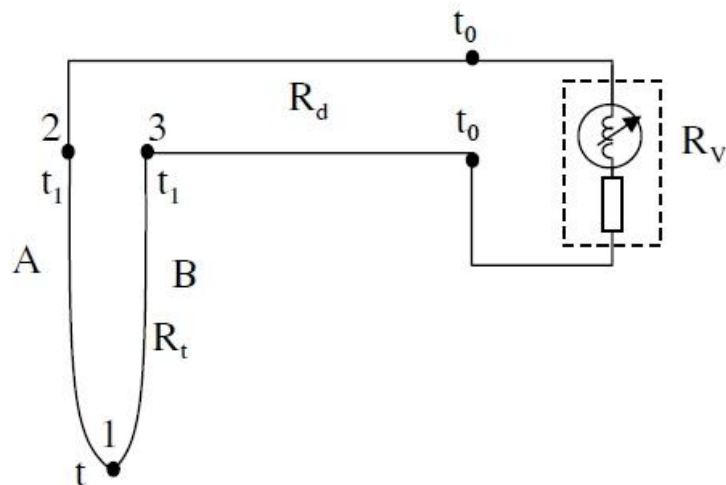
- 1) Vỏ bảo vệ
- 2) Môi hàn
- 3) Dây điện cực
- 4) Sứ cách điện
- 5) Bộ phận lắp đặt
- 6) Vít nối dây
- 7) Dây nối
- 8) Hộp nối dây

Đầu làm việc của các điện cực (3) được hàn nối với nhau tạo thành mỗi hàn (2) bằng hàn xì bằng đèn axetilen hoặc hàn bằng tia lửa điện, nếu nhiệt độ sử dụng không quá cao thì hàn thiếc, mỗi hàn phải nhỏ tới mức tối đa để tránh trường hợp tạo ra suất điện động ký sinh. Đầu tự do được nối với dây nối (7) tới dụng cụ đo nhờ vít nối (6) đặt trong đầu nối dây (8), phần dây có thêm sứ cách điện (4) để tránh mọi tiếp xúc ở vùng ngoài mỗi hàn, sứ cách điện phải trơ về hóa học và có điện trở lớn. Vỏ bảo vệ (1) được chế tạo bằng sứ chịu nhiệt hoặc thép chịu nhiệt để bảo vệ phần đầu mỗi hàn, dây kim loại, sứ bên trong và đảm bảo kín khí không lọt qua, chống được sự gia tăng nhiệt độ đột ngột.

2.4.1.2. Phương pháp đo

Suất điện động Seebeck đo được giữa hai đầu cặp nhiệt sẽ cung cấp thông tin về nhiệt độ cần đo. Chúng chỉ có thể được xác định chính xác nếu ta giảm tối thiểu sự sụt áp do có dòng điện chạy trong các phần tử của cặp nhiệt điện và dây dẫn vì vậy người ta thường áp dụng hai phương pháp đo sau:

Sử dụng milivon kế có điện trở trong rất lớn:



Hình 2.4. Đo suất điện động của cặp nhiệt điện bằng milivon kế

Gọi: R_t là điện trở cặp nhiệt.

R_d là điện trở dây nối.

R_v là điện trở trong của milivon kế

Khi đo điện áp giữa hai đầu milivon kế biểu diễn bởi công thức:

$$V_m = E_{AB}(t, t_0) \cdot \frac{R_v}{R_t + R_d + R_v} \quad (2.8)$$

Rút E ra:

$$E_{AB}(t, t_0) = V_m \left[\frac{R_v}{R_t + R_d + R_v} \right] \quad (2.9)$$

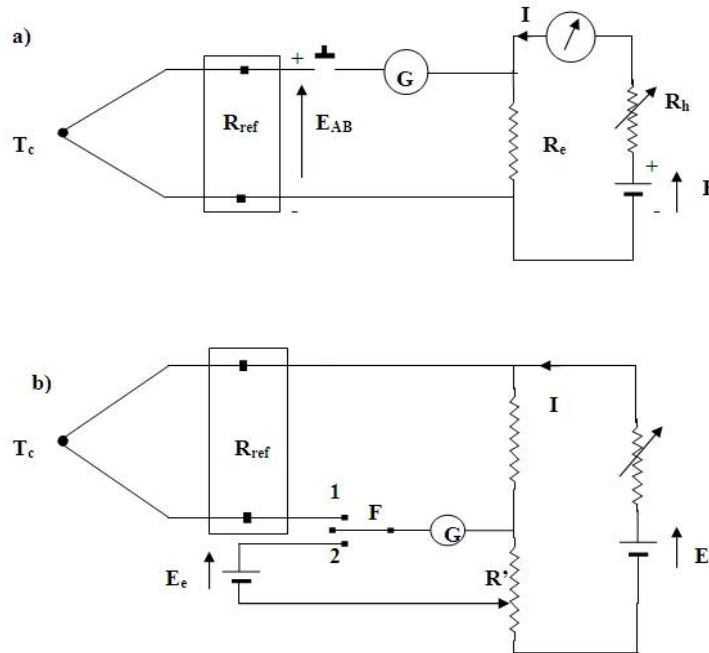
Vì điện trở của cặp nhiệt và dây nối chưa biết nên để giảm sai số người ta chọn R_v sao cho:

$$R_v \gg R_t + R_d \quad (2.10)$$

Khi đó $E_{AB}(t, t_0) \approx V_m$ vì vậy sẽ giảm được sai số.

- Sử dụng phương pháp xung đối:

Mục đích của phương pháp này là để dòng cặp nhiệt điện bằng không, nguyên tắc là đấu với suất điện động cần đo một điện áp đối V sao cho điện áp này đúng bằng giá trị của suất điện động. Giá trị của v được đo chính xác, thông thường đây là điện áp rơi trên một điện trở có một dòng điện chạy qua. Hình 2.5



Hình 2.5. Sơ đồ suất điện động dùng phương pháp xung đối

Trên hình 2.5a cặp điện nối tiếp với một điện kế G và được đấu song song với một điện trở chuẩn R_e có thể điều chỉnh được để sao cho kim điện kế chỉ số 0 (dòng điện chạy qua điện kế bằng 0).

Ta có:

$$E_{A/B}(T_c, T_{ref}) = R_e \cdot I \quad (2.11)$$

Dòng điện I có thể điều chỉnh bằng biến trở con chạy R_h mắc nối tiếp với nguồn điện và được đo bằng một miliampe kế. Cũng có thể điều chỉnh và đo I nhờ pin mẫu đấu theo sơ đồ hình 2.5b. Trong trường hợp đó:

$$E_e = R' \cdot I \quad (2.12)$$

$$E_{A/B}(T_c, T_{ref}) = \frac{R_e}{R'} \cdot R_e \quad (2.13)$$

2.4.1.3. Các loại cặp nhiệt điện trong thực tế và đặc điểm của cặp nhiệt điện

Tùy vào dây kim loại tạo nên cặp nhiệt điện mà người ta phân chia cặp nhiệt điện thành các loại khác nhau, có dải làm việc, sai số và điện áp ra khác nhau, dựa vào đó ta có thể lựa chọn loại cặp nhiệt điện cho phù hợp với yêu cầu sử dụng.

Dưới đây là các loại cặp nhiệt điện thường được sử dụng.

Bảng 2.1. Thông số các loại cặp nhiệt điện.

Cặp nhiệt điện	Chất liệu sử dụng	Nhiệt độ sử dụng	E(mV)	Độ chính xác
E	Chromel (+) Constantan (-)	-270 ÷ 870	-9,835 ÷ 66,473	(0°C ÷ 400°C) ±3°C (400°C ÷ 1250°C) ±0,75%
J	Iron (+) Constantan (-)	-210 ÷ 800	-8,096 ÷ 45,498	(0°C ÷ 400°C) ±3°C (400°C ÷ 800°C) ±0,75%
K	Chromel (+) Alumel (-)	-270 ÷ 1250	-5,354 ÷ 50,633	(0°C ÷ 400°C) ±3°C (400°C ÷ 1250°C) ±0,75%
R	Platinum- 13%Rhodium (+) Platinum (-)	-50 ÷ 1500	-0,226 ÷ 17,445	(0°C ÷ 538°C) ±1,4% (538°C ÷ 1500°C) ±0,25%
S	Platinum- 10%Rhodium(+) Platinum (-)	-50 ÷ 1500	-0,236 ÷ 15,576	(0°C ÷ 600°C) ±2,5% (600°C ÷ 1500°C) ±0,4%
T	Copper (+) Constantan(-)	-270 ÷ 370	-6,258 ÷ 19,027	(-100°C ÷ -40°C) ±2% (-40°C ÷ 100°C) ±0,8% (100°C ÷ 350°C) ±0,75%

- Thường dùng: lò nhiệt, luyện kim, lò nung và các môi trường khắc nghiệt.

- Ưu điểm: kích thước nhỏ cho phép đáp ứng nhanh, bền và có tuổi thọ cao hơn nhiệt điện trở RTD. Đo nhiệt độ cao, dải nhiệt độ làm việc rộng.

- Khuyết điểm: nhiều yếu tố ảnh hưởng tới sai số như nhiệt độ môi trường thay đổi, nhiệt độ đầu tự do thay đổi, đặt đầu làm việc của cặp nhiệt không hợp lí, do thay đổi điện trở phần dây nối. Có độ nhạy không cao và kém ổn định hơn nhiệt điện trở RTD ở nhiệt độ cao.

2.4.2. Nhiệt điện trở kim loại

2.4.2.1. Khái quát và nguyên lý hoạt động

Nhiệt điện trở kim loại còn gọi là RTD (resistance temperature detector) là cảm biến nhiệt độ thông dụng như cặp nhiệt điện. RTD có cấu tạo từ kim loại được quấn tùy theo hình dáng của đầu đo. Khi nhiệt độ thay đổi điện trở giữa hai đầu dây kim loại này sẽ thay đổi, cụ thể là nhiệt độ tăng thì điện trở tăng.

Dựa vào nguyên lý của sự thay đổi điện trở, người ta chứng minh được rằng điện trở RTD thay đổi phụ thuộc vào nhiệt độ theo phương trình sau:

$$R_T = R_0(1 + \alpha T + \beta T^2) \quad (2.14)$$

Trong đó: + R_T : điện trở tại nhiệt độ T ($^{\circ}\text{C}$)

+ R_0 : điện trở tại nhiệt độ 0 ($^{\circ}\text{C}$)

+ α và β là hằng số xác định theo thực nghiệm

Nếu nhiệt độ trong khoảng ngắn nhất định thì công thức trên có thể đơn giản thành:

$$R_T = R_0(1 + \alpha T) \quad (2.15)$$

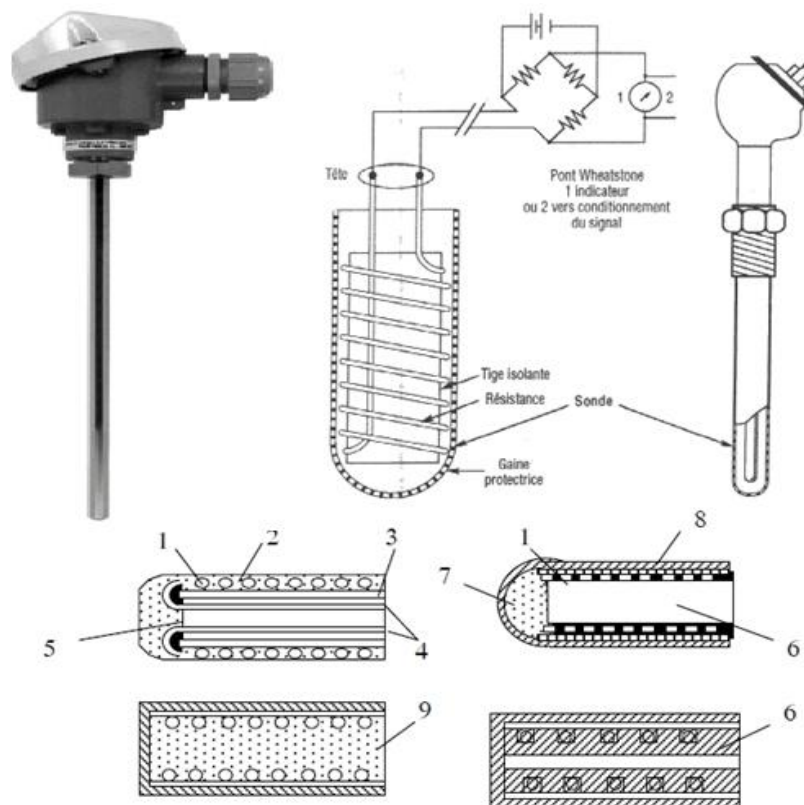
Tùy vào chất liệu kim loại sẽ có độ tuyến tính trong một khoảng nhiệt độ nhất định. Tùy thuộc vào phạm vi đo nhiệt độ mà ta chọn vật liệu thích

hợp, người ta thường sử dụng điện trở bằng platin, nickel và đôi khi bằng đồng, Wonfram

Bạch kim (platinum): có thể được chế tạo tinh khiết (99,99%) điều này cho phép tăng độ chính xác và tính chất điện của vật liệu. ngoài ra nó trơ về hóa học và ổn định trong cấu trúc tinh thể nên platin đảm bảo sự ổn định của các đặc tính dẫn điện. Các điện trở làm bằng platin hoạt động trong dải nhiệt độ khá rộng $-200^{\circ}\text{C} \div 1000^{\circ}\text{C}$ vì thế nên điện trở kim loại platin được đánh giá cao, sử dụng phổ biến nhất.

2.4.2.2. Cấu tạo và đặc điểm của nhiệt điện trở kim loại

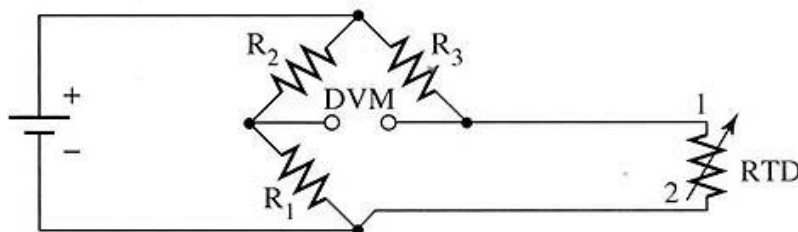
Để sử dụng trong công nghiệp thì nó phải có vỏ bọc chống được va đập mạnh và rung động, điện trở kim loại được cuộn và bao bọc trong thủy tinh hoặc gốm và được đặt trong vỏ bảo vệ bằng thép như hình 2.6.



Hình 2.6. Nhiệt kế công nghiệp dùng điện trở Platin

- 1) Dây platin
- 2) Gốm cách điện
- 3) Ống platin
- 4) Dây nối
- 5) Sứ cách điện
- 6) Trục gá
- 7) Cách điện
- 8) Vỏ bọc
- 9) Xi măng

Để sử dụng RTD làm dụng cụ đo nhiệt độ người ta thường dùng một mạch cầu Wheatstone để kết nối với RTD. Sơ đồ mạch cầu Wheatstone như hình 2.6 và 2.7.



Hình 2.7. Mạch cầu Wheatstone dùng cho RTD

Khi đó điện áp ra tính theo công thức:

$$V_0 = V \left(\frac{R_T}{R_1 + R_T} - \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \quad (2.16)$$

Trong đó V là điện áp cung cấp cho mạch cầu. Các điện trở R_1, R_2 thường có giá trị bằng nhau và R_3 thường là một biến trở để điều chỉnh để mạch cầu cân bằng ở nhiệt độ 0°C .

Trên thị trường có các loại nhiệt kế điện trở dùng Platinum: 100, 200, 500, 1000 Ohms tại 0°C . Loại PT-100 nghĩa là có điện trở ở nhiệt độ 0°C bằng 100 Ohms loại này rất hay gặp. Nhiệt kế điện trở loại này có công thức tính điện trở như sau:

$$R_T = 100(1 + \alpha T) \quad (2.17)$$

Giá trị hằng số α thường lấy bằng $0.00385^\circ\text{C}^{-1}$ và được coi là không đổi trong thang nhiệt độ $0 \div 100$ độ.

Nhiệt điện trở kim loại RTD thường có loại 2 dây là 3 dây và 4 dây, loại RTD 4 dây giảm điện trở dây dẫn đi $1/2$, giúp hạn chế sai số.

- Ưu điểm: + Độ chính xác cao, phạm vi đo rộng
- + Độ ổn định theo thời gian cao, độ trôi hơn $0,1^\circ\text{C} / \text{năm}$
- + Tín hiệu điện áp ra lớn hơn loại cặp nhiệt điện
- + Độ tuyến tính điện trở rất tốt

- Nhược điểm:
 - + Giá thành cao, kích thước lớn
 - + Không bền như nhiệt cặp nhiệt trong môi trường rung động cao và va đập mạnh.

2.4.3. Nhiệt điện trở bán dẫn

2.4.3.1. Đặc điểm chế tạo

Tên thường gọi là Thermistor, được làm từ hỗn hợp các oxit bán dẫn đa tinh thể như: MgO , $MgAl_2O_4$, Mn_2O_3 , Fe_3O_4 , Co_2O_3 , NiO . Để chế tạo nhiệt điện trở bán dẫn các bột oxit được trộn với nhau theo tỉ lệ thích hợp, sau đó chúng được nén định dạng và thiêu kết ở nhiệt độ $1000^{\circ}C$. Các dây nối kim loại được hàn 2 điểm trên bề mặt bán dẫn đã được phủ bằng một lớp kim loại, Các nhiệt điện trở bán dẫn được chế tạo với nhiều hình dạng khác nhau (hình đĩa, hình trụ, hình vòng..) và phần tử nhạy cảm có thể bọc một lớp bảo vệ hoặc để trần. Các vật liệu thường sử dụng có điện trở suất cao cho phép chế tạo những nhiệt điện trở bán dẫn có giá trị thích hợp với lượng vật chất nhỏ và kích thước tối đa (hình 2.8). Kích thước nhỏ cho phép đo nhiệt độ từng điểm.



Hình 2.8. Các loại Thermistor trong thực tế

Độ ổn định nhiệt của thermistor phụ thuộc vào việc chế tạo nó và điều kiện sử dụng. Vỏ bọc của thermistor sẽ bảo vệ nó không bị phá hủy hóa học và tăng độ ổn định khi làm việc. Trong quá trình sử dụng cần phải tránh sự thay đổi nhiệt độ đột ngột bởi vì nó sẽ làm rạn nứt vật liệu.

2.4.3.2. Đặc điểm và phạm vi ứng dụng

Nguyên lý hoạt động là sự biến thiên điện trở khi nhiệt độ thay đổi nên không quan tâm chiều đấu dây.

Có hai loại thermistor: Hệ số nhiệt dương PTC điện trở tăng theo nhiệt độ. Hệ số nhiệt âm NTC điện trở giảm theo nhiệt độ. Thường dùng nhất là loại NTC. Tùy vào nhiệt độ môi trường nào mà chọn Thermistor cho thích hợp.

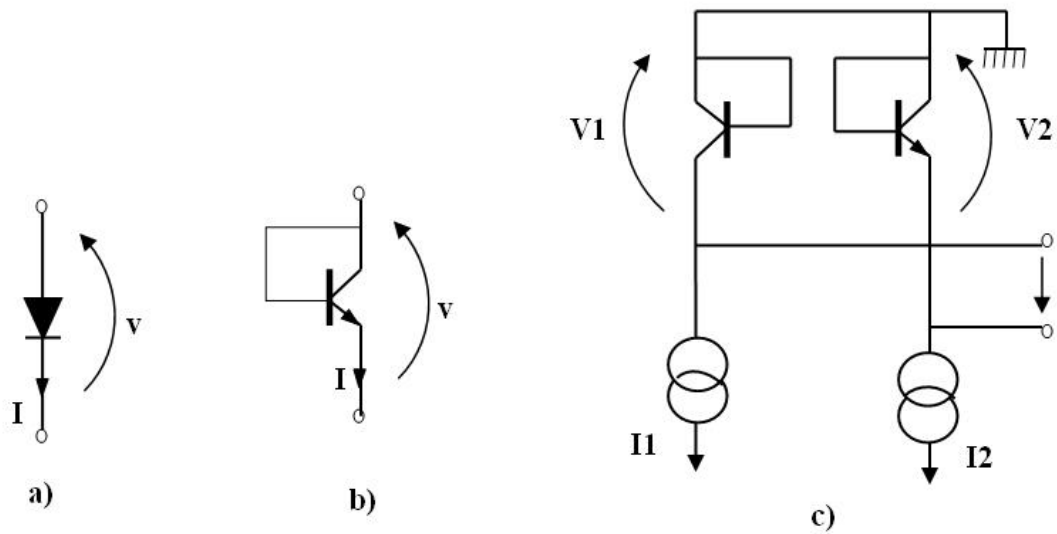
Thermistor chỉ tuyến tính trong khoảng nhiệt độ nhất định vài độ đến 300°C do vậy người ta ít dùng để dùng làm cảm biến đo nhiệt. Chỉ sử dụng trong các mục đích bảo vệ, ngắt nhiệt, ép vào cuộn dây động cơ, mạch điện tử.

- Ưu điểm:
 - + Có độ nhạy nhiệt cao nhất trong các cảm biến nhiệt độ, khoảng 10 lần so với độ nhạy của nhiệt điện trở kim loại.
 - + Giá thành thấp, chế tạo đơn giản.
 - + Kích thước nhỏ, đáp ứng nhanh.
- Nhược điểm:
 - + Phạm vi đo nhỏ chỉ khoảng vài độ đến 300°C .
 - + Cần các bộ phận thành phần hay mạch hỗ trợ để ứng dụng.

2.4.4. Cảm biến bán dẫn

2.4.4.1. Nguyên lý cấu tạo

Có thể đo nhiệt độ bằng cách sử dụng linh kiện nhạy cảm là diode, IC hoặc tranzito mắc theo kiểu diode nhưng phân cực thuận với I không đổi như hình 2.9. Nguyên lý của cảm biến bán dẫn là sự phân cực của các chất bán dẫn khi bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ. Điện áp giữa hai cực sẽ là hàm của nhiệt độ.



Hình 2.9. Các linh kiện sử dụng làm cảm biến nhiệt bán dẫn

a) Diode b) Tranzito mắc theo kiểu diode c) Cặp tranzito mắc kiểu diode

Độ nhạy nhiệt của diode hoặc tranzito mắc theo kiểu diode xác định bởi biểu thức:

$$S = \frac{dV}{dT} \quad (2.18)$$

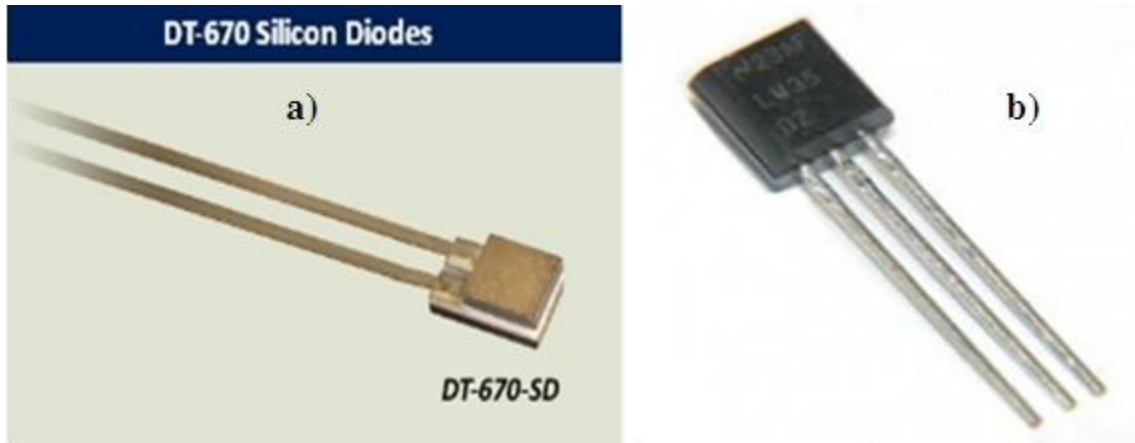
Giá trị của độ nhạy nhiệt cỡ $-2,5\text{mV}/^\circ\text{C}$. Ngoài ra độ nhạy nhiệt còn phụ thuộc vào dòng điện ngược I_0 , dòng này có thể thay đổi khác nhau với các linh kiện khác nhau. Để tăng độ tuyến tính và khả năng thay thế người ta mắc theo sơ đồ hình 2.8c.

2.4.4.2. Đặc điểm, một số loại cảm biến bán dẫn và phạm vi ứng dụng

Có độ nhạy nhiệt lớn hơn nhiều so với cặp nhiệt điện trở bán dẫn, rẻ tiền, dễ chế tạo, độ nhạy cao, chống nhiễu tốt, mạch xử lý đơn giản, nhưng không chịu nhiệt độ cao và kém chịu đựng trong môi trường khắc nghiệt: ẩm cao, hóa chất có tính ăn mòn, rung sốc và chạm mạnh.

Dải nhiệt độ làm việc bị hạn chế do sự thay đổi tính chất điện của cảm biến ở nhiệt độ giới hạn và nằm trong khoảng $-50^\circ\text{C} \div 150^\circ\text{C}$, trong khoảng nhiệt độ này cảm biến có độ ổn định cao.

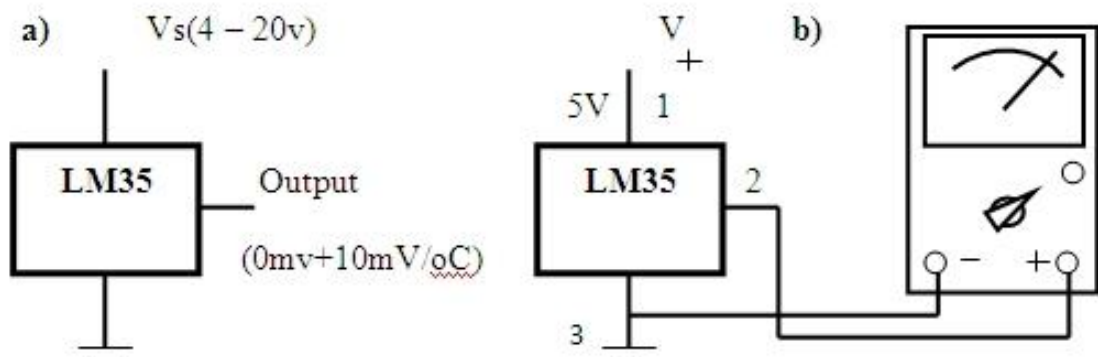
Trên thị trường có ác cảm biến loại này dưới dạng diode như TD-470, TD-471, TD-414, TD-470-SD hình dạng giống nhau như hình 2.10a. Các loại dạng IC như: LM35, LM335, LM45 như hình 2.10b



Hình 2.10. Cảm biến bán dẫn trong thực tế

Loại LM 35 là một đại diện cho cảm biến bán dẫn loại IC giống như các transistor (kiểu T0-92), chúng có độ nhạy $10\text{mV}/^\circ\text{C}$, dải nhiệt độ tối đa $-55 \div 150^\circ\text{C}$, điện áp cung cấp $4 \div 20\text{v}$, sai số $\pm \frac{1}{4}^\circ\text{C}$ với nhiệt độ phòng và $\pm \frac{3}{4}^\circ\text{C}$ với dải nhiệt độ tối đa, thứ tự các chân như hình 2.11a

Khi muốn đo nhiệt độ ta chỉ cần nối LM 35 với một đồng hồ đo V như hình 2.11b



Hình 2.11. LM 35

a) Thứ tự chân LM 35 b) Nối LM 35 với đồng hồ đo

Cảm biến bán dẫn thường dùng đo nhiệt độ không khí, dùng trong các thiết bị đo, bảo vệ các mạch điện tử, cảm biến bán dẫn mỗi loại chỉ tuyến tính trong một giới hạn nào đó, ngoài dải này cảm biến sẽ mất tác dụng nên phải quan tâm đến tầm đo của loại cảm biến này để đạt được sự chính xác.

2.4.5. Hỏa quang kế

Hay còn gọi là Pyrometer đây là loại cảm biến nhiệt độ đặc biệt biến đổi năng lượng ánh sáng thành năng lượng điện có chứa thông tin về nhiệt độ cần đo. Nó làm việc chủ yếu trong môi trường khắc nghiệt mà các loại cảm biến nhiệt độ bình thường khó có thể đo được như là lò nung, lò luyện kim. Nhiệt độ đo có thể đến hàng nghìn độ C.

Đặc điểm của loại này là đo nhiệt độ mà không cần lại gần vật mang nhiệt, cấu tạo chung gồm các bộ phận ống kính hội tụ, thu ánh sáng và bộ phận mạch đo.

Vì đặc điểm đo không tiếp xúc trực tiếp với điểm nhiệt độ cần đo nên độ chính xác của hỏa quang kế không cao chỉ mang tính tương đối, nó phụ thuộc chủ yếu vào bộ phận chuyển đổi thông tin ánh sáng và môi trường xung quanh tại thời điểm đo. Dải nhiệt độ đo càng cao thì sai lệch về nhiệt độ càng lớn.

Các thiết bị hỏa quang kế tất cả đều sử dụng hai loại thang nhiệt độ là °C và °F, để người sử dụng lựa chọn.

Thông thường người ta chia hỏa quang kế làm loại.

- + Hỏa kế bức xạ toàn phần.
- + Hỏa kế cường độ sáng.

2.4.5.1. Hỏa kế bức xạ toàn phần.

Hay còn gọi nhiệt kế hồng ngoại(IR Temperature) loại này là phổ biến nhất vì sử dụng đơn giản, đo nhiệt độ cao. Thiết bị sử dụng diode hồng ngoại để thu năng lượng. Nguyên lý đo theo định luật Stefan để suy ra nhiệt độ của vật.

Năng lượng bức xạ:

$$E_T = \omega \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (2.19)$$

Trong đó: σ là hằng số $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} [W/m^2 \cdot K^{-4}]$ hằng số Stefan.

ϵ : $1 \leq$ suất phát xạ (hệ số phát xạ)

Loại hỏa kế bức xạ toàn phần trong công nghiệp dùng tia laser phát ra song song với trục của nó, vòng tròn sáng của tia laser đặt vào điểm cần đo nhiệt độ. Trên mặt hỏa kế luôn có một màn hình hiển thị kết quả đo. Trong hình 2.12 là một số loại nhiệt kế hồng ngoại.

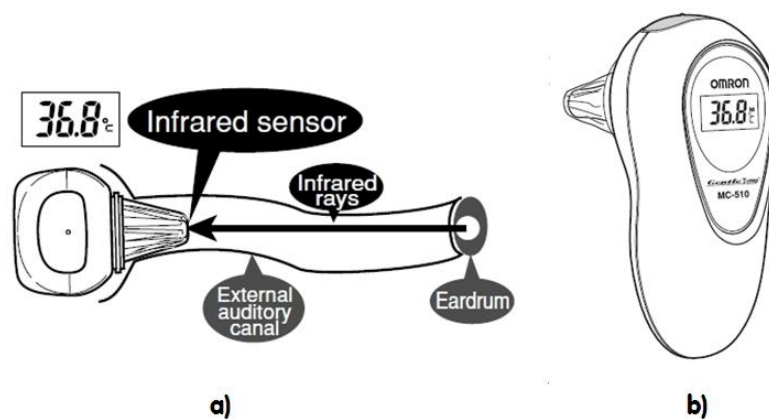
Infrared Single Pt. Laser Pyrometer

Circular Multi-Pt. Laser Sighting IR Pyrometer



Hình 2.12. Nhiệt kế hồng ngoại dùng tia laser

Ứng dụng của nhiệt kế hồng ngoại còn được sử dụng trong y học để đo nhiệt độ người qua màng nhĩ tai còn gọi là Ear thermometer như hình 2.13b. Loại này đo nhanh, khoảng đo $10 \div 40^{\circ}\text{C}$, độ chính xác cao nên giờ rất phổ biến và bắt đầu thay thế cho các nhiệt kế ở bệnh viện.



Hình 2.13. Nhiệt kế tai của hãng Omron

Hình 2.13a là nguyên lý đo nhiệt độ qua tai, màng nhĩ phát ra năng lượng hồng ngoại. Bộ vi xử lý sẽ điều khiển việc điều chỉnh độ nhạy và bù nhiệt, và tiến hành tính toán nhiệt độ người.

2.4.5.2. Hỏa kế cường độ sáng

Đây là loại cấu tạo khá đơn giản, hoạt động dựa trên định luật Planck

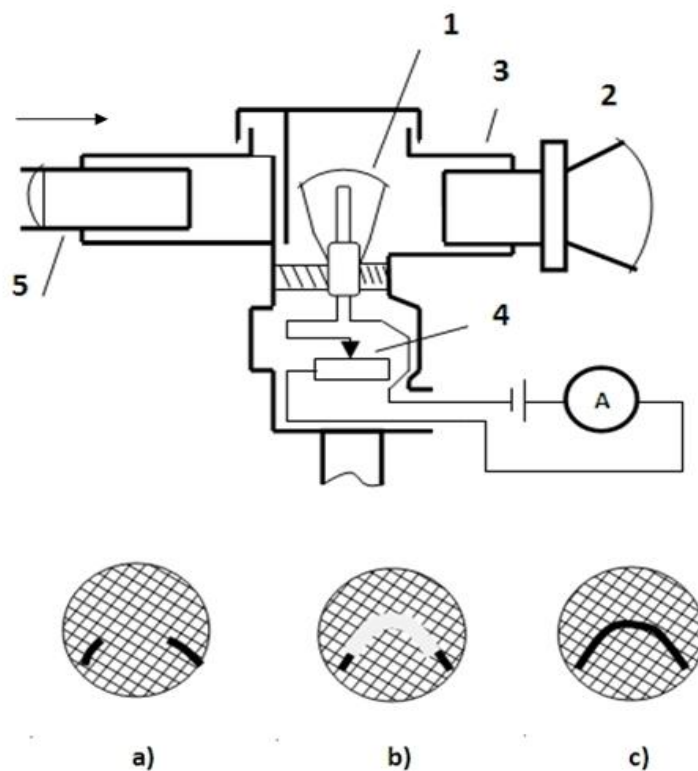
$$I_{\lambda_T} = \frac{C_1}{\lambda^5 \left(e^{\frac{C_2}{RT}} - 1 \right)} \quad (2.20)$$

Với I_{λ_T} là cường độ bức xạ đơn sắc ứng với bước sóng λ ở nhiệt độ T (k).

+ R là hằng số khí lý tưởng.

+ C_1, C_2 là hằng số.

Nghĩa là hai vật có độ sáng ứng với một bước sóng nhất định bằng nhau thì có nhiệt độ bằng nhau. Người ta thường chọn bước sóng $0,6 \mu\text{m}$. Về cơ bản nó được cấu tạo như hình 2.14.



Hình 2.14. Cấu tạo của hỏa kế cường độ sáng

Trong đó: 1 – Đèn sợi đốt

2 – Vật kính, chỉnh vật kính

3 – Ống trượt và vật kính

4 – Chiết áp chỉnh dòng điện đốt đèn

5 – Thấu kính

a) Nhiệt độ dây đèn bằng nhiệt độ đối tượng đo

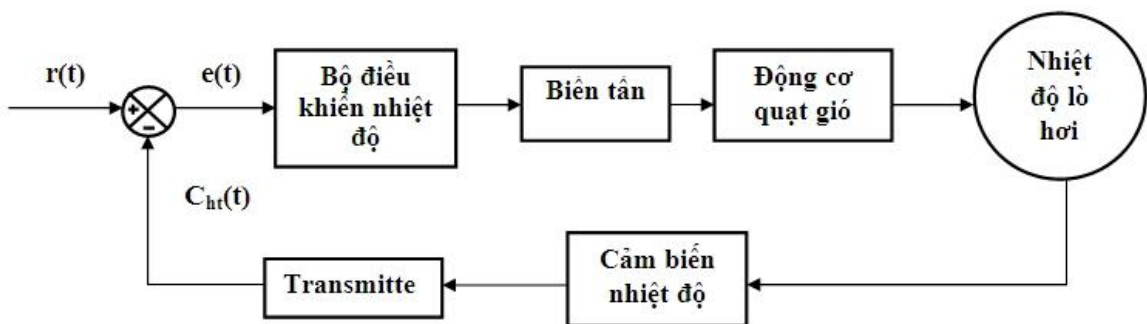
b) Nhiệt độ dây đèn cao hơn nhiệt độ đối tượng đo

c) Nhiệt độ dây đèn thấp hơn nhiệt độ đối tượng đo

Thiết bị này đo nhiệt độ bằng cách so sánh độ sáng của dây tóc bóng đèn của dụng cụ đo với độ sáng của vật thể cần đo. Ánh sáng phát từ vật thể cần đo qua thấu kính tập trung tạo nên ảnh của vùng sáng từ vật thể trên một mặt phẳng, ở đó có sợi dây đốt nóng của một bóng đèn. Điều chỉnh độ sáng của dây tóc bằng chiết áp sao cho trùng với độ sáng của nguồn sáng từ vật thể như hình 2.14a. Cường độ dòng điện qua đèn đo bằng một ampe kế. Giá trị tương ứng của cường độ này với giá trị tương ứng của nhiệt độ lò.

2.5. Sơ đồ ứng dụng cảm biến nhiệt độ trong thực tế

Hệ thống điều khiển nhiệt độ tự động cho lò hơi đốt than trong công nghiệp có sơ đồ như hình 2.15.



Hình 2.15. Sơ đồ khối hệ thống đo và điều khiển nhiệt độ cho lò hơi

Trong đó: - $r(t)$: là tín hiệu vào, tín hiệu chuẩn yêu cầu của hệ thống

- $e(t)$: là sai số giữa tín hiệu thực và tín hiệu chuẩn

- $C_{ht}(t)$: là tín hiệu hồi tiếp từ cảm biến nhiệt độ

Trong quá trình làm việc thì tín hiệu hồi tiếp liên tục được so sánh với tín hiệu chuẩn để giúp duy trì nhiệt độ ổn định.

$$e(t) = r(t) - C_{ht}(t) \quad (2.21)$$

Sơ đồ lò đốt bằng than ta điều chỉnh nhiệt độ bằng quạt gió đưa vào lò đốt, sơ đồ này hiện nay vẫn còn sử dụng nhiều, như lò hơi nhà máy giấy Hapaco Hải Phòng. Hiện nay do tính năng nổi bật của bộ điều chỉnh nhiệt độ, và với giá thành rẻ (khoảng 2 triệu) nên hệ thống điều khiển nhiệt độ dùng cảm biến nhiệt độ kết hợp bộ điều khiển nhiệt độ khá thông dụng.

2.5.1. Các thành phần của hệ thống

- **Cảm biến nhiệt RTD:** ta sử dụng loại Pt 100: IEC 751 (hình 2.16), vì nó bền, độ nhạy cao, tầm đo rộng $-200 \div 850^{\circ}\text{C}$ rất phù hợp để đo nhiệt độ lò hơi.



Hình 2.16. Cảm biến nhiệt điện trở kim loại RTD loại Pt 100

- **Temperature transmitter:** TA100 hình 2.17.



Hình 2.17. Bộ chuyển đổi tín hiệu TA100

Loại này có dải làm việc $-50 \div 500^{\circ}\text{C}$, output $4 \div 20\text{mA}$, giúp chuyển đổi tín hiệu điện áp từ Pt 100 sang tín hiệu chuẩn là dòng điện $4 \div 20\text{mA}$ để đưa vào bộ điều khiển nhiệt độ, ta dùng tín hiệu điện để giảm tổn hao và nhiễu tín hiệu trên đường truyền.

- **Bộ điều khiển nhiệt độ:** dùng loại E5CZ – C2ML của OMRON như hình 2.18.



Hình 2.18. Bộ điều khiển nhiệt độ E5CZ – Q2ML

Loại này có nguồn cấp: $100 \div 240$ VAC, 50/60Hz

Kiểu điều khiển: ON/OFF hoặc 2-PID

Tín hiệu vào là Analog

- Dòng điện vào: $4 \div 20$ mA, $0 \div 20$ mA

- Điện áp vào: $1 \div 5$ V, $0 \div 5$ V, $0 \div 10$ V

Trước tiên ta phải cài đặt tín hiệu setpoint, set thêm ngưỡng nhiệt thấp và ngưỡng nhiệt cao, để điều khiển van tự động. Khi chưa tới mức nhiệt setpoint thì van sẽ mở, khi vượt quá mức nhiệt thì van sẽ đóng.

- **Biến tần:** ta sử dụng loại biến tần Siemens MM 420 (Micromaster 420) hình 2.19.



Hình 2.19. *Biến tần Siemens MM 420*

Vì giá thành thấp, trong khi vẫn có nhiều tính năng linh hoạt, điện áp vào 3 pha 380V, điện áp ra 3 pha 380V. Ta sử dụng biến tần này để điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ 3 pha, một cách tự động và giúp tiết kiệm năng lượng.

- **Động cơ quạt gió:** ta sử dụng động cơ không đồng bộ 3 pha rotor dây quấn vì cấu tạo đơn giản, công suất lớn vì thế nó được sử dụng hầu hết trong các nhà máy, để tạo thành quạt gió thì động cơ phải lắp thêm cánh quạt và hệ thống đường ống dẫn gió như hình 2.20.



Hình 2.20. Quạt gió trong công nghiệp.

2.5.2. Nguyên lý làm việc của hệ thống

Cảm biến đo nhiệt độ ở lò sấy sẽ đưa qua bộ chuyển đổi Transmitter, để biến đổi thành tín hiệu chuẩn để đưa bộ điều khiển nhiệt độ. Khi đó thông tin nhiệt độ sẽ được hiển thị và nếu nhiệt độ của lò sấy đến ngưỡng cao (ta cài đặt trong bộ điều khiển) thì bộ điều khiển sẽ đưa tín hiệu đến biến tần để điều chỉnh tần số giúp giảm tốc độ động cơ quạt gió làm giảm lưu lượng khí vào lò giúp nhiệt độ lò giảm. Thông tin nhiệt độ sẽ đưa đến bộ điều khiển liên tục, khi nhiệt độ lò giảm xuống đến ngưỡng thấp thì bộ điều khiển lại đưa tín hiệu đến biến tần để điều chỉnh tăng tốc độ động cơ quạt gió giúp tăng nhiệt độ lò. Quá trình lặp đi lặp lại tuần hoàn để đảm bảo nhiệt độ lò đốt nôi hơi được duy trì nhiệt độ xác định.

CHƯƠNG 3.

CẢM BIẾN ÁP SUẤT

3.1. Tổng quan về cảm biến áp suất

Tên tiếng anh là pressure sensor là thiết bị để đo áp suất, biến đổi đại lượng áp suất thành đại lượng điện. Cảm biến áp suất được ứng dụng nhiều trong lĩnh vực công nghiệp, vì các thiết bị liên quan tới thủy lực, nhiệt, hạt nhân, cần phải đo và theo dõi áp suất liên tục, nếu áp suất vượt quá giới hạn ngưỡng nó sẽ làm hỏng bình chứa và đường ống dẫn, thậm chí có thể gây nổ làm thiệt hại đến cơ sở vật chất và tính mạng con người. Nó còn sử dụng trong xe ô tô (cảm biến ở lốp xe), tàu thủy, và ở các máy móc trong ngành xây dựng.

Các cảm biến áp suất được sử dụng trong nhà máy sẽ đo, xác định áp suất khí nén, hơi nước, dầu nhờn hoặc chất lỏng khác để cung cấp thông tin cho hệ thống điều khiển tự động và giám sát.

Thực tế là nhu cầu đo áp suất rất đa dạng đòi hỏi các cảm biến đo áp suất phải đáp ứng một cách tốt nhất cho từng trường hợp cụ thể. Chính vì vậy các cảm biến áp suất cũng rất đa dạng. Nguyên nhân nữa dẫn đến sự đa dạng này là độ lớn của áp suất cần đo nằm trong một dải giá trị rất rộng.

3.2. Khái niệm áp suất và đơn vị đo

3.2.1. Khái niệm về áp suất

Nếu cho chất lỏng hoặc khí (gọi chung là chất lưu) vào một bình chứa nó sẽ gây lên lực tác dụng lên thành bình gọi là áp suất. Áp suất này phụ thuộc vào bản chất của chất lưu, thể tích chất lưu chiếm trong bình, nhiệt độ.

Áp suất (p) có giá trị bằng lực (dF) tác dụng vuông góc lên một đơn vị diện tích (ds) bên mặt chứa:

$$p = \frac{dF}{ds} \quad (3.1)$$

Các chất lưu luôn chịu tác động của trọng lực, bởi vậy trong trường hợp cột chất lưu chứa trong một ống hở đặt thẳng đứng, áp suất ở điểm M cách bề mặt tự do một khoảng h sẽ bằng áp suất khí quyển p_0 cộng với trọng lượng của cột chất lưu có chiều cao h tác dụng lên một đơn vị diện tích bề mặt.

$$p = p_0 + \rho gh \quad (3.2)$$

Trong đó: - ρ là khối lượng riêng của chất lưu.

- g là gia tốc trọng trường tại điểm đo áp suất.

- Giá trị của áp suất được chia làm ba loại như sau:

+ Áp suất tuyệt đối (absolute pressure): được đo so với chân không tuyệt đối, hoàn toàn bỏ qua ảnh hưởng của áp suất khí quyển. Phương pháp đo này được sử dụng chủ yếu để nghiên cứu hoặc thiết kế, nhưng có một số ứng dụng mà giá trị đo tuyệt đối lại có ích khi đặt trong điều kiện cụ thể của quá trình. Bởi vì trên thực tế khó có thể hút một chân không tuyệt đối bên trong vỏ cảm biến, các cảm biến thường điều chỉnh giá trị đo của thiết bị đo bằng cách sử dụng hệ số sửa cố định hoặc các đơn vị phức tạp hơn sử dụng một áp suất khí áp đã được đo.

+ Áp suất calip (gage pressure): là một dạng của áp suất vi sai, là áp suất ở một khu vực hoặc đường ống so với áp suất khí quyển. Loại này được áp dụng phổ biến nhất.

+ Áp suất vi sai (differential pressure): là áp suất trong một khu vực hoặc một đường ống khi được so với áp suất khác. Giá trị đo là sự chênh lệch giữa hai áp suất và không tính đến áp suất của hai bên so với áp suất của khí quyển hoặc chân không.

3.2.2. Đơn vị đo

Trong hệ SI đơn vị áp suất Pascal(Pa) bằng một Newton mỗi mét vuông. Đặt theo tên của Blaise Pascal nhà toán lý học và triết học người Pháp.

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Các đơn vị đo áp suất khác thường sử dụng trong bảng Bảng 3.1.

Bảng 3.1. Bảng chuyển đổi giữa các đơn vị đo áp suất

Đơn vị đo áp suất	pascal (Pa)	bar (bar)	atmosph kỹ thuật (at)	atmosph (atm)	torr (Torr)	cm cột nước (gam/cm ²)	Pound trên một inch vuông (psi)
1 Pa	1(N/m ²)	10 ⁻⁵	1.0197.10 ⁻⁵	9,8692.10 ⁻⁶	7,5.10 ⁻³	1,02.10 ⁻²	145,04.10 ⁻⁶
1 bar	10 ⁵	1	1,0197	0,9869	750,06	1020	14,504
1 at	98066,5	0,980665	1(kg/cm ²)	0,9678	735,56	1000	14,223
1 atm	101325	0,980665	1,0332	1	760	1033	14,696
1 Torr	133,322	1,333.10 ⁻³	1,3595.10 ⁻³	1,3158.10 ⁻³	1	136	19,337.10 ⁻³
1 gam/cm ²	98	98.10 ⁻⁵	10 ⁻³	9,68.10 ⁻⁴	0,735	1	14,2.10 ⁻³
1 psi	689476	68,948.10 ⁻³	70,307.10 ⁻³	68,046.10 ⁻³	51,715	7032,65	1

Hai đơn vị đo áp suất phổ biến là “psi” và “bar”. Cả psi và bar đều sử dụng hậu tố “a”, “g” hoặc “d” để chỉ áp suất tuyệt đối (absolute pressure), áp suất calip (gage pressure) hoặc áp suất vi sai (differential pressure). Khi không sử dụng hậu tố thì người ta giả định đó là áp suất calip. Đơn vị psi chủ yếu vẫn còn được sử dụng ở Mỹ và Canada, đặc biệt là đối với xe ô tô. Đơn vị đo thứ hai theo hệ mét ngày càng trở nên phổ biến “bar” đã thay thế “pascal” và “kilopascal” vì số này dùng thuận tiện hơn. Các đơn vị đo khác được sử dụng cho những ứng dụng đặc biệt.

Áp suất khí quyển thường đo bằng đơn vị kilopascal (kPa), hoặc atmosph(atm) nhưng ở Mỹ người ta lại sử dụng hectopascal (hPa) và millibar(mbar) làm đơn vị đo áp suất khí quyển.

3.3. Đo áp suất tĩnh và áp suất động

3.3.1. Đo áp suất tĩnh

Áp suất tĩnh là áp suất trong chất lưu không chuyển động, vì vậy đo áp suất tĩnh là đo lực F tác dụng lên diện tích s tại vị trí cần đo. Có ba phương pháp đo như sau:

- Đo áp suất lấy qua một lỗ tròn nhỏ được khoan trên thành bình nhờ cảm biến, áp suất tác dụng lực F lên cảm biến, cảm biến đo F từ đó suy ra p .

- Đo trực tiếp sự biến dạng của thành bình do áp suất gây nên, trong trường hợp này người ta gắn vào thành bình cảm biến đo ứng suất biến dạng trên thành bình, biến dạng này là hàm của áp suất.

- Đo bằng cảm biến áp suất có các phần tử biến dạng như màng, ống trụ, capsule để khi lực F tác dụng sẽ làm phần tử đó biến dạng, có một cơ cấu để chuyển sự biến dạng đó thành tín hiệu điện chứa thông tin về áp suất.

3.3.2. Đo áp suất động

Áp suất động là lực tác động lên mặt phẳng vuông góc với dòng chảy, có chiều trùng với chiều dòng chảy. Khi đo chất lưu chuyển động thì ta phải tính đến ba dạng áp suất cùng tồn tại là:

+ Áp suất động p_d do chuyển động với vận tốc v của chất lưu

+ Áp suất tĩnh p_t

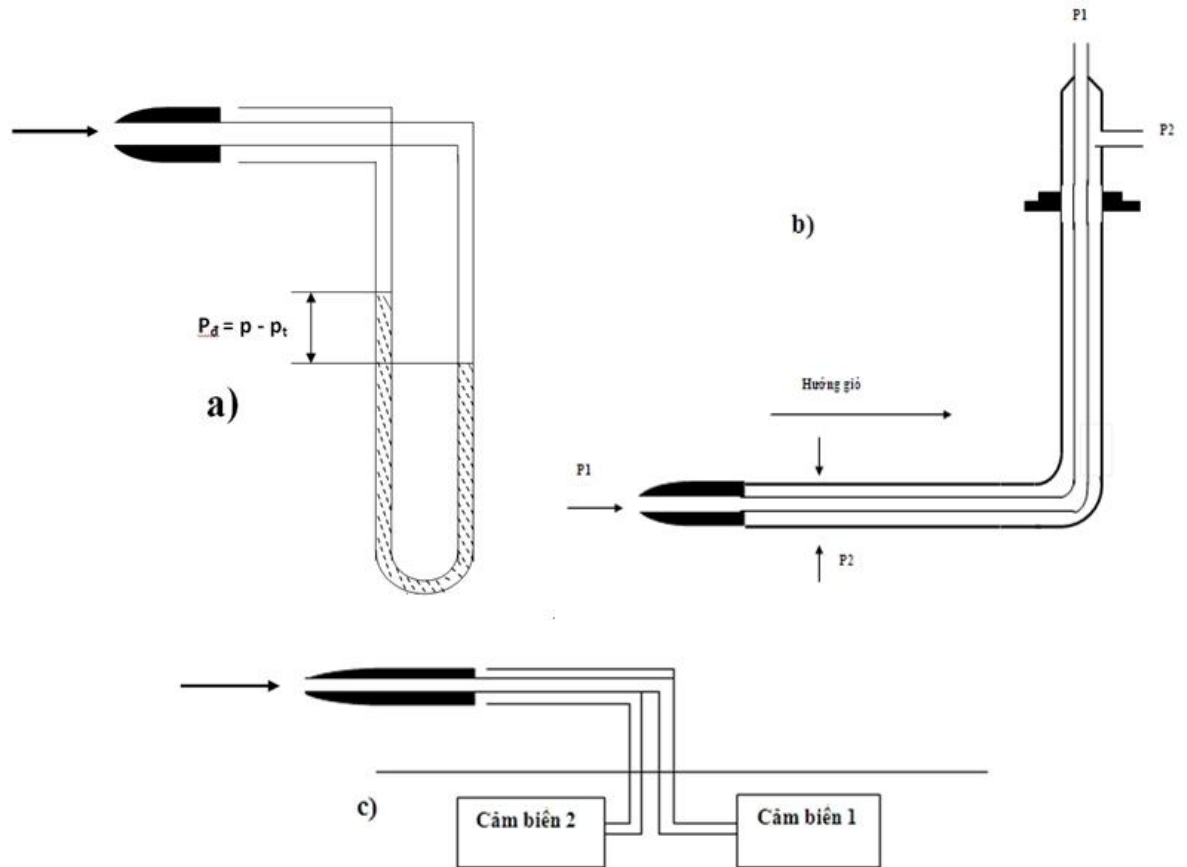
+ Áp suất tổng p là tổng hai áp suất trên

Khi đó:

$$p = p_d + p_t \quad (3.3)$$

$$p_d = \frac{\rho v^2}{2} \quad (3.4)$$

Việc đo áp suất động người ta sử dụng chủ yếu ống Pitot, để đo áp suất dòng chảy hay áp suất không khí của máy bay như hình 3.2.



Hình 3.2. Đo áp suất động bằng ống Pitot.

Hình 3.1a ở ống pitot loại này hai áp suất là p áp suất tổng (áp suất tác dụng lên mặt phẳng vuông góc với dòng chảy) và p_t áp suất tĩnh sẽ tác động với nhau làm cho cột nước của một bên ống cao hơn bên còn lại một khoảng h . Từ khoảng cao đó ta có thể xác định được áp suất động.

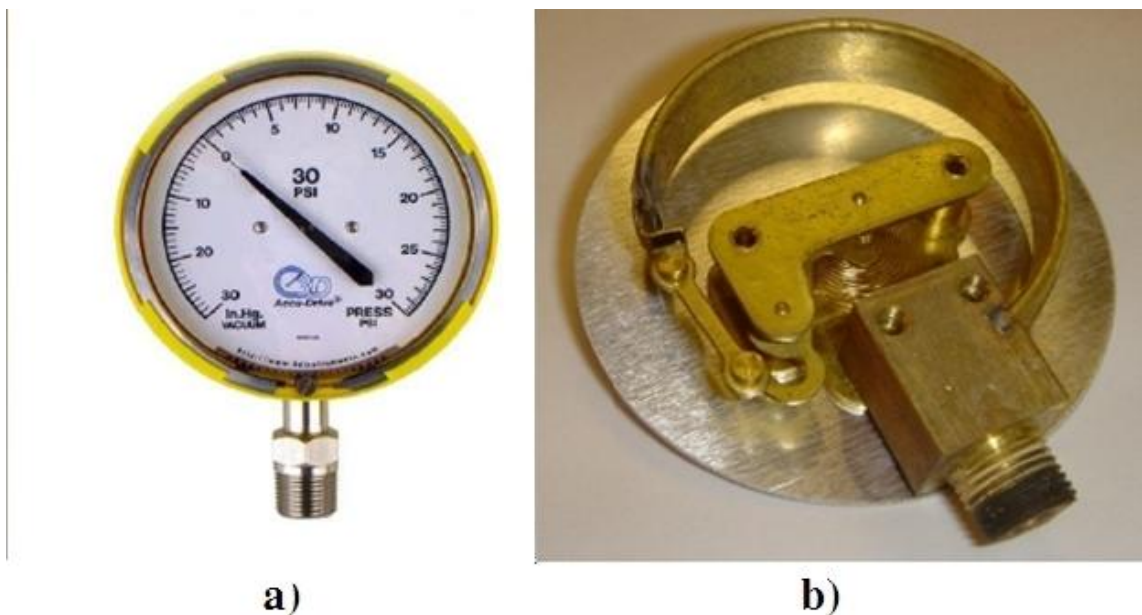
Hình 3.1b là ống pitot sử dụng trong máy bay, máy bay trở khách thường có 4 ống, máy bay chiến đấu thường dùng 2 ống. Nguyên lý đo cũng như hình 3.2a nhưng ở đây ta sử dụng cảm biến để đo áp suất P_1 và P_2 .

Hình 3.1c cảm biến 1 đo áp suất tổng đưa tín hiệu ra V_1 , cảm biến 2 đo áp suất tĩnh đưa tín hiệu ra V_2 khi đó: $V_1 - V_2 = V_d$ từ đó có thể xác định áp suất tổng p_d .

3.4. Một số dụng cụ đo áp suất cơ bản

3.4.1. Đồng hồ đo áp suất

Cấu tạo như hình 3.2b gồm chi tiết chính là ống Bourdon được làm bằng đồng hoặc kim loại nhẹ, hệ thống chuyển động và kim chỉ thị. Khi có áp suất nó sẽ tác động vào ống bourdon, ống biến dạng và tác động đến cơ cấu chuyển động, cơ cấu này sẽ đẩy kim xê dịch giúp hiển thị áp suất đưa vào. Đồng hồ đo thường sử dụng ở các bồn chứa, bình chứa nó được gắn trực tiếp vào bình chứa thông qua một lỗ tròn nhỏ trên bình để đưa áp suất vào đồng hồ, loại này giúp hiển thị giá trị áp suất để theo dõi.

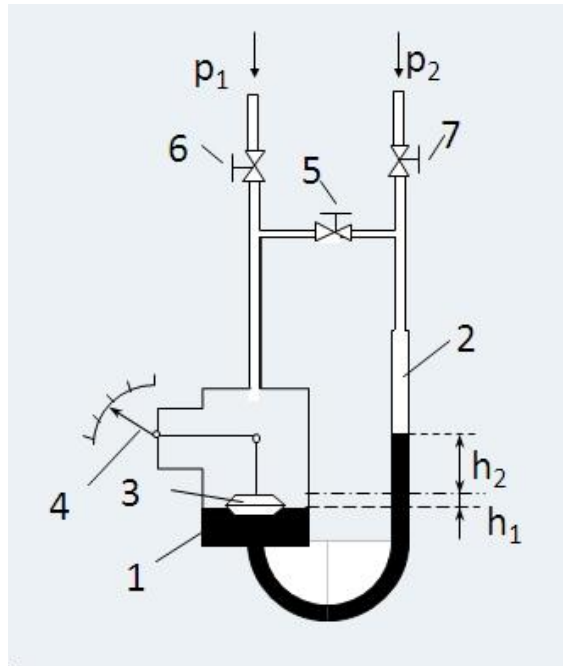


Hình 3.2. Đồng hồ đo áp suất

Hình 3.2a là loại đồng hồ đo áp suất trên thị trường, để đạt độ chính xác cao hơn người ta lắp thêm bộ chống rung và chống sốc.

3.4.2. Áp kế vi sai kiểu phao

Áp kế vi sai kiểu phao gồm hai bình thông nhau, bình lớn có tiết diện F và bình nhỏ có tiết diện f , hệ thống van và phao, cơ cấu chỉ thị như hình 3.3.



Hình 3.3. Áp kế vi sai kiểu phao

1) Bình lớn 2) Bình nhỏ 3) Phao 4) Kim chỉ thị 5, 6, 7) Van

Chất lỏng trong bình là thủy ngân hoặc dầu biến áp. Đưa áp suất lớn (p_1) được đưa vào bình lớn, áp suất bé (p_2) được đưa vào bình nhỏ, lúc này áp suất lớn sẽ đẩy chất lỏng bình lớn sang bình bé làm phao dịch xuống một đoạn h_1 , chất lỏng bình bé dâng lên đoạn h_2 . Khi phao dịch xuống sẽ đẩy kim dịch chuyển số chỉ của kim ứng với áp suất vi sai cần đo.

Phương trình cân bằng áp suất:

$$p_1 - p_2 = g(\rho_m - \rho)(h_1 + h_2) \quad (3.5)$$

Trong đó – g là gia tốc trọng trường.

– ρ_m trọng lượng riêng của chất lỏng làm việc.

– ρ trọng lượng riêng của chất khí cần đo.

Phương trình cân bằng thể tích :

$$F.h_1 = f.h_2 \quad (3.6)$$

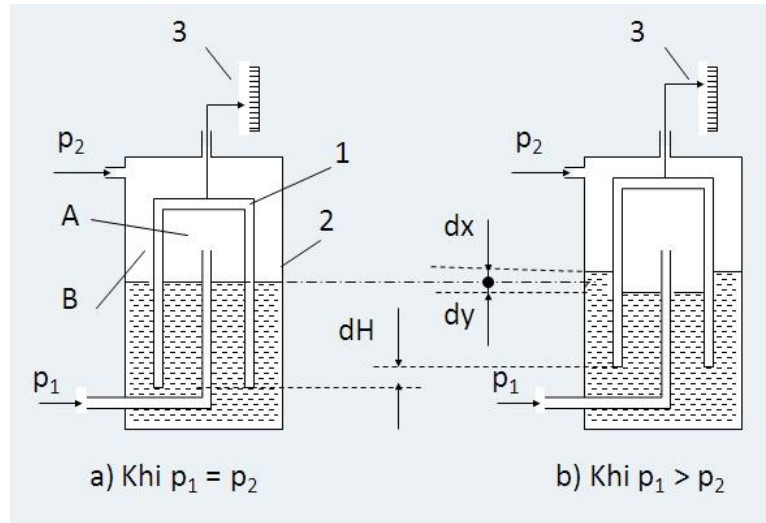
Suy ra :

$$h_1 = \frac{1}{\left(1 + \frac{F}{f}\right)(\rho_m - \rho)g} \cdot (p_1 - p_2) \quad (3.7)$$

Áp kế vi sai dùng để đo áp suất dưới 25MPa. Khi ta hay đổi tỉ số $\frac{F}{f}$ (thay đổi bình nhỏ) ta có thể thay đổi phạm vi đo.

3.4.3. Áp kế vi sai kiểu chuông

Cấu tạo gồm một chuông có gắn kim chỉ thị nhúng trong bình như hình 3.4.



Hình 3.4. Cấu tạo áp kế vi sai kiểu chuông

1) Chuông 2) Bình chứa 3) Cơ cấu chỉ thị

Hình 3.5a khi $p_1 = p_2$ thì chuông ở vị trí đứng yên

Hình 3.5b khi $p_1 > p_2$ thì áp suất p_1 sẽ đẩy chuông lên trên một đoạn dH làm kim cũng sẽ dịch lên và chỉ giá trị áp suất vi sai.

Độ dịch chuyển của chuông:

$$H = \frac{f}{\Delta f \cdot g(\rho_m - \rho)} \cdot (p_1 - p_2) \quad (3.8)$$

Trong đó: + f là tiết diện trong của chuông.

+ Δf là diện tích tiết diện thành chuông.

Áp kế vi sai có độ chính xác cao, có thể đo được áp suất thấp và áp suất chân không.

3.5. Phân loại, cấu tạo, nguyên lí hoạt động, phạm vi ứng dụng các loại cảm biến áp suất trong thực tế

3.5.1. Cấu tạo cơ bản của cảm biến áp suất

Cảm biến áp suất trên thị trường có nhiều chủng loại, tên gọi và nhiều cách phân loại khác nhau nhưng nhìn chung nó được cấu tạo từ 2 phần là:

+ Phần tử biến dạng (Elements) là thành phần nhận trực tiếp tác động của áp suất.

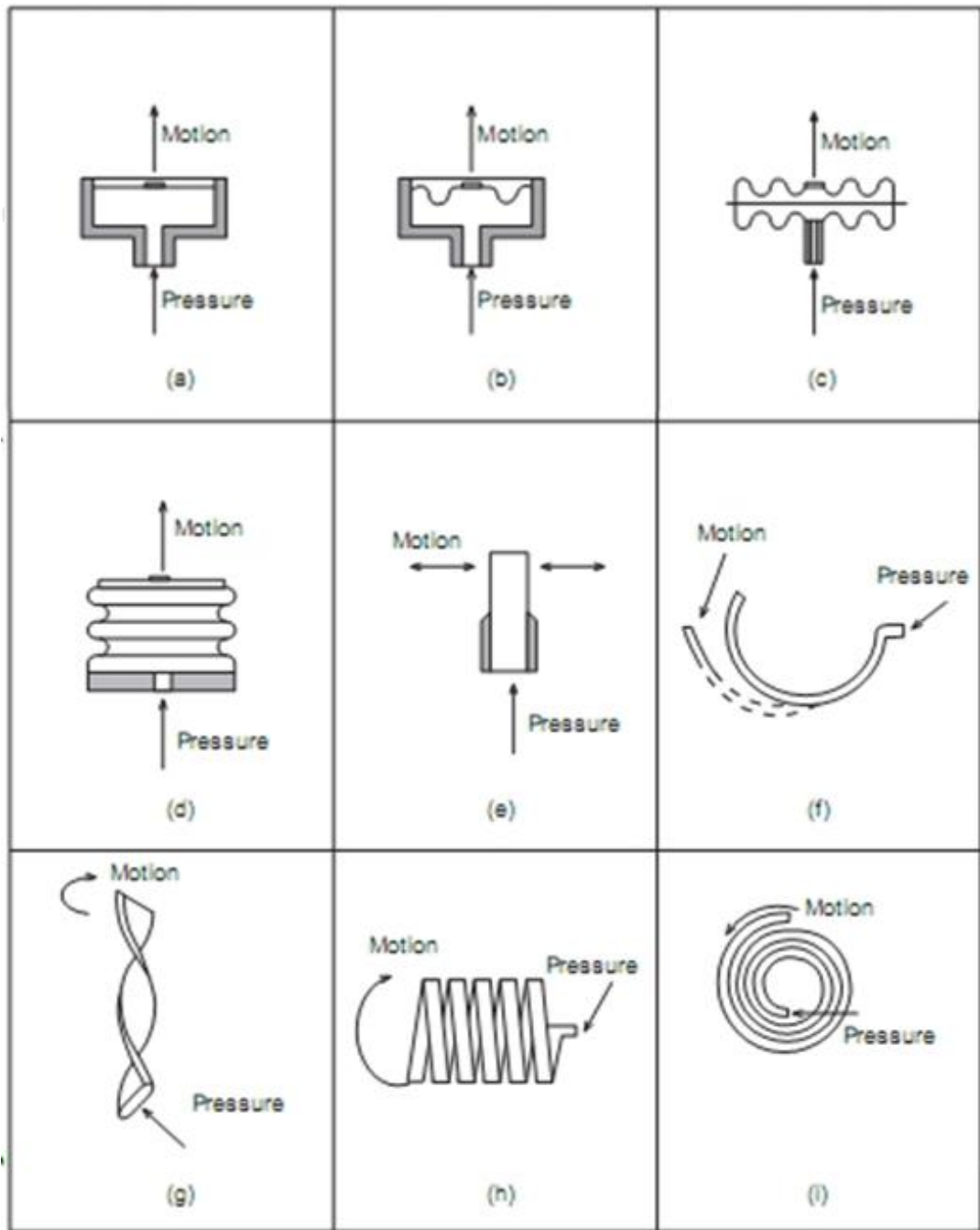
+ Bộ phận biến đổi (Transducers) sẽ biến đổi tác động từ phần tử biến dạng thành tín hiệu điện.

Tùy vào phương pháp biến đổi tín hiệu điện của bộ phận biến đổi mà ta chia cảm biến áp suất thành các loại như là:

- Chuyển đổi bằng biến thiên trở kháng.
- Chuyển đổi kiểu điện dung.
- Chuyển đổi kiểu điện cảm.
- Chuyển đổi kiểu áp điện.

3.5.2. Các phần tử biến dạng

Phần tử biến dạng được cấu tạo từ vật liệu nhạy cảm với áp suất như đồng, thép hay hợp kim nhẹ. Khi áp suất tác dụng lên nó sẽ biến dạng rồi tác động đến thành phần biến đổi của cảm biến. Phần tử này rất đa dạng như màng, dạng ống, capsule hình 3.5.



Hình 3.5. Các phần tử biến dạng

*** Dạng màng (diaphragm):**

Có hình dạng như hình 3.6a màng phẳng và 3.6b màng uốn nếp, màng được chia làm hai loại tùy theo vật liệu cấu tạo là:

- + Màng dẻo được chế tạo từ vải tấm cao su
- + Màng đàn hồi được chế tạo từ thép tròn phẳng hoặc uốn nếp

Độ dịch chuyển của tâm màng là hàm phi tuyến của áp suất $\delta = f(\Delta p)$ (độ phi tuyến của màng phẳng lớn hơn màng uốn nếp), độ phi tuyến tăng khi δ tăng.

Phạm vi đo: phụ thuộc hình dạng (màng uốn nếp có dải đo rộng hơn màng phẳng) và loại màng (màng đàn hồi đo áp suất lớn, màng dẻo đo áp suất nhỏ).

* **Capsule**

Trên hình 3.6c Capsule cấu tạo dạng màng nhẵn ở hai phía giúp tăng độ tuyến tính hơn hẳn so với dạng màng (diaphragm)

* **Ống Bourdon:**

Có hình dạng như hình 3.6f ống bourdon chữ C(C-shaped bourdon tube), hình 3.6g ống bourdon xoắn, hình 3.6h ống bourdon xoắn ốc(helical bourdon tube), hình 3.6i ống bourdon xoắn nhiều vòng (spiral bourdon tube). Ống được chế tạo từ đồng thau, hợp kim nhẹ, thép cacbon, thép gió, bên trong rỗng một đầu có định đưa áp suất vào và một đầu tự do bị bịt kín.

Áp suất chất lưu tác động lên thành ống làm cho ống bị biến dạng, đầu tự do dịch chuyển. Góc quay của đầu tự do phụ thuộc hình dạng ống, loại một vòng góc quay nhỏ, loại nhiều vòng hoặc xoắn góc quay lớn.

Phạm vi đo phụ thuộc vật liệu:

- + Đồng thau: < 5 MPa
- + Hợp kim nhẹ hoặc thép <1000 MPa
- + Thép gió >1000 MPa

* **Ống Xiphong**

Ống hình trụ được xếp nếp như hình 3.6d, đường kính ống từ 8 - 100mm, chiều dày thành 0,1 ÷ 0,3 mm, vật liệu chế tạo là đồng, thép cacbon hoặc thép hợp kim.

Đặc điểm của ống là kích thước lớn, khó chế tạo, độ dịch chuyển (δ) trong phạm vi tuyến tính lớn.

*** Dạng ống trụ**

Như hình 3.6e được chế tạo từ thép hoặc đồng, loại này phần tử chuyển đổi tín hiệu sẽ được gắn trực tiếp vào mặt trong ống.

3.5.3. Phần tử chuyển đổi tín hiệu

Đây là phần tử rất quan trọng nó nhận sự tác động của thành phần biến dạng và chuyển đổi thành tín hiệu điện mang thông tin về áp suất, tín hiệu này có thể để hiện thị để giám sát áp suất hoặc đưa đến bộ điều khiển trong hệ thống tự động hóa, về nguyên lý chúng có cấu tạo đơn giản nhưng khi một sản phẩm được sản xuất nó sẽ được tích hợp nhiều bộ phận, mạch để giảm sai số, bảo vệ cảm biến, tăng dải đo vì thế nên bộ phận này trên thực tế cấu tạo sẽ phức tạp hơn. Sau đây là các phương pháp chuyển đổi tín hiệu.

3.5.3.1. Chuyển đổi bằng biến thiên trở kháng

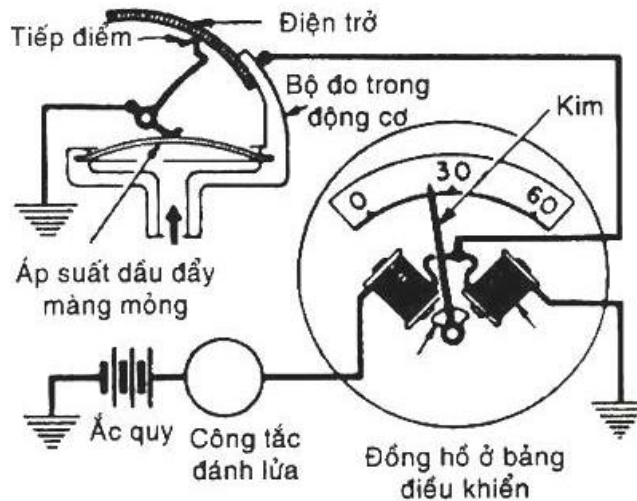
Nguyên lý là khi áp suất tác dụng vào phần tử biến dạng làm thay đổi điện trở, sự thay đổi này sẽ được chuyển thành thay đổi về điện. Các dạng cảm biến áp suất loại này trong thực tế.

a. Đồng hồ đo áp lực dầu bôi trơn

Đây là loại cảm biến áp suất trong xe ô tô để báo áp suất dầu trong động cơ giúp phát hiện hư hỏng trong hệ thống bôi trơn.

Có ba loại được dùng phổ biến là kiểu điện từ, kiểu từ điện và kiểu lưỡng kim(hai thanh kim loại ghép vào nhau khi nhiệt độ thay đổi thì nó bị cong về một phía). Ở đây ta xét loại cảm biến áp suất kiểu điện từ.

Sơ đồ cấu tạo như hình 3.6. Gồm vật biến dạng là màng, một biến trở, hệ thống kim chỉ thị kiểu điện từ.



Hình 3.6. Sơ đồ cấu tạo đồng hồ đo áp lực dầu bôi trơn

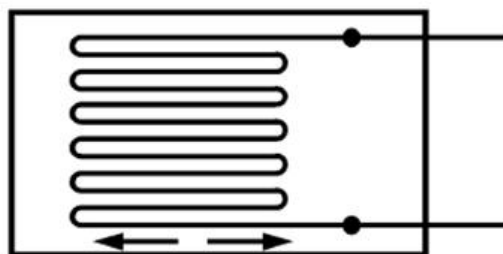
Bộ phận chỉ thị bao gồm hai nam châm điện và kim, dòng điện chạy qua hai nam châm, nam châm sẽ hút kim, kim tại vị trí cân bằng sẽ chỉ ra áp suất cần đo.

Nguyên lý hoạt động là: khi áp lực dầu thấp màng áp lực xẹp xuống làm điện trở trong mạch giảm dòng điện qua cuộn bên trái lớn hút phần ứng cùng kim quay về phía trái, báo áp suất dầu thấp. Khi áp suất dầu cao, màng áp suất phồng lên làm điện trở trong mạch tăng, làm dòng điện qua cuộn bên phải tăng, hút phần ứng sang phải và kim đồng hồ chỉ áp suất lớn.

b. Áp kế biến dạng (Strain gauge)

Cấu tạo phần tử biến dạng là dạng màng làm bằng kim loại và phần tử biến đổi là một điện trở hình lưới như hình 3.7. và một mạch xử lí.

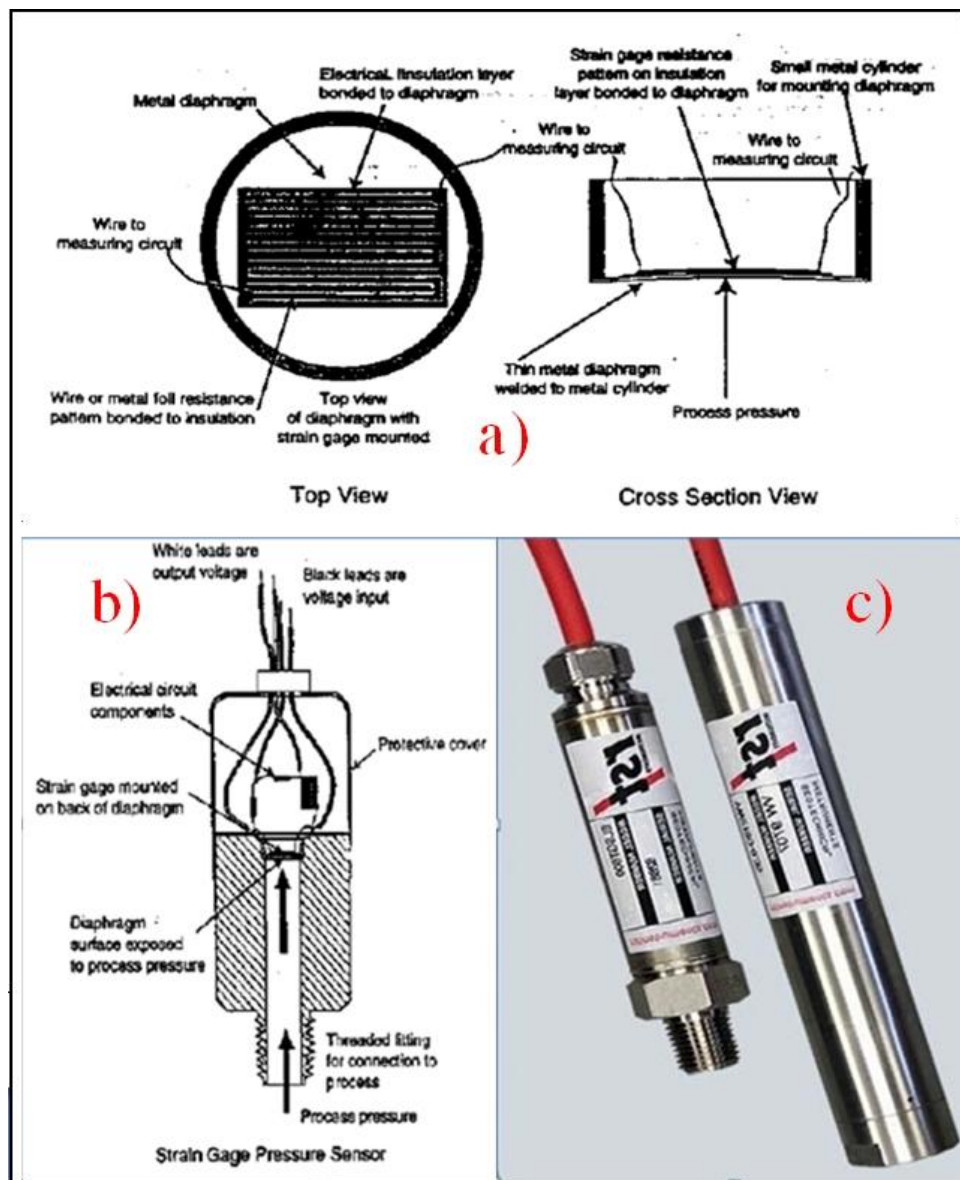
Điện trở hình lưới gồm dây dẫn có điện trở suất ρ , tiết diện S , chiều dài nl , với n là số lần gấp khúc và l là chiều dài một đoạn gấp, n thông thường bằng $10 \div 20$ đối với điện trở kim loại.



Hình 3.7. Điện trở lưới

Loại này ở phần màng có gắn một điện trở lưới dạng dán như hình 3.8a. Công nghệ này đã có từ gần 50 năm và vẫn được nhiều nhà sản xuất chế tạo. Khi có áp suất tác dụng làm màng biến dạng kéo theo là sự thay đổi điện trở của điện trở lưới, sự thay đổi của điện trở đó sẽ được chuyển thành tín hiệu điện ($4\div 20\text{mA}$) nhờ hai dây nối vào hai đầu điện trở đưa vào một mạch xử lý (electrical circuit components) được tích hợp trong strain gage như hình 3.8b. Cảm biến loại này ít nhất phải có 4 dây, 2 dây cấp nguồn và 2 dây đưa tín hiệu ra bộ điều khiển.

Hình 3.8c là hai loại strain gage trên thị trường



Hình 3.8. Cấu tạo chi tiết và hình ảnh của strain gauge

Cảm biến loại này giá thành rẻ, kích thước nhỏ gọn, rất bền về mặt cơ học, nhưng trong những môi trường bào mòn dễ làm rách phần tiếp xúc giữa điện trở lưới với màng. Độ chính xác thấp và tuổi thọ của cảm biến không được tốt vì điện trở lưới được gắn trên màng. Loại cảm biến này phù hợp cho các ứng dụng thủy lực do thời gian đáp ứng của màng dao động tương đối thấp.

c. Cảm biến áp suất kiểu áp trở trên vật liệu silic

Còn gọi là chip silic được chế tạo bằng cách khuếch tán 4 điện trở vào trong tấm silicon đơn tinh thể như hình 3.9a, với cấu hình có thể thay đổi được và phụ thuộc vào sự thay đổi áp suất cũng như khoảng đó. Ưu điểm của dạng vật liệu này là tính đàn hồi tốt nên hiệu ứng trễ cơ học rất nhỏ và có thể bỏ qua. Khi áp suất tác dụng vào màng silicon (phần tử biến dạng) có gắn các điện trở sẽ làm thay đổi điện trở và ta đo sự thay đổi này bằng mạch đo. Mạch đo dùng cho loại này thường là mạch cầu Wheatstone. Sự thông dụng của mạch cầu Wheatstone là ở chỗ nó chuyển đổi sự thay đổi điện trở đo biến dạng thành sự thay đổi về điện thế. Từ đó chúng ta có thể đo đạc một cách trực tiếp và chính xác tín hiệu áp suất.

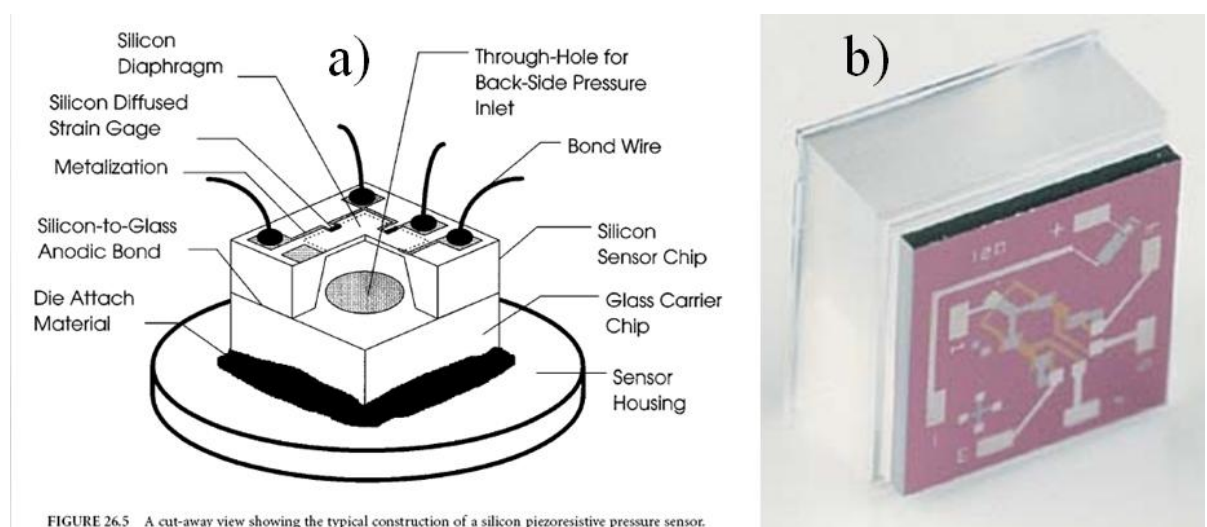


FIGURE 26.5 A cut-away view showing the typical construction of a silicon piezoresistive pressure sensor.

Hình 3.9. Cảm biến áp trở

a) Cấu tạo b) Hình dạng thực tế

Độ nhạy của cảm biến phù thuộc vào độ lớn áp suất cần đo, áp suất càng lớn thì độ nhạy càng lớn. Cảm biến có thể làm việc trong dải nhiệt độ là $-40 \div 125^{\circ}\text{C}$.

Cảm biến có độ chính xác 0,1 đến 0,5%, độ phân giải tốt, tín hiệu ra tương đối lớn, kích thước và khối lượng nhỏ, giá thành rẻ thời gian sử dụng lâu dài.

3.5.3.2. Chuyển đổi kiểu điện dung

Các loại cảm biến áp suất loại tụ điện nguyên lý hoạt động là điện dung của tụ bị thay đổi bằng cách tác động lên một trong những thông số làm thay đổi điện trường giữa hai vật dẫn tạo thành hai bản cực của tụ điện. Một trong hai bản cực này được nối với vật trung gian là màng, để chịu tác động của áp suất cần đo, điện cực còn lại cố định được gắn nên cách điện bằng sứ hoặc thủy tinh. Cảm biến áp suất dùng tụ điện có dải đo rộng, độ tuyến tính đạt từ 0,5 đến 2% dải đo, độ trễ nhỏ hơn 0,02%, độ phân giải tốt, độ chính xác từ 0,2 đến 0,5%, ổn định và có hiệu năng cao nhưng lại đòi hỏi quy trình cách ly nghiêm ngặt hơn so với những loại cảm biến khác nhằm tách biệt phần tử tụ điện khỏi bị nhiễm bẩn và hơi ẩm.

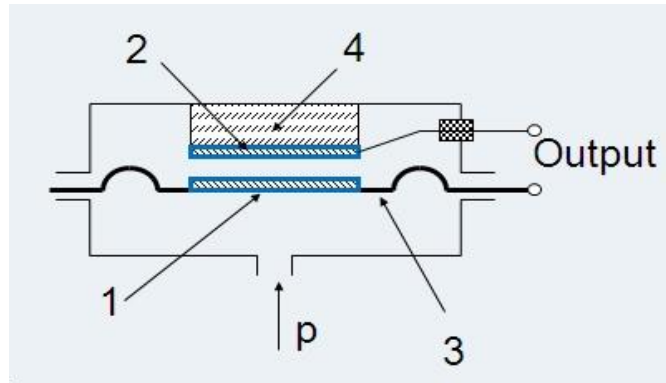
Hiện nay người ta sử dụng hai loại cảm biến áp suất điện dung là:

- + Cảm biến áp suất tụ đơn dùng để đo áp suất calip
- + Cảm biến áp suất tụ kép dùng để đo áp suất vi sai

a. Cảm biến áp suất tụ đơn

Đây là loại cảm biến áp suất dùng một tụ hình 3.10. Gồm bản cực động được gắn vào màng, bản cực tĩnh được gắn cố định vào đế các điện, dây nối và hệ thống mạch đo. Khi áp suất tác động vào màng sẽ làm màng biến dạng làm cho bản cực động gắn trên màng cũng bị thay đổi vị trí so với bản cực tĩnh vì thế điện dung của tụ bị thay đổi, sự thay đổi điện dung này sẽ được đưa đến mạch chuyển đổi được tích hợp trong cảm biến. Nó sẽ biến đổi sự

thay đổi điện dung thành tín hiệu dòng hoặc áp. Loại này có phải có hai dây nguồn cấp cho mạch chuyển đổi và hai dây tín hiệu ra.



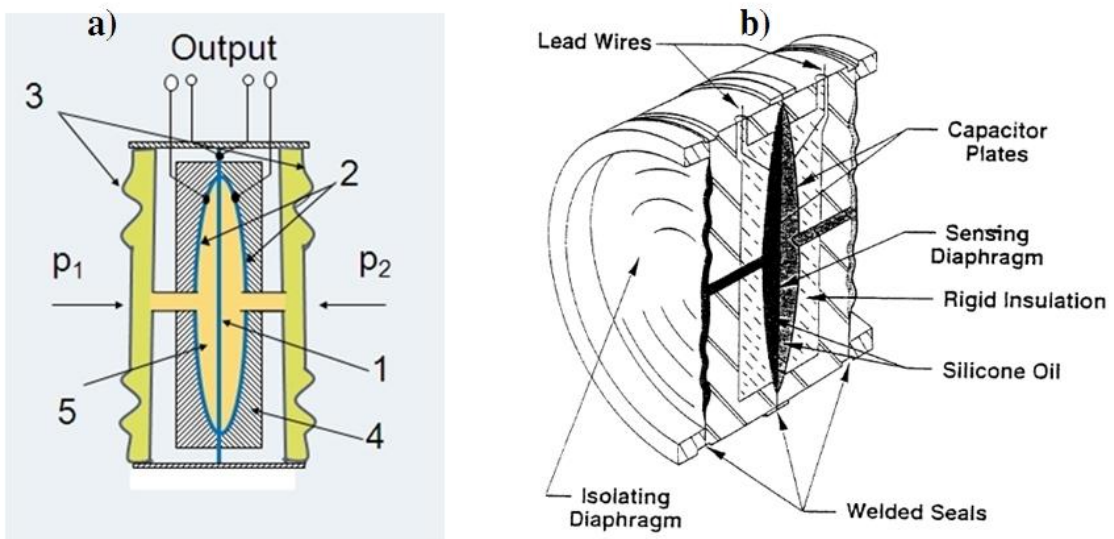
Hình 3.10. Cấu tạo cơ bản của cảm biến áp suất tụ đơn

1. Bản cực động 2. Bản cực tĩnh 3. Màng nhẵn 4. Đế cách điện

b. Cảm biến áp suất tụ kép

Còn gọi là Difference pressure sensor, đây là loại cảm biến áp suất dùng hai tụ như hình 3.11. Gồm hai bản cực tĩnh có định trên vật liệu cách điện, ở giữa chúng có một màng kim loại đóng vai trò là một bản cực động, người ta sử dụng hai màng cách ly và dầu silicon để chuyển tác động của áp suất tới màng kim loại.

Hình 3.11b là sơ đồ nguyên lý của cảm biến áp suất tụ kép do hãng Rosemount chế tạo.



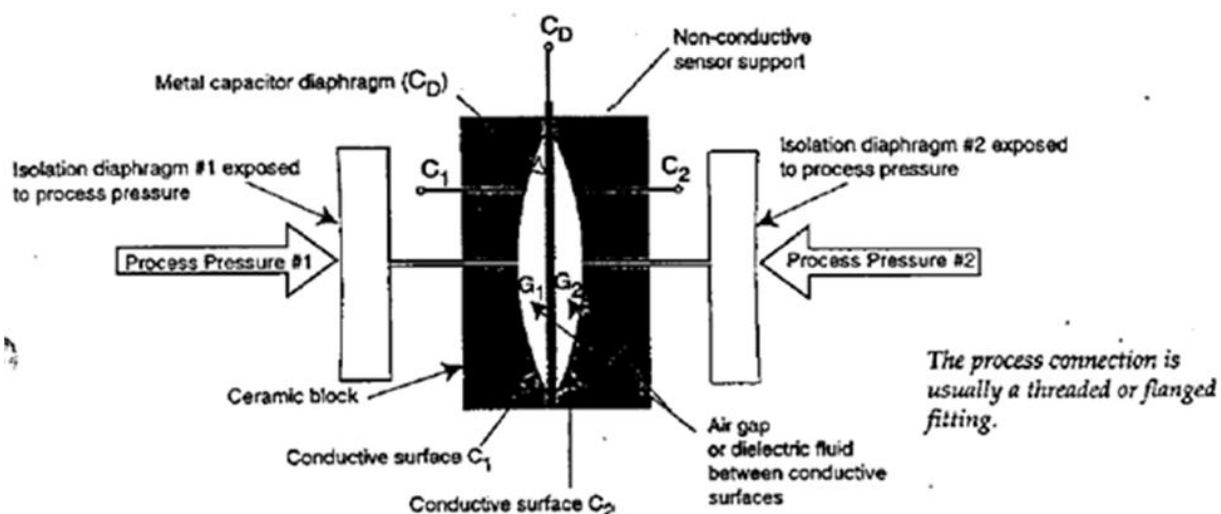
Hình 3.11. Cấu tạo cơ bản của cảm biến áp suất tụ kép

1. Bản cực động (dạng màng) 2. Bản cực tĩnh 3. Màng nhẵn
4. Đế cách điện 5. Dầu silicon

Về nguyên lý hoạt động (hình 3.12) khi áp suất 1 và 2 tác động vào màng cách li và chuyển lực tới màng kim loại C_D , màng C_D sẽ di chuyển tới phía có áp suất thấp hơn. Giả sử áp suất 1 lớn hơn áp suất 2 thì màng C_D sẽ gần bản cực C_2 hơn và màng C_D xa bản cực C_1 .

Vì khoảng cách giữa hai bản cực C_D và C_2 gần lại nên giá trị điện dung của tụ tạo bởi C_D và C_2 tăng lên. Đồng thời khoảng cách C_D và C_1 tăng do đó giá trị điện dung của tụ tạo bởi C_D và C_1 giảm đi.

Trong trường hợp áp suất 1 bằng áp suất 2 thì áp suất chênh bằng 0, bản cực kim loại C_D không bị biến dạng vì thế không có sự thay đổi điện dung.



Hình 3.12. Sơ đồ nguyên lý làm việc của cảm biến áp suất tụ kép

Trong loại cảm biến này thì tín hiệu sự thay đổi điện dung được đưa đến mạch điện tử qua 4 dây như hình 3.11a, mỗi bản cực đưa 2 dây ra. Mạch này sẽ biến đổi sự biến thiên điện dung thành điện áp hoặc dòng điện. Cảm biến điện dung kiểu tụ kép được sử dụng rất nhiều, trên thị trường có nhiều chủng loại, với hình dáng, kích thước, dải đo và đặc điểm khác nhau như hình 3.13. Vì vậy tùy thuộc vào nhu cầu sử dụng mà ta chọn loại thích hợp.



Hình 3.13. Một số loại cảm biến áp suất kiểu tụ kép trong thực tế

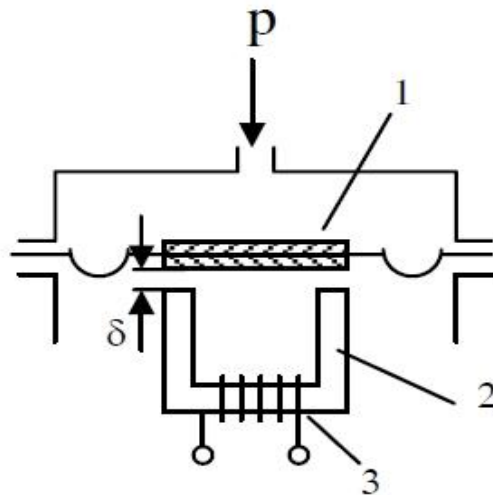
3.5.3.3. Chuyển đổi kiểu điện cảm

a. Cấu tạo, nguyên lý làm việc và đặc điểm

Trong cảm biến áp suất chất lưu sử dụng chuyển đổi bằng biến thiên độ tự cảm người ta dùng một hoặc hai cuộn cảm, ở loại cảm biến này phần tử biến dạng có thể là màng như hình 3.14, hoặc ống Bourdon xoắn một đầu cố định, đầu còn lại được gắn với mạch từ. Khi áp suất tác động thì mạch từ này sẽ quay quanh một điểm cố định và làm biến thiên từ trở.

Loại sử dụng màng thì tấm sắt từ được nối trực tiếp lên màng, khi áp suất tác động nên màng thì làm màng biến dạng khiến cho tấm sắt từ sẽ thay đổi khoảng cách so với nam châm điện vì thế nó thay đổi độ tự cảm của cuộn dây. Tín hiệu biến thiên này được đưa đến một mạch đo để chuyển đổi tín hiệu thành tín hiệu chuẩn dòng, áp hoặc để hiển thị.

Các cảm biến áp suất dùng chuyển đổi bằng biến thiên điện cảm có độ tuyến tính $\pm 0,5$ đến 3% dải đo. Độ trễ nằm trong khoảng $\pm 0,1$ đến 1% dải đo. Độ phân giải là $0,01\%$. Độ chính xác đạt $0,5$ đến 2% .



Hình 3.14. Nguyên lý đo áp suất bằng chuyển đổi điện cảm dùng màng

1, Tấm sắt từ 2, Lõi sắt từ 3, Cuộn dây

Nhược điểm của loại cảm biến áp suất này là rất nhạy cảm với rung động, va chạm và từ trường nên dễ gây ra sai số. Ngoài ra nguồn nuôi phải được ổn định theo biên độ và tần số. Trên thị trường loại cảm biến này cũng nhiều hình dạng, kích thước khác nhau. Dưới đây là một loại cảm biến áp suất dùng chuyển đổi bằng biến thiên điện cảm.

b. Cảm biến áp suất từ trở

Cảm biến áp suất từ trở hình 3.15, dùng để đo áp suất vi sai. Dòng điện đưa vào hai cuộn cảm sinh ra từ thông tần số cao đi qua một bia dẫn phi từ, bia này được gắn với màng. Khi áp suất thay đổi sẽ làm thay đổi vị trí của màng khiến cho bia dẫn phi từ thay đổi vị trí làm cho cảm ứng từ giữa hai cuộn cảm thay đổi do đó xác định được áp suất vi sai. Một mạch điện tích hợp để chuyển đổi tín hiệu đưa ra tín hiệu chuẩn và hiển thị.

Loại này thường được sử dụng ở những ứng dụng có điện thế cao với áp suất vi sai <2,5 mBar. Việc đo áp suất vi sai trong môi trường ướt cũng không gặp trở ngại gì, và không cần tới dầu cách ly nhưng thiết bị cho loại cảm biến này tương đối cồng kềnh, nặng nề hơn các loại cảm biến khác, và có giá thành cao hơn.



Hình 3.15. Cảm biến áp suất từ trở

3.5.3.4. Chuyển đổi kiểu áp điện

Cảm biến áp suất áp điện hoạt động dựa trên hiệu ứng áp điện (piezoelectric) nghĩa là một số vật liệu tinh thể kết tinh tạo ra sự phân cực điện khi chịu một lực cơ học tác dụng dọc theo một hướng tinh thể nào đó (hiệu ứng áp điện thuận).

Ngoài việc ứng dụng chuyển đổi áp điện để đo áp suất nó còn có thể dùng làm cảm biến đo lực.

Loại này người ta sử dụng màng làm phần tử biến dạng, còn bộ phận biến đổi tín hiệu người ta dùng phần tử áp điện như tinh thể thạch anh, titan, bari. Nó chuyển đổi trực tiếp ứng lực dưới tác động của áp suất F lên màng thành tín hiệu điện Q , điện tích Q này tỉ với lực tác dụng:

$$Q = k.F \quad (3.9)$$

Với $F = p.S$ do đó:

$$Q = k.p.S$$

Trong đó: + k là hằng số điện áp, thạch anh có $k = 2,32.10^{-12} \text{ C/N}$

+ F là lực tác động

Để tăng điện tích Q người ta ghép song song các bản cực của phần tử áp điện với nhau.

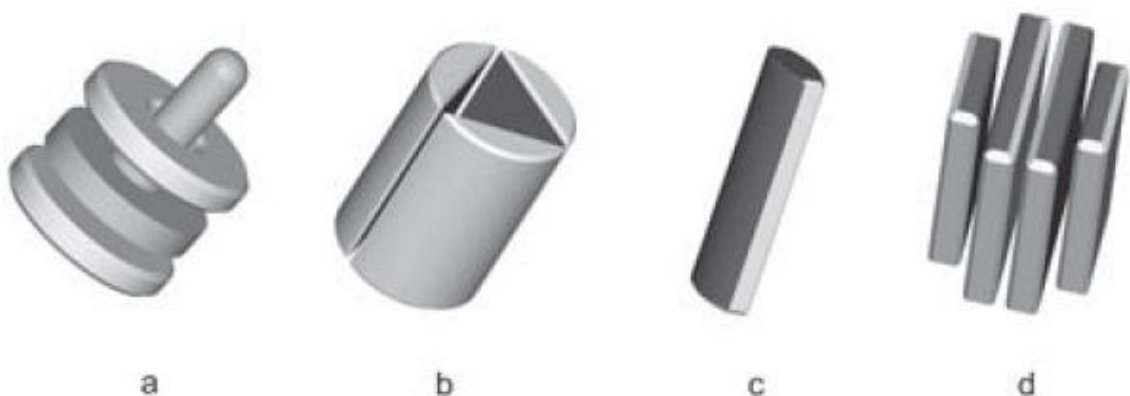
Cảm biến áp điện đo được áp suất từ vài trăm mbar đến hàng nghìn bar. Độ nhạy của cảm biến thay đổi trong khoảng 0,05 pC/bar đến 1 pC/bar phụ thuộc vào hình dạng phần tử áp điện và dải đo. Độ tuyến tính thay đổi trong khoảng $\pm 0,1\%$ đến $\pm 1\%$ của dải đo với độ trễ nhỏ hơn 0,0001% và độ phân giải 0,001%.

Ưu điểm của cảm biến áp suất kiểu áp điện là độ trễ nhỏ nên thích hợp để đo áp suất thay đổi nhanh, kích thước nhỏ, ít nhạy cảm với gia tốc, điện trường, từ trường và không cần nguồn nuôi cảm biến.

Nhược điểm của cảm biến loại này là nhạy cảm với sự thay đổi của nhiệt độ, công suất đầu ra nhỏ nên phải qua khuếch đại và cần sử dụng cáp nối đặc biệt. Không thích hợp để đo áp suất tĩnh, nghĩa là khi lực tác dụng liên tục thì điện tích được bổ xung thường xuyên và tạo ra dòng điện trong mạch đo.

a. Đặc điểm một số phần tử áp điện

Phần tử áp điện (còn gọi phần tử tinh thể) có nhiều dạng với cấu trúc khác nhau như hình 3.16. Các mẫu thiết kế đa dạng để đáp ứng yêu cầu phạm vi đo, nhiệt độ sử dụng, độ nhạy.



Hình 3.16. Hình dạng các vật liệu áp điện

a) Phần tử hiệu ứng dọc b,c,d) Phần tử hiệu ứng cắt ngang

Hình 3.16a là phần tử áp điện hiệu ứng dọc người ta có thể dùng một hoặc vài tấm tinh thể, độ nhạy của phần tử tỉ lệ thuận với số tinh thể được sử dụng, các tấm này không đòi hỏi bề mặt bọc kim loại. Điện tích từ các điện cực được thu gôn trực tiếp từ bề mặt chịu tải. Phần tử áp điện dạng này thường được sử dụng cho cảm biến áp suất tần số cao (thời gian biến thiên của áp suất ngắn) hoặc ở nhiệt độ cao.

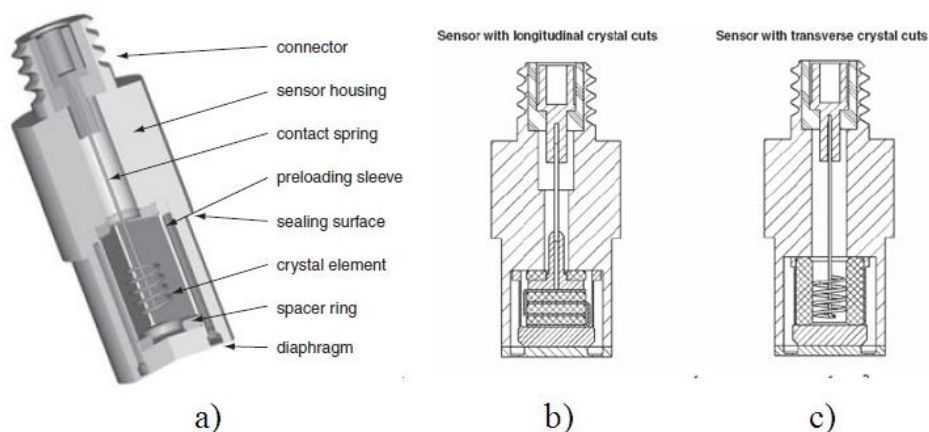
Hình 3.16b phần tử áp điện hiệu ứng ngang sử dụng 3 tinh thể xếp đối diện nhau, trong hiệu ứng ngang lực tác dụng nên mặt và điện tích xuất hiện trên bề mặt không chịu tải trọng, những phần tử dạng này phù hợp với chế tạo cảm biến đo áp suất vừa và nhỏ.

Hình 3.16c phần tử áp điện dạng thanh theo hiệu ứng ngang, được phủ kín kim loại trên bề mặt. Những mẫu vật liệu dạng này cho phép chế tạo cảm biến áp suất rất nhỏ.

Hình 3.16d là một bộ các tấm tinh thể xếp chồng theo hiệu ứng ngang, có cấu tạo giống như thanh tinh thể nhưng nó gồm nhiều tấm độ dày vài phần mười millimet và các tấm được xếp song song làm tăng khả năng chịu tải. Loại phần tử này cũng thích hợp với cảm biến nhỏ gọn.

b. Cấu tạo, ứng dụng của cảm biến áp suất kiểu áp trở trong thực tế

Dưới đây là cấu tạo cơ bản của cảm biến áp suất kiểu áp điện (hình 3.17)



Hình 3.17. Cấu tạo cơ bản của cảm biến áp điện.

Hình 3.17b là cảm biến áp suất sử dụng phần tử tinh thể theo hiệu ứng dọc như hình 3.16a, hình 3.17c là cảm biến áp suất sử dụng phần tử tinh thể theo hiệu ứng ngang như hình 3.16b.

Hình 3.17a thành phần cấu tạo của cảm biến áp điện bao gồm:

Vỏ bọc cảm biến (sensor housing): là bộ bảo vệ các phần tử áp điện chống lại độ ẩm, hiện tượng bám bẩn. Nó cũng đóng vai trò làm màn chắn điện chống nhiễu, nó bọc kín cảm biến để ngăn cho áp suất bên ngoài tác động vào. Vật liệu làm vỏ cảm biến thường là thép không gỉ được gia tăng cường độ cứng.

Vỏ bọc tải sơ bộ (preloading sleeve): nó bảo vệ giúp đảm bảo độ tuyến tính, độ nhạy và ổn định khi cảm biến hoạt động. Vỏ ống chỉ dày cỡ một phần mười millimet để tối ưu hóa tính mềm dẻo, đàn hồi và giảm sự phân tán lực. Vật liệu làm vỏ bọc tải trọng sơ bộ thường được làm cùng chất liệu với vỏ cảm biến. Không phải tất cả các cảm biến đều có vỏ bọc tải trọng sơ bộ, thỉnh thoảng vỏ tải trọng sơ bộ được tích hợp trên màng ngăn.

Màng ngăn (diaphragm): diện tích màng ngăn tỉ lệ thuận với lực chuyển đổi từ áp suất, lực này tạo ra ứng suất trong tinh thể và ứng suất này tạo ra điện tích. Ngày nay phần lớn màng được hàn kín trong vỏ bọc cảm biến và được gắn tải sơ bộ nhẹ. Màng là bộ phận rất quan trọng của cảm biến áp suất áp điện, nó xác định tuổi thọ của cảm biến và độ chính xác của phép đo.

Đầu nối (connector): các đầu nối điện của các cảm biến áp suất kiểu áp điện phải có điện trở cách điện rất cao. Tùy vào phạm vi nhiệt độ vận hành mà đầu nối được làm từ chất cách điện như PTFE hay oxit nhôm.

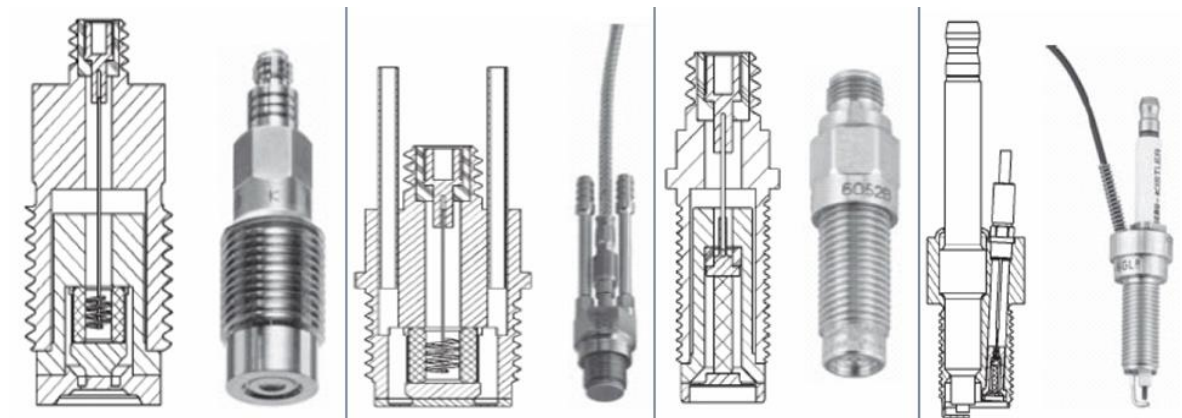
Vòng đệm (spacer ring): nó giúp bù trừ sự khác biệt giữa sự giãn nở của tinh thể và vật liệu vỏ bọc tải sơ bộ. Bằng cách tính gờ đúng kích thước và lựa chọn vòng đệm ta sẽ giảm được đáng kể ảnh hưởng của nhiệt độ.

Phần tử tinh thể (crystal element): hình dạng và thiết kế của nó tùy theo thiết kế với ứng dụng khác nhau, như là hình 3.16b gồm ba phần tử tinh

thể với hiệu ứng ngang sử dụng trong cảm biến hình 3.17a. Các bề mặt phần tử không chịu được tải cơ học thì được bọc kim loại và được cách điện với nhau tạo thành các điện cực thu gom điện tích. Một lò xo hình xoắn ốc tiếp xúc với bề mặt sẽ thu gom và mang điện tích tới đầu nối

Bề mặt đánh dấu (sealing surface): là phần nhô cao để đánh dấu đưa cảm biến vào phần tử cần đo.

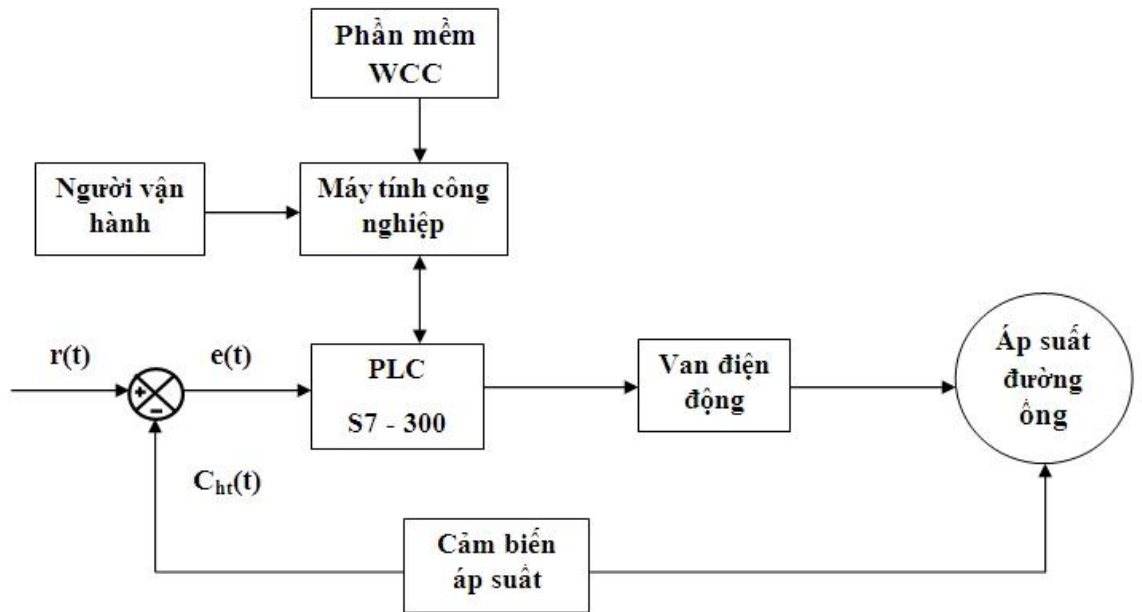
Ngày nay các cảm biến áp suất kiểu áp điện được sử dụng rất rộng rãi trong phòng thí nghiệm và sản xuất, nhưng chủ yếu là sử dụng trong các máy nổ động cơ đốt trong, công nghệ đúc khuôn phun (injection molding) và đạn đạo (ballistics). Vì vậy hình dạng của loại cảm biến này rất đa dạng với nhiều đặc điểm khác nhau để phù hợp với nhu cầu công việc như hình 3.18.



Hình 3.18. Một số loại cảm biến áp suất kiểu áp điện

3.6. Sơ đồ khối ứng dụng cảm biến áp suất trong công nghiệp

Sơ đồ ứng dụng cảm biến áp suất trong công nghiệp như hình 2.19



Hình 3.19. Sơ đồ điều khiển tự động áp suất sử dụng plc và giám sát bằng WCC

Hiện nay sơ đồ dạng này được ứng dụng rất nhiều, hệ thống trên vừa tự động, giám sát và có thể điều khiển trực tiếp trên máy tính công nghiệp qua chương trình WCC vì thế tính linh động của hệ thống là rất cao. Khi sử dụng hệ thống PLC kết hợp với WCC như trên người ta không chỉ sử dụng một loại cảm biến áp suất mà người ta dùng nhiều loại cảm biến như áp suất, mức chất lưu, nhiệt độ. Vì vậy ta có thể kiểm soát được hoạt động nhà máy một cách hiệu quả hơn.

$r(t)$: tín hiệu chuẩn, tức là thông tin yêu cầu của hệ thống tự động được cài vào PLC như là áp suất ngưỡng cao, ngưỡng thấp.

$C_{ht}(t)$: tín hiệu hồi tiếp, ở đây áp suất được đo liên tục và hồi tiếp đến PLC.

$e(t)$: sai số giữa áp suất thực tế và áp suất chuẩn.

3.6.1. Các thành phần của hệ thống

- **Cảm biến áp suất:** trong công nghiệp để đo nhiệt độ đường ống và kết nối PLC người ta thường dùng loại cảm biến pressure transmitter, loại 2600T model 264PS gauge của hãng ABB (hình 3.20).



Hình 3.20. *Pressure transmitter model 264PS gauge*

Đây là cảm biến dạng tụ đo áp suất vi sai của đường ống so với áp suất khí quyển. Tùy vào dải áp suất làm việc mà ta chọn loại model 264PS gauge thích hợp như A, B, E, F, G, H, model 264PS gauge này có loại S áp suất làm việc nên đến 16MPa, dải làm việc càng rộng thì độ phân giải của nó càng giảm.

Nguồn cấp 10,5 ÷ 42VDC. Tín hiệu ra dòng 4 ÷ 20 mA, tương ứng 4mA là mức không và 20mA là giới hạn áp suất tối đa. Nhiệt độ làm việc -20 ÷ 70°C.

Độ bền của loại này theo khoảng 5 năm.

- **Van điện động**: : Sơ đồ dùng loại van điều khiển tự động bên trong gồm động cơ một chiều và hệ thống bánh răng, công tắc hành trình để đóng mở van và có thể đóng mở bằng tay như hình 3.21. Loại này có cấu tạo đơn giản, bền và khả năng đóng mở mạnh hơn loại van điện từ.



Hình 3.21. *Van điện động dùng cho công nghiệp*

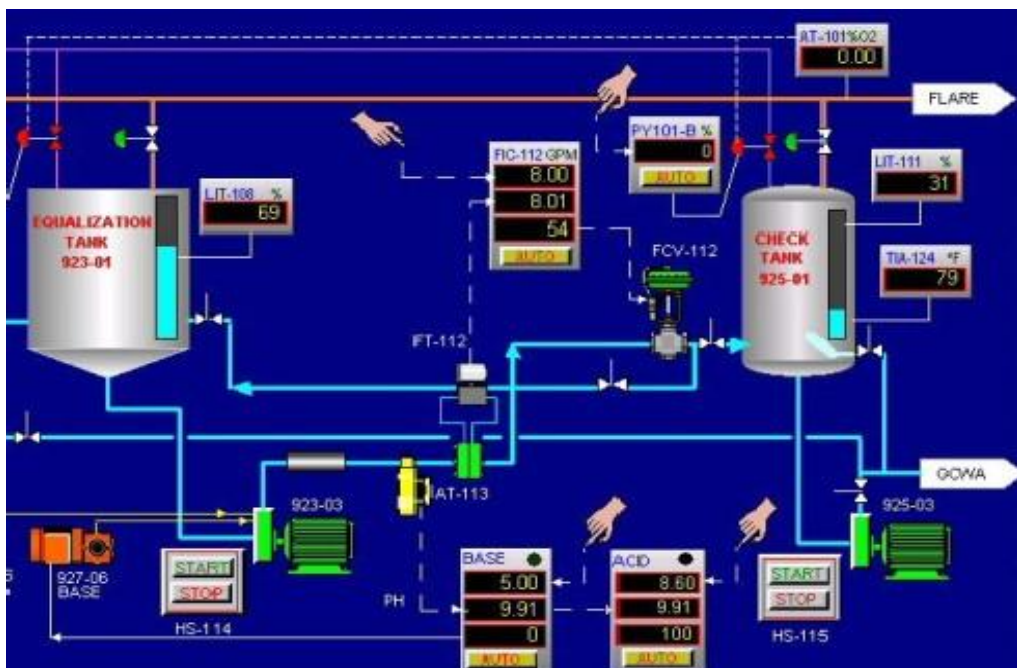
- **WinCC**: phần mềm WinCC của Siemens là một phần mềm chuyên dụng cho mục đích điều khiển và giám sát quá trình

WinCC là chữ viết tắt của Windows Control Center (Trung tâm điều khiển chạy trên nền Windows), nói cách khác, nó cung cấp các công cụ phần mềm để thiết lập một giao diện điều khiển chạy trên các hệ điều hành của Microsoft như Windows NT hay Windows 2000, XP, Vista 32bit. Trong dòng các sản phẩm thiết kế giao diện phục vụ cho vận hành và giám sát, WinCC thuộc thứ hạng SCADA (SCADA class) với những chức năng hữu hiệu cho việc điều khiển.

WinCC sử dụng công nghệ phần mềm mới nhất. Nhờ sự cộng tác chặt chẽ giữa Siemens và Microsoft.

WinCC có sẵn các kênh truyền thông để giao tiếp với các loại PLC của Siemens như SIMATIC S5/S7/505 cũng như thông qua các giao thức chung như Profibus DP, DDE hay OPC. Thêm vào đó, các chuẩn thông tin khác cũng có sẵn như là những lựa chọn hay phần bổ sung.

Khi chạy WinCC màn hình máy tính công nghiệp có dạng như hình 3.22



Hình 3.22. *Giao diện sử dụng WinCC để giám sát hệ thống trong công nghiệp*

PLC S7-300: PLC (Program Logical Controller) là một thiết bị điều khiển đa năng được dùng rộng rãi trong công nghiệp để điều khiển hệ thống theo một chương trình được viết bởi người sử dụng. Nhờ hoạt động theo chương trình nên PLC có thể được ứng dụng để điều khiển nhiều thiết bị máy móc khác nhau. Chỉ cần thay đổi chương trình điều khiển và cách kết nối thì ta đã có thể dùng chính PLC đó để điều khiển thiết bị, hay máy móc khác. Cũng như vậy, nếu muốn thay đổi quy luật hoạt động của máy móc, thiết bị hay hệ thống sản xuất tự động, rất đơn giản, chỉ cần thay đổi chương trình

điều khiển. Các đối tượng mà PLC có thể điều khiển được rất đa dạng, từ máy bơm, máy cắt, máy khoan, lò nhiệt...đến các hệ thống phức tạp như : băng tải, hệ thống chuyên mạch tự động (ATS), thang máy, dây chuyền sản xuất.

Việc sử dụng S7 – 300 thay cho s7 – 200 vì nó xử lý nhanh hơn, tốc độ truyền nhanh hơn còn về cấu tạo nó mở rộng thêm các modul vào/ra số. Do đó S7 – 300 được ứng dụng trong các hệ thống tự động vừa và lớn.

Máy tính công nghiệp: là máy tính chuyên dụng cho nhà máy, xí nghiệp như hình 3.23. Nó có những đặc điểm sau:

+ Hoạt động liên tục 24/24 có tính ổn định cao, có thể làm việc trong môi trường khắc nghiệt bụi và ẩm, shock, nhiệt độ.

+ Được tích hợp thêm cổng giao tiếp như :RS232, RS485, LAN, VGA, DVI, Audio, khe cắm PCI, ISA, compact Flash.

+ Nhiều lựa chọn về cấu hình CPU, RAM, Lan, COM Ports, HDD Ports.



Hình 3.23. Máy tính công nghiệp

3.6.2. Nguyên lý làm việc của hệ thống

Thông tin áp suất được cảm biến đưa về CPU của PLC thông qua các modul mở rộng, PLC được kết nối với máy tính cài WinCC lúc này thông tin về áp suất sẽ được hiện thị trên màn hình LCD để người vận hành giám sát và có thể điều khiển hệ thống thông qua WinCC. Khi áp suất thực tế bị sai lệch

so với áp suất đặt được lập trình trong PLC thì PLC sẽ điều khiển đóng hoặc mở van để đạt được áp suất yêu cầu.

Ví dụ như áp suất đường ống ta đặt mức áp suất cao 2kPa nếu áp suất đường ống cao hơn 2kPa thì PLC điều khiển van đóng lại để giảm áp suất, khi áp suất giảm xuống dưới 2kPa thì PLC đưa tín hiệu điều khiển mở van.

WinCC bản chất là một phần mềm phát triển ứng dụng giám sát điều khiển thời gian thực. Vì vậy khi hệ thống vận hành xảy ra sự cố hoặc cần điều khiển một thiết bị nào đó ta có thể sử dụng nó. Chỉ cần thao tác trên giao diện WinCC thì máy tính sẽ chuyển thông tin đến PLC để PLC điều khiển thiết bị đó.

CHƯƠNG 4.

CÁC BỘ BIẾN ĐỔI QUY CHUẨN CẢM BIẾN TRONG ĐO LƯỜNG VÀ ĐIỀU KHIỂN PHỤC VỤ CHO GHÉP NỐI MÁY TÍNH

4.1. Sự cần thiết của bộ biến đổi quy chuẩn cho các cảm biến sử dụng trong đo lường điều khiển khi ghép nối máy tính.

Khi ghép nối một cảm biến với máy tính hay các thiết bị điều khiển, giám sát thì ta phải chuẩn hóa tín hiệu. Đa số tín hiệu ra của cảm biến là dạng analog dùng tín hiệu một chiều, một số ít cảm biến tín hiệu ra dạng digital là một chiều hoặc xoay chiều. Vì tín hiệu từ cảm biến có thể là tín hiệu cơ hoặc điện như dòng, áp với đủ các giá trị. Như vậy việc ghép nối cảm biến với các thiết bị khác rất lộn xộn vì thế người ta quy định chuẩn tín hiệu đầu vào hay còn gọi chuẩn công nghiệp. Do đó tất cả các thiết bị ghép nối như máy tính, bộ giám sát hay điều khiển trên thế giới luôn sử dụng tín hiệu chuẩn. Để truyền tín hiệu thì người ta thường sử dụng các chuẩn điện áp và dòng điện.

+ Chuẩn điện áp $0 \div 5V$, $0 \div 10V$ thường được dùng nhưng nó là tín hiệu áp nên dễ bị nhiễu và sụt áp khi truyền đi xa. Vì vậy người ta chỉ dùng tín hiệu loại này cho đường truyền tín hiệu ngắn.

+ Chuẩn dòng điện $0 \div 20mA$, $4 \div 20mA$ loại này là phổ biến nhất, khả năng bị ảnh hưởng của nhiễu của tín hiệu dòng ít hơn so với tín hiệu áp. Nhất là loại tín hiệu dòng $4 \div 20mA$ được dùng nhiều nhất trong các loại tín hiệu vì là mức 4 mA bảo đảm cho mạch điện tử của một số các thiết bị đo lường chạy được, mà không cần cấp nguồn nào khác. Và lí do chủ yếu là mức 4mA giúp chúng ta kiểm soát được nếu mất nguồn, đứt dây hoặc mạch bị hư hỏng.

Vậy muốn biến đổi tín hiệu từ cảm biến thành tín hiệu chuẩn ta cần phải có bộ biến đổi quy chuẩn (Tranducer). Các tranducer là thành phần không thể thiếu trong các bộ cảm biến.

Thông thường thì các cảm biến ngày nay được tích hợp với tranducer tạo thành một khối, những cảm biến dạng đơn thuần không có tranducer để sử dụng ghép nối với thiết bị khác phải mua tranducer phù hợp với loại cảm biến đó.

Ví dụ như các tranducer nhiệt độ: pt100 RTD transmitter, Temperature transmitter.

4.2. Những yêu cầu cơ bản của các bộ biến đổi quy chuẩn

- Có độ tin cậy cao, bền vững, chính xác, ít hư hỏng.
- Cấu trúc đơn giản, dễ thay thế, lắp đặt, phát hiện hư hỏng nên sử dụng cấu trúc module khối hóa.
- Làm việc được trong mọi môi trường, nồng độ dầu, muối, hóa chất
- An toàn cho người vận hành và cho thiết bị.

4.3. Tranducer

Hiện nay thiết bị chuyển đổi tín hiệu tranducer rất đa dạng và nhiều hãng sản xuất, nhưng chúng có đặc điểm chung là chuyển đổi tín hiệu điện. Tín hiệu có thể là dòng điện, điện áp, tần số, watt, var. Về chức năng thì nó giống như transmitter, converter chuyển tín hiệu đo được thành dạng RS485, RS232, hoặc 4-20mA, 0 – 5v. Nó là 1 bộ chuyển đổi đo lường trung gian.

Sau đây là một số dạng tranducer.

4.3.1. Bộ biến đổi với đầu ra dòng 4 ÷ 20mA

Hiện nay các nhà sản xuất đã tích hợp các mạch, phần tử tạo thành các IC để chuyển đổi tín hiệu thay cho các mạch, các thiết bị lớn ,tốn diện tích. Việc sử dụng các IC này sẽ đơn giản và giá thành giảm hơn các mạch, các thiết bị chuyển đổi. Như các ic chuyển đổi điện áp, dòng điện AM462, AM460, AM422..

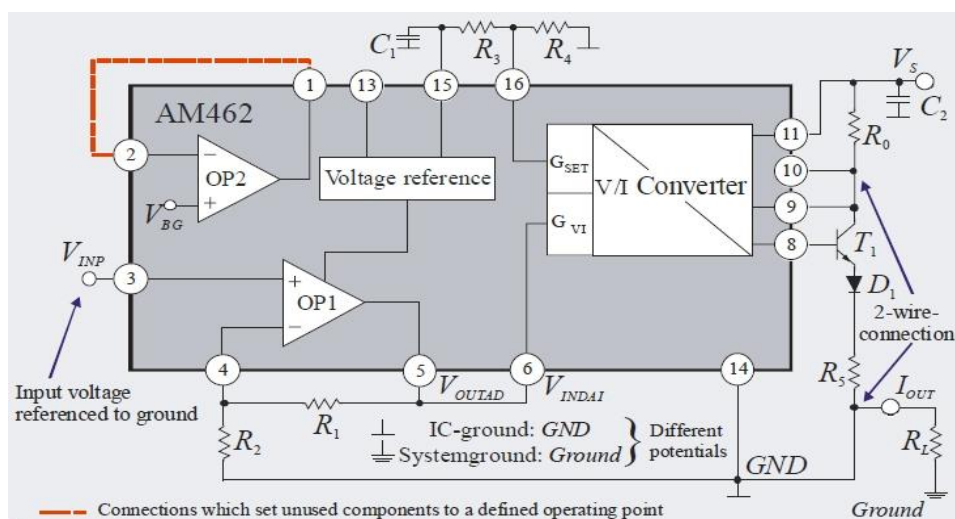
Một đại diện của IC này là AM462 có hình như sau:



Hình 4.6. IC AM 462

*** Cấu tạo và tác dụng của các phần tử bên trong**

AM462 là IC chuyển đổi tín hiệu, nó được thiết kế đặc biệt cho việc chuyển đổi tín hiệu tham chiếu thành tín hiệu hiện hành, hình 4.7. là cấu tạo và lắp mạch để cho AM462 hoạt động.



Hình 4.7. Mạch điện sử dụng AM462 với 2 dây nối.

AM462 bao gồm các phần tử chức năng (bộ OP, V/I converter và điện áp mẫu)

+ Bộ khuếch đại thuật toán OP1 cho phép sử dụng tín hiệu điện áp từ 0 – 5v để khuếch đại, hệ số khuếch đại G_{GAIN} có thể điều chỉnh bằng sử dụng R_1 và R_2 , có một bộ phận bảo vệ quá áp được gắn vào thiết bị, chức năng chuyển đổi tín hiệu của nó được tính như sau.

$$V_{OUTAD} = V_{INP} \cdot G_{GAIN} \quad \text{với} \quad G_{GAIN} = 1 + \frac{R_1}{R_2} \quad (4.1)$$

+ Bộ chuyển đổi điện áp, dòng điện(V/I converter) nó kích hoạt bóng Transistor T_1 bên ngoài, lúc này bóng dẫn sẽ tạo ra dòng điện đi ra I_{OUT} . Sử dụng thêm một diode D_1 để chống lại điện áp phân cực ngược. Một dòng điện bù I_{SET} có thể được thêm vào bằng cách sử dụng pin 16 dưới sự trợ giúp của bộ tham chiếu nội bộ và bộ phân chia điện áp ngoài. Điện trở R_0 để điều chỉnh dòng điện ra I_{OUT}

$$I_{OUT} = \frac{V_{INDAI} \cdot G_{VI}}{R_0} + I_{SET} \quad \text{với} \quad I_{SET} = \frac{V_{SET} \cdot G_{SET}}{R_0} \quad (4.2)$$

+ Điện áp tham chiếu cấp nguồn cho OP1 và đặt cho G_{SET} nó có thể được thiết lập từ 5 đến 10v bằng việc sử dụng chân 13(VSET)

+ Bộ khuếch đại thuật toán OP2 được bổ sung để sử dụng với nguồn hiện tại hoặc nguồn bên ngoài. Mạch có hệ số khuếch đại bằng 1 và dùng để phối hợp trở kháng.

*** Tính toán các thông số điện trở để chuyển đổi đầu vào 0 – 5v, đầu ra 4 – 20mA**

OP1 hoạt động với trở kháng cao và hệ số khuếch đại $G_{GAIN} = 1$, V/I converter cũng cần hoạt động để kích hoạt bóng transistor và nhận dòng bù (4mA)

Dựa vào các phương trình (4.1 và 4.2) ta có thể tính

$$I_{OUT} = V_{INP} \cdot \frac{G_{GAIN} \cdot G_{VI}}{R_0} + I_{SET} = V_{INP} \cdot \frac{G_{GAIN}}{8R_0} + I_{SET} \quad (4.3)$$

$$I_{SET} = \frac{V_{REF} \cdot G_{SET}}{R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \quad (V_{SET} = V_{REF} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4}) \quad (4.4)$$

Với $\Delta I_{OUT} = 16mA$, $\Delta V_{INP} = 5V$, $G_{GAIN} = 1$ và $I_{SET} = 0$ theo phương trình (4.3) có

$$\Delta I_{OUT} = \Delta V_{INP} \cdot \frac{G_{GAIN}}{8R_0} \rightarrow R_0 = 39\Omega$$

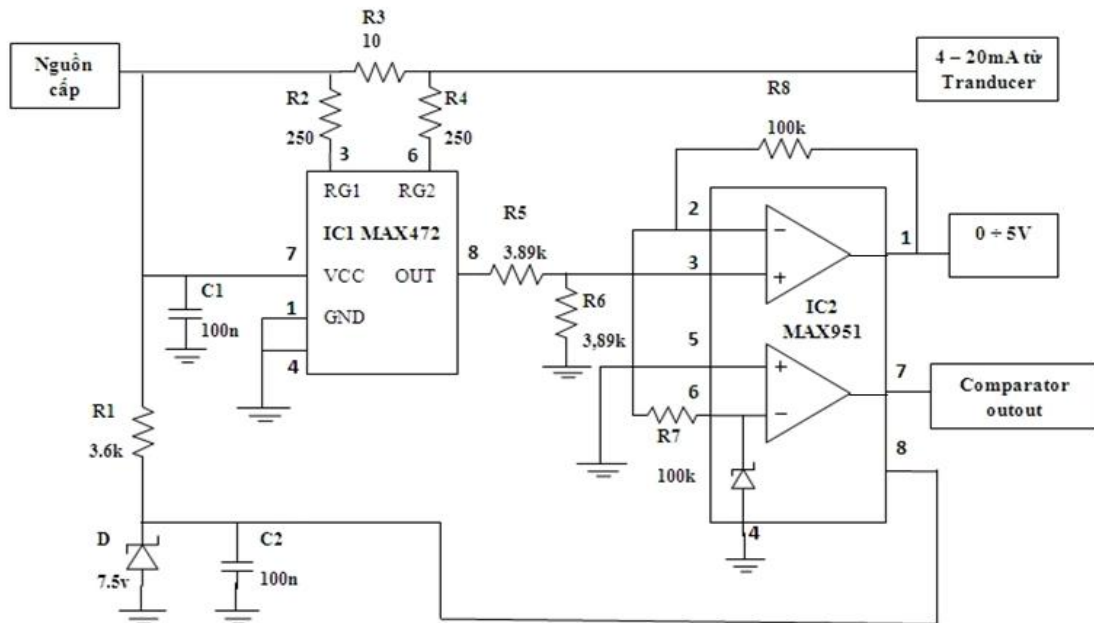
Giá trị R_0 đã biết, với $V_{REF} = 10V$ và $I_{SET} = 4mA$, với điều kiện tuần hoàn có

$R_3 + R_4 \geq 20k\Omega \leq 200k\Omega$ ta sử dụng công thức (4.4) với R_3 và R_4 , do vậy ta chọn $R_3 + R_4 = 84 k\Omega$, theo tính toán thì $R_3 = 82k\Omega$ và $R_4 = 2,7k\Omega$

$$I_{SET} = \frac{V_{REF}}{2R_0} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} \rightarrow \frac{R_3}{R_4} = 31$$

4.3.2. Bộ biến đổi với đầu ra áp 0 ÷ 5V, 0 ÷ 10V

Để có tín hiệu điện áp 0 ÷ 5V, 0 ÷ 10V, ta có thể sử dụng nhiều cách, như sử dụng các IC như AM401, AM411, RCV420 các IC này được thiết kế đặc biệt để chuyển tín hiệu dòng sang áp, giá thành rẻ chỉ khoảng vài USD và dễ dàng sử dụng. Bên cạnh những IC chuyên dụng đó thì ta có thể sử dụng mạch sử dụng điện trở 250Ω, khá đơn giản, được sử dụng nhiều như hình sau:



Hình 4.8. Sơ đồ hai IC chuyển đổi 4 ÷ 20mA thành 0 ÷ 5V

Sơ đồ trên dùng điện trở 250Ω, dùng IC MAX472 và MAX951 về nguyên lí là dùng điện trở 250Ω để biến đổi dòng điện thành điện áp tương ứng là:

$$4mA \rightarrow 1V \text{ và } 20mA \rightarrow 5V$$

Khi đó dùng IC1 mạch vi phân với hệ số $G = 1.25$ khi đó tín hiệu sẽ thay đổi

$$1V \rightarrow 1,25V \text{ và } 5V \rightarrow 6,25V$$

Tác dụng của IC2 làm mạch trừ khi đó tín hiệu sẽ là

$$1,25V \rightarrow 0V \text{ và } 6,24V \rightarrow 5V$$

Tín hiệu ra đạt được $0 \div 5V$, ta có thể áp dụng sơ đồ này để điều chỉnh điện áp ra là $0 \div 10V$ bằng cách sử dụng điện trở 500Ω vẫn dùng IC $G = 1,25$

4.3.3. AC Current & Voltage Transducer

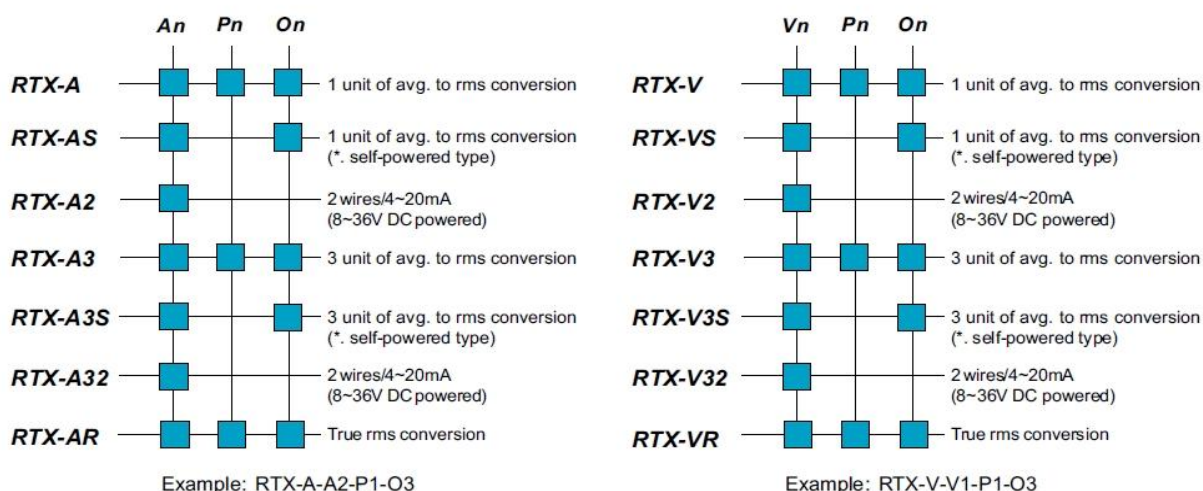
Sản phẩm của hãng RUDOLFT là một công ty lớn có trụ sở chính tại Đức, chất lượng tốt, hoạt động ổn định, nó 3 dạng chính 1 loại có một đầu tín hiệu vào, một loại có 3 đầu vào giúp tiết kiệm chi phí và kích thước khi ta muốn biến đổi nhiều một tín hiệu đầu vào, chúng có hình dạng như sau:



Hình 4.3. AC Current & Voltage Transducer

Tùy thuộc vào lựa chọn các thông số như nguồn cấp, tín hiệu đầu vào, đầu ra mà ta chọn loại sản phẩm cho thích hợp như sau

Order Form



Input & Output Parameters

Vn: Voltage input	Vn rating range	V1	V2	V3	V4	V5	On: Output		
		150V AC 0~150V AC	300V AC 0~300V AC	500V AC 0~500V AC	110V AC 0~110V AC	440V AC 0~440V AC	O1 0~1mA	O2 0~20mA	O3 4~20mA
An: Current input	An rating range	A1 1A 0~1A	A2 5A 0~5A					O5 0~10mA	O6 0~1V
Pn: Auxiliary power input	Pn rating	P1 120V AC	P2 240V AC	P3 415V AC	P4 30V DC	P5 110V DC	O7 0~5V	O8 0~10V	O9 2~10V
							O10 1~5V		

Hình 4.4. Mã hàng của sản phẩm AC Current & Voltage Transducer

Dựa vào bảng trên một sản phẩm có kí hiệu .

+ RTX – A – An– Pn – On

+ RTX – V – Vn – Pn – On

Trong đó: + A đầu vào dòng điện.

+ V là đầu vào điện áp.

+ An là lựa chọn giá trị A có A1 và A1.

+ Vn là lựa chọn giá trị điện áp đầu vào V1 đến V5.

+ Pn là lựa chọn nguồn cấp từ P1 đến P4.

Với + As và Vs là loại tự cấp nguồn .

+ A2 và V2 loại 2 dây tín hiệu vào.

+ A3 và V3 là loại 3 dây tín hiệu vào.

Thông số kỹ thuật cơ bản:

+ Giới hạn tín hiệu đầu vào: $3 \times$ giá trị dòng liên tục, $10 \times$ giá trị dòng trong tối đa 30s, $25 \times$ giá trị dòng tối đa trong 3s, $50 \times$ trong vòng 1s. chịu được $3 \times$ điện áp đầu vào liên tục.

+ Cường độ điện môi: 2kVAC/1 min.

+ Nguồn cấp: AC 110V/220V $\pm 20\%$ (50/60Hz)

+ Độ chính xác: 0.1% F.S. (TRMS) ($23 \pm 5^\circ\text{C}$) và 0.2% F.S. (RMS) ($23 \pm 5^\circ\text{C}$)

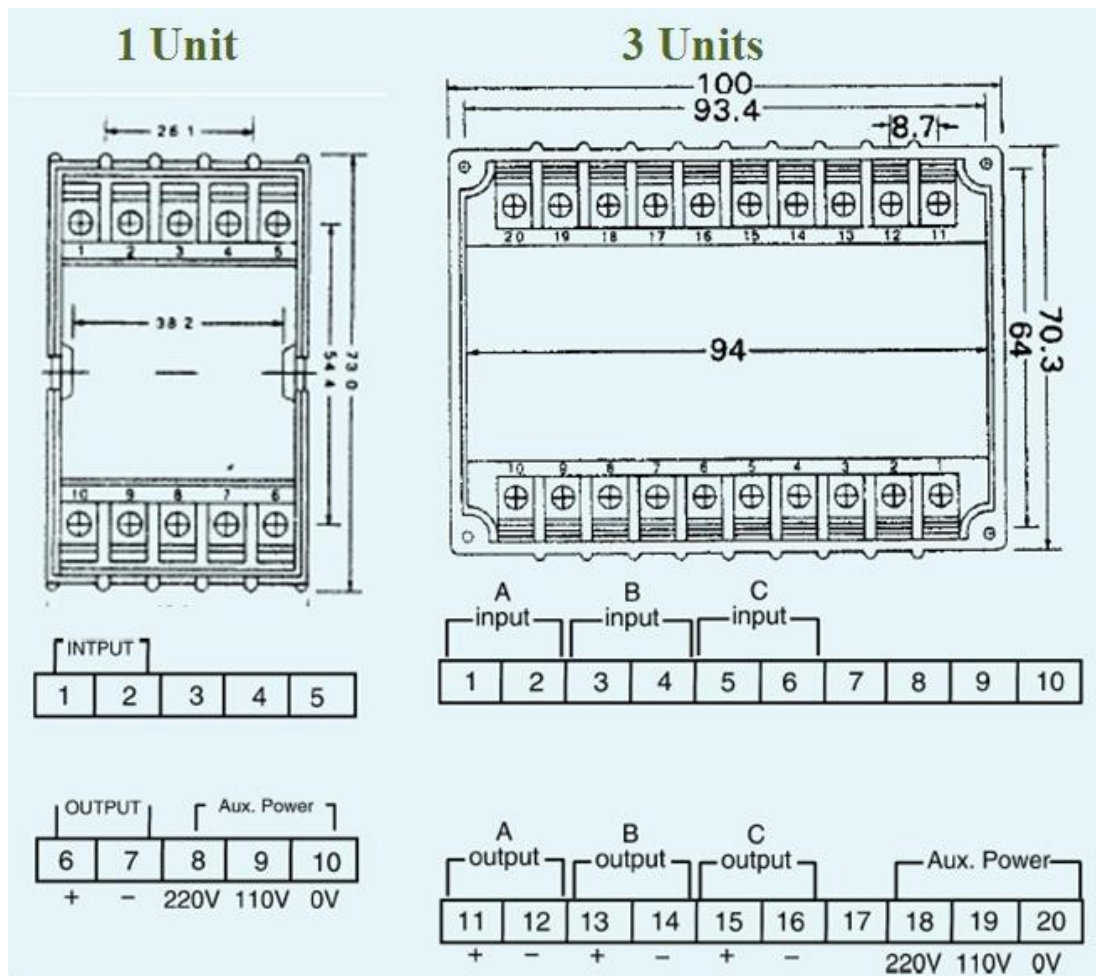
+ Nhiệt độ sử dụng: 0 – 50°C

Kết nối như hình sau:

+ input: nơi đưa tín hiệu đầu vào.

+ output: nơi nhận tín hiệu đầu ra.

+ Aux Power: nơi cấp nguồn.



Hình 4.5. Sơ đồ nối dây loại 1 đầu vào và 3 đầu vào (Terminal Connection)

4.3.4. U/I measurement transducer

Sản phẩm của hãng KRIWAN nhà sản xuất truyền thống của công nghệ làm lạnh và điều hòa không khí. Đây là bộ biến đổi tín điện áp 0 – 5, 0 – 10v sang tín hiệu dòng 0 – 20 hoặc 4 – 20mA.



Hình 4.1. *U/I measurement transducer*

Thông số kỹ thuật: + Nguồn cấp: AC 50Hz -15..+ 10%

+ Điện năng tiêu thụ: 3VA

+ Điện áp đầu vào: 0 – 5, 0 – 10v

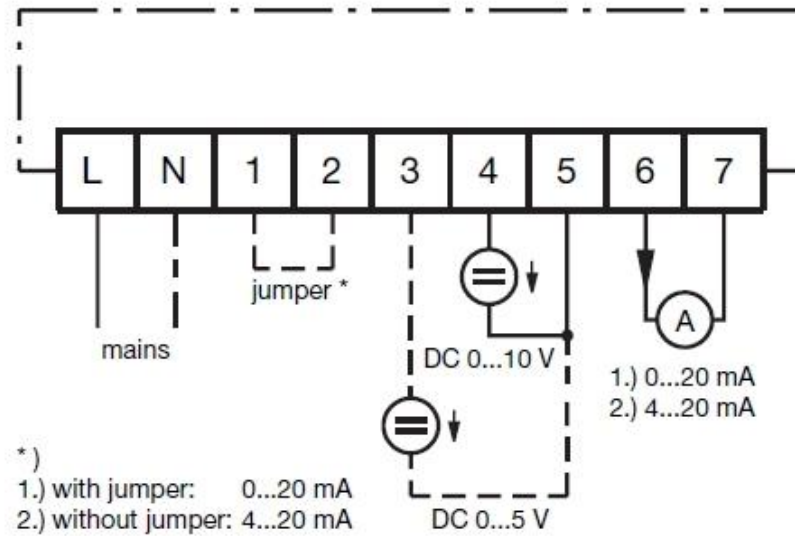
+ Dòng điện đầu ra: 0 – 20, 4 – 20mA.

+ Nhiệt độ môi trường làm việc: -20 đến + 60°C

+ Ingress Protection (IP) IP20: bảo vệ chống vật lạ xâm nhập có kích thước > 50mm.

+ Kích thước 84× 40 × 110mm.

Sơ đồ nối dây, để sử dụng như hình sau:



Hình 4.2. Sơ đồ kết nối (connect diagram)

Trong sơ đồ có:

- + mains là lối vào để cấp nguồn.
- + jumper là đầu nối để điều chỉnh tín hiệu dòng điện ra, nối đầu 1 với 2 thì tín hiệu dòng điện ra là 0 – 20mA, nếu để trống jumper thì tín hiệu dòng ra sẽ là 4 – 20mA.
- + các đầu vào 3, 4, 5 nếu sử dụng đầu vào 3 với 5 cho tín hiệu điện áp 0 – 5v, còn sử dụng đầu vào 4 với 5 cho tín hiệu điện áp 0 – 10v.
- + các đầu 6, 7 để đưa ra tín hiệu dòng điện chuẩn.

KẾT LUẬN

Sau thời gian thực hiện đề tài, với sự hướng dẫn tận tình của giáo viên hướng dẫn: PGS.TS Nguyễn Tiến Ban với sự cố gắng của bản thân em trong việc nghiên cứu các tài liệu liên quan, em đã hoàn thành xong đề án tốt nghiệp của mình theo đúng thời gian nhà trường đề ra. Với đề tài “ Nghiên cứu các sensor nhiệt độ áp suất, bộ biến đổi quy chuẩn cho các sensor đo lường và điều khiển phục vụ cho việc ghép nối máy tính hiện nay ” đã giúp em hiểu rõ hơn về lý thuyết và ứng dụng thực tế của cảm biến nhằm củng cố thêm những kiến thức mà em đã học.

Kết thúc quá trình thiết kế đề án em đã thu được một số kết quả

Nghiên cứu về cảm biến nhiệt độ và cảm biến áp suất, cấu tạo , nguyên lý hoạt động, và ứng dụng trên thực tế.

Em đã đi tìm hiểu thêm hệ thống điều khiển tự động ở nhà máy giấy HAPACO tại xã Đại Bản, huyện An Dương, TP Hải Phòng hiểu một số hệ thống điều khiển tự động, các thành phần cấu tạo, cách xây dựng một hệ thống tự động.

Đi sâu nghiên cứu về nguyên lý và cấu tạo một số bộ biến đổi quy chuẩn hiện nay.

Vì thời gian có hạn nên em chỉ tìm hiểu được như trên, nếu có thời gian em sẽ tìm hiểu tất cả các loại cảm biến và các hệ thống điều khiển tự động.

Do kiến thức và khả năng thực tế của em còn hạn chế nên khi làm đề án tốt nghiệp sẽ không thể tránh khỏi những sai sót. Em mong được sự góp ý, đánh giá của các thầy cô để nội dung đề án hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Phan Quốc Phô và Nguyễn Đức Chiến, *Giáo trình cảm biến*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội 2002

[2] Lê Văn Doanh, *Các Bộ Cảm Biến Trong Kỹ Thuật Đo Lường Và Điều Khiển*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội 2005

[3] Jon S. Wilson, *Sensor Technology Handbook*

[4] Hoàng Minh Công, *Giáo trình cảm biến công nghiệp*, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng, Đà Nẵng 2004

- Một số tài liệu khác:

<http://www.analogmicro.de>

http://www.globalspec.com/learnmore/sensors_transducers_detectors/pressure_sensing/pressure_sensors_instruments

<http://www.dientuvietnam.net>

<http://webdien.com>