

ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH LÀO CAI
TRƯỜNG CAO ĐẲNG LÀO CAI

GIÁO TRÌNH

MÔN HỌC: KỸ THUẬT CẢM BIẾN
NGHỀ ĐÀO TẠO: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP
TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG
(áp dụng cho Trình độ Cao đẳng)

LƯU HÀNH NỘI BỘ
Năm 2017

LỜI GIỚI THIỆU

Tập bài giảng Kỹ thuật cảm biến nhằm trang bị cho người học những kiến thức cơ bản về các loại cảm biến thông dụng và ứng dụng các loại cảm biến trong sản xuất và đời sống.

Các bộ cảm biến đóng vai trò cực kỳ quan trọng trong lĩnh vực đo lường và điều khiển. Chúng cảm nhận và đáp ứng theo các sự kích thích thường là các đại lượng không điện, chuyển đổi các đại lượng này thành các đại lượng điện và truyền các thông tin về hệ thống đo lường điều khiển, giúp chúng ta nhận dạng, đánh giá và điều khiển mọi biến trạng của đối tượng. Trong những năm gần đây không có lĩnh vực nào mà ở đó không sử dụng cảm biến. Chúng có mặt trong các hệ thống tự động phức tạp như người máy, hệ thống kiểm tra chất lượng sản phẩm...Cảm biến cũng được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực giao thông vận tải, hàng tiêu dùng..

Tập bài giảng Kỹ thuật cảm biến được biên soạn gồm 04 chương. Mỗi chương sẽ đề cập tới các nội dung cơ bản nhất của các loại cảm biến thông dụng. Kiến thức trong mỗi chương sẽ thật sự hữu ích cho các bạn muốn tìm hiểu và sử dụng các loại cảm biến này một cách thuần thục trong những ngày đầu bỡ ngỡ làm quen.

MỤC LỤC

LỜI GIỚI THIỆU.....	1
Chương 1: KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CÁC BỘ CẢM.....	6
1.1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến.....	6
1.2. Phạm vi ứng dụng	7
1.2.1. Vùng làm việc danh định.....	7
1.2.2. Vùng không gây nên hư hỏng.....	8
1.2.3. Vùng không phá huỷ.	8
1.2.4. Sai số và độ chính xác	8
1.2.5. Độ nhanh và thời gian hồi đáp.....	9
1.2.6. Độ tuyến tính.....	9
1.3. Phân loại các bộ cảm biến	9
1.3.1. Phân loại theo nguyên lý chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích.	9
1.3.2. Phân loại theo dạng kích thích.	10
1.3.3. Phân loại theo tính năng của bộ cảm biến.	11
1.3.4. Phân loại theo phạm vi sử dụng.....	11
1.3.5. Phân loại theo thông số của mô hình mạch thay thế.....	11
1.3.6. Phân loại theo cảm biến chủ động và bị động.....	11
1.3.7. Phân loại theo nguyên lý hoạt động.	12
CHƯƠNG 2: CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ	13
2.1. Đại cương về cảm biến nhiệt độ	13
2.1.1. Thang đo nhiệt độ.....	13
2.1.2. Nhiệt độ đo được và nhiệt độ cần đo	14
2.2. Nhiệt điện trở Platin và Nikel	14
2.2.1. Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ.	14
2.2.2. Nhiệt điện trở Platin.	15
2.2.3. Nhiệt điện trở Nikel.....	15
2.2.4. Cách nối dây đo nhiệt điện trở.....	15
2.3. Cảm biến nhiệt độ với vật liệu Silic.....	17
2.3.1. Nguyên tắc chung.....	17

2.3.2. Đặc trưng kỹ thuật cơ bản của dòng cảm biến KTY (hãng Philips sản xuất).....	17
2.4. IC cảm biến nhiệt độ	18
2.4.1. Cảm biến nhiệt LM 35/ 34 của National Semiconductor	18
2.4.2. Cảm biến nhiệt độ AD 590 của Analog Devices.....	20
2.5. Nhiệt điện trở NTC.....	20
2.5.1. Cấu tạo	21
2.5.2. Ký hiệu.....	21
2.5.3. Nguyên lý (đặc tính) cảm biến nhiệt NTC	21
2.5.4. Ứng dụng	21
2.6. Nhiệt điện trở PTC	21
2.6.1. Cấu tạo	21
2.6.2. Ký hiệu.....	22
2.6.3. Nguyên lý (đặc tính) cảm biến nhiệt PTC.....	22
2.6.4. Ứng dụng	22
2.7. Ứng dụng các loại cảm biến nhiệt độ.....	22
2.7.1. Quan sát, nhận biết, ghi thông số kỹ thuật của cảm biến nhiệt độ LM35	22
2.7.2. Quan sát, nhận biết, ghi thông số kỹ thuật của nhiệt điện trở NTC ...	22
CHƯƠNG 3: CẢM BIẾN TIỆM CẬN VÀ CÁC LOẠI CẢM BIẾN XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ, KHOẢNG CÁCH.....	23
3.1. Cảm biến tiệm cận (Proximity Sensor)	23
3.1.1. Cảm biến tiệm cận điện cảm (Inductive Proximity Sensor)	24
3.1.2. Cảm biến tiệm cận điện dung (Capacitive Proximity Sensor).	27
3.1.3. Cảm biến tiệm cận siêu âm (Ultrasonic proximity sensor).....	30
3.1.4. Cấu hình ngõ ra của cảm biến tiệm cận	33
3.1.5. Cách kết nối các cảm biến tiệm cận với nhau	34
3.2. Các bài tập ứng dụng các loại cảm biến tiệm cận.	35
3.2.1. Khảo sát nguyên lý hoạt động của cảm biến tiệm cận điện cảm.....	36
3.2.2. Khảo sát nguyên lý hoạt động của cảm biến tiệm cận điện dung	36
Chương 4: ĐO VẬN TỐC VÒNG QUAY VÀ GÓC QUAY	37

4.1. Một số phương pháp cơ bản.	37
4.1.1. Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp analog.	37
4.1.2. Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp quang điện tử	39
4.1.3. Đo vận tốc vòng quay với nguyên tắc điện trở từ.....	42
4.2. Cảm biến đo góc với tổ hợp có điện trở từ.....	43
4.2.1. Nguyên tắc đo	43
4.2.2. Các loại cảm biến KM110BH/2 của hãng Philips Semiconductor	43
4.2.3. Các loại cảm biến KMA10 và KMA20.....	46
4.2.4. Máy đo góc tuyệt đối (Resolver).	47
4.3. Các bài tập ứng dụng.....	48

NỘI DUNG CHI TIẾT TẬP BÀI GIẢNG MÔN HỌC

I. MỤC TIÊU MÔN HỌC

Học xong môn học này người học có khả năng:

1. Kiến thức:

- Mô tả được cấu tạo, phân tích nguyên lý của các loại cảm biến.
- Vẽ được sơ đồ đấu dây của các loại cảm biến.

2. Kỹ năng:

- Lắp đặt, đấu nối được một số loại cảm biến như: cảm biến tiệm cận điện cảm, điện dung; cảm biến từ; cảm biến thu phát quang; cảm biến nhiệt độ...
- Lựa chọn được loại cảm biến phù hợp trong điều khiển điện công nghiệp.

3. Năng tự chủ và trách nhiệm:

- Chủ động lập kế hoạch, dự trù được vật tư, thiết bị.
- Phát huy tính tích cực, chủ động, sáng tạo và tư duy khoa học trong công việc.

II. NỘI DUNG MÔN HỌC:

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

Chương 2: Cảm biến nhiệt độ.

Chương 3: Cảm biến tiệm cận và các loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách.

Chương 4: Đo vận tốc vòng quay và góc quay.

Chương 1: KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CÁC BỘ CẢM

1.1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến

- Cảm biến - sensor: Xuất phát từ chữ sense có nghĩa là giác quan do đó nó như các giác quan trong cơ thể con người. Nhờ cảm biến mà mạch điện, hệ thống điện có thể thu nhận thông tin từ bên ngoài. Từ đó, hệ thống máy móc, điện tử tự động mới có thể tự động hiển thị thông tin về đại lượng đang cảm nhận hay điều khiển quá trình định trước có khả năng thay đổi một cách uyển chuyển theo môi trường hoạt động

- Để dễ hiểu có thể so sánh cảm nhận của cảm biến qua 5 giác quan của con người như sau:

Bảng 1.1. So sánh cảm nhận của cảm biến qua 5 giác quan của con người

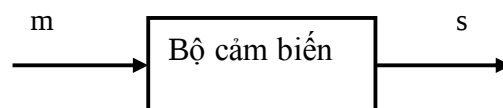
5 giác quan	Thay đổi môi trường	Thiết bị cảm biến
Thị giác	Ánh sáng, hình dạng, kích thước, vị trí xa gần, màu sắc.	Cảm biến thu hình, cảm biến quang.
Xúc giác	Áp suất, nhiệt độ, cơn đau, tiếp xúc, tiệm cận, ẩm, khô.	Nhiệt trở, cảm biến tiệm cận, cảm biến độ rung động.
Vị giác	Ngọt, mặn, chua cay, béo.	Đo lượng đường trong máu.
Thính giác	Âm rầm bồng, sóng âm, âm lượng.	Cảm biến sóng siêu âm, mi-cro.
Khứu giác	Mùi của các chất khí, chất lỏng.	Đo độ cồn, thiết bị cảm nhận khí ga.

- Cảm biến: Là thiết bị điện tử dùng để cảm nhận những trạng thái, quá trình vật lý hay hóa học ở môi trường cần khảo sát (không có tính chất điện) và biến đổi thành tín hiệu điện để thu thập thông tin về trạng thái hay quá trình đó. Thông tin được xử lý để rút ra tham số định tính hoặc định lượng của môi trường, phục vụ các nhu cầu nghiên cứu khoa học kỹ thuật hay dân sinh và gọi ngắn gọn là đo đạc, phục vụ trong truyền và xử lý thông tin hay trong điều khiển các quá trình khác.

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

- Đặc trưng (s) là hàm của đại lượng cần đo (m):

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



Hình 1.1. Chuyển đổi của bộ cảm biến

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

- Độ nhạy của cảm biến: Là đại lượng biểu diễn sự so sánh giữa độ biến thiên đầu ra so với độ biến thiên đầu vào

$$S = ds/dm \quad (1.2)$$

Trong đó:

ds: Biến thiên đại lượng đầu ra.

dm: Biến thiên đại lượng đầu vào.

- Thông thường nhà sản xuất sẽ cung cấp giá trị của độ nhạy S tương ứng với những điều kiện làm việc nhất định của cảm biến.

- Để phép đo đạt độ chính xác cao, khi thiết kế và sử dụng cảm biến cần làm sao cho độ nhạy S của nó không đổi, nghĩa là ít phụ thuộc nhất vào các yếu tố sau:

+ Giá trị của đại lượng cần đo và tần số thay đổi của nó.

+ Thời gian sử dụng.

+ Ảnh hưởng của các đại lượng vật lý khác (không phải là đại lượng đo) của môi trường xung quanh.

- Độ nhạy trong chế độ tĩnh là đại lượng đo không biến thiên tuần hoàn theo thời gian

- Độ nhạy trong chế độ động được xác định khi đại lượng đo biến thiên tuần hoàn theo thời gian.

- 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 của đại lượng đo (m) ở đầu vào.

1.2. Phạm vi ứng dụng

- Được ứng dụng rất rộng rãi trong công nghiệp, nghiên cứu khoa học, môi trường, khí tượng thủy văn, thông tin viễn thông, nông nghiệp, giao thông, vũ trụ, quân sự, gia dụng, trong kỹ thuật điều khiển, đo lường v.v.

- Trong quá trình sử dụng, ứng dụng các cảm biến luôn chịu tác động của các lực cơ học, tác động nhiệt... Khi các tác động này vượt quá ngưỡng cho phép, chúng sẽ làm thay đổi đặc trưng làm việc của cảm biến. Bởi vậy khi sử dụng, ứng dụng cảm biến, người sử dụng cần phải biết rõ các giới hạn, sai số... này.

1.2.1. Vùng làm việc danh định.

Vùng làm việc danh định tương ứng với những điều kiện sử dụng bình thường của cảm biến. Giới hạn của vùng là các giá trị ngưỡng mà các đại lượng đo, các đại lượng vật lý có liên quan đến 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.

1.2.2. Vùng không gây nên hư hỏng.

Vùng không gây nên hư hỏng là vùng mà khi các đại lượng đo hoặc các đại lượng vật lý có liên quan và các đại lượng ảnh hưởng vượt qua ngưỡng của vùng làm việc danh định, nhưng vẫn còn nằm trong phạm vi không gây nên hư hỏng. Các đặc trưng của cảm biến có thể bị thay đổi, nhưng những thay đổi này mang tính thuận nghịch. Tức là khi trở về vùng làm việc danh định, các đặc trưng... của cảm biến lấy lại giá trị ban đầu của chúng.

1.2.3. Vùng không phá hủy.

Vùng không phá hủy là vùng mà khi các đại lượng đo hoặc các đại lượng vật lý có liên quan và các đại lượng ảnh hưởng vượt qua ngưỡng của vùng không gây nên hư hỏng nhưng vẫn còn nằm trong phạm vi không bị phá hủy. Các đặc trưng của cảm biến bị thay đổi và những thay đổi này mang tính không thuận nghịch. Tức là khi trở về vùng làm việc danh định, các đặc trưng của cảm biến không thể lấy lại giá trị ban đầu của chúng. Trong trường hợp này cảm biến vẫn còn sử dụng được, nhưng phải tiến hành chuẩn lại cảm biến.

1.2.4. Sai số và độ chính xác

a. Sai số

- Là giá trị sai lệch giữa giá trị đo được và giá trị thực của đại lượng cần đo.

$$\delta = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1.3)$$

Trong đó:

x: Giá trị thực

Δx : Sai lệch giữa giá trị đo và giá trị thực

b. Sai số hệ thống

- Là sai số không phụ thuộc vào số lần đo, có giá trị không đổi hoặc thay đổi chậm theo thời gian đo và thêm vào một độ lệch không đổi giữa giá trị thực và giá trị đo được.

- Các nguyên nhân gây ra sai số hệ thống có thể là:

- + Do nguyên lý của cảm biến.
- + Do giá trị của đại lượng chuẩn không đúng.
- + Do đặc tính của bộ cảm biến.
- + Do điều kiện và chế độ sử dụng.
- + Do xử lý kết quả đo.

c. Sai số ngẫu nhiên

- Là sai số xuất hiện có độ lớn và chiều không xác định. Ta có thể dự đoán được một số nguyên nhân gây ra sai số ngẫu nhiên nhưng không thể dự đoán được độ lớn và dấu của nó.

- Những nguyên nhân gây ra sai số ngẫu nhiên có thể là:

- + Do sự thay đổi đặc tính của thiết bị.
- + Do tín hiệu nhiễu ngẫu nhiên.
- + Do các đại lượng ảnh hưởng không được tính đến khi chuẩn cảm biến

1.2.5. Độ nhanh và thời gian hồi đáp

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

- Độ nhanh là khoảng thời gian từ khi đại lượng đo thay đổi đột ngột đến khi biến thiên của đại lượng đầu ra chỉ còn khác giá trị cuối cùng một lượng giới hạn ε tính bằng %.

- Thời gian hồi đáp tương ứng với $\varepsilon\%$ xác định khoảng thời gian cần thiết phải chờ đợi sau khi có sự biến thiên của đại lượng đo để lấy giá trị của đầu ra với độ chính xác định trước.

1.2.6. Độ tuyến tính

- Một cảm biến được gọi là tuyến tính trong một dải đo xác định, nếu trong dải đo đó, độ nhạy không phụ thuộc vào đại lượng đo.

- 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 được gọi là sự tuyến tính hoá.

1.3. Phân loại các bộ cảm biến

- Trên thực tế có rất nhiều những loại cảm biến khác nhau và chúng ta có thể phân loại cảm biến theo các đặc trưng cơ bản sau đây:

1.3.1. Phân loại theo nguyên lý chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích.

Bảng 1.2. Phân loại theo nguyên lý chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích

Hiện tượng	Chuyển đổi đáp ứng và kích thích
Hiện tượng vật lý	- Quang điện - Điện từ - Từ điện - Nhiệt từ...
Hiện tượng hoá học	- Biến đổi hoá học - Biến đổi điện hoá - Phân tích phổ ...
Hiện tượng sinh học	- Biến đổi sinh hoá - Biến đổi vật lý - Hiệu ứng trên cơ thể sống ...

1.3.2. Phân loại theo dạng kích thích.

Bảng 1.3. Phân loại theo dạng kích thích

Hiện tượng	Các đặc tính của kích thích
Âm thanh	- Biên pha, phân cực - Phổ - Tốc độ truyền sóng ...
Điện	- Điện tích, dòng điện - Điện thế, điện áp - Điện trường (biên, pha, phân cực, phổ) - Điện dẫn, hằng số điện môi ...
Từ	- Từ trường (biên, pha, phân cực, phổ) - Từ thông, cường độ từ trường - Độ từ thẩm ...
Quang	- Biên, pha, phân cực, phổ - Tốc độ truyền - Hệ số phát xạ, khúc xạ - Hệ số hấp thụ, hệ số bức xạ ...
Cơ	- Vị trí - Lực, áp suất - Gia tốc, vận tốc - Ứng suất, độ cứng - Mô men - Khối lượng, tỉ trọng - Vận tốc chất lưu, độ nhớt ...
Nhiệt	- Nhiệt độ - Thông lượng - Nhiệt dung
Bức xạ	- Kiểu - Năng lượng

	- Cường độ ...
--	----------------

1.3.3. Phân loại theo tính năng của bộ cảm biến.

Bảng 1.4. Phân loại theo tính năng của bộ cảm biến

Hiện tượng	Các đặc tính của kích thích
- Độ nhạy - Độ chính xác - Độ phân giải - Độ chọn lọc - Độ tuyến tính - Công suất tiêu thụ - Dải tần - Độ trễ	- Khả năng quá tải - Tốc độ đáp ứng - Độ ổn định - Tuổi thọ - Điều kiện môi trường - Kích thước, trọng lượng

1.3.4. Phân loại theo phạm vi sử dụng.

- Công nghiệp
- Nghiên cứu khoa học
- Môi trường, khí tượng
- Thông tin, viễn thông
- Nông nghiệp
- Dân dụng
- Giao thông
- Vũ trụ
- Quân sự

1.3.5. Phân loại theo thông số của mô hình mạch thay thế.

- Cảm biến tích cực có đầu ra là nguồn áp hoặc nguồn dòng.
- Cảm biến thụ động được đặc trưng bằng các thông số R, L, C ... tuyến tính hoặc phi tuyến.

1.3.6. Phân loại theo cảm biến chủ động và bị động.

- Cảm biến chủ động: không sử dụng điện năng bổ sung để chuyển sang tín hiệu điện. Điển hình là cảm biến áp điện làm bằng vật liệu gốm, chuyển áp suất thành điện tích trên bề mặt
- Cảm biến bị động có sử dụng điện năng bổ sung để chuyển sang tín hiệu điện. Điển hình là các photodiode khi có ánh sáng chiếu vào thì có thay đổi của điện trở tiếp giáp bán dẫn p-n được phân cực ngược.

1.3.7. Phân loại theo nguyên lý hoạt động.

- Cảm biến điện trở: hoạt động dựa theo di chuyển con chạy hoặc góc quay của biến trở, hoặc sự thay đổi điện trở do co giãn vật dẫn.

- Cảm biến cảm ứng: cảm biến biến áp vi phân, cảm biến cảm ứng điện từ, cảm biến dòng xoáy, cảm biến cảm ứng điện động, cảm biến điện dung,....

- Cảm biến điện trường: cảm biến từ giảo, cảm biến áp điện,...

Và một số cảm biến nổi bật khác như: cảm biến quang, cảm biến huỳnh quang nhấp nháy, cảm biến điện hóa đầu dò ion và độ pH, cảm biến nhiệt độ,...

CÂU HỎI ÔN TẬP

Câu hỏi 1: Trình bày khái niệm cơ bản và các bộ cảm biến ?

Câu hỏi 2: Trình bày phạm vi ứng dụng của cảm biến?

Câu hỏi 3: Trình bày phân loại các bộ cảm biến ?

CHƯƠNG 2: CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ

2.1. Đại cương về cảm biến nhiệt độ

- Nhiệt độ là một trong số những đại lượng, có ảnh hưởng rất lớn đến tính chất vật chất. Do nhiệt độ đóng vai trò quan trọng trong sản xuất công nghiệp và nhiều lĩnh vực khác. Bởi vậy trong nghiên cứu khoa học, trong công nghiệp cũng như trong đời sống, việc đo nhiệt độ là rất cần thiết. Tuy nhiên việc xác định chính xác một nhiệt độ là một vấn đề không đơn giản. Đa số các đại lượng vật lý đều có thể xác định trực tiếp nhờ so sánh chúng với một đại lượng cùng bản chất.

- Nhiệt độ là đại lượng chỉ có thể đo gián tiếp dựa vào sự phụ thuộc của tính chất vật liệu vào nhiệt độ.

- Cảm biến nhiệt độ là thiết bị dùng để cảm nhận sự biến đổi về nhiệt độ của đại lượng cần đo.

- Hiện nay trên thị trường có rất nhiều loại cảm biến nhiệt độ, chúng có các đặc điểm khác nhau tùy vào từng ứng dụng thực tế, được dùng trong hệ thống HV và hệ thống điều khiển môi trường AC, trang bị y tế, cảm biến xử lý thực phẩm, xử lý hóa chất, hệ thống điều khiển ô tô, đo nhiệt độ trong bồn đun nước, đun dầu, đo nhiệt độ lò nung, lò sấy, đo nhiệt độ các loại máy móc...

2.1.1. Thang đo nhiệt độ

a. Thang Kelvin (Thomson Kelvin - 1852)

- Thang nhiệt độ động học tuyệt đối, đơn vị nhiệt độ là K.

- Trong thang đo này người ta gán cho nhiệt độ của điểm cân bằng ba trạng thái: nước - nước đá - hơi một giá trị có trị số bằng: 273,15 K.

b. Thang Celsius (Andreas Celsius - 1742)

- Thang nhiệt độ bách phân, đơn vị nhiệt độ là °C.

- Nhiệt độ Celsius xác định qua nhiệt độ Kelvin theo biểu thức:

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

c. Thang Fahrenheit (Fahrenheit - 1706)

- Đơn vị nhiệt độ là °F. Trong thang đo này, nhiệt độ của điểm nước đá tan là 32°F và điểm nước sôi là 212°F.

- Quan hệ giữa nhiệt độ Fahrenheit và nhiệt độ Celsius:

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (F - 32) \quad (2.2)$$

$$^{\circ}\text{F} = 9/5 (C + 32) \quad (2.3)$$

Bảng 2.1. Bảng cho các giá trị tương ứng của một số nhiệt độ quan trọng theo các thang đo khác nhau.

Nhiệt độ	Kelvin (K)	Celsius (°C)	Fahrenheit (°F)
Điểm 0 tuyệt đối	0	- 273,15	-459,67

Hỗn hợp nước đá	273,15	0	32
Cân bằng nước - nước đá - hơi	273,16	0,01	32,018
Nước sôi	373,15	100	212

2.1.2. Nhiệt độ đo được và nhiệt độ cần đo

- Giả sử môi trường đo có nhiệt độ thực bằng T_x , nhưng khi đo ta chỉ nhận được nhiệt độ T_c là nhiệt độ của phần tử cảm nhận của cảm biến.

- Nhiệt độ T_x gọi là nhiệt độ cần đo, nhiệt độ T_c gọi là nhiệt độ đo được.

- Điều kiện để đo đúng nhiệt độ là phải có sự cân bằng nhiệt giữa môi trường đo và cảm biến. Tuy nhiên, do nhiều nguyên nhân, nhiệt độ cảm biến không bao giờ đạt tới nhiệt độ môi trường T_x , do đó tồn tại một chênh lệch nhiệt độ $T_x - T_c$ nhất định. Độ chính xác của phép đo phụ thuộc vào hiệu số $T_x - T_c$, hiệu số này càng nhỏ, độ chính xác của phép đo càng cao. Muốn vậy khi đo cần phải:

+ Tăng cường sự trao đổi nhiệt giữa bộ cảm biến và môi trường cần đo. Giảm sự trao đổi nhiệt giữa bộ cảm biến và môi trường bên ngoài.

+ Để tăng cường trao đổi nhiệt giữa môi trường có nhiệt độ cần đo và cảm biến ta phải dùng cảm biến có phần tử cảm nhận có tỉ nhiệt thấp, hệ số dẫn nhiệt cao, để hạn chế tổn thất nhiệt từ cảm biến ra ngoài thì các tiếp điểm, dẫn từ phần tử cảm nhận ra mạch đo bên ngoài phải có hệ số dẫn nhiệt thấp.

2.2. Nhiệt điện trở Platin và Nikel

2.2.1. Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ.

- Nhiệt điện trở là điện trở có giá trị phụ thuộc vào nhiệt độ, khi nhiệt độ thay đổi thì điện trở cũng thay đổi

- Với kim loại, sự chuyển động của các hạt mang điện theo một hướng thành một dòng điện trong kim loại. Sự chuyển động này có thể do một lực cơ học hay điện trường gây nên và điện tích có thể âm hay dương chuyển động theo chiều ngược nhau.

- Dưới tác dụng của nhiệt độ làm cho sự chuyển động này thay đổi và giá trị điện trở cũng thay đổi. Có thể nhiệt độ tăng điện trở tăng hoặc nhiệt độ tăng thì điện trở giảm.

- Khi chế tạo nhiệt điện trở người ta kéo chúng thành sợi mảnh quấn trên khung chịu nhiệt rồi đặt vào hộp có vỏ đặc biệt và đưa ra 2 đầu để lấy tín hiệu với điện trở (R). Trong thực tế nhà sản xuất đã chế tạo nhiệt điện trở có giá trị khoảng từ $10(\Omega)$ đến $100(\Omega)$.

- Nhiệt điện trở thường được chế tạo từ các vật liệu có khả năng chịu nhiệt như: Đồng, Nikel, Platin.

- Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ có ưu điểm đơn giản, độ nhạy cao, ổn định dài hạn được sử dụng rất rộng rãi và nhiều. Xong nhược điểm của điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ là kích thước lớn, công kênh, có quán tính nhiệt lớn.

2.2.2. Nhiệt điện trở Platin.

- Platin là vật liệu cho nhiệt điện trở được dùng rộng rãi trong công nghiệp.
- + Có thể chế tạo với độ tinh khiết rất cao (99,999%) do đó tăng độ chính xác của các tính chất điện.
- + Có tính trơ về mặt hoá học và tính ổn định cấu trúc tinh thể cao do đó đảm bảo tính ổn định cao về các đặc tính dẫn điện trong quá trình sử dụng.
- + Hệ số nhiệt điện trở ở 0°C bằng $3,9.10^{-3}/^{\circ}\text{C}$.
- + Điện trở ở 100°C lớn gấp 1,385 lần so với ở 0°C .
- + Dải nhiệt độ làm việc khá rộng từ $-200^{\circ}\text{C} \div 1000^{\circ}\text{C}$.
- Có 2 tiêu chuẩn đối với nhiệt điện trở platin, sự khác nhau giữa chúng nằm ở mức độ tinh khiết của vật liệu. Hầu hết các quốc gia sử dụng tiêu chuẩn quốc tế DIN IEC 751 – 1983 (được sửa đổi lần 1 vào năm 1986, lần 2 vào 1995). Riêng USA vẫn tiếp tục sử dụng tiêu chuẩn riêng.

2.2.3. Nhiệt điện trở Nikel.

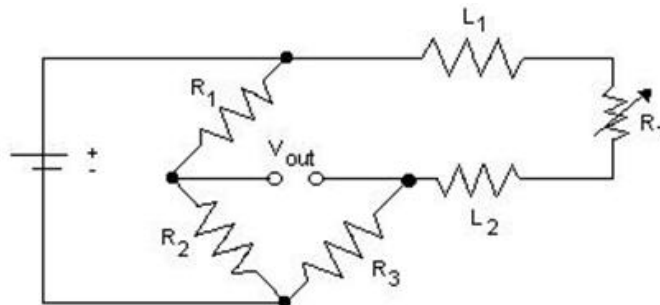
- + Có độ nhạy nhiệt cao bằng $4,7.10^{-3}/^{\circ}\text{C}$.
- + Điện trở ở 100°C lớn gấp 1,617 lần so với ở 0°C .
- + Dễ bị oxy hoá khi ở nhiệt độ cao làm giảm tính ổn định.
- + Dải nhiệt độ làm việc thấp hơn 250°C .
- Nhiệt điện trở Nikel so sánh với Platin rẻ tiền hơn và có hệ số nhiệt độ lớn gần gấp 2 lần ($6,18.10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$). Tuy nhiên dải đo chỉ từ -60°C đến $+250^{\circ}\text{C}$, vì trên 350°C hệ số nhiệt điện trở của Nikel không ổn định. Cảm biến nhiệt Nikel thường dùng trong công nghiệp điều hoà nhiệt độ phòng.

2.2.4. Cách nối dây đo nhiệt điện trở.

- Hiện các nhà sản xuất đã sản xuất ra nhiệt điện trở 2 dây, 3 dây, 4 dây nên ta có 3 kỹ thuật nối dây đo
- Tiêu chuẩn IEC 751– 1983 yêu cầu dây nối đến cùng đầu nhiệt điện trở phải có màu giống nhau (đỏ hoặc trắng) và dây nối đến 2 đầu phải khác màu.

a. Kỹ thuật hai dây:

- Đây là loại cấu hình dây đơn giản nhất và độ chính xác cũng thấp nhất. Điện trở của dây mắc nối tiếp với phần tử cảm biến làm ảnh hưởng đến độ chính xác. Dây nối càng dài càng ảnh hưởng càng lớn.

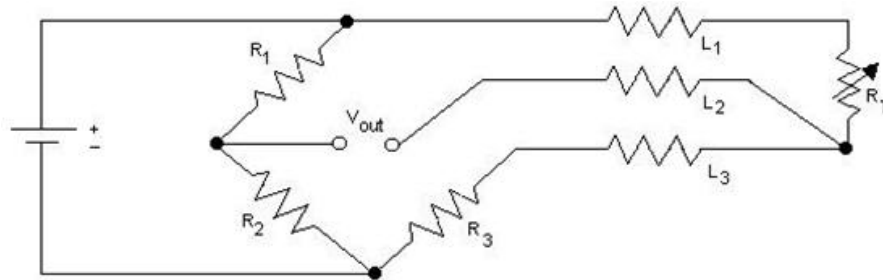


Hình 2.1. Kỹ thuật 2 dây

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

- Để tránh sai số của phép đo do điện trở của dây đo gây ra, người ta bù trừ điện trở của dây đo bằng cách. Dùng một biến trở bù được nối vào một trong hai dây đo rồi chỉnh biến trở sao cho có chỉ thị 0°C bù lại điện trở của dây đo gây ra sai số.

b. Kỹ thuật 3 dây:

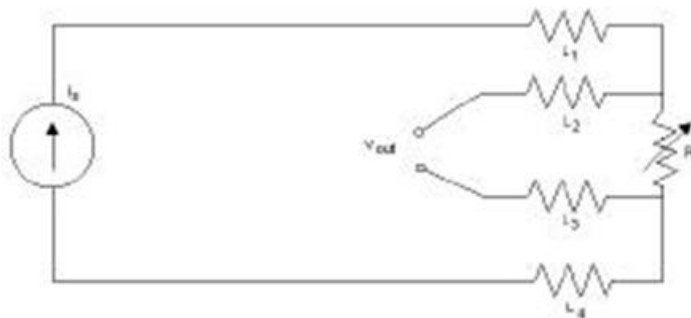


Hình 2.2. Kỹ thuật 3 dây

- Có 3 sợi dây nối từ RTD thay vì 2 dây. L1 và L3 dẫn dòng đo, L2 có vai trò như dây chiết áp. Lý tưởng thì điện trở của dây L1 và L3 không có. Trở kháng của R3 thì bằng với trở kháng của phần tử cảm biến R_t .

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

c. Kỹ thuật 4 dây.



Hình 2.3. Kỹ thuật 4 dây

- Loại này khắc phục được lỗi do trở kháng của điểm nối gây ra. Dòng điện đi từ nguồn dòng đến L1 rồi đến dây L4; Dây L2 và L3 đo áp rơi trên RTD. Với nguồn dòng cố định thì phép đo chính xác hơn. Loại cấu hình này có giá thành cao hơn so với cấu hình 2 hay 3 dây. Tuy nhiên nếu đòi hỏi sự chính xác cao thì nên lựa chọn loại cấu hình này (trong phòng thí nghiệm, ít dùng trong công nghiệp).

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

2.3. Cảm biến nhiệt độ với vật liệu Silic

2.3.1. Nguyên tắc chung

- Cảm biến nhiệt độ với vật liệu Silic đang ngày càng đóng vai trò quan trọng trong các hệ thống điện tử. Với cảm biến silic, bên cạnh đặc điểm tuyến tính, sự chính xác, phí tổn thấp, và có thể được tích hợp trong 1 IC cùng với bộ phận khuếch đại và các yêu cầu xử lý tín hiệu khác.

- Hệ thống trở nên nhỏ gọn, mức độ phức tạp cao hơn và chạy nhanh hơn. Kỹ thuật cảm biến nhiệt truyền thống như cặp nhiệt, nhiệt điện trở có đặc tuyến không tuyến tính và yêu cầu sự điều chỉnh để có thể chuyển đổi chính xác từ giá trị nhiệt độ sang đại lượng điện (dòng hoặc áp) đang được thay thế dần bởi các cảm biến Silic với lợi điểm là sự nhỏ gọn của mạch điện tích hợp và dễ sử dụng.

- Silic tinh khiết hoặc đơn tinh thể Silic có hệ số điện trở âm, tuy nhiên khi được kích tạp chất loại N ở nhiệt độ nào đó hệ số điện trở của nó trở thành dương. Khoảng nhiệt độ sử dụng từ - 50°C đến 150 °C. Sự thay đổi nhiệt của điện trở suất Silic phụ thuộc vào nồng độ chất pha và nhiệt độ

+ Nếu nhiệt độ nhỏ hơn 120 °C (dải nhiệt độ làm việc) điện trở suất tăng khi nhiệt độ tăng. Hệ số nhiệt của điện trở càng nhỏ khi nồng độ pha tạp càng nhiều

+ Nếu nhiệt độ lớn hơn 120 °C (dải nhiệt độ làm việc) điện trở suất giảm khi nhiệt độ tăng. Hệ số nhiệt của điện trở suất không phụ thuộc vào nồng độ pha tạp

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

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

- Giả thiết cảm biến làm việc ở nhiệt độ có giá trị bằng một nửa giá trị nhiệt độ hoạt động cực đại. Sau thời gian làm việc ít nhất là 450000h (khoảng 51 năm), hoặc sau 1000h (1,14 năm) hoạt động liên tục với dòng định mức tại giá trị nhiệt độ hoạt động cực đại, cảm biến silic sẽ cho kết quả đo với sai số như bảng sau:

Bảng 2.2. Sai số của cảm biến silic (do thời gian sử dụng)

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

KTY81-2 KTY82-2	0.20	0.80
KTY83	0.15	0.40

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

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

Bảng 2.3. Một số sản phẩm tiêu biểu

Tên sản phẩm	Thang đo (°C)	Dạng IC
KTY81-1	-55 tới 150	SOD70
KTY81-2	-55 tới 150	SOD70
KTY82-1	-55 tới 150	SOT23
KTY82-2	-55 tới 150	SOT23
KTY83-1	-55 tới 175	SOD68 (DO-34)
KTY84-1	-40 tới 300	SOD68 (DO-34)

2.4. IC cảm biến nhiệt độ

- Nhiều công ty trên thế giới đã chế tạo IC bán dẫn để đo và hiệu chỉnh nhiệt độ. IC cảm biến nhiệt độ là mạch tích hợp nhận tín hiệu nhiệt độ chuyển thành tín hiệu dưới dạng điện áp hoặc tín hiệu dòng điện.

- Dựa vào các đặc tính rất nhạy cảm của các bán dẫn với nhiệt độ, tạo ra điện áp hoặc dòng điện tỷ lệ thuận với nhiệt độ tuyệt đối °C, °F, °K hay tùy loại. Đo tín hiệu điện ta biết được nhiệt độ cần đo. Tầm đo nhiệt độ giới hạn từ -55°C đến 150°C, độ chính xác từ 1°C đến 2°C tùy theo từng loại.

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

a. Cảm biến nhiệt LM35

- LM35 là một loại cảm biến nhiệt độ giá rẻ thường được sử dụng để đo nhiệt độ (theo °C). Nó với thể đo nhiệt độ chính xác hơn so với một điện trở nhiệt (thermistor) cùng tầm giá. Cảm biến này tạo ra điện áp có đầu ra cao hơn các cặp nhiệt điện và có thể ko cần điện áp đầu ra được khuếch đại. LM35 có điện áp đầu ra tỷ lệ thuận có nhiệt độ Celsius. Hệ số tỷ lệ là .01V / °C.

- LM35 có độ chuẩn xác hơn kém 0,4 °C ở nhiệt độ phòng bình thường và hơn kém 0,8 °C trong khoảng 0 °C đến + 100 °C. Một đặc tính quan trọng hơn của cảm biến này là rằng nó chỉ thu được 60 microamps từ nguồn cung ứng và có khả năng tự sưởi ấm thấp.

- Điện áp hoạt động: $V_c = 4V$ tới 30V

- Điện áp ngõ ra tuyến tính: 10mV/°C

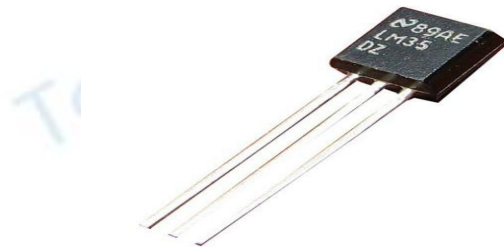
- Thang đo: -55°C đến 150°C với LM 35/35A; -40°C đến 110°C với LM 35C/35CA; 0°C đến 100°C với LM 35D

- Sự tự nung nóng rất nhỏ: 0,08 °C (trong môi trường không khí)

- Mức độ không tuyến tính chỉ $\pm 1/4^\circ C$

- LM35 dùng để đo nhiệt độ của một môi trường đặc biệt, kiểm tra nhiệt độ pin. Cung cấp thông tin về nhiệt độ của một linh kiện điện tử khác

- Hình dạng



Hình 2.4. Hình dạng thực tế LM35

b. Cảm biến nhiệt LM 34

- LM34 là một loại cảm biến nhiệt độ giá rẻ thường được sử dụng để đo nhiệt độ (theo °F).

- LM34 có cấu trúc tương tự LM 35

- Điện áp hoạt động: 5 tới 20 VDC.

- LM 34 có ngõ ra 10mV/°F

- Thang đo: -50 đến +300°F

- Mức độ không tuyến tính chỉ $\pm 0,4^\circ F$.

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

- LM34 dùng để đo nhiệt độ của một môi trường đặc biệt, kiểm tra nhiệt độ pin. Cung cấp thông tin về nhiệt độ của một linh kiện điện tử khác

- Hình dạng