

QUÂN KHU 3
TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ SỐ 20



GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT CẢM BIẾN

Nghề đào tạo: Điện tử công nghiệp
Trình độ đào tạo: Cao đẳng nghề

LƯU HÀNH NỘI BỘ

Biên soạn: Cồ Như Tụng

Năm 2022

Tailieu.vn

LỜI NÓI ĐẦU

Tiến bộ khoa học phát triển đã nâng tầm cuộc sống của con người. Con người không chỉ dựa vào các giác quan của cơ thể để khám phá thế giới. Các vật thể, hiện tượng trong tự nhiên còn được con người nhận biết thông qua các dụng cụ, thiết bị cảm nhận khác. Thiết bị có khả năng cảm nhận và biến đổi đó được gọi là *cảm biến*.

Cảm biến ngày càng có vai trò quan trọng trong đời sống của con người. Nó có mặt ở hầu hết các lĩnh vực của cuộc sống: Từ các phòng thí nghiệm, các hệ thống tự động hóa trong công nghiệp,... Đến các lĩnh vực quan trọng khác như giao thông vận tải, an ninh quốc phòng, khí tượng thủy văn, ...

Cuốn “*Giáo trình Kỹ thuật Cảm biến*” này được biên soạn theo chương trình đào tạo Cao đẳng nghề ngành *Kỹ thuật lắp đặt điện và điều khiển trong công nghiệp* của Tổng cục dạy nghề. Giáo trình cung cấp cho người học những kiến thức cơ bản về nguyên lý và ứng dụng của một số loại cảm biến thông dụng trong thực tế. Nhằm làm cho người học có khả năng thiết kế được các mạch cảm biến đơn giản theo yêu cầu kỹ thuật, lắp ráp được một số mạch điều khiển ứng dụng cảm biến, sửa chữa được các hư hỏng cơ bản của các mạch điều khiển trong thực tế sát với nội dung đã học. Giáo trình 6 bài gồm:

Bài mở đầu: Các khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến trong công nghiệp.

Bài 1: Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến nhiệt độ trong công nghiệp.

Bài 2: Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến tiệm cận trong công nghiệp.

Bài 3: Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến đo lưu lượng, áp suất trong công nghiệp

Bài 4: Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến đo vận tốc vòng quay và góc quay trong công nghiệp.

Bài 5: Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến quang điện trong công nghiệp.

Tuy đã rất cố gắng và cẩn thận trong quá trình biên soạn nhưng chắc không thể tránh khỏi những thiếu sót. Kính mong nhận được các ý kiến đóng góp quý báu của đồng nghiệp và bạn đọc.

TÁC GIẢ

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	4
MỤC LỤC.....	3
Bài mở đầu: KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CÁC BỘ CẢM BIẾN CÔNG NGHIỆP	7
1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến trong công nghiệp	7
1.1. Khái niệm.	7
1.2. Các đại lượng ảnh hưởng tới cảm biến.	8
1.3. Sai số của phép đo.....	8
1.4. Độ nhạy của cảm biến.....	8
2. Phạm vi ứng dụng	9
3. Phân loại các bộ cảm biến.....	9
3.1. Theo nguyên lý chuyển đổi giữa kích thích và đáp ứng.....	9
3.2. Theo dạng kích thích.....	10
3.3. Theo tính năng.....	11
3.4. Theo phạm vi sử dụng.....	11
3.5. Theo thông số của mô hình mạch điện thay thế.....	12
BÀI 1: LẮP ĐẶT MẠCH ĐIỆN SỬ DỤNG CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ TRONG CÔNG NGHIỆP	13
1. Đại cương	13
1.1. Thang đo nhiệt độ.	13
1.2. Nhiệt độ cần đo và nhiệt độ đo được.	14
2. Nhiệt điện trở với Platin và Nickel	15
2.1. Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ	15
2.2. Nhiệt điện trở Platin.....	16
2.3. Nhiệt điện trở nickel.....	17
2.4. Cách nối dây đo.....	18
2.5. Các cấu trúc của cảm biến nhiệt platin và nickel.....	20
2.6. Mạch ứng dụng với nhiệt điện trở platin.....	21
2.7. Mạch ứng dụng với nhiệt điện trở Ni.....	23
3. Cảm biến nhiệt độ với vật liệu silic	24
3.1. Nguyên tắc.....	25
3.2. Đặc trưng kỹ thuật cơ bản của dòng cảm biến KTY (hãng Philips sản xuất)	26
3.3. Mạch điện tiêu biểu với KTY81 hoặc KTY82	30
4. IC cảm biến nhiệt độ.	30
4.1. Cảm biến nhiệt LM 35/ 34 của National Semiconductor	31
4.2. Cảm biến nhiệt độ AD 590 của Analog Devices	32
4.3. Mạch ứng dụng.....	32
5. Nhiệt điện trở NTC	33
5.1. Cấu tạo.....	33
5.2. Đặc tính cảm biến nhiệt NTC	33

5.3. Ứng dụng.....	35
6. Nhiệt điện trở PTC	38
6.1. Cấu tạo.....	38
6.2. Đặc tính cảm biến PTC	38
6.3. Ứng dụng.....	40
7. Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến nhiệt độ Platin Pt100, Pt100 và AD70	43
8. Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến LM35.....	44
9. Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến nhiệt điện trở	45
10. Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến nhiệt điện trở PTC.....	46
BÀI 2: LẮP ĐẶT MẠCH ĐIỆN SỬ DỤNG CẢM BIẾN TIỆM CẬN TRONG CÔNG NGHIỆP	49
1. Cảm biến tiệm cận (Proximity Sensor)	49
1.1. Đại cương	49
1.2. Cảm biến tiệm cận điện cảm (Inductive Proximity Sensor)	50
1.2.6. Một số ứng dụng của cảm biến tiệm cận điện cảm.....	56
1.3. <i>Cảm biến tiệm cận điện dung (Capacitive Proximity Sensor)</i>	57
1.3.1. Cấu trúc của cảm biến tiệm cận điện dung	58
1.3.2. Nguyên lý hoạt động của cảm biến tiệm cận điện dung	58
1.3.3. Phân loại cảm biến tiệm cận điện dung	60
1.3.4. Những yếu tố ảnh hưởng đến tầm phát hiện của cảm biến tiệm cận điện dung.....	60
1.3.5. Ưu điểm và nhược điểm của cảm biến tiệm cận điện dung.....	61
1.3.6. Một số ứng dụng của cảm biến tiệm cận điện dung	62
1.4. Cảm biến tiệm cận siêu âm (Ultrasonic proximity sensor).....	62
1.4.1. Cấu trúc cảm biến tiệm cận siêu âm	62
1.4.2. Nguyên lý hoạt động cảm biến tiệm cận siêu âm	63
1.4.3. Ưu nhược điểm của cảm biến tiệm cận siêu âm	64
1.4.4. Một số ứng dụng của cảm biến tiệm cận siêu âm	66
1.5. Cấu hình ngõ ra của cảm biến tiệm cận	68
1.6. Cách kết nối các cảm biến tiệm cận với nhau.....	70
2. Một số loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách khác.....	71
2.1. Xác định vị trí và khoảng cách bằng biến trở	71
2.1.3. Các loại biến trở	73
2.2. Xác định vị trí và khoảng cách bằng tự cảm.....	74
2.3. Xác định vị trí và khoảng cách bằng cảm biến điện dung	77
3. Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến tiệm cận điện cảm	81
4. Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến tiệm cận điện dung.....	83
Bài 3: LẮP ĐẶT MẠCH ĐIỆN SỬ DỤNG CẢM BIẾN ĐO LƯU LƯỢNG, ÁP SUẤT TRONG CÔNG NGHIỆP	86
1. Đại cương	86
1.1. Khái niệm chung về đo lưu lượng.....	86
1.2. Đặc trưng của lưu chất	87
1.3. Hiệu chuẩn khối lượng riêng.....	90
1.4. Trạng thái dòng chảy.....	90

2. Phương pháp đo lưu lượng dựa trên nguyên tắc sự chênh lệch áp suất.....	91
2.1. Định nghĩa áp suất.....	92
2.2. Bộ phận tạo nên sự chênh lệch áp suất	93
2.3. Bộ phận đo sự chênh lệch áp suất	98
2.4. Mạch ứng dụng.....	101
3. Phương pháp đo lưu lượng bằng tần số dòng xoáy.....	103
3.1. Nguyên tắc hoạt động.....	104
3.2. Các ưu điểm nổi bật và hạn chế của phương pháp đo lưu lượng với nguyên tắc tần số dòng xoáy	106
3.3. Một số ứng dụng của cảm biến đo lưu lượng với nguyên tắc tần số dòng xoáy.	107
4. Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến đo lưu lượng, áp suất.....	108
4.1. Thực hành với cảm biến đo lưu lượng (nguyên tắc tần số dòng xoáy) của hãng KROHNE Messtechnik GmbH	108
4.1. 1. Cảm biến OPTISWIRL 4070 C.	108
4.1.2. Cảm biến OPTISWIRL 4070 C.	109
4.1.3. Đo lưu lượng nước với cảm biến OPTISWIRL 4070 C	110
BÀI 4. LẮP ĐẶT MẠCH ĐIỆN SỬ DỤNG CẢM BIẾN ĐO VẬN TỐC VÒNG QUAY VÀ GÓC QUAY TRONG CÔNG NGHIỆP	113
1. Một số phương pháp cơ bản.....	113
2. Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp analog.....	113
2.1. Tốc độ kế một chiều (máy phát tốc):	113
2.2. Tốc độ kế dòng xoáy chiều	114
3. Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp quang điện tử	115
3.1. Dùng bộ cảm biến quang tốc độ với đĩa mã hóa.....	115
3.2. Đĩa mã hóa tương đối.....	116
3.3. Đĩa mã hóa tuyệt đối	117
4. Đo vận tốc vòng quay với nguyên tắc điện trở từ.....	121
4.1. Các đơn vị từ trường và định nghĩa	121
4.2. Cảm biến điện trở từ.....	122
5. Cảm biến đo góc với tổ hợp có điện trở từ	128
5.1. Nguyên tắc.....	128
5.2. Các loại cảm biến đo góc	128
5.2.1. Cảm biến KM110BH/2 của hãng Philips Semiconductor	128
5.2.2. Các loại cảm biến KMA10 và KMA20	130
6. Máy đo góc tuyệt đối (Resolver).....	131
7. Lắp đặt mạch điện sử dụng đo góc với encoder tương đối và tuyệt đối.....	132
7.1. Thực hành với encoder đĩa mã hóa tương đối	132
7.2. Thực hành với encoder tuyệt đối.....	133
7.3. Cảm biến KMI15/1	134
7.4. Cảm biến đo vòng quay KMI16/1.....	136
7.5. Thực hành với cảm biến đo góc KM110BH/2430, KM110BH/2470	137
8. Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến đo vòng quay.....	137

BÀI 5. LẮP ĐẶT MẠCH ĐIỆN SỬ DỤNG CẢM BIẾN QUANG ĐIỆN TRONG CÔNG NGHIỆP	140
1. Đại cương	140
1.1. Ánh sáng và phép đo quang	140
1.2. Cấu trúc, nguyên tắc hoạt động của cảm biến quang.....	143
1.3. Nguồn sáng.....	144
1.4. Thấu kính.....	145
1.5. Thời gian đáp ứng, tính trễ.....	145
1.6. Phân loại cảm biến quang điện	146
1.7. Vùng phát hiện của cảm biến quang điện	146
1.8. Các chế độ hoạt động của cảm biến quang điện	147
1.9. Cấp quang.....	147
1.10. Yêu cầu khi lắp đặt cảm biến	148
2. Cảm biến quang loại thu phát độc lập (Thru-Beam).....	148
2.1. Nguyên tắc hoạt động.....	148
2.2. Vùng hiệu dụng	149
2.3. Đặc điểm cảm biến quang loại thu phát độc lập (Thru-Beam).....	149
3. Cảm biến quang loại phản xạ (Retro-reflective hoặc Reflex)	150
3.1. Nguyên tắc hoạt động.....	150
3.2. Vùng hiệu dụng	151
3.3. Đặc điểm cảm biến quang loại phản xạ (Retro-reflective hoặc Reflex)....	151
3.4. Bộ phận phản xạ.....	151
3.5. Cảm biến loại Retro-reflective với đối tượng có tính chất phản xạ ánh sáng tốt.....	152
3.6. Cảm biến loại Polarized Retro-reflector	152
3.6.1. Cấu trúc	152
3.6.2. Nguyên lý hoạt động	153
4. Cảm biến quang loại khuếch tán (Diffuse)	153
4.1. Nguyên tắc hoạt động.....	153
4.2. Vùng hiệu dụng	154
4.3. Đặc điểm cảm biến quang loại khuếch tán (Diffuse).....	154
4.4. Cảm biến quang loại khuếch tán - tiêu điểm (Fixed Focus Diffuse)	154
4.5. Cảm biến quang loại khuếch tán - giới hạn (Background Suppression Diffuse).....	155
5. Một số ứng dụng của cảm biến quang điện	156
6. Lắp đặt mạch điện sử dụng cảm biến quang.....	157
6.1. Cảm biến quang OPT-F80W.....	157
6.2. Cảm biến quang OU5068 / OUR-HPKG / S	157
6.3. Cảm biến quang OU 5037 / OUF-HPKG	158
6.4. Cảm biến quang OI5013 / OIT-FPKG.....	158
6.5. Thông số kỹ thuật của một số loại cảm biến quang điện dùng trong công nghiệp	159
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	161

Bài mở đầu: KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CÁC BỘ CẢM BIẾN CÔNG NGHIỆP

1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến trong công nghiệp

1.1. Khái niệm.

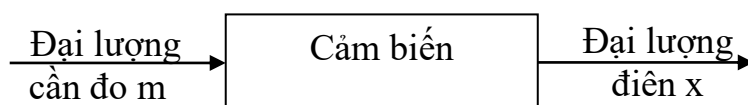
“Cảm biến” trong tiếng Anh gọi là *sensor* xuất phát từ chữ *sense* theo nghĩa là tinh là cảm nhận.

Trong các hệ thống điều khiển tự động, cảm biến đóng vai trò hết sức quan trọng vì nó là thiết bị cung cấp thông tin của quá trình điều khiển cho bộ điều khiển để bộ điều khiển đưa ra những quyết định phù hợp nhằm nâng cao chất lượng của quá trình điều khiển. Có thể so sánh các cảm biến trong hệ thống điều khiển tự động như là các giác quan của con người. Nội dung của chương này sẽ trình bày một số loại cảm biến thông dụng trong công nghiệp và các ứng dụng của nó.

Các hệ thống điều khiển tự động trong công nghiệp có vô số các đại lượng vật lý cần đo như: nhiệt độ, áp suất, dịch chuyển, lưu lượng, trọng lượng ... cần đo. Các đại lượng vật lý này không có tính chất điện, trong khi đó các bộ điều khiển và các cơ cấu chỉ thị lại làm việc với tín hiệu điện vì thế phải có thiết bị để chuyển đổi các đại lượng vật lý không có tính chất điện thành đại lượng điện tương ứng mang đầy đủ các tính chất của đại lượng vật lý cần đo.

Thiết bị chuyển đổi đó là cảm biến.

Như vậy, cảm biến là thiết bị dùng để cảm nhận, biến đổi các đại lượng vật lý hoặc các đại lượng không điện thành các đại lượng điện có thể đo và xử lý được. Cảm biến là thiết bị chịu tác động của các đại lượng vật lý không có tính chất điện m và cho ra một đại lượng vật lý có tính chất điện x như: điện trở, điện tích, điện áp, dòng điện tương ứng với m .



Quan hệ giữa x và m : $x = f(m)$ được gọi là phương trình chuyển đổi của cảm biến, hàm $f(m)$ phụ thuộc vào cấu tạo, vật liệu làm cảm biến ... Để chế tạo cảm biến, người ta sử dụng các hiệu ứng vật lý.

1.2. Các đại lượng ảnh hưởng tới cảm biến.

Trong khi dùng cảm biến để xác định đại lượng cần đo, không chỉ có một đại lượng này tác động lên cảm biến. Trên thực tế, ngoài đại lượng cần đo còn có rất nhiều các đại lượng khác tác động lên cảm biến làm ảnh hưởng tới tín hiệu đo. Các đại lượng này còn gọi là nhiễu.

Các đại lượng ảnh hưởng thường gặp:

- + Nhiệt độ: Làm thay đổi các đặc trưng điện, cơ và kích thước của cảm biến.
- + Độ ẩm: Có thể làm thay đổi tính chất điện của vật liệu.
- + Áp suất, gia tốc, độ rung: Có thể gây nên biến dạng hoặc ứng suất trong.
- + Từ trường: có thể gây nên sức điện động cảm ứng chồng lên tín hiệu có ích.

1.3. Sai số của phép đo.

Bất kỳ một phép đo nào dù đơn giản hay phức tạp đều chứa đựng một sai số nhất định. Hiệu số giữa giá trị thực và giá trị đo được là sai số của phép đo. Sai số của phép đo chỉ có thể đánh giá một cách ước tính bởi vì không thể biết trước được giá trị thực của đại lượng đo.

Khi đánh giá sai số người ta phân làm hai loại: Sai số hệ thống và sai số ngẫu nhiên.

- Sai số hệ thống.

Nguyên nhân:

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

- Sai số ngẫu nhiên.

Nguyên nhân:

- + Do tính không xác định của đặc trưng thiết bị.
- + Do tín hiệu nhiễu ngẫu nhiên.
- + Do các đại lượng ảnh hưởng.

1.4. Độ nhạy của cảm biến

Độ nhạy của cảm biến S xung quanh một giá trị không đổi m của đại lượng đo được xác định bởi tỷ số giữa biến thiên Δs của đại lượng ở đầu ra và biến thiên Δm tương ứng của đại lượng đầu vào.

$$S = \frac{\Delta s}{\Delta m}$$

Trong thực tế, thông thường nhà sản xuất cung cấp sẵn giá trị của độ nhạy S tương ứng với những điều kiện làm việc nhất định của cảm biến. Nhờ có giá trị đó, người sử dụng có thể đánh giá được độ lớn của đại lượng đầu ra của cảm biến và độ lớn của những biến thiên của đại lượng đo. Điều này cho phép lựa chọn được cảm biến thích hợp với các yêu cầu đặt ra.

Đơn vị đo của độ nhạy phụ thuộc vào nguyên lý làm việc của cảm biến và các đại lượng có liên quan.

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 m 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.

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

2. Phạm vi ứng dụng

Cảm biến là loại thiết bị được ứng dụng hầu hết trong các hoạt động sản xuất và đời sống con người. Như: Công nghiệp; Nghiên cứu khoa học; Môi trường, khí tượng; Thông tin, viễn thông; Nông nghiệp; Dân dụng; Giao thông; Vũ trụ; Quân sự

3. Phân loại các bộ cảm biến

Cảm biến có nhiều loại và được phân loại theo nhiều cách khác nhau, tùy thuộc vào từng đặc trưng của chúng:

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

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

3.2. Theo dạng kích thích

Hiện tượng	Dạng 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, tỉ nhiệt ...
Bức xạ	- Kiểu - Năng lượng - Cường độ ...

3.3. Theo tính năng

- 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
--	---

3.4. Theo phạm vi sử dụng

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

3.5. Theo thông số của mô hình mạch điện thay thế

+ *Cảm biến tích cực* có đầu ra là nguồn áp hoặc nguồn dòng.

Cảm biến tích cực hoạt động như một nguồn áp hoặc nguồn dòng được biểu diễn bằng một mạng hai cửa có nguồn. Cảm biến tích cực là các loại cảm biến hoạt động như một máy phát điện, về mặt nguyên lý nó thường dựa trên các hiệu ứng vật lý biến đổi một dạng năng lượng nào đó (như nhiệt, cơ, quang,...) thành năng lượng điện.

+ *Cảm biến thụ động* được đặc trưng bằng các thông số R , L , C , M tuyến tính hoặc phi tuyến.

Cảm biến thụ động được mô tả như một mạng hai cửa không nguồn, có trở kháng phụ thuộc vào các kích thích.

Là các loại cảm biến được chế tạo từ các vật liệu có những thông số trở kháng nhạy với đại lượng đo. Giá trị của trở kháng của cảm biến không những phụ thuộc vào hình dạng, kích thước mà còn phụ thuộc vào tính chất điện của vật liệu, như: điện trở suất ρ , từ thẩm μ , hằng số điện môi ξ .

Phụ thuộc vào bản chất của các vật liệu khác nhau, tính chất điện của chúng có thể nhạy với nhiều đại lượng vật lý như: nhiệt độ, độ chiếu sáng, áp suất, độ ẩm,... Trở kháng của cảm biến thụ động và sự thay đổi của trở kháng dưới tác dụng của đại lượng đo chỉ có thể xác định được khi cảm biến là một thành phần trong một mạch điện. Trên thực tế, tùy từng trường hợp cụ thể mà người ta chọn mạch đo cho thích hợp với cảm biến.

BÀI 1: LẮP ĐẶT MẠCH ĐIỆN SỬ DỤNG CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ TRONG CÔNG NGHIỆP

1. Đại cương

1.1. Thang đo nhiệt độ.

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

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

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

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

Trong đó:

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

❖ Thang Kelvin

Năm 1664 Robert Hook thiết lập điểm không là điểm đông của nước cất. Thomson (Kelvin) nhà vật lý Anh, năm 1852 xác định thang nhiệt độ. Thang Kelvin đơn vị là $^{\circ}\text{K}$, người ta gán cho nhiệt độ của điểm cân bằng của 3 trạng thái nước – nước đá – hơi một trị số bằng 273,15 $^{\circ}\text{K}$.

❖ Thang Celsius

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

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

❖ Thang Fahrenheit

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

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

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

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

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

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

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

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

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

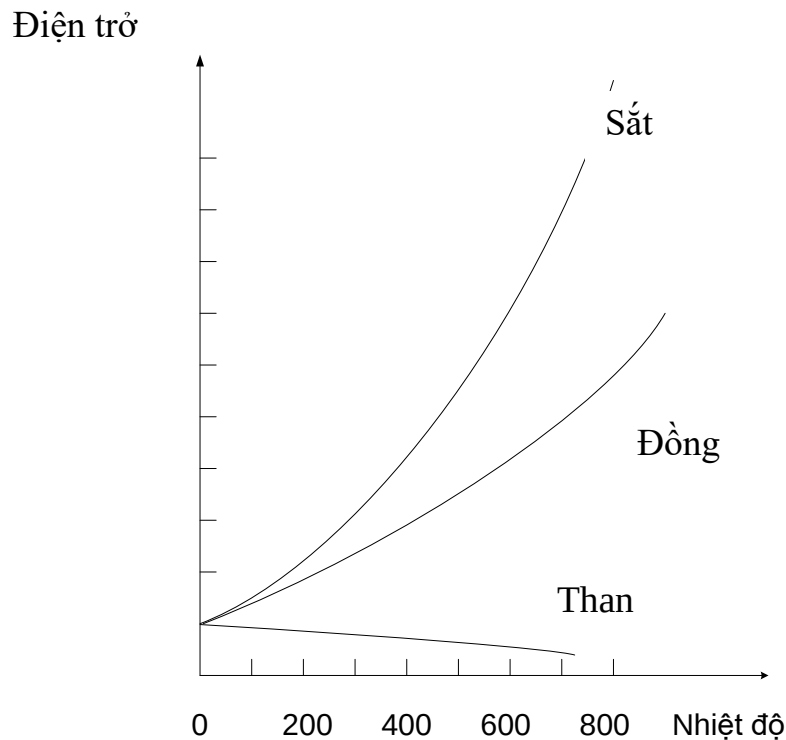
- ❖ Chiều sâu của lỗ khoan phải bằng hoặc lớn hơn gấp 10 lần đường kính của nó ($L \geq 10r$).
- ❖ Giảm trở kháng nhiệt giữa vật rắn và cảm biến bằng cách giảm khoảng cách giữa vỏ cảm biến và thành lỗ khoan. khoảng cách giữa vỏ cảm biến và thành lỗ khoan phải được lấp đầy bằng một vật liệu dẫn nhiệt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

2. Nhiệt điện trở với Platin và Nickel

2.1. Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ

Sự chuyển động của các hạt mang điện tích theo một hướng hình thành một dòng điện trong kim loại. Sự chuyển động này có thể do một lực cơ học hay điện trường gây nên và điện tích có thể là âm hay dương dịch chuyển với chiều ngược nhau. Độ dẫn điện của kim loại rỗng tỉ lệ nghịch với nhiệt độ hay điện trở của kim loại có hệ số nhiệt độ dương. Trong hình 1.1 ta có các đặc tuyến điện trở của các kim loại theo nhiệt độ. Như thế điện trở kim loại có hệ số nhiệt điện trở dương PTC (Positive Temperature Coefficient): điện trở kim loại tăng khi nhiệt độ tăng. Để hiệu ứng này có thể sử dụng được trong việc đo nhiệt độ, hệ số nhiệt độ cần phải lớn. Điều đó có nghĩa là có sự thay đổi điện trở khá lớn đối với nhiệt độ. Ngoài ra các tính chất của kim loại không được thay đổi nhiều sau một thời gian dài. Hệ số nhiệt độ không phụ thuộc vào nhiệt độ, áp suất và không bị ảnh hưởng bởi các hóa chất. Giữa nhiệt độ và điện trở thường không có sự tuyến tính, nó được diễn tả bởi một biểu thức đa cấp cao:

$$R(t) = R_0 (1 + A.t + B.t^2 + C.t^3 + \dots)$$



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

Trong đó:

R_0 : điện trở được xác định ở một nhiệt độ nhất định.

t^2 , t^3 : các phần tử được chú ý nhiều hay ít tùy theo yêu cầu chính xác của phép đo.

A, B, C: các hệ số tùy theo vật liệu kim loại và diễn tả sự liên hệ giữa nhiệt độ và điện trở một cách rõ ràng.

Thông thường đặc tính của nhiệt điện trở được thể hiện bởi chỉ một hệ số α (alpha), nó thay thế cho hệ số nhiệt độ trung bình trong thang đo (ví dụ từ 0°C đến 100°C .)

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

2.2. Nhiệt điện trở Platin

Platin là vật liệu cho nhiệt điện trở được dùng rộng rãi trong công nghiệp. Có 2 tiêu chuẩn đối với nhiệt điện trở platin, sự khác nhau giữa chúng nằm ở mức độ tinh khiết của vật liệu. Hầu hết các quốc gia sử dụng tiêu chuẩn quốc tế DIN IEC751-1983 (được sửa đổi lần thứ nhất vào năm 1986, lần thứ 2 vào năm 1995), USA vẫn tiếp tục sử dụng tiêu chuẩn riêng.

Ở cả 2 tiêu chuẩn đều sử dụng phương trình Callendar - Van Dusen:

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

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

Standard	Alpha ohms/ohm/ $^\circ\text{C}$	R_0 ohms	Hệ số	Đất nước
IEC751 (Pt100)	0.00385055	100	$200^\circ\text{C} < t < 0^\circ\text{C}$ $A = 3.90830 \times 10^{-3}$ $B = -5.77500 \times 10^{-7}$ $C = -4.18301 \times 10^{-12}$ $0^\circ\text{C} < t < 850^\circ\text{C}$ A & B như trên, riêng $C = 0.0$	Úc, Áo, Bỉ, Brazil, Bulgaria, Canada, Cộng hòa Czech, Đan mạch, Ai Cập, Phần Lan, Pháp, Đức, Israel, Ý, Nhật, Ba Lan, Rumania, Nam phi, Thổ Nhĩ Kỳ, Nga, Anh, USA
SAMA RC-4	0.0039200	98.129	$A = 3.97869 \times 10^{-3}$ $B = -5.86863 \times 10^{-7}$ $C = -4.16696 \times 10^{-12}$	USA

R_0 của nhiệt điện trở Pt 100 là 100^0 , của Pt 1000 là 1000^0 , của Pt 500 là 500^0 . Các loại Pt 500, Pt 1000 có hệ số nhiệt độ lớn hơn, do đó độ nhạy lớn hơn: điện trở thay đổi mạnh hơn theo nhiệt độ. ngoài ra còn có loại Pt 10 có độ nhạy kém dùng để đo nhiệt độ trên 600^0C .

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

Đẳng cấp dung sai	Dung sai (^0C)
A	$t = \pm (0.15 + 0.002 \cdot t)$
B	$t = \pm (0.30 + 0.005 \cdot t)$
C	$t = \pm (0.40 + 0.009 \cdot t)$
D	$t = \pm (0.60 + 0.0018 \cdot t)$

Theo tiêu chuẩn DIN vật liệu platin dùng làm nhiệt điện trở có pha tạp. Do đó khi bị các tạp chất khác thẩm thấu trong quá trình sử dụng sự thay đổi trị số điện của nó ít hơn so với các platin ròng. Nhờ thế có sự ổn định lâu dài theo thời gian, thích hợp hơn trong công nghiệp.

2.3. Nhiệt điện trở nickel

Nhiệt điện trở nickel so với platin rẻ tiền hơn và có hệ số nhiệt độ lớn gần gấp hai lần ($6,18 \cdot 10^{-3} \text{ } ^0\text{C}^{-1}$). Tuy nhiên dải đo chỉ từ -60^0C đến $+250^0\text{C}$, vì trên 350^0C

nickel có sự thay đổi về pha. Cảm biến nickel 100 thường dùng trong công nghiệp điều hòa nhiệt độ phòng.

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

$$A = 5.485 \times 10^{-3} \quad B = 6.650 \times 10^{-6} \quad D = 2.805 \times 10^{-11} \quad F = -2.000 \times 10^{-17}.$$

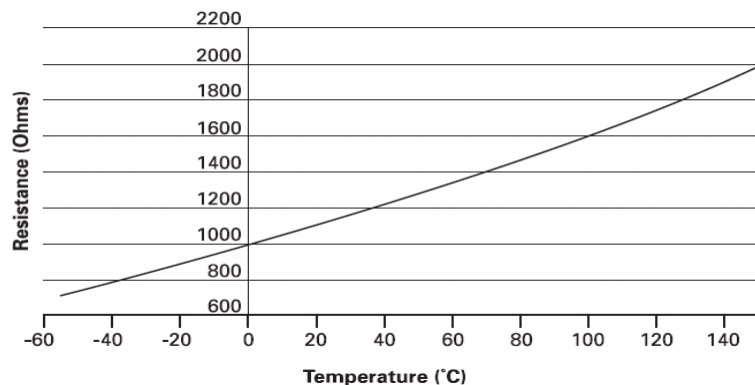
Với các trường hợp không đòi hỏi sự chính xác cao ta sử dụng phương trình sau:

$$R(t) = R_0 (1 + a \cdot t)$$

$$a = \alpha = 0.00672 \text{ } ^0\text{C}^{-1}$$

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

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

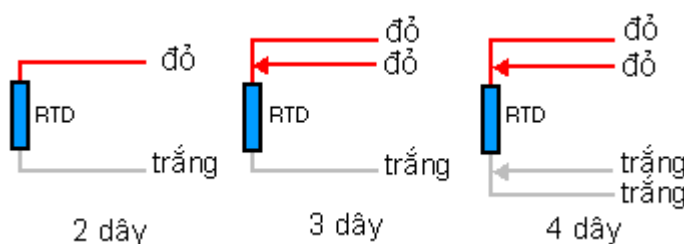


Hình 1.2. Đường đặc tính cảm biến nhiệt độ ZNI1000

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

2.4. Cách nối dây đo

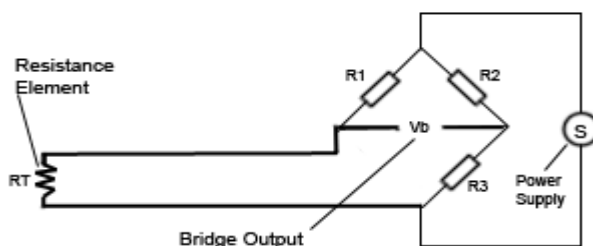
Nhiệt điện trở thay đổi điện trở theo nhiệt độ. Với một dòng điện không thay đổi qua nhiệt điện trở, ta có điện thế đo được $U = R.I$. Để cảm biến không bị nóng lên qua phép đo, dòng điện cần phải nhỏ khoảng 1mA . Với Pt 100 ở 0°C ta có điện thế khoảng $0,1\text{V}$. Điện thế này cần được đưa đến máy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



Hình 1.3. Cách nối dây nhiệt điện trở

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

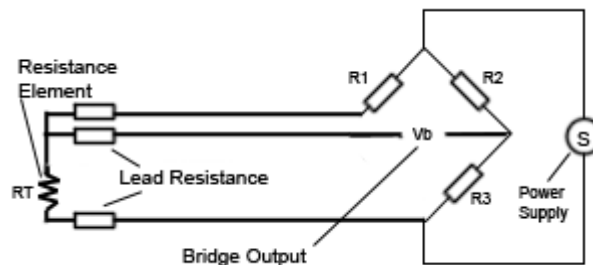
✚ Kỹ thuật hai dây



Hình 1.4. Kỹ thuật 2 dây

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

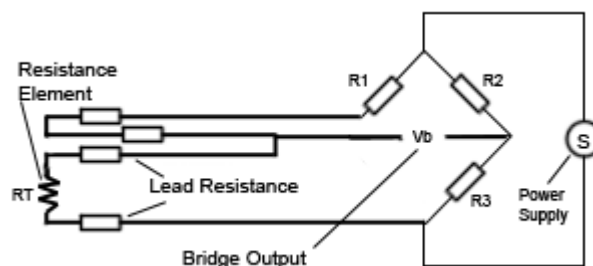
✚ Kỹ thuật 3 dây:



Hình 1.5. Kỹ thuật 3 dây

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

✚ Kỹ thuật 4 dây.



Hình 1.6. Kỹ thuật 4 dây

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

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