

**BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔNG
TRƯỜNG CAO ĐẲNG CƠ GIỚI NINH BÌNH**

GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT CẢM BIẾN

MÔ ĐUN: 26

NGHỀ: Điện Công Nghiệp

TRÌNH ĐỘ: CAO ĐẲNG

*Ban hành kèm theo Quyết định số: /QĐ-... ngày.....tháng....năm
..... của.....*

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN:

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

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

TaiLieu.vn

LỜI GIỚI THIỆU

Giáo trình môn dạy Kỹ thuật cảm biến được biên soạn theo chương trình khung của tổng cục dạy nghề. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ lôgic chặt chẽ. Giải thích được nguyên lý hoạt động của các bộ Cảm biến. Đấu nối đúng màu dây cấp điện áp. Cài đặt, căn chỉnh, lắp đặt vận hành bộ cảm biến đúng quy trình đảm bảo yêu cầu kỹ thuật, mỹ thuật, định mức thời gian. Xác định được các hư hỏng và đưa ra được phương pháp bảo dưỡng cảm biến trong từng trường hợp cụ thể.

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

Nội dung giáo trình được biên soạn bao gồm có:

Bài 1: Lựa chọn cảm biến phù hợp với mạch ứng dụng

Bài 2: Lắp ráp mạch cảm biến nhiệt độ

Bài 3: Lắp ráp mạch cảm biến tiệm cận và các loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách

Bài 4: Lắp ráp mạch cảm biến đo lưu lượng

Bài 5: Lắp ráp mạch cảm biến đo vận tốc vòng quay và góc quay

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

Mặc dù đã cố gắng tổ chức biên soạn để đáp ứng được mục tiêu đào tạo nhưng không tránh được những khiếm khuyết. Rất mong nhận được đóng góp ý kiến của người sử dụng, người đọc để nhóm biên soạn sẽ hiệu chỉnh hoàn thiện hơn sau thời gian sử dụng.

MỤC TIÊU CỦA MÔ ĐUN:

- *Về kiến thức:*
 - + Phân tích cấu tạo, nguyên lý chế tạo các bộ cảm biến.
 - + Phân tích, khảo sát các đặc điểm, đặc tính của các loại bộ cảm biến.
- *Về kỹ năng:*
 - + Nhận dạng và đo kiểm tra, lắp đặt vận hành đúng quy trình.
 - + Lựa chọn được cảm biến phù hợp với mạch.
 - + Dò tìm, phát hiện và bảo dưỡng phục một số hư hỏng
- *Về thái độ:*
 - + Nghiêm túc trong học tập
 - + An toàn cho người và thiết bị

MỤC LỤC		
TT	ĐỀ MỤC	TRANG
	Lời giới thiệu	3
	Mục lục	5
1	Bài 1: Lựa chọn cảm biến phù hợp với mạch ứng dụng	5
1.1	Nhận dạng các loại bộ cảm biến	6
1.2	Khảo sát các loại bộ cảm biến	6
2	Bài 2: Lắp ráp mạch cảm biến nhiệt độ	11
2.1	Đại cương	11
2.2	Thang đo nhiệt độ	12
2.3	Nhiệt độ được đo và nhiệt độ cần đo.	13
2.4	Nhiệt điện trở với Platin và Nickel	14
2.5	Cách đấu nối dây đo	17
2.6	Mạch ứng dụng với nhiệt điện trở Platin	21
2.7	Mạch ứng dụng với nhiệt điện trở Niken	24
2.8	IC cảm biến nhiệt độ	31
2.9	Nhiệt điện trở NTC và PTC	35
3	Bài 3: Lắp ráp mạch ứng dụng cảm biến đo vị trí, khoảng cách	61
3.1	Đại cương	61
3.2	Cảm biến tiệm cận điện cảm	62
3.3	Cảm biến tiệm cận điện dung	71
3.4	Cảm biến siêu âm	77
3.5	Một số loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách khác	87
4	Bài 4: Lắp ráp mạch cảm biến đo lưu lượng	109
4.1	Đại cương	109
4.2	Lắp ráp mạch cảm biến đo lưu lượng	131
5	Bài 5: Lắp ráp mạch cảm biến đo vận tốc vòng quay và góc quay	146
5.1	Đại cương	146
5.1	Lắp ráp mạch cảm biến đo vận tốc vòng quay và góc quay	170

Bài 1: LỰA CHỌN CẢM BIẾN PHÙ HỢP VỚI MẠCH ỨNG DỤNG

I. Mục tiêu của bài:

- Nhận dạng, phân loại và giải thích đặc tính cơ bản của một số loại cảm biến thường dùng trong các mạch điện tử dân dụng;
- Khái quát và phân biệt được các đại lượng đo;
- Lựa chọn được cảm biến phù hợp với mạch;
- Đảm bảo an toàn cho người và thiết bị trong quá trình thực hành;
- Thực hiện tốt công tác an toàn lao động và vệ sinh công nghiệp.

II. Nội dung của bài:

Bước 1: Nhận dạng các loại bộ cảm biến

a. Lý thuyết liên quan:

Để lựa chọn cảm biến phù hợp với mạch ứng dụng ta phải nhận dạng được loại cảm biến theo các cách sau:

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

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

1.2. Theo dạng kích thích

Kích thích	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 Điện dẫn, hằng số điện môi...
Từ	Từ trường Từ thông, cường độ từ trường. Độ từ thẩm...
Cơ	Vị trí Lực, áp suất Gia tốc, vận tốc, ứng suất, độ cứng Mô men Khối lượng, tỉ trọng Độ nhớt
Quang	Phổ Tốc độ truyền Hệ số phát xạ, khúc xạ...
Nhiệt	Nhiệt độ Thông lượng Tỷ nhiệt ...vv
Bức xạ	Kiểu Năng lượng Cường độ ...vv

1.3. Theo tính năng

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

1.4. Theo phạm vi sử dụng

- Công nghiệp
- Nghiên cứu khoa học
- Môi trường, khí tượng
- Thông tin, viễn thông
- Nông nghiệp
- Dân dụng

- Giao thông vận tải...vv

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

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

b. Trình tự thực hiện:

Điều kiện thực hiện

- Thiết bị: Cảm biến các loại, các đại lượng cần đo .
- Dụng cụ: Bộ dụng cụ nghề điện cầm tay, bộ thiết bị đo lường điện cầm tay...
- Vật tư: Giấy, bút

Nội dung thực hiện bước 1:

- Chuẩn bị các loại cảm biến: Đúng chủng loại, đủ số lượng, đảm bảo các thông số kỹ thuật. Không biến dạng kích thước ngoài, đảm bảo các thông số kỹ thuật trên nhãn-mác.
- Kiểm tra bộ dụng cụ nghề điện cầm tay: Đúng quy cách
- Kiểm tra bộ thiết bị đo lường điện cầm tay: Đúng quy cách, đúng chủng loại, đủ số lượng, đảm bảo các thông số kỹ thuật
- Kiểm tra nguồn điện: Điện áp AC-220v; AC-380v hoặc DC-12v đến 24v

c. Thực hành

Giáo viên và học viên cùng chuẩn bị.

Bước 2. Xác định loại cảm biến

a. Lý thuyết liên quan:

: - Tài liệu về cảm biến

- Nhận dạng, phân loại và giải thích đặc tính cơ bản của một số loại cảm biến thường dùng trong công nghiệp.

b. Trình tự thực hiện:

**Điều kiện thực hiện*

- Thiết bị: Các loại cảm biến.

- Dụng cụ: Bộ dụng cụ nghề điện cầm tay, bộ thiết bị đo lường điện cầm tay.

Vật tư: Giấy, bút.

Nội dung thực hiện bước 2:

- Xác định loại cảm biến: Không nhầm lẫn, không trùng lặp, chính xác loại cảm biến

- Xác định đại lượng đo: Chỉ ra chính xác các đại lượng đo như (Khoảng cách, tốc độ, vòng quay, âm thanh, cường độ ánh sáng...)

- Xác định nguồn làm việc: Điện áp làm việc một chiều (DC) hay xoay chiều (AC). Điện áp AC-220V hay DC-12V...

- Xác định tên - Mô đun của các loại cảm biến: Hãng sản xuất, năm sản xuất, mã hiệu hoặc tên gọi

c. Thực hành

Học viên học tập theo nhóm cùng nhau thảo luận

Giáo viên tổng hợp ý kiến và kết luận

Bước 3. Đánh giá chất lượng các loại cảm biến

a. Lý thuyết

- Kiến thức về cảm biến
- Kiến thức về đại lượng đo.
- Kiến thức về an toàn điện

b. Trình thực hiện

Điều kiện thực hiện

Thiết bị:

Dụng cụ:

Vật tư: Giấy bút

Nội dung thực hiện bước 3:

- Kiến thức về cảm biến: Đánh giá chuẩn xác về sự hiểu biết về cảm biến của học viên.

- Thẩm mỹ: Trình bày logic, khoa học, gọn gàng.

- An toàn và vệ sinh công nghiệp: Các thiết bị được gá lắp chắc chắn.

Dây điện được đấu nối chắc chắn không có nguy cơ dò rỉ điện ra bên ngoài.

c. Thực hành

Học viên tự đánh giá và đánh giá chéo lẫn nhau

Giáo viên tổng hợp các ý kiến đánh giá và đưa ra kết luận cuối cùng.

III. Tóm tắt trình tự thực hiện hoặc quy trình công nghệ

STT	Nội dung công việc	Dụng cụ, vật tư, thiết bị	Tiêu chuẩn thực hiện	Các lỗi thường gặp	An toàn lao động
1	Chuẩn bị:	Cảm biến các loại, các đại lượng cần đo, bộ dụng cụ nghề điện cầm tay, bộ thiết bị đo lường cầm tay.	Kiến thức đầy đủ để học viên thực hiện lựa chọn cảm biến đo. Đúng chủng loại đảm bảo chất lượng, đảm bảo thông số kỹ thuật	Số lượng không đúng chủng loại, chất lượng và thông số kỹ thuật không đạt.	Đảm bảo an toàn về điện
2	Xác định các loại cảm biến.	Cảm biến các loại, các đại lượng cần đo, bộ dụng cụ nghề điện cầm tay, bộ thiết bị đo lường cầm tay.	Đúng chủng loại.	Nhầm lẫn, sai các đại lượng đo.	
3	Đánh giá chất lượng các loại cảm biến	Giấy bút	Đánh giá chính xác kết quả lựa chọn, chất lượng kỹ thuật	Đánh giá chưa sát thực.	

Bài 2: LẮP RÁP MẠCH ỨNG DỤNG CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ

I. Mục tiêu của bài

- Trình bày được các phương pháp đo, đóng cắt mạch điện;
- Lắp ráp được một số mạch đo nhiệt độ, vị trí và khoảng cách, đo lưu lượng, vận tốc góc và vòng quay, đóng cắt mạch điện;
- Đảm bảo an toàn cho người và thiết bị trong quá trình thực hành;
- Thực hiện tốt công tác an toàn lao động và vệ sinh công nghiệp.

II. Nội dung của bài:

2.1. Lắp ráp mạch ứng dụng sử dụng cảm biến để đo nhiệt độ

Bước 1. Tìm hiểu nguyên lý mạch

a. Lý thuyết liên quan

Trong tất cả các đại lượng vật lý, nhiệt độ là một trong các đại lượng được quan tâm nhiều nhất vì nhiệt độ đóng vai trò quyết định đến nhiều tính chất của vật chất. Nhiệt độ có thể làm ảnh hưởng đến các đại lượng chịu tác dụng của nó. Thí dụ như áp suất, thể tích của chất khí...vv. Bởi vậy trong công nghiệp cũng như đời sống hàng ngày phải đo nhiệt độ. Dụng cụ đo nhiệt độ đơn giản nhất là nhiệt kế sử dụng hiện tượng giãn nở nhiệt. Để chế tạo các bộ cảm biến nhiệt độ người ta sử dụng nhiều nguyên lý cảm biến khác nhau như:

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

Để đo được trị số chính xác của nhiệt độ là vấn đề không đơn giản. Nhiệt độ là đại lượng chỉ có thể đo gián tiếp trên cơ sở tính chất của vật phụ thuộc vào nhiệt độ. Trước khi đo nhiệt độ ta cần đề cập đến thang đo nhiệt độ.

2.1.1-Đại cương

2.1.1.1. Thang đo nhiệt độ.

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

Thang đo nhiệt độ tuyệt đối được xác định dựa trên tính chất của khí lý tưởng.

Định luật Carnot nêu rõ: Hiệu suất η của một động cơ nhiệt thuận nghịch hoạt động giữa 2 nguồn có nhiệt độ θ_1 và θ_2 trong một thang đo bất kỳ chỉ phụ thuộc

vào θ_1 và θ_2 :
$$\eta = \frac{F(\theta_1)}{F(\theta_2)}$$

Dạng của hàm F chỉ phụ thuộc vào thang đo nhiệt độ. Ngược lại, việc lựa chọn hàm F sẽ quyết định thang đo nhiệt độ. Đặt $F(\square) = T$ chúng ta sẽ xác định T như là nhiệt độ nhiệt động học tuyệt đối và hiệu suất của động cơ nhiệt thuận nghịch sẽ được viết như sau:
$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Trong đó:

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

- **Thang Kelvin**

Năm 1664 Robert Hook thiết lập điểm không là điểm đông của nước cất. Thomson (Kelvin) nhà vật lý Anh, năm 1852 xác định thang nhiệt độ. Thang Kelvin đơn vị là $^{\circ}\text{K}$, 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

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

- Nhiệt độ đo được:

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

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

- Đo nhiệt độ trong lòng vật rắn

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

- Chiều sâu của lỗ khoan phải bằng hoặc lớn hơn gấp 10 lần đường kính của nó ($L \geq 10r$).

- Giảm trở kháng nhiệt giữa vật rắn và cảm biến bằng cách giảm khoảng cách giữa vỏ cảm biến và thành lỗ khoan. khoảng cách giữa vỏ cảm biến và thành lỗ khoan phải được lấp đầy bằng một vật liệu dẫn nhiệt tốt.

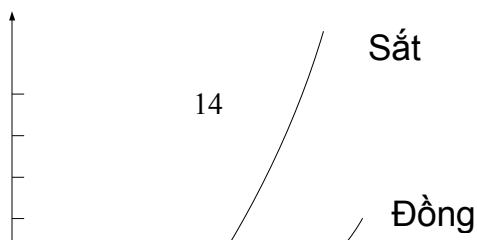
2.1.1.3. Nhiệt điện trở với Platin và Nickel

- Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ

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

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

Điện



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

- R_0 : điện trở được xác định ở một nhiệt độ nhất định.
- t^2, t^3 : các 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 .)

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

- Nhiệt điện trở Platin

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

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

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

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

Standard	Alpha ohms/ohm/ $^{\circ}\text{C}$	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 100Ω , của Pt 500 là 500Ω , của Pt 1000 là 1000Ω . Các loại Pt 500, Pt 1000 có hệ số nhiệt độ lớn hơn, do đó độ nhạy lớn hơn: điện trở thay đổi mạnh hơn theo nhiệt độ. ngoài ra còn có loại Pt 10 có độ nhạy kém dùng để đo nhiệt độ trên 600°C .

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

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

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

- 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 ($6,18 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$). Tuy nhiên dải đo chỉ từ -60°C đến $+250^{\circ}\text{C}$, vì trên

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

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

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

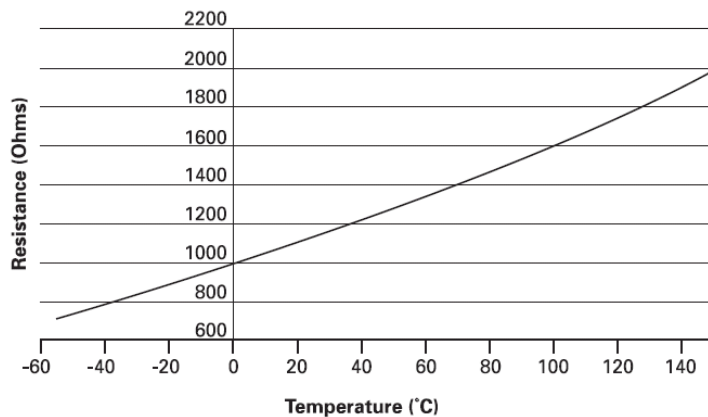
Với các trường hợp không đòi hỏi sự chính xác cao ta sử dụng phương trình sau:

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

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

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

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

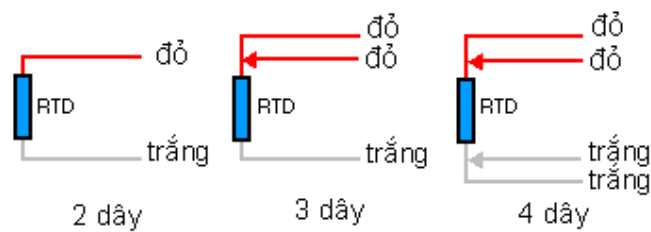


Hình 1.2. Đường đặc tính cảm biến nhiệt độ ZNI1000

Cảm biến nhiệt độ ZNI1000 do hãng ZETEX Semiconductors sản xuất sử dụng nhiệt điện trở Ni, được thiết kế có giá trị 1000 Ω tại 0⁰C.

2.1.1.4. Cách nối dây đo

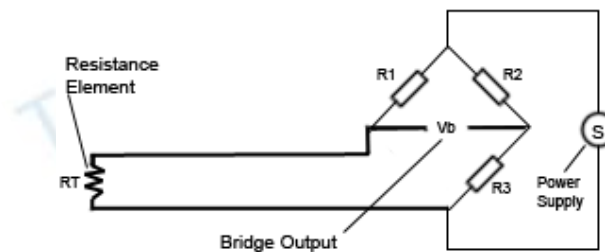
Nhiệt điện trở thay đổi điện trở theo nhiệt độ. Với một dòng điện không thay đổi qua nhiệt điện trở, ta có điện thế đo được $U = R.I$. Để cảm biến không bị nóng lên qua phép đo, dòng điện cần phải nhỏ khoảng 1mA. Với Pt 100 ở 0⁰C ta có điện thế khoảng 0,1V. Điện thế này cần được đưa đến máy đo qua dây đo. Ta có 4 kỹ thuật nối dây đo.



Hình 1.3 Cách nối dây nhiệt điện trở

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

+ Kỹ thuật hai dây



Hình 1.4

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

Ví dụ với dây đồng:

Diện tích mặt cắt dây đo: $0,5\text{mm}^2$

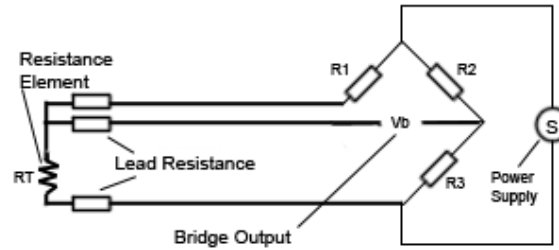
Điện trở suất: $0,0017\ \Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$

Chiều dài: 100m

$R = 6,8\ \Omega$, với $6,8\ \Omega$ tương ứng cho nhiệt điện trở Pt 100 một thay đổi nhiệt độ là 17°C . Để tránh sai số của phép đo do điện trở của dây đo gây ra, người ta bù trừ điện trở của dây đo bằng một mạch điện như sau: Một biến trở bù trừ được nối vào một trong hai dây đo và nhiệt điện trở được thay thế bằng một điện

trở $100\ \Omega$. Mạch điện tử được thiết kế với điện trở dự phòng của dây đo là $10\ \Omega$.
Ta chỉnh biến trở sao cho có chỉ thị 0°C : Biến trở và điện trở của dây đo là $10\ \Omega$.

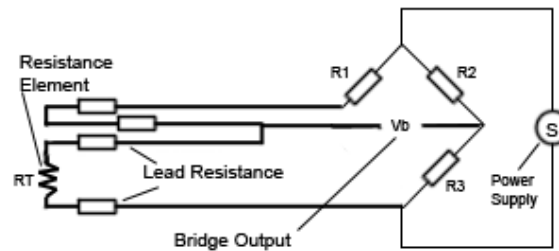
- **Kỹ thuật 3 dây:**



Hình 1.5

Từ nhiệt điện trở của dây đo được nối thêm (h1.5). Với cách nối dây này ta có hai mạch đo được hình thành, một trong hai mạch được dùng làm mạch chuẩn. Với kỹ thuật 3 dây, sai số cho phép đo do điện trở dây đo và sự thay đổi của nó do nhiệt độ không còn nữa. Tuy nhiên 3 dây đo cần có cùng trị số kỹ thuật và có cùng một nhiệt độ. Kỹ thuật 3 dây rất phổ biến.

- **Kỹ thuật 4 dây.**



Hình 1.6

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

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

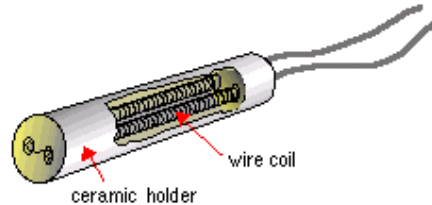
Người ta vẫn có thể dùng hai dây đo mà không bị sai số cho phép đo với bộ biến đổi tín hiệu đo. Bộ biến đổi tín hiệu đo biến đổi tín hiệu của cảm biến thành một dòng điện chuẩn, tuyến tính so với nhiệt độ có cường độ từ 4mA đến 20mA. Dòng điện nuôi cho bộ biến đổi được tải qua hai dây đo với cường độ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

Các cấu trúc của cảm biến nhiệt platin và nickel

- Nhiệt điện trở với kỹ thuật dây quấn.

Nhiệt điện trở với vỏ gốm: Sợi platin được giữ chặt trong ống gốm sứ với bột oxit nhôm. Dải đo từ -200°C đến 800°C .

Nhiệt điện trở với vỏ thủy tinh: loại này có độ bền cơ học và độ nhạy cao. Dải đo từ -200°C đến 400°C , được dùng trong môi trường hóa chất có độ ăn mòn hóa học cao.

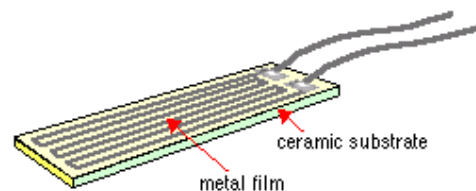


Hình 1.7: Cấu trúc nhiệt điện trở kim loại dây quấn (vỏ ceramic)

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

- Nhiệt điện trở với kỹ thuật màng mỏng

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



Hình 1.8: Cấu trúc nhiệt điện trở kim