

**ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH HẢI PHÒNG
TRƯỜNG CĐCN HẢI PHÒNG**



GIÁO TRÌNH

**Tên môn học: KỸ THUẬT CẢM BIẾN
NGHỀ: CƠ ĐIỆN TỬ**

LỜI NÓI ĐẦU

Trong thời đại phát triển của khoa học và kỹ thuật ngày nay cảm biến đóng vai trò quan trọng. Nó là thành phần quan trọng nhất trong các thiết bị đo hay trong các hệ thống điều khiển tự động. Có thể nói rằng nguyên lý hoạt động của một cảm biến, trong nhiều trường hợp thực tế cũng chính là nguyên lý của phép đo hay của phương pháp điều khiển tự động

Giờ đây không có một lĩnh vực nào mà ở đó không sử dụng cảm biến. Chúng có mặt trong các hệ thống tự động phức tạp, người máy, kiểm tra sản phẩm, tiết kiệm năng lượng, chống ô nhiễm môi trường. Cảm biến cũng được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực giao thông vận tải, hàng tiêu dùng, bảo quản thực phẩm, ô tô, trò chơi điện tử... Do đó việc trang bị cho mình một kiến thức về các loại cảm biến là nhu cầu không thể thiếu của các kỹ thuật viên, kỹ sư của ngành điện cũng như những ngành khác.

Môn học kỹ thuật cảm biến là môn học chuyên môn của học viên ngành điện công nghiệp. Môn học này nhằm trang bị cho học viên các trường nghề những kiến thức về nguyên lý, cấu tạo, các mạch ứng dụng trong thực tế một số loại cảm biến... Với các kiến thức được trang bị học viên có thể áp dụng trực tiếp vào lĩnh vực sản xuất cũng như trong đời sống. Ngoài ra các kiến thức này dùng làm phương tiện để học tiếp các môn chuyên môn của ngành điện như Trang bị điện, PLC... Môn học này cũng có thể làm tài liệu tham khảo cho các cán bộ kỹ thuật, các học viên của các ngành khác quan tâm đến lĩnh vực này.

Tổ bộ môn Tự động hóa

MỤC LỤC

Lời nói đầu.....	3
Bài mở đầu: Cảm biến và ứng dụng.....	6
Bài 1: Cảm biến nhiệt độ.....	12
Bài 2: Cảm biến tiệm cận và một số cảm biến xác định khoảng cách.....	42
Bài 3: phương pháp đo lưu lượng.....	73
Bài 4: Đo vận tốc vòng quay và góc quay.....	104
Tài liệu tham khảo.....	125

MÔN HỌC: KỸ THUẬT CẢM BIẾN

Mã môn học: MH 26

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của môn học:

- Môn học Kỹ thuật cảm biến học sau các môn học, mô đun Kỹ thuật cơ sở, đặc biệt các môn học, mô đun: Mạch điện, Điện tử cơ bản, Đo lường điện và Trang bị điện.

- Là môn học chuyên môn nghề. Kỹ thuật cảm biến ngày càng được sử dụng rộng rãi đặc biệt trong ngành tự động hóa nói chung và tự động hóa công nghiệp nói riêng. Môn học trang bị những kiến thức và kỹ năng để người học hiểu rõ và sử dụng thành thạo các loại cảm biến được ứng dụng trong ngành công nghiệp.

Mục tiêu của môn học:

- Phân tích được cấu tạo, nguyên lý hoạt động của các loại cảm biến.
- Phân tích được nguyên lý của mạch điện cảm biến.
- Biết đầu nối các loại cảm biến trong mạch điện cụ thể
- Hình thành tư duy khoa học phát triển năng lực làm việc theo nhóm
- Rèn luyện tính chính xác khoa học và tác phong công nghiệp.

Nội dung của môn học:

Số TT	Tên chương, mục	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành Bài tập	Kiểm tra* (LT hoặc TH)
	Bài mở đầu: Cảm biến và ứng dụng 1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến. 2. Phạm vi ứng dụng	2	2		
I	Cảm biến nhiệt độ. 1. Đại cương 2. Nhiệt điện trở với Platin và Nickel 3. Cảm biến nhiệt độ với vật liệu silic 4. IC cảm biến nhiệt độ. 5. Nhiệt điện trở NTC. 6. Các bài thực hành ứng dụng các loại cảm biến nhiệt độ.	16	14	2	
II	Cảm biến tiệm cận và các loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách. 1. Cảm biến tiệm cận	10	7	2	1

	(Proximity Sensor 2.Một số loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách khác. 3.Các bài thực hành ứng dụng các loại cảm biến tiệm cận				
III	Cảm biến đo lưu lượng. 1. Đại cương. 2.Phương pháp đo lưu lượng dựa trên nguyên tắc sự chênh lệch áp suất. 3.Phương pháp đo lưu lượng bằng tần số dòng xoáy 4.Các bài thực hành ứng dụng cảm biến đo lưu lượng.	14	10	3	1
IV	Cảm biến đo vận tốc vòng quay và góc quay. 1.Một số phương pháp đo vận tốc vòng quay cơ bản. 2.Cảm biến đo góc với tổ hợp có điện trở từ. 3.Các bài thực hành ứng dụng.	18	12	5	1
	Cộng	60	45	12	3

BÀI MỞ ĐẦU: CẢM BIẾN VÀ ỨNG DỤNG

Giới thiệu:

Cảm biến là phần tử có chức năng tiếp thu, cảm nhận tín hiệu đầu vào ở dạng này và đưa ra tín hiệu ở dạng khác. Cảm biến được ứng dụng rất rộng rãi trong mọi lĩnh vực, đặc biệt trong lĩnh vực tự động hóa công nghiệp.

Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm, đặc điểm, phạm vi ứng dụng của cảm biến.
- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác, logic khoa học, tác phong công nghiệp.

Nội dung chính:

1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến

Mục tiêu:

- Phát biểu được khái niệm về cảm biến, vị trí của cảm biến trong dây chuyền sản xuất và cách phân loại cảm biến trong thực tế

1.1. Khái niệm

Cảm biến là thiết bị dùng để cảm nhận biến đổi các đại lượng vật lý, các đại lượng không có tính chất điện cần đo thành các đại lượng có tính chất điện có thể đo và xử lý được.

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

$$s = f(m)$$

s: Đại lượng đầu ra hay còn gọi là đáp ứng đầu ra của cảm biến.

m: đại lượng đầu vào hay là kích thích (có nguồn gốc đại lượng cần đo)

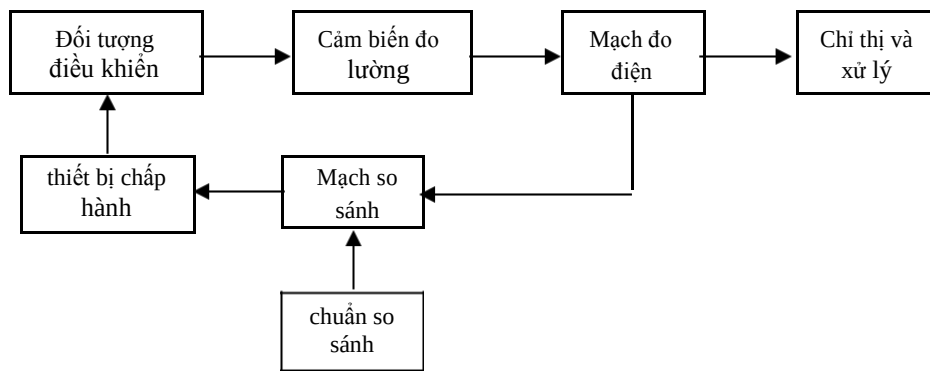
f :là hàm truyền đạt của cảm biến. Hàm truyền đạt thể hiện cấu trúc của thiết bị biến đổi và thường có đặc tính phi tuyến, điều đó làm giới hạn khoảng đo và dẫn tới sai số. Trong trường hợp đại lượng đo biến thiên trong phạm vi rộng cần chia nhỏ khoảng đo để có hàm truyền tuyến tính (Phương pháp tuyến tính hoá từng đoạn). Thông thường khi thiết kế mạch đo người ta thực hiện các mạch hỗ trợ để hiệu chỉnh hàm truyền sao cho hàm truyền đạt chung của hệ thống là tuyến tính.

Giá trị (m) được xác định thông qua việc đo đặc giá trị (s)

Các tên khác của các bộ cảm biến: Sensor, bộ cảm biến đo lường, đầu dò, van đo lường, bộ nhận biết hoặc bộ biến đổi.

Trong hệ thống đo lường và điều khiển, các bộ cảm biến và cảm biến ngoài việc đóng vai trò các “giác quan” để thu thập tin tức còn có nhiệm vụ là “nhà phiên dịch” để cảm biến các dạng tín hiệu khác nhau về tín hiệu điện. Sau đó sử dụng các mạch đo lường và xử lý kết quả đo vào các mục đích khác nhau.

***Sơ đồ nguyên tắc của một hệ thống đo lường điều khiển**

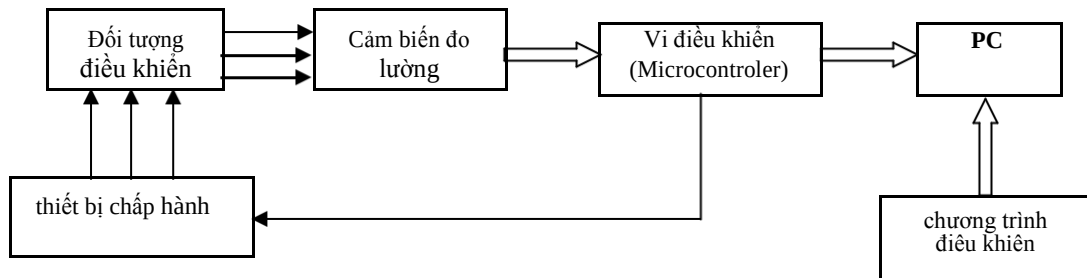


Hình 1: Sơ đồ nguyên tắc của một hệ thống đo lường điều khiển

Tham số trạng thái X của đối tượng cần điều khiển được cảm biến sang tín hiệu y nhờ cảm biến đo lường. Tín hiệu lỗi ra được mạch đo điện xử lý để đưa ra cơ cấu chỉ thị.

Trong các hệ thống điều khiển tự động, tín hiệu lỗi ra của mạch đo điện sẽ được đưa trở về lỗi sau khi thực hiện thao tác so sánh với chuẩn một tín hiệu lỗi ra sẽ khởi phát thiết bị thừa hành để điều khiển đối tượng.

* Trong hệ thống đo lường điều khiển hiện đại, quá trình thu thập và xử lý tín hiệu thường do máy tính đảm nhiệm.



Hình 2: Hệ thống đo lường và điều khiển ghép PC

Trong sơ đồ trên đối tượng điều khiển được đặc trưng bằng các biến trạng thái và được các bộ cảm biến thu nhận. Đầu ra của các bộ cảm biến được phối ghép với vi điều khiển qua dao điện. Vi điều khiển có tổ oạt động độc lập theo chương trình đã được cài đặt sẵn hoặc phối ghép với máy tính. Đầu ra của bộ vi điều khiển được phối ghép với cơ cấu chấp hành nhằm tác động lên quá trình hay đối tượng điều khiển. Chương trình cho vi điều khiển được cài đặt thông qua máy tính hoặc các bộ nạp chương trình chuyên dụng. Đây là sơ đồ điều khiển tự động quá trình (đối tượng), trong đó bộ cảm biến đóng vai trò phần tử cảm nhận, đo đạc và đánh giá các thông số của hệ thống. Bộ vi điều khiển làm nhiệm vụ xử lý thông tin và đưa ra tín hiệu quá trình.

Từ sen-sor là một từ mượn tiếng la tinh Sensus trong tiếng Đức và tiếng Anh được gọi là sensor, trong tiếng Việt thường gọi là bộ cảm biến. Trong kỹ thuật còn hay gọi thuật ngữ đầu đo hay đầu dò

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

1.2. Phân loại các bộ cảm biến.

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

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

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

1.2.2. Theo dạng kích thích.

Kích thích	Các đặc tính của kích thích
Âm thanh	Biên pha, phân cực Phổ Tốc độ truyền sóng ...vv
Điện	Điện tích, dòng điện Điện thế, điện áp Điện trường Điện dẫn, hằng số điện môi ...vv

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

1.2.3. Theo tính năng.

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

1.2.4. 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

1.2.5. 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.

2. Phạm vi ứng dụng.

Các bộ cảm biến được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực kinh tế và kỹ thuật. Các bộ cảm biến đặc biệt và rất nhạy cảm được sử dụng trong các thí nghiệm các lĩnh vực nghiên cứu khoa học. Trong lĩnh vực tự động hoá người ta sử dụng các loại sensor bình thường cũng như đặc biệt.

CHƯƠNG 1. CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ

Mã chương: MH27 - 01

Giới thiệu:

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 quan trọng của vật chất. Nhiệt độ có thể làm ảnh hưởng đến các đại lượng chịu tác dụng của nó. Một trong những đặc điểm quan trọng của nhiệt độ là làm thay đổi một cách liên tục các đại lượng chịu ảnh hưởng của nó ví dụ như áp suất, thể tích của chất khí, sự thay đổi pha hay điểm Curie của vật liệu từ ...vv. Bởi vậy trong công nghiệp cũng như đời sống hàng ngày phải đo nhiệt độ.

Mục tiêu:

- Phân biệt được các loại cảm biến nhiệt độ.
- Lắp ráp, điều chỉnh được đặc tính bù của NTC, PTC.
- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác, logic khoa học, tác phong

công nghiệp

Nội dung chính:

1. Đại cương

- Mục tiêu:
- *Nắm được các thang đo nhiệt độ và mối quan hệ của chúng*
 - *Phân biệt được các loại cảm biến 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. Đối với đa số các đại lượng vật lý đều có thể xác định một cách định lượng nhờ phép so sánh chúng một đại lượng cùng loại gọi là chuẩn so sánh. Những đại lượng như vậy gọi là đại lượng mở rộng vì chúng có thể được xác định bằng bội số hoặc ước số của đại lượng chuẩn. Ngược lại nhiệt độ là một đại lượng gia tăng, việc nhân hoặc chia nhiệt độ không có ý nghĩa rõ ràng và chỉ có thể đo gián tiếp nhiệt độ trên cơ sở tính chất của vật chất phụ thuộc vào nhiệt độ. Trước khi đo nhiệt độ ta cần đề cập đến thang đo nhiệt độ.

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 δ_1 và δ_2 trong một thang đo bất kỳ chỉ phụ thuộc vào δ_1 và δ_2 :

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

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 $F(\delta) = T$ 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.

1.1.1. Thang Kelvin Năm 1852 xác định thang nhiệt độ. Thang Kelvin đơn vị là 0K , người ta gán cho nhiệt độ của điểm cân bằng của 3 trạng thái nước – nước đá – hơi một trị số bằng $273,15^0K$.

1.1.2. Thang Celsius

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

$$T(^0C) = T(^0K) - 273,15$$

1.1.3. Thang Fahrenheit

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

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

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

Bảng 2.1 Thông số đặc trưng của một số thang đo nhiệt độ khác nhau

Nhiệt độ	Kelvin (0K)	Celsius (0C)	Fahrenheit (0F)
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 được đo và nhiệt độ cần đo.

1.2.1. 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.

1.2.2. 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

Mục tiêu: Nắm được cấu tạo, nguyên tắc hoạt động, đặc tính của các loại nhiệt điện trở 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:

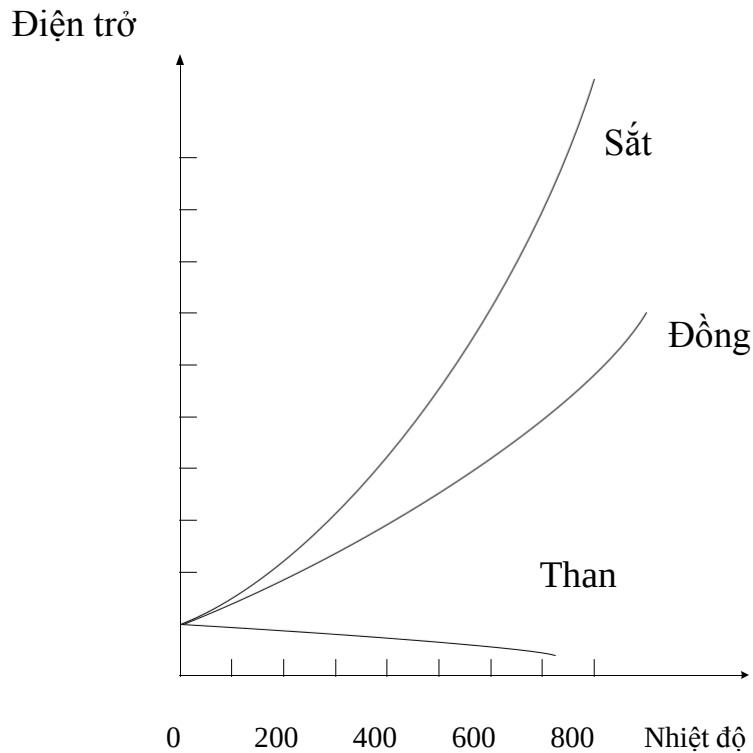
$$R(t) = R_0 (1 + A.t + B.t^2 + C.t^3 + \dots)$$

- 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 .)

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



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

2.2. Nhiệt điện trở Platin:Pt

(Pt có màu trắng, xám tro, sáng chói không mất đi khi ngâm trong nước hay ở trong không khí. Nó rất dễ dát mỏng hay vuốt giăn. Người ta có thể rèn, dát mỏng và kéo khi nguội (cho đến đường kính 2mm). Các loại dây có đường kính bé đến 0,015mm người ta dùng khuôn kéo cỡ bằng kim cương. Đường kính nhỏ hơn nữa đến 0,001mm được chế tạo bằng cách bọc các sợi mảnh Platin trong lớp bạc hoặc đồng và tiếp tục kéo các sợi này mảnh hơn. Vỏ bọc bằng bạc hay bằng đồng sẽ được hoà tan trong dung dịch Axit Iritiric.)

Các điện trở Pt hoạt động tốt trong dải nhiệt độ khá rộng $T = -200^\circ\text{C}$ đến 1000°C nếu như vỏ bảo vệ của nó cho phép.

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

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

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 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	$t = \pm(0.60 + 0.018 \cdot t)$

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 $100\mu\text{m}$).

2.3. Nhiệt điện trở nickel (Kền): Ni

(Ni có màu trắng - xám tro, rực sáng và nó được bảo vệ trong không khí ẩm, nó không bị ôxi hoá ở trong không khí và trong nước ở nhiệt độ thông thường. Nó bị ôxi hoá ở nhiệt độ 500°C. Niken là kim loại bền, song dễ dát mỏng và dễ vuốt giăn ở nhiệt độ nóng và khi nguội. Khi tiếp xúc với nhiều kim loại khác nhau, nó cho sức nhiệt điện động tương đối lớn để có thể dùng làm nhiệt ngẫu.)

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 350°C nickel có sự thay đổi về pha. Cảm biến nickel 100 thường dùng trong công nghiệp điều hòa nhiệt độ phòng.

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

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

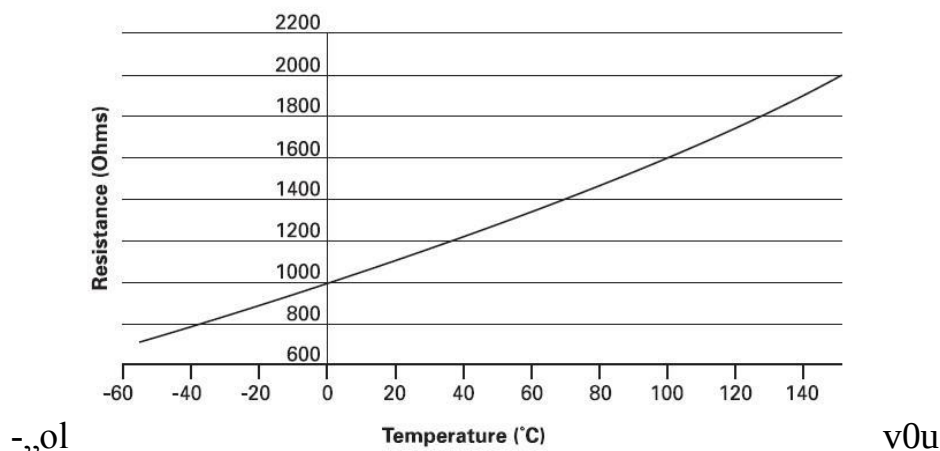
Với các trường hợp không đòi hỏi sự chính xác cao ta sử dụng phương trình sau:

$$R(t) = R_0 (1 + \alpha.t)$$

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

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

$$t = (R_t / R_0 - 1) / \alpha = (R_t / R_0 - 1) / 0.00672$$

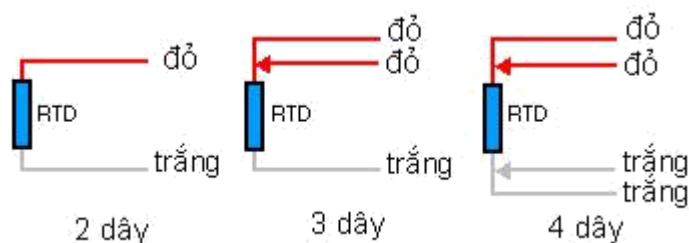


Hình 1.2: Đường đặc tính cảm biến nhiệt độ ZNI1000

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 0°C .

2.4. Cách nối dây đo

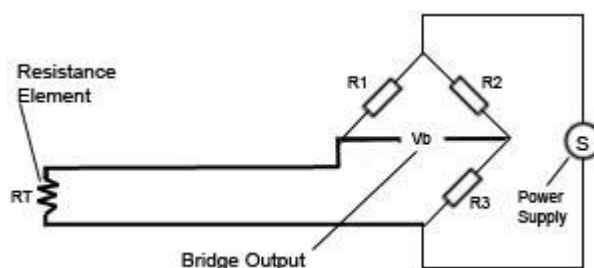
Nhiệt điện trở thay đổi điện trở theo nhiệt độ. Với một dòng điện không thay đổi qua nhiệt điện trở, ta có điện thế đo được $U = R.I$. Để cảm biến không bị nóng lên qua phép đo, dòng điện cần phải nhỏ khoảng 1mA. Với Pt 100 ở 0°C ta có điện thế khoảng 0,1V. Điện thế này cần được đưa đến máy đo qua dây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

a.. Kỹ thuật hai dây



Hình 1.4

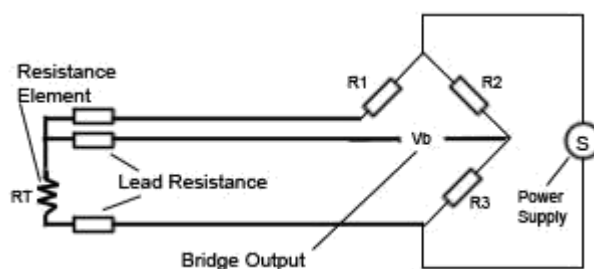
Giữa nhiệt điện trở và mạch điện tử được nối bởi hai dây. Bất cứ dây dẫn điện nào đều có điện trở, điện trở này nối nối tiếp với nhiệt điện trở. Với hai điện trở của hai dây đo, mạch điện trở sẽ nhận được một điện thế cao hơn điện thế cần đo. Kết quả ta có chỉ thị nhiệt kế cao hơn nhiệt độ cần đo. Nếu 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 17^0C . 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 0^0C : Biến trở và điện trở của dây đo là $10\ \Omega$.

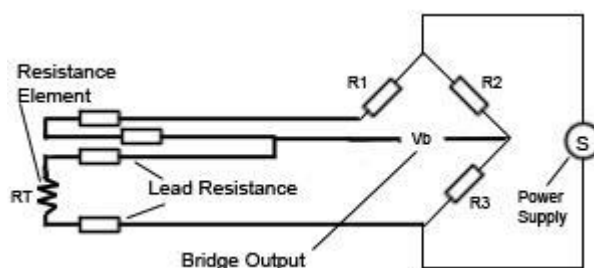
b.. Kỹ thuật 3 dây:



Hình 1.5

Từ nhiệt điện trở của dây đo được nối thêm (h1.2b). 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 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.

d. 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.

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

□ Nhiệt điện trở với kỹ thuật dây quấn.

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