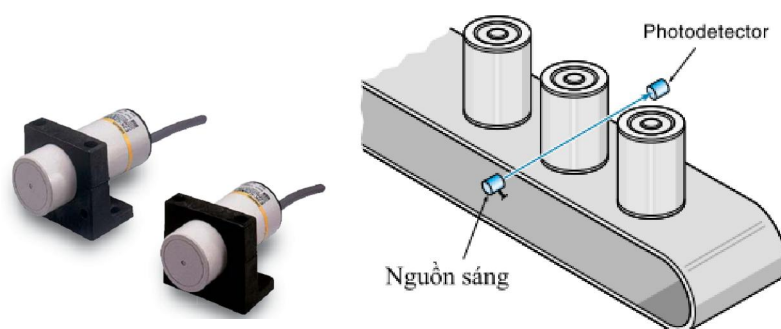


TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

Chủ biên: Bùi Chính Minh
Đồng tác giả: Phạm Thùy Dung



GIÁO TRÌNH KỸ THUẬT CẢM BIẾN



Hà Nội - 2011

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Kỹ thuật Cảm biến được biên soạn nhằm đáp ứng nhu cầu giảng dạy và học tập của Giảng viên, Sinh viên trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội. Nội dung giáo trình được phát triển dựa trên chương trình đào tạo mô đun Kỹ thuật Cảm biến (MĐ28), nghề Điện công nghiệp và điện tử dân dụng do Tổng cục Dạy nghề ban hành. Nội dung giáo trình mang tính logic về kiến thức của toàn bộ chương trình đào tạo đồng thời hướng tới mục tiêu hình thành và phát triển năng lực thực hiện hoạt động nghề nghiệp cho người học. Dạy học tích hợp được lựa chọn trong giáo trình nhằm tạo ra các tình huống liên kết tri thức các môn học, đó là cơ hội phát triển các năng lực của sinh viên. Khi xây dựng các tình huống vận dụng kiến thức người học sẽ phát huy được năng lực tự lực, phát triển tư duy sáng tạo (kiến thức, kỹ năng, và thái độ nghề nghiệp). Giáo trình được biên soạn gồm 5 bài:

Bài mở đầu: cảm biến và ứng dụng.

Bài 1: Cảm biến nhiệt độ.

Bài 2: Cảm biến tiệm cận và các loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách.

Bài 3: Cảm biến đo lưu lượng.

Bài 4: Cảm biến đo vận tốc vòng quay và góc quay.

Giáo trình được viết theo trình tự lý thuyết và các nội dung thực hành. Đây là những kiến thức, kỹ năng cơ bản nhất sinh viên cần được trang bị.

Mặc dù nhóm biên soạn đã cố gắng phát triển giáo trình sao cho phù hợp và hiệu quả nhất với sinh viên cao đẳng nghề Điện công nghiệp, nhưng chắc chắn vẫn còn nhiều thiếu sót.

Chúng tôi mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc và đồng nghiệp để giáo trình hoàn thiện hơn. Mọi ý kiến xin được gửi về: Trường cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội, 131 Thái Thịnh, Đống Đa, Hà Nội.

NHÓM TÁC GIẢ

Hà Nội, ngày 01 tháng 12 năm 2012

Tham gia biên soạn giáo trình

1. Bùi Chính Minh – Chủ biên

2. Phạm Thùy Dung.

Tuyên bố bản quyền

Tài liệu này là loại giáo trình nội bộ dùng trong nhà trường với mục đích làm tài liệu giảng dạy cho giáo viên và học sinh, sinh viên nên các nguồn thông tin có thể được tham khảo.

Tài liệu phải do trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội in ấn và phát hành.

Việc sử dụng tài liệu này với mục đích thương mại hoặc khác với mục đích trên đều bị nghiêm cấm và bị coi là vi phạm bản quyền.

Trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội xin chân thành cảm ơn các thông tin giúp cho nhà trường bảo vệ bản quyền của mình.

Địa chỉ liên hệ:

Trường Cao đẳng nghề Công nghiệp Hà Nội.

131 – Thái Thịnh – Đống Đa – Hà Nội

Điện thoại: (84-4) 38532033

Fax: (84-4) 38533523

Website: www.hnivc.edu.vn

MỤC LỤC

MỤC LỤC	4
TỪ VIẾT TẮT DÙNG TRONG GIÁO TRÌNH	6
BÀI MỞ ĐẦU: CẢM BIẾN VÀ ỨNG DỤNG.....	8
1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến.....	8
1.1 Định nghĩa	8
1.2 Phân loại các bộ cảm biến.....	9
1.3 Các đơn vị đo lường.....	12
2. Phạm vi ứng dụng.....	12
BÀI 1: CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ	14
1. Đại cương.....	14
1.1. Thang đo nhiệt độ	14
1.2. Nhiệt độ được đo và nhiệt độ cần đo	15
1.3 Phân loại.....	16
2. Nhiệt điện trở với Platin và Nickel.....	17
2.1 Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ.	17
2.2 Nhiệt điện trở Platin (Resistance Temperature Detector – RTD)	18
3. Cảm biến nhiệt độ với vật liệu silic.....	27
3.1 Nguyên tắc.....	27
3.2 Đặc trưng kỹ thuật cơ bản của dòng cảm biến KTY	30
3.3 Mạch điện tiêu biểu với KTY81 hoặc KTY82.B	30
4. IC cảm biến nhiệt độ.....	32
4.1 Cảm biến nhiệt LM 35/ 34 của National Semiconductor	32
4.2 Một số mạch ứng dụng.....	35
5. Nhiệt điện trở NTC.....	38
5.1 Cấu tạo.....	38
5.2 Đặc tính cảm biến nhiệt NTC	40
BÀI 2: CẢM BIẾN TIỆM CẬN VÀ CÁC LOẠI CẢM BIẾN XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ, KHOẢNG CÁCH	
1. Cảm biến tiệm cận (Proximity Sensor).....	46
1.1 Đại cương.	46
1.2 Cảm biến tiệm cận điện cảm (Inductive Proximity Sensor).	47
1.3 Cảm biến tiệm cận điện dung (Capacitive Proximity Sensor).	49
1.4 Cảm biến tiệm cận siêu âm (Ultrasonic proximity cảm biến).....	50
1.5 Cấu hình tín hiệu ra tín hiệu t của cảm biến tiệm cận	54
1.6. Cách kết nối các cảm biến tiệm cận với thiết bị điều khiển.....	56
2. Một số loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách khác	66
2.1 Xác định vị trí và khoảng cách bằng biến trở.....	67
2.1.1 Nguyên lý làm việc	67
2.1.2 Cấu tạo	68

2.2 Xác định vị trí và khoảng cách bằng tự cảm.....	71
2.2.1 Nguyên lý làm việc.....	71
2.2.2 Cấu tạo.....	74
2.2.3 Ứng dụng.....	75
2.3 Xác định vị trí và khoảng cách bằng cảm biến điện dung.....	76
2.3.1 Nguyên lý làm việc.....	76
2.3.3 Ứng dụng.....	78
BÀI 3: CẢM BIẾN ĐO LƯU LƯỢNG, TRỌNG LƯỢNG VÀ ÁP SUẤT	
1. Đại cương.....	82
1.1 Khái niệm chung về đo lưu lượng.....	82
1.2 Đặc trưng của lưu chất.....	82
1.3 Hiệu chuẩn khối lượng riêng.....	83
2. Phương pháp đo lưu lượng dựa trên nguyên tắc sự chênh lệch áp suất.....	84
2.1 Định nghĩa áp suất.....	84
2.1.1 Định nghĩa.....	84
2.1.2 Đơn vị.....	84
2.1.3 Phương pháp đo.....	84
2.2 Bộ phận tạo nên sự chênh lệch áp suất.....	85
2.3. Bộ phận đo sự chênh lệch áp suất.....	87
2.4 Mạch ứng dụng.....	87
3. Phương pháp đo lưu lượng bằng tần số dòng xoáy.....	92
3.1 Nguyên tắc hoạt động.....	92
3.2 Một số ứng dụng của cảm biến đo lưu lượng với nguyên tắc tần số dòng xoáy.....	94
4. Cảm biến đo trọng lượng (Load cell).....	94
4.1 Nguyên lý, cấu tạo và phân loại cảm biến đo trọng lượng.....	94
4.2. Mạch ứng dụng.....	98
BÀI 4: CẢM BIẾN ĐO VẬN TỐC VÒNG QUAY VÀ GÓC QUAY	
1. Một số phương pháp đo vận tốc vòng quay cơ bản.....	103
1.1 Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp analog.....	103
1.2 Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp quang điện từ.....	105
1.3 Đo vận tốc vòng quay với nguyên tắc điện trở từ.....	110
2. Cảm biến đo góc với tổ hợp có điện trở từ.....	115
2.1 Giới thiệu các loại cảm biến KM110BH/2.....	115
2.2 Cấu tạo.....	115
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	120

TỪ VIẾT TẮT DÙNG TRONG GIÁO TRÌNH

<i>Tên đầy đủ</i>	<i>Viết tắt</i>
Atomat	ATM
Dùng điện trở nhiệt bán dẫn thermistor	NTC
Điện trở nhiệt Nickel 100	Ni-100
Điện trở nhiệt platin 100	PT100
Điện áp xoay chiều	VAC
Hệ đo lường quốc tế	SI
Môđule	MĐ
Nhiệt điện trở Platin (Resistance Temperature Detector)	RTD
Quay cùng chiều kim đồng hồ	CW
Quay ngược chiều kim đồng hồ	CCW

MÔ ĐUN: KỸ THUẬT CẢM BIẾN

Mã số mô đun: MD 28

Mục tiêu của mô đun:

+ **Kiến thức:**

- Phân tích được cấu tạo, nguyên lý hoạt động của các loại cảm biến;
- Phân tích được nguyên lý của mạch điện cảm biến, ứng dụng trong điều khiển máy công nghiệp.

+ **Kỹ năng:**

- 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.

+ **Thái độ:**

- Rèn luyện tính chính xác khoa học và tác phong công nghiệp.

Nội dung của mô đun

Số TT	Tên các bài trong mô đun	Thời gian			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành	Kiểm tra*
1	Bài mở đầu: Cảm biến và ứng dụng	2	2		
2	Bài 1: Cảm biến nhiệt độ.	16	14	2	
3	Bài 2: Cảm biến tiệm cận và các loại cảm biến xác định vị trí, khoảng cách.	10	7	2	1
4	Bài 3: Cảm biến đo lưu lượng.	14	10	3	1
5	Bài 4: Cảm biến đo vận tốc vòng quay và góc quay.	18	12	5	1
	Cộng:	60	45	12	3

* Ghi chú: Thời gian kiểm tra được tích hợp giữa lý thuyết với thực hành được tính vào giờ thực hành

Yêu cầu về đánh giá hoàn thành mô đun:

Hình thức giảng dạy chính của môn học: Lý thuyết trên lớp kết hợp với thảo luận nhóm và thực hành.

Áp dụng hình thức kiểm tra tích hợp giữa lý thuyết với thực hành. Các nội dung trọng tâm cần kiểm tra là:

- Lý thuyết:

- + Cấu tạo, đặc tính kỹ thuật, phạm vi ứng dụng của các loại cảm biến.
- + Vẽ sơ đồ mạch, phân tích nguyên lý các mạch ứng dụng cảm biến nhiệt độ, cảm biến khoảng cách, cảm biến quang...
- + Tính toán các thông số cơ bản trong mạch.
- + Chọn loại cảm biến phù hợp yêu cầu cho trước.

- Thực hành:

- + Dùng các loại máy đo/thiết bị đo để phát hiện sai lỗi của cảm biến/mạch đo, hiệu chỉnh thông số thiết bị có tại xưởng.
- + Lắp ráp và cân chỉnh mạch ứng dụng (tổng hợp) các loại cảm biến.

BÀI MỞ ĐẦU: CẢM BIẾN VÀ ỨNG DỤNG

Mục tiêu

Kiến thức

- Trình bày được khái niệm, đặc điểm, phạm vi ứng dụng của các loại cảm biến.

Kỹ năng

- Nhận dạng được các loại cảm biến.

Thái độ

- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác, lắng nghe, ghi chép đầy đủ logic khoa học.

LÝ THUYẾT

1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến

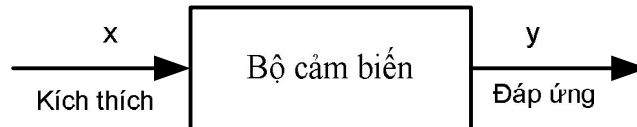
1.1 Định nghĩa

Trong các hệ thống đo lường – điều khiển, mọi quá trình đều được đặc trưng bởi các trạng thái: nhiệt độ, áp suất, tốc độ, mômen... các biến trạng thái này thường là các đại lượng không điện. Để điều chỉnh, điều khiển các quá trình cần thu thập các thông tin tín hiệu đầu vào, theo dõi trạng thái biến thiên của quá trình nhờ các cảm biến.

Ví dụ: Con người có đôi mắt chính là cơ quan cảm biến để nhận biết thế giới xung quanh.

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

Phần lớn các cảm biến làm việc theo nguyên lý biến đổi tham số vật lý nào đó (nhiệt độ, áp suất, lưu lượng...) thành tín hiệu điện.



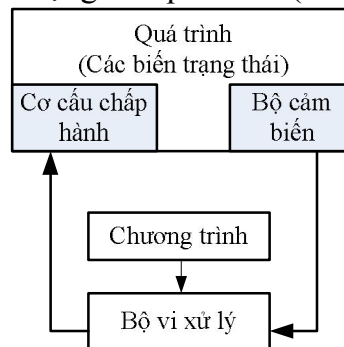
Hình 1: Mô hình mạch của cảm biến

Phương trình mô tả quan hệ giữa đáp ứng y và kích thích x của bộ cảm biến có dạng như sau:

$$y = f(x) \quad (1)$$

mối quan hệ của công thức (1) thường rất phức tạp vì có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến mối quan hệ đáp ứng – kích thích.

Ngày nay, quá trình điều khiển được đặc trưng bằng các biến trạng thái và được các bộ vi xử lý thu thập tín hiệu. Đầu ra của bộ cảm biến được đưa ghép nối với cơ cấu chấp hành nhằm tác động lên quá trình (đối tượng) điều khiển.



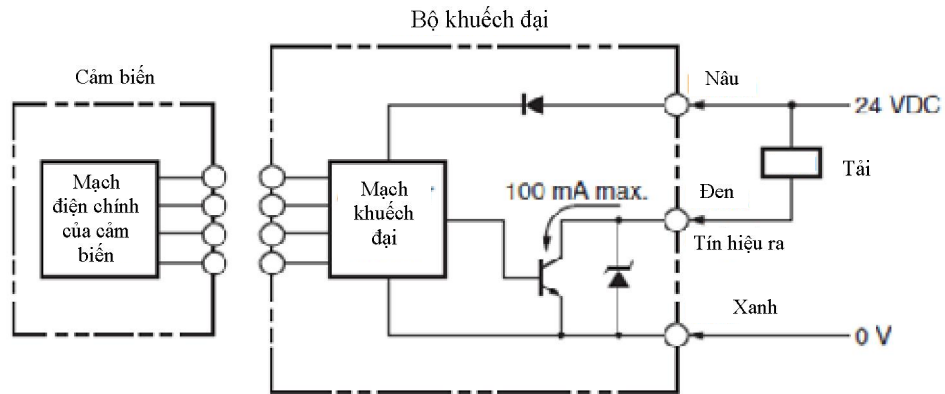
Hình 2: Hệ thống điều khiển tự động quá trình

Trên sơ đồ hình 2, bộ cảm biến đóng vai trò cảm nhận, đo đạc và đánh giá các thông số của hệ thống, bộ vi xử lý làm nhiệm vụ xử lý thông tin và đưa ra tín hiệu điều khiển quá trình.

Cấu trúc mạch điện của cảm biến bao gồm:

Mạch cảm biến: cảm nhận tín hiệu cảm biến và chuyển đổi thành tín hiệu điện.

Bộ khuếch đại thuật toán: là bộ khuếch đại một chiều có hệ số khuếch đại lớn và tổng trở vào rất nhỏ.

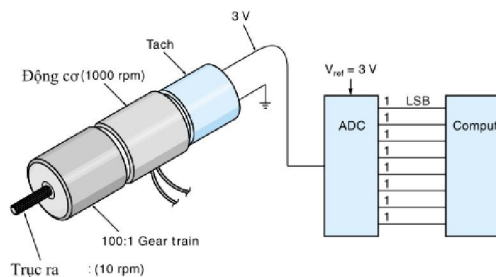


Hình 3: Sơ đồ mạch điện vào/ ra

1.2 Phân loại các bộ cảm biến

1.2.1 Phân loại theo đặc tính và nguyên lý làm việc

- Cảm biến vị trí bao gồm: chiết áp, encoder quay quang, biến áp vi sai biến đổi tuyến tính.

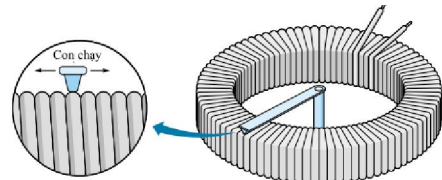


Cảm biến đo tốc độ

Cảm biến vị trí

Cảm biến tốc độ: tốc kế một chiều và tốc kế quang.

- Cảm biến lân cận: gồm các chuyển mạch giới hạn, các chuyển mạch lân cận quang và chuyển mạch tín hiệu Hall.



Chiết áp kiểu dây quấn



Cảm biến thu phát chung

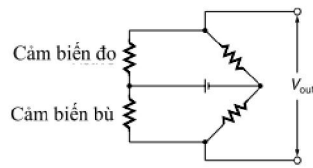
không cần gương phản xạ

Cảm biến tiệm cận điện cảm đo khoảng cách dài có điều chỉnh độ nhạy

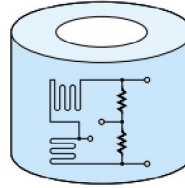


Cảm biến cáp quang

- Cảm biến trọng lượng: cảm biến dạng dây quấn, cảm biến biến dạng lực bán dẫn, cảm biến biến dạng lực nhỏ.



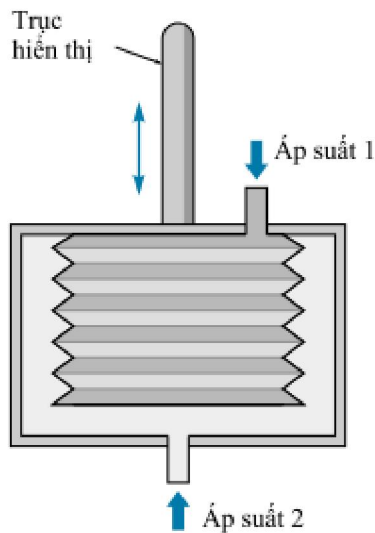
Cảm biến dạng dây dẫn



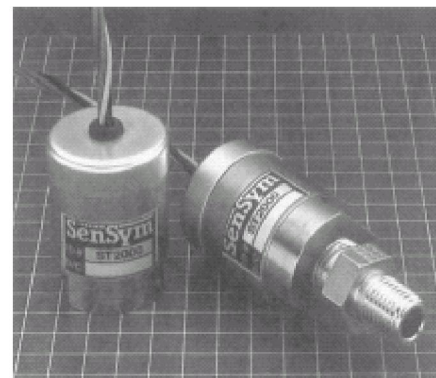
Cảm biến lực

Cảm biến trọng lượng

- Cảm biến áp suất bao gồm: các ống Buốc đông, ống xếp, cảm biến áp suất bán dẫn.



Cảm biến áp suất dạng ống xếp
Cảm biến áp suất

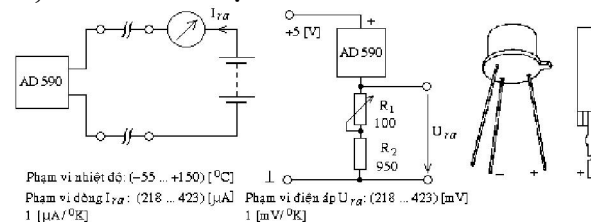


Cảm biến áp suất bán dẫn
ST2000 (Courtesy of SenSym Inc.)

- Cảm biến nhiệt độ bao gồm: cảm biến nhiệt độ lưỡng kim, cặp nhiệt, cảm biến nhiệt điện trở dây quấn, nhiệt điện trở, cảm biến nhiệt bán dẫn.



Cảm biến nhiệt độ RTD
Cảm biến nhiệt độ



IC cảm biến nhiệt độ

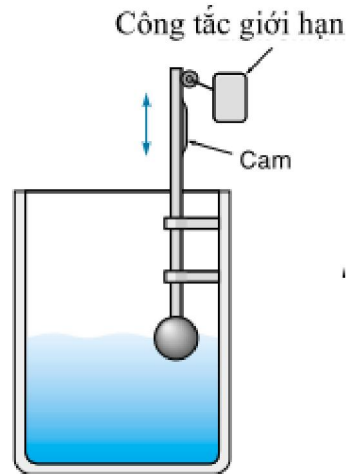
- Cảm biến lưu lượng bao gồm: cảm biến lưu lượng kiểu tấm đục lỗ, kiểu ống Pilot, kiểu ống Venturi, cảm biến lưu lượng kiểu tua bin và cảm biến lưu lượng kiểu từ.

- Cảm biến đo mức bao gồm: cảm biến tương tự và cảm biến rời rạc.

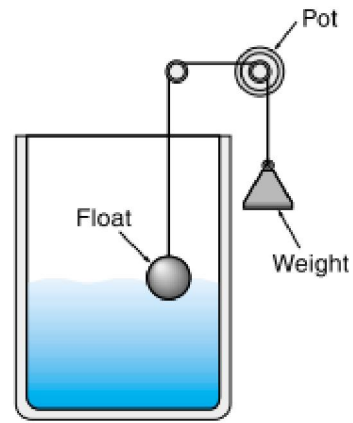
1.2.2 Phân loại theo thông số của bộ cảm biến

Cảm biến tích cực (có nguồn): đầu ra là nguồn áp hoặc nguồn dòng

Cảm biến thụ động (không nguồn) được đặc trưng bằng các thông số R, L, C, M... tuyến tính hoặc phi tuyến.



Cảm biến mức rời rạc
Cảm biến đo mức



Cảm biến mức liên tục

Ngoài ra, các bộ cảm biến có thể được phân loại theo các phương pháp sau:
- Phân loại theo nguyên lý chuyển đổi đáp ứng – Kích thích

Hiện tượng	Chuyển đổi đáp ứng và kích thích
Vật lý	Nhiệt điện Quang điện Quang từ Quang đàn hồi Từ điện Nhiệt từ Nhiệt quang
Hóa học	Biến đổi hóa học Biến đổi điện hóa Phân tích phổ
Sinh học	Biến đổi sinh hóa Biến đổi vật lý Phân tích phổ

- Phân loại theo dạng kích thích

Kích thích	Các đặc tính của kích thích
Âm thanh	Biên pha 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 Tốc độ truyền sóng 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 Momen Khối lượng, tỷ trọng Vận tốc, Chất lưu, độ nhớt
Nhiệt	Nhiệt độ Thông lượng Nhiệt dung tỷ lệ
Bức xạ	Kiểu Năng lượng Cường độ

1.3 Các đơn vị đo lường

Theo tiêu chuẩn quốc tế SI, đơn vị đo lường của cảm biến bao gồm:

Bảng 1: Đơn vị cơ bản hệ SI

Đại lượng	Tên gọi	Ký hiệu
Chiều dài	mét	m
Khối lượng	Kilôgam	kg
Thời gian	Giây	s
Dòng điện	Ampe	A
Nhiệt độ nhiệt động	Kelvin	K
Lượng vật chất	Mol	mol
Cường độ sáng	Candela	Cd

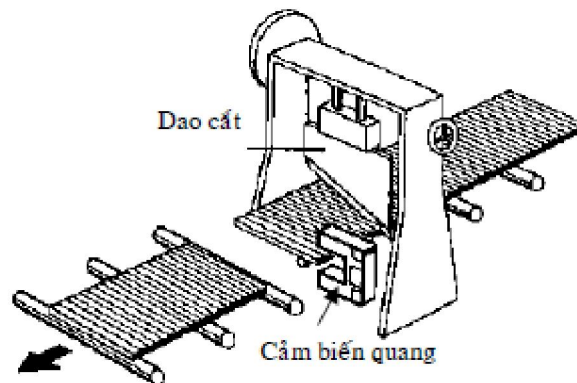
2. Phạm vi ứng dụng

Để tự động hóa các quá trình, cảm biến được sử dụng ngày càng nhiều và rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau.

- Trong công nghiệp: các cảm biến được sử dụng với chức năng đo để hiển thị các đại lượng vật lý và đo để điều khiển các quá trình sản xuất tự động. Ví dụ: cảm biến tốc độ được dùng trong điều khiển tự động ổn định tốc độ máy sản xuất, cảm biến nhiệt độ được dùng trong quá trình tự động khống chế nhiệt độ lò... Ngoài ra, việc ứng dụng các cảm biến nhằm mục đích kiểm soát các thiết bị công nghiệp giảm được thời gian và tần suất hỏng hóc của các máy móc, bảo dưỡng và tăng độ tin cậy khi làm việc của máy.

- Trong nghiên cứu khoa học: các cảm biến được nghiên cứu ứng dụng trong khoa học y học, trong chuẩn đoán lâm sàng và nghiên cứu y tế (theo dõi tốc độ

dịch chuyển dòng máu, phát hiện ung thư...), sử dụng những nguồn năng lượng thân thiện với môi trường – chuyển đổi những nguồn năng lượng được gọi là thừa thải trong môi trường thành điện năng – vì thế có thể tiết kiệm được cả thời gian và tiền bạc trong việc thay thế, nạp điện và khởi động hệ thống pin nhằm tiết kiệm năng lượng.



Hình 4: Ứng dụng cảm biến quang trong máy cắt sản phẩm theo chiều dài

- Môi trường khí tượng: dùng để kiểm soát ô nhiễm môi trường, phân tích đất và không khí trong những môi trường xung quanh có thể gây độc hại...
- Thông tin viễn thông: ứng dụng trong công nghệ cảm biến không dây.
- Dân dụng: các bộ điều hoà nhiệt độ, các đồ gia dụng nhỏ, bếp lò, máy lạnh tủ lạnh, điều hoà không khí, các loại lò nướng, và máy đun nước nóng, máy giặt...
- Nông nghiệp: ứng dụng các thiết bị cầm tay để đo nhiệt độ môi trường, tình trạng sinh trưởng của vi khuẩn hoặc mạng cảm biến thông minh áp dụng trong trồng trọt để cung cấp các yếu tố cần thiết (tốc độ và hướng gió, nhiệt độ, ánh sáng, độ ẩm...) để giám sát cây trồng và giải quyết các tác nhân xấu (rệp, sâu bọ, côn trùng... gây chết cây).
- Giao thông: ứng dụng trong hệ thống giám sát kỹ thuật số đèn giao thông, khi tín hiệu điều khiển đèn giao thông báo dừng đang bật (đèn đỏ), một cảm biến sự kiện sẽ dò tìm và xác định các phương tiện nào vẫn cố tình vượt đèn đỏ và truyền tín hiệu về hệ thống điều khiển.
- Quân sự: cảm biến được ứng dụng để đo tốc độ góc hoặc góc quay của bộ phóng tên lửa, robot dò mìn hoặc sử dụng các vật liệu náo để thu thập các mẫu vật và các mục tiêu trong quân sự, máy bay không người lái....

B. THẢO LUẬN NHÓM

- Nêu một số ví dụ cụ thể về ứng dụng của một số loại cảm biến trong công nghiệp và dân dụng.
- Làm quen với một số loại cảm biến thông dụng.

BÀI 1: CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ

Mục tiêu:

Kiến thức

- Phân biệt được các loại cảm biến nhiệt độ, hiểu được nguyên lý làm việc của cảm biến.

Kỹ năng

- Lắp ráp, cài đặt và điều chỉnh được các mạch thực hành cảm biến.

Thái độ

- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác, logic khoa học, tác phong công nghiệp.
- Chấp hành đúng nội quy thực tập, đảm bảo an toàn cho người và thiết bị.

1. Đại cương

A. LÝ THUYẾT

Cảm biến nhiệt độ tạo ra tín hiệu điện đầu ra tỷ lệ với nhiệt độ, hầu hết các cảm biến nhiệt độ có hệ số nhiệt dương điều đó có nghĩa rằng tín hiệu điện đầu ra tăng lên khi nhiệt độ tăng. Tuy nhiên, một số cảm biến có hệ số nhiệt độ âm có nghĩa là tín hiệu điện đầu ra tăng khi nhiệt độ giảm.

1.1. Thang đo nhiệt độ

Việc xác định thang đo nhiệt độ được xuất phát từ các định luật nhiệt động. Thang đo nhiệt độ tuyệt đối được xác định dựa trên tính chất của khí lý tưởng. Theo định luật Carnot, hiệu suất của một động cơ điện nhiệt thuận nghịch hoạt động giữa hai nguồn có nhiệt độ θ_1 và θ_2 trong một thang đo bất kỳ chỉ phụ thuộc vào θ_1 và θ_2

$$\eta = \frac{F(\theta_1)}{F(\theta_2)} \quad (1.1)$$

Thang đo nhiệt độ phụ thuộc vào việc lựa chọn hàm F nào, đặt $F(\theta) = T$ ta sẽ xác định được T như là nhiệt độ tuyệt đối và hiệu suất của nhiệt thuận nghịch bằng:

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad (1.2)$$

Trong đó:

T_1, T_2 là nhiệt độ động học tuyệt đối của hai nguồn. Để có thể gán một giá trị số cho T , cần phải xác định đơn vị cho nhiệt độ. Muốn vậy chỉ cần gán giá trị cho nhiệt độ tương ứng với một hiện tượng nào đó với điều kiện hiện tượng này hoàn toàn xác định và có tính lặp lại.

Các loại thang đo nhiệt độ:

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 số bằng 273,15 °K.

Thang Celsius (Andreas Celsius - 1742): Thang nhiệt độ bách phân, đơn vị nhiệt độ là °C và một độ Celsius bằng một độ Kelvin.

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

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15 \quad (1.3)$$

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.

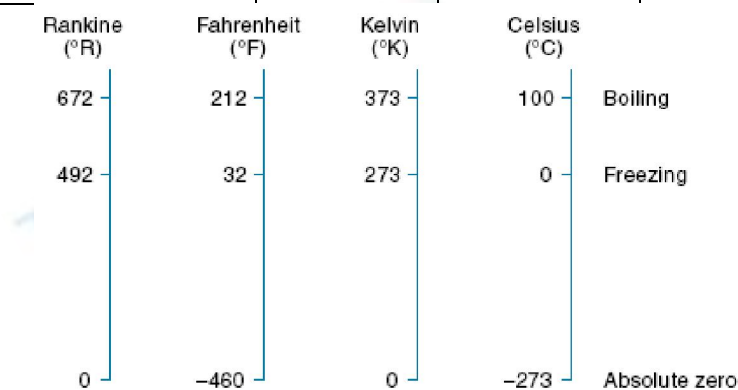
Quan hệ giữa nhiệt độ Fahrenheit và nhiệt độ Celsius: Cho các giá trị tương ứng của một số nhiệt độ quan trọng theo các thang đo khác nhau.

$$T(^{\circ}C) = \{T(^{\circ}F) - 32\} \frac{5}{9} \quad (1.4)$$

$$T(^{\circ}F) = \frac{9}{5}T(^{\circ}C) + 32 \quad (1.5)$$

Bảng 1.1: Thang đo nhiệt độ tương ứng với một số nhiệt độ quan trọng theo các bậc thang sau:

Nhiệt độ	Kelvin (K)	Celsius ($^{\circ}C$)	Fahrenheit ($^{\circ}F$)
Điểm 0 tuyệt đối	0	- 273.15	- 459.67
Hòa hợp nước - nước đá	273.15	0	32
Cân bằng nước - nước đá - hơi	273.16	0.001	32.018
Nước sôi	373.15	100	212



Hình 1.1: Mối quan hệ tương quan giữa các nhiệt độ

Mối quan hệ tương quan giữa các nhiệt độ: Nhiệt độ của vật chất là thông số đặc trưng trạng thái cân bằng nhiệt-động-học của thể tích nhất định. Quá trình cân bằng này là một quá trình quán tính.

1.2. Nhiệt độ được đo và nhiệt độ cần đo

Giả sử môi trường đo có nhiệt độ thực bằng T_x (nhiệt độ cần đo)

Nhiệt độ T_1 là nhiệt độ của cảm biến đo được (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 khác nhau, nhiệt độ cảm biến không bao giờ đạt tới nhiệt độ môi trường T_x , do đó sẽ tồn tại một chênh lệch nhiệt độ $\Delta T = T_x - T_1$ nhất định. Độ chính xác của phép đo phụ thuộc vào hiệu số ΔT , hiệu số này càng bé thì 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 đo.
- Giảm sự trao đổi nhiệt giữa bộ cảm biến và môi trường bên ngoài.

Khảo sát trường hợp đo bằng cảm biến tiếp xúc. Lượng nhiệt truyền từ môi trường vào bộ cảm biến xác định theo công thức:

$$dQ = \alpha A(T_x - T_1) dt \quad (1.6)$$

Trong đó:

α : hệ số dẫn nhiệt.

A : diện tích bề mặt trao đổi nhiệt.

t : thời gian trao đổi nhiệt.

dQ : lượng nhiệt

Lượng nhiệt cảm biến hấp thụ:

$$dQ = mCdT_1 \quad (1.7)$$

Với: m - khối lượng cảm biến.
 C - nhiệt dung của cảm biến.

Nếu bỏ qua tổn thất nhiệt của cảm biến ra môi trường ngoài và giả sử, ta có:

$$\alpha A (T_x - T_1) dt = mC dT_1 \quad (1.8)$$

Gọi là hằng số thời gian nhiệt là τ , ta có:

$$\tau = \frac{mC}{\alpha A} \quad (1.9)$$

Phương trình vi phân cân bằng nhiệt :

$$\frac{dT_1}{T_x - T_1} = \frac{dt}{\tau} \quad (1.10)$$

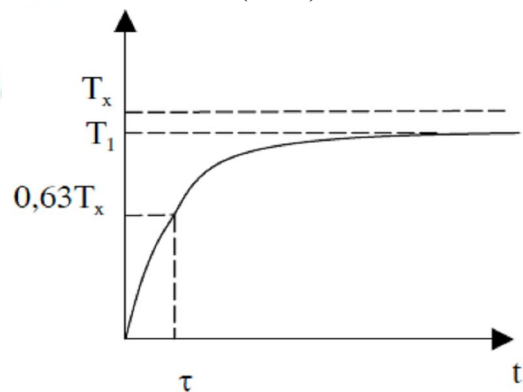
Nghiệm của phương trình có dạng:

$$T_1 = T_x - ke^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1.11)$$

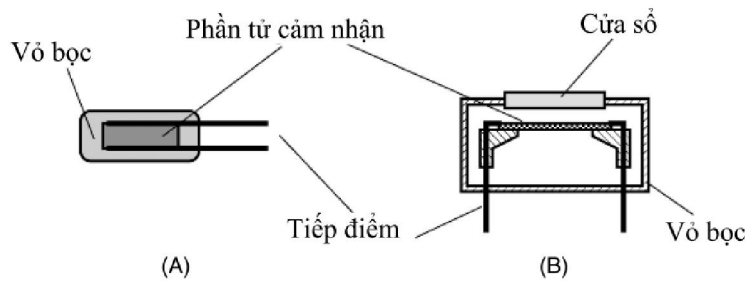
Để tăng cường trao đổi nhiệt giữa môi trường có nhiệt độ cần đo và cảm biến. Cần phải dùng cảm biến có phần tử cảm nhận có tỉ nhiệt thấp, hệ số dẫn nhiệt cao, để hạn chế tổn thất nhiệt từ cảm biến ra ngoài thì các tiếp điểm dẫn từ phần tử cảm nhận ra mạch đo bên ngoài phải có hệ số dẫn nhiệt thấp.

Bộ cảm biến nhiệt trở tiếp xúc bao gồm các bộ phận sau:

- Phần tử cảm nhận: Bằng vật liệu có đặc tính thay đổi theo nhiệt độ, có tỷ nhiệt thấp, nhiệt dẫn xuất cao, nhạy cảm với nhiệt độ.
- Tiếp điểm dẫn: Từ phần tử cảm nhận mà mạch điện tử bên ngoài, các tiếp điểm phải có nhiệt dẫn suất rất nhỏ.
- Vỏ bảo vệ: Phân cách với cảm biến và môi trường, vỏ bảo vệ phải có nhiệt trở thấp và cách điện tốt, chịu ẩm và các yếu tố ăn mòn.



Hình 1.2: Trao đổi nhiệt của cảm biến



A. Cảm biến tiếp xúc

B. Cảm biến bức xạ nhiệt

Hình 1.3: Cấu trúc chung của bộ cảm biến nhiệt độ

Cảm biến nhiệt độ không tiếp xúc là bộ cảm biến bức xạ nhiệt, có cửa sổ quang học qua đó bức xạ nhiệt có thể truyền đến (hình 1.3B).

1.3 Phân loại

Các cảm biến nhiệt độ phát hiện sự thay đổi trong một thông số vật lý (như điện trở hay điện dẫn, điện áp hay dòng điện) tương ứng với sự thay đổi của nhiệt độ. Có hai phương pháp cơ bản cảm biến nhiệt độ.

- Phương pháp tiếp xúc nhiệt: đòi hỏi cảm biến phải tiếp xúc vật lý trực tiếp với môi trường hay đối tượng đo, có thể dùng kiểm tra nhiệt độ của chất rắn, chất lỏng hay chất khí trong một phạm vi nhiệt độ rất rộng.

- Phương pháp đo không tiếp xúc: cảm nhận năng lượng bức xạ của nguồn nhiệt ở dạng năng lượng thu nhận được trong phần hồng ngoại của phổ điện-từ. Phương pháp này có thể dùng để kiểm tra nhiệt độ các chất rắn và các chất lỏng, nhưng không có tác dụng với các chất khí bởi bản chất trong suốt tự nhiên của chúng.

Phân loại các phần tử cảm biến nhiệt:

- Cảm biến tiếp xúc:

- ✧ Nhiệt kế dẫn nờ (lưỡng kim);
- ✧ Nhiệt kế áp suất (chất lỏng, chất khí);
- ✧ Nhiệt ngẫu;
- ✧ Nhiệt điện trở:

- Điện trở nhiệt kim loại;

- Nhiệt điện trở bán dẫn (Silic, diode, transistor).

- Cảm biến bức xạ (không tiếp xúc):

- ✧ Cảm biến quang (hoá quang kế, hoá kế quang điện);
- ✧ Cảm biến siêu âm;
- ✧ Quang phổ.

Trong kỹ thuật đo lường và điều khiển nhiệt độ chủ yếu ứng dụng các phần tử cảm biến tiếp xúc nhiệt, như:

- Phần tử cảm biến kim loại:

- ✧ Nhiệt kế dẫn nờ (lưỡng kim hay chất lỏng, chất khí);
- ✧ Nhiệt điện trở kim loại;
- ✧ Nhiệt ngẫu.

- Phần tử cảm biến bán dẫn:

- ✧ Nhiệt trở bán dẫn (thermo-diode, thermo-transistor); vi mạch cảm biến nhiệt IC.

2. Nhiệt điện trở với Platin và Nickel

2.1 Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ.

2.1.1 Nhiệt kế điện trở

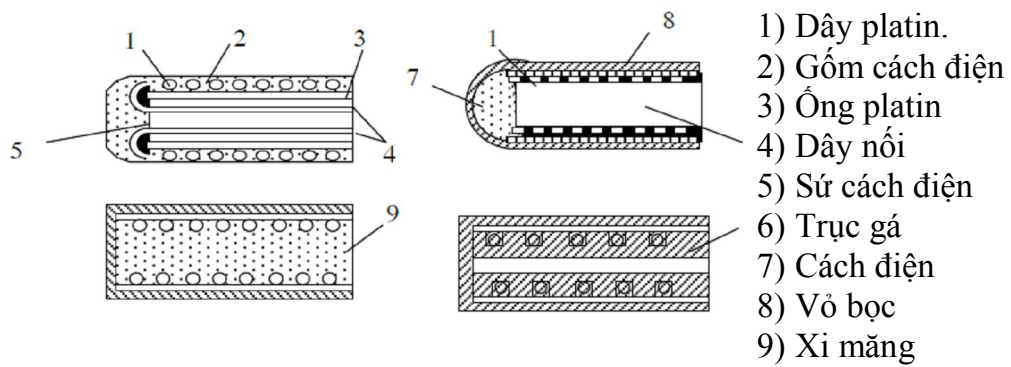
Để tránh sự làm nóng đầu đo dòng điện chạy qua điện trở thường giới hạn ở giá trị một vài mA và điện trở có độ nhạy nhiệt cao thì điện trở phải có giá trị đủ lớn.

Muốn vậy phải giảm tiết diện dây hoặc tăng chiều dài dây. Tuy nhiên khi giảm tiết diện dây độ bền lại thấp, dây điện trở dễ bị đứt, việc tăng chiều dài dây lại là làm tăng kích thước điện trở. Để hợp lý, thường chọn điện trở R ở 0°C có giá trị và ở khoảng 100Ω , sau khi quấn lại sẽ nhận được nhiệt kế có chiều dài cỡ 1cm. Các sản phẩm thương mại thường có điện trở ở 0°C là 50Ω , 500Ω và 1000Ω , các điện trở lớn thường được dùng để đo ở dải nhiệt độ thấp.

Để sử dụng cho mục đích công nghiệp, các nhiệt kế phải có vỏ bọc tốt chống được va chạm mạnh và rung động, điện trở kim loại được cuốn và bao bọc trong thủy tinh hoặc gốm và đặt trong vỏ bảo vệ bằng thép. Trên hình 1.4 là các nhiệt kế dùng trong công nghiệp bằng điện trở kim loại platin.

2.1.2 Nhiệt kế lưỡng kim

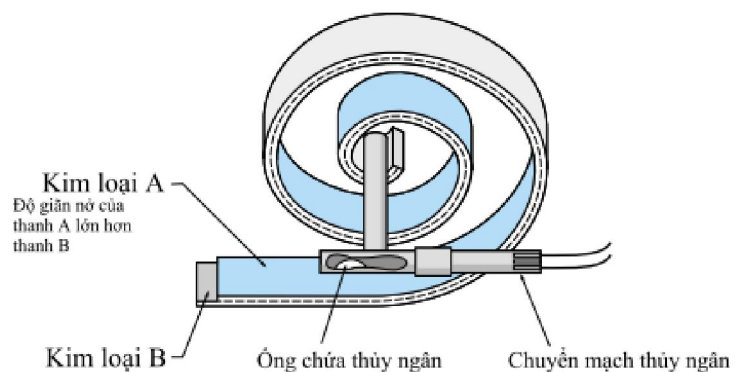
Các phần tử nhiệt kế lưỡng kim là hai phiến kim loại khác bản chất được ghép chặt với nhau dưới nhiệt độ và áp suất, để tạo thành một băng kim loại có độ dẫn nờ nhiệt khác nhau, nên khi có tác động nhiệt thì sẽ bị biến dạng (dẫn nờ cong lên chẳng hạn).



Hình 1.4: Nhiệt kế công nghiệp dùng điện trở platin

Độ biến dạng phụ thuộc độ dẫn nở và do đó phụ thuộc nhiệt độ. Bằng cách khai thác độ dẫn nở khác nhau của hai vật liệu, năng lượng nhiệt có thể được chuyển đổi thành dịch chuyển cơ – điện. Trong kỹ thuật thì các phần tử dẫn nở lượng kim được ứng dụng phổ biến trong các thiết bị điện (làm role nhiệt, role dòng, vv...).

Một ví dụ điển hình nguyên lý hoạt động của kiểu cảm biến nhiệt lượng kim này dùng điều khiển một công tắc chuyển mạch thủy ngân (hình 1.5). Cảm biến nhiệt lượng kim này đơn giản là một băng lưỡng kim uốn hình xoắn ốc.



Hình 1.5: Cảm biến nhiệt độ lưỡng kim điều khiển chuyển mạch thủy ngân.

Băng lưỡng kim là một tấm dát mỏng của hai kim loại có hệ số dẫn nở nhiệt khác nhau. Khi nhiệt độ tăng, kim loại ở mặt trong dẫn nở nhiều hơn là kim loại ở mặt ngoài, đường xoắn ốc có xu hướng duỗi thẳng ra. Các cảm biến này được sử dụng một cách điển hình để điều khiển đóng mở tiếp điểm điện, như trong nhiệt kế gia dụng dùng chuyển mạch thủy ngân. Trong hình 1.5 khi nhiệt độ tăng, ống chứa thủy ngân lỏng xoay theo chiều kim đồng hồ. Khi ống xoay qua nằm ngang, thủy ngân chảy xuống phải và điện đầy tiếp xúc điện giữa các điện cực. Một ưu điểm nổi bật của hệ này là có thể sử dụng trực tiếp tín hiệu ra của chuyển mạch mà không phải chuẩn hoá tín hiệu. Ngày nay, các chuyển mạch thủy ngân đã bị loại khỏi ứng dụng bởi những lý do môi trường, nhưng các chuyển mạch kiểu cơ cấu tiếp điểm công tắc đã chiếm vị trí đó.

2.2 Nhiệt điện trở Platin (Resistance Temperature Detector – RTD)

2.2.1 Đặc điểm

Cảm biến nhiệt điện trở platin là loại có độ chính xác cao, được coi như chính xác nhất, ổn định, thường được dùng làm mẫu chuẩn, giá thành cao. Nhiệt điện trở Platin (RTD) platin thường được dùng đo nhiệt độ trong khoảng $(-200 \div +660) [^{\circ}\text{C}]$, còn RTD nickel có thể đo tới $(250 \div 300) [^{\circ}\text{C}]$. Các điện trở nhiệt này có sự thay đổi điện trở khá tuyến tính, cho phép chuyển đổi một cách dễ dàng sang nhiệt độ.

Bởi điện trở suất thấp, cảm biến nhiệt điện trở platinum có kết cấu dây quấn mảnh (đường kính dây trở thường 0,05 – 0,07 [mm]) và dài quấn quanh lõi gốm để đạt điện trở 100[Ω]. Đó thường là trị số điện trở danh định tiêu chuẩn ở 0[°C] đối với các kiểu nhiệt điện trở RTDs.

Các phần tử thực tế cần có khả năng thay thế lắp lẫn được. Đối với các phần tử cảm biến nhiệt nickel và platin thì trị số điện trở danh định ở nhiệt độ 0 [°C] là $R_0 = 100[\Omega]$, nên được ký hiệu là Ni-100 và Pt-100. Các thông số kỹ thuật đặc trưng của chúng được cho trong bảng 1.7 và 1.8

Điện trở nhiệt Nickel 100 [Ω] – ký hiệu: Ni-100.

Hệ số nhiệt độ α_{tb} , trong khoảng (0 ÷ 100) [°C]:

$$\alpha = 0,00618 [1/^\circ K]$$

Bảng 1.2: Thông số kỹ thuật Ni – 100

Nhiệt độ [°C]	-60	0	+ 10
Điện trở [Ω]	69,5 ± 1,0	100,0 ± 0,2	161,8 ± 0,8
Phạm vi nhiệt độ đo	(-60 ÷ +150) [°C]		

Điện trở nhiệt platin 100 [Ω] – ký hiệu: Pt-100.

Hệ số nhiệt độ α trung bình, trong khoảng (0 ÷ 100)[°C]:

$$\alpha = 0,00385 [1/^\circ K]$$

Bảng 1.3: Thông số kỹ thuật Pt-100

Nhiệt độ [°C]	- 200	0	+200	+400
Điện trở A [Ω]	18,49 ± 0,24	100,00 ± 0,13	175,84 ± 0,20	247,04 ± 0,33
Class B	18,49 ± 0,56	100,00 ± 0,30	175,84 ± 0,48	247,04 ± 0,79
Phạm vi nhiệt độ đo	Class B: (-200 ÷ +650) [°C]			

Phần tử nhiệt Pt-100 có hai cấp chính xác A và B. Cấp chính xác B dùng làm phần tử thực nghiệm. Đối với những phép đo yêu cầu độ chính xác cao thì phải dùng những phần tử cấp chính xác cao hơn, phạm vi nhiệt độ cũng có thể lớn hơn, nhưng bị giới hạn ở 650 [°C]. Ngày nay có những phần tử nhiệt-điện-trở có trị danh định lớn hơn hay nhỏ hơn (10, 46, 100 [Ω]), nhưng việc chuyển đổi tín hiệu khó khăn hơn.

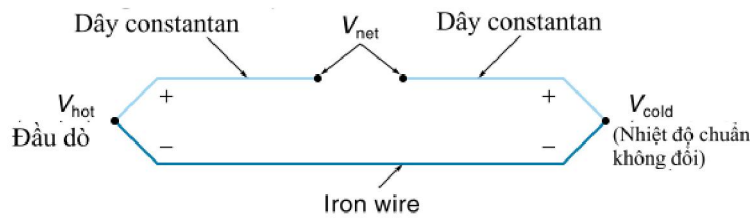
Ngoài ra, trong kỹ thuật còn dùng các cảm biến nhiệt – điện – trở khác như sắt, đồng được dùng như chế các nhiệt điện trở (RTDs) giá thấp. Các cảm biến này có sự phụ thuộc điện trở dây đồng vào nhiệt độ tương đối ổn định và được dùng một cách thông dụng.

2.2.2 Nguyên lý làm việc

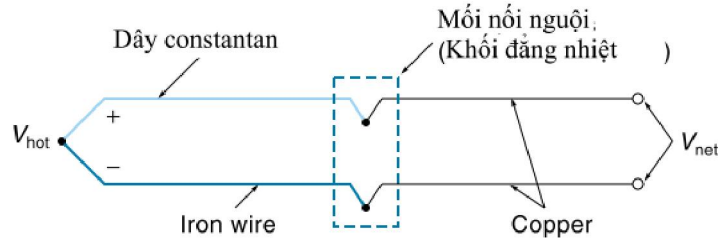
Sơ đồ mạch điện hình 1.6 minh họa nguyên lý làm việc của cặp nhiệt – điện - trở, cặp nhiệt – điện – trở này được làm từ hợp kim Đồng – Nickel (hợp kim Constantan) sinh ra điện áp xấp xỉ 35μV/°F.

Điện áp mạch (V_{net}) là điện áp chênh lệch điện áp giữa các mối nối trong đó mối nối ở các đầu dò là mối nối nóng (V_{hot}), đầu mối nối còn lại ở giữa nhiệt độ là mối nối chuẩn (hay còn gọi là nhiệt độ chuẩn), mối nối này được gọi là mối nối nguội có nhiệt độ không thay đổi. Điện áp đầu ra của hệ thống này có thể được biểu diễn theo công thức sau:

$$V_{net} = V_{hot} - V_{cold} \quad (1.12)$$



Hình 1.6: Cặp nhiệt làm từ sắt và hợp kim đồng



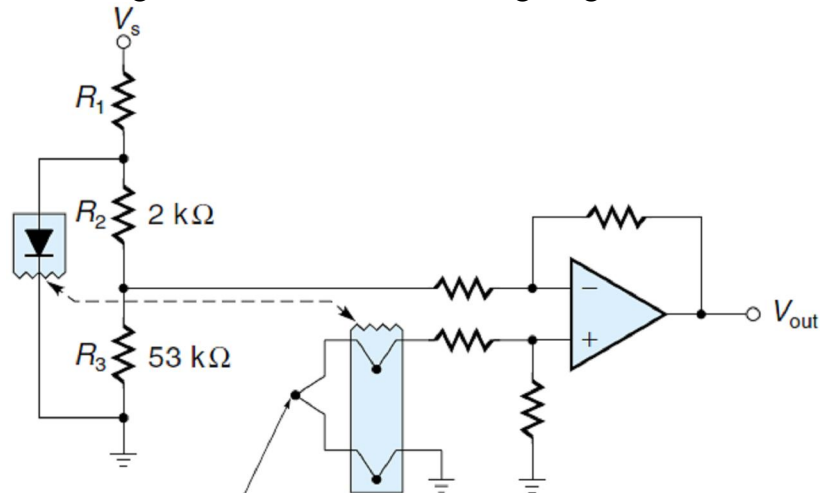
Hình 1.7: Sơ đồ mạch điện của cặp nhiệt (kiểu đồng - Nickel)

Thực tế, các dây cặp nhiệt này phải được nối với dây đồng một vài điểm (hình 1.6) điện áp ra bằng:

$$V_{hot} = V_{net} + \text{Constant} \quad (1.13)$$

V_{cold} ở 32°F hoặc nhiệt độ chuẩn khác

Để duy trì nhiệt độ mối nối nguội V_{cold} không đổi người ta dùng mạch diốt nhạy cảm với nhiệt độ. V_{cold} được duy trì ở cùng nhiệt độ với diốt tạo thành một khối đẳng nhiệt, khi nhiệt độ môi trường tăng, điện áp phân cực thuận trên diốt giảm (khoảng 0.6V) $1.1\mu\text{V}/^{\circ}\text{F}$, tốc độ này gần tương đương với tốc độ tăng điện áp thực của mối nối nguội khi nhiệt độ môi trường tăng.



Hình 1.8: Diốt được sử dụng để bù điện áp môi mối nối nguội

2.2.3 Cấu tạo

Các cảm biến nhiệt điện trở Platin thường bao gồm phần tử nhiệt điện trở, các nối giữa phần tử và máy đo và một giá đỡ định vị phần tử trong quá trình đo.

– Phần tử nhiệt điện trở kim loại là một điện trở thay đổi trị số điện trở theo nhiệt độ. Phần tử thường là một cuộn dây hoặc màng điện dẫn bằng chất điện dẫn được khắc hoặc được cắt hình trên nó. Nó thường có vỏ bọc bằng gốm và được gắn kín bằng chất gốm cement hoặc bằng thủy tinh.

– Cảm biến nhiệt điện trở kim loại dạng dây cuộn và dạng màng mỏng khắc mẫu được chế xuất dưới nhiều cấu hình tiêu chuẩn khác nhau, được lắp đặt trên bề mặt cong hoặc hình dạng bất kỳ sử dụng chất gắn kết nhạy áp suất, keo dán nhiệt dẫn, băng dải Silic hoặc kẹp cơ khí.