

UBND TỈNH BÀ RỊA – VŨNG TÀU
TRƯỜNG CAO ĐẲNG KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ BÀ RỊA VŨNG TÀU



GIÁO TRÌNH
MÔ ĐUN: KỸ THUẬT CẢM BIẾN
NGHỀ: ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP
TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: /QĐ-CDKTCN ngày.....tháng....năm
..... của Hiệu trưởng Trường Cao đẳng Kỹ thuật Công nghệ BR – VT)*

BÀ RỊA-VŨNG TÀU, NĂM 2020

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Nhằm đáp ứng nhu cầu học tập và nghiên cứu cho giảng viên và sinh viên nghề Điện tử công nghiệp trong trường Cao đẳng kỹ thuật Công nghệ Bà Rịa – Vũng Tàu, chúng tôi đã thực hiện biên soạn tài liệu Kỹ thuật cảm biến này.

Tài liệu được biên soạn thuộc loại giáo trình phục vụ giảng dạy và học tập, lưu hành nội bộ trong nhà trường nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản, trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo. Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm

TaiLieu.vn

LỜI GIỚI THIỆU

Cùng với sự phát triển không ngừng của lĩnh vực tự động hóa, ngày nay các bộ cảm biến được ứng dụng rất nhiều trong lĩnh vực sản xuất công nghiệp và trong đời sống.

Các bộ cảm biến ngày càng được hoàn thiện với các nguyên lý mới, các vật liệu mới cũng như kỹ thuật chế tạo gọn, nhỏ, mỏng. Vì vậy, tìm hiểu về cảm biến là môn học bắt buộc trong nhiều trường đào tạo khối kỹ thuật, đặc biệt là đào tạo các ngành thuộc ngành điện như: Điện công nghiệp, điện tử và nhất là tự động hóa.

Cuốn giáo trình “Kỹ thuật cảm biến” được biên soạn cho sinh viên trình độ trung cấp nghề. Nên chúng tôi đưa ra những loại cảm biến thông dụng nhất. Mỗi cảm biến đều được đề cập đến các nét khái quát chung, nguyên lý cấu tạo, nguyên lý làm việc và đặt trung của nó.

Mặc dù có nhiều cố gắng trong biên soạn, nhưng giáo trình chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót. Rất mong muốn độc giả góp ý trao đổi, để bổ sung cho giáo trình sau này được hoàn thiện hơn.

Bà Rịa – Vũng Tàu, ngày 28 tháng 07 năm 2020

Tham gia biên soạn

Chủ biên: Bùi Nha Trang

MỤC LỤC

Lời giới thiệu	2
BÀI 1: KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ BỘ CẢM BIẾN	8
1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến	8
2. Phạm vi ứng dụng.....	8
3. Phân loại cảm biến.....	8
BÀI 2: CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ	11
1. Thang đo nhiệt độ.....	11
2. Nhiệt độ cần đo và nhiệt độ được đo.....	11
3. Các phương pháp đo điện trở	11
4. Cảm biến nhiệt điện trở	13
4.1. Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ (Nhiệt trở PTR và NTR)	13
4.2. Nhiệt điện trở với platin và nickel (Điện trở nhiệt kim loại RTD)	13
4.3. Cảm biến nhiệt điện trở oxit kim loại (NTC, PTC):.....	17
4.4. Cảm biến nhiệt bán dẫn với vật liệu Silic (Si)	17
5. Thực hành cảm biến nhiệt độ	20
BÀI 3: CẢM BIẾN TIỆM CẬN ĐIỆN CẢM	27
1. Đại cương về cảm biến tiệm cận	27
1.1. Đặc điểm.....	27
1.2. Đặc điểm.....	27
1.3. Những yếu tố ảnh hưởng đến tầm phát hiện của cảm biến	29
1.4. Cách đấu dây của cảm biến tiệm cận.....	30
2. Cảm biến tiệm cận điện cảm (Proximity sensor)	32
2.1. Cấu trúc.....	32
2.2. Nguyên lý hoạt động	33
2.3. Ứng dụng của cảm biến điện cảm	33
3. Thực hành với cảm biến tiệm cận điện cảm	34
BÀI 4: CẢM BIẾN TIỆM CẬN ĐIỆN DUNG	36
1. Cảm biến tiệm cận điện dung	36
1.1. Cấu trúc.....	36
1.2. Nguyên lý hoạt động	36
1.3. Ứng dụng của cảm biến điện dung	37
2. Thực hành với cảm biến tiệm cận điện dung.....	37
BÀI 5: KHÁI QUÁT VỀ CẢM BIẾN QUANG ĐIỆN.....	39
1. Cấu trúc, nguyên tắc hoạt động của cảm biến quang	39
1.1. Cấu trúc, nguyên tắc hoạt động của cảm biến quang	39
1.2. Nguyên tắc hoạt động.....	40
2. Phân loại và các chế độ hoạt động của cảm biến quang điện	41
2.1. Phân loại cảm biến quang.....	41
2.2. Các chế độ hoạt động của cảm biến quang điện:	41
3. Yêu cầu khi lắp đặt cảm biến.	43
4. Cấu hình ngõ ra của cảm biến quang điện.....	43

BÀI 6: CẢM BIẾN QUANG THU PHÁT ĐỘC LẬP	45
1. Cấu trúc và nguyên tắc hoạt động:	45
2. Đặc điểm và ứng dụng của cảm biến quang loại thu phát độc lập	45
2.1. Đặc điểm	45
2.2. Ứng dụng của cảm biến quang thu phát độc lập	46
3. Thực hành với cảm biến quang loại phát thu độc lập	47
BÀI 7: CẢM BIẾN QUANG PHẢN XẠ GƯƠNG	49
1. Cấu trúc và nguyên tắc hoạt động:	49
2. Đặc điểm và ứng dụng:	49
2.1. Đặc điểm	49
2.2. Ứng dụng của cảm biến quang loại phản xạ gương	50
3. Thực hành với cảm biến quang loại phản xạ gương	52
BÀI 8: CẢM BIẾN QUANG LOẠI KHUẾCH TÁN	54
1. Cấu trúc và nguyên tắc hoạt động:	54
2. Đặc điểm và ứng dụng	54
2.1. Đặc điểm	54
2.2. Ứng dụng	54
2.3. Một số loại cảm biến quang phản xạ khuếch tán:	55
3. Thực hành với cảm biến quang loại phản xạ khuếch tán	59
BÀI 9: CẢM BIẾN MÀU	61
1. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động của cảm biến màu	61
2. Đặc điểm và ứng dụng của cảm biến màu	61
2.1. Đặc điểm	61
2.2. Ứng dụng	62
3. Thực hành với cảm biến phân loại màu	63
BÀI 10: ĐO VẬN TỐC VÒNG QUAY VÀ GÓC QUAY	63
1. Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp analog	63
1.1. Tốc độ kế một chiều (Máy phát tốc DC)	63
1.2. Tốc độ kế xoay chiều (Máy phát tốc AC)	63
2. Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp Digital	63
2.1. Đo vận tốc vòng quay bằng phương pháp quang điện tử	63
2.2. Đo vận tốc vòng quay với nguyên tắc điện trở từ	70
3. Thực hành với cảm biến đo tốc độ (encoder)	75
BÀI 11: CẢM BIẾN LỰC, ÁP SUẤT	91
1. Cảm biến lực Load cell	91
1.1. Cấu trúc và nguyên lý hoạt động	91
1.2. Phân loại	92
1.3. Loadcells tương tự và Loadcells số	93
1.4. Ứng dụng	95
2. Cảm biến áp suất	96
2.1. Khái niệm áp suất	96

2.2. Nguyên lý đo áp suất	96
2.3. Ứng dụng cảm biến đo áp suất	98
3. Thực hành cảm biến lực, áp suất	98
TÀI LIỆU THAM KHẢO	107

TaiLieu.vn

GIÁO TRÌNH MÔ ĐUN

Tên mô đun: Kỹ thuật cảm biến

Mã mô đun: MD15

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của mô đun:

- Vị trí: Mô đun được bố trí dạy sau các môn học cơ bản như linh kiện điện tử, đo lường điện tử, kỹ thuật xung - số, có thể học song song với các môn cơ bản khác như máy điện, điện tử công suất, vi mạch tương tự...

- Tính chất: Là mô đun dạy nghề bắt buộc.

- Ý nghĩa và vai trò của mô đun: Mô đun Kỹ thuật cảm biến trang bị cho các học viên những kiến thức về nguyên lý, cấu tạo, các mạch ứng dụng trong thực tế của các loại cảm biến... với kiến thức này học viên có thể áp dụng trực tiếp vào lĩnh vực sản xuất cũng như đời sống. Ngoài ra các kiến thức này dùng làm phương tiện để học tiếp các môn học khác như PLC, Điều khiển điện – khí nén ...

Mục tiêu của môn học/mô đun: Sau khi hoàn tất mô-đun này, người học có khả năng sau: Sau khi hoàn tất mô-đun này, người học có khả năng sau:

- Về kiến thức:
 - + Phân tích khái niệm về các bộ cảm biến
 - + Phân tích các ứng dụng và phương pháp phân loại các bộ cảm biến
 - + Phân tích các thang độ nhiệt độ và các phương pháp đo nhiệt độ thường dùng.
 - + Phân tích cấu tạo, đặc tính của các loại cảm biến nhiệt độ
 - + Phân tích đặc tính của cảm biến tiệm cận điện cảm.
 - + Phân tích cấu tạo, nguyên lý hoạt động, phạm vi ứng dụng của cảm biến điện cảm.
 - + Phân tích cấu tạo, nguyên lý hoạt động, phạm vi ứng dụng của cảm biến điện dung.
 - + Phân tích cấu trúc, nguyên tắc hoạt động của cảm biến quang.
 - + Phân tích các chế độ hoạt động, cấu hình ngõ ra của cảm biến quang.
 - + Phân tích cấu trúc của cảm biến quang loại thu phát độc lập.
 - + Phân tích nguyên tắc hoạt động, đặc điểm của cảm biến quang loại thu phát độc lập.
 - + Phân tích cấu trúc, nguyên tắc hoạt động và các đặc điểm của cảm biến quang loại phản xạ gương.
 - + Phân tích cấu trúc, nguyên tắc hoạt động và các đặc điểm của cảm biến quang loại khuếch tán.
 - + Phân tích cấu trúc, nguyên tắc hoạt động và các đặc điểm của cảm biến màu.
 - + Phân tích các phương pháp đo vòng quay và góc quay
 - + Giải thích sự khác nhau giữa các loại thiết bị đo góc.
 - + Phân tích khái niệm cảm biến lực, áp suất.
 - + Phân tích cấu tạo và nguyên lý hoạt động, phạm vi ứng dụng của cảm biến lực, áp suất.
- Về kỹ năng:

- + Lắp đặt được các mạch điện ứng dụng của cảm biến quang loại phản xạ gương.
- + Lắp đặt được các mạch điện ứng dụng của cảm biến quang loại khuếch tán.
- + Lắp đặt được các mạch điện ứng dụng của cảm biến quang loại thu phát độc lập.

- + Lắp đặt được các mạch điện ứng dụng của cảm biến màu.
- + Thực hiện được các mạch cảm biến điện cảm đạt các yêu cầu về kỹ thuật.
- + Thực hiện được các mạch cảm biến điện dung đạt các yêu cầu về kỹ thuật.
- + Thực hiện được các mạch cảm biến đúng yêu cầu kỹ thuật.
- + Thực hiện các phương pháp đo góc đạt yêu cầu kỹ thuật.
- + Lắp đặt mạch điện ứng dụng cảm biến lực, áp suất.
- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:
 - + Người học có khả năng làm việc độc lập hoặc làm nhóm, có tinh thần hợp tác, giúp đỡ lẫn nhau trong học tập và rèn luyện, có ý thức tự giác, tính kỷ luật cao, tinh thần trách nhiệm trong công việc.

Nội dung của mô đun:

BÀI 1: KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ BỘ CẢM BIẾN

Giới thiệu:

Các bộ cảm biến được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực kinh tế và kỹ thuật, các bộ cảm biến đặc biệt 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 sensor bình thường cũng như đặc biệt. Cảm biến có rất nhiều loại, rất đa dạng và phong phú, do nhiều hãng sản xuất, giúp con người nhận biết các quá trình làm việc tự động của máy móc hoặc trong tự động hoá công nghiệp.

Cảm biến làm nên một cuộc cách mạng cho sự thông minh của thiết bị máy móc.

Mục tiêu:

- Phân tích được khái niệm về các bộ cảm biến.
- Phân tích được các ứng dụng và phương pháp phân loại các bộ cảm biến.
- Rèn luyện tính cẩn thận, kỹ năng làm việc nhóm.

Nội dung chính:

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

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

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

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

Bảng 1.1: So sánh cảm nhận của cảm biến qua 5 giác quan

Cảm biến là thiết bị dùng để cảm nhận biến đổi các đại lượng vật lý và các đại lượng không có tính chất điện cần đo thành các đại lượng 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 ...) tác động lên cảm biến cho ta một đặc trưng (s) mang tính chất điện (như điện tích, điện áp, dòng điện hoặc trở kháng) chứa đựng thông tin cho phép xác định giá trị của đại lượng đo. Đặc trưng (s) là hàm của đại lượng cần đo (m):

$$s = F(m)$$

2. Phạm vi ứng 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. Phân loại cảm biến:

Các bộ cảm biến được phân loại theo các đặc trưng cơ bản sau đây:

- Theo nguyên lý chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích:

Hiện tượng	Chuyển đổi đáp ứng và kích thích
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 ...

Bảng 1.2: Các nguyên lý chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích

- Phân loại theo dạng kích thích:

Dạng kích thích	Phân loại
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...

Bảng 1.3: Phân loại theo dạng kích thích của cảm biến

- Theo tính năng của bộ cảm biến: Các bộ cảm biến được phân ra theo độ chính xác, độ tuyến tính, độ nhạy, thời gian đáp ứng, độ trễ ...
- Phân loại theo phạm vi sử dụng: Theo phạm vi sử dụng, các bộ cảm biến có thể phân chia thành: Cảm biến công nghiệp, Cảm biến dân dụng, Cảm biến quân sự, v.v...
- Phân loại theo thông số của mô hình mạch thay thế: Các bộ cảm biến có thể phân chia theo thông số: 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.

CÂU HỎI BÀI 1.

1. Trình bày khái niệm về bộ cảm biến?
2. Cho biết cảm biến được ứng dụng trong những lĩnh vực nào, cho ví dụ?
3. Thế nào là cảm biến tích cực? Cảm biến thụ động?

BÀI 2: CẢM BIẾN NHIỆT ĐỘ

Giới thiệu:

Cảm biến nhiệt độ được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực kinh tế và kỹ thuật, vì cảm biến nhiệt độ đóng vai trò quyết định đến tính chất của vật chất, nhiệt độ có thể làm ảnh hưởng đến các đại lượng chịu tác dụng của nó, ví dụ như áp suất, thể tích chất khí ...

Cảm biến nhiệt độ 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 sensor bình thường cũng như đặc biệt.

Mục tiêu:

- Phân tích được các thang nhiệt độ và các phương pháp đo nhiệt thông thường.
- Phân tích được cấu tạo, đặc tính của các loại cảm biến nhiệt độ.
- Thực hiện được các mạch cảm biến đúng yêu cầu kỹ thuật.
- Rèn luyện tính cẩn thận, kỹ năng làm việc nhóm.

Nội dung chính:

1. 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 1 độ Kelvin

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

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

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:

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

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

2. Nhiệt độ cần đo và nhiệt độ được đo:

Giả sử môi trường đo có nhiệt độ thực bằng T_x , nhưng khi đo ta chỉ nhận được nhiệt độ T_c là nhiệt độ của phần tử cảm nhận của cảm biến. Nhiệt độ T_x gọi là nhiệt độ cần đo, nhiệt độ T_c gọi là nhiệt độ đo được. Điều kiện để đo đúng nhiệt độ là phải có sự cân bằng nhiệt giữa môi trường đo và cảm biến. Tuy nhiên, do nhiều nguyên nhân, nhiệt độ cảm biến không bao giờ đạt tới nhiệt độ môi trường T_x , do đó tồn tại một chênh lệch nhiệt độ $T_x - T_c$ nhất định. Độ chính xác của phép đo phụ thuộc vào hiệu số $T_x - T_c$, hiệu số này càng bé, 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.

Chúng ta hãy 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:

$$dQ = \alpha A(T_x - T_c) dt$$

Với: α - hệ số dẫn nhiệt.

A - diện tích bề mặt trao đổi nhiệt.

T - thời gian trao đổi nhiệt.

Lượng nhiệt cảm biến hấp thụ:

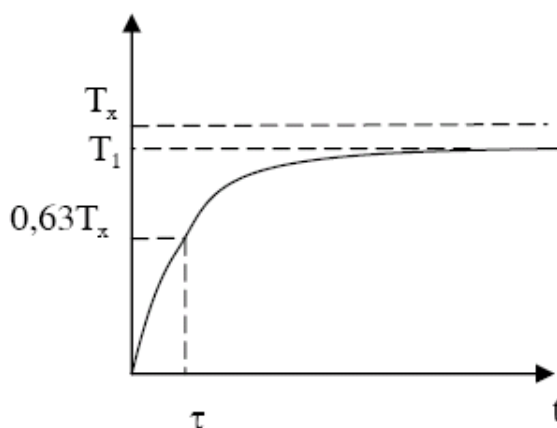
$$dQ = mC dT_c$$

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:

$$\alpha A T_x - T_c dt = mC dT_c$$



Hình 2.1: Trao đổi nhiệt của cảm biến.

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

3. Các phương pháp đo nhiệt độ:

Nhiệt độ là đại lượng chỉ có thể đo gián tiếp trên cơ sở tính chất của vật phụ thuộc nhiệt độ. Hiện nay chúng ta có nhiều nguyên lý cảm biến khác nhau để chế tạo cảm biến nhiệt độ như: nhiệt điện trở, cặp nhiệt ngẫu, phương pháp quang dựa trên phân bố phổ bức xạ nhiệt, phương pháp dựa trên sự dẫn nở của vật rắn, lỏng, khí hoặc dựa trên tốc độ âm...

Có 2 phương pháp đo chính:

Ở dải nhiệt độ thấp và trung bình phương pháp đo là phương pháp tiếp xúc, nghĩa là các chuyển đổi được đặt trực tiếp ngay trong môi trường đo. Thiết bị đo như: nhiệt điện trở, cặp nhiệt ngẫu ...

Ở dải nhiệt độ cao phương pháp đo là phương pháp không tiếp xúc (dụng cụ đặt ngoài môi trường đo). Các thiết bị đo như: hỏa quang kế (hỏa quang kế phát xạ, hỏa quang kế cường độ sáng, hỏa quang kế màu sắc)...

4. Cảm biến nhiệt điện trở:

Ưu điểm cơ bản của nhiệt điện trở là đơn giản, độ nhạy cao, ổn định dài hạn. Các cảm biến nhiệt điện trở có thể dùng kim loại, oxyt kim loại hay bán dẫn.

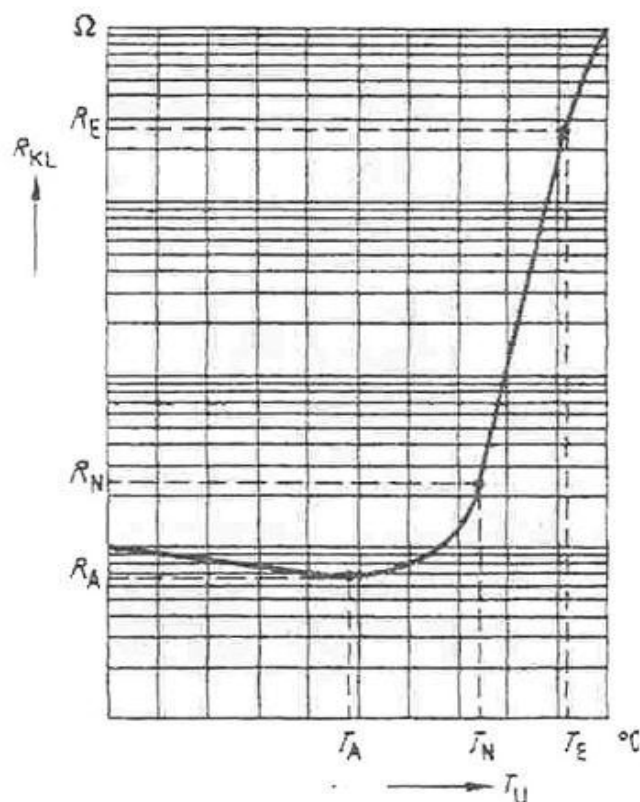
4.1. Điện trở kim loại thay đổi theo nhiệt độ (Nhiệt trở PTR và NTR):

Dựa vào hệ số nhiệt điện trở, có thể phân điện trở nhiệt thành điện trở có hệ số nhiệt điện trở dương PTR (Positive Thermic Resistor) và điện trở có hệ số nhiệt điện trở âm (Negative Thermic Resistor).

- Nhiệt điện trở có hệ số nhiệt điện trở âm NTR. Giá trị điện trở giảm khi nhiệt độ tăng.
- Nhiệt điện trở có hệ số nhiệt điện trở dương PTR. Giá trị điện trở tăng khi nhiệt độ tăng.

Đường đặc tuyến của PTR chia làm 3 vùng:

- Vùng nhiệt độ thấp $< T_A$: giống NTC
- Vùng hệ số nhiệt tăng chậm (T_A, T_N)
- Vùng làm việc $> T_N$



Hình 2.2: Đường đặc tuyến làm việc của PTR

4.2. Nhiệt điện trở với platin và nickel (Điện trở nhiệt kim loại RTD):

4.2.1. Cấu tạo:

RTD được sản xuất từ các vật liệu có nhiệt điện trở dương, phổ biến nhất là đồng, nickel, hợp kim sắt-nickel, vonfram, bạch kim. Tuy nhiên, bạch kim được xem là chính xác nhất, ổn định nhất và có thể đo nhiệt độ lên đến 1200°F. Phạm vi nhiệt độ làm việc của nó cũng cao hơn Nickel, đồng, hợp kim sắt – nickel. Ngoài ra sự thay đổi trở kháng theo nhiệt độ của nó tuyến tính nhất.

Tên vật liệu	Phạm vi nhiệt độ làm việc
Bạch kim	-450 °F đến 1200 °F
Nickel	-150 °F đến 600 °F
Đồng	-100 °F đến 300 °F
Hợp kim sắt/nickel	32 °F đến 400 °F

Bảng 2.1: Vật liệu chế tạo RTD

Các vật liệu đồng, nickel, hợp kim sắt/nickel cũng được dùng để làm RTD, nhưng hầu hết chúng đều có giá thành thấp và được sử dụng trong các ứng dụng không đòi hỏi yêu cầu cao.

Đặt tính của platin và nickel:

- Platin:

+ Có thể chế tạo với độ tinh khiết rất cao (99,999%) do đó tăng độ chính xác của các tính chất điện.

+ Có tính trơ về mặt hoá học và tính ổn định cấu trúc tinh thể cao do đó đảm bảo tính ổn định cao về các đặc tính dẫn điện trong quá trình sử dụng.

+ Hệ số nhiệt điện trở ở 0 °C bằng $3,9 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$.

+ Điện trở ở 100°C lớn gấp 1,385 lần so với ở 0°C.

+ Dải nhiệt độ làm việc khá rộng từ -200 °C ÷ 1000°C.

- Nickel:

+ Có độ nhạy nhiệt cao bằng $4,7 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$.

+ Điện trở ở 100°C lớn gấp 1,617 lần so với ở 0°C.

+ Dễ bị oxy hoá khi ở nhiệt độ cao làm giảm tính ổn định.

+ Dải nhiệt độ làm việc thấp hơn 250 °C.

4.2.2. Phân loại RTD

Có 2 loại cơ bản:

4.2.2.1. Loại dây nối (Wire wound Element):

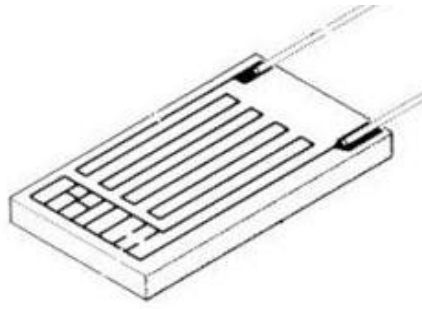
Đây là loại thiết kế đơn giản nhất. Sợi dây cảm biến (làm bằng bạch kim) được quấn xung quanh 1 cái lõi hoặc trục. Lõi có thể là tròn hoặc phẳng, nhưng quan trọng là phải cách điện được. Người ta cách điện bằng cách đặt lõi và dây quấn trong 1 cái ống bằng sứ hoặc kiếng. Dây cảm biến được nối ra ngoài bằng những sợi dây lớn hơn.



Hình 2.3: RTD loại dây nối

4.2.2.2. Loại màng mỏng (Thin Film Element):

Người ta phủ 1 lớp bạch kim mỏng (dày khoảng 10^{-7} mm đến 10^{-6} mm) lên 1 cái đế bằng sứ. Ưu điểm của loại này là giá thành thấp và khối lượng tác dụng nhiệt thấp, làm cho chúng đáp ứng nhanh và dễ dàng đặt vào các vỏ nhỏ. Nhưng nó không làm việc ổn định như loại Wire wound.



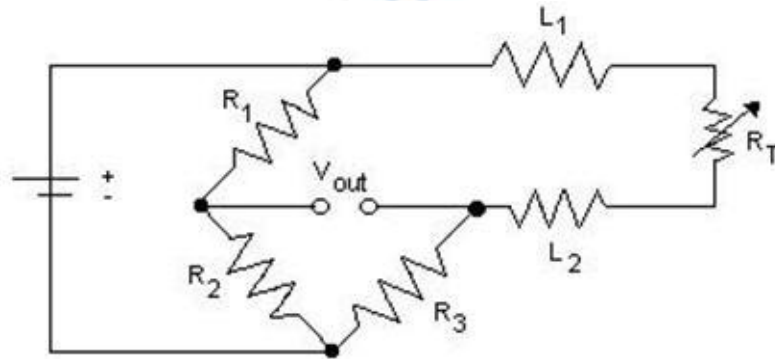
Hình 2.4: RTD loại màng mỏng

4.2.3 Cấu hình dây:

Cấu hình dây có ba loại:

4.2.3.1. Loại 2 dây:

Đây là loại cấu hình dây đơn giản nhất và độ chính xác cũng thấp nhất. Điện trở của dây mắc nối tiếp với phần tử cảm biến làm ảnh hưởng đến độ chính xác. Dây nối càng dài càng ảnh hưởng càng lớn. Sơ đồ mạch cầu 2 dây được minh họa trong sơ đồ sau:

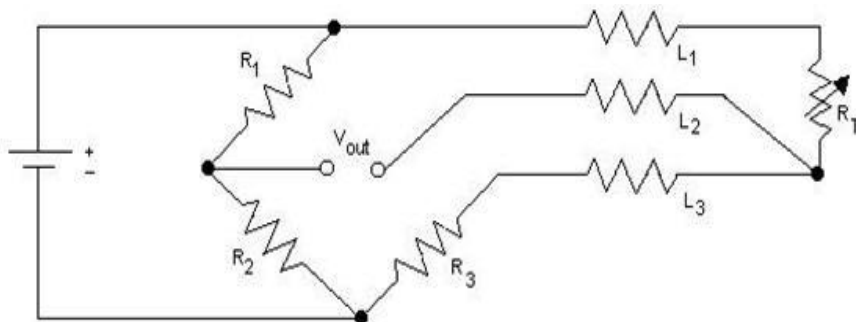


Hình 2.5: RTD cấu hình 2 dây

Trong sơ đồ mạch loại 2 dây, dòng điện đi qua phần tử cảm biến. Khi nhiệt độ của cảm biến tăng, điện trở sẽ gia tăng. Kết quả là điện áp tăng ($U=I.R$). Trở kháng thực làm cho điện áp tăng chính là tổng trở của phần tử cảm biến và trở kháng của dây nối. Vì vậy để sử dụng được loại này thì dây nối cần phải ngắn.

4.2.3.2. Loại 3 dây:

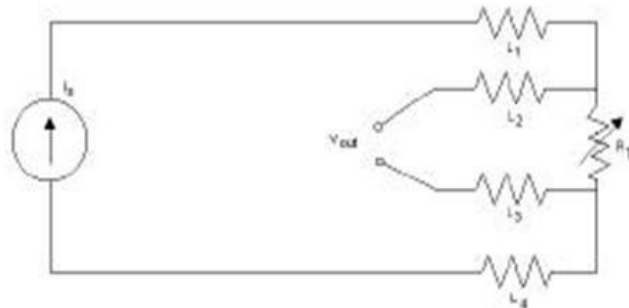
Có 3 sợi dây nối từ RTD thay vì 2 dây. L1 và L3 dẫn dòng, L2 có vai trò như dây chiết áp. Lý tưởng thì điện trở của dây L1 và L3 không có. Trở kháng của R3 thì bằng với trở kháng của phần tử cảm biến R_t .



Hình 2.6: RTD cấu hình 3 dây

4.2.3.3. Loại 4 dây:

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



Hình 2.7: RTD Cấu hình 4 dây

4.2.4. Ứng dụng.

Sử dụng phổ biến nhất là RTD cấu hình 3 dây. RTD có nhiều ứng dụng: đo được nhiệt độ của chất lỏng, bề mặt vật, các dòng khí. RTD là loại thiết bị thụ động, khi sử dụng cần có nguồn cung cấp.



Mã số : PR-10 của hãng Omega

Cấu hình 3 dây.

Loại Wire wound

Tầm hoạt động : -200 đến 600°C

Dùng để đo nhiệt độ chất lỏng



Mã số PRS của Omega

Cấu hình : loại 3 dây

Độ chính xác : loại B, tiêu chuẩn IEC 60751

Đo được nhiệt độ chất lỏng và không khí

Tay cầm bằng plastic



Mã số : PR-12 của hãng Omega

Cấu hình 3 dây

Loại Wire Wound



Mã số : RTD-805 của Omega

Cấu hình : 3 dây

Đo nhiệt độ dòng khí

Độ chính xác loại A

Loại thin film

Hình 2.8: Hình ảnh các RTD trong thực tế.

Trong công nghiệp, RTD thường được sử dụng kết hợp với các bộ hiển thị nhiệt độ (Controller) của các hãng Autonics, Honeywell ... các bộ chuyển đổi (transmitter)

hoặc được nối trực tiếp vào các module AI (của Siemens chẳng hạn). Nếu sử dụng các bộ hiển thị hay module thì không cần có nguồn cung cấp riêng vì các thiết bị này đã cung cấp nguồn cho RTD.



Hình 2.9: Bộ điều khiển nhiệt độ (Controller) của Honeywell

4.3. Cảm biến nhiệt điện trở oxit kim loại (NTC, PTC):

Cảm biến nhiệt điện trở oxit kim loại có đặc điểm khác với nhiệt điện trở kim loại:

- Hệ số nhiệt điện trở âm.
- Độ nhạy lớn hơn khoảng 10 lần so với độ nhạy nhiệt điện trở kim loại.

Các oxit thường được sử dụng: MgO , Mn_2O_3 , Fe_3O_4 , NiO , Co_2O_3 ...

Cấu tạo: được ép từ các bột oxit dưới dạng hình đĩa, hình trụ hay hình xuyên, chúng có kích thước nhỏ và bọc một lớp vỏ bảo vệ.

Thường được sử dụng đo nhiệt độ vùng kích thước nhỏ nhờ kích thước cảm biến nhỏ cỡ 1mm phát hiện những biến thiên nhiệt độ rất nhỏ (tới phần nghìn độ) nhờ cảm biến có độ nhạy rất cao. Dải nhiệt độ rộng, song cần tránh các biến đổi nhiệt độ đột ngột vì có thể làm rạn nứt cảm biến.

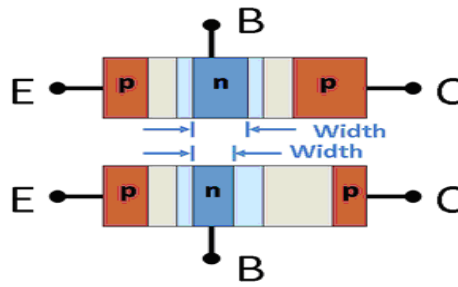
4.4. Cảm biến nhiệt bán dẫn với vật liệu Silic (Si):

- Cấu tạo: Làm từ các loại chất bán dẫn thường là Silic tinh khiết hoặc đơn tinh.
- Nguyên lý: Sự phân cực của các chất bán dẫn bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ.

Silic tinh khiết hoặc đơn tinh thể silic có hệ số nhiệt điện trở âm. Sự thay đổi điện trở suất theo nhiệt độ của Si phụ thuộc vào nồng độ pha tạp (dẫn tới số điện tích tự do) và vào nhiệt độ. Do vậy, có thể phân ra 2 miền nhiệt độ. Dưới 120°C , hệ số nhiệt độ của điện trở suất dương nghĩa là điện trở suất tăng theo nhiệt độ. Do độ tuyến tính hạn chế mà dải nhiệt độ ứng dụng của điện trở Si là: -50 đến 120°C . Trên khoảng 120°C , hệ số nhiệt điện trở của Si là âm và độ tuyến tính kém hơn. Trong vùng nhiệt độ trên 120°C thì hệ số nhiệt điện trở không phụ thuộc vào mức độ pha tạp.

- Ưu điểm: Rẻ tiền, dễ chế tạo, độ nhạy cao, chống nhiễu tốt và mạch xử lý đơn giản.
- Khuyết điểm: Không chịu nhiệt độ cao, kém bền.

- Ứng dụng: Đo nhiệt độ không khí, dùng trong các thiết bị đo, bảo vệ các mạch điện tử.



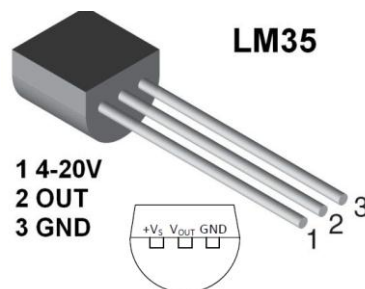
Hình 2.10: Cấu trúc cảm biến nhiệt bán dẫn Silic

- Cảm biến nhiệt bán dẫn là những loại cảm biến được chế tạo từ những chất bán dẫn. Có các loại như Diode, Transistor, IC. Nguyên lý của chúng là dựa trên mức độ phân cực của các lớp P-N tuyến tính với nhiệt độ môi trường. Ngày nay với sự phát triển của ngành công nghệ bán dẫn đã cho ra đời rất nhiều loại cảm biến nhiệt với sự tích hợp của nhiều ưu điểm: Độ chính xác cao, chống nhiễu tốt, hoạt động ổn định, mạch điện xử lý đơn giản, rẻ tiền ...

Ta dễ dàng bắt gặp các cảm biến loại này dưới dạng diode (hình dáng tương tự Pt100), các loại IC như: LM35, LM335, LM45. Nguyên lý của chúng là nhiệt độ thay đổi sẽ cho ra điện áp thay đổi. Điện áp này được phân áp từ một điện áp chuẩn có trong mạch.

Cảm biến nhiệt LM 35:

Cảm biến nhiệt độ LM35 có điện áp Analog đầu ra tuyến tính theo nhiệt độ, thường được sử dụng để đo nhiệt độ của môi trường hoặc theo dõi nhiệt độ của thiết bị, ... LM35 có dải đo từ 0 °C đến 100 °C, là cảm biến tiêu hao điện năng thấp sử dụng điện áp 5V. Cảm biến gồm có 3 chân, 2 chân nguồn, 1 chân tín hiệu ra dạng Analog.



Hình 2.11: Cảm biến nhiệt LM35

Chân dữ liệu của IC cảm biến LM35 là chân ngõ ra điện áp dạng tuyến tính. Chân số 2 cảm biến xuất ra cứ 1mV = 0.1°C (10mV = 1°C). Để lấy dữ liệu ở dạng °C chỉ cần lấy điện áp trên chân OUT đem chia cho 10.

Chân 1 cấp điện áp 5V, chân 3 cấp GND, chân 2 là chân OUTPUT dữ liệu dạng điện áp

Thông số IC cảm biến nhiệt độ LM35:

- Điện áp đầu vào từ 4V đến 30V
- Điện áp ra: -1V đến 6V
- Công suất tiêu thụ là 60uA

- Dải đo nhiệt độ : -55 đến 150°C
- Độ phân giải điện áp đầu ra là 10mV/oC
- Độ chính xác thực tế: 1/4°C ở nhiệt độ phòng và 3/4°C ngoài khoảng -55°C tới 150°C.

Gần đây có cho ra đời IC cảm biến nhiệt cao cấp, chúng hỗ trợ luôn cả chuẩn truyền thông I2C (DS18B20) mở ra một xu hướng mới trong “thế giới cảm biến”.

DS18B20 là cảm biến (loại digital) đo nhiệt độ mới của hãng MAXIM với độ phân giải cao (12 bit). IC sử dụng giao tiếp 1 dây rất gọn gàng, dễ lập trình. IC còn có chức năng cảnh báo nhiệt độ khi vượt ngưỡng và đặc biệt hơn là có thể cấp nguồn từ chân data.



Hình 2.12: IC cảm biến nhiệt DS18B20

Thông số kỹ thuật của IC DS18B20:

- Nguồn: 3-5V
- Dải đo nhiệt độ : -55 đến 125°C
- Sai số: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ khi đo ở dải -10 đến 85°C
- Độ phân giải: từ 9-12 bit

⚠ Lưu ý khi sử dụng:

- Vì được chế tạo từ các thành phần bán dẫn nên cảm biến nhiệt bán dẫn kém bền, không chịu nhiệt độ cao. Nếu chúng ta sử dụng vượt ngưỡng bảo vệ có thể làm hỏng cảm biến.
- Cảm biến bán dẫn mỗi loại chỉ tuyến tính trong một giới hạn nào đó, ngoài dải này cảm biến sẽ mất tác dụng. Hết sức quan tâm đến tầm đo của loại cảm biến này để đạt được sự chính xác.
- Loại cảm biến này kém chịu đựng trong môi trường khắc nghiệt: Âm cao, hóa chất có tính ăn mòn, rung lắc va chạm mạnh.

2.5. Nhiệt kế bức xạ (còn gọi là hỏa kế- pyrometer):

- Cấu tạo: Làm từ mạch điện tử, quang học.
- Nguyên lý: Đo tính chất bức xạ năng lượng của môi trường mang nhiệt.
- Ưu điểm: Dùng trong môi trường khắc nghiệt, không cần tiếp xúc với môi trường đo.
- Khuyết điểm: Độ chính xác không cao, đắt tiền.
- Ứng dụng: Làm các thiết bị đo cho lò nung.
- Tầm đo: khoảng $-54 < 1000^{\circ}\text{F}$.