

CHƯƠNG 18.

CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO NHIỆT ĐỘ (3 LT)

18.1. Các cơ sở chung và phân loại các phương pháp đo nhiệt độ.

Nhiệt độ là một trong những thông số quan trọng nhất ảnh hưởng đến đặc tính của vật chất nên trong các quá trình kỹ thuật cũng như trong đời sống hằng ngày rất hay gặp yêu cầu đo nhiệt độ. Ngày nay hầu hết các quá trình sản xuất công nghiệp, các nhà máy đều có yêu cầu đo nhiệt độ.

Tùy theo nhiệt độ đo có thể dùng các phương pháp khác nhau, thường phân loại các phương pháp dựa vào dải nhiệt độ cần đo. Thông thường nhiệt độ đo được chia thành ba dải: nhiệt độ thấp, nhiệt độ trung bình và cao.

Ở nhiệt độ trung bình và thấp: phương pháp thường đo là phương pháp tiếp xúc nghĩa là các chuyển đổi được đặt trực tiếp ở ngay môi trường cần đo.

Đối với nhiệt độ cao: đo bằng phương pháp không tiếp xúc, dụng cụ đặt ở ngoài môi trường đo.

Bảng 18.1 cho biết các dụng cụ và phương pháp đo nhiệt độ với các dải khác nhau:

Dụng cụ và phương pháp đo	Nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$						Sai số %
	-273	0	1000	2000	3000	100.000	
Nhiệt điện trở: bằng vật liệu quý vật liệu không quý bán dẫn		_____					0,001 0,5 ÷ 2 1 ÷ 2
Nhiệt kế nhiệt điện bằng vật liệu quý vật liệu không quý vật liệu khó chảy			_____				0,1 1 ÷ 2 1 ÷ 3
Điện âm		_____					0,05
Nhiệt nhiễu	_____						0,1
Phương pháp cộng hưởng hạt nhân	_____						0,01
Hoá quang kế: bức xạ màu sắc cường độ sáng quang phổ kế			_____	_____	_____	_____	5 1 ÷ 5 1 ÷ 2 5 ÷ 10

Bảng 18.1. Các dụng cụ và phương pháp đo nhiệt độ với các dải nhiệt độ khác nhau

18.2. Các phương pháp đo tiếp xúc.

Phương pháp đo nhiệt độ trong công nghiệp thường được sử dụng là các nhiệt kế tiếp xúc. Có hai loại nhiệt kế tiếp xúc, gồm:

- Nhiệt kế nhiệt điện trở
- Nhiệt kế nhiệt ngẫu

Ngoài ra đối với các ứng dụng đơn giản, dải nhiệt độ cỡ $-55^{\circ}\text{C} \div 200^{\circ}\text{C}$ hiện nay người ta thường ứng dụng các IC bán dẫn ứng dụng tính chất nhạy nhiệt của các diốt, tranzito để đo nhiệt độ.

Cấu tạo của nhiệt kế nhiệt điện trở và cặp nhiệt ngẫu cũng như cách lắp ghép chúng phải đảm bảo tính chất trao đổi nhiệt tốt giữa chuyển đổi với môi trường đo:

- Đối với môi trường khí và nước: chuyển đổi được đặt theo hướng ngược lại với dòng chảy.
- Với vật rắn khí: đặt nhiệt kế sát vào vật, nhiệt lượng sẽ truyền từ vật sang chuyển đổi và dễ gây tổn hao vật, nhất là với vật dẫn nhiệt kém. Do vậy diện tiếp xúc giữa vật đo và nhiệt kế càng lớn càng tốt.
- Khi đo nhiệt độ của các chất ở dạng hạt (cát, đất...): cần phải cắm sâu nhiệt kế vào môi trường cần đo và thường dùng nhiệt điện trở có cáp nối ra ngoài.

18.2.1. Nhiệt kế nhiệt điện trở (Resistance Thermometer):

Nhiệt kế nhiệt điện trở có thể tạo thành dây platin, đồng, niken, bán dẫn... quấn trên một lõi cách điện đặt trong vỏ kim loại có đầu được nối ra ngoài.

Nhiệt kế nhiệt điện trở có thể dùng mạch đo bất kỳ để đo điện trở nhưng thông thường được dùng mạch cầu không cân bằng, chỉ thị là lôgômmét từ điện hoặc cầu tự động cân bằng, trong đó một nhánh là nhiệt điện trở.

a) Bù sai số do sự thay đổi điện trở của đường dây khi nhiệt độ môi trường thay đổi: nếu nhiệt điện trở được mắc vào mạch cầu bằng hai dây dẫn R_{d1} và R_{d2} (cầu hai dây), dụng cụ sẽ có sai số do sự thay đổi điện trở của đường dây khi nhiệt độ của môi trường xung quanh thay đổi, sai số này được tính:

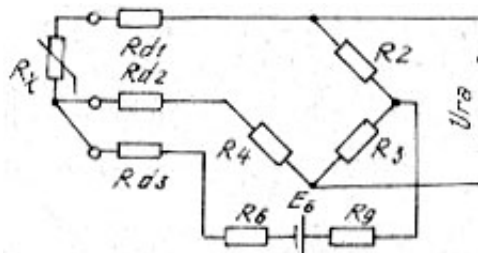
$$\Delta t = \frac{\Delta R_d}{R_T \alpha_T}$$

với: ΔR_d - sự thay đổi điện trở của dây nối.

$$R_d = R_{d1} + R_{d2}$$

R_T và α_T - điện trở ban đầu của nhiệt điện trở và hệ số nhiệt độ của nó (với $T = 0^{\circ}\text{C}$).

Để giảm sai số do nhiệt độ môi trường thay đổi người ta sử dụng cầu ba dây như hình 18.1:

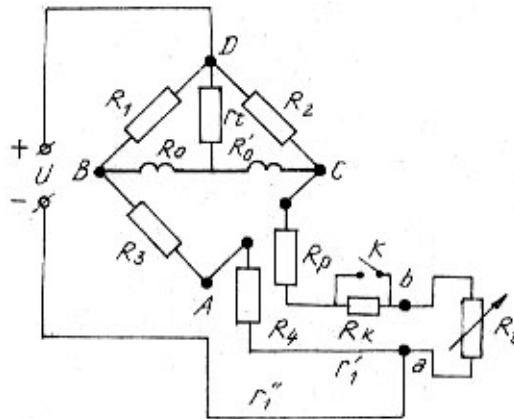


Hình 18.1. Cầu ba dây giảm sai số do nhiệt độ môi trường thay đổi

Trong sơ đồ này hai dây mắc vào các nhánh kề của mạch cầu, dây thứ 3 mắc vào nguồn cung cấp. Khi cầu làm việc ở chế độ cân bằng và nếu $R_1=R_2$; $R_{d1}=R_{d2}$ sai số do sự thay đổi điện trở của đường dây sẽ được loại trừ. Khi cầu làm việc ở chế độ không cân bằng sai số giảm đáng kể so với cầu hai dây.

Thực chất khi cầu làm việc ở chế độ không cân bằng sai số chủ yếu do sự thay đổi điện áp của nguồn cung cấp gây nên.

b) Sơ đồ nguyên lý của nhiệt kế nhiệt điện trở sử dụng mạch cầu không cân bằng, chỉ thị là cơ cấu lôgômét từ điện: như hình 18.2:



Hình 18.2. Sơ đồ nguyên lý của nhiệt kế nhiệt điện trở sử dụng mạch cầu không cân bằng, chỉ thị là cơ cấu lôgômmét từ điện

Với sơ đồ này có khả năng loại trừ được sai số do điện áp nguồn cung cấp thay đổi.

Ba nhánh của mạch cầu R_1 , R_2 và R_3 là các điện trở làm bằng manganin. Nhánh thứ tư là điện trở nhiệt R_t , bốn nhánh điện trở được mắc theo sơ đồ mạch cầu ba dây. Trong sơ đồ, điện trở R_4 dùng để chỉnh không của thang đo (chỉnh cho cầu cân bằng trước khi bắt đầu đo).

Điện trở R_p dùng bù với điện trở đường dây để đạt giá trị khắc độ (5Ω hoặc 15Ω) r_t là điện trở bù nhiệt độ cho cơ cấu lôgômmét. Khi hiệu chỉnh R_p người ta sử dụng điện trở R_k (có giá trị bằng điện trở của nhiệt điện trở). R_k được mắc vào nhánh cầu sau đó điều chỉnh điện trở R_p cho đến khi kim chỉ của lôgômmét dừng ở vị trí xác định trên thang thì dừng lại, R_k được ngắt mạch khi đo.

Nếu chọn $R_1=R_3$; $R_0=R'_0=R$ (điện trở của khung dây lôgômét) thì tỉ số dòng điện chạy trong cuộn dây lôgômét được xác định bằng công thức:

$$\frac{I_{tb1}}{I_{tb2}} = \frac{R + \frac{R_1}{R_2} \cdot R + R_1 + \frac{\Delta R_T}{R'_T} (R + R_1 + R_4)}{R + \frac{R_1}{R_2} \cdot R + R_1 - \frac{\Delta R_T}{R'_T} \cdot R_4}$$

với: ΔR_T - Sự thay đổi điện trở của nhiệt điện trở khi nhiệt độ lệch khỏi giá trị trung bình.

$$R'_T = R_0 + R_p + R_{Ttb}.$$

R_{Tb} : điện trở của nhiệt điện trở với giá trị nhiệt độ trung bình đo được

bằng dụng cụ.

Từ phương trình trên thấy rằng tỉ số dòng điện phụ thuộc vào ΔR_T và lôgômmét chỉ giá trị nhiệt độ cần đo.

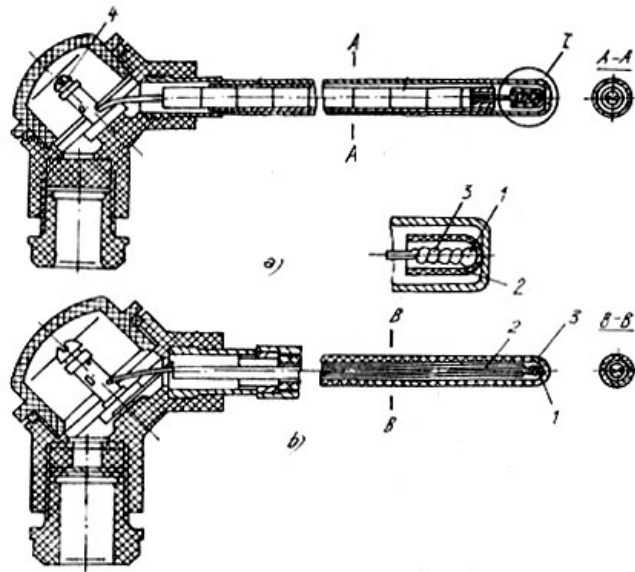
Trong các ngành công nghiệp hiện nay để đo nhiệt độ bằng nhiệt điện trở người ta thực hiện trên mạch cầu tự động tự ghi. Phương pháp này có thể đo nhiệt độ tại một điểm hoặc một số điểm nhờ cơ cấu chuyển mạch.

Cấp chính xác có thể đạt đến 0,5.

18.2.2. Nhiệt kế cặp nhiệt ngẫu (Thermocouples):

Phương pháp đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt ngẫu là một trong những phương pháp phổ biến và thuận lợi nhất.

Cấu tạo của nhiệt kế cặp nhiệt ngẫu như hình 18.3:



Hình 18.3. Cấu tạo của nhiệt kế cặp nhiệt ngẫu

a) **Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của nhiệt kế cặp nhiệt ngẫu:** gồm hai dây hàn với nhau ở điểm 1 và luồn vào ống 2 để có thể đo được nhiệt độ cao. Với nhiệt độ thấp hơn, vỏ nhiệt kế có thể làm bằng thép không rỉ. Để cách điện giữa hai dây, một trong hai dây được lồng vào ống sứ nhỏ 3. Nếu vỏ làm bằng kim loại cả hai dây đều đặt vào ống sứ.

Đầu ra của cặp nhiệt ngẫu được nối vào hộp đầu nối 4. Mạch đo của nhiệt kế nhiệt ngẫu là miliVônmet hoặc điện thế kế điện trở nhỏ có giới hạn đo từ 0 ÷ 100mV.

Nếu đo sức điện động nhiệt điện bằng miliVônmet sẽ gây sai số do nhiệt độ của mạch đo thay đổi. Dòng điện chạy qua chỉ thị lúc đó là :

$$I = \frac{E}{R_T + R_d + R_{dc}}$$

trong đó: E - Sức điện động;

R_d - điện trở đường dây;

Điện áp rơi trên miliVônmet là:

R_T - điện trở cặp nhiệt ngẫu

R_{dc} - điện trở của miliVônmet

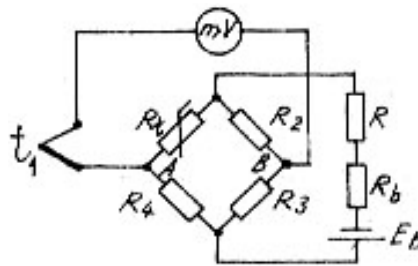
$$U = E - I(R_d + R_T)$$

$$= E \cdot \frac{R_{dc}}{R_T + R_d + R_{dc}}$$

thường $R_d + R_T$ được hiệu chỉnh khoảng 5Ω , còn điện trở của miliVônmet lớn hơn nhiều lần ($40 \div 50$ lần), vì vậy sai số chủ yếu do điện trở của miliVônmet R_{dc} thay đổi.

Đo sức điện động bằng điện thế kế sẽ loại trừ được sai số trên do dòng điện tiêu thụ bằng không khi tiến hành phép đo.

b) Khắc phục sai số do nhiệt độ đầu tự do thay đổi: bằng cách dùng mạch bù sai số nhiệt độ như hình 18.4:



Hình 18.4. Mạch bù sai số nhiệt độ do nhiệt độ đầu tự do thay đổi trong nhiệt kế cặp nhiệt ngẫu

Cặp nhiệt ngẫu mắc nối tiếp vào đường chéo cầu một chiều tại điểm A - B, trong đó R_t - nhiệt điện trở tạo thành nhánh cầu. Điện trở R_t được mắc cùng vị trí với đầu tự do cặp nhiệt ngẫu và có nhiệt độ t_0 . Cầu được tính toán sao cho khi nhiệt độ $t_0 = 0^\circ\text{C}$ thì điện áp ra trên đường chéo cầu $\Delta U = 0$.

Khi nhiệt độ đầu tự do thay đổi đến $t'_0 \neq t_0$ thì điện áp ra của cầu $\Delta U \neq 0$ bù vào sức điện động mất đi do nhiệt độ thay đổi.

Với phương pháp bù này sai số giảm xuống đến 0,04% trên 10°C . Nhược điểm của phương pháp này là phải dùng nguồn phụ và sai số do nguồn phụ gây ra.

Bảng 18.2 cho biết đặc tính của một số cặp nhiệt thông dụng:

Loại cặp nhiệt	Dải nhiệt độ làm việc ($^\circ\text{C}$)	Sức điện động (mV)	Độ chính xác
Đồng/Constantan $\phi = 1,63\text{mm}$	$-270 \div 370$	$-6,25 \div 19$	$(-40^\circ\text{C} \div 100^\circ\text{C}) \pm 0,8\%$ $(100^\circ\text{C} \div 350^\circ\text{C}) \pm 0,75\%$
Cromel/ Alumen $\phi = 3,25\text{mm}$	$-270 \div 1250$	$-5,35 \div 50,63$	$(0^\circ\text{C} \div 400^\circ\text{C}) \pm 3^\circ\text{C}$ $(400^\circ\text{C} \div 800^\circ\text{C}) \pm 0,75\%$
Cromel/ Constantan $\phi = 3,25\text{mm}$	$-276 \div 870$	$-9,80 \div 66,40$	$(0^\circ\text{C} \div 400^\circ\text{C}) \pm 3^\circ\text{C}$ $(400^\circ\text{C} \div 870^\circ\text{C}) \pm 0,75\%$
Platin-Rodi (10%)/ Platin $\phi = 0,51\text{mm}$	$-50 \div 1500$	$-0,23 \div 15,50$	$(0^\circ\text{C} \div 600^\circ\text{C}) \pm 2,5\%$ $(600^\circ\text{C} \div 1500^\circ\text{C}) \pm 0,4\%$
Platin-Rodi/ Plati-Rodi (30/6) $\phi = 0,51\text{mm}$	$-0 \div 1700$	$0 \div 12,42$	$(870^\circ\text{C} \div 1700^\circ\text{C}) \pm 0,5\%$

Bảng 18.2. Đặc tính của một số cặp nhiệt thông dụng

18.2.3. Đo nhiệt độ cao bằng phương pháp tiếp xúc:

Ở môi trường nhiệt độ cao từ 1600°C trở lên, các cặp nhiệt ngẫu không chịu

được lâu dài, vì vậy để đo nhiệt độ ở các môi trường đó người ta dựa trên hiện tượng quá trình quá độ đốt nóng của cặp nhiệt.

a) Nguyên lý hoạt động: quá trình quá độ khi đốt nóng cặp nhiệt có phương trình:

$$\theta = f(t) = \Delta T \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

với: θ - lượng tăng nhiệt độ của đầu nóng trong thời gian t .

ΔT - hiệu nhiệt độ của môi trường đo và cặp nhiệt.

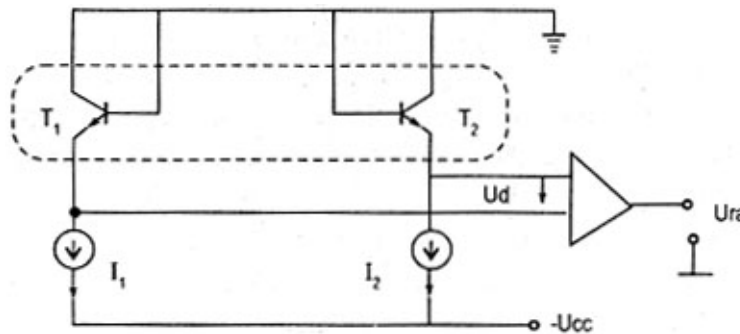
τ - hằng số thời gian của cặp nhiệt ngẫu.

Dựa trên quan hệ này có thể xác định được nhiệt độ của đối tượng đo mà không cần nhiệt độ đầu công tác của cặp nhiệt ngẫu phải đạt đến nhiệt độ ấy bằng cách nhúng nhiệt ngẫu vào môi trường cần đo trong khoảng $0,4 \div 0,6$ s ta sẽ được phần đầu của đặc tính quá trình quá độ của nhiệt ngẫu và theo đó tính được nhiệt độ của môi trường.

b) Đặc điểm: nếu nhiệt độ đầu công tác của cặp nhiệt ngẫu trong thời gian nhúng vào môi trường cần đo đạt nhiệt độ vào khoảng một nửa nhiệt độ môi trường thì nhiệt độ tính được có sai số không quá hai lần sai số của nhiệt kế nhiệt ngẫu đo trực tiếp. Phương pháp này thường dùng để đo nhiệt độ của thép nấu chảy.

18.2.4. Đo nhiệt độ dùng các phân tử bán dẫn (điốt và tranzito):

a) Nguyên lý hoạt động: các linh kiện điện tử bán dẫn rất nhạy cảm với nhiệt độ, do đó có thể sử dụng một số linh kiện bán dẫn như điốt hoặc tranzito nối theo kiểu điốt (nối bazơ với colectơ), khi đó điện áp giữa hai cực U là hàm của nhiệt độ. Để tăng độ tuyến tính, độ ổn định và khả năng thay thế người ta mắc theo sơ đồ hình 18.5:



Hình 18.5. Sơ đồ mạch nguyên lý của IC bán dẫn đo nhiệt độ

Khi nhiệt độ thay đổi ta có:

$$U_d = E_{BE1} - E_{BE2} = \frac{K \cdot T}{q} \cdot \ln\left(\frac{I_{c1}}{I_{c2}}\right)$$

với $I_{c1}/I_{c2} = \text{const}$ thì U_d tỉ lệ với nhiệt độ T mà không cần đến nguồn ổn định.

Hiện nay các cảm biến đo nhiệt độ sử dụng điốt hoặc tranzito đã được tích hợp thành các IC bán dẫn đo nhiệt độ. Các cảm biến này cho đầu ra là điện áp hoặc dòng điện tỉ lệ với nhiệt độ cần đo với độ tuyến tính cao, sử dụng đơn giản.

Ví dụ một số loại IC đo nhiệt độ:

Loại IC	Độ nhạy S	Dải đo	Sai số
---------	-----------	--------	--------

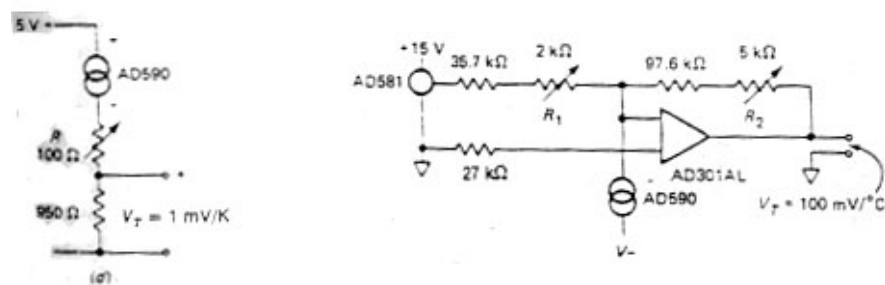
AD592CN	$1\mu A/^{\circ}K$	$-25^{\circ}C \div 105^{\circ}C$	$0,3^{\circ}C$
LM35	$\pm 10mV/^{\circ}K$	$-55^{\circ}C \div 150^{\circ}C$	$\pm 0,25^{\circ}C$
MMB-TS102	$-2,25mV/^{\circ}K$	$-40^{\circ}C \div 150^{\circ}C$	$\pm 2^{\circ}C$
REF-02A	$2,1mV/^{\circ}K$	$-55^{\circ}C \div 125^{\circ}C$	$\pm 0,5^{\circ}C$

b) Đặc điểm:

- Độ nhạy của các loại IC bán dẫn đo nhiệt độ thường có giá trị cỡ $-2,5mV/^{\circ}C$ và không cố định mà thường thay đổi theo nhiệt độ.
- Ưu điểm: độ tuyến tính cao, sử dụng đơn giản và có độ nhạy cao.
- Nhược điểm: giới hạn phạm vi sử dụng chỉ trong khoảng $-50^{\circ}C \div 150^{\circ}C$, do giới hạn chịu nhiệt của các phần tử bán dẫn.

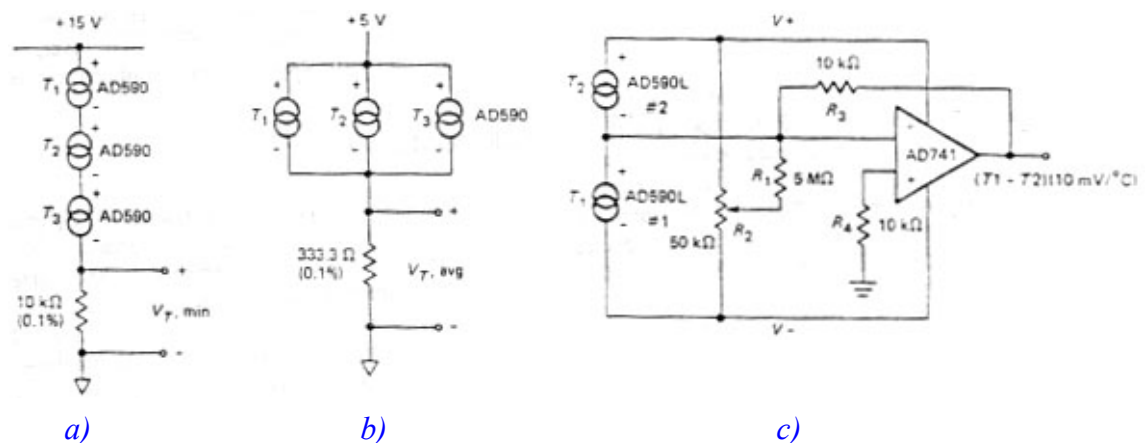
c) Mạch đo: dưới đây là ví dụ một số mạch đo cơ bản sử dụng IC bán dẫn AD590 đo nhiệt độ:

- Mạch đo cơ bản:



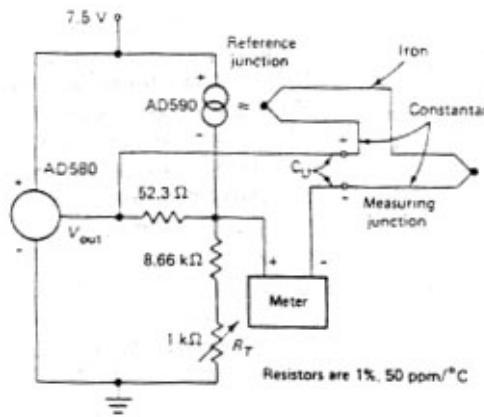
Hình 18.6: Mạch đo cơ bản ứng dụng IC bán dẫn AD590 đo nhiệt độ

- Mạch đo giá trị nhiệt độ trung bình, đo giá trị nhiệt độ nhỏ nhất của nhiều điểm đo cùng một lúc, đo chênh lệch nhiệt độ giữa hai điểm đo:



Hình 18.7. Mạch đo nhiệt độ cực tiểu (a); đo nhiệt độ trung bình (b); đo chênh lệch nhiệt độ (c) của nhiều điểm đo.

- Mạch tự động bù nhiệt độ đầu tự do cho cặp nhiệt:



Hình 18.8. Mạch tự động bù nhiệt độ đầu tự do của cặp nhiệt

18.3. Đo nhiệt độ bằng phương pháp không tiếp xúc.

18.3.1. Phương pháp hỏa quang kế:

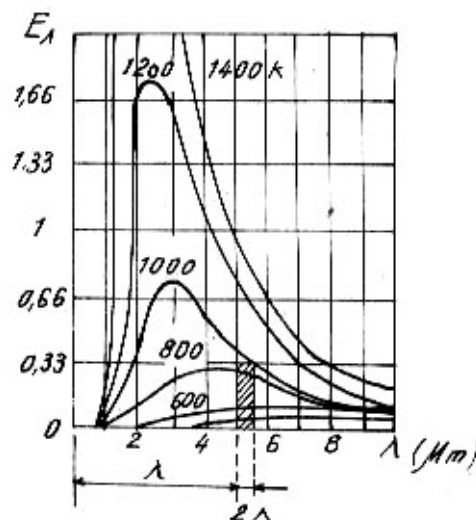
Đây là phương pháp dựa trên định luật bức xạ của vật đen tuyệt đối, tức là vật hấp thụ năng lượng theo mọi hướng với khả năng lớn nhất. Bức xạ nhiệt của mọi vật thể có thể đặc trưng bằng một mật độ phổ E_λ nghĩa là số năng lượng bức xạ trong một đơn vị thời gian với một đơn vị diện tích của vật và xảy ra trên một đơn vị của độ dài sóng.

Quan hệ giữa mật độ phổ bức xạ của vật đen tuyệt đối với nhiệt độ và độ dài sóng được biểu diễn bằng công thức:

$$E_\lambda^0 = C_1 \lambda^{-5} (e^{c_2/(\lambda T)} - 1)^{-1}$$

với: C_1, C_2 - hằng số; λ - độ dài sóng
 T - nhiệt độ tuyệt đối; $C_1 = 37,03 \cdot 10^{-17} \text{ Jm}^2/\text{s}$
 $C_2 = 1,432 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{độ}$

Đường cong $E_\lambda^0 = f(\lambda)$ với các nhiệt độ khác nhau biểu diễn trên hình 18.9:



Hình 18.9. Đường cong $E_\lambda^0 = f(\lambda)$ với các nhiệt độ khác nhau

Tùy theo đại lượng vào ta gọi dụng cụ đo theo phương pháp trên bằng tên gọi khác nhau như: hỏa quang kế phát xạ, hỏa quang kế cường độ sáng và hỏa quang kế màu sắc.

a) Hoả quang kế phát xạ:

Nguyên lý hoạt động: đối với vật đen tuyệt đối, năng lượng bức xạ toàn phần trên một đơn vị bề mặt được tính:

$$E_T^0 = \sigma \cdot T_p^4$$

với: $\sigma = 4,96 \cdot 10^{-2} \text{J/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{grad}^4$

T_p - nhiệt độ của vật theo lý thuyết.

Đối với vật thực thì năng lượng bức xạ toàn phần trên một đơn vị bề mặt được tính:

$$E_T = \varepsilon_T \cdot \sigma \cdot T_t^4$$

với: ε_T - hệ số bức xạ tổng hợp, xác định tính chất của vật và nhiệt độ của nó ($\varepsilon_T < 1$)

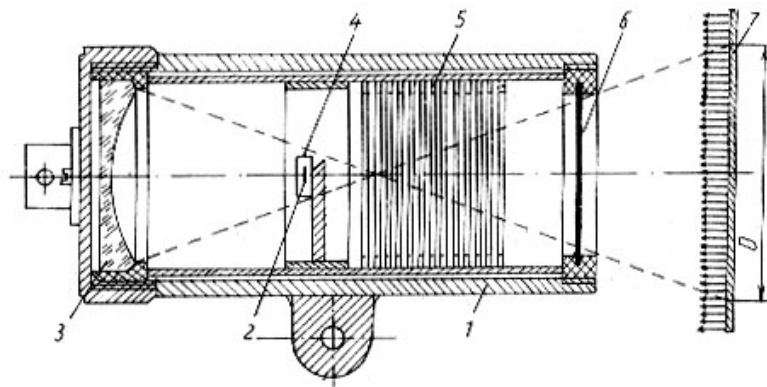
T_t - nhiệt độ thực của vật.

Hoả quang kế phát xạ được khắc độ theo độ bức xạ của vật đen tuyệt đối nhưng khi đo ở đối tượng thực, T_p được tính theo công thức:

$$\sigma \cdot T_p^4 = \varepsilon_T \cdot \sigma \cdot T_t^4$$

$$\Rightarrow T_t = T_p \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{\varepsilon_T}}$$

Cấu tạo: hình 18.10 là cấu tạo của hoả quang kế phát xạ: bao gồm ống kim loại mỏng 1, phía cuối gắn gương lõm 3:



Hình 18.10. Cấu tạo của hoả quang kế phát xạ

Chùm tia phát xạ được gương lõm phản xạ hội tụ trên nhiệt điện trở 2 và đốt nóng nó. Để tránh các tia phản xạ từ thành ống bên trong và nhiệt điện trở người ta gia công thêm những đường rãnh 5. Nhiệt điện trở được đặt trong hộp chắn 4.

Để bảo vệ mặt trong của hoả quang kế phải sạch, phía đầu ống được gắn tấm kính thủy tinh hữu cơ trong suốt 6.

Nhiệt điện trở được mắc vào một nhánh cầu tự cân bằng cung cấp từ nguồn điện xoay chiều tần số 50Hz.

Đặc điểm: hoả quang kế dùng để đo nhiệt độ từ $20 \div 1000^\circ\text{C}$. Khi cần đo nhiệt độ cao hơn ($100 \div 2500^\circ\text{C}$) mà tần số bước sóng đủ lớn người ta dùng một thấu kính bằng thạch anh hay thủy tinh đặc biệt để tập trung các tia phát xạ và phần tử nhạy cảm với nhiệt độ được thay bằng cặp nhiệt ngẫu (ví dụ crôm - copel).

Nhiệt kế phát xạ thấu kính không thể đo ở nhiệt độ thấp vì các tia hồng ngoại không xuyên qua được thấu kính (kể cả thạch anh).

Khoảng cách để đo giữa đối tượng và hoả quang kế được xác định đo kích thước của vật đốt nóng, khoảng cách đó không quá lớn. Chùm tia sáng từ đối tượng đo đến dụng cụ phải trùm hết tầm nhìn ống kính ngắm của nhiệt kế (vòng tròn có đường kính D).

Nhược điểm của tất cả các loại hoả quang kế phát xạ là đối tượng đo không phải là vật đen tuyệt đối do đó trong vật nóng có sự phát xạ nội tại và dòng phát xạ nhiệt đi qua bề mặt. Nhiệt độ của đối tượng đo khi dùng hoả quang kế phát xạ T_t bao giờ cũng nhỏ hơn nhiệt độ lý thuyết tính toán T_p , ví dụ đối với thép sự khác nhau giữa T_p và T_t đạt đến $1,7^{\circ}\text{C}$.

b) Hoả quang kế cường độ sáng:

Nguyên lý hoạt động: trong thực tế khi đo nhiệt độ $T < 3000^{\circ}\text{C}$ với bước sóng λ trong khoảng $0,4\mu\text{m} < \lambda < 0,7\mu\text{m}$ thì mật độ phổ bức xạ của vật đen tuyệt đối có thể biểu diễn bằng công thức:

$$E_{\lambda}^0 = C_1 \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}$$

Đối với vật thật:

$$E_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} C_1 \lambda^{-5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda T}}$$

với: ε_{λ} - hệ số (đối với vật không đen tuyệt đối) trong khoảng $0 < \varepsilon_{\lambda} < 1$.

Các hoả quang kế cường độ sáng được khắc độ theo bức xạ của vật đen tuyệt đối nhưng khi đo với đối tượng đo thực ta có:

$$\frac{1}{T_t} = \frac{1}{T_s} + \frac{\lambda}{C_2}$$

với: T_s - nhiệt độ cường độ sáng

T_t - nhiệt độ thực.

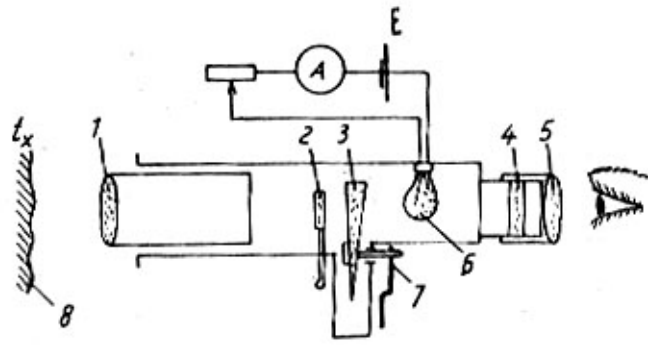
Việc xác định ε_{λ} là điều rất khó, thường $\varepsilon_{\lambda} = 0,03 \div 0,7$ ở các vật liệu khác nhau và với độ dài sóng $\lambda = 0,6 \div 0,7\mu\text{m}$.

Nguyên lý làm việc của hoả quang kế cường độ sáng là so sánh cường độ sáng của đối tượng đo nhiệt độ với cường độ sáng của nguồn sáng chuẩn trong dải phổ hẹp. Nguồn sáng chuẩn là một bóng đèn sợi đốt vonfram sau khi đã được già hoá trong khoảng 100 giờ với nhiệt độ 2000°C . Sự phát sáng của đèn đã ổn định nếu sử dụng ở nhiệt độ từ $1400^{\circ}\text{C} \div 1500^{\circ}\text{C}$. Cường độ sáng có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi dòng đốt hoặc dùng bộ lọc ánh sáng.

Trong trường hợp thay đổi dòng đốt, thang đo không đều ở cường độ sáng của sợi đốt tỉ lệ bậc năm với dòng đốt.

Nếu thay đổi cường độ sáng bằng tấm chắn quang học hình cầu thì góc quay của nó tỉ lệ với cường độ sáng cần điều chỉnh.

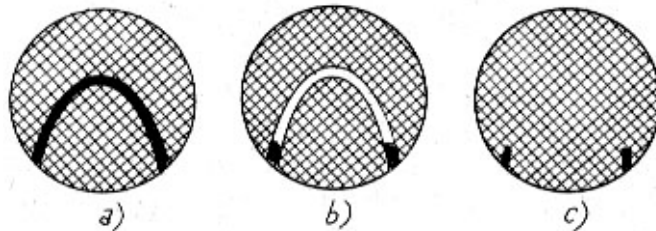
Cấu tạo: hình 18.11 là cấu tạo của hoả quang kế cường độ sáng có bộ chắn quang học:



Hình 18.11. Cấu tạo của hỏa quang kế cường độ sáng có bộ chắn quang học

Ổng ngắm gồm có kính vật 1, thị kính 5 qua đó có thể ngắm được đối tượng đo 8. Trước thị kính 5 có bộ lọc ánh sáng đỏ 4, sợi đốt 6 của bóng đèn chuẩn được ngắm trực tiếp. Cường độ sáng của đối tượng đo 8 được chắn và làm yếu đi bằng bộ chắn quang học 3. Góc quay của bộ chắn 3 tương ứng với cường độ sáng được tính bằng thang 7. Dụng cụ có hai giới hạn đo, sau bộ chắn quang học là bộ lọc ánh sáng 2. Cường độ sáng của nguồn nhiệt và đèn sợi đốt được so sánh bằng mắt:

- Nếu cường độ sáng của đối tượng đo lớn hơn độ sáng của dây đốt ta sẽ thấy dây thâm trên nền sáng (H. 18.12a).
- Nếu cường độ sáng của đối tượng đo yếu hơn độ sáng của dây đốt cho thấy dây sáng trên nền thâm (H.18.12b).
- Nếu độ sáng bằng nhau hình dây sẽ biến mất (H.18.12c) khi đó đọc vị trí của bộ chắn sáng ở thang 7 để suy ra nhiệt độ.



Hình 18.12. So sánh bằng mắt cường độ sáng của nguồn nhiệt và đèn sợi đốt trong hỏa quang kế cường độ sáng

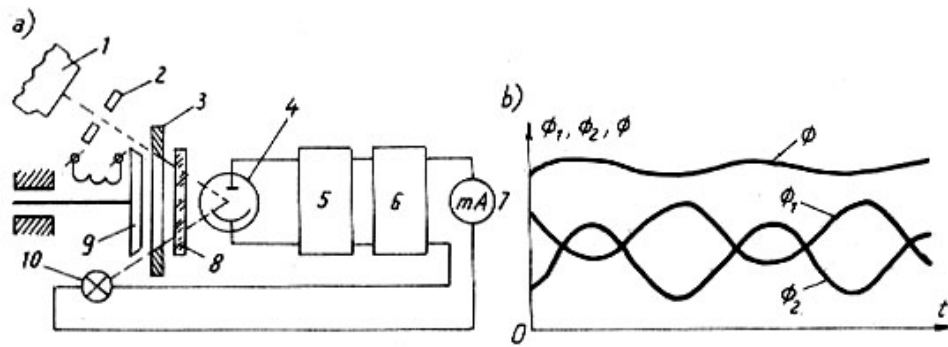
So sánh bằng mắt tuy thô sơ nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác nhất định vì cường độ sáng thay đổi nhiều hơn gấp 10 lần sự thay đổi nhiệt độ.

Dụng cụ tự cân bằng: ngoài phương pháp và dụng cụ nói trên người ta còn dùng dụng cụ tự cân bằng. Hình 18.13a là sơ đồ nguyên lý của hỏa quang kế cường độ sáng tự động cân bằng:

Ánh sáng từ đối tượng đo 1 và đèn mẫu 10 qua khe hở và bộ lọc ánh sáng 8 cùng đặt vào tế bào quang điện 4. Sự so sánh được thực hiện bằng cách lần lượt cho ánh sáng từ đối tượng đo và đèn chiếu vào tế bào quang điện nhờ tấm chắn 3 và sự di chuyển tấm chắn phần ứng điện từ 9 của chuyển đổi ngược với tần số 50Hz.

Dòng sáng Φ_1 và Φ_2 của đối tượng đo và đèn mẫu lệch pha nhau 180° (H.18.13b). Dòng ánh sáng Φ có biên độ bằng hiệu biên độ của dòng ánh sáng Φ_1 và Φ_2 được tế bào quang điện biến thành dòng điện. Dòng điện này đưa vào

khuếch đại xoay chiều 5 và được chỉnh lưu bằng bộ chỉnh lưu nhạy pha 6 để biến thành dòng một chiều và đưa vào miliampemét 7 và đèn đốt 10.



Hình 18.13. Hỏa quang kế cường độ sáng tự động cân bằng:

a) sơ đồ nguyên lý

b) dòng sáng Φ_1 và Φ_2 của đối tượng đo và đèn mẫu lệch pha nhau 180°

Khi ánh sáng của đối tượng đo 1 và đèn 10 bằng nhau, dòng điện ra của tế bào quang điện không thay đổi. Nếu ánh sáng của đối tượng đo 1 và đèn sợi đốt 10 khác nhau, dòng điện ra của tế bào sẽ thay đổi, dòng điện sẽ làm cho ánh sáng đèn 10 thay đổi cho đến khi bằng độ sáng của đối tượng đo.

Miliampemét được khắc trực tiếp giá trị nhiệt độ cho ta biết nhiệt độ đo được. Hỏa quang kế loại này có độ chính xác cao (sai số cơ bản $\pm 1\%$) trong dải nhiệt độ $900 \div 2200^\circ\text{C}$.

c) Hỏa quang kế màu sắc:

Nguyên lý hoạt động: hỏa quang kế màu sắc là dụng cụ đo nhiệt độ dựa trên phương pháp đo tỉ số cường độ bức xạ của hai ánh sáng có bước sóng khác nhau λ_1 và λ_2 .

Năng lượng thu được:

$$E_1 = \varepsilon_1 C_1 \lambda_1^{-5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda_1 T}}; \quad E_2 = \varepsilon_2 C_1 \lambda_2^{-5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda_2 T}}$$

suy ra:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\varepsilon_1 \lambda_1^{-5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda_1 T}}}{\varepsilon_2 \lambda_2^{-5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda_2 T}}}$$

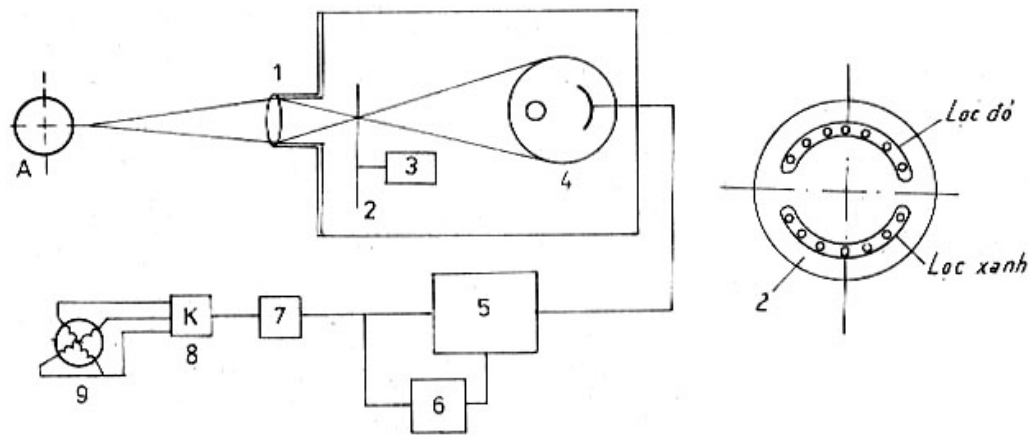
và giá trị nhiệt độ T có thể tìm được theo các giá trị E_1 , E_2 , ε_1 , ε_2 là:

$$T = C_2 \cdot \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \cdot \ln \left[\frac{E_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \lambda_2^5}{E_2 \cdot \varepsilon_1 \cdot \lambda_1^5} \right]$$

Vì vậy trong dụng cụ hỏa quang kế màu sắc có thiết bị tự tính, tự động giải phương trình trên, trong đó các giá trị E_1 , E_2 , ε_1 , ε_2 được đưa vào trước, nếu các thông số trên đưa vào sau sẽ gây nên sai số.

Khi đo nhiệt độ đến $2000 \div 2500^\circ\text{C}$ giá trị ε_1 , ε_2 có thể xác định bằng thực nghiệm.

Cấu tạo: hình 18.14 là sơ đồ nguyên lý của hỏa quang kế màu sắc dùng tế bào quang điện:



Hình 18.14. Sơ đồ nguyên lý của hỏa quang kế màu sắc dùng tế bào quang điện

Cường độ bức xạ từ đối tượng đo A qua hệ thấu kính 1 tập trung ánh sáng trên đĩa 2. Đĩa này quay quanh trục nhờ động cơ 3.

Sau khi ánh sáng qua đĩa 2 đi vào tế bào quang điện 4, trên đĩa khoan một số lỗ, trong đó một nửa đặt bộ lọc ánh sáng đỏ (LĐ) còn nửa kia đặt bộ lọc ánh sáng xanh (LX). Khi đĩa quay tế bào quang điện lần lượt nhận được ánh sáng đỏ và xanh với tần số nhất định tùy theo tốc độ quay của động cơ. Dòng quang điện được khuếch đại nhờ bộ khuếch đại 5 sau đó đưa vào bộ chỉnh lưu pha 7.

Nhờ bộ chuyển mạch 8 tín hiệu được chia thành hai thành phần tùy theo ánh sáng vào tế bào quang điện là xanh hay đỏ. Hai tín hiệu này được đo bằng bộ chia 9.

Tùy theo cường độ bức xạ của đối tượng đo, độ nhạy của khuếch đại được điều chỉnh tự động nhờ thiết bị 6.

Bộ chia thường là lôgômét từ điện, góc quay của nó tỉ lệ với nhiệt độ đo và bộ chuyển mạch là các rơle phân cực, làm việc đồng bộ với đĩa quay, nghĩa là sự chuyển mạch của khung lôgômét xảy ra đồng thời với sự thay đổi bộ lọc ánh sáng mà dòng bức xạ đặt lên tế bào quang điện.

Đặc điểm: phương pháp đo nhiệt độ bằng hỏa quang kế màu sắc có ưu điểm là trong quá trình đo không phụ thuộc vào khoảng cách từ vị trí đo đến đối tượng đo và không phụ thuộc vào sự bức xạ của môi trường.

Nhược điểm của hỏa quang kế màu sắc là chúng tương đối phức tạp.

Các tín hiệu điều biến ở phụ tải của tế bào quang điện có dạng như hình 18.15a và tín hiệu ở đầu ra của khuếch đại có dạng như hình 18.15b:

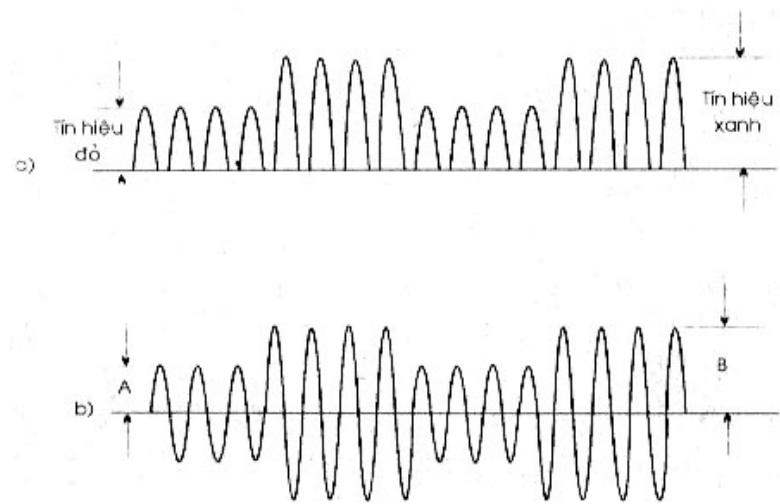
Tỉ số giữa biên độ A và B là:

$$\alpha = \frac{A}{B}$$

và đại lượng: $\frac{B-A}{B+A} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha}$ được gọi là hệ số điều biến m.

Hệ số m quan hệ đơn trị với tỉ số α , vì vậy trong các hỏa quang kế hiện đại người ta thay lôgômét bằng các máy đo hệ số điều biến điện tử.

Trong một số trường hợp để nhận được ở đầu ra các tín hiệu tỉ lệ với tỉ số cường độ của hai tia bức xạ cần phải sử dụng các thiết bị tính phức tạp.



Hình 18.15. Các tín hiệu ra điển hình của hỏa quang kế màu sắc dùng tế bào quang điện:

- a) tín hiệu điều biến ở phụ tải của tế bào quang điện
- b) tín hiệu ở đầu ra của khuếch đại