

Lời nói đầu

Môn học Kỹ thuật đo lường trình bày các kiến thức về kỹ thuật đo dùng trong ngành công nghệ thông tin, ngành điện, điện tử hiện nay. Giáo trình Kỹ thuật đo lường giới thiệu những phép đo cơ bản để ứng dụng cho các ngành sản xuất công nghiệp.

Kỹ thuật Đo lường là môn học nghiên cứu các phương pháp đo các đại lượng: dòng điện, điện áp, điện trở....

Giáo trình nhằm cung cấp cho học viên, sinh viên những kiến thức cơ bản và chuyên sâu về kỹ thuật đo lường trong ngành công nghệ thông tin, ngành điện, điện tử hiện nay. Trình bày các dụng cụ đo, nguyên lý đo và phương pháp đo các thông số. Trên cơ sở đó, người học biết cách sử dụng dụng cụ đo và xử lý kết quả đo trong công việc sau này

Trong quá trình biên soạn, đã được các đồng nghiệp đóng góp nhiều ý kiến, mặc dù cố gắng sửa chữa, bổ sung cho cuốn sách được hoàn chỉnh hơn, song chắc chắn không tránh khỏi những thiếu sót, hạn chế.

Mong nhận được các ý kiến đóng góp của bạn đọc.

Chương 1

CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ KỸ THUẬT ĐO LƯỜNG

Trong quá trình nghiên cứu khoa học nói chung và cụ thể là từ việc nghiên cứu, thiết kế, chế tạo, thử nghiệm cho đến khi vận hành, sửa chữa các thiết bị, các quá trình công nghệ... đều yêu cầu phải biết rõ các thông số của đối tượng để có các quyết định phù hợp. Sự đánh giá các thông số quan tâm của các đối tượng nghiên cứu được thực hiện bằng cách đo các đại lượng vật lý đặc trưng cho các thông số đó.

1. KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN

1.1 Khái niệm

1.1.1. Khái niệm về đo lường.

Đo lường là một quá trình đánh giá định lượng đại lượng cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị đo. Kết quả đo lường (A_x) là giá trị bằng số, được định nghĩa bằng tỉ số giữa đại lượng cần đo (X) và đơn vị đo (X_0):

Kết quả đo được biểu diễn dưới dạng: $A = \frac{X}{X_0}$ (1.1) và ta có $X = A \cdot X_0$

Trong đó: X - đại lượng đo

X_0 - đơn vị đo

A - con số kết quả đo.

Từ (1.1) có phương trình cơ bản của phép đo: $X = A_x \cdot X_0$, chỉ rõ sự so sánh X so với X_0 , như vậy muốn đo được thì đại lượng cần đo X phải có tính chất là các giá trị của nó có thể so sánh được, khi muốn đo một đại lượng không có tính chất so sánh được thường phải chuyển đổi chúng thành đại lượng có thể so sánh được.

Kỹ thuật đo lường: ngành kỹ thuật chuyên nghiên cứu và áp dụng các thành quả đo lường học vào phục vụ sản xuất và đời sống

Như vậy trong quá trình đo lường cần phải quan tâm đến: đại lượng cần đo X (các tính chất của nó), đơn vị đo X_0 và phép tính toán để xác định tỉ số (1.1) để có các phương pháp xác định kết quả đo lường A_x thỏa mãn yêu cầu

1.1.2. Khái niệm về đo lường điện.

Đại lượng nào so sánh được với mẫu hay chuẩn thì mới đo được. Nếu các đại lượng không so sánh được thì phải chuyển đổi về đại lượng so sánh được với mẫu hay chuẩn rồi đo. Đo lường điện là một quá trình đánh giá định lượng đại lượng điện cần đo để có kết quả bằng số so với đơn vị đo.

1.1.3. Các đại lượng đặc trưng của kỹ thuật đo

a. Đại lượng đo

Định nghĩa: đại lượng đo là một thông số đặc trưng cho đại lượng vật lý cần đo.

Mỗi quá trình vật lý có thể có nhiều thông số nhưng trong mỗi trường hợp cụ thể chỉ quan tâm đến một thông số là một đại lượng vật lý nhất định.

Ví dụ: nếu đại lượng vật lý cần đo là dòng điện thì đại lượng cần đo có thể là giá trị biên độ, giá trị hiệu dụng, tần số ...

* Phân loại đại lượng đo: có thể phân loại theo bản chất của đại lượng đo, theo tính chất thay đổi của đại lượng đo, theo cách biến đổi đại lượng đo. Phân loại theo bản chất của đối tượng đo:

Đại lượng đo điện: đại lượng đo có tính chất điện, tức là có đặc trưng mang bản chất điện, ví dụ: điện tích, điện áp, dòng điện, trở kháng.

Đại lượng đo không điện: đại lượng đo không có tính chất điện

Ví dụ: nhiệt độ, độ dài, khối lượng ...

Đại lượng đo năng lượng: là đại lượng đo mang năng lượng, ví dụ: sức điện động, điện áp, dòng điện, từ thông, cường độ từ trường ...

Đại lượng đo thông số: là thông số của mạch điện, ví dụ: điện trở, điện cảm, điện dung ...

Đại lượng đo phụ thuộc thời gian: chu kì, tần số.....

* Phân loại theo tính chất thay đổi của đại lượng đo:

Đại lượng đo tiên định: đại lượng đo đã biết trước qui luật thay đổi theo thời gian.

Ví dụ: dòng điện dân dụng i là đại lượng tiên định do đã biết trước qui luật thay đổi theo thời gian của nó là một hàm hình sin theo thời gian, có tần số $\omega=2\pi f=314$ rad/s, biên độ I , góc pha ban đầu φ .

Đại lượng đo ngẫu nhiên: đại lượng đo có sự thay đổi theo thời gian không theo qui luật.

Trong thực tế đa số các đại lượng đo là đại lượng ngẫu nhiên, tuy nhiên tùy yêu cầu về kết quả đo và tùy tần số thay đổi của đại lượng đo có thể xem gần đúng đại lượng đo ngẫu nhiên là tiên định hoặc phải sử dụng phương pháp đo lường thống kê.

* Phân loại theo cách biến đổi đại lượng đo:

Đại lượng đo liên tục (đại lượng đo tương tự-analog): đại lượng đo được biến đổi thành một đại lượng đo khác tương tự với nó.

Tương ứng sẽ có dụng cụ đo tương tự, ví dụ: ampe mét có kim chỉ thị, vôn mét có kim chỉ thị ...

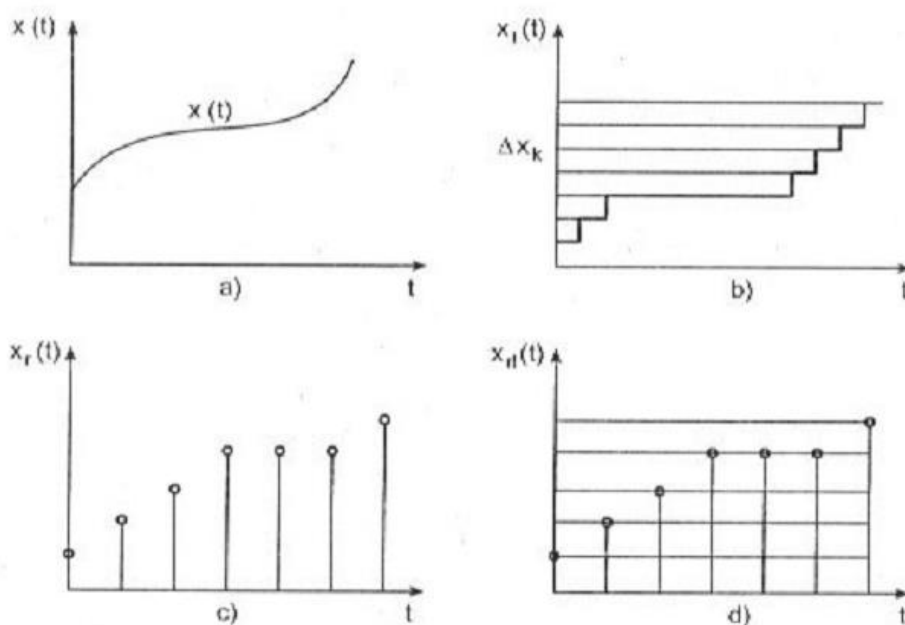
Đại lượng đo số (digital): đại lượng đo được biến đổi từ đại lượng đo tương tự thành đại lượng đo số.

Tương ứng sẽ có dụng cụ đo số, ví dụ: ampe mét chỉ thị số, vônmet chỉ thị số...

Hầu hết các đại lượng đo sẽ được qua các công đoạn xử lý (bằng các phương tiện xử lý: sensor) để chuyển thành đại lượng đo điện tương ứng.

Tín hiệu đo: Tín hiệu đo là loại tín hiệu mang đặc tính thông tin về đại lượng đo.

Trong trường hợp cụ thể thì tín hiệu đo là tín hiệu mang thông tin về giá trị của đại lượng đo lường trong nhiều trường hợp có thể xem tín hiệu đo là đại lượng đo



Hình 1.1. Các dạng tín hiệu.

a. Liên tục; b. Lượng tử; c. Rời rạc; d. Rời rạc lượng tử (số).

b. Điều kiện đo

Đại lượng đo chịu ảnh hưởng quyết định của môi trường sinh ra nó, ngoài ra kết quả đo phụ thuộc chặt chẽ vào môi trường khi thực hiện phép đo, các điều kiện môi trường bên ngoài như: nhiệt độ, độ ẩm của không khí, từ trường bên ngoài... ảnh hưởng rất lớn đến kết quả đo.

Để kết quả đo đạt yêu cầu thì phải thực hiện phép đo trong một điều kiện xác định, thường phép đo đạt kết quả theo yêu cầu nếu được thực hiện trong điều kiện chuẩn là điều kiện được qui định theo tiêu chuẩn quốc gia hoặc theo qui định nhà sản xuất thiết bị đo. Khi thực hiện phép đo luôn cần phải xác định điều

kiện đo để có phương pháp đo phù hợp.

c. Đơn vị đo

Đơn vị đo lường hợp pháp là đơn vị đo lường được Nhà nước công nhận và cho phép sử dụng.

Nhà nước Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam công nhận Hệ đơn vị đo lường quốc tế (viết tắt theo thông lệ quốc tế là SI).

Chính phủ quy định đơn vị đo lường hợp pháp phù hợp với Hệ đơn vị đo lường quốc tế.

Hệ thống đơn vị quốc tế SI: Bao gồm 02 nhóm đơn vị sau

7 Đơn vị cơ bản: được thể hiện bằng các đơn vị chuẩn với độ chính xác cao nhất mà khoa học kỹ thuật hiện đại có thể đạt được.

102 Đơn vị kéo theo (đơn vị dẫn xuất): là đơn vị có liên quan đến các đơn vị đo cơ bản thể hiện qua các biểu thức.

Đại lượng	Đơn vị	Ký hiệu
Khối lượng	kilogram	Kg
Chiều dài	met	m
Thời gian	giây	s
Cường độ dòng điện	ampe	A
Nhiệt độ	kelvin	K
Cường độ sáng	candela	Cd
Lượng vật chất	mol	mol



Đại lượng	Đơn vị	
	Tên	Ký hiệu
Công suất	oát	W
Điện tích, điện lượng	culông	C
Hiệu điện thế, điện thế, điện áp, suất điện động	Von	V
Điện dung	Fara	F
Điện trở	ôm	Ω
Điện dẫn	Simen	S
Độ tự cảm	Henry	H
Thông lượng từ (từ thông)	Vebe	Wb
Mật độ từ thông, cảm ứng từ	Tesla	T
Cường độ điện trường	von trên met	V/m
Cường độ từ trường	ampe trên met	A/m
Năng lượng điện	Electronvon	eV



Chữ đọc	Ký hiệu	Hệ số nhân
yotta	Y	10^{24}
zetta	Z	10^{21}
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	K	10^3
hecto	H	10^2
deka	Da	10
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}
zepto	z	10^{-21}
yocto	y	10^{-24}

1.1.4. Các phương pháp đo

Phương pháp đo là việc phối hợp các thao tác cơ bản trong quá trình đo, bao gồm các thao tác: xác định mẫu và thành lập mẫu, so sánh, biến đổi, thể hiện kết quả hay chỉ thị. Các phương pháp đo khác nhau phụ thuộc vào các phương pháp nhận thông tin đo và nhiều yếu tố khác như đại lượng đo lớn hay nhỏ, điều kiện đo, sai số, yêu cầu...

Tùy thuộc vào đối tượng đo, điều kiện đo và độ chính xác yêu cầu của phép đo mà người quan sát phải biết chọn các phương pháp đo khác nhau để thực hiện tốt quá trình đo lường. Có thể có nhiều phương pháp đo khác nhau nhưng trong thực tế thường phân thành 2 loại phương pháp đo chính là phương pháp đo biến đổi thẳng và phương pháp đo kiểu so sánh.

a. Phương pháp đo biến đổi thẳng

Định nghĩa: là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu biến đổi thẳng, nghĩa là không có khâu phản hồi.

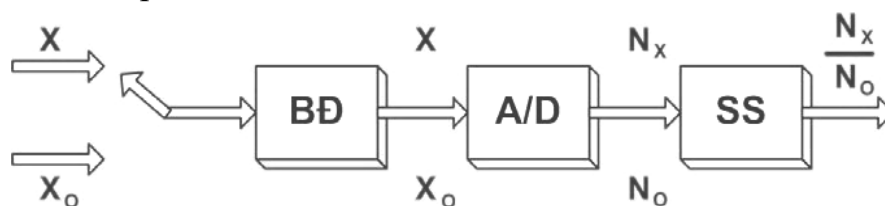
Quá trình thực hiện:

Đại lượng cần đo X qua các khâu biến đổi để biến đổi thành con số N_X ,

đồng thời đơn vị của đại lượng đo X_0 cũng được biến đổi thành con số N_0 .

Tiến hành quá trình so sánh giữa đại lượng đo và đơn vị (thực hiện phép chia N_X/N_0),

Thu được kết quả đo: $A_X = X/X_0 = N_X/N_0$.



Hình 1.2. Lưu đồ phương pháp đo biến đổi thẳng.

Quá trình này được gọi là quá trình biến đổi thẳng, thiết bị đo thực hiện quá trình này gọi là thiết bị đo biến đổi thẳng. Tín hiệu đo X và tín hiệu đơn vị X_0 sau khi qua khâu biến đổi (có thể là một hay nhiều khâu nối tiếp) có thể được qua bộ biến đổi tương tự - số A/D để có N_X và N_0 , qua khâu so sánh có N_X/N_0 .

Dụng cụ đo biến đổi thẳng thường có sai số tương đối lớn vì tín hiệu qua các khâu biến đổi sẽ có sai số bằng tổng sai số của các khâu, vì vậy dụng cụ đo loại này thường được sử dụng khi độ chính xác yêu cầu của phép đo không cao lắm.

b. Phương pháp đo kiểu so sánh

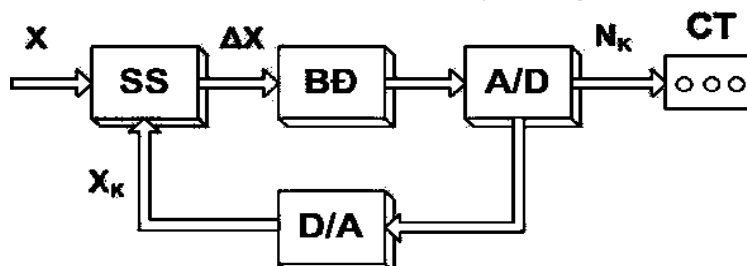
Định nghĩa: là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu mạch vòng, nghĩa là có khâu phản hồi.

Quá trình thực hiện:

Đại lượng đo X và đại lượng mẫu X_0 được biến đổi thành một đại lượng vật lý nào đó thuận tiện cho việc so sánh.

Quá trình so sánh X và tín hiệu X_K (tỉ lệ với X_0) diễn ra trong suốt quá trình đo, khi hai đại lượng bằng nhau đọc kết quả X_K sẽ có được kết quả đo.

Quá trình đo như vậy gọi là quá trình đo kiểu so sánh. Thiết bị đo thực hiện quá trình này gọi là thiết bị đo kiểu so sánh (hay còn gọi là kiểu bù).



Hình 1.3. Lưu đồ phương pháp đo kiểu so sánh.

Các phương pháp so sánh: bộ so sánh SS thực hiện việc so sánh đại lượng đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu X_K , qua bộ so sánh có: $\Delta_X = X - X_K$. Tùy thuộc vào cách so sánh mà sẽ có các phương pháp sau:

So sánh cân bằng:

Quá trình thực hiện: đại lượng cần đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu $X_K = N_K \cdot X_O$ được so sánh với nhau sao cho $\Delta_X = 0$, từ đó suy ra $X = X_K = N_K \cdot X_O$
+ suy ra kết quả đo: $A_X = X/X_O = N_K$. Trong quá trình đo, X_K phải thay đổi khi X thay đổi để được kết quả so sánh là $\Delta_X = 0$ từ đó suy ra kết quả đo.

Độ chính xác: phụ thuộc vào độ chính xác của X_K và độ nhạy của thiết bị chỉ thị cân bằng (độ chính xác khi nhận biết $\Delta_X = 0$).

Ví dụ: Cầu đo, điện thế kế cân bằng

So sánh không cân bằng:

Quá trình thực hiện: đại lượng tỉ lệ với mẫu X_K là không đổi và biết trước, qua bộ so sánh có được $\Delta_X = X - X_K$, do Δ_X sẽ có được đại lượng đo $X = \Delta_X + X_K$ từ đó có kết quả đo: $A_X = X/X_O = (\Delta_X + X_K)/X_O$.

Độ chính xác: độ chính xác của phép đo chủ yếu do độ chính xác của X_K quyết định, ngoài ra còn phụ thuộc vào độ chính xác của phép đo Δ_X , giá trị của Δ_X so với X (độ chính xác của phép đo càng cao khi Δ_X càng nhỏ so với X).

Phương pháp này thường được sử dụng để đo các đại lượng không điện, như đo ứng suất (dùng mạch cầu không cân bằng), đo nhiệt độ...

So sánh không đồng thời:

Quá trình thực hiện: dựa trên việc so sánh các trạng thái đáp ứng của thiết bị đo khi chịu tác động tương ứng của đại lượng đo X và đại lượng tỉ lệ với mẫu X_K , khi hai trạng thái đáp ứng bằng nhau suy ra $X = X_K$.

Đầu tiên dưới tác động của X gây ra một trạng thái nào đó trong thiết bị đo, sau đó thay X bằng đại lượng mẫu X_K thích hợp sao cho cũng gây ra đúng trạng thái như khi X tác động, từ đó suy ra $X = X_K$. Như vậy rõ ràng là X_K phải thay đổi khi X thay đổi.

Độ chính xác: phụ thuộc vào độ chính xác của X_K . Phương pháp này chính xác vì khi thay X_K bằng X thì mọi trạng thái của thiết bị đo vẫn giữ nguyên. Thường thì giá trị mẫu được đưa vào khắc độ trước, sau đó qua các vạch khắc mẫu để xác định giá trị của đại lượng đo X . Thiết bị đo theo phương pháp này là các thiết bị đánh giá trực tiếp như vônmet, ampemét chỉ thị kim.

So sánh đồng thời:

Quá trình thực hiện: so sánh cùng lúc nhiều giá trị của đại lượng đo X và đại lượng mẫu X_K , căn cứ vào các giá trị bằng nhau suy ra giá trị của đại lượng đo.

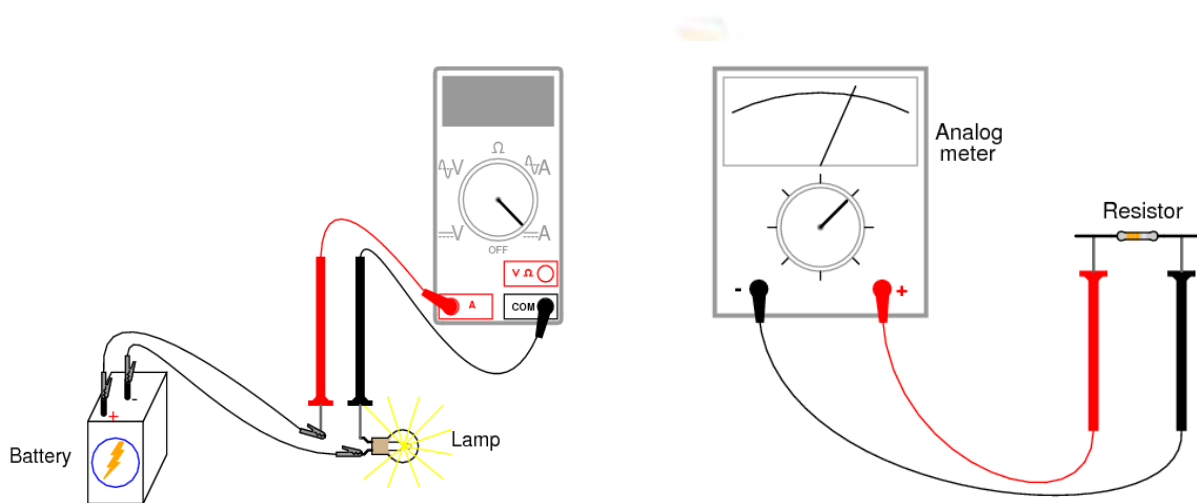
Ví dụ: xác định 1 inch bằng bao nhiêu mm: lấy thước có chia độ mm (mẫu), thước kia theo inch (đại lượng cần đo), đặt điểm 0 trùng nhau, đọc được

các điểm trùng nhau là: 127mm và 5 inch, 254mm và 10 inch, từ đó có được: $1 \text{ inch} = 127/5 = 254/10 = 25,4 \text{ mm}$

Trong thực tế thường sử dụng phương pháp này để thử nghiệm các đặc tính của các cảm biến hay của thiết bị đo để đánh giá sai số của chúng.

Từ các phương pháp đo trên có thể có các cách thực hiện phép đo là:

Đo trực tiếp : là phép đo mà kết quả nhận được trực tiếp từ một lần đo duy nhất, nghĩa là kết quả đo của phép đo chính là kết quả của đại lượng cần đo
Ví dụ: Dùng Ohm kế đo giá trị của điện trở, dùng Ampe kế đo dòng chạy qua bóng đèn.



Hình 1.4: Ví dụ về phương pháp đo trực tiếp

Đo gián tiếp: Là cách đo mà kết quả được suy ra từ sự phối hợp kết quả của nhiều phép đo trực tiếp. Nghĩa là đại lượng cần đo được xác định thông qua hàm toán học với các đại lượng đo được trực tiếp

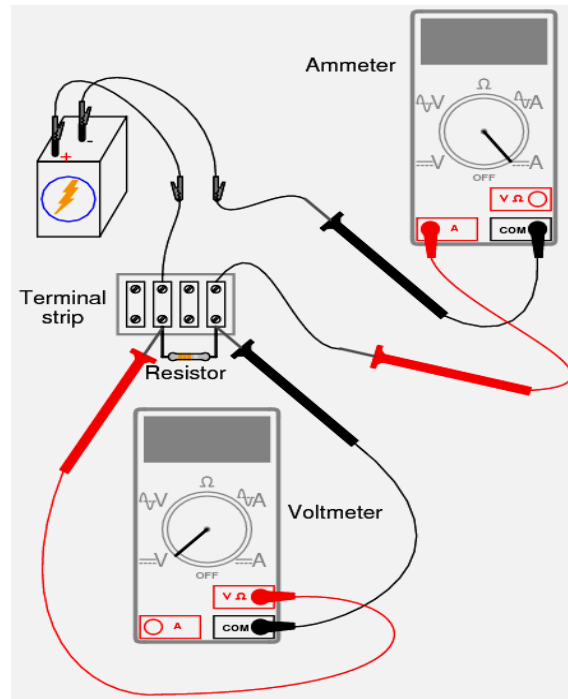
Ví dụ: xác định công suất trên một điện trở thông qua kết quả đo dòng và áp qua điện trở đó.

Dùng Ampe kế đo được cường độ dòng điện là I

Dùng Vôn kế đo được sụt áp trên trở là U

Áp dụng công thức: $P = I \cdot U$ để xác định được công suất tiêu thụ của điện trở

Nhược điểm: Phải tiến hành nhiều lần đo, Sai số bị tích lũy và độ chính xác không vượt quá độ chính xác của các dụng cụ đo trung gian



Hình 1.5: Ví dụ về phương pháp đo gián tiếp

Đo hợp bộ: Là cách đo gần giống như phép đo gián tiếp nhưng số lượng phép đo theo phép đo trực tiếp nhiều hơn và kết quả đo nhận được thường phải thông qua giải một phương trình hay một hệ phương trình mà các thông số đã biết chính là các số liệu đo được.

Ví dụ: Xác định đặc tính của dây dẫn điện. Biết trị số điện trở của dây dẫn phụ thuộc vào nhiệt độ thông qua phương trình sau:

$$r_t = r_{20} [1 + \alpha(t - 20) + \beta(t-20)^2] \quad \alpha, \beta \text{ chưa biết.}$$

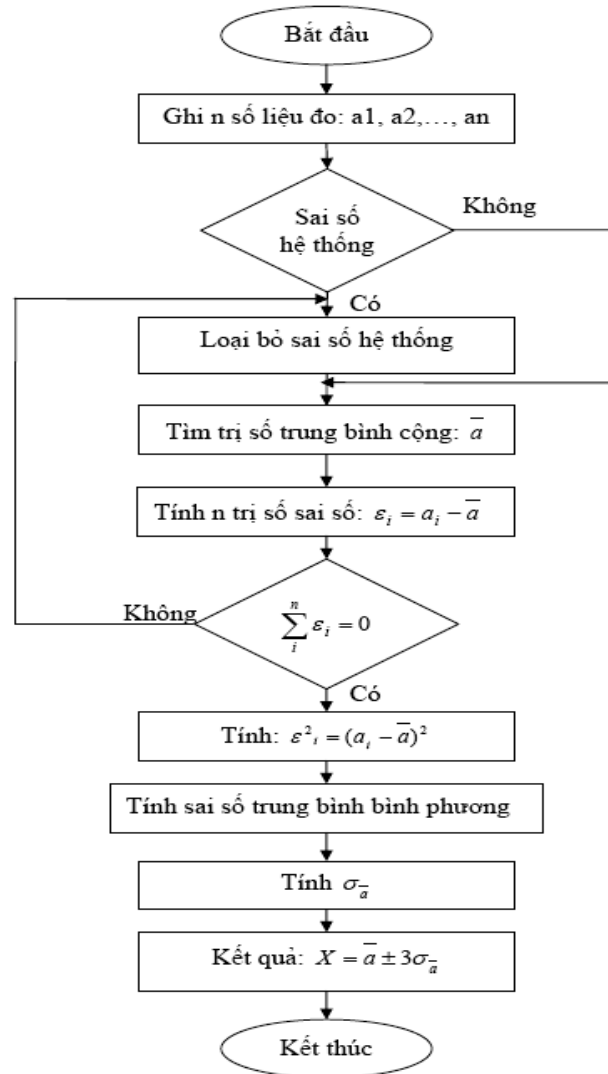
Đo điện trở ở nhiệt độ 20°C, t_1 và $t_2 \Rightarrow$ Hệ 2 phương trình 2 ẩn α và β .

$$\begin{cases} r_{t_1} = r_{20} [1 + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2] \\ r_{t_2} = r_{20} [1 + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2] \end{cases} \Rightarrow \alpha, \beta$$

Đo thống kê: là phép đo được thực hiện nhiều lần sau đó lấy giá trị trung bình hoặc áp dụng lý thuyết của xác suất thống kê để tìm ra kết quả đo một cách chính xác nhất.

Phép đo này tuy mất nhiều thời gian nhưng đem lại kết quả chính xác và thường được sử dụng khi đo các đại lượng ngẫu nhiên hoặc khi kiểm định thiết bị đo.

Hình bên là lưu đồ thuật toán của quá trình xử lý kết quả đo để tăng độ chính xác. Quá trình này có thể dừng ở việc tính giá trị trung bình hoặc thêm sai số trung bình bình phương



Hình 1.6 Ví dụ về phương pháp đo hợp bộ

c. Các thao tác cơ bản khi tiến hành phép đo

+ Thao tác tạo mẫu: là quá trình lập đơn vị tạo ra mẫu biến đổi hoặc khác trên thang đo của thiết bị đo.

+ Thao tác biến đổi: là quá trình biến đổi đại lượng đo (hay đại lượng mẫu) thành những đại lượng khác tiện cho việc đo hay xử lý, thực hiện các thuật toán, tạo ra các mạch đo và gia công kết quả đo

+ Thao tác so sánh: là quá trình so sánh đại lượng đo với mẫu hay giữa con số tỉ lệ với đại lượng đo và con số tỉ lệ với mẫu.

+ Thao tác thể hiện kết quả đo: là quá trình chỉ thị kết quả đo dưới dạng tượng tự hoặc con số, có thể ghi lại kết quả đo trên giấy hay bộ nhớ.

+ Thao tác gia công kết quả đo: là quá trình xử lý kết quả đo bằng tay hoặc máy tính.

1.1.5. Người quan sát

Định nghĩa: người quan sát là người thực hiện phép đo và gia công kết quả đo.

Nhiệm vụ của người quan sát khi thực hiện phép đo:

Chuẩn bị trước khi đo: phải nắm được phương pháp đo, am hiểu về thiết bị đo được sử dụng, kiểm tra điều kiện đo, phán đoán về khoảng đo để chọn thiết bị phù hợp, chọn dụng cụ đo phù hợp với sai số yêu cầu và phù hợp với môi trường xung quanh.

Trong khi đo: phải biết điều khiển quá trình đo để có kết quả mong muốn.

Sau khi đo: nắm chắc các phương pháp gia công kết quả đo để gia công kết quả đo. Xem xét kết quả đo đạt yêu cầu hay chưa, có cần phải đo lại hay phải đo nhiều lần theo phương pháp đo lường thống kê.

1.1.6. Kết quả đo

Định nghĩa: kết quả đo là những con số kèm theo đơn vị đo hay những đường cong ghi lại quá trình thay đổi của đại lượng đo theo thời gian.

Kết quả đo không phải là giá trị thực của đại lượng cần đo mà chỉ có thể coi là giá trị ước lượng của đại lượng cần đo, nghĩa là nó giá trị được xác định bởi thực nghiệm nhờ các thiết bị đo.

Giá trị này gần với giá trị thực mà ở một điều kiện nào đó có thể coi là giá trị thực. Để đánh giá sai lệch giữa giá trị ước lượng và giá trị thực người ta sử dụng khái niệm sai số của phép đo, là hiệu giữa giá trị thực và giá trị ước lượng. Từ sai số đo có thể đánh giá phép đo có đạt yêu cầu hay không.

1.2. Các sai số và cách tính sai số

1.2.1. Khái niệm về sai số.

Ngoài sai số của dụng cụ đo, việc thực hiện quá trình đo cũng gây ra nhiều sai số. Nguyên nhân của những sai số này gồm:

Phương pháp đo được chọn.

Mức độ cẩn thận khi đo.

Do vậy kết quả đo lường không đúng với giá trị chính xác của đại lượng đo mà có sai số, gọi là sai số của phép đo. Như vậy muốn có kết quả chính xác của phép đo thì trước khi đo phải xem xét các điều kiện đo để chọn phương pháp đo

phù hợp, sau khi đo cần phải gia công các kết quả thu được nhằm tìm được kết quả chính xác.

1.2.2. Các loại sai số.

* **Sai số tuyệt đối, sai số tương đối, sai số hệ thống.**

Sai số của phép đo: là sai số giữa kết quả đo lường so với giá trị chính xác của đại lượng đo.

Giá trị thực Xth của đại lượng đo: là giá trị của đại lượng đo xác định được với một độ chính xác nào đó (thường nhờ các dụng cụ mẫu có cấp chính xác cao hơn dụng cụ đo được sử dụng trong phép đo đang xét).

Giá trị chính xác (giá trị đúng) của đại lượng đo thường không biết trước, vì vậy khi đánh giá sai số của phép đo thường sử dụng giá trị thực Xth của đại lượng đo.

Như vậy ta chỉ có sự đánh giá gần đúng về kết quả của phép đo. Việc xác định sai số của phép đo - tức là xác định độ tin tưởng của kết quả đo là một trong những nhiệm vụ cơ bản của đo lường học. Sai số của phép đo có thể phân loại theo cách thể hiện bằng số, theo nguồn gây ra sai số hoặc theo qui luật xuất hiện của sai số.

Tiêu chí phân loại Theo cách thể hiện bằng số

Theo nguồn gây ra sai số

Theo qui luật xuất hiện của sai số

Loại sai số

Sai số tuyệt đối.

Sai số tương đối.

Sai số phương pháp.

Sai số thiết bị.

Sai số chủ quan.

Sai số bên ngoài.

Sai số hệ thống.

Sai số ngẫu nhiên.

Tiêu chí phân loại	Theo cách thể hiện bằng số	Theo nguồn gây ra sai số	Theo qui luật xuất hiện của sai số
Loại sai số	- Sai số tuyệt đối - Sai số tương đối	- Sai số phương pháp - Sai số thiết bị.	- Sai số hệ thống. - Sai số ngẫu nhiên

		- Sai số chủ quan. - Sai số bên ngoài.	
--	--	---	--

Bảng 1.1. Phân loại sai số của phép đo.

Sai số tuyệt đối ΔX : là hiệu giữa đại lượng đo X và giá trị thực X_{th} :

$$\Delta X = X - X_{th}$$

Sai số tương đối γ_X : là tỉ số giữa sai số tuyệt đối và giá trị thực tính bằng phần trăm: $\gamma_X = \left| \frac{\Delta X}{\Delta_{th.}} \right| \cdot 100(\%)$;

$$\text{Vì } X = X_{th} \text{ nên có thể có: } \gamma_X \approx \left| \frac{\Delta X}{\Delta} \right| \cdot 100(\%)$$

Sai số tương đối đặc trưng cho chất lượng của phép đo.

Độ chính xác của phép đo ε : đại lượng nghịch đảo của sai số tương đối:

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta_{th}}{\Delta X} \right| = \frac{1}{\gamma_X}$$

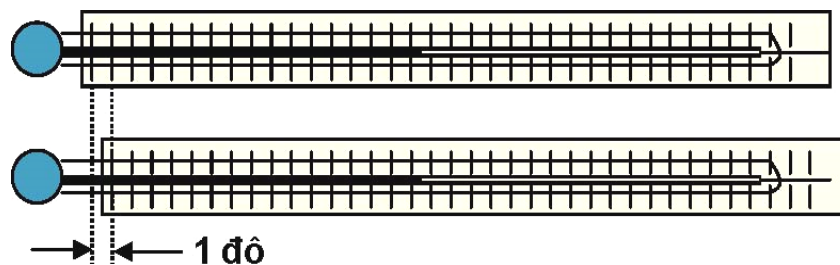
Sai số hệ thống (systematic error): thành phần sai số của phép đo luôn không đổi hoặc thay đổi có qui luật khi đo nhiều lần một đại lượng đo.

Qui luật thay đổi có thể là một phía (dương hay âm), có chu kỳ hoặc theo một qui luật phức tạp nào đó.

Ví dụ: sai số hệ thống không đổi có thể là: sai số do khắc độ thang đo (vạch khắc độ bị lệch...), sai số do hiệu chỉnh dụng cụ đo không chính xác (chỉnh đường tâm

ngang sai trong dao động ký...).

Sai số hệ thống thay đổi có thể là sai số do sự dao động của nguồn cung cấp (pin yếu, ổn áp không tốt...), do ảnh hưởng của trường điện từ...



Hình 1.7. Sai số hệ thống do khắc vạch là 1 độ - khi đọc cần hiệu chỉnh thêm 1 độ.

1.2.3. Phương pháp tính sai số.

Dựa vào số lớn các giá trị đo được có thể xác định qui luật thay đổi của sai số ngẫu nhiên nhờ sử dụng các phương pháp toán học thống kê và lý thuyết xác suất. Nhiệm vụ của việc tính toán sai số ngẫu nhiên là chỉ rõ giới hạn thay

đôi của sai số của kết quả đo khi thực hiện phép đo nhiều lần, như vậy phép đo nào có kết quả với sai số ngẫu nhiên vượt quá giới hạn sẽ bị loại bỏ.

Cơ sở toán học: việc tính toán sai số ngẫu nhiên dựa trên giả thiết là sai số ngẫu nhiên của các phép đo các đại lượng vật lý thường tuân theo luật phân bố chuẩn (luật phân bố Gau-xơ-Gauss). Nếu sai số ngẫu nhiên vượt quá một giá trị nào đó thì xác suất xuất hiện sẽ hầu như bằng không và vì thế kết quả đo nào có sai số ngẫu nhiên như vậy sẽ bị loại bỏ.

Các bước tính sai số ngẫu nhiên:

Xét n phép đo với các kết quả đo thu được là x_1, x_2, \dots, x_n .

Tính ước lượng kì vọng toán học m_x của đại lượng đo:

$$m_x = \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n},$$

chính là giá trị trung bình đại số của n kết quả đo.

Tính độ lệch của kết quả mỗi lần đo so với giá trị trung bình vi :

$$v_i = x_i - \bar{X}$$

v_i (còn gọi là sai số dư).

Tính khoảng giới hạn của sai số ngẫu nhiên: được tính trên cơ sở đường phân bố chuẩn: $\Delta = [\Delta_1, \Delta_2]$, thường chọn: $\Delta = [\Delta_1, \Delta_2]$ với:

$$\Delta_1 = \Delta_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n(n-1)}},$$

với xác suất xuất hiện sai số ngẫu nhiên ngoài khoảng này là 34%.

Xử lý kết quả đo: những kết quả đo nào có sai số dư vi nằm ngoài khoảng $[\Delta_1, \Delta_2]$ sẽ bị loại.

Ví dụ :

1. Một điện trở có giá trị trong khoảng $1,14\text{k}\Omega$ — $1,26\text{k}\Omega$. Tính sai số của điện trở này. Biết $R = 1,2\text{k}\Omega$ tại 250°C , tính giá trị lớn nhất tại 750°C , hệ số nhiệt là $500\text{ppm}/0\text{C}$

$$\Delta R = 0,06\text{K}\Omega$$

$$\rightarrow R = 1,2 \pm 0,06 = 1,2\text{K}\Omega \pm 5\%$$

Khi nhiệt độ tăng 1°C R tăng một lượng: $\frac{1,26 \cdot 10^3 \cdot 500}{10^6} = 0,63\Omega$

Vậy giá trị $R_{\text{max}} = 1,26 + 0,63 \cdot (75-25) \cdot 10^{-3} = 1,2915\text{k}\Omega$

2. Một nguồn 12V đ-ợc mắc với một điện trở $470\Omega \pm 10\%$. Điện áp của nguồn đ-ợc đo bằng một vôn kế có khoảng đo 25V và độ chính xác là 3%.

Tính công suất của điện trở và sai số của phép đo

$$\text{Ta có: } P = \frac{U^2}{R}$$

Vì Vôn kế có độ chính xác là 3% với khoảng đo 25V nên sai số tuyệt đối lớn nhất gặp phải là ΔU đ-ợc tính bằng:

$$\Delta U = 25V \cdot 3\% = \pm 0,75V$$

$$\rightarrow U = 12V \pm 0,75V = 12V \pm 6,25\%$$

$$\rightarrow \sigma(U^2) = 2 \cdot 6,25\% = 12,5\%$$

$$\rightarrow \sigma\left(\frac{U^2}{R}\right) = 12,5\% + 10\% = 22,5\%$$

$$\text{Vậy } P = \frac{12^2}{470} \pm 22,5\%$$

3. Một Vôn kế có thang đo 30V và độ chính xác 4%, ampe kế có thang đo 100mA và độ chính xác 1% đ-ợc sử dụng để đo điện áp và dòng điện qua điện trở R. Kết quả đo là 25V và 90mA. Hãy tính giá trị R và P_{min} và P_{max}

$$\Delta U = 30V \cdot 4\% = 1,2V$$

$$\rightarrow U = 25V \pm 1,2V = 25V \pm 4,8\%$$

$$\Delta I = 100mA \cdot 1\% = 1mA \rightarrow I = 90mA \pm 1,1\%$$

$$\rightarrow R = \frac{U}{I} = \frac{25}{0,09} \pm (4,8+1,1)\% = 2,25W \pm 0,13W$$

$$P_{\min} = 2,25 - 0,13 = 2,12W = 2,25 \cdot (1-0,059)$$

$$P_{\max} = 2,25 + 0,13 = 2,38W = 2,25 \cdot (1+0,059)$$

1.2.4. Các phương pháp hạn chế sai số

Một trong những nhiệm vụ cơ bản của mỗi phép đo chính xác là phải phân tích các nguyên nhân có thể xuất hiện và loại trừ sai số hệ thống. Mặc dù việc phát hiện sai số hệ thống là phức tạp, nhưng nếu đã phát hiện thì việc loại trừ sai số hệ thống sẽ không khó khăn.

Việc loại trừ sai số hệ thống có thể tiến hành bằng cách:

Chuẩn bị tốt trước khi đo: phân tích lý thuyết; kiểm tra dụng cụ đo trước khi sử dụng; chuẩn bị trước khi đo; chỉnh "0" trước khi đo...

Quá trình đo có phương pháp phù hợp: tiến hành nhiều phép đo bằng các phương pháp khác nhau; sử dụng phương pháp thế...

Xử lý kết quả đo sau khi đo: sử dụng cách bù sai số ngược dấu (cho một lượng hiệu chỉnh với dấu ngược lại); trong trường hợp sai số hệ thống không đổi thì có thể loại được bằng cách đưa vào một lượng hiệu chỉnh hay một hệ số hiệu chỉnh:

Lượng hiệu chỉnh: là giá trị cùng loại với đại lượng đo được đưa thêm vào kết quả đo nhằm loại sai số hệ thống.

Hệ số hiệu chỉnh: là số được nhân với kết quả đo nhằm loại trừ sai số hệ thống.

Trong thực tế không thể loại trừ hoàn toàn sai số hệ thống. Việc giảm ảnh hưởng sai số hệ thống có thể thực hiện bằng cách chuyển thành sai số ngẫu nhiên.

Xử lý kết quả đo.

Như vậy sai số của phép đo gồm 2 thành phần: sai số hệ thống θ - không đổi hoặc thay đổi có qui luật và sai số ngẫu nhiên Δ - thay đổi một cách ngẫu nhiên không có qui luật. Trong quá trình đo hai loại sai số này xuất hiện đồng thời và sai số phép đo ΔX được biểu diễn dưới dạng tổng của hai thành phần sai số đó: $\Delta X = \theta + \Delta$. Để nhận được các kết quả sai lệch ít nhất so với giá trị thực của đại lượng đo cần phải tiến hành đo nhiều lần và thực hiện gia công (xử lý) kết quả đo (các số liệu nhận được sau khi đo).

Sau n lần đo sẽ có n kết quả đo x_1, x_2, \dots, x_n là số liệu chủ yếu để tiến hành gia công kết quả đo.

Loại trừ sai số hệ thống.

Việc loại trừ sai số hệ thống sau khi đo được tiến hành bằng các phương pháp.

Sử dụng cách bù sai số ngược dấu

Đưa vào một lượng hiệu chỉnh hay một hệ số hiệu chỉnh

2. PHƯƠNG PHÁP ĐO DÒNG ĐIỆN

2.1 Cơ sở chung

Dụng cụ được sử dụng để đo dòng điện gọi là ampe kế hay ampemet

Ký hiệu là: A

Ampe kế có nhiều loại khác nhau, nếu chia theo kết cấu ta có:

- + Ampe kế từ điện
- + Ampe kế điện từ
- + Ampe kế điện động
- + Ampe kế nhiệt điện
- + Ampe kế bán dẫn.



Hình 1.8: Dụng cụ đo dòng điện

Nếu chia theo loại chỉ thị ta có:

Ampe kế chỉ thị số (Digital)

Ampe kế chỉ thị kim (kiểu tương tự /Analog)

Nếu chia theo tính chất của đại lượng đo, ta có:

Ampe kế một chiều

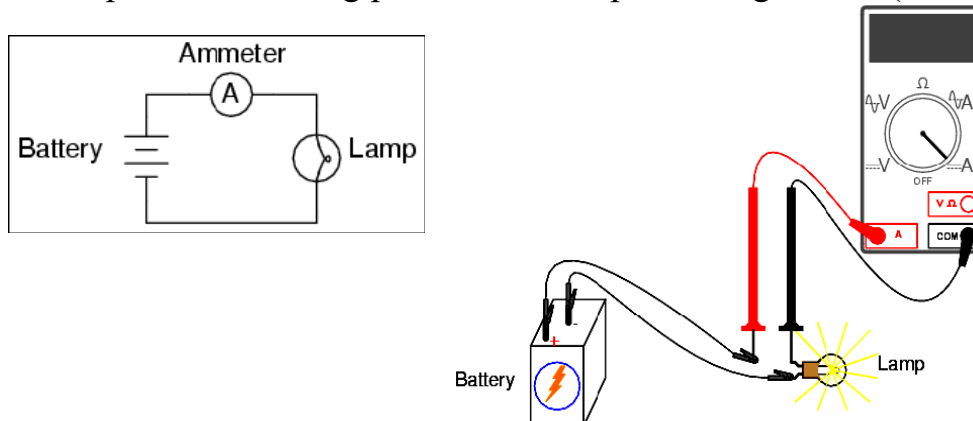
Ampe kế xoay chiều

Yêu cầu đối với dụng cụ đo dòng điện là:

Công suất tiêu thụ càng nhỏ càng tốt, điện trở của ampe kế càng nhỏ càng tốt và lý tưởng là bằng 0.

Làm việc trong một dải tần cho trước để đảm bảo cấp chính xác của dụng cụ đo

Mắc ampe kế để đo dòng phải mắc nối tiếp với dòng cần đo (hình dưới)



Hình 1.9: Dùng đồng hồ số đo dòng điện

2.2 Các dụng cụ đo dòng điện

2.2.1 Ampe kế một chiều

Ampe kế một chiều được chế tạo dựa trên cơ cấu chỉ thị từ điện. Như đã biết, độ lệch của kim tỉ lệ thuận với dòng chạy qua cuộn động nhưng độ lệch kim được tạo ra bởi dòng điện rất nhỏ và cuộn dây quấn bằng dây có tiết diện bé nên khả năng chịu dòng rất kém. Thông thường, dòng cho phép qua cơ cấu chỉ trong khoảng 10 - 4 đến 10-2 A; điện trở của cuộn dây từ 20Ω đến 2000Ω với cấp chính xác 1,1; 1; 0,5; 0,2; và 0,05.

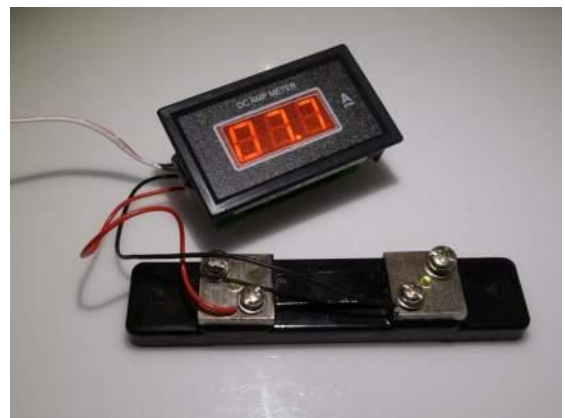
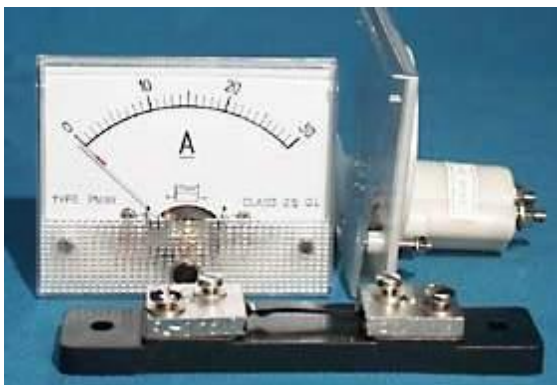
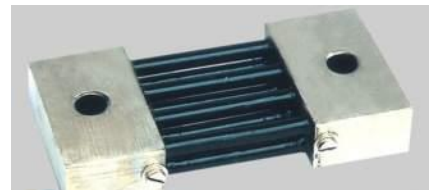
Để tăng khả năng chịu dòng cho cơ cấu (cho phép dòng lớn hơn qua) người ta mắc thêm điện trở shunt song song với cơ cấu chỉ thị có giá trị như sau:

Hai loại điện trở shunt:

Điện trở shunt gắn trong: được chế tạo đặt trong ampe kế đo dòng điện nhỏ (thường nhỏ hơn 30A)

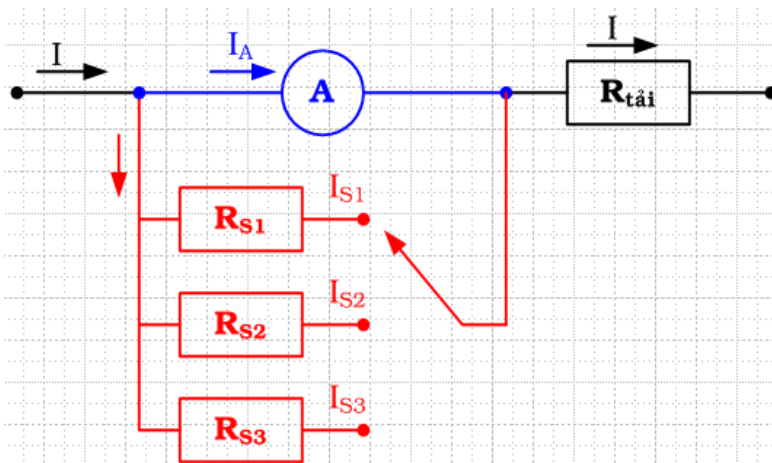
Điện trở shunt gắn ngoài: là điện trở được mắc thêm bên ngoài ampe kế khi cần đo dòng lớn (từ vài ampe đến 10 KA).

Để có nhiều cấp đo khác nhau (nhiều thang đo), người ta có thể mắc các điện trở shunt theo kiểu song song hoặc nối tiếp



Hình 1.10 : Một số loại điện trở Shunt mắc ở ngoài

* **Điện trở Shunt mắc song song**



Đặt n là hệ số nhân hay hệ số mở rộng thang đo, n được tính theo các công thức sau:

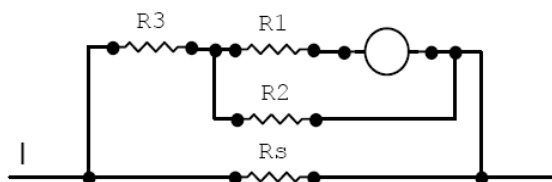
$$n1 = \frac{I_{S1}}{I_A}, n2 = \frac{I_{S2}}{I_A}, n3 = \frac{I_{S3}}{I_A}$$

I là dòng cần đo và I_{CT} là dòng cực đại mà cơ cấu chịu đựng được (độ lệch cực đại của thang đo)

Khi đó các điện trở shunt sẽ có giá trị là:

$$R_{S1} = \frac{R_{CT}}{n1 - 1}, R_{S2} = \frac{R_{CT}}{n2 - 1}, R_{S3} = \frac{R_{CT}}{n3 - 1}$$

Chú ý: Điện trở shunt được chế tạo bằng Manganin có độ chính xác cao hơn độ chính xác của cơ cấu đo ít nhất là 1 cấp. Do cuộn dây động của cơ cấu chỉ thị được quấn bằng dây đồng mảnh, điện trở của nó thay đổi đáng kể khi nhiệt độ của môi trường thay đổi và sau một thời gian lumen việc bản thân dòng điện chạy qua cuộn dây cũng tạo ra nhiệt độ. Để giảm ảnh hưởng của sự thay đổi điện trở cuộn dây khi nhiệt độ thay đổi, người ta mắc thêm điện trở bù bằng Manganin hoặc Constantan với sơ đồ như sau:



R1, 3: điện trở bằng Mr
R2: điện trở bằng Cu

Dưới đây là ví dụ thực tế của một sơ đồ mắc điện trở sun của một dụng cụ đo cả dòng và áp