

NGUYỄN VĂN HOÀ (Chủ biên)
BÙI ĐĂNG THÀNH - HOÀNG SỸ HỒNG

GIÁO TRÌNH **ĐO LƯỜNG ĐIỆN** và **CẢM BIẾN ĐO LƯỜNG**

(SÁCH DÙNG CHO SINH VIÊN CÁC TRƯỜNG CAO ĐẲNG)



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

NGUYỄN VĂN HÒA (Chủ biên)
BÙI ĐĂNG THÀNH - HOÀNG SỸ HỒNG

GIÁO TRÌNH
ĐO LƯỜNG ĐIỆN VÀ
CẢM BIẾN ĐO LƯỜNG

(Biên soạn theo chương trình khung môn học
Đo lường điện và Cảm biến đo lường
do Bộ giáo dục và Đào tạo ban hành)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Mở đầu

Giáo trình đo lường điện và cảm biến đo lường được biên soạn theo chương trình khung môn học “Đo lường điện” và “Cảm biến đo lường” do Bộ Giáo dục và đào tạo ban hành với tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ lô gíc chặt chẽ. Tuy vậy, giáo trình cũng chỉ là một phần trong nội dung của chuyên ngành đào tạo cho nên người dạy, người học cần tham khảo thêm các giáo trình có liên quan đối với ngành học để việc sử dụng giáo trình có hiệu quả hơn.

Khi biên soạn giáo trình, chúng tôi đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến môn học và phù hợp với đối tượng sử dụng cũng như cố gắng gắn những nội dung lý thuyết với những vấn đề thực tế thường gặp trong sản xuất, đời sống để giáo trình có tính ứng dụng cao.

Nội dung của giáo trình gồm 2 phần :

Phần I. Đo lường đại lượng điện và thiết bị đo (30 tiết).

Phần II. Thiết bị cảm biến và ứng dụng (45 tiết).

Trong giáo trình, chúng tôi không đề ra nội dung thực tập của từng chương, vì trong thiết bị phục vụ cho thực tập của các trường không đồng nhất. Vì vậy, căn cứ vào trang thiết bị đã có của từng trường và khả năng tổ chức cho học sinh thực tập ở các xí nghiệp bên ngoài mà trường xây dựng thời lượng và nội dung thực tập cụ thể – Thời lượng thực tập tối thiểu nói chung cũng không ít hơn thời lượng học lý thuyết của mỗi môn.

Giáo trình được biên soạn cho đối tượng là sinh viên Cao đẳng kỹ thuật cũng như Kỹ thuật viên đang làm việc ở các cơ sở kinh tế của nhiều lĩnh vực khác nhau.

Mặc dù đã cố gắng, nhưng chắc chắn không tránh khỏi hết khiếm khuyết. Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của người sử dụng để lần tái bản sau được hoàn chỉnh hơn. Mọi góp ý xin được gửi về Ban biên tập sách Đại học - Dạy nghề, 25 Hàn Thuyên, Hà Nội.

Tác giả

1

**ĐO LƯỜNG
ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN
VÀ THIẾT BỊ ĐO**

CHƯƠNG I

KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ ĐO LƯỜNG

1-1. Khái niệm chung về đo lường và thiết bị đo

1-1-1. Đo lường: Là một quá trình đánh giá định lượng về đại lượng cần đo để có được kết quả bằng số so với đơn vị.

Kết quả đo được biểu diễn dưới dạng:

$$A = \frac{X}{X_0}; \text{ ta có } X = AX_0. \quad (1-1)$$

X - đại lượng đo; X_0 - đơn vị đo; A - Con số kết quả đo

Ví dụ: $U = 300V$; U - điện áp, 300 - Con số

V - đơn vị đo

1-1-2. Tín hiệu đo: Là tín hiệu mang thông tin về giá trị của đại lượng đo.

1-1-3. Đại lượng đo: Là thông số xác định quá trình vật lý của tín hiệu đo. Do quá trình vật lý có thể có nhiều thông số nhưng trong mỗi trường hợp cụ thể ta chỉ quan tâm đến một thông số nhất định, đó là đại lượng vật lý.

Thông thường đại lượng đo được phân thành:

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

+ *Đại lượng đo ngẫu nhiên:* là đại lượng đo thay đổi theo thời gian không theo một quy luật nhất định.

+ Theo cách biến đổi, đại lượng đo chia thành đại lượng đo liên tục (Analog) và đại lượng đo rời rạc (Digital) v.v...

1-1-4. Thiết bị đo: Là thiết bị kỹ thuật dùng để gia công tín hiệu mang thông tin đo thành dạng tiện lợi cho người quan sát.

Thiết bị đo là sự thể hiện phương pháp đo bằng các khâu chức năng cụ thể.

Thiết bị đo được chia thành nhiều loại tùy theo chức năng của nó, thông thường gồm có: mẫu, dụng cụ đo, cảm biến đo lường và hệ thống thông tin đo lường.

a) *Mẫu*: là thiết bị đo để khôi phục một đại lượng vật lý nhất định. Thiết bị mẫu phải có độ chính xác cao từ 0,001% ÷ 0,1% tùy theo từng cấp từng loại.

b) *Dụng cụ đo*: là thiết bị để gia công các thông tin đo lường và thể hiện kết quả đo dưới dạng con số hoặc đồ thị, bảng số.

Tùy theo cách biến đổi tín hiệu và chỉ thị, dụng cụ đo được chia thành dụng cụ đo tương tự (Analog) và dụng cụ đo chỉ thị số (Digital).

c) *Cảm biến đo lường*: là thiết bị dùng để biến đổi tín hiệu đo ở đầu vào thành tín hiệu ra thuận lợi hơn để biến đổi tiếp theo, hoặc truyền đạt, gia công, lưu giữ nhưng không quan sát được.

d) *Hệ thống thông tin đo lường*: là tổ hợp các thiết bị đo và những thiết bị phụ để tự động thu thập số liệu, truyền các số liệu theo kênh liên lạc và chuyển nó về một dạng thuận tiện cho việc đo và điều khiển.

1-1-5. Phương pháp đo

Quá trình đo được tiến hành thông qua các thao tác cơ bản như sau:

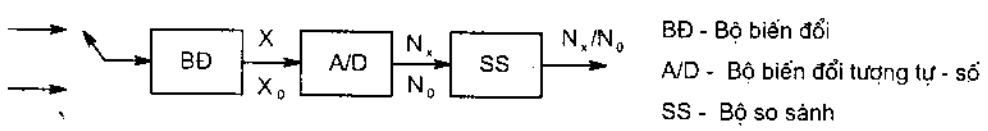
- Thao tác xác định mẫu và thành lập mẫu
- Thao tác so sánh.
- Thao tác biến đổi
- Thao tác thể hiện kết quả hay chỉ thị.

Thứ tự phối hợp các thao tác cơ bản trên là phương pháp đo.

Phương pháp đo được phân thành hai loại.

a) Phương pháp đo biến đổi thẳng

Là phương pháp đo có cấu trúc theo kiểu biến đổi thẳng, không có khâu phản hồi (hình 1-1).



Hình 1-1

Đại lượng đo đưa qua các khâu biến đổi (BD) khâu A/D (Analog/Digital) để biến thành các số N_x, N_0 , sau đó đưa qua bộ so sánh (SS).

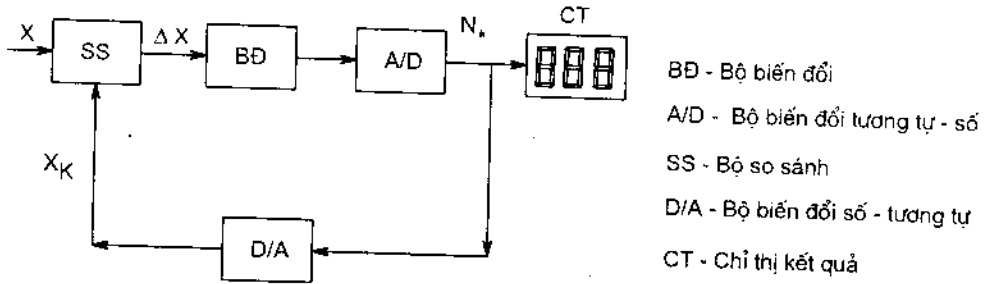
Quá trình được thực hiện bằng phép chia N_x/N_0

Kết quả đo thể hiện bằng biểu thức dưới dạng

$$X = \frac{N_x}{N_0} X_0 \quad (1-2)$$

b) Phương pháp đo kiểu so sánh

Là phương pháp đo có cấu trúc mạch vòng (hình 1-2)



Hình 1-2

Tín hiệu đo X được so sánh với một tín hiệu X_k tỷ lệ với đại lượng mẫu X_0 . Qua bộ so sánh ta có

$$X - X_k = \Delta X$$

Tùy thuộc vào cách so sánh ta có.

- So sánh cân bằng: là phép so sánh mà đại lượng cần đo X và đại lượng mẫu X_k sao cho $\Delta X = 0$ và

$$X - X_k = 0 ; X = X_k = N_k X_0 \quad (1-3)$$

trong đó: X_0 - đơn vị đo; X_k là đại lượng thay đổi.

- So sánh không cân bằng: với X_k là đại lượng không đổi và ta có

$$\begin{aligned} X - X_k &= \Delta X \\ X &= X_k + \Delta X \end{aligned} \quad (1-4)$$

Kết quả phép đo được đánh giá qua ΔX với X_k là đại lượng biết trước.

1-2. Đơn vị đo, chuẩn và mẫu

1-2-1. Khái niệm chung

Đơn vị đo là giá trị đơn vị tiêu chuẩn về một đại lượng đo nào đó được quốc tế qui định mà mỗi quốc gia đều phải tuân thủ. Trên thế giới người ta đã chế tạo ra những đơn vị tiêu chuẩn được gọi là các chuẩn. Ví dụ: Chuẩn "Ôm quốc tế"; chuẩn "Ampe".

1-2-2. Hệ thống đơn vị bao gồm hai nhóm

a) *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 thực hiện được.

b) *Đơn vị kéo theo*: là đơn vị có liên quan đến các đơn vị cơ bản thể hiện qua các biểu thức.

Ngày nay hệ thống đơn vị thống nhất thường được sử dụng là hệ thống đơn vị quốc tế SI đã được thông qua ở hội nghị quốc tế năm 1960.

Trong đó có bảy đơn vị cơ bản là: mét(m) (chiều dài); Kilôgam (kg) (khối lượng); Thời gian tính bằng giây (s); Ampe (A) (cường độ dòng điện); Nhiệt độ (K); Mol (đơn vị số lượng vật chất); Cd (cường độ ánh sáng).

Ngoài bảng đơn vị cơ bản trên còn có các đơn vị kéo theo trong các lĩnh vực cơ, điện, từ và quang.

Bảng 1-1 giới thiệu các đơn vị đo cơ bản và kéo theo trong các lĩnh vực cơ, điện, từ và quang học.

1-2-3. Chuẩn cấp 1 quốc gia của các đơn vị cơ bản hệ thống SI

Chuẩn cấp 1 là chuẩn đảm bảo tạo ra những đại lượng có đơn vị chính xác nhất của một quốc gia.

a) *Chuẩn đơn vị độ dài*

Đơn vị độ dài (m). Mét là quãng đường ánh sáng đi được trong chân không trong khoảng thời gian:

$$1/29979258 \text{ giây (CGMP}^1 \text{ lần thứ 17 năm 1983)}$$

¹ CGPM tên viết tắt tiếng Pháp của đại hội cân đo quốc tế.

Bảng 1-1.

Các đại lượng	Tên đơn vị	Ký hiệu
1. Các đại lượng cơ bản		
Độ dài	mét	m
Khối lượng	kilôgam	kg
Thời gian	giây	s
Dòng điện	ampe	A
Nhiệt độ	Kelvin	K
Số lượng vật chất	môn	mol
Cường độ ánh sáng	Candela	Cd
2. Các đại lượng cơ học		
Tốc độ	mét trên giây	m/s
Giá tốc	mét trên giây bình phương	m/s ²
Năng lượng và công	Jun	J
Lực	Niuton	N
Công suất	Watt	W
Năng lượng	Watt giây	Ws
3. Các đại lượng điện		
Lượng điện	Culông	C
Điện áp, thế điện động	Vôn	V
Cường độ điện trường	Vôn trên mét	V/m
Điện dung	Fara	F
Điện trở	Ôm	Ω
Điện trở riêng	ôm mét	$\Omega \cdot m$
Hệ số điện môi tuyệt đối	fara trên mét	F/m
4. Các đại lượng từ		
Từ thông	Vebe	Wb
Cảm ứng từ	Tesla	T
Cường độ từ trường	Ampe trên mét	A/m
Điện cảm	Henri	H
Hệ số từ thẩm	Henri trên mét	H/m
5. Các đại lượng quang		
Luồng ánh sáng	Lumen	lm
Cường độ sáng riêng	Candela trên mét vuông	Cd/m ²
Độ chiếu sáng	Lux	lx

b) Chuẩn đơn vị khối lượng

Kilogram (kg) - là đơn vị khối lượng của mẫu kilogram quốc tế đặt tại trung tâm mẫu và cân quốc tế ở Pari.

c) Chuẩn đơn vị thời gian

Đơn vị thời gian - giây (s) là khoảng thời gian của 9192631770 chu kỳ phát xạ, tương ứng với thời gian chuyển giữa hai mức gần nhất ở trạng thái cơ bản của nguyên tử xe - si 133.

d) Chuẩn đơn vị dòng điện

Ampe (A) là dòng điện không đổi khi chạy trong hai dây dẫn thẳng, song song, dài vô hạn, tiết diện tròn nhỏ không đáng kể, đặt cách nhau 1 mét trong chân không, sẽ gây ra trên mỗi mét dài của dây một lực $2 \cdot 10^{-7}$ niuton (CGPM lần thứ 9, 1948)

e) Chuẩn đơn vị nhiệt độ

Đơn vị nhiệt độ là Kelvin (K) - đó là nhiệt độ có giá trị bằng $1/273,16$ phần nhiệt độ đông của điểm thứ ba của nước (là điểm cân bằng của ba trạng thái rắn, lỏng và hơi).

f) Chuẩn đơn vị cường độ ánh sáng

Đơn vị cường độ ánh sáng là Candela (Cd) là cường độ ánh sáng theo một phương xác định của một nguồn phát ra bức xạ đơn sắc có tần số 540×10^{12} héc và có cường độ theo phương đó là $1/683$ oat trên steradian (CGPM lần thứ 16, 1979).

g) Đơn vị số lượng vật chất

Đơn vị số lượng vật chất (mol) - là số lượng vật chất có số phân tử (hay nguyên tử, các hạt) bằng số nguyên tử chứa ở trong ^{12}C với khối lượng là 0,012 kg (CGPM lần thứ 14, 1971).

1-3. Cấu trúc cơ bản của dụng cụ đo

1-3-1. Phân loại dụng cụ đo

Dụng cụ đo được phân loại như sau:

a) Theo cách biến đổi có thể phân thành

- Dụng cụ đo biến đổi thẳng là dụng cụ đo mà đại lượng cần đo X được biến đổi thành lượng ra Y theo một đường thẳng không có khâu phản hồi.

- Dụng cụ đo kiểu biến đổi bù là loại dụng cụ có mạch phản hồi với các chuyển đổi ngược biến đổi đại lượng ra Y thành đại lượng bù X_k để bù với tín hiệu đo X. Mạch đo là mạch khép kín.

b) Theo phương pháp so sánh được phân thành

- Dụng cụ đo đánh giá trực tiếp: là dụng cụ được khắc độ theo đơn vị của đại lượng đo từ trước. Khi đo, đại lượng đo được so sánh với nó để cho ra kết quả đo.

- Dụng cụ đo kiểu so sánh: là dụng cụ đo được thực hiện việc so sánh qua mỗi lần đo. Sơ đồ đo là sơ đồ kiểu biến đổi bù.

c) Theo phương pháp đưa ra thông tin đo được chia thành

- Dụng cụ đo tương tự, là dụng cụ có số chỉ là một hàm liên tục của đại lượng đo.

Dụng cụ đo tương tự gồm: Dụng cụ đo kiểu kim chỉ, dụng cụ đo tự ghi (Kết quả đo được ghi lại dưới dạng đường cong phụ thuộc thời gian).

- Dụng cụ đo chỉ thị số: là dụng cụ trong đó đại lượng đo liên tục được biến đổi thành rời rạc và kết quả đo thể hiện dưới dạng số.

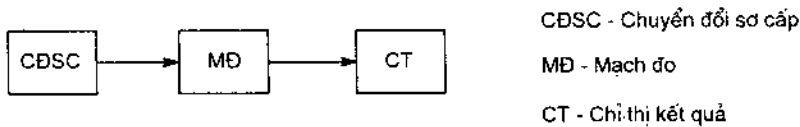
d) Theo đại lượng đo:

Các dụng cụ được mang tên đại lượng đo như Vônmét, Ampemét, Oátmét v.v...

1-3-2. Sơ đồ khối của dụng cụ đo

a) Sơ đồ cấu trúc chung.

Mỗi dụng cụ đo thường có ba khâu chính đó là: chuyển đổi sơ cấp, mạch đo và cơ cấu chỉ thị (hình 1-3)



Hình 1-3

- Chuyển đổi sơ cấp làm nhiệm vụ biến đổi các đại lượng đo thành tín hiệu điện. Đó là khâu quan trọng nhất của thiết bị đo.

- Mạch đo là khâu gia công thông tin đo sau chuyển đổi sơ cấp làm nhiệm vụ tính toán và thực hiện trên sơ đồ mạch. Mạch đo thường là các mạch điện, điện tử, các bộ vi xử lý để nâng cao đặc tính của dụng cụ đo.

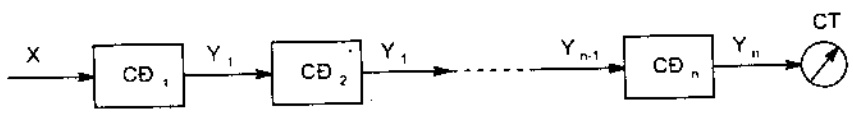
- Cơ cấu chỉ thị là khâu cuối cùng của dụng cụ đo thể hiện kết quả dưới dạng con số so với đơn vị.

Có ba cách thể hiện kết quả đo:

- + Chỉ thị bằng kim chỉ
- + Chỉ thị bằng thiết bị tự ghi
- + Chỉ thị dưới dạng con số.

b) Sơ đồ cấu trúc của dụng cụ đo biến đổi thẳng

Dụng cụ đo biến đổi thẳng có sơ đồ như hình 1-4. Việc biến đổi thông tin đo chỉ diễn ra trên một đường thẳng, không có khâu phản hồi.



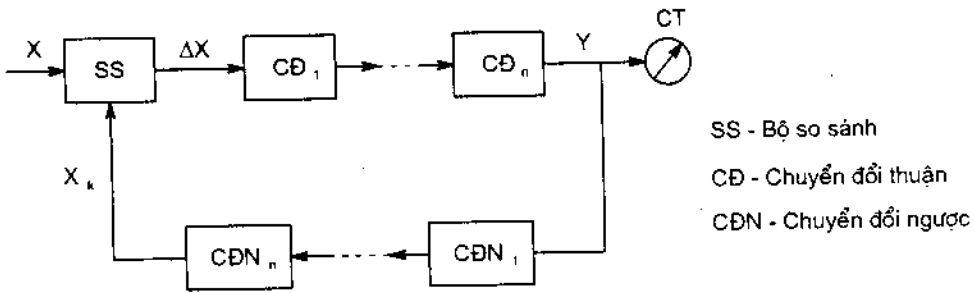
Hình 1-4. Sơ đồ cấu trúc dụng cụ đo biến đổi thẳng.

Theo sơ đồ này, đại lượng đo X được đưa qua các khâu chuyển đổi CD₁ (chuyển đổi sơ cấp), CD₂ ... CD_n để biến thành đại lượng Y_n tiện cho việc quan sát và chỉ thị. Các đại lượng Y₁, Y₂... Y_n là các đại lượng trung gian.

c) Sơ đồ cấu trúc của dụng cụ đo kiểu so sánh.

Dụng cụ đo kiểu so sánh có sơ đồ như hình 1-5.

Đó là dụng cụ có mạch phản hồi với các bộ chuyển đổi ngược (CDN) để tạo ra tín hiệu X_k so sánh với tín hiệu đo X. Mạch đo là một mạch khép kín. Sau bộ so sánh ta có tín hiệu ΔX = X - X_k. Khi ΔX = 0 ta có dụng cụ so sánh cân bằng. Với ΔX khác 0 là dụng cụ so sánh không cân bằng.



SS - Bộ so sánh
 CD - Chuyển đổi thuận
 CDN - Chuyển đổi ngược

Hình 1-5. Sơ đồ cấu trúc của dụng cụ đo kiểu so sánh

1-4. Các đặc tính cơ bản của dụng cụ đo

1-4-1. Sai số của dụng cụ đo

Nguyên nhân gây ra sai số của dụng cụ đo có nhiều loại khác nhau nhưng có thể phân thành 2 loại:

a) *Sai số hệ thống*: là sai số cơ bản mà giá trị của nó không đổi hoặc thay đổi có qui luật. Sai số hệ thống có ba loại: sai số của dụng cụ, sai số do môi trường và sai số do quan sát (thị sai).

Các sai số này về nguyên tắc có thể khắc phục được.

b) *Sai số ngẫu nhiên*: Là sai số mà giá trị của nó thay đổi rất ngẫu nhiên do sự thay đổi của môi trường bên ngoài (áp suất, nhiệt độ, độ ẩm, từ trường, điện trường v.v...). Sai số này gọi là sai số phụ.

c) Ngoài các sai số trên, để đánh giá sai số của dụng cụ khi đo một đại lượng nào đó người ta còn phân loại:

* Sai số tuyệt đối: là hiệu giữa giá trị đại lượng đo X_d và giá trị thực X_{th} (là giá trị của đại lượng được xác định với độ chính xác nào đó nhờ các dụng cụ mẫu).

$$\Delta X = X_{th} - X_d \quad (1-5)$$

* Sai số tương đối của phép đo γ_x , được đánh giá bằng phần trăm của tỷ số sai số tuyệt đối và giá trị thực:

$$\gamma_x \% = \frac{\Delta X}{X_{th}} \cdot 100\% \approx \frac{\Delta X}{X_d} 100\% \quad (1-6)$$

(Khi $X_{th} \approx X$)

* Độ chính xác tương ứng được tính theo biểu thức

$$A \approx 1 - \left| \frac{X_{th} - X_d}{X_{th}} \right| \quad (1-7)$$

* Độ chính xác tính theo phần trăm được biểu diễn dưới dạng:

$$a = A \times 100\% \quad (1-8)$$

hoặc

$$a = 100\% - \gamma_x \% \quad (1-9)$$

Ví dụ 1: Điện áp rơi trên một điện trở phụ tải là 80V. Nhưng khi đo bằng một vôn-mét, số chỉ của vôn mét là 79V, tính:

- Sai số tuyệt đối của phép đo;
- Sai số tương đối $\gamma_v\%$;
- Độ chính xác tương ứng A.
- Độ chính xác tính theo phần trăm (a).

Bài giải:

Sai số tuyệt đối của phép đo

$$\Delta U = U_{th} - U_d = 80 - 79 = 1V$$

Sai số tương đối của phép đo

$$\gamma_v\% = \frac{U_{th} - U_d}{U_{th}} 100\% = \frac{80 - 79}{80} 100 = 1,25\%$$

Độ chính xác tương ứng của phép đo

$$A = 1 - \left| \frac{U_{th} - U_d}{U_{th}} \right| = 1 - \left| \frac{80 - 79}{80} \right|$$

$$A = 1 - \frac{1}{80} = \frac{79}{80} = 0,9875.$$

Độ chính xác tính theo phần trăm

$$a = 100 \times A = 100 \times 0,9875 = 98,75\%.$$

Hoặc

$$a = 100\% - \gamma_v\% = 100\% - 1,25\% = 98,75\%.$$

* Tính chính xác là độ chắc chắn của thiết bị với giá trị đại lượng ra khi đưa một đại lượng ở đầu vào.

Tính chính xác được biểu diễn bởi biểu thức

$$P = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \tag{1-10}$$

trong đó: X_n - giá trị đo lần thứ n;
 \bar{X}_n - giá trị trung bình.

Ví dụ 2: Bảng 1-2 cho giá trị nhận được của 10 lần đo
 Tính sự chính xác của lần đo thứ 6.

Bảng 1-2.

Số lần đo	Giá trị đo được X_n
1	98
2	101
3	102
4	97
5	101
6	100
7	103
8	98
9	106
10	99

Giá trị trung bình của 10 lần đo được tính như sau:

$$\begin{aligned} \bar{X}_n &= \frac{\text{tổng giá trị của 10 lần đo}}{10} \\ &= \frac{1005}{10} = 100,5. \end{aligned}$$

Từ biểu thức (1-10) ta có.

Độ chính xác của lần đo thứ 6 đạt được

$$P = 1 - \left| \frac{100 - 100,5}{100,5} \right| = 1 - \frac{0,5}{100,5} = \frac{100}{100,5} = 0,995$$

Độ chính xác của một phép đo và tính chính xác phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như chất lượng của thiết bị đo, người sử dụng các thiết bị đó và yếu tố môi trường v.v...

* Cấp chính xác của dụng cụ đo: là giá trị sai số cực đại mà dụng cụ đo mắc phải. Người ta qui định cấp chính xác của dụng cụ đo đúng bằng sai số tương đối qui đổi của dụng cụ đó và được nhà nước qui định cụ thể.

$$\gamma_{qdx} \% = \frac{\Delta X_m}{X_m} \cdot 100\% \quad (1-11)$$

trong đó: ΔX_m - sai số tuyệt đối lớn nhất
 X_m - giá trị lớn nhất của thang đo

1-4-2. Độ nhạy

Độ nhạy của dụng cụ đo tính bằng:

$$S = \frac{dY}{dX} \quad (1-8)$$

trong đó Y - đại lượng ra; X - đại lượng vào; và $C = \frac{1}{S}$ là hằng số của dụng cụ đo.

Nếu một dụng cụ đo gồm nhiều khâu biến đổi, mỗi khâu có độ nhạy riêng thì độ nhạy của toàn dụng cụ:

$$S = S_1 \cdot S_2 \dots S_n = \prod_{i=1}^n S_i \quad (1-12)$$

1-4-3. Điện trở của dụng cụ đo và công suất tiêu thụ

a) *Điện trở vào*: là điện trở ở đầu vào của dụng cụ. Điện trở đầu vào của dụng cụ đo phải phù hợp với điện trở đầu ra của khâu trước đó (chuyển đổi sơ cấp) để không bị ảnh hưởng đến độ chính xác của phép đo.

Ví dụ: Khi đo điện áp của nguồn điện hoặc điện áp rơi trên phụ tải, điện trở của Vônmet càng lớn càng tốt. Ngược lại khi đo dòng điện qua phụ tải yêu cầu điện trở của Ampemét càng nhỏ lại càng tốt để giảm sai số của phép đo.

b) *Điện trở ra của dụng cụ đo* xác định công suất có thể truyền tải cho khâu tiếp theo. Điện trở ra càng nhỏ thì công suất càng lớn.

1-4-4. Độ tác động nhanh

Độ tác động nhanh: Là thời gian để dụng cụ xác lập kết quả đo trên chỉ thị.

Đối với dụng cụ tương tự, thời gian này khoảng 4 giây.

Đối với dụng cụ số có thể đo được hàng nghìn điểm đo trong 1 giây.

1-4-5. Độ tin cậy

Độ tin cậy của dụng cụ đo phụ thuộc nhiều yếu tố:

- Độ tin cậy của các linh kiện sử dụng.
- Kết cấu của dụng cụ không quá phức tạp
- Điều kiện làm việc

Độ tin cậy được xác định bởi thời gian làm việc tin cậy trong điều kiện cho phép có phù hợp với thời gian qui định không.

Độ tin cậy làm việc là một đặc tính rất quan trọng của dụng cụ đo.

CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Thế nào là tín hiệu đo và đại lượng đo.
Phân biệt sự khác nhau và giống nhau về tín hiệu đo và đại lượng đo.
2. Thiết bị đo là gì? Phân loại thiết bị đo.
3. Đơn vị đo là gì? Thế nào là đơn vị tiêu chuẩn?
Có mấy nhóm đơn vị chuẩn
4. Dụng cụ đo là gì? Phân loại dụng cụ đo và nêu cấu trúc của chúng.
5. Nêu các đặc tính cơ bản của một dụng cụ đo.
Cấp chính xác của dụng cụ đo là gì?
Phân biệt sai số của phép đo và cấp chính xác của dụng cụ khác nhau ở chỗ nào?

008-008
008-008
008-008

CHƯƠNG II

CÁC CƠ CẤU CHỈ THỊ

2-1. Cơ cấu chỉ thị của dụng cụ đo tương tự

2-1-1. Khái niệm chung

Dụng cụ đo tương tự (Analog) là loại dụng cụ có số chỉ là đại lượng liên tục theo thời gian.

Chỉ thị trong các dụng cụ đo tương tự là chỉ thị cơ điện với tín hiệu vào là dòng điện và tín hiệu ra là góc quay của kim chỉ hoặc độ di chuyển của bút ghi trên băng giấy (dụng cụ tự ghi).

Các cơ cấu chỉ thị trên được sử dụng trong các dụng cụ đo các đại lượng điện như điện áp, tần số, góc pha, công suất, dòng xoay chiều và một chiều tần số công nghiệp.

Nguyên lý làm việc của các chỉ thị cơ điện dựa trên tác động của từ trường lên phần động của cơ cấu chỉ thị khi có dòng điện chạy qua và tạo ra một mômen quay (M_q).

Độ lớn của mômen tỷ lệ với độ lớn của dòng điện đưa vào cơ cấu chỉ thị. Mômen quay M_q được xác định theo biểu thức:

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}, \quad (2-1)$$

trong đó W_e - năng lượng điện từ
 α - góc quay của phần động.

Nếu ta đặt vào trục của phần động một lò xo cản, khi phần động quay, lò xo bị xoắn lại và tạo ra một mômen cản M_c .

$$M_c = D\alpha. \quad (2-2)$$

D - hệ số phụ thuộc vào kích thước và vật liệu chế tạo lò xo (hoặc dây treo).

Tại thời điểm cân bằng ($M_q = M_c$)

ta có:
$$\frac{dW_c}{d\alpha} = D\alpha$$

và
$$\alpha = \frac{1}{D} \frac{dW_e}{d\alpha} \quad (2-3)$$

Đây là phương trình đặc tính thang đo của chỉ thị cơ điện.

2-1-2. Cơ cấu chỉ thị từ điện

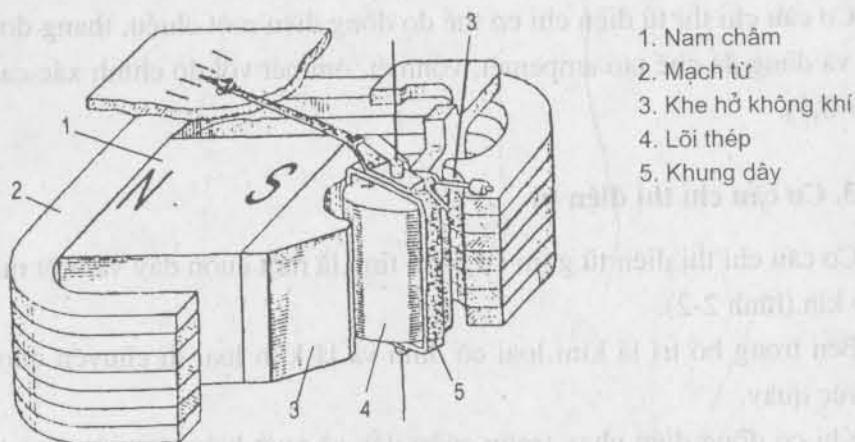
Cơ cấu chỉ thị từ điện gồm có hai phần cơ bản: Phần tĩnh và phần động (hình 2-1)

- Phần tĩnh gồm Nam châm vĩnh cửu, cực từ, lõi thép và giá đỡ không dẫn từ. Giữa cực từ và lõi thép có khe hở không khí.

- Phần động là 1 khung dây được quấn bằng dây đồng có đường kính $\phi = 0,03 \div 0,07$ mm.

Khung dây gắn vào trục có thể quay trong khe hở không khí.

Nam châm chế tạo bằng các hợp kim Vonfram, Alnico, hợp kim Crom v.v... có trị số tự cảm cỡ $0,1 \div 0,12$ Tesla hoặc từ $0,2 \div 0,3$ Tesla.



Hình 2-1. Cơ cấu chỉ thị từ điện

Khi có dòng điện chạy qua khung dây, dưới tác động của từ trường nam châm vĩnh cửu, khung dây lệch khỏi vị trí ban đầu một góc α . Mômen quay được tính theo biểu thức:

$$M_q = \frac{dW_c}{d\alpha}$$

trong đó: $W_c = \phi I.$ (2-4)

ϕ - từ thông trong khe hở không khí.

Mà $\phi = BWS\alpha.$ (2-5)

B - độ từ cảm của nam châm;

S - tiết diện khung dây;

W - số vòng của khung dây;

α - góc lệch của khung khỏi vị trí ban đầu.

Từ (2 - 4) thay vào (2-1) ta được:

$$M_q = \frac{d(\phi I)}{d\alpha} = \frac{d(BWS\alpha I)}{d\alpha} = BWSI$$
 (2-6)

ở vị trí cân bằng với $M_q = M_c$, ta có:

$$BWSI = D\alpha \text{ và } \alpha = \frac{1}{D} BWSI = S_1 I$$
 (2-7)

S_1 - độ nhạy của cơ cấu theo dòng.

Cơ cấu chỉ thị từ điện chỉ có thể đo dòng điện một chiều, thang đo tuyến tính và dùng để chế tạo ampemét, vônmet, ômmét với độ chính xác cao (cấp 0,1 ÷ 0,5).

2-1-3. Cơ cấu chỉ thị điện từ

Cơ cấu chỉ thị điện từ gồm có phần tĩnh là một cuộn dây và một mạch từ khép kín (hình 2-2).

Bên trong bố trí lá kim loại cố định và lá kim loại di chuyển được gắn với trục quay.

Khi có dòng điện chạy trong cuộn dây sẽ xuất hiện từ trường và từ hóa các tấm kim loại tĩnh và động để tạo thành nam châm. Giữa các tấm kim loại hình thành lực đẩy lẫn nhau và tạo nên mômen quay (M_q).

Ta có: $M_q = \frac{dW_c}{d\alpha}$

trong đó: