



Bài Giảng Kỹ thuật Đo lường Điện

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU.....	3
PHẦN I: ĐẠI CƯƠNG VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN	4
1.1 KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN.....	4
1.1.1. Khái niệm về đo lường.	4
1.1.2. Khái niệm về đo lường điện.....	4
1.1.3. Các phương pháp đo.	4
1.2. CÁC SAI SỐ VÀ TÍNH SAI SỐ.....	7
1.2.1. Khái niệm về sai số.....	7
1.2.2. Các loại sai số.....	8
1.2.3. Phương pháp tính sai số.....	10
1.2.4. Các phương pháp hạn chế sai số.....	11
PHẦN II. CÁC LOẠI CƠ CẤU ĐO THÔNG DỤNG	12
2.1. KHÁI NIỆM VỀ CƠ CẤU ĐO.....	12
2.2. CÁC LOẠI CƠ CẤU ĐO.....	13
2.2.1. Cơ cấu đo từ điện..	13
2.2.2. Cơ cấu đo điện từ.	16
2.2.3. Cơ cấu đo điện động.....	17
2.2.4. Cơ cấu đo cảm ứng.....	18
PHẦN III. ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN CƠ BẢN	20
3.1. ĐO ĐẠI LƯỢNG U, I.....	20
3.1.1. Đo dòng điện.	20
3.1.2. Đo điện áp.	26
3.2. ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG R, L, C.....	34
3.2.1. Đo điện trở.....	34
3.2.2. Đo điện cảm.....	41
3.2.3. Đo điện dung.....	43
3.3.1. Đo tần số.	43
3.3.2. Đo công suất và điện năng (năng lượng).....	45
PHẦN IV. SỬ DỤNG CÁC LOẠI MÁY ĐO THÔNG DỤNG	53
4.1. SỬ DỤNG VOM, MΩ.....	53
4.1.1. Sử dụng VOM.	53
4.1.2. Sử dụng MΩ.....	55
4.2. SỬ DỤNG AMPE KÌM, OSC.....	56
4.2.1. Sử Dụng AMPE KÌM.....	56
4.2.2. Sử dụng Dao động ký (Oscilloscope).....	59
4.3. SỬ DỤNG MÁY BIẾN ÁP ĐO LƯỜNG.....	69
4.3.1. Máy biến điện áp.	69
4.3.2. Máy biến dòng điện.....	71
PHẦN V. TÀI LIỆU CẦN THAM KHẢO.....	74

Lời nói đầu

Môn học kỹ thuật đo lường trình bày các kiến thức về kỹ thuật đo dùng trong ngành điện hiện nay. Giới thiệu những phép đo cơ bản để ứng dụng cho các ngành sản xuất công nghiệp.

Kỹ thuật Đo lường Điện là môn học nghiên cứu các phương pháp đo các đại lượng vật lý: đại lượng điện: điện áp, dòng điện, công suất,... và đại lượng không điện: nhiệt độ, độ ẩm, vận tốc...

Bài giảng Kỹ thuật Đo lường Điện được biên soạn dựa trên các giáo trình và tài liệu tham khảo mới nhất hiện nay, được dùng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên các ngành: Điện công nghiệp, Điện dân dụng, Kỹ thuật Viễn thông, Kỹ thuật Thông tin, Tự động hoá, Trang thiết bị điện, Tín hiệu Giao thông.

Cung cấp cho sinh viên những kiến thức cơ bản và chuyên sâu về kỹ thuật đo lường trong ngành điện. 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.

Phần I: ĐẠI CƯƠNG VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN

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.

1.1 KHÁI NIỆM VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN.

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: $A = \frac{X}{X_0}$ 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.

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 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.

1.1.3.1. Phương pháp đo biến đổi thẳng

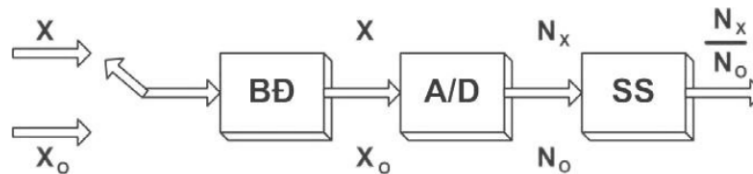
- **Định nghĩa:** là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu biến đổi thẳng, nghĩa là không có khâu phản hồi.

- **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.

1.1.3.2. Phương pháp đo kiểu so sánh:

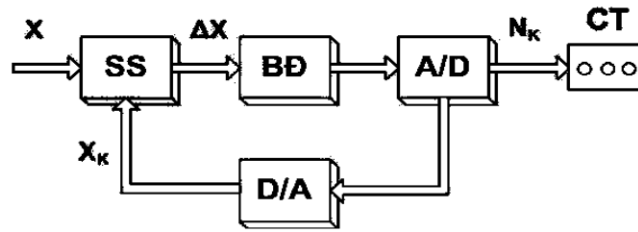
- **Định nghĩa:** là phương pháp đo có sơ đồ cấu trúc theo kiểu mạch vòng, nghĩa là có khâu phản hồi.

- **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 XK (tỉ lệ với X_0) diễn ra trong suốt quá trình đo, khi hai đại lượng bằng nhau đọc kết quả XK 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, N_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 N_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 N_K là không đổi và biết trước, qua bộ so sánh có được $\Delta_X = X - X_K$, đo 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 $X = X_K$.

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ VIỆT - ĐỨC HÀ TỈNH

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, amperemét 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: $1 \text{ inch} = 127/5 = 25,4 \text{ mm}$

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 :** kết quả có chỉ sau một lần đo
- **Đo gián tiếp:** kết quả có bằng phép suy ra từ một số phép đo trực tiếp
- **Đo hợp bộ:** như gián tiếp nhưng phải giả một phương trình hay một hệ phương trình mới có kết quả
- **Đo thống kê:** đo nhiều lần và lấy giá trị trung bình mới có kết quả

1.2. CÁC SAI SỐ VÀ 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 chủ quan. - Sai số bên ngoài.	- Sai số hệ thống. - Sai số ngẫu nhiên

Bảng 2.1. 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:

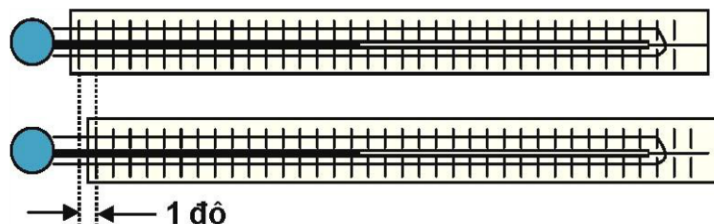
$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta_{th}}{\Delta_X} \right| = \frac{1}{\gamma_X}$$

* **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 2.1. 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 đổi 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 Gausơ-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%.

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ VIỆT - ĐỨC HÀ TỈNH

*. **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.

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).

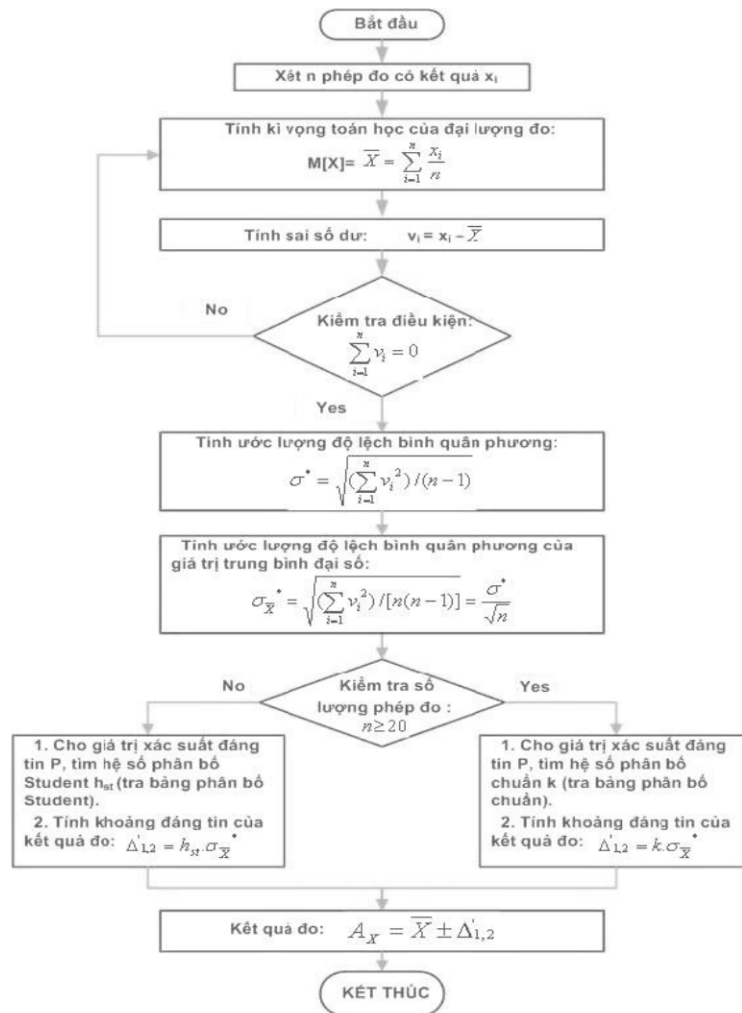
Sau n lần đo sẽ có n kết quả đo $x_1, x_2, \dots, x_n$ là số liệu chủ yếu để tiến hành gia công kết quả đo.

*** 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



Hình 2.2. Lưu đồ thuật toán quá trình gia công kết quả đo.

Phần II. CÁC LOẠI CƠ CẤU ĐO THÔNG DỤNG

2.1. KHÁI NIỆM VỀ CƠ CẤU ĐO.

Cơ cấu đo là thành phần cơ bản để tạo nên các dụng cụ và thiết bị đo lường ở dạng tương tự (analog) và hiện số Digitans.

- Ở dạng tương tự (analog) là dụng cụ đo biến đổi thẳng: đại lượng cần đo X như điện áp, dòng điện, tần số, góc pha... được biến đổi thành góc quay α của phần động(so với phần tĩnh), tức là biến đổi từ năng lượng điện từ thành năng lượng cơ học.

Từ đó có biểu thức quan hệ:

Modull: Đo lường điện

$\alpha = (X)$ với X là đại lượng điện.

Các cơ cấu chỉ thị này thường dùng trong các dụng cụ đo các đại lượng: dòng điện, điện áp, công suất, tần số, góc pha, điện trở... của mạch điện một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp.

- Hiện số (Digitans) là cơ cấu chỉ thị số ứng dụng các kỹ thuật điện tử và kỹ thuật máy tính để biến đổi và chỉ thị đại lượng đo.

Có nhiều loại thiết bị hiện số khác nhau như: đèn sợi đốt, đèn điện tích, LED 7 thanh, màn hình tinh thể lỏng LCD, màn hình cảm ứng...

2.2. CÁC LOẠI CƠ CẤU ĐO.

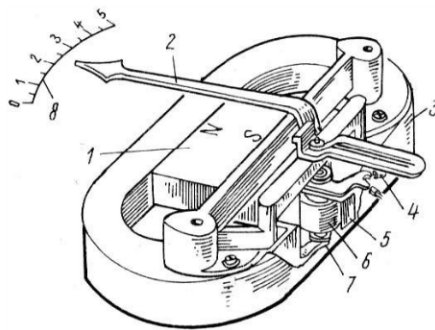
2.2.1. Cơ cấu đo từ điện..

** lôgômet từ điện (Permanent Magnet Moving Coil).*

a) Cấu tạo chung: gồm hai phần cơ bản: phần tĩnh và phần động:

- **Phần tĩnh:** gồm: nam châm vĩnh cửu 1; mạch từ và cực từ 3 và lõi sắt 6 hình thành mạch từ kín. Giữa cực từ 3 và lõi sắt 6 có khe hở không khí đều gọi là khe hở làm việc, ở giữa đặt khung quay chuyển động.

- **Phần động:** gồm: khung dây quay 5 được quấn bằng dây đồng. Khung dây được gắn vào trục quay (hoặc dây căng, dây treo). Trên trục quay có hai lò xo cân 7 mắc ngược nhau, kim chỉ thị 2 và thang đo 8.



Hình 2.1. Cơ cấu chỉ thị từ điện.

b) Nguyên lý làm việc chung: khi có dòng điện chạy qua khung dây 5 (phần động), dưới tác động của từ trường nam châm vĩnh cửu 1 (phần tĩnh) sinh ra mômen quay M_q làm khung dây lệch khỏi vị trí ban đầu một góc α . Mômen quay được tính theo biểu thức:

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha} = B.S.W.I$$

với B: độ từ cảm của nam châm vĩnh cửu

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ VIỆT - ĐỨC HÀ TỈNH

S: tiết diện khung dây

W: số vòng dây của khung dây

Tại vị trí cân bằng, mômen quay bằng mômen cản:

$$M_q = M_c = B.S.W.I = D.\alpha \Leftrightarrow \alpha = \frac{1}{D}.B.S.W.I = S_I.I$$

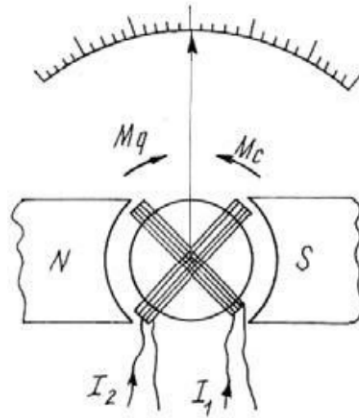
Với một cơ cấu chỉ thị cụ thể do B, S, W, D là hằng số nên góc lệch α tỷ lệ bậc nhất với dòng điện I chạy qua khung dây.

c) Các đặc tính chung: từ biểu thức (5.1) suy ra cơ cấu chỉ thị từ điện có các đặc tính cơ bản sau:

- Chỉ đo được dòng điện một chiều.
- Đặc tính của thang đo đều.
- Độ nhạy $S_I = \frac{1}{D} B.S.W$ là hằng số
- **Ưu điểm:** độ chính xác cao; ảnh hưởng của từ trường ngoài không đáng kể (do từ trường là do nam châm vĩnh cửu sinh ra); công suất tiêu thụ nhỏ nên ảnh hưởng không đáng kể đến chế độ của mạch đo; độ cản dẫu tốt; thang đo đều (do góc quay tuyến tính theo dòng điện).
- **Nhược điểm:** chế tạo phức tạp; chịu quá tải kém (do cuộn dây của khung quay nhỏ); độ chính xác của phép đo bị ảnh hưởng lớn bởi nhiệt độ, chỉ đo dòng một chiều.
- **Ứng dụng:** cơ cấu chỉ thị từ điện dùng để chế tạo ampemét vônmet, ômmét nhiều thang đo và có dải đo rộng; độ chính xác cao (cấp 0,1 ÷ 0,5).
 - + Chế tạo các loại ampemét, vônmet, ômmét nhiều thang đo, dải đo rộng.
 - + Chế tạo các loại điện kế có độ nhạy cao có thể đo được: dòng đến 10-12A, áp đến 10 - 4V, đo điện lượng, phát hiện sự lệch điểm không trong mạch cần đo hay trong điện thế kế.
 - + Sử dụng trong các mạch dao động ký ánh sáng để quan sát và ghi lại các giá trị tức thời của dòng áp, công suất tần số có thể đến 15kHz; được sử dụng để chế tạo các đầu rung.
 - + Làm chỉ thị trong các mạch đo các đại lượng không điện khác nhau.
 - + Chế tạo các dụng cụ đo điện tử tương tự: vônmet điện tử, tần số kế điện tử, pha kế điện tử...
 - + Dùng với các bộ biến đổi khác như chỉnh lưu, cảm biến cặp nhiệt để có thể đo được dòng, áp xoay chiều.

d) Lôgômét từ điện: là loại cơ cấu chỉ thị để đo tỉ số hai dòng điện, hoạt động theo nguyên lý giống cơ cấu chỉ thị điện từ, chỉ khác là không có lò xo cân mà thay bằng một khung dây thứ hai tạo ra mômen có hướng chống lại mômen quay của khung dây thứ nhất.

Nguyên lý làm việc: trong khe hở của từ trường của nam châm vĩnh cửu đặt phần động gồm hai khung quay đặt lệch nhau góc δ ($300 \div 900$). Hai khung dây gắn vào một trục chung. Dòng điện I_1 và I_2 đưa vào các khung dây bằng các dây dẫn không mômen.



Hình 2.2. Lôgômét từ điện

- Dòng I_1 sinh ra mômen quay M_q : $M_q = I_1 \cdot \frac{d\phi_1}{d\alpha}$

- Dòng I_2 sinh ra mômen cân M_c : $M_c = I_2 \cdot \frac{d\phi_2}{d\alpha}$

với Φ_1, Φ_2 : từ thông của nam châm móc vòng qua các khung dây, thay đổi theo α .

Dấu của M_q và M_c ngược nhau. Các giá trị cực đại của các mômen lệch nhau góc δ .

Ở trạng thái cân bằng có:

$$M_q = M_c \Leftrightarrow I_1 \cdot \frac{d\phi_1}{d\alpha} = I_2 \cdot \frac{d\phi_2}{d\alpha} \Leftrightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{d\phi_2}{d\alpha}}{\frac{d\phi_1}{d\alpha}} = \frac{f_1(\alpha)}{f_2(\alpha)} = f(\alpha)$$

với $f_1(\alpha), f_2(\alpha)$ là các đại lượng xác định tốc độ thay đổi của từ thông móc vòng.

Từ biểu thức trên có: $\alpha = F\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$

Đặc tính cơ bản: góc lệch α tỉ lệ với tỉ số của hai dòng điện đi qua các khung dây.

Ứng dụng: lôgômét từ điện được ứng dụng để đo điện trở, tần số và các đại lượng không điện.

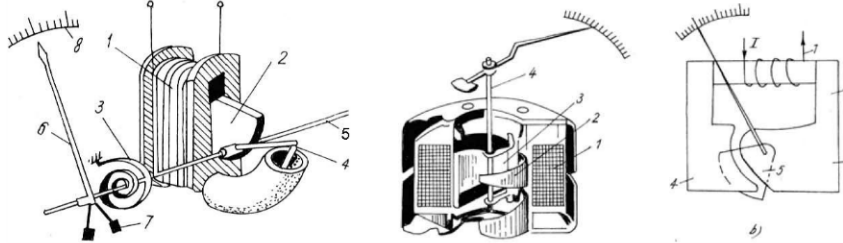
2.2.2. Cơ cấu đo điện từ.

*** lôgômet điện từ.**

a) Cấu tạo chung: gồm hai phần cơ bản: phần tĩnh và phần động:

- **Phần tĩnh:** là cuộn dây 1 bên trong có khe hở không khí (khe hở làm việc).

- **Phần động:** là lõi thép 2 được gắn lên trục quay 5, lõi thép có thể quay tự do trong khe làm việc của cuộn dây. Trên trục quay có gắn: bộ phận cản dộ không khí 4, kim chỉ 6, đối trọng 7. Ngoài ra còn có lò xo cân 3, bảng khắc độ 8.



Hình 2.3. Cấu tạo chung của cơ cấu chỉ thị điện từ.

b) Nguyên lý làm việc: dòng điện I chạy vào cuộn dây 1 (phần tĩnh) tạo thành một nam châm điện hút lõi thép 2 (phần động) vào khe hở không khí với mômen quay:

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}, \text{ với } W_e = \frac{LI^2}{2}$$

với L là điện cảm của cuộn dây, suy ra:

$$M_q = \frac{1}{2} \cdot I^2 \frac{dL}{d\alpha}.$$

Tại vị trí cân bằng có:

$$M_q = M_c \Leftrightarrow \alpha = \frac{1}{2D} \frac{dL}{d\alpha} \cdot I^2$$

là phương trình thể hiện đặc tính của cơ cấu chỉ thị điện từ.

c) Các đặc tính chung:

- Góc quay α tỉ lệ với bình phương của dòng điện, tức là không phụ thuộc vào chiều của dòng điện nên có thể đo trong cả mạch xoay chiều hoặc một chiều.

- Thang đo không đều, có đặc tính phụ thuộc vào tỉ số $dL/d\alpha$ là một đại lượng phi tuyến.

- Cản dộ thường bằng không khí hoặc cảm ứng.

- **Ưu điểm:** cấu tạo đơn giản, tin cậy, chịu được quá tải lớn.

- **Nhược điểm:** độ chính xác không cao nhất là khi đo ở mạch một chiều sẽ bị sai

số (do hiện tượng từ trễ, từ dư...); độ nhạy thấp; bị ảnh hưởng của từ trường ngoài (do từ trường của cơ cấu yếu khi dòng nhỏ).

d) Ứng dụng: thường được sử dụng để chế tạo các loại ampe-mét, vôn-mét trong mạch xoay chiều tần số công nghiệp với độ chính xác cấp 1÷2. Ít dùng trong các mạch có tần số cao.

2.2.3. Cơ cấu đo điện động.

*** lôgô-mét điện động.**

a) Cấu tạo chung: như hình 2.4: gồm hai phần cơ bản: phần tĩnh và phần động:

- **Phần tĩnh:** gồm: cuộn dây 1 (được chia thành hai phần nối tiếp nhau) để tạo ra từ trường khi có dòng điện chạy qua. Trục quay chui qua khe hở giữa hai phần cuộn dây tĩnh.

- **Phần động:** gồm một khung dây 2 đặt trong lòng cuộn dây tĩnh. Khung dây 2 được gắn với trục quay, trên trục có lò xo cân, bộ phận cản dũa và kim chỉ thị. Cả phần động và phần tĩnh được bọc kín bằng màn chắn để ngăn chặn ảnh hưởng của từ trường ngoài.

b) Nguyên lý làm việc chung: khi có dòng điện I_1 chạy vào cuộn dây 1 (phần tĩnh) làm xuất hiện từ trường trong lòng cuộn dây. Từ trường này tác động lên dòng điện I_2 chạy trong khung dây 2 (phần động) tạo nên mômen quay làm khung dây 2 quay một góc α .

Mômen quay được tính: $M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$

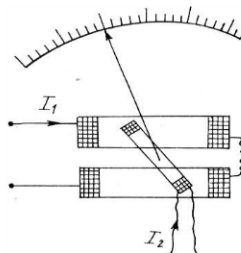
với: W_e là năng lượng điện từ trường. Có hai trường hợp xảy ra:

- I_1, I_2 là dòng điện một chiều: $\alpha = \frac{1}{D} \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2$

với: M_{12} là hồ cảm giữa cuộn dây tĩnh và động.

- I_1 và I_2 là dòng điện xoay chiều: $\alpha = \frac{1}{D} \frac{dM_{12}}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos\psi$

với: ψ là góc lệch pha giữa I_1 và I_2 .



Hình 2.4. Cấu tạo của cơ cấu chỉ thị điện động

c) Các đặc tính chung:

- Có thể dùng trong cả mạch điện một chiều và xoay chiều.
- Góc quay α phụ thuộc tích $(I_1.I_2)$ nên thang đo không đều
- Trong mạch điện xoay chiều α phụ thuộc góc lệch pha ψ giữa hai dòng điện nên có thể ứng dụng làm Oátmét đo công suất.
- **Ưu điểm cơ bản:** có độ chính xác cao khi đo trong mạch điện xoay chiều.
- **Nhược điểm:** công suất tiêu thụ lớn nên không thích hợp trong mạch công suất nhỏ. Chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài, muốn làm việc tốt phải có bộ phận chắn từ. Độ nhạy thấp vì mạch từ yếu.

d) Ứng dụng: chế tạo các ampemét, vônmet, oátmét một chiều và xoay chiều tần số công nghiệp; các pha kế để đo góc lệch pha hay hệ số công suất $\cos\phi$.

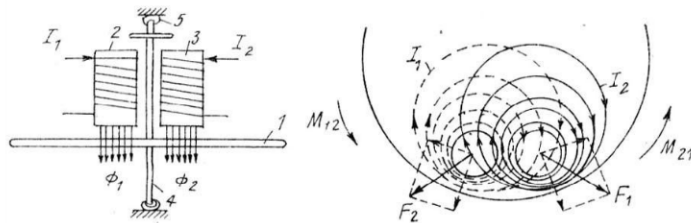
Trong mạch có tần số cao phải có mạch bù tần số (đo được dải tần đến 20KHz).

2.2.4. Cơ cấu đo cảm ứng.

a) Cấu tạo chung: như hình 2.5: gồm phần tĩnh và phần động.

- **Phần tĩnh:** các cuộn dây điện 2,3 có cấu tạo để khi có dòng điện chạy trong cuộn dây sẽ sinh ra từ trường móc vòng qua mạch từ và qua phần động, có ít nhất là 2 nam châm điện.

- **Phần động:** đĩa kim loại 1 (thường bằng nhôm) gắn vào trục 4 quay trên trụ 5.



Hình 2.5. Cơ cấu chỉ thị cảm ứng

b) Nguyên lý làm việc chung: dựa trên sự tác động tương hỗ giữa từ trường xoay chiều (được tạo ra bởi dòng điện trong phần tĩnh) và dòng điện xoáy tạo ra trong đĩa của phần động, do đó cơ cấu này chỉ làm việc với mạch điện xoay chiều:

Khi dòng điện I_1, I_2 vào các cuộn dây phần tĩnh $\rightarrow$ sinh ra các từ thông Φ_1, Φ_2 (các từ thông này lệch pha nhau góc ψ bằng góc lệch pha giữa các dòng điện tương ứng), từ thông Φ_1, Φ_2 cắt đĩa nhôm 1 (phần động) $\rightarrow$ xuất hiện trong đĩa nhôm các sức điện động tương ứng E_1, E_2 (lệch pha với Φ_1, Φ_2 góc $\pi/2$) $\rightarrow$ xuất hiện các dòng điện xoáy I_{x1}, I_{x2} (lệch pha với E_1, E_2 góc α_1, α_2).

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ VIỆT - ĐỨC HÀ TỈNH

Các từ thông Φ_1, Φ_2 tác động tương hỗ với các dòng điện $I_{x1}, I_{x2} \rightarrow$ sinh ra các lực F_1, F_2 và các mômen quay tương ứng $\rightarrow$ quay đĩa nhôm (phần động). Mômen quay được tính: $M_q = C \cdot f \cdot \phi_1 \phi_2 \sin \varphi$

với: C là hằng số

f là tần số của dòng điện I1, I2

ψ là góc lệch pha giữa I1, I2

c) Các đặc tính chung:

- Điều kiện để có mômen quay là ít nhất phải có hai từ trường.
 - Mômen quay đạt giá trị cực đại nếu góc lệch pha ψ giữa I1, I2 bằng $\pi/2$.
 - Mômen quay phụ thuộc tần số của dòng điện tạo ra các từ trường.
 - Chỉ làm việc trong mạch xoay chiều.
 - Nhược điểm: mômen quay phụ thuộc tần số nên cần phải ổn định tần số.
- d) Ứng dụng:*** chủ yếu để chế tạo công tơ đo năng lượng; có thể đo tần số...

Bảng A. Bảng tổng kết các loại cơ cấu chỉ thị cơ điện

Phần III. ĐO CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐIỆN CƠ BẢN

3.1. ĐO ĐẠI LƯỢNG U, I.

3.1.1. Đo dòng điện.

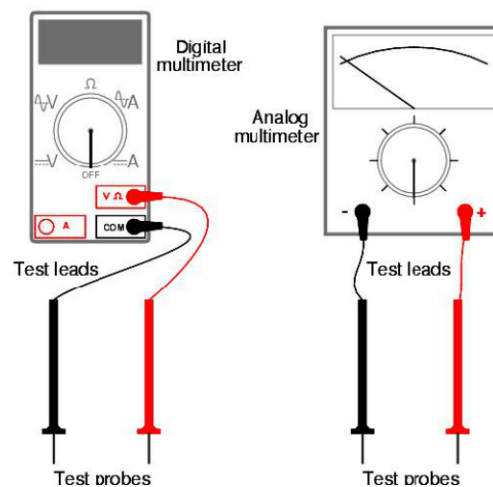
* Khái niệm chung

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 1.1: Đồng hồ số và kim

Nếu chia theo loại chỉ thị ta có:

- + Ampe kế chỉ thị số (Digital)
- + Ampe kế chỉ thị kim (kiểu tương tự /Analog)

Hình bên là hai loại đồng hồ vạn năng số và kim. Nếu chia theo tính chất của đại lượng đo, ta có:

- + Ampe kế một chiều