

**ỦY BAN NHÂN DÂN TP THỦ ĐỨC  
TRƯỜNG TRUNG CẤP NGHỀ ĐÔNG SÀI GÒN**

## **GIÁO TRÌNH**

**Tên mô đun: Đo lường điện tử  
NGHỀ: ĐIỆN TỬ CÔNG NGHIỆP**

**TRÌNH ĐỘ TRUNG CẤP**

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: ...../QĐ-TCN ngày ... tháng ... năm 20... của  
Hiệu trưởng Trường trung cấp nghề Đông Sài Gòn)*



**TP Thủ Đức, năm 2022**

## MỤC LỤC

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 1. Mục lục .....                                       | 2   |
| 2. Giới thiệu về mô đun .....                          | 5   |
| 3. Bài mở đầu: Đại cương về đo lường điện.....         | 6   |
| 4. Bài 1: Một số cơ cấu đo chỉ thị kim .....           | 11  |
| 5. Bài 2: Đo các đại lượng điện cơ bản.....            | 26  |
| 6. Bài 3: Sử dụng các loại máy đo điện thông dụng..... | 73  |
| 7. Thuật ngữ chuyên môn.....                           | 122 |
| 8. Tài liệu tham khảo.....                             | 121 |

## TÊN MÔ ĐUN: ĐO LƯỜNG ĐIỆN

**Mã mô đun: MĐ10**

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

Đo lường điện là mô đun cơ sở ngành, được tổ chức học sau các môn học An toàn lao động; Mạch điện, Vật liệu ... và học trước các môn Máy điện, cung cấp điện ...

Đo lường điện là mảng kiến thức và kỹ năng cơ bản không thể thiếu với bất kỳ người thợ điện nào, đặc biệt cho những người phụ trách phần điện trong các xí nghiệp, nhà máy, thường được gọi là điện công nghiệp.

Những vấn đề về kỹ thuật đo lường điện có liên quan trực tiếp tới chất lượng, độ tin cậy và tuổi thọ của thiết bị và hệ thống điện khi làm việc, vì vậy đòi hỏi người thợ lành nghề phải tinh thông các cơ sở của đo lường kỹ thuật, phải hiểu rõ về đơn vị đo, các mẫu chuẩn ban đầu của đơn vị đo và tổ chức kiểm tra các dụng cụ đo; hiểu rõ nguồn gốc và nguyên nhân của các sai số trong quá trình đo và phương pháp xác định chúng.

**Mục tiêu của môn học:**

- Biết được cấu tạo và nguyên lý làm việc của một số dụng cụ đo điện thông dụng
- Đo được các thông số và các đại lượng cơ bản của mạch điện.
- Sử dụng được các loại máy đo để kiểm tra, phát hiện hư hỏng của thiết bị, hệ thống điện.
- Rèn luyện tính chủ động, tư duy khoa học, nghiêm túc trong công việc.

**Nội dung của mô đun:**

| Số<br>TT | Tên các bài trong mô đun               | Thời gian (giờ) |              |              |              |
|----------|----------------------------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
|          |                                        | Tổng<br>số      | Lý<br>thuyết | Thực<br>hành | Kiểm<br>tra* |
| 1        | Bài mở đầu: Đại cương về đo lường điện | 2               | 2            |              |              |
| 2        | Các loại cơ cấu đo thông dụng          | 8               | 4            | 4            |              |
| 3        | Đo các đại lượng điện cơ bản           | 10              | 4            | 5            | 1            |
| 4        | Sử dụng các loại máy đo thông dụng     | 10              | 5            | 5            |              |
|          | Cộng:                                  | 30              | 15           | 14           | 1            |

# **BÀI MỞ ĐẦU**

## **ĐẠI CƯƠNG VỀ ĐO LƯỜNG ĐIỆN**

### **Giới thiệu:**

Đo lường là sự so sánh đại lượng chưa biết (đại lượng đo) với đại lượng đã được chuẩn hóa (đại lượng mẫu hoặc đại lượng chuẩn).

Như vậy công việc đo lường là nối thiết bị đo vào hệ thống được khảo sát và quan sát kết quả đo được các đại lượng cần thiết trên thiết bị đo. Trong thực tế rất khó xác định “trị số thực” của đại lượng đo. Vì vậy trị số đo được cho bởi thiết bị đo được gọi là trị số tin cậy được (expected value).

Bất kỳ đại lượng đo nào cũng bị ảnh hưởng bởi nhiều thông số. Do đó kết quả đo ít khi phản ánh đúng trị số tin cậy được. Cho nên có nhiều hệ số ảnh hưởng trong đo lường liên quan đến thiết bị đo. Ngoài ra có những hệ số khác liên quan đến con người sử dụng thiết bị đo. Như vậy độ chính xác của thiết bị đo được diễn tả dưới hình thức sai số.

### **Mục tiêu:**

- Giải thích các khái niệm về đo lường, đo lường điện.
- Tính toán được sai số của phép đo, vận dụng phù hợp các phương pháp hạn chế sai số.
- Đo các đại lượng điện bằng phương pháp đo trực tiếp hoặc gián tiếp.
- Rèn luyện tính chính xác, chủ động, nghiêm túc trong công việc.

### **Nội dung chính:**

#### **1. Khái niệm về đo lường điện:**

*Mục tiêu: Trình bày được các khái niệm cơ bản về đo lường và đo lường điện*

Trong thực tế cuộc sống quá trình cân đo đong đếm diễn ra liên tục với mọi đối tượng, việc cân đo đong đếm này vô cùng cần thiết và quan trọng. Với một đối tượng cụ thể nào đó quá trình này diễn ra theo từng đặc trưng của chủng loại đó, và với một đơn vị đã được định trước.

Trong lĩnh vực kỹ thuật đo lường không chỉ thông báo trị số của đại lượng cần đo mà còn làm nhiệm vụ kiểm tra, điều khiển và xử lý thông tin.

Đối với ngành điện việc đo lường các thông số của mạch điện là vô cùng quan trọng. Nó cần thiết cho quá trình thiết kế lắp đặt, kiểm tra vận hành cũng như dò tìm hư hỏng trong mạch điện.

##### **1.1. Khái niệm về đo lường:**

- Đo lường là quá trình đánh giá định lượng đại lượng cần đo để có được kết quả bằng số so với đơn vị đo (mẫu)

Kết quả đo được biểu diễn dưới dạng:

$$A = \frac{X}{X_0} \quad \text{và ta có phương trình cơ bản } X = A.X_0 \quad (1)$$

Ví dụ:  $I = 5A$  thì: Đại lượng đo là: dòng điện (I)  
Đơn vị đo là: Ampe (A)  
Con số kết quả đo là: 5

- Dụng cụ đo và mẫu đo:

+ Dụng cụ đo: Các dụng cụ thực hiện việc đo được gọi là dụng cụ đo như: dụng cụ đo dòng điện (Ampemét), dụng cụ đo điện áp (Vônmet) dụng cụ đo công suất (Oátmet) v.v...

+ Mẫu đo: là dụng cụ dùng để khôi phục một đại lượng vật lý nhất định có trị số cho trước, mẫu đo được chia làm 2 loại sau:

Loại làm mẫu: dùng để kiểm tra các mẫu đo và dụng cụ đo khác, loại này được chế tạo và sử dụng theo tiêu chuẩn kỹ thuật, đảm bảo làm việc chính xác cao.

Loại công tác: được sử dụng đo lường trong thực tế, loại này gồm 2 nhóm sau: Mẫu đo, dụng cụ đo thí nghiệm và mẫu đo, dụng cụ đo dùng trong sản xuất.

- Các phương pháp đo được chia làm 2 loại

+ Phương pháp đo trực tiếp: là phương pháp đo mà đại lượng cần đo được so sánh trực tiếp với mẫu đo.

Ví dụ:

Dùng cầu đo điện để đo điện trở, dùng cầu đo để đo điện dung v.v...

+ Phương pháp đo gián tiếp: là phương pháp đo trong đó đại lượng cần đo sẽ được tính ra từ kết quả đo các đại lượng khác có liên quan.

Ví dụ:

Muốn đo điện áp nhưng ta không có Vônmet, ta đo điện áp bằng cách:

- Dùng Ômmét đo điện trở của mạch.
- Dùng Ampemét đo dòng điện đi qua mạch.

Sau đó áp dụng các công thức hoặc các định luật đã biết để tính ra trị số điện áp cần đo.

## 1.2. Khái niệm về đo lường điện

Đo lường điện là quá trình đo các đại lượng điện của mạch điện. Các đại lượng điện được chia làm hai loại: đại lượng điện tác động và đại lượng điện thụ động.

- Đại lượng điện tác động: các đại lượng như dòng điện, điện áp, công suất, điện năng... là những đại lượng mang điện. Khi đo các đại lượng này, bản thân năng lượng này sẽ cung cấp cho mạch đo.

- Đại lượng điện thụ động: các đại lượng như điện trở, điện cảm, điện dung... các đại lượng này không mang năng lượng cho nên phải cung cấp điện áp hoặc dòng điện cho các đại lượng này khi đưa vào mạch đo.

## 2. Sai số và tính sai số:

*Mục tiêu: Tính toán được các sai số trong quá trình đo và biện pháp hạn chế sai số*

### 2.1. Khái niệm về sai số:

Khi đo, số chỉ của dụng cụ đo cũng như kết quả tính toán luôn có sự sai lệch với giá trị thực của đại lượng cần đo. Lượng sai lệch này gọi là sai số.

### 2.2 Các loại sai số

+ **Sai số hệ thống**: là sai số cơ bản mà giá trị của nó luôn không đổi hoặc thay đổi có quy luật. Sai số này về nguyên tắc có thể loại trừ được.

Nguyên nhân: Do quá trình chế tạo dụng cụ đo như ma sát, khắc vạch trên thang đo, do hiệu chỉnh “0” không đúng, do sự biến đổi của nguồn cung cấp (nguồn pin) v.v...

+ **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 (người sử dụng, nhiệt độ môi trường thay đổi, chịu ảnh hưởng của điện trường, từ trường, độ ẩm, áp suất v.v...).

Nguyên nhân:

- Do vị trí đọc kết quả của người đo không đúng, đọc sai v.v...

- Dùng công thức tính toán không thích hợp, dùng công thức gần đúng trong tính toán. Nhiệt độ môi trường thay đổi, chịu ảnh hưởng của điện trường, từ trường, độ ẩm, áp suất v.v...).

### 2.3. Cách tính sai số:

Để đánh giá sai số của dụng cụ đo khi đo một đại lượng nào đó người ta tính sai số như sau:

Gọi:  $X$ : kết quả đo được.

$X_1$ : giá trị thực của đại lượng cần đo.

+ **Sai số tuyệt đối**: là hiệu giữa giá trị đại lượng đo được  $X$  và giá trị thực của đại lượng cần đo  $X_1$

$$\Delta X = |X - X_1| \quad (2)$$

$\Delta X$ : gọi là sai số tuyệt đối của phép đo

+ **Sai số tương đối**:

$$\gamma\% = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100\% \quad \text{hoặc} \quad \gamma\% = \frac{\Delta X}{AX} \cdot 100\% \quad (3)$$

Phép đo có  $\gamma\%$  càng nhỏ thì càng chính xác.

+ **Sai số qui đổi**  $\gamma_{qd}\%$

$$\gamma_{qd}\% = \frac{\Delta X}{X_m} \cdot 100\% = \frac{|X - X_1|}{X_m} \cdot 100\% \quad (4)$$

Với  $X_m$ : Là giới hạn đo của dụng cụ đo (giá trị lớn nhất của thang đo)

Quan hệ giữa sai số tương đối và sai số qui đổi:

$$\gamma_{qd}\% = \frac{\Delta X}{X_m} \cdot 100\% = \frac{\Delta X}{X} \cdot \frac{X}{X_m} \cdot 100\% = \gamma\% \cdot K_d \quad (5)$$

Với  $K_d = \frac{X}{X_m}$  là hệ số sử dụng thang đo ( $K_d \leq 1$ )

Nếu  $K_d$  càng gần bằng 1 thì đại lượng đo gần bằng giới hạn đo,  $\Delta A$  càng bé thì phép đo càng chính xác. Thông thường phép đo càng chính xác khi  $K_d \geq 1$ .

**Ví dụ**: Một dòng điện có giá trị thực là 5A. Dùng Ampe mét có giới hạn đo 10A để đo dòng điện này. Kết quả đo được 4,95 A.

Tính sai số tuyệt đối, sai số tương đối, sai số qui đổi.

**Giải**:

+ Sai số tuyệt đối:

$$\Delta X = |X_1 - X| = 5 - 4,95 = 0,05 \text{ (A)}$$

+ Sai số tương đối:

$$\gamma\% = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100\% \quad \text{hoặc} \quad \gamma\% = \frac{\Delta X}{X_1} \cdot 100\% = \frac{0,05}{5} \cdot 100\% = 1\%$$

+ Sai số qui đổi:

$$\gamma_{qd}\% = \frac{\Delta A}{A_{dm}} \cdot 100\% = \frac{0,05}{10} \cdot 100\% = 0,5\%$$

#### 2.4. Phương pháp hạn chế sai số:

Để hạn chế sai số trong từng trường hợp, có các phương pháp sau:

+ Đối với sai số hệ thống: loại trừ hết các nguyên nhân gây ra sai số bằng cách chuẩn lại thang chia độ, hiệu chỉnh giá trị “0” ban đầu...

+ Đối với sai số ngẫu nhiên: người sử dụng cụ đo phải cẩn thận, vị trí đặt mắt phải vuông góc với mặt độ số của dụng cụ (vị trí kim và ảnh của kim trùng nhau), tính toán phải chính xác, sử dụng công thức phải thích hợp, điều kiện sử dụng phải phù hợp với điều kiện tiêu chuẩn.

#### 2.5 Hệ đơn vị đo:

- Giới thiệu hệ SI (System International): là hệ thống đơn vị đo lường thông dụng nhất, hệ thống này qui định các đơn vị cơ bản cho các đại lượng sau:

- Độ dài: Tính bằng mét (m)
- Khối lượng: Tính bằng kilôgam (kg)
- Thời gian: Tính bằng giây (s)
- Dòng điện: Tính bằng Ampe (A)

- Bội và ước số của đơn vị cơ bản:

| Bội số:     |           | Ước số:            |            |
|-------------|-----------|--------------------|------------|
| + Tera (T): | $10^{12}$ | + Mili (m):        | $10^{-3}$  |
| + Giga (G): | $10^9$    | + Micro ( $\mu$ ): | $10^{-6}$  |
| + Mega (M): | $10^6$    | + Nano (n):        | $10^{-9}$  |
| + Kilô (K): | $10^3$    | + Pico (p):        | $10^{-12}$ |

### CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP:

#### A. Trả lời nhanh các câu hỏi:

**1. Giá trị bằng hiệu số giữa giá trị đúng của đại lượng cần đo và giá trị đo được trên mặt đồng hồ đo được gọi là:**

- a. Sai số phụ;
- b. Sai số cơ bản;
- c. Sai số tuyệt đối;
- d. Sai số tương đối.

**2. Tỷ lệ giữa sai số tuyệt đối và giá trị thực cần đo (tính theo %) được gọi là:**

- a. Sai số tương đối;
- b. Sai số phụ;
- c. Sai số cơ bản;
- d. Tỷ lệ phần trăm của sai số tuyệt đối.

**3. Khi đo điện áp xoay chiều 220V với dụng cụ đo có sai số tương đối 1,5% thì sai số tuyệt đối lớn nhất có thể có với dụng cụ là:**

- a. 10V;
- b. 2,2V;
- c. 3,3V;
- d. 1,1V.

**Đáp án:**

- 1. b
- 2. a
- 3. c

**B. Bài tập:**

Nêu các định nghĩa về đo lường.

Phương pháp đo là gì? Có mấy phương pháp đo?

Đơn vị đo là gì? Thế nào gọi là đơn vị tiêu chuẩn?

Dụng cụ đo là gì?

Sai số là gì? Có mấy loại sai số? Phương pháp hạn chế sai số? Cách tính sai số?

# BÀI 1

## MỘT SỐ CƠ CẤU ĐO CHỈ THỊ KIM

### MÃ BÀI: MD16\_01

#### Giới thiệu:

Hiện nay khoa học kỹ thuật rất phát triển. Người ta đã chế tạo ra được nhiều thiết bị đo lường điện tử chỉ thị kết quả đo bằng đèn số có độ chính xác cao. Tuy nhiên các thiết bị đo lường sử dụng cơ cấu chỉ thị kết quả đo bằng kim vẫn được sử dụng rất phổ biến trong các xí nghiệp, trường học cũng như trong các phòng thí nghiệm vì tính ưu việt của nó. Các thiết bị đo lường sử dụng cơ cấu đo chỉ thị kim được dùng nhiều nhất là Vôn mét và Ampe mét hơn thế nữa các cơ cấu này thao tác sử dụng đơn giản và giá thành cũng rẻ hơn rất nhiều so với các thiết bị đo lường chỉ thị kết quả đo lường bằng đèn số. Vì vậy người công nhân cần phải hiểu rõ cấu tạo, nguyên lý hoạt động cũng như sử dụng thành thạo các cơ cấu đo chỉ thị kim.

#### Mục tiêu thực hiện:

- Phân tích được cấu tạo, nguyên lý của các loại cơ cấu đo thông dụng như: từ điện, điện từ, điện động...
- Lựa chọn các loại cơ cấu đo phù hợp với từng trường hợp sử dụng cụ thể.
- Sử dụng, bảo quản các loại cơ cấu đo đúng tiêu chuẩn kỹ thuật và an toàn.
- Rèn luyện tính cẩn cù, tỉ mỉ, tác phong và vệ sinh công nghiệp.

#### Nội dung chính:

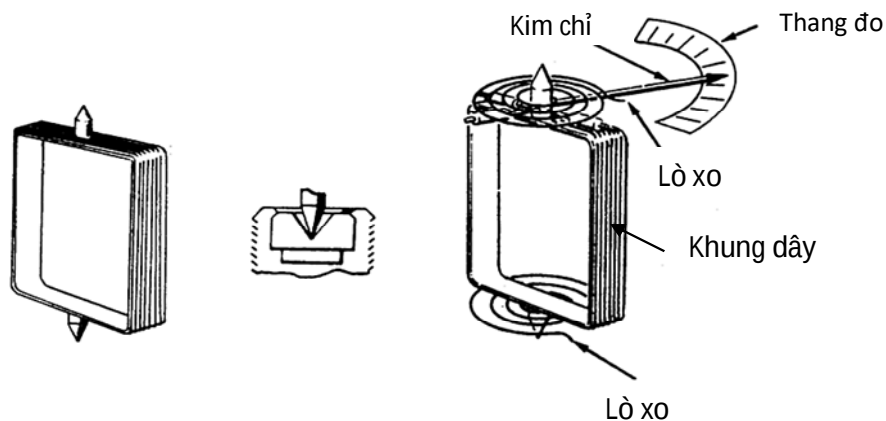
##### 1. Khái quát về cơ cấu đo tương tự

*Mục tiêu: Trình bày được cấu tạo, nguyên lý các cơ cấu đo thông dụng*

Với loại chỉ thị tương tự, tín hiệu vào là dòng điện hoặc điện áp, còn tín hiệu ra là góc quay của phần động (có gắn kim chỉ). Những dụng cụ này là loại dụng cụ đo biến đổi thẳng. Đại lượng cần đo như dòng điện, điện áp, điện trở, tần số hay góc pha ... được biến đổi thành góc quay của phần động, nghĩa là biến đổi năng lượng điện từ thành năng lượng cơ học:

$\alpha = F(X)$  với  $X$  là đại lượng điện,  $\alpha$  là góc quay (hay góc lệch)

##### 1.1. Những bộ phận chính của cơ cấu chỉ thị tương tự



Hình 1.1: một số chi tiết của cơ cấu đo tương tự

+ Trục và trụ: là bộ phận quan trọng trong các chi tiết cơ khí của các cơ cấu đo cơ điện. Là bộ phận đảm bảo cho phần động quay trên trục như khung dây, kim chỉ, lò xo phản kháng ... Chất lượng chế tạo trục và trụ, đặc biệt là đầu trục và bề mặt trụ đỡ có ảnh hưởng quyết định đến sai số do ma sát.

Trục thường được làm bằng loại thép cứng pha irini hặc osimi, tiết diện tròn đường kính vào khoảng  $0,8 \div 1,5\text{mm}$ . Đầu trục được chế tạo với góc đỉnh  $\gamma = 45 \div 60^\circ$ , còn đầu kia được chế tạo hình bán cầu có tác dụng giảm ma sát giữa đầu trục với ổ trục.

Còn trụ đỡ làm bằng đá cứng hay đồng, có nhiệm vụ đỡ trục. Mặt trục được khoét hình nón lõm có góc đỉnh bằng  $80^\circ$  ở đỉnh có chỏm cầu đường kính  $0,15 \div 0,5\text{mm}$ . Trụ có thể điều chỉnh lên xuống để điều chỉnh khe hở giữa trục và trụ và được cố định sau khi đã điều chỉnh xong.

+ Lò xo phản kháng hay lò xo cản là chi tiết thực hiện nhiệm vụ là tạo ra momen cản, đưa kim chỉ thị về vị trí 0 khi chưa đo đại lượng cần đo vào và dẫn dòng điện vào khung dây (trong trường hợp cơ cấu chỉ thị từ điện hoặc điện động). Để đảm bảo chỉ thị được chính xác, mô men cản riêng của lò xo phải ổn định nghĩa là trị số không thay đổi theo thời gian và theo nhiệt độ. Để đảm bảo yêu cầu trên lò xo được chế tạo từ các vật liệu có khả năng đàn hồi lớn và dễ hàn như hợp kim đồng berili hoặc đồng photpho, đồng thiếc kẽm.

Lò xo có dạng hình xoắn ốc. Đầu trong của lò xo gắn với trục quay, đầu ngoài gắn với bộ điều chỉnh không của kim cô định trên phần tĩnh. Thông thường sẽ có hai lò xo đối xứng ở hai đầu khung dây, chúng có kích thước rất mảnh nên rất dễ hỏng, mô men cản lớn dẫn đến độ nhạy của cơ cấu giảm.

Mô men cản riêng của lò xo được xác định bằng công thức:

$$D = \frac{b \cdot h^3}{12} E$$

E: Mô đun đàn hồi phụ thuộc vào vật liệu chế tạo.

b: Độ rộng của lò xo

h: Độ dày của lò xo

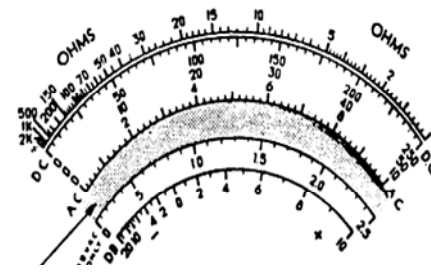
+ Dây căng và dây treo: Để tăng độ nhạy cho chỉ thị người ta thay trục, trụ và lò xo phản kháng bằng dây căng hoặc dây treo.

Dây căng và dây treo có tiết diện hình chữ nhật, cấu tạo cũng bằng vật liệu như lò xo. Dây càng mảnh thì mô men cản sinh ra càng yếu, cơ cấu chỉ thị có độ nhạy cao. Dây căng và dây treo dùng để định vị phần động, để nó quay theo một trục cơ học nào đấy.

+ Kim chỉ thị được gắn trên trục có nhiệm vụ chỉ thị kết quả đại lượng cần đo. Nó được chế tạo bằng vật liệu nhẹ như nhôm, hợp kim nhôm và đôi khi bằng thủy tinh. Kim có nhiều hình dáng khác nhau phụ thuộc vào cấp chính xác của dụng cụ đo và vị trí đặt dụng cụ để quan sát. Trong những dụng cụ đo có độ nhạy và cấp chính xác cao kim chỉ thị được thay thế bằng chỉ thị ánh sáng nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của chi tiết động. Hệ thống chỉ thị quang học tạo ra một tia sáng chiếu lên bảng chỉ thị thông qua gương phản xạ gắn trên trục. Kim chỉ được gắn vào trục như hình bên.

+ Thang đo ( bảng chỉ thị ) là bộ phận để khắc độ các giá trị của đại lượng cần đo. Có nhiều

loại thang đo tùy vào độ chính xác của chỉ thị cũng như bản chất của cơ cấu chỉ thị.. Thang đo thường được chế tạo từ nhôm lá, sơn trắng, khắc độ màu đen



Gương

Hình 1.2: Thang đo

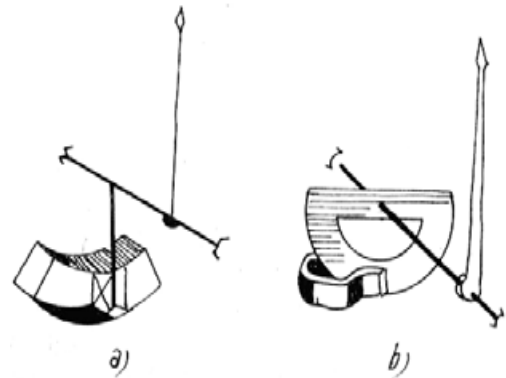
(độ chia đều hay không đều phụ thuộc vào đặc điểm của từng cơ cấu). Đặc biệt đối với các dụng cụ đo làm việc vào ban đêm thường mặt số được kẻ bằng chất phát quang (dụng cụ đo gắn trên máy bay, ô tô, tàu hỏa, đôi khi còn có cả gương phản chiếu phía dưới thang đo).

+ Bộ phận cản dịu là bộ phận để giảm quá trình dao động của phần động và xác định vị trí cân bằng. Điều này dẫn tới giảm thời gian tác động của dụng cụ đo. Quá trình này còn gọi là quá trình làm dịu.

Thật vậy : Khi trục chịu tác động của mômen quay  $M_q$  (Theo quy ước mômen quay trùng với chiều kim đồng hồ). Lúc này trục và kim quay, đồng thời lò xo bị tác động sinh ra mômen cản có chiều ngược với mômen quay. Kim chỉ thị dừng khi  $M_q = M_c$ . Giả sử góc lệch của kim ứng với thời điểm đó là  $\alpha$ . Tuy nhiên trong thực tế kim không dừng ngay do có quán tính, làm góc lệch của kim tăng lên dẫn tới  $M_q > M_c$ , làm kim quay ngược trở lại thời điểm cân bằng. Cứ như vậy ta nhận thấy xảy ra hiện tượng kim dao động quanh vị trí cân bằng. Để chống lại hiện tượng này người ta sử dụng phương pháp cản dịu.

Có hai loại cản dịu là cản dịu không khí và cản dịu cảm ứng từ.

+ Cản dịu không khí (a) : Đây là một hệ thống cản dịu cơ học đơn giản nhất là làm hộp kín có nắp đậy bên trong có cánh chuyển động gắn trên trục quay. Khi phần động của cơ cấu chuyển động, cánh chuyển động di chuyển từ bên này sang bên kia tạo nên lực cản làm giảm quá trình giao động. Cánh chuyển động được chế tạo bằng hợp kim nhôm, có chiều dài từ 0,1- 0,15mm, để tăng độ bền vững cánh tay được làm bằng những gờ nổi



Hình 1.3: Cản dịu

+ Cản dịu cảm ứng từ (b) có thể thực hiện nhờ lợi dụng chính dòng xoáy (dòng Fuco) xuất hiện trong phần động khi phần động quay. Ngoài ra để tránh ảnh hưởng của các tác động từ bên ngoài, toàn bộ cơ cấu có thể được đặt trong một màn chắn từ.

Người ta gắn một lá nhôm trên phần động của cơ cấu, sao cho khi trục quay lá nhôm cắt qua các đường sức từ của nam châm vĩnh cửu, làm cho trong lá nhôm xuất hiện dòng cảm ứng có chiều được xác định bằng quy tắc bàn tay phải. Dòng điện này nằm trong từ trường của nam châm vĩnh cửu nên chịu tác dụng của lực điện từ có chiều được xác định bằng quy tắc bàn tay trái, kết quả là tạo ra mômen

cản có chiều ngược với chiều của mômen quay làm chậm tốc độ chuyển động của phần động, như thế sẽ nhanh chóng dập tắt dao động của kim ở vị trí cân bằng.

### **1.2. Nguyên tắc làm việc của các chỉ thị cơ điện:**

Chỉ thị cơ điện bao giờ cũng gồm hai phần cơ bản là phần tĩnh và phần động. Khi cho dòng điện vào cơ cấu, do tác động của từ trường giữa phần động và phần tĩnh mà một mômen quay xuất hiện làm quay phần động. Mômen quay này có độ lớn tỉ lệ với độ lớn dòng điện đưa vào cơ cấu:

$$Mq = \frac{dWe}{d\alpha} \quad (1.1)$$

với We: là năng lượng từ trường

$\alpha$ : là góc quay của phần động

Nếu gắn một lò xo cản (hoặc một cơ cấu cản) với trục quay của phần động thì khi phần động quay lò xo sẽ bị xoắn lại và sinh ra một mômen cản, mômen này tỉ lệ với góc lệch  $\alpha$  và được biểu diễn qua biểu thức:

$$Mc = D \cdot \alpha \quad (1.2)$$

Với D: là hệ số mômen cản riêng của lò xo, nó phụ thuộc vào vật liệu, hình dáng và kích thước của lò xo.

Chiều tác động lên phần động của hai mômen kể trên ngược chiều nhau nên khi mômen cân bằng mômen quay phần động sẽ dừng lại ở vị trí cân bằng. Khi đó:

$$Mc = Mq \Rightarrow \frac{dWe}{d\alpha} = D \cdot \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{1}{D} \cdot \frac{dWe}{d\alpha} \quad (1.3)$$

Phương trình trên được gọi là phương trình đặc tính của thang đo, từ phương trình này ta biết được đặc tính của thang đo và tính chất của cơ cấu chỉ thị.

## **2. Cơ cấu đo kiểu từ điện:**

*Mục tiêu: Trình bày được cấu tạo, nguyên lý, đặc điểm và ứng dụng của cơ cấu đo kiểu từ điện.*

### **2.1. Ký hiệu:**

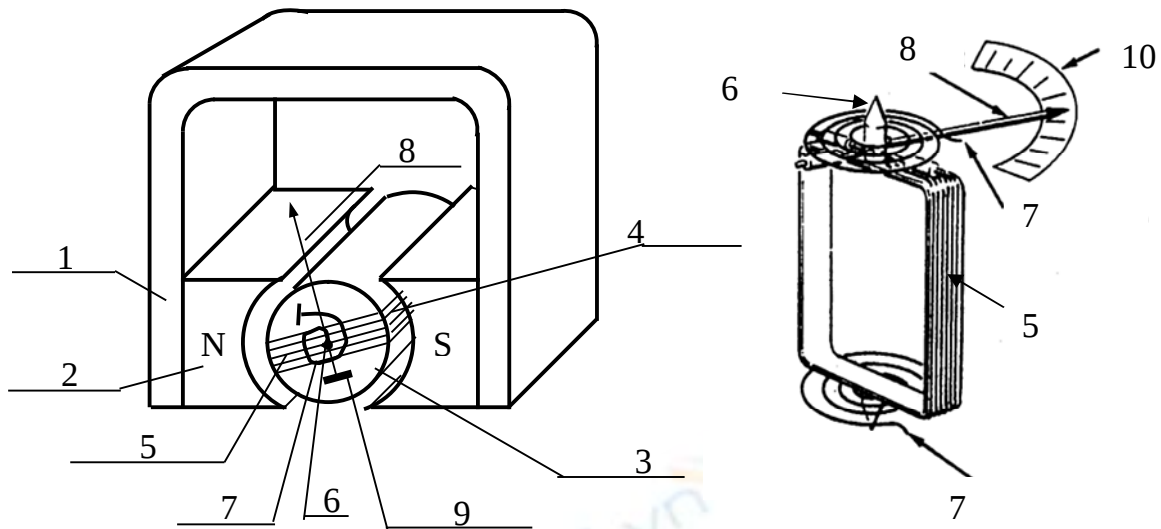


### **2.2. Cấu tạo**

Cơ cấu đo kiểu từ điện gồm 2 phần cơ bản: phần tĩnh và phần động

**Phần tĩnh:** Nam châm vĩnh cửu (1) - nam châm hình móng ngựa, gồm mạch từ và cực từ (2). Nam châm vĩnh cửu được chế tạo từ vật liệu từ cứng. Trị số từ cảm B được tạo ra bởi các loại nam châm trên có thể từ 0,1 đến 0,12T; 0,2 đến 0,3T.

Lõi sắt non (3) hình trụ tròn. Giữa cực từ và lõi sắt có khe hở không khí (4) rất hẹp và đều, đường sức từ qua khe hở hướng tâm tại mọi thời điểm. Ngoài ra phần tĩnh còn có bảng chỉ thị (10).



Hình 1.4: Cơ cấu chỉ thị từ điện

**Phần động:** Khung dây (5) được chế tạo bằng nhôm và quấn bằng dây đồng xung quanh. Khung dây gắn trên trục (6), nó quay và di chuyển trong khe hở không khí giữa cực từ và lõi. Ngoài ra trên trục còn gắn kim chỉ thị (6), đối trọng (9) - làm trọng tâm cho kim luôn rơi trên trục và 2 lò xo phản kháng (7) mắc ngược chiều nhau. Lò xo có dạng hình xoắn ốc. Đầu trong của lò xo gắn với trục quay, đầu ngoài gắn với bộ điều chỉnh không của kim cố định trên phần tĩnh ngoài chức năng sinh mômen cản còn có tác dụng dẫn dòng điện vào khung dây.

### 2.3. Nguyên tắc hoạt động

Khi có dòng điện một chiều với cường độ là  $I$  chạy trong khung dây qua lò xo phản kháng nằm trong từ trường của NCVC, khung dây sẽ chịu lực điện từ  $F$  tác dụng.

Lực điện từ  $F$  được xác định:

$$F = W.B.I.l. \sin \psi \quad (1.4)$$

$\psi$ : góc hợp bởi giữa cạnh tác dụng của khung dây và vectơ  $B$

Do khe hẹp không khí rất nhỏ, các đường sức từ hướng tâm tại mọi điểm nên dòng điện vuông góc với các đường sức từ ( $\psi=90^\circ$ )  $\rightarrow \sin \psi = 1$

$$F = W.B.I.l \quad (1.5)$$

Dưới tác động của từ trường nam châm vĩnh cửu khung dây quay lệch khỏi vị trí cân bằng ban đầu một góc  $\alpha$ . Momen quay do từ trường của nam châm tương tác với từ trường của khung dây tạo ra được tính bằng biểu thức:

$$M_q = F.b = W.B.I.l.b = W.B.S.I \quad (1.6)$$

Trong đó:

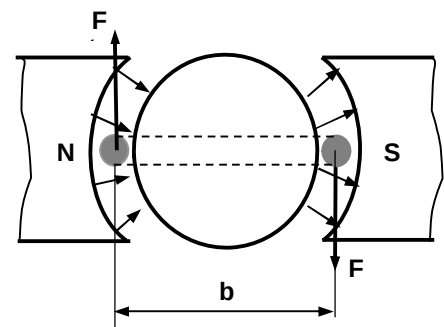
$W$ : số vòng dây quấn của cuộn dây (vòng).

$B$ : mật độ từ thông xuyên qua khung dây (tesla).

$l$ : chiều dài tác dụng của khung dây (m).

$I$ : cường độ dòng điện (A).

$b$ : là bề rộng tác dụng của khung dây (m)



Hình 1.5: Sơ đồ nguyên lý cơ cấu đo kiểu từ - điện

l.b = S: là diện tích của khung dây ( $m^2$ ).

Khi khung dây quay làm cho kim chỉ thị quay đi một góc  $\alpha$  nào đó đồng thời lò xo phản kháng bị xoắn lại tạo ra mômen phản kháng  $M_C$  tỷ lệ với góc quay  $\alpha$ .

$$M_C = D.\alpha \quad (D \text{ là độ cứng của lò xo})$$

Kim của cơ cấu sẽ dừng lại khi mômen quay bằng mômen cản:

$$M_C = M_q \Leftrightarrow D.\alpha = W.B.S..I$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{D} B.S.W.I = S_I . I \quad (1.7)$$

$$\text{Với} \quad S_I = \frac{W.B.S}{D} = \text{const}$$

$S_I$ : gọi là độ nhạy của cơ cấu đo từ điện (A/mm). Cho biết dòng điện cần thiết chạy qua cơ cấu đo để kim đo lệch được 1mm hay 1 vạch.

**\*Kết luận:** qua biểu thức trên ta thấy rằng góc quay  $\alpha$  của kim đo tỷ lệ với dòng điện cần đo và độ nhạy của cơ cấu đo, dòng điện và độ nhạy càng lớn thì góc quay càng lớn.

Từ góc  $\alpha$  của kim ta suy ra giá trị của đại lượng cần đo.

#### 2.4. Đặc điểm và ứng dụng:

##### a. Ưu điểm:

- Từ phương trình đặc tính của thang đo ta thấy góc  $\alpha$  tỷ lệ bậc 1 với dòng điện  $I$  nên cơ cấu chỉ thị từ điện có thang đo đều.

- Độ chính xác của cơ cấu cao vì các phần tử của cơ cấu có độ ổn định cao, từ trường của cơ cấu đo mạnh nên ảnh hưởng của từ trường ngoài lên có cấu là không đáng kể (vì độ từ cảm của nam châm lớn).

- Độ nhạy của dụng cụ đo lớn do nam châm vĩnh cửu được chế tạo bằng vật liệu từ cứng có độ từ cảm  $B$  lớn, mômen được tạo ra lớn.

- Công suất tiêu thụ của mạch nhỏ vì người ta chế tạo khung dây bằng cách quấn dây đồng lên 1 khung bằng nhôm - một vật liệu không có đặc tính từ nên ảnh hưởng không đáng kể đến chế độ của mạch đo,

- Độ cản dụi tốt. Cơ cấu đo kiểu từ điện có bộ phận cản dụi cảm ứng từ được thực hiện nhờ lợi dụng sự xuất hiện dòng cảm ứng Fuco xuất hiện trong phần động khi khung dây quay. Từ trường do dòng này tạo ra sẽ hạn chế sự dao động của kim chỉ để nó nhanh chóng đạt vị trí cân bằng

##### b. Nhược điểm

- Khả năng chịu quá tải kém do việc dễ cháy lò xo và thay đổi đặc tính của nó, ảnh hưởng của nhiệt độ đến độ chính xác của phép đo.

- Chỉ làm việc ở chế độ một chiều vì Mômen quay tỉ lệ bậc nhất với dòng cần đo.

Dòng cần đo đưa vào cơ cấu chỉ được phép theo một chiều nhất định, nếu đưa dòng vào theo chiều ngược lại kim chỉ sẽ bị giật ngược trở lại và có thể gây hỏng cơ cấu. Vì vậy, phải đánh dấu + (dây màu đỏ) và - (dây màu xanh) cho các que đo. Tính chất này được gọi là tính phân cực của cơ cấu chỉ thị.

- \* Muốn đo được các đại lượng xoay chiều phải qua bộ phận nắn dòng.
- Cơ cấu này cấu tạo phức tạp, chế tạo khó khăn nên giá thành cao.

### c. Ứng dụng:

- Cơ cấu chỉ thị từ điện được ứng dụng để chế tạo các dụng cụ đo:
  - \* Đo dòng điện: Ampe mét
  - \* Đo điện áp: Vôn mét
  - \* Đo điện trở: Ôm mét.
- Do cơ cấu có độ nhạy cao nên dùng để chế tạo điện kế có thể đo dòng đến  $10^{-12}A$ , đo áp đến  $10^{-4}V$ , đo điện lượng.
- Làm chỉ thị trong mạch đo các đại lượng không điện khác.
- Dùng với các bộ biến đổi khác như chỉnh lưu, cảm biến cặp nhiệt để có thể đo dòng hay áp xoay chiều.

## 3. Cơ cấu đo kiểu điện từ:

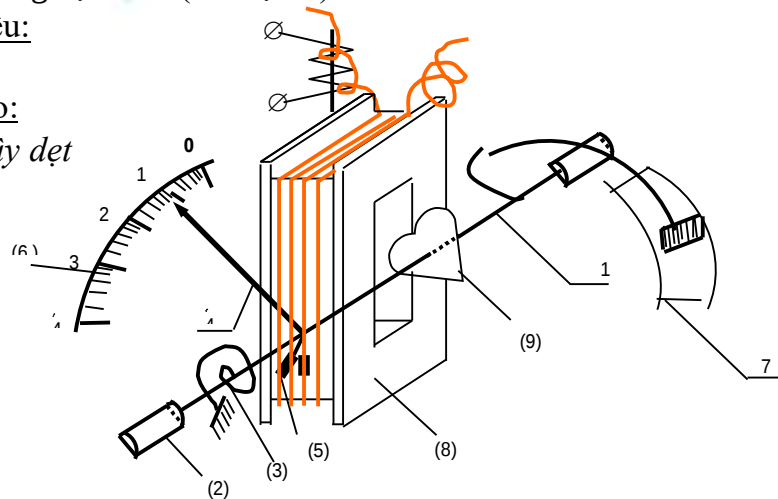
*Mục tiêu: Trình bày được cấu tạo, nguyên lý, đặc điểm và ứng dụng của cơ cấu đo kiểu điện từ.*

Dụng cụ đo điện từ hoạt động dựa trên nguyên tắc khi hai chi tiết bằng sắt kề nhau bị từ hoá bởi dòng điện chạy qua một cuộn dây thì xuất hiện một lực đẩy giữa các cực cùng cực tính (N hoặc S).

### 3.1. Ký hiệu:

### 3.2. Cấu tạo:

- Cuộn dây dẹt



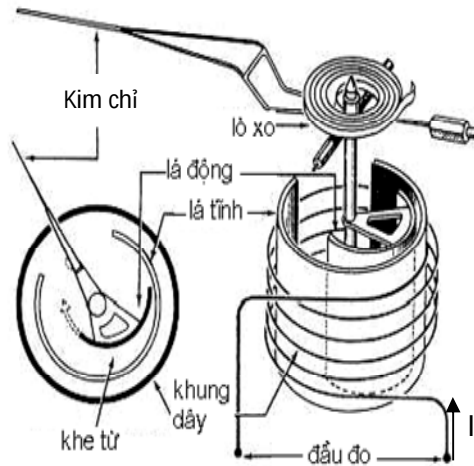
Hình 1.6: Cơ cấu chỉ thị điện từ cuộn dây dẹt

Cấu tạo của một cơ cấu chỉ thị điện từ cuộn dây dẹt gồm các phần sau :

+ Phần tĩnh: Gồm cuộn dây dẹt (8) quấn trên khung cách điện, ổ trục (2), bảng chỉ thị (6).

+ Phần động: Gồm lá thép non (9) dễ nhiễm từ được gắn lệch trọng tâm trên trục. Lá thép có thể quay tự do trong khe hở làm việc của cuộn dây, bộ phận cản dộ kiểu không khí (7) được gắn vào trục quay (1), kim (4) và đối trọng (5) cũng được gắn trên trục quay. Mômen cản được tạo bởi hai lò xo phản kháng (3) đầu ngược chiều nhau.

- Cuộn dây tròn



Hình 1.7: Cơ cấu chỉ thị điện từ cuộn dây tròn

+ Phần tĩnh : Gồm cuộn dây tròn, ổ trục bằng chỉ thị, lá thép tĩnh gắn phía trong cuộn dây

+ Phần động : gồm trụ đặt trùng với trục của cuộn dây. Trên trục có gắn kim chỉ thị, lò xo phản kháng, lá thép động đặt đối diện với lá thép tĩnh (*lá thép có khả năng di chuyển tương đối với lá tĩnh trong khe hở không khí, gọi là lá động*)

Cơ cấu có bộ phận cản dộ kiểu không khí hoặc kiểu từ

### 3.3. Nguyên lý làm việc

- *Cuộn dây dẹt*

Khi có dòng điện có cường độ là  $I$  qua cuộn dây, trong lòng cuộn dây xuất hiện từ trường mà phương và chiều được xác định bằng quy tắc cái vặn nút chai. Năng lượng của dây có giá trị phụ thuộc vào cường độ dòng điện chạy trong đó.

$$\text{Năng lượng của cuộn dây : } W_e = \frac{L.I^2}{2}$$

$L$  : Giá trị điện cảm của cuộn dây phụ thuộc cấu tạo cuộn dây và lõi.

$I$  : Dòng điện qua cuộn dây

Do lá thép bị gắn lệch tâm ở đầu khung dây nên có xu thế bị hút vào trong lòng cuộn dây tạo ra  $M_q$  đối với trục, có chiều cùng với chiều quay của kim đồng hồ.

Giá trị của  $M_q$  được tính:

$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha} = \frac{d}{d\alpha} \frac{LI^2}{2}$$

$$M_q = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha} \quad (1.8)$$

(Vì  $L$  phụ thuộc vào góc lệch  $\alpha$ )

Khi trục và kim quay xuất hiện mômen cản có giá trị  $M_c = D \cdot \alpha$  có chiều ngược với  $M_q$

Kim chỉ thị dừng lại ở vị trí cân bằng, nghĩa là khi

$$M_c = M_q$$

$$\Leftrightarrow D.\alpha = \frac{1}{2}.I^2.\frac{dL}{d\alpha}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1}{2.D}.I^2.\frac{dL}{d\alpha} \quad (1.9)$$

- *Cuộn dây tròn*

Khi cho dòng điện vào hai đầu cuộn dây, trong lòng cuộn dây làm các lá thép nhiễm từ, các đầu lá thép có cực tính giống nhau nên đẩy nhau sinh ra mômen quay đối với trục và giá trị của mômen quay phụ thuộc vào bình phương cường độ dòng điện. Phương trình của cơ cấu không đổi so với trước. Tuy nhiên với cấu tạo như trên, cơ cấu kiểu cuộn dây tròn có độ nhạy cao hơn độ ổn định lớn hơn, về mặt kết cấu gọn hơn

### 3.4. Đặc điểm và ứng dụng

- Góc lệch  $\alpha$  tỉ lệ với bình phương cường độ dòng điện, tức là không phụ thuộc vào chiều dòng điện do vậy cơ cấu chỉ thị điện từ có thể sử dụng trực tiếp để đo trong mạch một chiều và xoay chiều (Đối với xoay chiều là giá trị hiệu dụng tần số đến 10.000Hz).

- Thang đo không đều (có đặc tính bậc hai). Ngoài ra đặc tính thang đo lại còn phụ thuộc vào tỉ số  $dL/d\alpha$  là một đại lượng phi tuyến. (Trong thực tế để cho đặc tính thang đo đều người ta phải tính toán sao cho khi góc lệch  $\alpha$  thay đổi thì tỉ số  $dL/d\alpha$  thay đổi theo quy luật ngược với bình phương cường độ dòng điện.)

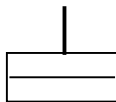
Nếu  $dL/d\alpha$  biến thiên theo hàm log thì kết quả thu được sẽ là hàm phi tuyến vì vậy thang chia sẽ đều (để có điều này người ta phải tính toán đến kích thước, hình dáng của cuộn dây, cũng như vị trí tương đối lá thép của cuộn dây sao cho phù hợp).

- Cảm dục thường bằng không khí hoặc cảm ứng.
- Cấu tạo đơn giản, tin cậy, chịu được quá tải lớn.
- Công suất tiêu thụ tương đối lớn, độ chính xác không cao, nhất là khi đo ở mạch điện 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 bản thân cơ cấu yếu khi dòng nhỏ.
- Cơ cấu được ứng dụng để chế tạo Ampemét, vôn mét trong mạch xoay chiều tần số công nghiệp ở các dụng cụ để bảng cấp chính xác 1,0 và 1,5 và các dụng cụ nhiều thang đo ở phòng thí nghiệm cấp chính xác 0,5 và 1,0.

## 4. Cơ cấu đo kiểu điện động:

*Mục tiêu: Trình bày được cấu tạo, nguyên lý, đặc điểm và ứng dụng của cơ cấu đo kiểu điện động.*

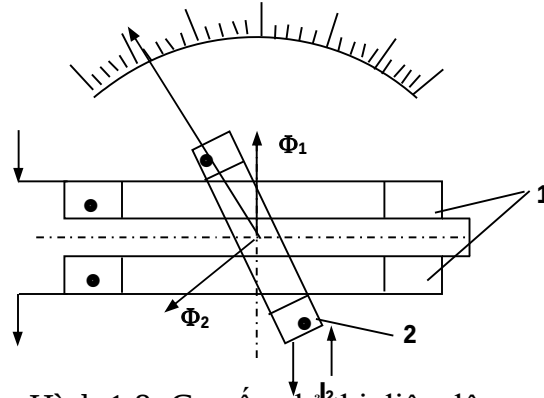
### 4.1. Ký hiệu:



### 4.2. Cấu tạo:

- Phần tĩnh: gồm cuộn dây tĩnh (1) (không lõi thép) hay còn gọi là cuộn kích thích có số vòng ít được chia làm 2 phần bằng nhau mắc nối tiếp nhau (quấn theo

cùng chiều) để tạo thành nam châm điện khi có dòng chạy qua. Ngoài ra còn có bảng chỉ thị và trụ đỡ



Hình 1.8: Cơ cấu chỉ thị điện động

- Phần động: Gồm có cuộn dây động 2 có khung bằng nhôm trên có quấn các vòng dây điện từ với số vòng nhiều tiết diện dây bé gắn trên trục quay trong từ trường được tạo ra bởi cuộn tĩnh. Ngoài ra trên trục còn gắn kim chỉ thị, lò xo tạo momen cản và các chi tiết phụ trợ khác.

. Thông thường chúng sẽ được bọc kín bằng màn chắn từ để tránh ảnh hưởng của từ trường bên ngoài.

#### 4.3. Nguyên lý hoạt động:

##### a. Khi cho dòng một chiều vào các cuộn dây.

Khi cho dòng điện vào các cuộn dây thì từ trường của 2 cuộn dây tương tác với nhau khiến cho cuộn động di chuyển và kim bị lệch đi khỏi vị trí zero. Các lò xo xoắn tạo ra lực điều khiển và đóng vai trò dẫn dòng vào cuộn động.

Việc tạo ra sự cân bằng của hệ thống động (điều chỉnh zero) được thực hiện nhờ điều chỉnh vị trí lò xo .

Dụng cụ đo kiểu điện động thường có cản dộ kiểu không khí vì nó không thể cản dộ bằng dòng xoáy như dụng cụ đo kiểu từ điện.

Do không có lõi sắt trong dụng cụ điện động nên môi trường dẫn từ hoàn toàn là không khí do đó cảm ứng từ nhỏ hơn rất nhiều so với ở dụng cụ từ điện. Điều này đồng nghĩa với việc để tạo ra momen quay đủ lớn để quay phần động thì dòng điện chạy trong cuộn động cũng phải khá lớn. Như vậy, độ nhạy của dụng cụ đo điện động nhỏ hơn rất nhiều so với dụng cụ đo từ điện.

Mômen quay do 2 từ trường tương tác nhau được tính bằng:

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

$$\text{Với } We = \frac{1}{2} I_1^2 \cdot L_1 + \frac{1}{2} I_2^2 \cdot L_2 + I_1 \cdot I_2 \cdot M_{12} \quad (1.10)$$

Vì các cuộn dây có hệ số tự cảm L riêng không phụ thuộc vào góc lệch trong quá trình hoạt động (tức là  $\frac{dL}{d\alpha} = 0$ ) nên:  $M_q = \frac{dM}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2$  (1.11)

Vậy độ lệch của kim chỉ thị được tính theo biểu thức:

$$\alpha = \frac{1}{D} \cdot \frac{dM}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2 \quad (1.13)$$

Nếu mắc các cuộn dây nối tiếp nhau, nghĩa là  $I_1 = I_2 \Rightarrow \alpha = C.I^2$  với C là hằng số. Trong trường hợp này cần chú ý rằng để có lực đẩy làm quay phần động thì chiều quấn dây trên phần động phải ngược với chiều quấn dây trên hai phần của cuộn kích.

b. Khi cho dòng xoay chiều vào các cuộn dây.

Mômen quay tức thời sẽ là

$$m_{qt} = \frac{dM}{d\alpha} \cdot i_1 \cdot i_2 \quad (1.14)$$

Phần động vì có quán tính mà không kịp thay đổi theo giá trị tức thời nên thực tế lấy theo trị số trung bình trong một chu kỳ T.

$$M_q = \frac{1}{T} \int_0^T m_{qt} \cdot dt \quad (1.15)$$

Nếu  $i_1 = I_m \cdot \sin \omega t$        $i_2 = I_m \cdot \sin(\omega t - \varphi)$  ta có

$$\begin{aligned} M_q &= \frac{1}{T} \int_0^T I_{1m} \cdot I_{2m} \cdot \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi) \cdot \frac{dM}{d\alpha} dt \\ \rightarrow M_q &= \frac{1}{T} \cdot \frac{dM}{d\alpha} \cdot I_{1m} \cdot I_{2m} \int_0^T \sin \omega t \cdot \sin(\omega t - \varphi) dt = \\ &= -\frac{1}{T} \frac{dM}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \int_0^T [\cos(2\omega t - \varphi) - \cos \varphi] dt = \\ &= -\frac{1}{T} \cdot \frac{dM}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \int_0^T (-\cos \varphi) dt = \\ \Rightarrow M_q &= I_1 \cdot I_2 \cdot \frac{dM}{d\alpha} \cdot \cos \varphi \end{aligned} \quad (1.16)$$

$\varphi$ : là góc lệch pha giữa  $i_1, i_2$

Khi cân bằng ta có:  $M_q = M_c$

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow \frac{dM}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi &= D\alpha \\ \rightarrow \alpha &= \frac{1}{D} \cdot \frac{dM}{d\alpha} \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi \end{aligned} \quad (1.$$

17)

#### 4.4. Đặc điểm và ứng dụng

- Vì góc lệch không tỉ lệ tuyến tính với dòng cần đo nên thang đo của cơ cấu điện động là thang đo không đều. Có thể thay đổi vị trí tương đối của các cuộn dây để thay đổi tỷ số  $dM/d\alpha$  theo hàm ngược với  $I_1 \cdot I_2$  nhằm đạt được thang đo đều (thường từ 20%÷100% cuối thang thang đo có thể chia đều, còn 20 % đầu thang đo chia không đều).

- Cơ cấu điện động có thể được sử dụng để đo dòng xoay chiều và một chiều. Tuy nhiên nó có độ nhạy kém và tiêu thụ công suất khá lớn nên dùng trong mạch công suất nhỏ không thích hợp.

- Cơ cấu có độ chính xác cao khi đo trong mạch xoay chiều vì không sử dụng vật liệu sắt từ tức là loại bỏ được sai số do dòng xoáy và bão hoà từ.

- Cơ cấu không có lõi thép nên từ trường của cơ cấu yếu, độ ổn định thấp do phụ thuộc vào từ trường ngoài, độ nhạy thấp.

- Khả năng chịu được quá tải thấp.

- Cấu tạo tương đối phức tạp, giá thành cao.

- Cơ cấu được ứng dụng chế tạo vôn kế, ampe kế và oát kế

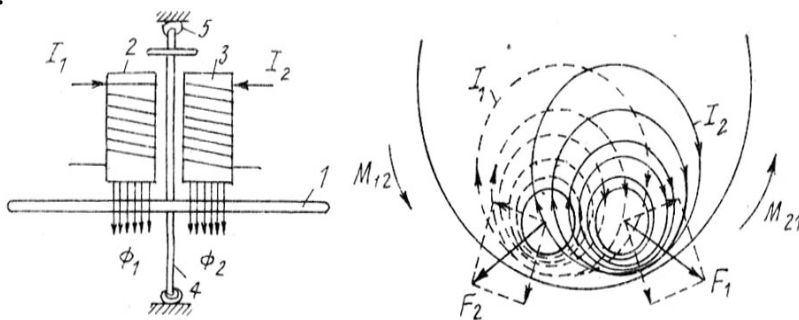
## 5. Cơ cấu đo kiểu cảm ứng

*Mục tiêu: Trình bày được cấu tạo, nguyên lý, đặc điểm và ứng dụng của cơ cấu đo kiểu cảm ứng.*

### 5.1. Ký hiệu:



### 5.2. Cấu tạo:



Hình 1.8: Cơ cấu chỉ thị cảm ứng

Cấu tạo của cơ cấu đo cảm ứng gồm có hai phần là phần tĩnh và phần động:

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

### 5.3. Nguyên lý làm việc.

Khi có dòng điện  $I_1, I_2$  đi qua các cuộn dây phần tĩnh, chúng tạo ra các từ thông  $\Phi_1, \Phi_2$ , các từ thông này xuyên qua đĩa nhôm làm xuất hiện trong đĩa nhôm các sức điện động tương ứng  $E_1$  và  $E_2$  lệch pha với  $\Phi_1, \Phi_2$  một góc  $\pi/2$  và các dòng điện xoáy  $I_{11}, I_{22}$ . Do tác động tương hỗ giữa từ thông  $\Phi_1, \Phi_2$ , và dòng điện xoáy  $I_{11}, I_{22}$  tạo thành mômen quay làm quay đĩa nhôm.