

## Đặc điểm của phương pháp đo các đại lượng điện (2)

Nhóm thứ nhất: nhóm các đại lượng chính thức: Điện áp U, dòng điện I, điện lượng  $q=It$ . Đo đại lượng này có thể suy ra các đại lượng kia

Nhóm thứ 2: nhóm các thông số mạch điện:  $U/I = Z$  gồm có R, L, C

Nhóm thứ 3: nhóm công suất và năng lượng  $P=UI\cos\phi$  và  $W=\int Pdt$

Nhóm thứ 4: nhóm quan hệ với thời gian. Các tín hiệu xung, hình sin mà xác định nó ngoài biên độ còn có thêm f, T và  $\phi$ . Trong trường hợp tín hiệu không quy luật ta dùng biện pháp rời rạc hoá và đo giá trị ở từng thời điểm rồi dùng các phép gia công tín hiệu ngẫu nhiên

3

## Chương 5: Multimét và thiết bị đo thông số mạch điện

4

## Bài giảng

### Kỹ thuật đo lường



1

## Đặc điểm của phương pháp đo các đại lượng điện (1)

- Đại lượng điện có thể trực tiếp đo ngay không cần qua các cảm biến. Đây là ưu điểm lớn vì các cảm biến hiện nay là khâu gây ra sai số nhiều nhất, chịu ảnh hưởng của các yếu tố xung quanh nhiều nhất.
- Các phương pháp đo điện cũng được dùng để đo các đại lượng không điện vì đầu ra của cảm biến là điện
- Các đại lượng điện có thể phân ra thành những nhóm có quan hệ với nhau

2

## Các dạng chỉ thị tương tự

- **Chỉ thị từ điện**
- **Chỉ thị điện từ**
- **Chỉ thị điện động**
- **Chỉ thị sắt điện động**
- **Chỉ thị cảm ứng**
- 

Các chi tiết cơ khí chung của phân động:

- \* Trục và trụ
- \* Lò xo cản
- \* Kim chỉ
- \* Cơ cấu cảm ứng



Tham khảo tài liệu [2]

- Cơ cấu gồm 2 phần: phần tĩnh và phần động
  - ♦ Phần tĩnh: nam châm vĩnh cửu hoặc cuộn dây
  - ♦ Phần động: lá thép hoặc cuộn dây quay trong lòng phần tĩnh

7

## Đặc điểm cơ bản của cơ cấu

- Momen quay của cơ cấu chỉ thị tương tự chủ yếu do lực điện từ:

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

$W_e$ : năng lượng điện từ tích luỹ trong cơ cấu được xác định theo từng dạng cơ cấu

$\alpha$ : góc quay của phần động cơ cấu

- Tốc độ biến đổi hay thời gian biến đổi là thời gian tính từ lúc đặt tín hiệu vào chỉ thị cho đến khi chỉ thị ổn định để đọc ra kết quả. Dụng cụ cơ điện cần khoảng 1-3 giây

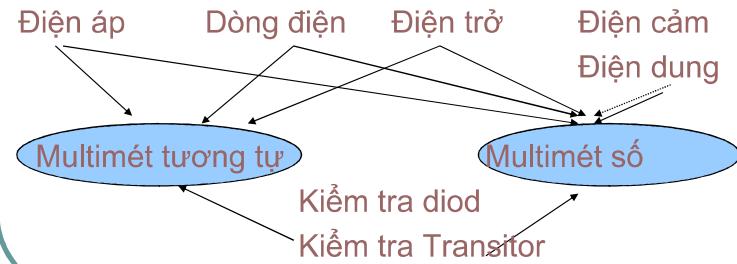
- Độ chính xác: đối với chỉ thị cơ điện, sai số chủ yếu là do sự biến đổi của độ nhạy S và do ngưỡng nhạy của chỉ thị:

$$\gamma_{ct} = dS/S + \varepsilon_x/X_n$$

8

## 2.1. Chức năng của một Multimét (đồng hồ vạn năng)

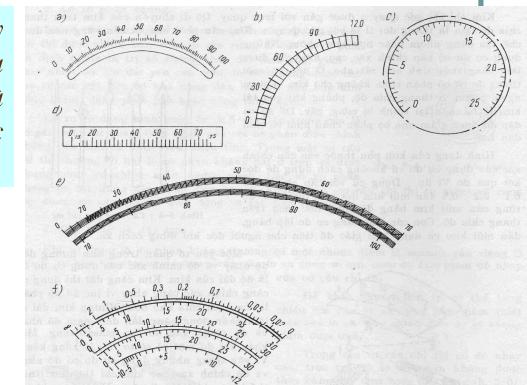
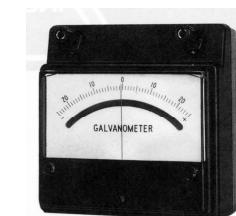
- Đo dòng và áp một chiều nhiều thang đo
- Đo dòng và áp xoay chiều nhiều thang đo
- Đo điện trở nhiều thang đo
- Đo các thông số cảm, dung
- Ngoài ra còn bố trí để thử transistor và diode, đo thông mạch



5

## 2.2. Chỉ thị tương tự (cơ cấu cơ điện)

- Tín hiệu vào là dòng điện hay điện áp, tín hiệu ra là góc quay của kim chỉ kèm với thang chia độ và các chỉ dẫn giúp cho người đọc được kết quả



Các dạng thang hiển thị tương tự

6

## Một số đặc tính kỹ thuật của cơ cầu từ điện

$$\alpha = \frac{BSW}{K} I = S_I \cdot I$$

- Góc quay  $\alpha$  tỷ lệ bậc nhất với dòng điện  $\rightarrow$  thang đo tuyến tính
- Tù trường cơ cầu khá mạnh  $\rightarrow$  có độ nhạy cao, không chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài
- B cao  $\rightarrow$  dòng điện định mức nhỏ ( $25-200\mu A$ )
- Khung quay thường bằng đồng  $\rightarrow$  điện trở thay đổi theo nhiệt độ

$$R_{cc} = R_{cc0}(1 + \alpha t)$$

đối với đồng  $\alpha = 0,4\%/\text{^{\circ}C}$

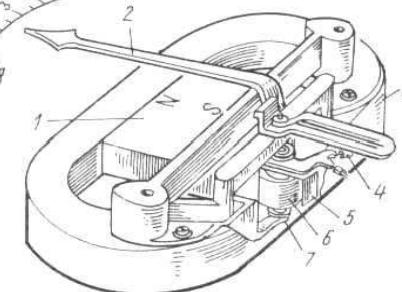
11

Làm thế nào để có được  
Thiết bị đo từ  
cơ cầu chỉ thị này??

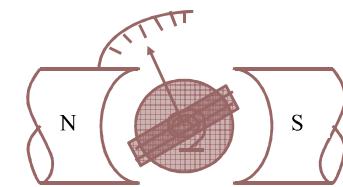
12

## 2.3. Multimét tương tự, cơ cầu từ điện

- Cấu tạo của cơ cầu từ điện



1: nam châm vĩnh cửu, 2: kim chỉ thị, 3: mạch từ và cực từ, 5: khung quay, 6: lõi sắt từ, 7: lò xo cản, 8: thang chia độ



- Phản tĩnh:** mạch từ khép kín gồm một nam châm vĩnh cửu, các đầu cực là một gông từ hình trụ. Có nhiều kiểu kết cấu mạch từ nhưng đều có mục đích tạo ra từ trường mạnh và đều ở khe hở không khí nằm trong mạch từ.
- Phản động:** một khung dây có thể quay trong từ trường của nam châm vĩnh cửu.

9

## Nguyên lý làm việc của cơ cầu

- Khi cho dòng điện qua cuộn dây, tác động tương hooke giữa từ trường của nam châm và dòng điện làm khung dây quay.

$$Mq = BSWI$$

B: Từ trường của nam châm vĩnh cửu (thường 0.2-0.4 Tesla)  
S: tiết diện khung quay  
W: Số vòng dây  
I: Dòng điện qua khung dây

- Khi khung dây quay, lò xo sẽ sinh mômen cản tỷ lệ với góc quay  $\alpha$ :  
$$M_C = K\alpha$$
- Kim chỉ ở vị trí cân bằng khi:  $M_q = M_C$

$$\alpha = \frac{BSW}{K} I = S_I \cdot I$$

Phương trình đặc tính thang đo

$$S_I = \frac{BSW}{K}$$

Độ nhạy của cơ cầu

10

Cho  $R_1 = 4,5 \Omega$ ,  $R_2 = 0,45 \Omega$ ,  $R_3 = 0,05 \Omega$ ,  $R_{CT} = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $I_{CT\max} = 50 \mu\text{A}$ .

Tính 3 khoảng đo của ampemeter.

+ Khi K ở tiếp điểm  $I_1$ .

$$V_s = I_{CT} R_{CT} = 50 \mu\text{A} \cdot 1 \text{ k}\Omega = 50 \text{ mV.}$$

$$I_s = \frac{V_s}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{50 \text{ mV}}{0,05 \Omega + 0,45 \Omega + 4,5 \Omega} = 10 \text{ mA}$$

$$I = I_{CT} + I_s = 50 \mu\text{A} + 10 \text{ mA} = 10,05 \text{ mA}$$

Khoảng đo của ampemeter  $\approx 10 \text{ mA}$ .

+ Khi K ở tiếp điểm  $I_2$ .

$$V_s = I_{CT}(R_{CT} + R_1) = 50 \mu\text{A} \cdot (1 \text{ k}\Omega + 4,5 \Omega) \approx 50 \text{ mV.}$$

$$I_s = \frac{V_s}{R_2 + R_3} = \frac{50 \text{ mV}}{0,05 \Omega + 0,45 \Omega} = 100 \text{ mA}$$

$$I = I_{CT} + I_s = 50 \mu\text{A} + 100 \text{ mA} = 100,05 \text{ mA}$$

Khoảng đo của ampemeter  $\approx 100 \text{ mA}$ .

15

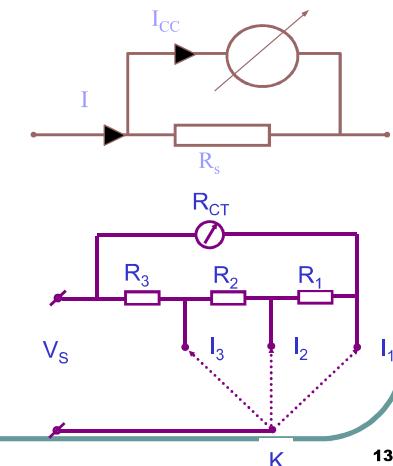
## A. Ampemet một chiều

- Yêu cầu cầu phải có điện trở nhỏ, mắc nối tiếp với tải
- Khi dòng điện lớn hơn dòng định mức của cơ cầu phải mở rộng thang đo
- Hệ số mở rộng thang đo

$$n = \frac{D_A}{I_{CC}}$$

$$R_s = \frac{R_{CC}}{(n - 1)}$$

- Có nhiều khoảng đo



13

+ Khi K ở tiếp điểm  $I_3$ .

$$V_s = I_{CT}(R_{CT} + R_1 + R_2) = 50 \mu\text{A} \cdot (1 \text{ k}\Omega + 4,5 \Omega + 0,45 \Omega) \approx 50 \text{ mV.}$$

$$I_s = \frac{V_s}{R_3} = \frac{50 \text{ mV}}{0,05 \Omega} = 1 \text{ A}$$

$$I = I_{CT} + I_s = 50 \mu\text{A} + 1 \text{ A} \approx 1 \text{ A}$$

Khoảng đo của ampemeter  $\approx 1 \text{ A}$ .

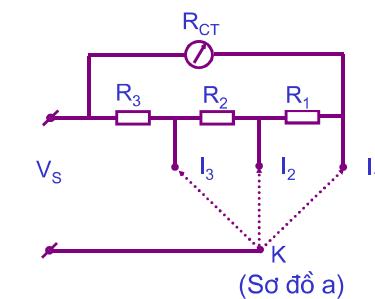
16

$$I_1 < I_2 < I_3 \rightarrow R_{S1} < R_{S2} < R_{S3}$$

$$R_{S1} = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{R_{CT}}{\frac{I_1}{I_{CT}} - 1}$$

$$R_{S2} = R_2 + R_3 = \frac{R_{CT} + R_1}{\frac{I_2}{I_{CT}} - 1}$$

$$R_{S3} = R_3 = \frac{R_{CT} + R_2 + R_1}{\frac{I_3}{I_{CT}} - 1}$$

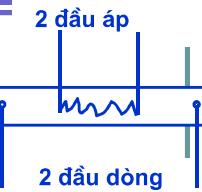


(Sơ đồ a)

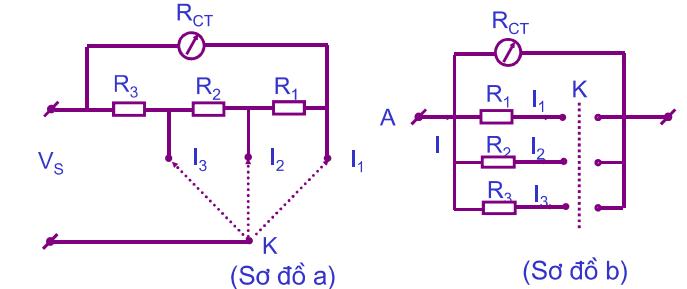
14

## Cấu tạo của sun

- Sun có cấu tạo như điện trở 4 đầu : 2 đầu dòng và 2 đầu áp.
- Hai đầu dòng để đưa dòng  $I_S$  vào, hai đầu áp mắc vào cơ cấu chỉ thị.
- Điện trở đo được trên hai đầu áp. Điều này đảm bảo cho điện trở mắc song song với cuộn dây  $R_S$  được xác định chính xác và điện trở tiếp xúc của các đầu ra dòng được tách khỏi  $R_S$ .
- Thường trên Sun có ghi giá trị dòng  $I_S$  có thể đi qua nó, ghi điện áp đầu ra  $U_S = I_S R_S = (I - I_{CT})R_S$  và ghi cấp chính xác.

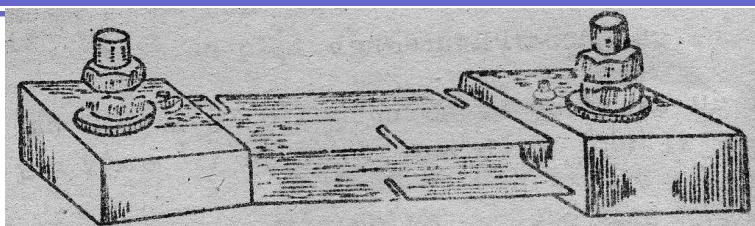


19



☺☺ So sánh ưu nhược điểm của hai sơ đồ (a) và (b)

17



- Sun thường được làm bằng điện trở không phụ thuộc vào nhiệt độ như maganin.
- Cấp chính xác của sun phải lớn hơn cấp chính xác của cơ cấu chỉ thị ít nhất một cấp.
- Cấp chính xác của sun : 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5.
- Cấp chính xác của ampemeter từ 0,2÷2,5.

20

- Sơ đồ (b) tính toán dễ dàng, các thang đo độc lập đối với nhau.
- Nhược điểm : Nếu khoá K hỏng thì dòng qua cơ cấu lớn sẽ phá huỷ cơ cấu.
- Nhược điểm này được khắc phục ở sơ đồ (a) - nếu khoá K hỏng thì không có dòng điện qua cơ cấu - nhưng sơ đồ này có nhược điểm là tính toán phức tạp hơn.

$$R_{S1} = R_1 = \frac{R_{CT}}{\frac{I_1}{I_{CT}} - 1} = \frac{R_{CT}}{\frac{n_1}{I_{CT}} - 1}$$

$$R_{S2} = R_2 = \frac{R_{CT}}{\frac{I_2}{I_{CT}} - 1} = \frac{R_{CT}}{\frac{n_2}{I_{CT}} - 1}$$

$$R_{S3} = R_3 = \frac{R_{CT}}{\frac{I_3}{I_{CT}} - 1} = \frac{R_{CT}}{\frac{n_3}{I_{CT}} - 1}$$

18

## Bài tập

Cho một miliampemeter từ điện, có thang chia độ 150vạch. Giá trị độ chia  $C_l=0.2\text{mA/vạch}$ . Điện trở cơ cấu đo  $R_{cc}=2\Omega$ .

Vẽ sơ đồ mạch Ampemet và tính các giá trị điện trở  $R_1, R_2, R_3$  mắc nối tiếp tạo thành các điện trở Sun cho 3 giới hạn đo dòng điện 5A, 10A và 15A

23

## Các giá trị điện trở

RESISTOR COLOR CODES			
COLOR	VALUE OF		
	(1st & 2nd bands)	(3rd band)	(4th band)
Black	0	0	$\pm 20\%$
Brown	1	1	$\pm 2\%$
Red	2	2	
Orange	3	3	
Yellow	4	4	
Green	5	5	
Blue	6	6	
Violet	7	7	
Gray	8	8	
White	9	9	
Gold		-1	$\pm 5\%$
Silver		-2	$\pm 10\%$
No Color			$\pm 20\%$

$$\text{resistor value} = (1^{\text{st band}} \times 10^{2^{\text{nd band}}}) \times (10^{\text{3rd band}})$$

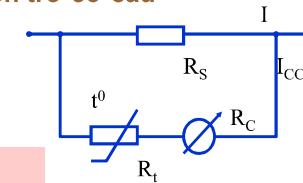
$$\text{resistor tolerance} = 4^{\text{th band}} (\text{if specified})$$

24

## Sai số của Ampemet

$$\gamma_s = \gamma_{Rs} + \gamma_{Rcc} + \gamma_{cc}$$

- $\gamma_{Rs}$  = Sai số biến động của giá trị sun  $\rightarrow$  nhỏ
- $\gamma_{Rcc}$  = Sai số của cơ cấu
- $\gamma_{cc}$  = Sai số hay biến động về giá trị của điện trở cơ cấu



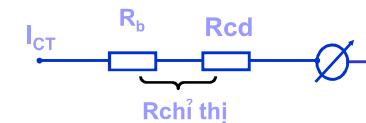
### Sai số chủ yếu do nhiệt độ

$$\gamma_t = \frac{R_{cco} \alpha t - R_t \beta t}{R_{cco} (1 + \alpha t) + R_{to} (1 + \beta t) + R_s}$$

☺☺ Làm thế nào để giảm sai số nhiệt độ ???

21

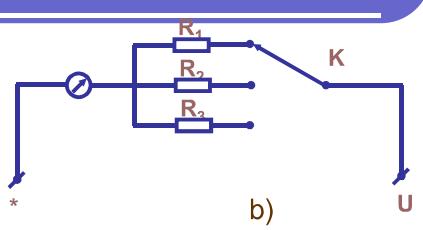
☺☺ Làm thế nào để giảm sai số nhiệt độ ???



- Mắc nối tiếp với cuộn dây một điện trở bù làm bằng maganin hoặc constantan có hệ số điện trở phụ thuộc nhiệt độ bằng 0.
- Nếu điện trở bù gấp 9 lần điện trở cuộn dây thì khi điện trở cuộn dây thay đổi 1%, điện trở toàn phần ( $R_b + R_{cuộn dây}$ ) chỉ thay đổi 0,1%

22

Có thể dùng các điện trở chuyển mạch để mở rộng thang đo



Sơ đồ a) chế tạo rẻ hơn vì chỉ yêu cầu  $R_1$  có độ chính xác đặc biệt,  $R_2$  và  $R_3$  là các điện trở chính xác. Còn sơ đồ b) yêu cầu cả 3 điện trở đều có độ chính xác đặc biệt.

Sai số của volmet chủ yếu là sai số do nhiệt độ.

27

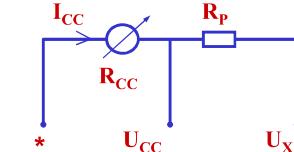
## B. Volmét một chiều

- Yêu cầu cầu điện trở lớn và mắc song song với tải

- Điện áp định mức của cơ cấu từ điện

$$U_{CC} = I_{CC} \cdot R_{CC}$$

$I_{CC}$ : dòng điện định mức của cơ cấu  
 $R_{CC}$ : điện trở của cơ cấu

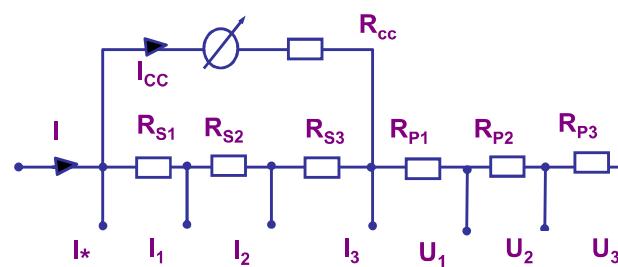


### ● Vấn đề mở rộng thang đo

- Khi điện áp lớn hơn điện áp định mức  $\rightarrow$  mở rộng thang đo
- Hệ số mở rộng thang đo  
 $m = U_x / U_{CC}$   
 $R_p = R_{CC}(m-1)$

25

## C. Kết hợp sơ đồ dòng-áp



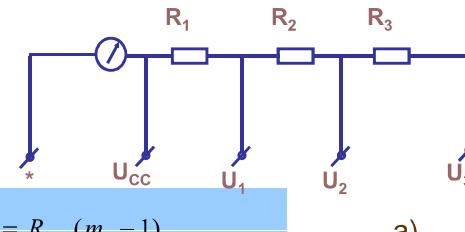
Tính toán điện trở Sun như phần đo dòng điện

Tính toán điện trở phụ phải tính điện trở sun song song với cơ cấu

$$U_1 = I_n \left[ R_{p1} + \frac{(R_{CC} + R_T) \sum R_s}{(R_{CC} + R_T) + \sum R_s} \right] = I_n R_1$$

28

$$\begin{aligned} R_{p1} &= R_1 = R_{CC} \left( \frac{U_1}{U_{CC}} - 1 \right) = R_{CC} (m_1 - 1) \\ R_{p2} &= R_2 = R_{CC} \left( \frac{U_2}{U_{CC}} - 1 \right) = R_{CC} (m_2 - 1) \\ R_{p3} &= R_3 = R_{CC} \left( \frac{U_3}{U_{CC}} - 1 \right) = R_{CC} (m_3 - 1) \end{aligned}$$



a)

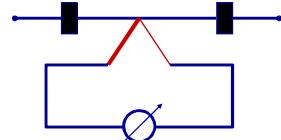
26

## Ưu nhược điểm của Ampemét xoay chiều sử dụng cơ cấu từ điện

- Dễ dàng tạo nhiều khoảng đo
- Có nhiều sai số phụ:

- Sai số nhiệt độ do hệ số chỉnh lưu
- Sai số về tần số vì ảnh hưởng các tụ kỵ sinh
- Sai số phi tuyến do đặc tính Volt-ampe của các diode

- Khi đo ở tần số cao người ta cũng có thể dùng bộ biến đổi nhiệt ngẫu:  $E_T = KI^2$
- Đo  $E_T$  ta suy ra được dòng hiệu dụng chạy qua các dây đốt. Tần số có thể lên tới MHz



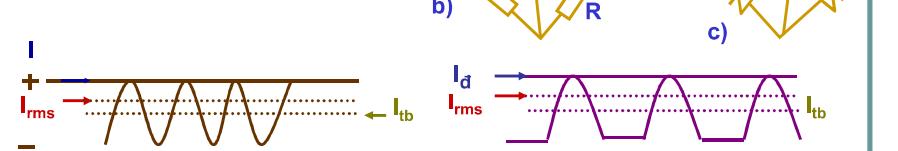
31

## D. Ampemét xoay chiều

### a) Ampemét xoay chiều sử dụng cơ cấu từ điện:

- Đo giá trị hiệu dụng của dòng xoay chiều dùng chỉnh lưu:

- Một nửa chu kỳ
- Hai nửa chu kỳ
- ...



@@ Dòng điện trung bình trong mạch chỉnh lưu hai 1/2 chu kỳ???

29

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}; Wf = \bar{a} / rms; Cf = a_{max} / rms$$

Wave	Waveform	RMS value	Wave factor	Crest factor
Sinusoidal wave		$\frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707V_p$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11$	$\sqrt{2} = 1.414$
Half rectification wave		$\frac{V_p}{2} = 0.5V_p$	$\frac{\pi}{2} = 1.571$	2
Full rectification wave		$\frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707V_p$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11$	$\sqrt{2} = 1.414$
Rectangular wave		$V_p$	1	1
Triangular wave		$\frac{V_p}{\sqrt{3}} = 0.577V_p$	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1.155$	$\sqrt{3} = 1.732$
Impulse wave		$\sqrt{\frac{\tau}{2\pi}} \cdot V_p$	$\sqrt{\frac{2\pi}{\tau}}$	$\sqrt{\frac{2\pi}{\tau}}$

32

- Dòng điện trung bình trong mạch chỉnh lưu hai 1/2 chu kỳ:

$$I_{tb} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} I_m \sin \omega t dt$$

$$I_{tb} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}I_{hd}}{\pi}$$

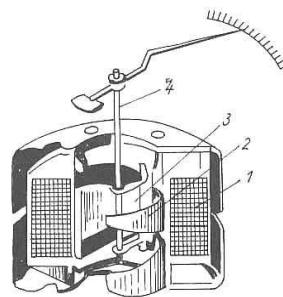
Hệ số hình dáng:  $2\sqrt{2}/\pi$

Đối với dòng hình sin  $I_{hd} = 1.11I_{tb}$

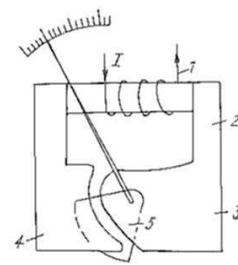
Nếu dòng điện khác sin: sai số hình dáng

30

Một số loại cơ cấu điện từ khác: phần tĩnh là cuộn dây tròn và loại mạch từ kín



Để quay hết thang đo, sức từ động IW được chế tạo khoảng 200Avòng



Để quay hết thang đo, sức từ động IW được chế tạo khoảng 50-100Avòng

Để thay đổi khoảng đo, chỉ cần thay đổi số vòng của cuộn dây phần tĩnh.

35

## Nguyên lý làm việc

- Khi dòng điện chạy qua cuộn dây xuất hiện mômen quay:

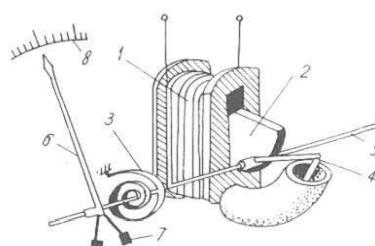
$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$$

- Năng lượng điện  $W_e$  được xác định :

$$W_e = \frac{LI^2}{2}$$

L: điện cảm của cuộn dây

- Từ phương trình cân bằng mômen ta có phương trình đặc tính thang đo của cơ cấu điện từ:



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

36

## Nhận xét:

- A chỉnh lưu phải có điện trở rất nhỏ vì nó được mắc trực tiếp với mạch cần đo dòng điện → sụt áp trên A chỉnh lưu phải nhỏ (thông thường < 100mA).
- Độ sụt áp trên diot từ 0,3V-0,7V (tuỳ thuộc diot silic hay germani)
- Sử dụng mạch cầu chỉnh lưu: độ sụt áp tổng trên diot từ 0,6V-1,4V  
→ Dụng cụ đo chỉnh lưu không thích hợp để dùng trực tiếp như một A xoay chiều

Cách khắc phục: dùng biến dòng

@@ Tại sao???

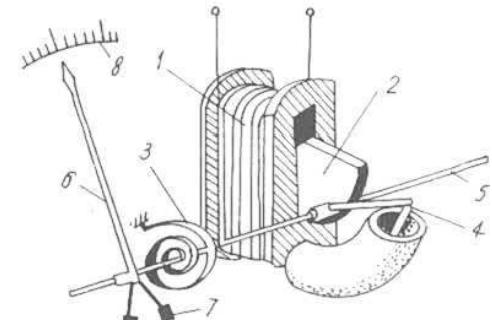
33

## E. Ampemét xoay chiều sử dụng cơ cấu điện từ

Sử dụng chủ yếu để đo giá trị hiệu dụng của dòng xoay chiều

### E1. Cấu tạo

- Phần tĩnh: cuộn dây phẳng
- Phần động: lõi thép 2 được gắn lên trực quay 5.
- Lõi thép có thể quay tự do trong khe làm việc của cuộn dây.
- Bộ phận cảm biến không khí 4, kim 6 và đối trọng 7 được gắn vào trực quay.
- Kim quay trên bảng khắc độ 8.
- Mômen cảm được tạo bởi hai lò xo 3 ngược chiều nhau.



Để quay hết thang đo, sức từ động IW được chế tạo khoảng 100-150 Avòng

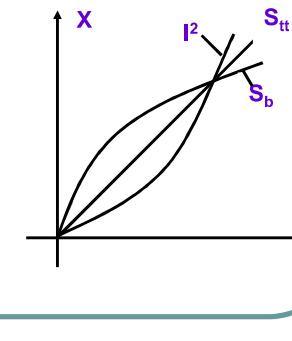
34

## Ưu nhược điểm của cơ cấu điện từ

- Cấu tạo đơn giản, chịu được quá tải lớn
- Công suất tiêu thụ tương đối cao, độ chính xác không cao nhất là khi đo ở mạch một chiều sẽ bị sai số do hiện tượng từ trễ và từ dư, độ nhạy thấp, bị ảnh hưởng bởi từ trường ngoài .

39

- Góc  $\alpha$  tỷ lệ với bình phương của dòng điện, không phụ thuộc vào chiều của dòng điện  $\rightarrow$  cơ cấu chỉ thị điện từ có thể sử dụng để đo trong mạch một chiều và trong mạch xoay chiều
- Thang đo không đều



37

## F. Volmét xoay chiều

- a) Volmét xoay chiều sử dụng cơ cấu điện từ
- b) Volmét xoay chiều chỉnh lưu

Nguyên lý giống Ampemeter (sách tham khảo [2])

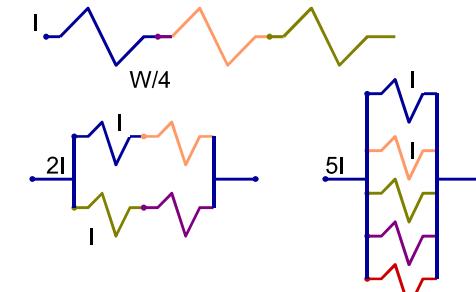
Nói chung các Voltmet xoay chiều tiêu thụ công suất rất lớn.

40

## Sử dụng cơ cấu điện từ

- Để có dụng cụ nhiều khoảng đo, chia cuộn dây phần tinh thành nhiều phân đoạn bằng nhau
- Để thay đổi khoảng đo, bố trí ghép nối tiếp hoặc song song các phân đoạn theo sơ đồ:

Muốn có dụng cụ nhiều khoảng đo hơn, hoặc đo dòng lớn hơn 200A, dùng biến dòng điện



38