

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 φ. 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

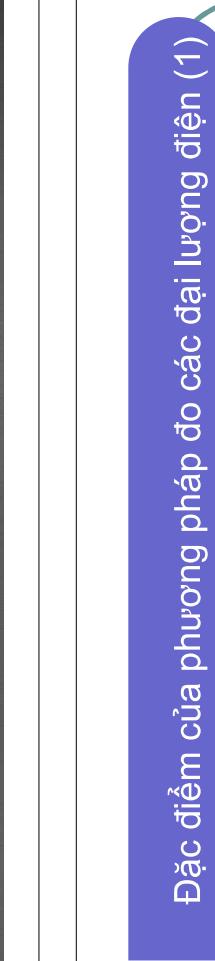
3

Bài giảng

Kỹ thuật đo lường

GV: Nguyễn Hoàng Nam
Bộ môn: Kỹ thuật đo và THCN

Hà nội 09/2010



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

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

4

Các dạng chỉ thị tương tự

- Chỉ thị từ điện
- Chỉ thị điện từ
- Chỉ thị điện động
- Chỉ thị sét điện động
- Chỉ thị cảm ứng



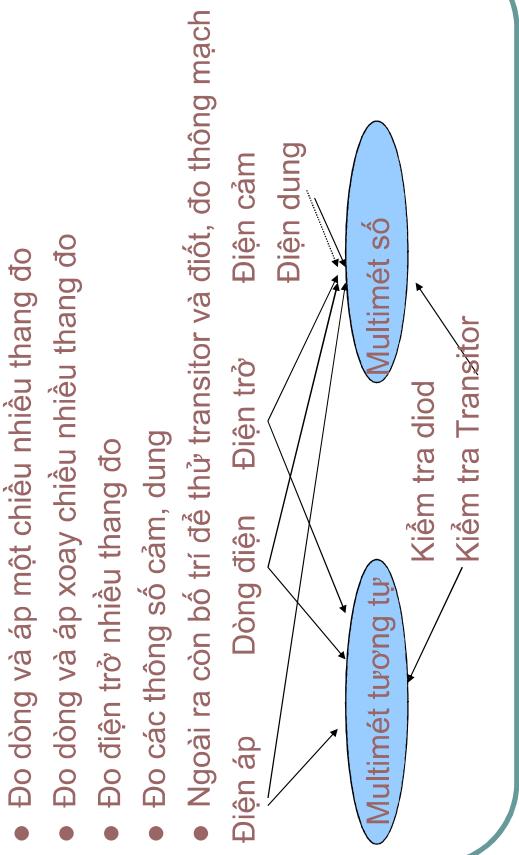
Các chi tiết cơ khí chung của phần động:

- * Trục và trục
- * Lò xo cảm
- * Kim chỉ
- * Cơ cấu cảm biến

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 lồng phần tĩnh

2.1. Các chức năng của một Multimét (đồng hồ vạn năng)



5

Đặc điểm cơ bản của cơ cấu

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

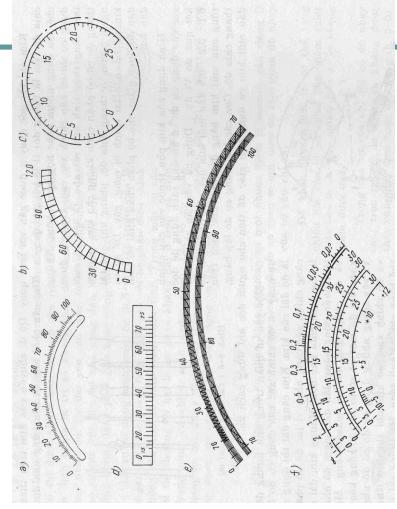
$$M_q = \frac{dW_e}{d\alpha}$$

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

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

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



Các dạng thang hiển thị tương tự

6

8

Một số đặc tính kỹ thuật của cơ cầu từ điện

2.3. Multimét tương tự, cơ cầu từ điện

$$\alpha = \frac{BSW}{K} I = S_1 \cdot I$$

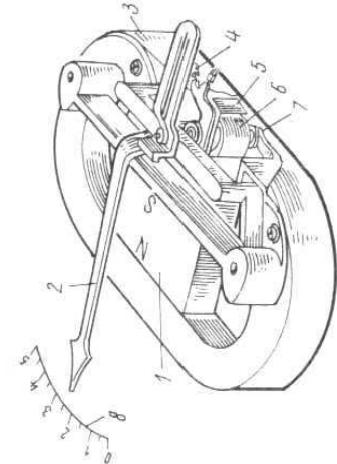
- Góc quay α tỷ lệ bậc nhất với dòng điện \rightarrow thang đo tuyến tính
- Tù trường cơ cầu khá mạnh \rightarrow có độ nhạy cao, không chịu ảnh hưởng của từ trường ngoài
- B cao \rightarrow dòng điện định mức nhỏ ($25\text{-}200\mu\text{A}$)
- Khung quay thường bằng đồng \rightarrow điện trở thay đổi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

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

đổi với dòng $\alpha = 0,4\%/\text{°C}$

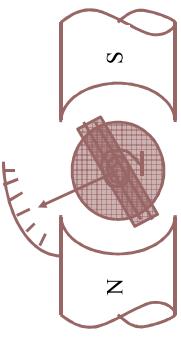
$$11$$

• Cấu tạo của cơ cầu từ điện



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

9



- 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 hỗ giữa từ trường của nam châm và dòng điện làm khung quay.

$$Mq = BSWI$$

- B- Từ trường của nam châm vĩnh cửu (thường $0.2\text{-}0.4$ 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 ty lệ với góc quay α :

$$M_C = K\alpha$$

- Kim chỉ ở vị trí cân bằng khi: $M_q = M_C$

$$S_1 = \frac{BSW}{K} I = S_1 \cdot I$$

Độ nhạy của cơ cầu

10

Phương trình đặc tính thang đo



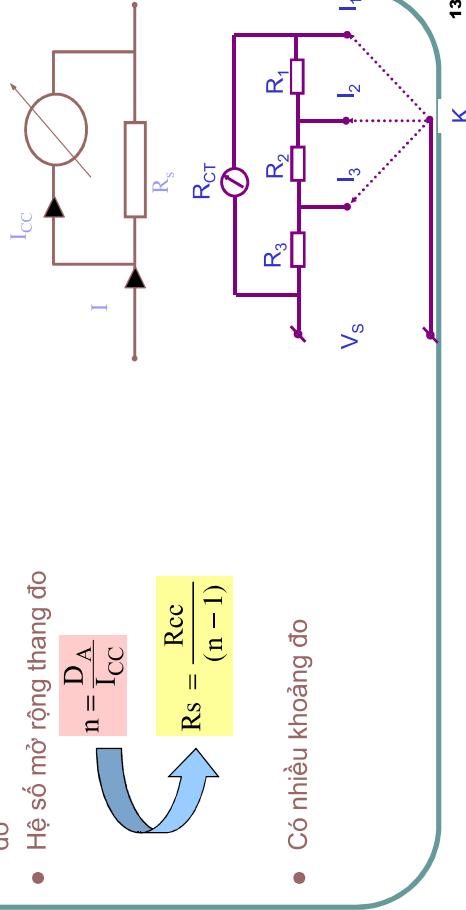
Làm thế nào để có được
Thiết bị đo từ
cơ cầu chỉ thị này??

12

A. Ampmet môt chiều

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

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



+ 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 ampermét $\approx 1 \text{ A}$.

+ Khi K ở tiếp điểm I_3 ,

$$V_s = I_{CT}(R_{CT} + R_1 + R_2 + R_3) = 50 \mu\text{A} \cdot (1 \text{ k}\Omega + 4,5 \Omega + 0,45 \Omega + 0,05 \Omega) \approx 50 \text{ mV}$$

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

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

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

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

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

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

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

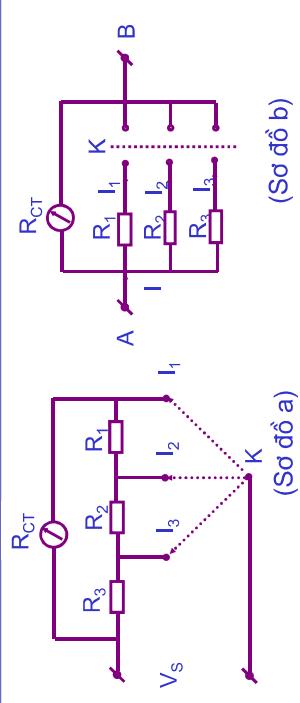
(Số đo a)

Cầu 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 cầu chỉ thị.

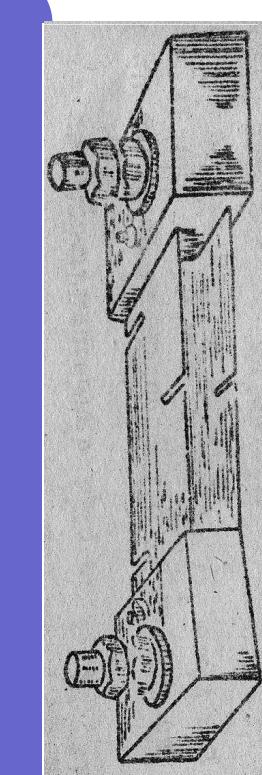
- Điện trở đo được trên hai đầu áp. Điều này đảm bảo cho điện trở mắc song với cuộn dây R_s được xác định chính xác và điện trở tiếp xúc của các đầu ra dòng được tách khỏi R_s .
- Thường trên Sun có ghi giá trị dòng I_s có thể đi qua nó, ghi điện áp đầu ra $U_s = I_s R_s = (I - I_{CT}) R_s$ và ghi cấp chính xác.

19



17

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



- 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 cầu 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 ampermeter từ 0,2÷2,5.

20

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

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

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

18

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

Bài tập

Cho một miliampmet từ điện, có thang chia độ 150vạch. Giá trị độ chia $C_t = 0.2\text{mA/vạch}$. Điện trở cơ cầu do $R_{cc} = 2\Omega$.
Vẽ sơ đồ mạch Ampmet và tính các giá trị điện trở R1, R2, R3 mắc nối tiếp tạo thành các điện trở Sun cho 3 giới hạn đo dòng điện 5A, 10A và 15A

23

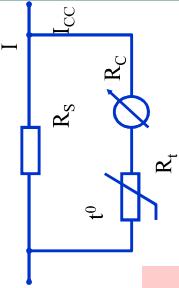
Các giá trị điện trở

COLOR	RESISTOR COLOR CODES		
	1st & 2nd bands	3rd band	(4th band)
Black	0	0	$\pm 20\%$
Brown	1	1	$\pm 1\%$
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	-1	$\pm 5\%$
Silver	-2	-2	$\pm 10\%$
No Color			$\pm 20\%$

resistor value = $[1^{\text{st band}} \times 10^{\text{2nd band}}] \times 10^{\text{3rd band}}$
resistor tolerance = 4th band (if specified)

Sai số của Ampmet

- $\gamma_s = \gamma_{Rs} + \gamma_{Rcc} + \gamma_{cc}$
- γ_{Rs} = Sai số biến động của giá trị sun \rightarrow nhô
- γ_{Rcc} = Sai số của cơ cầu
- γ_{cc} = Sai số hay biến động về giá trị của điện trở cơ cầu

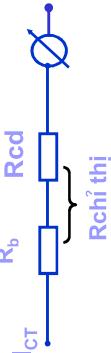


21

Sai số chủ yếu do nhiệt độ

$$\gamma_t = \frac{R_{cc} (\alpha_t - R_t \beta_t)}{R_{cc} (1 + \alpha_t) + R_{to} (1 + \beta_t) + R_s}$$

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



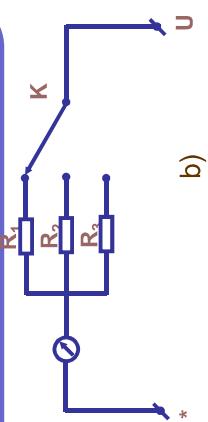
- Mắc nối tiếp với cuộn dây một điện trở bù làm bằng maganin hoặc constantan có hệ số điện trở phụ thuộc nhiệt độ bằng 0.
- Nếu điện trở bù gấp 9 lần điện trở cuộn dây thì khi điện trở cuộn dây thay đổi 1%, điện trở toàn phần (Rbù + Rcuộn dây) chỉ thay đổi 0,1%

22

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

B. Voltmeter một chiều

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 voltmeter chủ yếu là sai số do nhiệt độ.

27

- Yêu 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

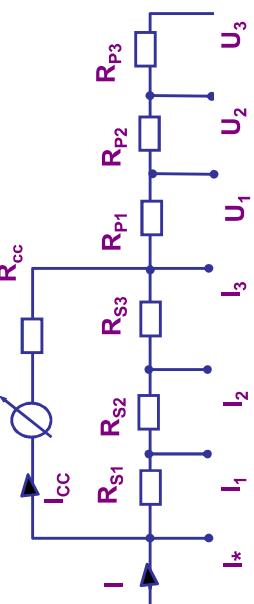
- Khi điện áp lớn hơn điện áp định mức \rightarrow mở rộng thang đo
- Hệ số mở rộng thang đo

$$m = U_x / U_{cc}$$

$$R_p = R_{cc}(m-1)$$

25

C. Kết hợp sơ đồ dòng-áp

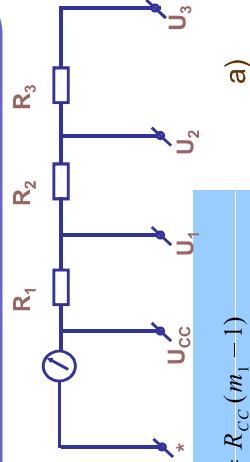


Tính toán điện trở Sun như phần đo dòng điện
Tính toán điện trở phụ tính điện trở sun song song
với cơ cấu

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

28

D. Voltmeter ba chiều



$$R_{p1} = R_1 = R_{cc} \left(\frac{U_1}{U_{cc}} - 1 \right) = R_{cc} (m_1 - 1)$$

$$R_{p2} = R_2 + R_1 = R_{cc} \left(\frac{U_2}{U_{cc}} - 1 \right) = R_{cc} (m_2 - 1)$$

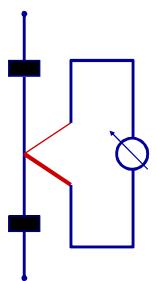
$$R_{p3} = R_1 + R_2 + R_3 = R_{cc} \left(\frac{U_3}{U_{cc}} - 1 \right) = R_{cc} (m_3 - 1)$$

26

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

D. Ampemét xoay chiều

- Để dàng tạo nhiễu khoáng đo
- Có nhiễu 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-ampere 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

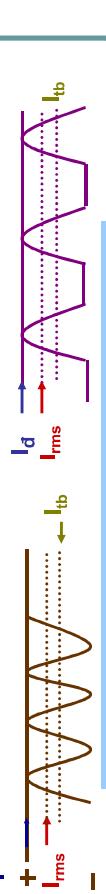


31

- a) Ampemét xoay chiều sử dụng cơ cấu từ điện:
- Đo giá trị hiệu dụng của dòng xoay chiều dòng chính lưu:

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

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



29

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

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

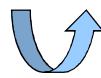
Wave	Waveform	RMS value	Wave factor	Crest factor
Sinusoidal wave		$\frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707V_p$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11$	$\sqrt{2} = 1.414$
Half rectification wave		$\frac{V_p}{2} = 0.5V_p$	$\frac{\pi}{2} = 1.571$	2
Full rectification wave		$\frac{V_p}{\sqrt{2}} = 0.707V_p$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11$	$\sqrt{2} = 1.414$
Rectangular wave		V_p	1	1
Triangular wave		$\frac{V_p}{\sqrt{3}} = 0.577V_p$	$\frac{2}{\sqrt{3}} = 1.15$	$\sqrt{3} = 1.732$
Impulse wave		$\sqrt{\frac{2\pi}{e}} \cdot V_p$	$\sqrt{\frac{2\pi}{e}}$	$\sqrt{\frac{\pi}{e}}$

32

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

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

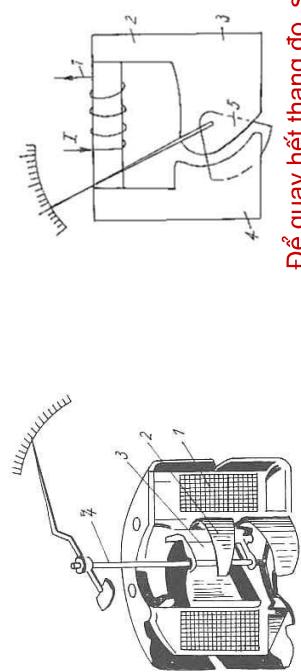
$$I_{tb} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}I_{hd}}{\pi}$$



Hệ số hình dáng: $2\sqrt{2}/\pi$
Đối với dòng hình sin $I_{hd} = 1.11 I_{tb}$
Nếu dòng điện khác sin: sai số hình dáng

30

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



Để quay hết thang đo, chỉ cần thay đổi số vòng của cuộn dây động IW được chế tạo khoảng 50-100Avòng

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

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

35

Nhận xét:

- A chỉnh lưu phải có điện trở rất nhỏ vì nó được mắc trực tiếp với mạch cân đo dòng điện \rightarrow sụt áp trên A chỉnh lưu phải nhỏ (thông thường $< 100\text{mA}$).
- Độ sụt áp trên diot từ $0,3\text{V}-0,7\text{V}$ (tùy thuộc diot silic hay germani)
- Sử dụng mạch cầu chỉnh lưu: độ sụt áp tổng trên diot từ $0,6\text{V}-1,4\text{V}$
- \rightarrow 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

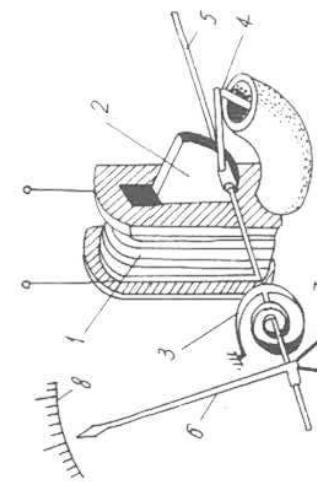
- Khi dòng điện chạy qua cuộn dây xuất hiện mômen quay:
- Năng lượng điện W_e được xác định :

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

- L : điện cảm của cuộn dây
- Tử phương trình cân bằng mômen ta có phương trình đặc tính thang đo của cơ cầu điện tử:

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

E. Ampemét xoay chiều sử dụng cơ cầu 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 cản dịu không khí 4, kim 6 và đối trọng 7 được gắn vào trực quay.
- Kim quay trên bảng khắc độ 8.
- Mômen cản được tạo bởi hai lõi xo 3 ngược chiều nhau.

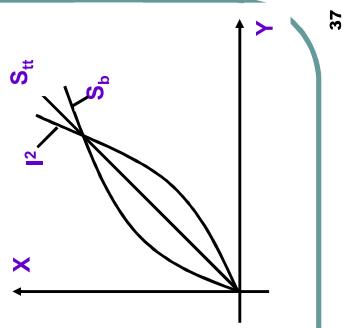
Để quay hết thang đo, sức từ động IV được chế tạo khoảng 100-150 Avòng

36

Ưu nhược điểm của cơ cấu điện tử

- 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



37

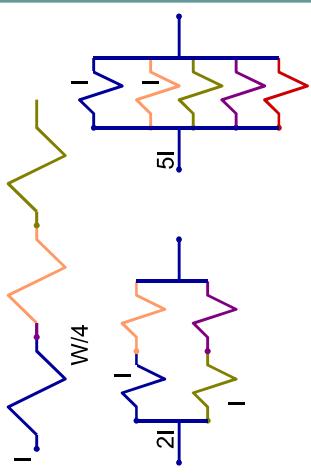
F. Voltmét xoay chiều

- a) Voltmét xoay chiều sử dụng cơ cấu điện tử
- b) Voltmét xoay chiều chỉnh lưu

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

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

- Để có dụng cụ nhiều khoảng đo, chia cuộn dây phân 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:



40