

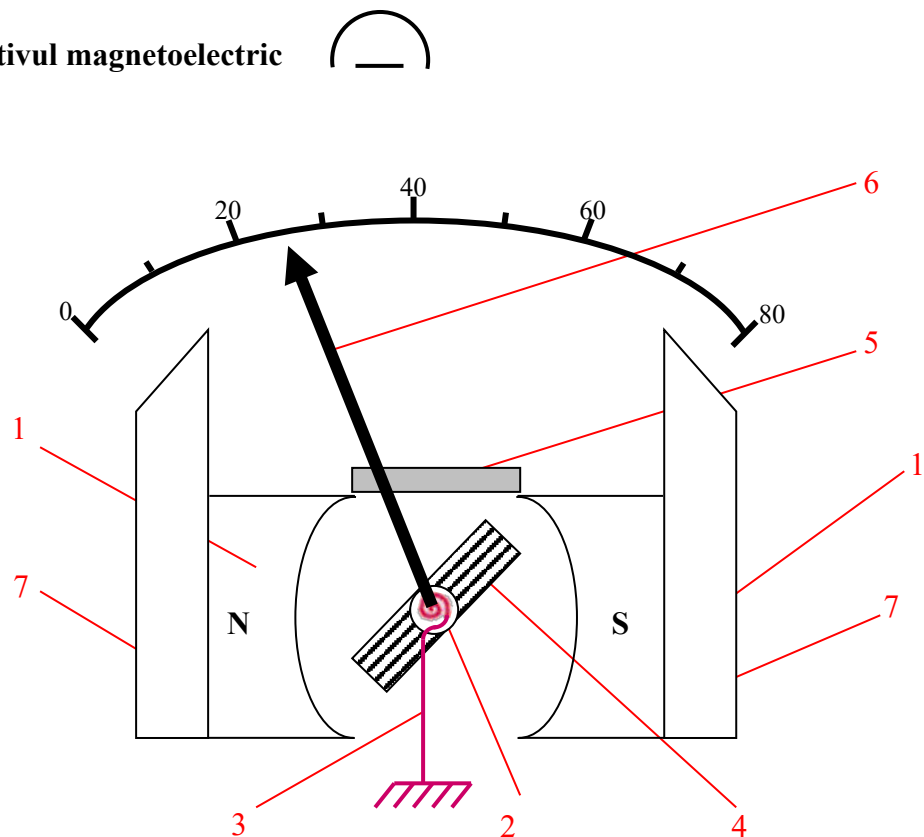
Curs 3

Aparate de măsură magnetoelectrice

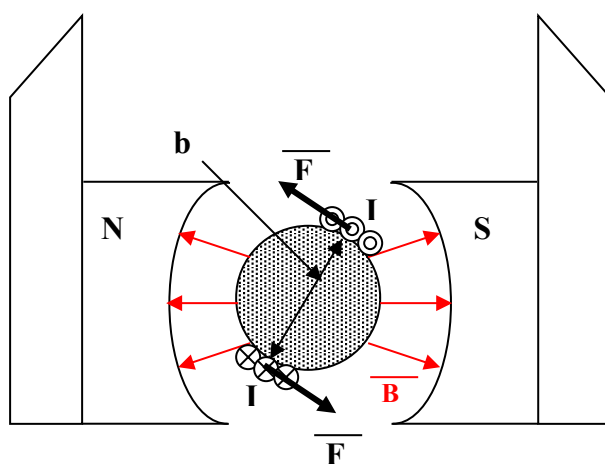
Aparate de măsură magnetoelectrice

Funcționare: interacțiunea dintre câmpul magnetic generat de magnetul permanent (fix) și o bobină mobilă, parcursă de curent, situată în acest câmp magnetic.

3.1. Dispozitivul magnetoelectric



1. **Piese polare**
2. **Miez cilindric** (Fe) → B are o distribuție uniformă, radială
3. **Arcul spiral** (bronz-fosforos)
Prin acesta curentul este adus la bobina mobilă
4. **Bobina mobilă** (sârma de Cu) → este realizată pe un cadru de Al (inel în scurtcircuit ce realizează o amortizare magnetică)
5. **Șunt magnetic** → compensează îmbătrânirea magnetului permanent
6. **Ac indicator** → prevăzut în partea opusă cu contragreutăți cu rol de echilibrare
7. **Element activ fix (circuit magnetic)** → magnet permanent (aliaj Al-Ni-Co); Inducția magnetică B creată în întrefier: (0,5...2mm): 0,3...0,7 T



Ecuția de funcționare:

$$dF = I \cdot d\vec{l} \times \vec{B} \Rightarrow dF = I \cdot dl \cdot B \cdot \sin 90^\circ = B \cdot I \cdot dl$$

$I \rightarrow$ lungimea unui conductor a unei laturi a bobinei

$N \rightarrow$ numărul de conductori

$\vec{B} \perp \vec{l} \rightarrow \vec{B}$ uniform radial

Forța ce acționează asupra laturii bobinei:

$$F = N \int_0^l dF = N \cdot B \cdot I \cdot l$$

Cuplul activ:

$$M_a = F \cdot b = N \cdot B \cdot I \cdot \underbrace{l \cdot b}_S$$

$S \rightarrow$ suprafața activă a bobinei

$$M_a = N \cdot B \cdot S \cdot I = k_a \cdot I$$

$k_a = N \cdot B \cdot S \rightarrow$ constanta dinamică a instrumentului

Cuplul rezistent:

$$M_r = -D\alpha$$

Echilibrul staționar:

$$\left. \begin{aligned} M_a + M_r &= 0 \Leftrightarrow \\ NBSI - D\alpha &= 0 \Leftrightarrow \\ k_a I &= D\alpha \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

Deviația unghiulară permanentă:

$$\alpha_p = \frac{k_a}{D} \cdot I \rightarrow \text{scala este liniară, uniform gradată}$$

Sensibilitatea:

$$S_I = \frac{d\alpha}{dI} = \frac{k_a}{D} \Rightarrow \\ \Rightarrow \alpha_p = S_I \cdot I$$


- aparatele de măsură magnetoelectrice au o sensibilitate mare (10^{-9} A/div)
- consum propriu de putere foarte mic < 1 mW
- clasa de precizie 0,05...0,2


3.2. Aparatul magnetoelectric cu redresor

În c.a. echipajul mobil se va roti sub acțiunea cuplului activ instantaneu, dar el va putea urmări doar M_{a_mediu} .

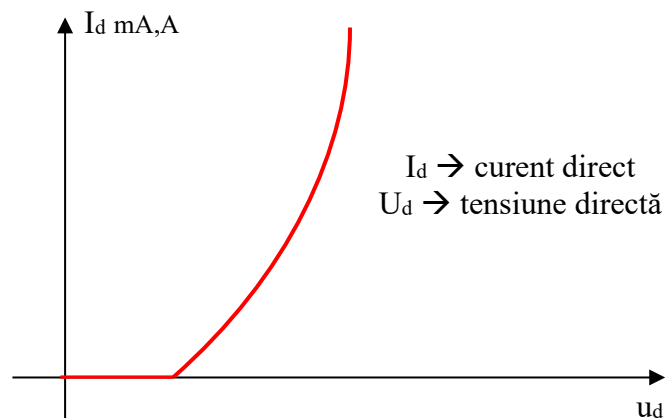
$$M_{a_mediu} = \frac{1}{T} \int_0^T M_a dt = \frac{1}{T} \int_0^T k_a \cdot I \cdot dt = k_a \cdot I_{mediu}$$

$$\text{Pentru } i = I \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \rightarrow I_{mediu} = \frac{1}{T} \int_0^T I \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) dt = 0$$

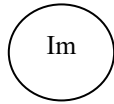
Concluzia:  nu se poate utiliza în c.a.

Soluția:  dispozitivul magnetoelectric cu redresor

Se va utiliza caracteristica V-A a diodei semiconductoare

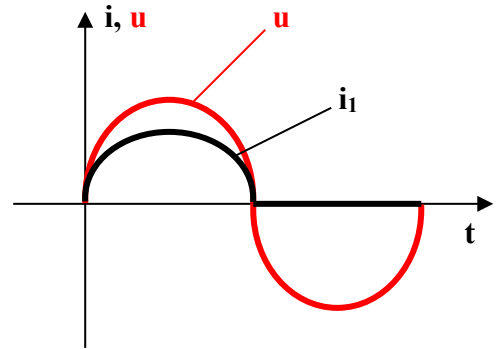
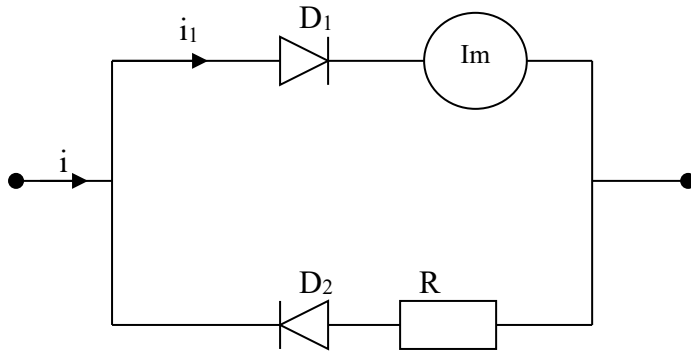


Instrument de măsură

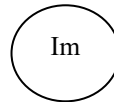


→ dispozitiv magnetoelectric

a) Redresarea monoalternanță



D_1 → realizează redresarea propriu-zisă prin



D_2 → conduce la semialternanța ”-” astfel încât circuitul să nu fie întrerupt.

$$I_{\text{mediu}_1} = \frac{1}{T} \int_0^T i_1 dt$$

$$i_1 = \begin{cases} \sqrt{2} \cdot I \sin \omega t, & t \in [0, \pi] \\ 0, & t \in (\pi, 2\pi] \end{cases}$$

$$I_{\text{mediu}_1} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot I$$

$$\frac{\sqrt{2}}{\pi} = \frac{1}{2,22}$$

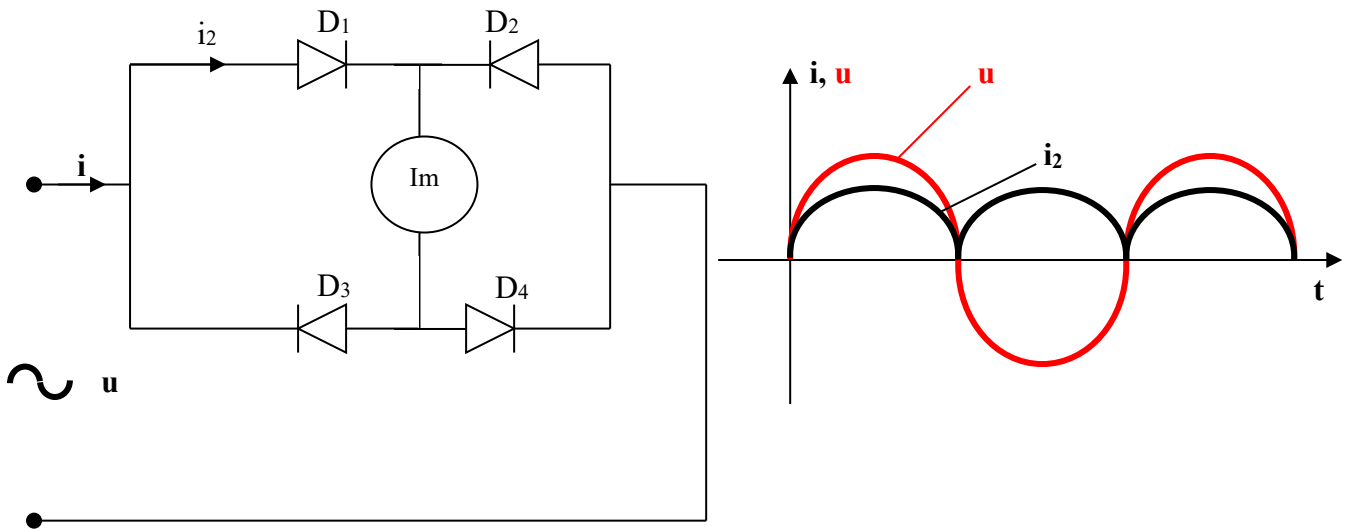
$$\alpha_p = S_I \cdot I_{\text{mediu}_1} = \frac{S_I}{2,22} \cdot I$$

$$\alpha_p = S_{i_1} \cdot I$$

Aparatul poate fi gradat în valori efective

$2,22 = \frac{I}{I_{\text{mediu}_1}}$ → coeficient de formă pentru c.a. monoredresat

b) Redresarea bialternanță



$$I_{\text{mediu}_2} = \frac{1}{T} \int_0^T |i| dt = \frac{1}{T} \int_0^T \sqrt{2} \cdot I |\sin \omega t| dt = 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot I = \frac{1}{1,11} \cdot I$$

$$\alpha_p = S_I \cdot I_{\text{mediu}_2} = \frac{S_I}{1,11} \cdot I$$

$$\alpha_p = S_{i_2} \cdot I$$

Aparatul poate fi gradat în valori efective

$$1,11 = \frac{I}{I_{\text{mediu}_2}} \rightarrow \text{coeficient de formă pentru c.a. biredresat}$$

OBS! Funcționarea în c.a. nesinusoidal

$$I_{\text{citit}} = I_{\text{mediu}} \cdot 1,11 \rightarrow \text{aparatele sunt etalonate în valori efective ale c.a. sinusoidal}$$

$$I_{\text{mediu}} = \frac{I_{\text{citit}}}{1,11} \rightarrow \text{valoarea medie a c.a. nesinusoidal}$$

$$I_{\text{ne sin}} = k_f \cdot I_{\text{mediu}}$$

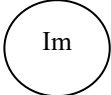
$k_f \rightarrow$ factor de formă \rightarrow se găsește în tabele în funcție de forma de undă



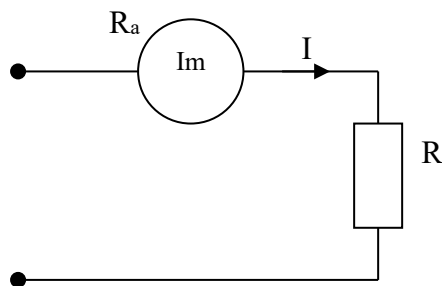
se utilizează până la 10kHz. La frecvențe ridicate apare o capacitate C_p în paralel (\parallel) cu dioda, datorită efectului de barieră p-n:

$C_p \rightarrow X_p = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow I_{mediu} \downarrow \rightarrow$ se folosesc scheme de compensare a frecvenței și a temperaturii

3.3. Utilizarea ca ampermetru

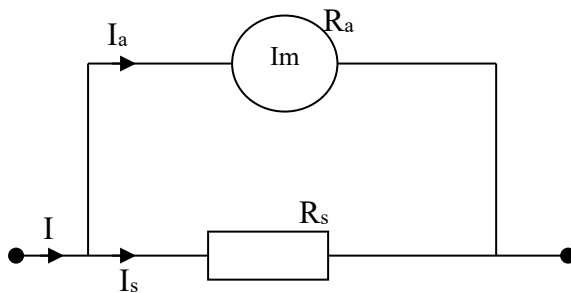
 se conectează în **serie** cu circuitul electric de rezistență R \rightarrow **AMPERMETRU**

a) **Fără șunt:** pentru $I < I_n$



R_a internă $\ll \rightarrow$ nu influențează sensibil curentul din circuit

b) **Cu șunt:** pentru $I > I_n = I_a$



Raportul de șuntare

$$n = \frac{I}{I_a}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I = I_a + I_s \\ I_a \cdot R_a = I_s \cdot R_s \end{array} \right. \Rightarrow R_s = \frac{I_a \cdot R_a}{I_s} = \frac{I_a \cdot R_a}{I - I_a} = \frac{R_a}{\frac{I}{I_a} - 1}$$

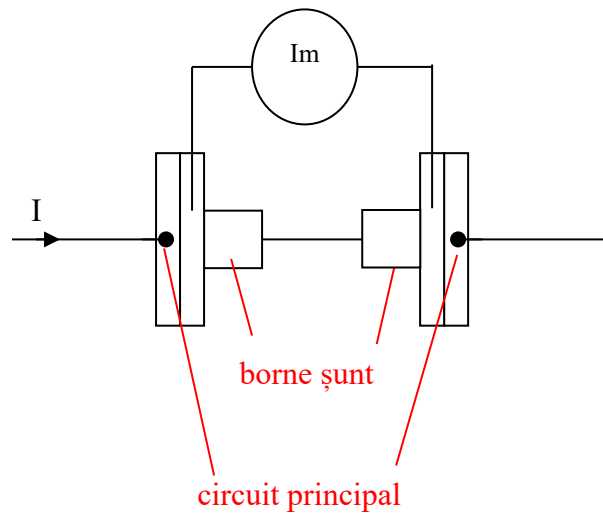
$$R_s = \frac{R_a}{n - 1}$$

Șunturile → manganină (bobine, bare rotunde etc – insensibile la temperatură)

→ interioare

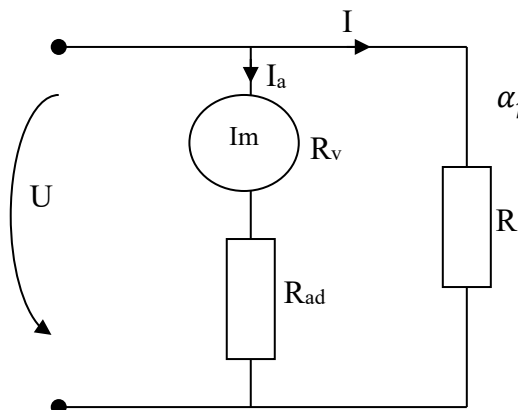
→ exterioare

→ cu 4 borne (pentru creșterea preciziei) - Rezistențele de contact (comparabile ca valoare cu rezistența șunt) care apar în circuitul de curent (rezistențele legăturilor la bornele de curent) sunt scoase în afara circuitului de măsură al șuntului. Rezistențele de contact sunt în serie cu rezistența instrumentului de măsură I_m (de obicei de valoare mult mai mare decât R_s și rezistențele de contact) → valoarea rezistenței de contact la aceste borne poate fi neglijată.



3.4. Utilizarea I_m ca voltmetru

În serie cu I_m se conectează o rezistență adițională. R_{ad} . **VOLTMETRUL** se conectează în **paralel** cu circuitul electric de rezistență R .



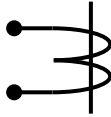
$$\alpha_p = S_I \cdot I_a = S_I \cdot \frac{U}{R_V + R_{ad}} = \frac{S_I}{R_{total}} \cdot U = S_U \cdot U$$

$$R_{ad} = R_V(n-1), \quad n = \frac{U}{U_V}$$

$$U = U_V + U_{ad} \rightarrow \frac{U}{U_V} = 1 + \frac{U_{ad}}{U_V}$$

$$n = 1 + \frac{R_{ad} I_a}{R_V I_a} \rightarrow (n-1) R_V = R_{ad}$$

3.5. Dispozitivul feromagnetic



Principiu: interacțiunea dintre o bobină fixă parcursă de curentul de măsurat și una sau mai multe piese mobile din material feromagnetic

Există 2 variante constructive → cu atracție (desen)

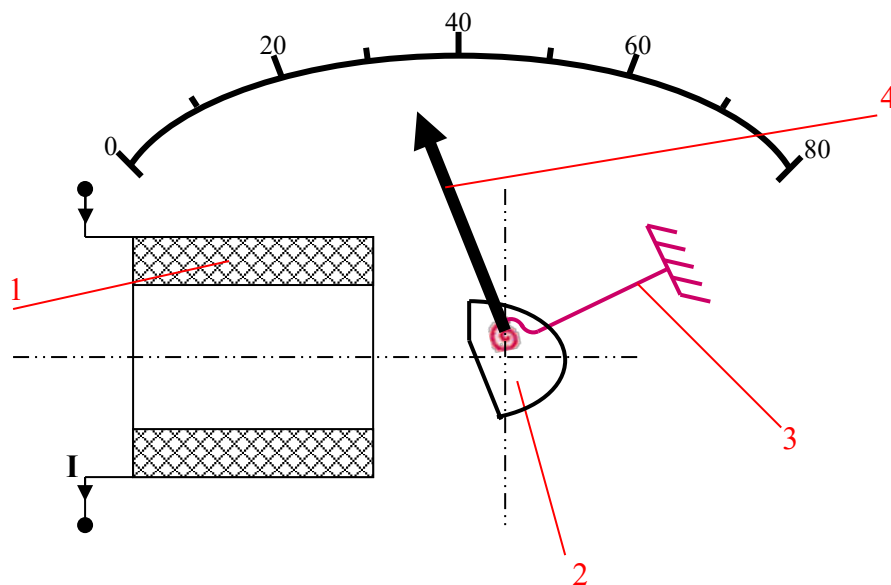
→ cu respingere

1 → bobină fixă

2 → armătură mobilă feromagnetică fixată excentric

3 → resort spiral

4 → ac indicator



L → inductivitatea proprie a bobinei fixe în prezența pieselor din Fe

$L=L(\alpha)$ → piesele din Fe ocupă poziții diferite în timpul rotației

Energia sistemului: $W = \frac{1}{2} L(\alpha) \cdot i^2$

Cuplul activ apare la o variație $d\alpha$:

$$M_a = \frac{dW}{d\alpha} = \frac{1}{2} \frac{dL}{d\alpha} \cdot i^2$$

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

c.c. $\rightarrow I$ - valoarea curentului

c.a. $\rightarrow I$ - valoarea efectivă a
curentului

La echilibru static:

$$M_a + M_r = 0 \Leftrightarrow \frac{1}{2} \frac{dL}{d\alpha} \cdot I^2 - D\alpha = 0 \Rightarrow$$

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

Calități: \rightarrow utilizarea în c.c și c.a (avem I^2)

\rightarrow bobina fixă se poate construi din fire groase

\rightarrow curenți mari de măsurat (100A)

\rightarrow capacitate la suprasarcină ridicată

\rightarrow robustețe

Dezavantaje: \rightarrow scala neliniară (I^2) duce la creșterea neliniarității

\rightarrow proiectarea unor armături de Fe de o geometrie specială

\rightarrow sensibilitate redusă

\rightarrow precizie redusă ($c=1; 1,5; 2,5$) \rightarrow histerezis (c.c)

\rightarrow curenți turbionari

$\rightarrow \bar{B}_{ext}$

Utilizări: A, V industriale de c.c. și c.a.