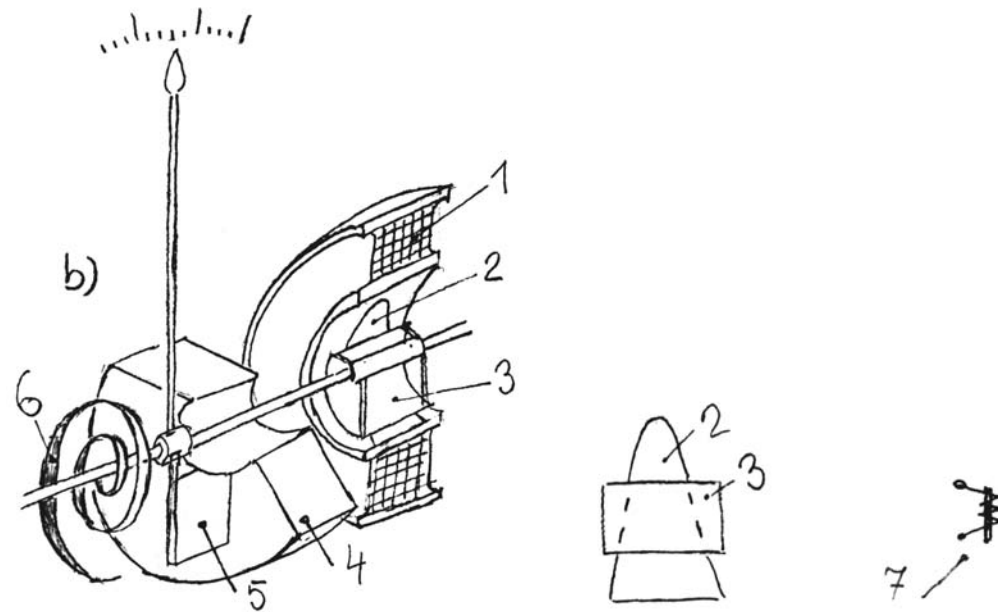


# Elektromagnetický prístroj (1)

- Princíp –  $M_S$  vytvárajú silové účinky pevného vodiča (cievky) pretekaného meraným prúdom na pohyblivé feromagnetikum



1 – cievka, 2 – pevný pliešok, 3 – otočný pliešok, 4 – tlmiaca komôrka, 5 – tlmiace krídielko ( $M_b$ ), 6 – direktívna špirála (len  $M_d$ ), 7 – značka prístroja

## Elektromagnetický prístroj (2)

- $E_{EMP} = \frac{1}{2} Li^2$
- $m_s = \frac{dE_{EMP}}{d\beta} = \frac{1}{2} \frac{dL}{d\beta} \cdot i^2$
- $M_s = \frac{1}{T} \int_0^T m_s dt = \frac{1}{2} \frac{dL}{d\beta} \cdot I^2$  (ef. hodnota)
- meranie efektívnej hodnoty  $I$ , resp.  $U$
- nelineárna stupnica
- linearizácia (čiastočná) – tvarom plieškov
- skratový ampérmeter – stupnica zhustená na konci

## **Elektromagnetický prístroj (3)**

- **zmena rozsahov**
  - **A-metre: cievka delená na sekcie**  
    **prepínanie sekcií sériovo, paralelne .... (1mA až 200A)**
  - **V-metre: predradné odpory (65 V– 600 V)**
  - **nad 200 A – MTP**
  - **nad 600 V – MTN**
- **vlastná spotreba**
  - **A-meter 0,3 až 1 W**
  - **V-meter 3 až 20 W**

## **Elektromagnetický prístroj (4)**

- **Prídavné chyby**

- **jednosmerná (hysteréza)**

- **frekvenčná: menšia u A-metrov**

- väčšia u V-metrov**

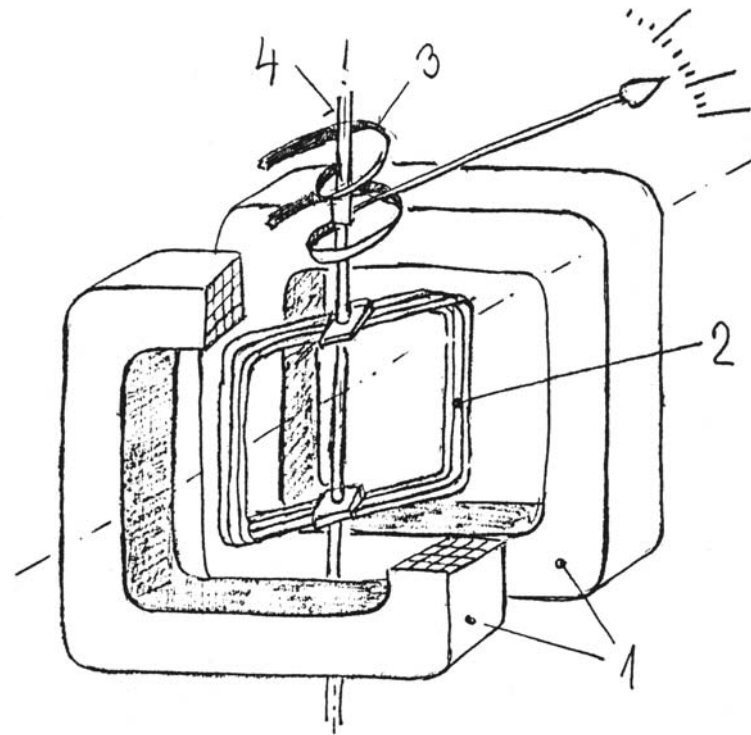
- A-metre do 3 kHz, V-metre do 50-60 Hz**

- **cudzie magnetické pole (pretože vlastné pole prístroje je slabé), tienenie**

- **teplotná chyba – malá (A), väčšia (V)**

## Elektrodynamický prístroj (1)

- Princíp – na vytvorenie momentu systému sa využívajú silové účinky medzi pevným (cievka) a pohyblivým (cievka) vodičom



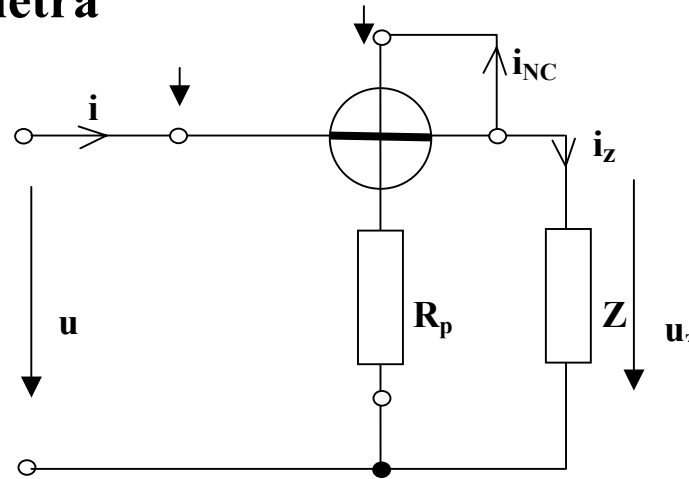
1 – pevné cievky, 2 – otočná cievka, 3 – direktívne špirálky, 4 – oska alebo napnuté vlákna

## Elektrodynamický prístroj (2)

- $E_{EMP} = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 \pm M i_1 i_2$
- $m_s = \frac{dE_{EMP}}{d\beta} = \pm \frac{dM}{d\beta} \cdot i_1 i_2 \quad \left( \frac{dL_1}{d\beta} = \frac{dL_2}{d\beta} = 0 \right)$
- $M_s = \frac{1}{2} \int_0^T m_s dt = \pm \frac{dM}{d\beta} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T i_1 i_2 dt$
- $i_1 = I_{10}, i_2 = I_{20}$  (DC prúdy)  $\Rightarrow M_s = \frac{dM}{d\beta} I_{10} \cdot I_{20} = K \cdot P$  (DC)
- $\left. \begin{array}{l} i_1 = \sqrt{2} I_1 \cos(\omega t + \varphi) \\ i_2 = \sqrt{2} I_2 \cos \omega t \end{array} \right\} M_s = \frac{dM}{d\beta} I_1 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi = K \cdot P$  (AC)
- najčastejšie použitie – wattmeter
- ustálený stav  $M_s = M_d; K \cdot P = K_d \cdot \beta_u \Rightarrow \beta_u = K_1 \cdot P$

# Elektrodynamický prístroj (3)

- zapojenie wattmetra



$$i \sim i_{PC}$$

$$u \sim i_{NC}$$

$$u_{NC} = u_z \doteq u$$

- $M_s = \frac{dM}{d\beta} \cdot \frac{1}{T_0} \int u \cdot i dt = K \cdot P$  ( $P$  – činný výkon)

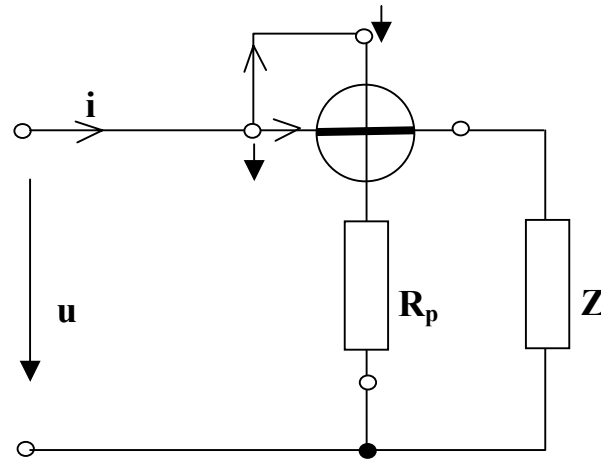
- $i = i_z + i_{NC}, \quad u_{NC} = u_z$

$$P_w = P_z + P_{NC} = P_z + \frac{U^2}{R_p} \quad \text{korekcia rádove } 10^{\circ}\text{w}$$

- $\delta = \frac{P_w - P_z}{P_z} \cdot 100 = \frac{P_{NC}}{P_z} \cdot 100$

# Elektrodynamický prístroj (4)

- iné zapojenie



$$i_{PC} = i_Z$$

$$u_Z = u_{NC} + u_{PC}$$

- $P_w = P_z + P_{PC} = P_z + R_A I_z^2$  (korekcia rádove  $10^{-1}w$ )

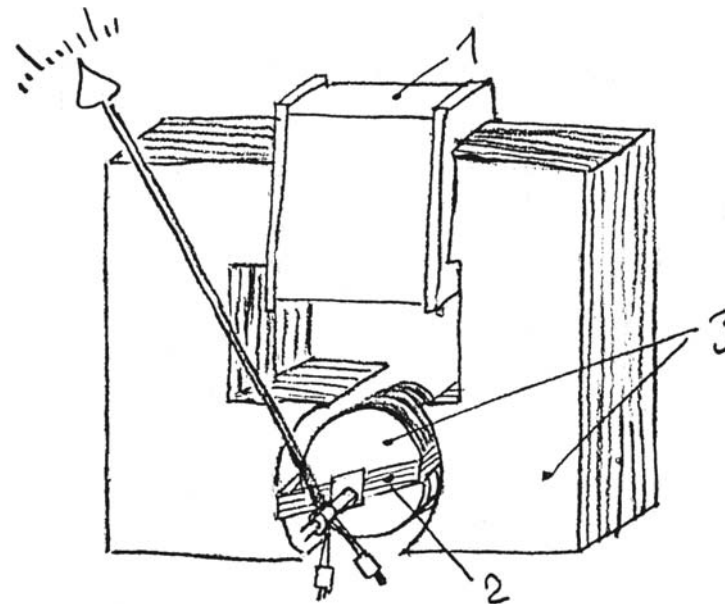


## Elektrodynamický prístroj (5)

- zmena rozsahov:
  - napät'ový predradnými odpormi (65 až 750 V)
  - prúdový – sériovou a paralelnou kombináciou sekcií prúdovej cievky (0,1 až 25 A)
- preťažiteľnosť – napät'ová 20 %
  - prúdová 100 %
- prídavné chyby
  - teplotná (kompenzácia)
  - frekvenčná a fázová (kompenzácia)
  - cudzie mag. polia (tienenie, rovnaká frekvencia ako  $i_1(t)$  a  $i_2(t)$  )
- elektrodynamický ampérmeter a voltmeter (sériové zapojenie cievok  $L_1$ ,  $L_2$ )
- ciachovanie DC prúdom a napätím

## Ferodynamický prístroj (1)

- princíp – podobný elektrodynamickému prístroju
- cievky však majú feromagnetické jadrá
- konštrukčne podobný magnetoelektrickému prístroju
- použitie: W-metre (len AC veličiny)



1 – pevná cievka, 2 – otočná cievka, 3 – magnetický obvod

## Rezonančný prístroj (jazýčkový kmitomer)

- princíp – mechanická rezonancia systému jazýčkov s frekvenciou prúdu
- meranie frekvencie striedavého prúdu

$$\square E_{EMP} = \frac{1}{2} Li^2 \Rightarrow F = \frac{dE_{EMP}}{dx} = \frac{1}{2} \frac{dL}{dx} \cdot i^2$$

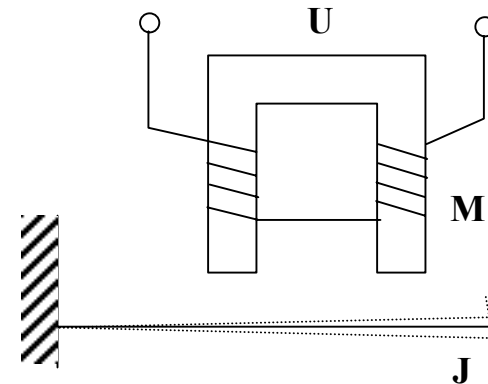
- F prít'azlivá sila

$$\square i = I_m \cdot \cos \omega t \Rightarrow F(t) = \frac{1}{2} \frac{dL}{dx} I_m^2 (1 + \cos 2\omega t)$$

$$\square F(t) \sim 2\omega$$

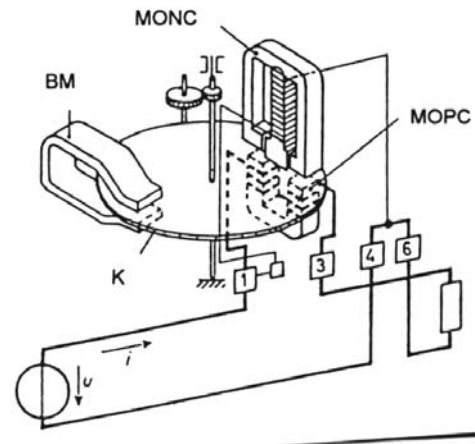
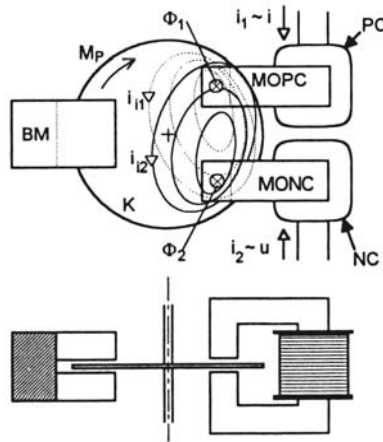
□ úpravou magnetického obvodu  $F(t) \sim \omega$

□ rozsah 15 až 1500 Hz, tr. presnosti 0,5 (0,2)



# Indukčný prístroj (1)

- Princíp: hliníkový kotúč je otočne umiestnený vo vzduchovej medzere dvoch elektromagnetov
- vírivé prúdy indukované v kotúči spoločne s magnetickými poľami oboch elektromagnetov vytvárajú pohybový moment



## Indukčný prístroj (2)

- $i_1, i_2$  – harmonické prúdy
- $M_S = k' \cdot \omega \cdot \phi_{1m} \cdot \phi_{2m} \cdot \sin \psi \approx k \cdot \omega \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot \sin \psi$
- $k', k$  – konštanty

$\phi_{1m}, \phi_{2m}$  – max. hodnoty magnetických elektromagnetov

$\psi$  - fázový posun prúdov  $I_1, I_2$

$I_1, I_2$  - efektívne hodnoty prúdov

$\omega$  - kruhová frekvencia

- aplikácia – hlavne ako elektromer (práca, energia)
- ide vlastne o integračný wattmeter

- $\phi_{1m} \sim U_z, \phi_{2m} \sim I_z, \sin \psi = \cos \varphi_z$   $U_z \cdot I_z \cdot \cos \varphi_z = P_z$

- $\Delta W = k_{wh} \cdot \Delta N = \int_0^{t_1} u_z \cdot i_z dt$

$k_{wh}$  – konšt. elektromeru,  $\Delta N$  – otáčky (zmena)

## Elektrostatické přístroje

- $E_{EMP} = \frac{1}{2} C u^2$
- $m_s = \frac{dE_{EMP}}{d\beta} = \frac{1}{2} \frac{dC}{d\beta} \cdot u^2$
- $M_S = \frac{I}{T} \int_0^T m_s dt = \frac{1}{2} \frac{dC}{d\beta} \cdot U^2$  (ef. hodnota –  $U$ )
  
- **vlastnosti – nevplývají cudzie magnetické polia**
  - frekvenčný rozsah 10 MHz
  - malá spotreba
  - ciachovanie DC veličinami
  - meriame  $U, I, P$  (DC aj AC) (harmonické aj neharmonické)

## Pomerové přístroje

- $M_d = 0$
- $M_{S1} + M_{S2} = 0$