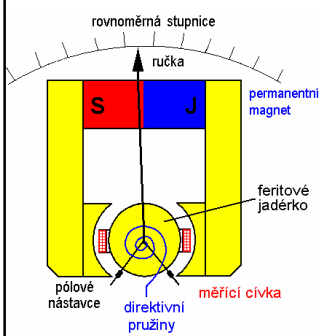


Elektromechanické měřicí soustavy

Magnetoelektrická měřicí soustava

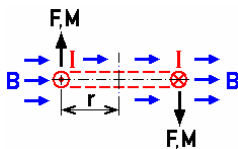


Základem měřicí soustavy je cívka otáčející se v magnetickém poli permanentního magnetu. Umístění měřicí cívky v konstantní vzduchové mezeře mezi otočným feritovým válečkem a pólovými nástavci umožňuje dosažení konstantní magnetické indukce a tím i rovnoměrné stupnice.

Direktivní pružiny působí proti pohybovému momentu měřicí soustavy. Při opačné polaritě proudu se soustava otáčí na druhou stranu.



Princip magnetoelektrické soustavy



Na vodiče vinutí působí síla
 $F = B \cdot I \cdot l$
 Kde: B – magnetická indukce
 I – protékající proud
 l – délka závitu vinutí
 Výsledný pohybový moment:
 $M = 2 \cdot N \cdot r \cdot F$
 Kde: N – počet závitů
 r – poloměr vinutí

Pohybový moment soustavy:

$$M_p = k \cdot I$$

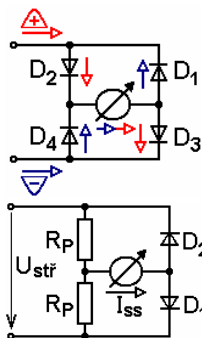
k – konstanta přístroje

⇒ přístroj má rovnoměrnou stupnici a rozezná polaritu

Vlastnosti magnetoelektrické měřicí soustavy

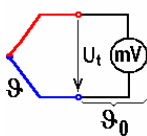
- nejrozšířenější elektromechanická měřicí soustava
- jako jediná rozezná polaritu
- vysoká citlivost v řádu μA (ampérmetry) a mV (voltmetry)
- velká přesnost – třída přesnosti až 0,05% (z rozsahu)
- malá vlastní spotřeba – typický vnitřní odpor voltmetrů 1 až $10\text{k}\Omega/\text{V}$
- rozsah měření proudu se mění bočníky
- pro změnu rozsahu měření napětí se používají předřadníky
- soustavu lze dále použít k měření odporu a kapacity, ale výrazně klesá přesnost měření
- v provedení poměrového přístroje (2 otočné cívky) lze přesně měřit i odpory
- nejvýznamnějším rušivým vlivem je teplota, kdy výrazně roste odpor vinutí \Rightarrow mění se úbytek napětí na ampérmetru
- magnetické pole měřicí soustavy je silné a proto lze použít magnetické tlumení výchylky

Magnetoelektrická soustava s usměrňovačem



Přístroj měří střední hodnotu, ale stupnice je kalibrována v efektivních hodnotách sinusového průběhu.
 Nelinearita V-A char. diody neumožňuje měřit malá napětí, minimální rozsah je 2,4 až 3V
 Stupnice je hlavně na počátku velmi nelineární Minimální proudový rozsah cca 1mA.
 Rozsah měřených kmitočtů 10 až 20kHz
 U voltmetrů se používá poloviční můstek, který umožňuje dosažení lineárnějšího průběhu stupnice.

Magnetoelektrická soustava s termočlánkem



Termoelektrické napětí vzniká na studených koncích 2 vhodných kovů (např. platina – měď) jejichž vodivý spoj je vystaven vyšší teplotě.

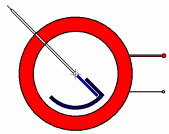
Vniklé napětí je úměrné rozdílu teplot studených a teplých konců.

U měřících přístrojů je spoj zahříván pomocným rezistorem, kterým protéká měřený proud.

Užití pro měření napětí, ale hlavně proudu v rozsahu 0,1 až 100 A
 Vlastnosti:

- měří efektivní hodnotu proudu (napětí) až do kmitočtů 1MHz
- malá přetížitelnost 1,2 až $2I_N$ – na zničení je citlivý „topný“ rezistor
- menší přesnost – typicky 1, 5%
- velká vlastní spotřeba (až 10W při 100A)

Elektromagnetická soustava



Přístroje využívají odpudivé síly mezi dvěma souhlasně zmagnetovanými plíšky umístěnými v magnetickém poli pevné cívky.

Pohybový moment

$$M_p = k \cdot I^2$$

Zvláště na počátku je stupnice značně nelineární, linearizace stupnice se dosahuje tvarem plíšků.

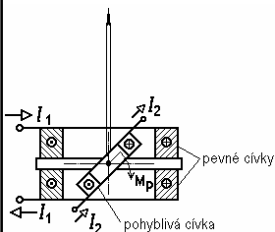


Rozsah měření proudu se mění odbočkami z vinutí, kdy pro dosažení plné výchylky je dosažena stejná hodnota součinu proudu a počtu závitů \Rightarrow vytvoří se stejný magnetický tok $\Phi \approx N \cdot I$

Vlastnosti elektromagnetické soustavy

- měří efektivní hodnoty
- běžný rozsah měření:
 - proudů je 1,0 až 100 A
 - napětí do 600 V
- větší spotřeba (od 10mVA až po 1VA)
 - vnitřní odpor voltmetrů stovky Ω/V
- přesnost je nižší (běžně třída přesnosti 0,5 až 1%)
- jednoduchá a levná soustava
- odolná soustava s velkou přetížitelností
- kmitočet měřených proudů (*napětí*) je omezen na několik set Hz – vyznačeno na přístroji,
- vnitřní magnetické pole je slabé, proto se přístroje opatřují stíněním

Elektrodynamická soustava



Soustava využívá silových účinků proudů mezi pevnou a pohyblivou měřicí cívkou

Pohybový moment je úměrný okamžitému součinu měřených proudů:

$$M_p = k \cdot I_1 \cdot I_2$$

Přístroj měří efektivní hodnoty

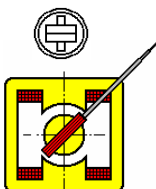
Soustava se používá jako voltmetr, ampérmetr a hlavně jako wattmetr

V poměrovém provedení (dvě na sebe kolmé pohyblivé cívky) lze měřit kmitočet a účinník ($\cos\varphi$)

Vlastnosti elektrodynamické soustavy

- měří efektivní hodnoty
- velká spotřeba hlavně napěťové cívky wattmetru
 - vnitřní odpor voltmetrů desítky až stovky Ω/V
- dobrá přesnost:
 - od 0,1% u laboratorních
 - od 0,5% u běžných
- vnitřní magnetické pole je slabé, proto se přístroje opatřují stíněním
- kmitočet měřených veličin je omezen na několik set Hz
- přetížitelnost:
 - pohyblivá - napěťová cívka max. $2U_N$
 - proudová až $10I_N$
- změna proudového rozsahu se provádí různým řazením stejných částí pevné cívky – pro malé proudy se cívky řadí sériově, pro velké proudy se cívky řadí paralelně

Ferodynamická soustava

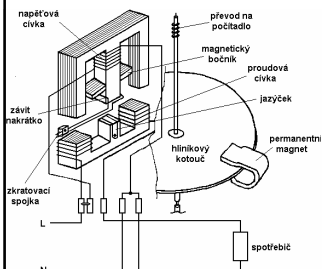


= elektrodynamická soustava
doplněná o magnetický obvod
- používá se pouze jako střídavý wattmetr

Magnetický obvod:

- omezuje rozsah měření na průmyslové kmitočty (50 a 60Hz)
- snižuje rušivý vliv magnetických polí
- magnetická hystereze zkresluje výsledky stejnosměrných měření \Rightarrow lze použít pouze pro střídavé veličiny
- zvyšuje točivý moment \Rightarrow lze použít u záznamových přístrojů se zápisem na papír
- snižuje přesnost na 0,5 až 1%
- snižuje spotřebu – proud pohyblivou (napěťovou) cívkou

Indukční soustava

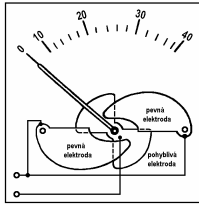


Používána se v elektroměrech
Proudy v napěťové a proudové cívkě indukují napětí v hliníkovém kotouči.
Následně kotoučem protékají proudy jejichž část protéká pod druhou cívkou, čímž vytvoří sílu otáčející kotoučem.
Aby rychlost otáčení byla úměrná výkonu je kotouč brzděn permanentním magnetem.
Spotřebovaná energie je zaznamenána počítadlem.

Vlastnosti:

- malá přesnost – obvykle 1 až 3 % z hodnoty
- velká vlastní spotřeba – i více jak 10VA
- silné vlastní magnetické pole \Rightarrow vysoká odolnost vůči vnějším vlivům
- velká přetížitelnost – trvale min 2x, krátkodobě nejméně 10x

Elektrostatická soustava



Využívá silových účinků mezi 2 opačně nabitými deskami, které se elektrostatickými silami přitahují



Vlastnosti:

- umožňuje měření pouze větších a velkých stejnosměrných i střídavých napětí
- měří efektivní hodnotu napětí
- téměř nulová vlastní spotřeba – vysoký vnitřní odpor
- použitelné pro měření vyšších napětí v řádu desítek – stovek V
