

Elektrická práce (energie) za určitý časový interval T se rovna integrálu elektrického výkonu

$$W = \int_0^T P dt$$

Pro měření elektrické práce se používají integrační přístroje – elektroměry.

Moderní elektronické elektroměry používají součet měření výkonu za časová kvanta. Při zavedení minimálního časového úseku Δt – kvanta (například $\Delta t = 1 \text{ s}$), ve kterém se bude měřit příkon, lze práci vyjádřit:

$$W = \sum_{k=1}^n P_k \Delta t \quad \text{pro počet časových kvant bude platit:} \quad n = \frac{T}{\Delta t}$$

Analogový (elektromechanický) elektroměr je v podstatě o wattmetr bez direktivních pružin s ústrojím pracujícím na rovnováze pohybového a brzdícího momentu.

Elektroměry se dělí podle druhu měřeného proudu na:

- elektroměry pro stejnosměrný proud,
- elektroměry pro střídavý proud.

Střídavé elektroměry se dělí podle počtu měřících ústrojí na:

- jednofázové,
- trojfázové.

Střídavé elektroměry se dělí podle měřené práce na:

- elektroměry pro měření činné práce,
- elektroměry pro měření jalové práce,
- elektroměry pro měření zdánlivé práce.

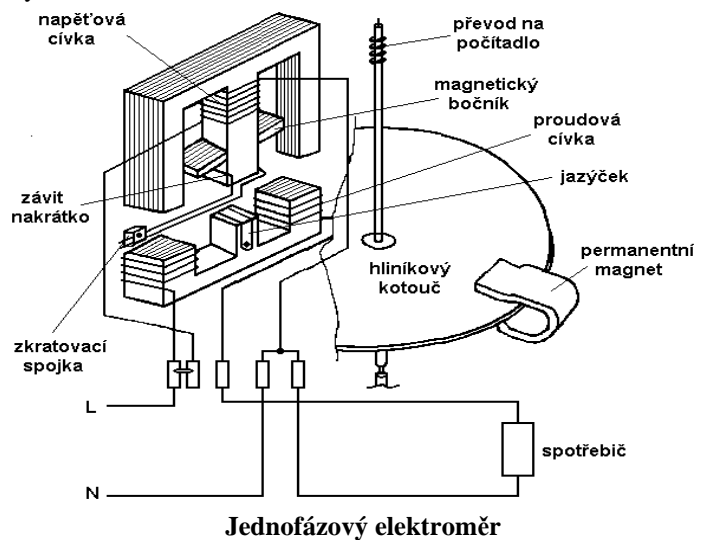
Elektroměry pro stejnosměrný proud

Elektroměr používá elektrodynamické měřící ústrojí. Pevná proudová cívka vytváří magnetické pole, ve kterém se nachází otočná soustava napět'ových cívek napájená přes komutátor (konstrukce je obdobná jako u stejnosměrného derivačního motoru). Proud napět'ové cívky je omezen předřadným odporem. Otáčející se napět'ová cívka pohání na hřídeli upevněný hliníkový kotouč. Otáčení kotouče je tlumeno vířivými proudy indukovanými pod permanentním magnetem. Otočné ústrojí je spojeno s mechanickým počítadlem. Tento přístroj se někdy nazývá wattodinovým elektroměrem. Třecí momenty jsou kompenzovány přídatnou pevnou cívkou zapojenou do série s otočnou cívkou (kotvou).

Dnes se již tyto přístroje nepoužívají, tak jako se již nepoužívají stejnosměrné distribuční sítě. Ve střídavých obvodech se elektrodynamické elektroměry používají pouze při měřeních, kde má proud značný obsah vyšších harmonických, které nelze dobře měřit indukčními elektroměry.

Elektromechanické elektroměry pro měření činné práce

- používají indukční měřící soustavu,
- zapojení je obdobné zapojení wattmetru \Rightarrow elektroměr má napět'ovou a proudovou cívku,
- napět'ová cívka o velmi velkém činném odporu umístěná na středním sloupku napět'ového magnetického jádra je připojena mezi fázový vodič (L1) a střední vodič (N) – vytvoří v magnetický tok procházející vzduchovou mezerou s hliníkovým kotoučem,
- proudová cívka umístěná na krajních sloupcích magnetického jádra je zapojená do série se zátěží budí magnetický obvod na opačné straně hliníkového kotouče,
- harmonické (střídavé) magnetické toky napět'ové a proudové cívky indukují v hliníkovém kotouči napětí – následně kotoučem protékají proudy, část těchto toků protéká v magnetickém poli druhé cívky a na kotouč začne působit síla ($F=B.I.l$), která vytvoří točivý moment otáčející kotoučem,
- aby se kotouč po roztočení neotáčel i při nulové hodnotě měřeného proudu je otáčení kotouče tlumeno podkovovitým permanentním magnetem – v otáčejícím se kotouči se indukuje napětí, následně protéká proud a vzniklá síla tlumí otáčení kotouče,
- přesné nastavení elektroměru se provádí magnetickými bočníky a změnou odporu závitu nakrátko,
- pro usnadnění rozběhu při malých zatíženích (kompenzující tření) se na magnetický obvod proudového jádra vybavuje jazýčkem zvyšujícím nesouměrnost toku napět'ového jádra,
- hřídel kotouče pohání počítadlo,
- u více sazbových elektroměrů je použit elektromagnet přepínající pohon z převodového ústrojí na jednotlivá počítadla.



Jednofázový elektroměr

Vlastnosti indukčních elektroměrů:

- velká krátkodobá proudová přetížitelnost (po dobu 0,5 s) musí elektroměr snést:
 - 30 násobek jmenovitého proudu pro rozsahy do 10 A,
 - 20 násobek jmenovitého proudu pro rozsahy nad 10 A,
- dlouhodobá proudová přetížitelnost je nejméně 1,25, je-li větší udává se na štítku, obvyklá hodnota je 2
- velká vlastní spotřeba 15 až 20 VA,
- pracují pouze s kmitočtem 50 Hz,
- zanedbatelný vliv cizích magnetických polí – vlastní magnetické pole je silné,
- velký rozsah pracovních teplot – teplotní závislost je kompenzována změnou tření
- chyba měření je 2 až 2,5 % u běžných elektroměrů u elektroměrů pro měření velkých odběrů může být i 0,2 %,
- normalizované zapojení svorkovnic elektroměrů.

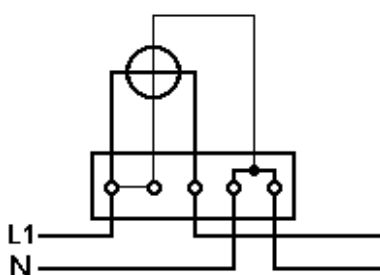
Pracovní podmínky indukčních elektroměrů:

- teplota od - 5°C do 40°C,
- svislá poloha,
- nadmořská výšky do 1 000m,
- ochrana proti dešti a slunečnímu záření,
- svorkovnice musí být zakryta krytem umožňující zaplombování

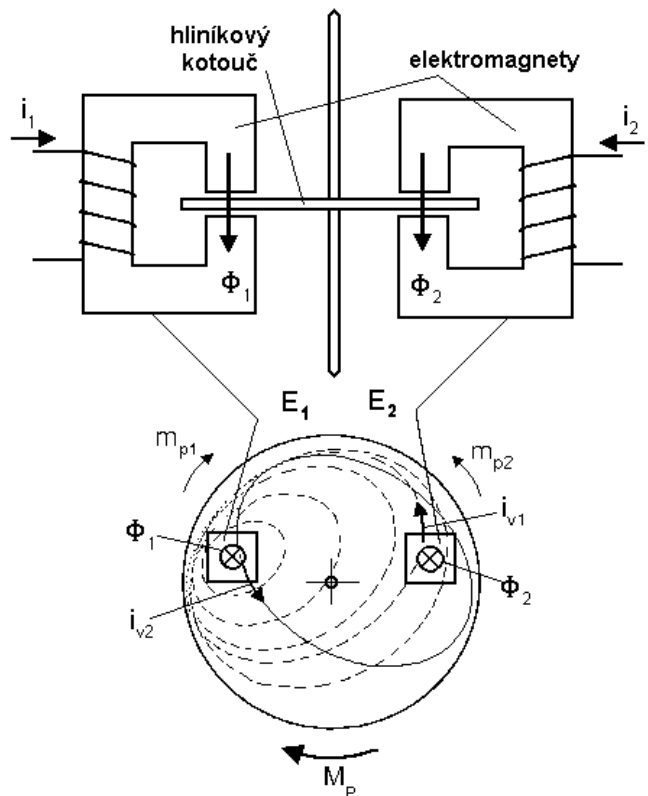
Pro měření spotřeby elektrické energie u maloodběratelů se nejčastěji vyrábí elektroměry s napěťovým rozsahem 230 V nebo 400 V a proudovými rozsahy 5, 10 a 40 A.

Štítek elektroměru obsahuje:

- jméno a sídlo výrobce,
- typ,
- výrobní číslo,
- rok výroby,
- jmenovité napětí,
- jmenovitý proud,
- maximální proud,
- jmenovitý kmitočet,
- konstantu elektroměru – 360 ot/kWh,
- směr otáčení kotouče,
- kapacitu počítacího strojku,
- třída přesnosti – je číslo v kroužku,
- druh elektroměru – počet měřicích soustav,



Zapojení jednofázového elektroměru

**Princip indukční měřicí soustavy**

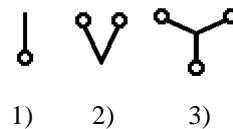
i_{v1} – vířivý proud vybuzený tokem Φ_1 ,

i_{v2} – vířivý proud vybuzený tokem Φ_2 ,

m_{p1} – pohybový moment vzniklý působením proudu i_{v1} a toku Φ_2 ,

m_{p2} – pohybový moment vzniklý působením proudu i_{v2} a toku Φ_1 ,

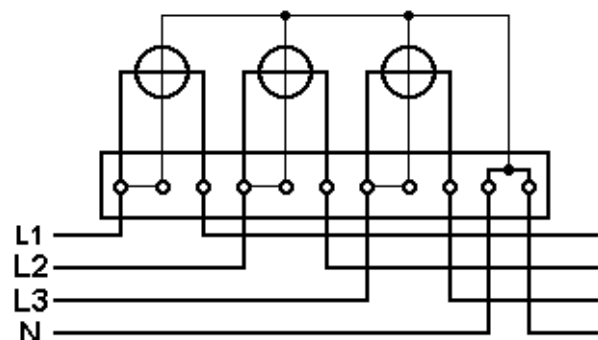
M_p – výsledný pohybový moment



1) 2) 3)

Značky počtu měřicích ústrojí elektroměrů

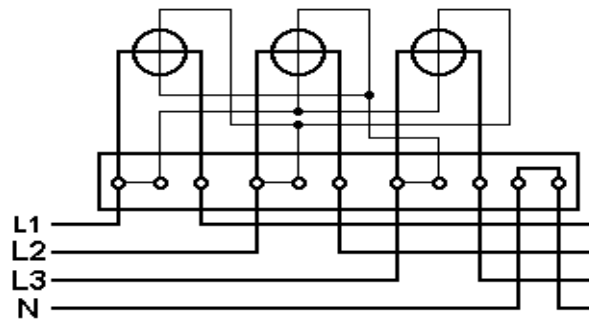
- 1) jedno měřicí ústrojí,
- 2) dvě měřicí ústrojí,
- 3) tři měřicí ústrojí



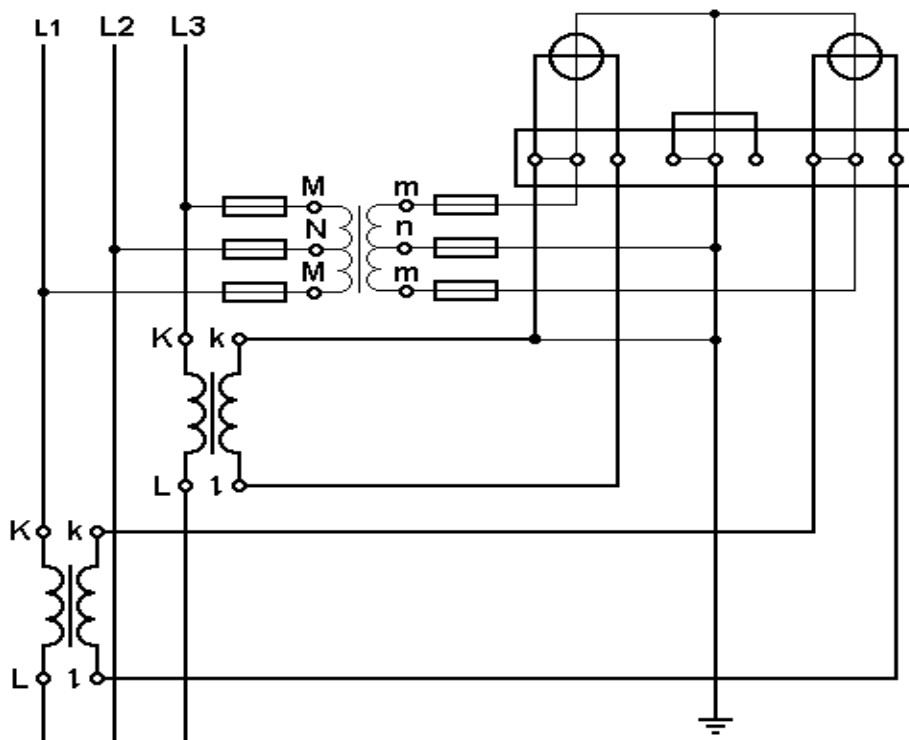
Zapojení trojfázového elektroměru

Elektroměry pro měření jalové práce

- pro měření jalové práce se používá odlišné zapojení běžných trojfázových elektroměrů,



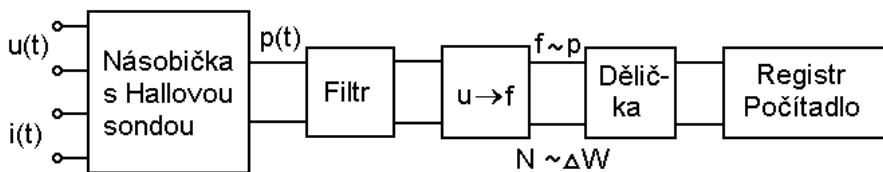
Zapojení trojfázového elektroměru
pro měření jalové práce



Zapojení elektroměru pro vysoké napětí pro měření činného výkonu
– obdoba Aronova zapojení

Elektronické elektroměry

Klasické elektroměry jsou dnes nahrazovány *elektronickými elektroměry*. Jejich hlavní výhodou je širší kmitočtové pásmo a navíc umožňují měřit spotřebu elektrické energie i v případě průběhů s nenulovou stejnosměrnou složkou. U indukčního elektroměru se využívá indukovaného napětí (proudu) vytvořeného změnou proudu protékajícího měřicí cívku, stejnosměrná složka proudu však nezpůsobí změnu magnetického toku, proto její výkon nelze měřit.

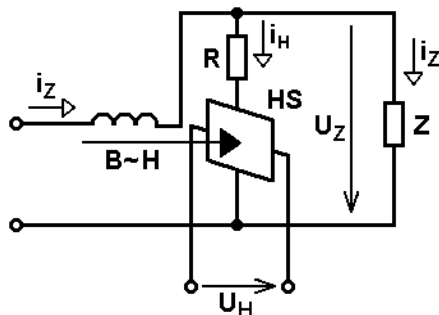


Blokové schéma elektronického elektroměru.

Hallův jev se vyskytuje v polovodičích, kde vlivem silného magnetického pole jsou elektrony proudu procházejícího kolmo na směr magnetické indukce vychylovány na jednu stranu polovodičové destičky. Důsledkem je vznik elektrického napětí mezi stranami destičky kolmými na směr proudu. Hodnota tohoto napětí je úměrná součinu velikosti proudu procházejícího destičkou a magnetické indukce.

$$U_H = h \frac{BI}{d}$$

kde: h – materiálová konstanta,
 d – tloušťka destičky,
 B – indukce (úměrná měřenému proudu I),
 I – proud procházející destičkou (úměrný měřenému napětí U),



Princip násobičky s Hallovou sondou

Závislost Hallova napětí na součinu B a I je lineární.

Na výstupu násobičky je napětí u_H jehož hodnota je úměrná součinu okamžitých hodnot proudu i_Z a napětí u_Z . Filtr omezuje vyšší harmonické na vstupu do převodníku $U \rightarrow f$. Počet impulsů na výstupu převodníku $U \rightarrow f$ za dobu měření (t_m) odpovídá spotřebě elektrické energie za tuto dobu, jejich frekvence pak okamžitému výkonu. Vzhledem k poměrně vysoké frekvenci těchto impulsů (řádově jednotky kHz) je mezi převodník $U \rightarrow f$ a registrační počítadlo (elektromechanické nebo elektronické) obvykle zařazena číslicová dělička