

## Měření elektrického proudu

Elektrický proud měříme ampérmetrem, který řadíme do série s měřeným obvodem.

Měření proudu začínáme na největší hodnotě rozsahu ampérmetru, postupně snižujeme rozsah na maximální výchylku přístroje. Tento postup dodržujeme při měření analogovým i digitálním přístrojem.

Z analogových soustav se nejčastěji používají soustavy magnetoelektrická a feromagnetická soustava. Vlastní spotřeba ampérmetru je někdy udávána jako úbytek napětí při plné výchylce, obvykle 200 mV nebo 60 mV. U střídavých ampérmetrů s usměrňovačem přesahuje úbytek napětí i více jak 1 V. Odpor mikroampérmetrů dosahuje 100 až 1 000  $\Omega$ , odpor ampérmetrů je velmi malý – desetiny až setiny  $\Omega$ . Úbytek napětí na digitálních ampérmetrech se neudává a může dosáhnout až stovek mV.

Nepřímé měření proudu se realizuje pomocí odporového normálu. Odporový normál zařadíme do série s měřeným obvodem a voltmetrem s velkým vnitřním odporem měříme úbytek napětí na normálu. Proud pak vypočítáme z Ohmova zákona ( $I = \Delta U / R_N$ ). Tento princip se používá k měření velmi malých proudů a současně je základním principem měření proudu používaným u digitálních ampérmetrů.

Zapojením ampérmetru do měřícího obvodu se vždy dopouštíme chyby metody způsobené změnou celkového odporu obvodu. Původní hodnota odporu obvodu zvýší o hodnotu odporu ampérmetru, důsledkem je menší hodnota měřeného proudu – vznik chyby metody přímého měření proudu. Tuto chybu omezíme použitím ampérmetru s co nejmenším vnitřním odporem. V silových obvodech, kde dochází k velkému kolísání napájecího napětí (pro síť 230V je tolerance  $\pm 10\%$ ), se tato chyba obvykle zanedbává.

## Měření střídavých proudů

K měření střídavých proudů jsou vhodné feromagnetické přístroje, které měřící efektivní hodnotu proudu, s běžným rozsahem od 0,1 A do 20 A, maximálně do 200 A.

Magnetoelektrické přístroje s usměrňovačem jsou vhodné pouze měření sinusových průběhů (měří střední hodnotu), pro proudy 0,2 mA až 10 A, současně vykazují malou vlastní spotřebu.

Magnetoelektrické přístroje s termočlánkem jsou vhodné do kmitočtu 1 MHz a pro proudy 0,1 A do stovek A

## Změna rozsahu ampérmetru

### a) bočníkem

- paralelně s měřícím ústrojím s odporem  $R_m$  zapojíme další odpor  $R_b$ , proud se pak rozdělí v obrácené poměru jednotlivých odporů,
- poměrné zvětšení rozsahu:

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

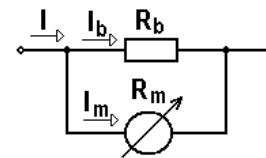
kde:  $I_m$  – proud procházející měřícím ústrojím při maximální výchylce,  
 $I$  – požadovaný rozsah proudu,

- hodnota odporu bočníku:

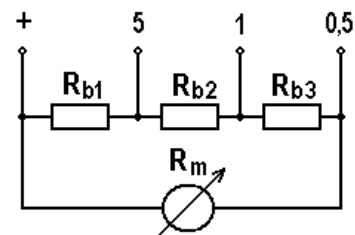
$$R_b = \frac{R_m}{n - 1}$$

kde:  $R_m$  – odpor měřící soustavy,

- zařazování bočníku se provádí přepínačem nebo je přístroj vybaven samostatnými svorkami pro jednotlivé rozsahy proudu.



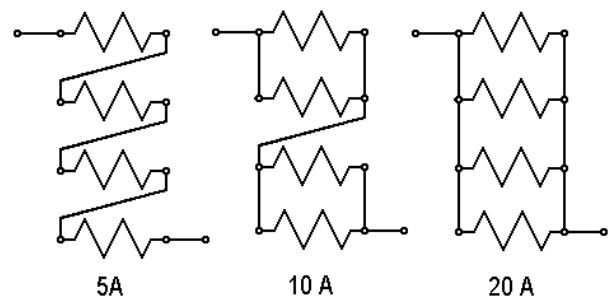
Princip bočníku



Ampérmetr s přepínáním bočníkem

### b) přepínáním části proudové cívky

- užívá se u soustav s pevnou proudovou cívku – feromagnetické, elektrodynamické a ferodynamické,
- změna rozsahu se provádí v poměru 1 : 2 nebo 1 : 2 : 4 podle počtu částí měřící cívky (2 nebo 4) velmi často kličky, které současně umožňují vyřazení (zkratování) měřící cívky při zapínání zátěže, kdy obvodem prochází značně větší proudy než provozní.



Přepínání shodných částí vinutí ampérmetru

## c) změnou počtu závitů měřicí cívky

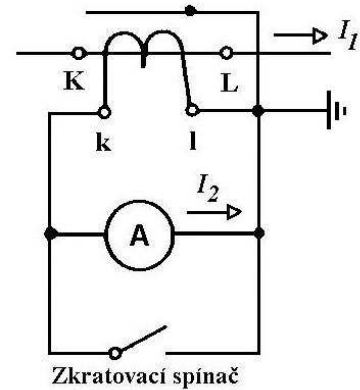
- užívá se u feromagnetických ampérmetrů,
- části cívky určené k měření menších proudů mají i menší průřez vodičů vinutí závitů,
- pro každý rozsah má ampérmetr jinou stupnici,
- pro každý rozsah má přístroj samostatnou svorku.



Odbočky z vinutí ampérmetru

## d) měřícím transformátorem proudu (MTP)

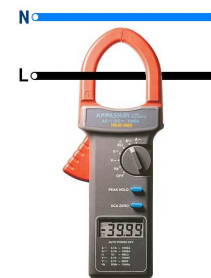
- MTP se používají pro měření velkých střídavých proudů průmyslového kmitočtu 50 Hz
- pro jmenovitý primární proud je sekundární proud 5A,
- **nikdy nesmí pracovat bez zátěže nebo musí být výstup zkratován a sekundární vinutí se nesmí jistit !**
- provedení:
  - a) **tyčové** – vkládá se mezi přívodní vodiče
  - b) **násuvné** – nemá vodič primárního vinutí, ten je nahrazen měřeným vodičem, magnetický obvod má čtvercový tvar
  - c) **prstencové** – od násuvného se odlišuje tvarem magnetického obvodu – toroid
- pro: **nn, vn a vvn**
- výkonové zatížení je standardizováno na 2,5-5-10-1530-60-120 VA,
- třídy přesnosti 0,1-0,2-0,5-1-3 %



Zapojení měřícího transformátoru proudu

## e) klešťové ampérmetry

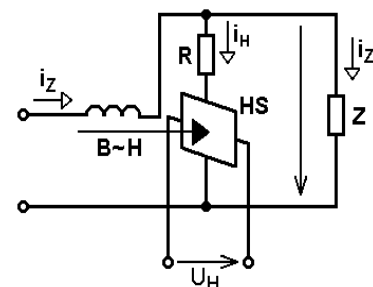
- přenosný přístroj skládají se z měřícího transformátoru proudu obepínající měřený vodič,
- výstupní vinutí je připojeno magnetoelektrický ampérmetr s usměrňovačem,
- změna rozsahu se provádí přepínáním odboček,
- přesnost je malá 2,5% - způsobeno vzduchovou mezerou v magnetickém obvodu,
- v kombinaci s měřením napětí umožňuje měření výkonu.



Digitální klešťový ampérmetr

## f) Hallova sonda

- využívá Hallova jevu, kdy v polovodičové destičce umístěné kolmo na směr magnetické indukce vniká při průchodu stejnosměrné proudu příčné napětí – Hallovo napětí,
- pro Hallovo napětí platí:
 
$$U_H = k \cdot I \cdot B$$
 kde:
  - k – konstanta materiálu - polovodiče,
  - I – stejnosměrný proud protékající destičkou,
  - B – magnetická indukce – úměrná přístrojem měřenému proudu**
- magnetický tok je stejně jako u klešťových ampérmetrů snímán magnetickým obvodem obklopujícím měřený vodič, ve vzduchové mezeře je snímací destička,
- získané Hallovo napětí se zesiluje digitalizuje,
- měří periodické, neperiodické a stejnosměrné proudy v rozsahu od 1 mA do 1 MA,
- přesnost je až 1% a lze užít do kmitočtů až 25 kHz.



Princip měření výkonu Hallovou sondou

## g) digitální ampérmetry

- u klešťového ampérmetru se rozsah mění počtem závitů – použitého měřícího transformátoru
- u digitálních ampérmetrů (multimetrů) se používá nepřímá metoda (Ohmovu) a rozsah se mění změnou hodnoty rezistoru na kterém se měří úbytek napětí