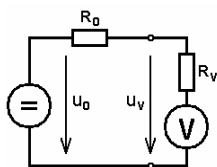


Měření elektrického napětí

Měření elektrického napětí

- napětí měříme voltmetrem
- voltmetr řadíme vždy paralelně k měřenému obvodu
- ideální voltmetr má nekonečný vnitřní odpor
- u analogových měřících soustav se vnitřní odpor mění s rozsahem
- číslicové a elektronické voltmetry mají vnitřní odpor konstantní 1 až 10MΩ nezávislý na použitém rozsahu

Přímé měření napětí voltmetrem



Měřená hodnota napětí :

$$U_V = U_0 - R_0 I_V$$

Absolutní chyba metody :

$$\Delta U_M = U_V - U_0 = -\frac{R_0}{R_0 + R_V} U_0$$

Relativní chyba metody :

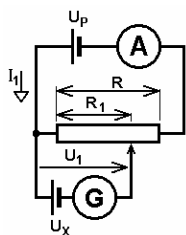
$$\delta_M = -\frac{R_0}{R_0 + R_V} 100$$

- omezený odpor voltmetru (proud voltmetru) způsobí úbytek napětí na vnitřním odporu zdroje - chybu metody
- měřené napětí je nižší než skutečné

Chyba metody přímého měření napětí voltmetrem

- je způsobená malým odporem voltmetru - teoreticky by měl být nekonečný
- proud voltmetru způsobuje úbytek napětí na vnitřním odporu zdroje a přívodních vodičích
- je velká u obvodů s velkým vnitřním odporem napájecího zdroje - některých elektronických obvodů
- lze omezit použitím voltmetru s co největším vnitřním odporem
- při znalosti vnitřního odporu voltmetru lze chybu metody odstranit provedením korekce na $I_V = U/R_V$
- v silových sítích ji lze vždy zanedbat
- u velmi přesných měření stejnosměrných napětí se používají kompenzační metody

Princip kompenzační metody měření napětí



$$U_X = I_1 \cdot R_1$$

- pomocný napájecí zdroj U_p zajišťuje napájení obvodu konstantním proudem I_1 ověřovaným ampérmetrem A
- galvanometr G indikuje rovnost napětí U_x s úbytkem na odporovém normálu

Metoda se používala pro ověřování voltmetrů - místo neznámého zdroje U_x se připojoval napěťový normál Westonův článek (U_N), voltmetr měřil napětí na celém normálovém potenciometru (R) $U_V = U_N \cdot R/R_1$

Analogové voltmetry

Dnes se nejčastěji používá **magnetoelektrická soustava**

Výhody magnetoelektrických voltmetrů:

- rozeznají polaritu
- velký vnitřní odpor 1 až 100 kΩ/V, typicky 5 až 10kΩ/V
⇒ malá vlastní spotřeba
- velký rozsah měření od stovek mV po stovky V
- vysoká přesnost - třída přesnosti až 0,05%
- malá stejnosměrná napětí (od μV do stovek mV) se měří magnetoelektrickými galvanometry
- pro střídavá napětí se používají usměrňovače - přesnost je však přibližně 10x horší a maximální kmitočet 20kHz
- **voltmetr s usměrňovačem neměří efektivní ale střední hodnotu napětí - číselník je v efektivních hodnotách sinusového průběhu !**

Další soustavy - dnes již méně rozšířené

Elektromagnetická

- malý odpor - stovky Ω/V
- velká přesnost - třída přesnosti až 0,2%
- velký vliv magnetických polí
- do 400 Hz

Elektrodynamická

- malý odpor - stovky Ω/V
- velká přesnost - třída přesnosti až 0,2%
- velký vliv magnetických polí
- do 1000 Hz

Elektrostatická

- do 10 MHz
- malá přesnost - třída přesnosti max. 1%
- velký odpor
- velký vliv elektrostatických polí

Elektronické voltmetry

Analogový elektronický voltmetr

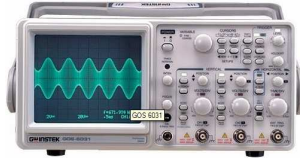
- ručkový přístroj
- velký vstupní odpor 1 $M\Omega$ pro všechny rozsahy
- do 1 MHz
- malá přesnost - třída přesnosti 1 až 3 %



Číslicový voltmetr - multimetr

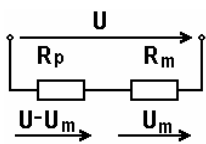
- velká přesnost - chyba čtení i méně než 0,05%, chyba digitalizace 1 až 10 digitů podle rozsahu zobrazení
- velký vstupní odpor obvykle 10 $M\Omega$ (1 $M\Omega$)
- malý kmitočtový rozsah – běžné multimetry pouze 1kHz, lepší maximálně 10 kHz
- menší přesnost u střídavých průběhů pouze desetiny %
- 3x až 5x horší přesnost než na stejnosměrných rozsazích
- skutečnou efektivní hodnotu měří pouze dražší přístroje označené True RMS

Osciloskop



- umožňuje zobrazení průběhu
- velký vstupní odpor - 1 MΩ, se sondou 10 MΩ
- velký kmitočtový rozsah - desítky až stovky MHz
- malá přesnost - chyba napětí až jednotky %
- zobrazení 2 průběhů, u digitálních až 4 průběhů
- většinou měří napětí pouze proti zemi !
- analogový není vhodný pro měření průběhů velmi malých kmitočtů např. 50 Hz
- digitální umožňuje zobrazit jednorázové děje

Změna rozsahu analogového voltmetru



Poměrné zvýšení rozsahu :

$$n = \frac{U}{U_m}$$

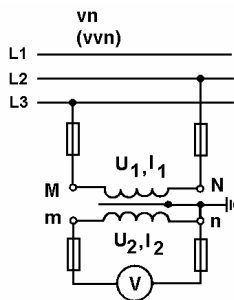
U_m - původní rozsah

U - požadovaný rozsah

Odpor předřadného rezistoru :

$$R_p = R_m (n - 1)$$

Měřicí transformátor napětí



- výstupní napětí 100V sdružených
- výstup i vstup se jistí pojistkami
- z důvodu bezpečnosti se jádro a jedna výstupní svorka spojuje se zemí
- pro průmyslový kmitočet 50 (60) Hz
- zátěž voltmetru, napěťové cívkové wattmetrů a elektroměrů
