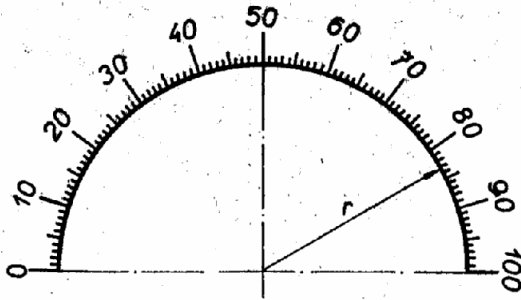


# XI. MĚŘENÍ A MĚŘICÍ PŘÍSTROJE

**Příklad 1.** Stupnice voltmetru s rozsahem do 100 V má být vyznačena na polokružnici podle obr. XI-1. Jaký musí být poloměr stupnice  $r$ , má-li napětí 1 V odpovídat velikost dílku 1 mm?



Obr. XI-1

**Řešení.** Poloměr vypočteme ze vztahu pro délku polokružnice (stupnice):

$$l_s = \frac{2\pi r}{2} = \pi \cdot r = 100 \text{ mm}$$

$$r = \frac{100 \text{ mm}}{\pi} = \frac{100 \text{ mm}}{3,14} \doteq 32 \text{ mm}$$

**Příklad 2.** Na elektroměru je údaj 1 kWh = 3 000 otáček. Vypočtete chybu přístroje v procentech, jestliže bylo při kontrole použito ohmické zatížení při napětí  $U = 120 \text{ V}$  a proudu  $I = 5 \text{ A}$  a kotouč přístroje vykonal 29 otáček za minutu.

**Řešení.** Při daném zatížení spotřebuje zařízení za hodinu elektrickou práci  $A = 120 \text{ V} \cdot 5 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 600 \text{ Wh}$ . Protože při odběru 1 000 Wh vykoná kotouč přístroje 3 000 otáček, vykoná při odběru 600 Wh jen 1 800 otáček za hodinu, tj. 30 otáček za minutu (100 %). Proto

$$x = \frac{29 \cdot 100}{30} = 96,7 \text{ [%]},$$

a chyba přístroje činí  $100 - 96,7 = 3,3 \text{ [%]}$ .

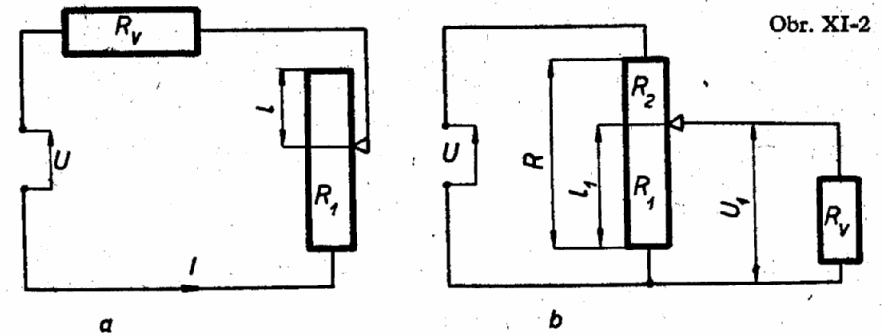
**Příklad 3.** Při měření izolačního odporu kondenzátorovou metodou pokleslo napětí  $U_1 = 220 \text{ V}$  za dobu  $t = 5 \text{ min}$  na polovinu, tj. na  $U_2 = 110 \text{ V}$ . Jak velký je měřený izolační odpor, jestliže kapacita kondenzátoru  $C = 3 \mu\text{F}$ ?

**Řešení.** Pro výpočet izolačního odporu platí vztah

$$R = 86,58 \cdot \frac{t}{C} \text{ [M}\Omega; \text{min, } \mu\text{F]}$$

$$R = 86,58 \cdot \frac{5}{3} = 144,3 \text{ [M}\Omega]$$

**Příklad 4.** Jak velké napětí  $U_1$  registruje potenciometrický snímač D podle schématu na obr. XI-2b, jestliže  $U = 220 \text{ V}$ ,  $R_1 = 25 \Omega$ ,  $R_2 = 75 \Omega$  a výstupní odpor  $R_v = 100 \Omega$ ?



Obr. XI-2

**Řešení.** Celkový odpor potenciometru  $R = R_1 + R_2 = 100 \Omega$ . Pro výpočet napětí  $U_1$  platí tedy vztah:

$$U_1 = \frac{U \cdot R_1}{R + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_v}} = \frac{220 \cdot 25}{100 + \frac{25 \cdot 75}{100}} = 46,3 \text{ [V]}$$

1. Univerzální měřicí přístroj Avomet I (n. p. Metra) má jako voltmetr vnitřní odpor  $R_i = 1 \text{ k}\Omega/\text{V}$ . Jaký proud  $I$  spotřebuje při maximální výchylce, tj. při měření napětí  $U = 600 \text{ V}$ ?
2. Voltmetr s rozsahem 150 V má vnitřní odpor  $500 \Omega/\text{V}$ . Jak velký je celkový vnitřní odpor přístroje?
3. Ampérmetr má rozsah do 10 A, jeho vnitřní odpor je  $0,5 \Omega/\text{A}$ . Jaký výkon  $P$  spotřebuje přístroj při plné výchylce?
4. Stupnice voltmetru má rozsah (číslování) do 500 V, přitom jeden dílek značí 10 V. Jaká musí být celková délka stupnice, má-li jeden dílek měřit 2,5 mm?

5. Stupnice wattmetru v dílky po 10 W je vyznačena na kruhovém obloku s poloměrem  $r = 96 \text{ mm}$  a středovým úhlem  $90^\circ$ . Jak velký bude jeden dílek stupnice, je-li rozsah přístroje 300 W?
6. Pro měření ztrát v měděném vinutí elektrického stroje je třeba zjistit odpor vinutí při teplotě  $t = 75^\circ \text{C}$ . Vypočtete neznámý odpor  $R_2$ , má-li vinutí při  $20^\circ \text{C}$  odpor  $R = 50 \Omega$ .
7. Na štitku elektroměru je údaj  $1 \text{ kWh} = 3\,000$  otáček. Kolik otáček vykoná kotouč přístroje za minutu, měří-li energii dodávanou spotřebičům o celkovém příkonu  $6 \text{ kW}$ ?
8. Na elektroměru je údaj  $10 \text{ A}$ ,  $220 \text{ V}$ ,  $1 \text{ kWh} = 3\,000$  otáček. Jak velký je příkon spotřebiče, jestliže při jeho zapojení na síť koná kotouč elektroměru 50 otáček za minutu?
9. Spotřebič o příkonu  $750 \text{ W}$  je zapojen přes elektroměr s údajem  $1 \text{ kWh} = 3\,000$  otáček. Kolik otáček vykoná kotouč přístroje za 1 s?
10. Při měření izolačního odporu kondenzátorovou metodou pokleslo napětí  $U_1 = 110 \text{ V}$  na  $U_2 = 55 \text{ V}$  za  $t = 300 \text{ s}$ . Jak velký byl měřený odpor  $R$  při kapacitě kondenzátoru  $C = 1 \mu\text{F}$ ?
11. Vypočtete proud  $I$ , který protéká jednoduchým reostatovým snímačem D podle schématu na obr. XI-2a, jestliže  $U = 220 \text{ V}$ ,  $R_1 = 75 \Omega$  a výstupní odpor  $R_0 = 10 \Omega$ . (Použijte Ohmův zákon.)

**Příklad 5.** Ampérmetr má rozsah  $5 \text{ A}$ , jeho stupnice má  $d = 100$  dílků. Jaká je konstanta přístroje?

*Řešení.* Konstanta ampérmetru

$$k_A = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ [A/d]} \quad (\text{tj. 1 dílek značí } 0,05 \text{ A}).$$

**Příklad 6.** Jakou citlivost  $C$  má ampérmetr z předešlého příkladu?

*Řešení.* Citlivost přístroje je převrácená hodnota konstanty, tj.

$$C_A = \frac{1}{k} = \frac{1}{0,05} = 20 \text{ [d/A]}$$

**Příklad 7.** U voltmetru s rozsahem do  $240 \text{ V}$  je pro zvětšení rozsahu použit napěťový transformátor s převodem  $p = 6\,000/100$ . Jaká je konstanta  $k$  přístroje s transformátorem, má-li jeho stupnice 120 dílků? Jaká je hodnota jednoho dílku stupnice při zvětšeném rozsahu?

*Řešení.* Konstanta přístroje s transformátorem

$$k = \frac{U}{d} \cdot p = \frac{240}{120} \cdot \frac{6\,000}{100} = 120 \text{ [V/d]}$$

Při zvětšeném rozsahu voltmetru bude mít dílek stupnice hodnotu

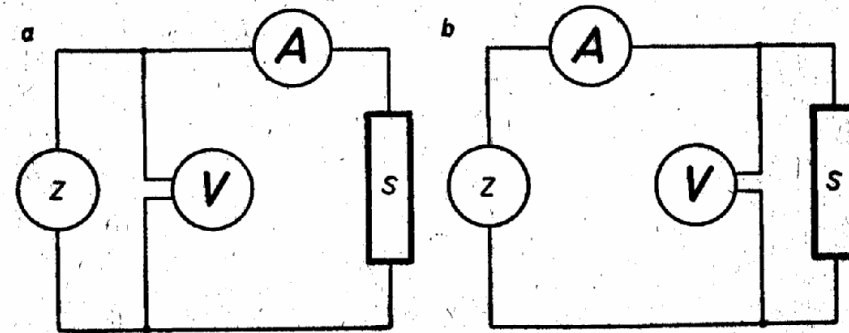
$$\frac{6\,000}{120} = 50,$$

tj. jeden dílek stupnice nahradí 50 dílků původního rozsahu.

*Kontrola:* Před zvětšením rozsahu značil jeden dílek stupnice  $2 \text{ V}$ . Rozsah přístroje se transformátorem zvětšil na  $240 \cdot \frac{6\,000}{100} = 14\,400 \text{ [V]}$ . Připadá tedy

$$\frac{14\,400 \text{ V}}{120 \text{ d}} = 120 \text{ V/d.}$$

**Příklad 8.** Jak velký je skutečný výkon  $P$  zdroje  $Z$  měřený způsobem podle obr. XI-3a, jestliže voltmetr registruje napětí  $U = 12 \text{ V}$  při proudu  $I = 0,25 \text{ A}$  a vnitřní odpor voltmetru  $R_i = 288 \Omega$ ?



Obr. XI-3

*Řešení.* Ampérmetr ukazuje proud zdroje zmenšený o proud procházející voltmetrem. K výkonu zdroje musíme proto připočítat výkon spotřebovaný voltmetrem:

$$P = U \cdot I + \frac{U^2}{R_i} = 12 \cdot 0,25 + \frac{12^2}{288} = 4,5 \text{ [W]}$$

12. Rozsah voltmetru je  $5 \text{ V}$ , jeho stupnice má 120 dílků. Vypočtete konstantu přístroje.

13. Ampérmetr s rozsahem 4 A má stupnici se 120 dílky. Pro zvětšení rozsahu je použit transformátor 150/5 A. Vypočtete výchylku (počet dílků stupnice) při měření proudu  $I = 100$  A.
14. Rozsah ampérmetru je 7,5 A, jeho stupnice má  $d = 150$  dílků. Vypočtete konstantu přístroje, jestliže má pro zvětšení rozsahu transformátor 500/5 A. Jak velký proud je možno přístrojem měřit?
15. Vypočtete konstantu  $k$  wattmetru s napětovým rozsahem 380 V a proudovým rozsahem 3 A, má-li stupnice přístroje  $d = 120$  dílků.
16. Jaký maximální proud  $I$  může měřit ampérmetr s rozsahem 5 A, je-li pro zvětšení rozsahu použit transformátor 500/5 A a stupnice přístroje má  $d = 100$  dílků?
17. Voltmetr má rozsah 120 V a jeho stupnice má 120 dílků. Jaké maximální napětí bude možno přístrojem měřit při použití napětového transformátoru s převodem 10 000/100 V?
18. Jak velký je skutečný výkon  $P$  zdroje měřený způsobem podle obr. XI-3b, jestliže voltmetr registruje napětí  $U = 60$  V při proudu  $I = 1$  A a vnitřní odpor voltmetru  $R_t = 300 \Omega$ ?
19. Wattmetr má napětový rozsah 60 V a proudový rozsah 2 A při  $\cos \varphi = 0,1$ . Vypočtete konstantu  $k$  přístroje, má-li jeho stupnice  $d = 100$  dílků.
20. Stupnice wattmetru má  $d = 150$  dílků, jeho napětový rozsah je 75 V, proudový rozsah 3 A. Jaká je konstanta přístroje při použití měřicího transformátoru s převodem  $p = 150/5$  A?
21. Wattmetr má napětový rozsah 120 V, proudový rozsah 4 A a jeho stupnice má  $d = 120$  dílků. Vypočtete konstantu přístroje, je-li zapojen na měřicí transformátor proudu s převodem  $p_i = 15/5$  A a na měřicí transformátor napětí s převodem  $p_u = 6 000/100$  V.
22. Univerzální měřicí přístroj Avomet II (n. p. Metra) na maximální napětí  $U = 600$  V odečítá při plné výchylce proud  $I = 20 \mu\text{A}$ . Jak velký je vnitřní odpor přístroje na 1 V měřeného napětí?
23. Na zdroj s napětím  $U = 6$  V je v sérii zapojen odpor  $R = 5 \text{ k}\Omega$ , reostat a miliampérmetr s vnitřním odporem  $R_t = 50 \Omega$  a rozsahem do 1 mA. Jak velký odpor musí být nastaven na reostatu, má-li přístroj sloužit jako ohmmetr? (Stanovte nejprve celkový odpor obvodu při plné výchylce.)
24. V proudovém obvodu je zapojen transformátor napětí s převodem  $p_u = 10 000/100$  V a transformátor proudu s převodem  $p_i = 100/5$  A. Vypočtete příkon obvodu, jestliže wattmetr ukazuje 500 W.

**Příklad 9.** Voltmetr s rozsahem do 5 V máme použít pro měření napětí do 100 V. Jak velký musí být předřadný odpor? Vypočtete konstantu přístroje, jestliže jeho vnitřní odpor  $R_t = 1 \text{ k}\Omega$  a stupnice přístroje má  $d = 50$  dílků.

*Řešení.* Výpočet předřadného odporu vyjadřuje zápis:

$$R_p = (n - 1) \cdot R_t = \left( \frac{100}{5} - 1 \right) \cdot 1 000 = 19 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

Konstanta přístroje bez předřadného odporu

$$k_1 = \frac{5}{50} = 0,1 \text{ [V/d]}$$

Konstanta přístroje s předřadným odporem

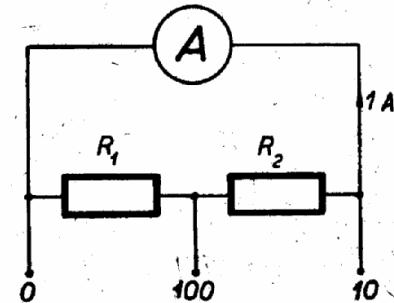
$$k_2 = k_1 \cdot n = 0,1 \cdot 20 = 2 \text{ [V/d]}$$

Výpočty předřadných odporů měřicích přístrojů jsou podrobněji uvedeny v kapitole I.

**Příklad 10.** Ampérmetr má rozsah 1 A a vnitřní odpor  $R_t = 100 \Omega$ . Jak velké musí být odpory  $R_1$  a  $R_2$  podle schématu na obr. XI-4, má-li přístroj umožnit měření proudů  $I_1 = 10$  A a  $I_2 = 100$  A?

*Řešení.* Celková hodnota obou dílčích odporů je vyjádřena zápisem:

$$R_c = \frac{I \cdot R_t}{I_1 - I} = \frac{1 \cdot 100}{10 - 1} = 11,11 \text{ [}\Omega\text{]}$$



Obr. XI-4

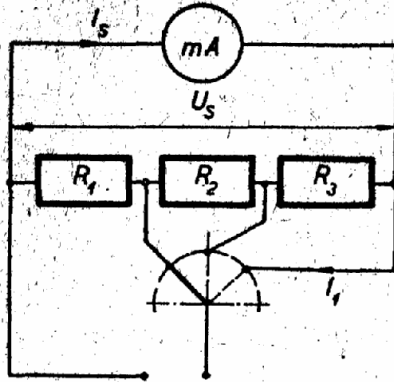
Pro rozsah 100 A má první odpor hodnotu

$$R_1 = \frac{I \cdot (R_c + R_t)}{I_2} = \frac{1 \cdot (11,11 + 100)}{100} = 1,111 \text{ [}\Omega\text{]}$$

Zbývající odpor má tedy hodnotu

$$R_2 = R_c - R_1 = 11,11 \Omega - 1,11 \Omega = 10 \Omega$$

- Příklad 11.** Miliampérmetr s rozsahem do 1 mA a vnitřním odporem  $R_t = 100 \Omega$  má kombinovaný bočník podle schématu na obr. XI-5. Vypočítejte hodnotu odporu  $R_1$ , jestliže součet paralelně zapojených odporů  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$  je  $10 \Omega$  a máme měřit proud  $I_1 = 100$  mA.



Obr. XI-5

**Řešení.** Výpočet zapojeného odporu  $R_1$  vyjadřuje zápis:

$$R_1 = \frac{I \cdot (R_t + R_i)}{I_1} = \frac{1 \cdot (10 + 100)}{100} = 1,1 [\Omega]$$

**Příklad 12.** Měřicí přístroj Avomet II použitý jako střídavý voltmetr má vnitřní odpor  $R_t = 16\,600 \Omega/V$ . Jak velký odpor  $R_x$  má spotřebič zapojený s přístrojem v sérii, jestliže napětí zdroje  $U = 6$  V, přístroj ukazuje napětí 4 V a jeho rozsah je 12 V?

**Řešení.** Při rozsahu 12 V má přístroj celkový vnitřní odpor  $R_t = 16\,600 \cdot 12 = 199\,200 (\Omega)$ . Podle Ohmova zákona platí vztahy:

$$I = \frac{U}{R_x + R_t}, I \cdot R_t = 4 \text{ V}$$

Pro výpočet neznámého odporu platí tedy zápisy:

$$\frac{U}{R_x + R_t} \cdot R_t = 4, \quad \frac{6}{R_x + 199\,200} \cdot 199\,200 = 4$$

$$4 \cdot R_x + 199\,200 \cdot 4 = 6 \cdot 199\,200$$

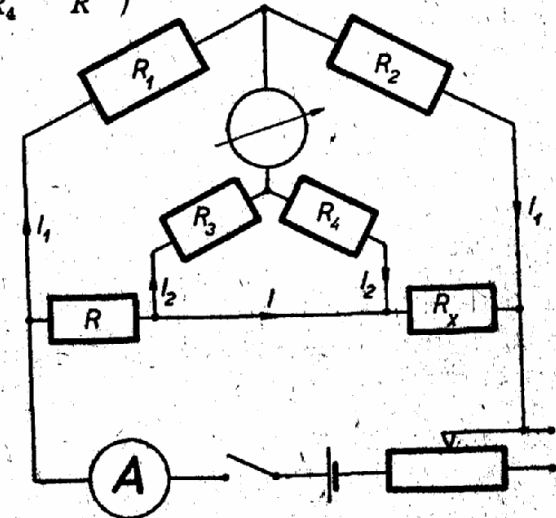
$$4 \cdot R_x = 6 \cdot 199\,200 - 4 \cdot 199\,200$$

$$4 \cdot R_x = 398\,400$$

$$R_x = 99,6 \text{ k}\Omega$$

25. V obvodu třífázového střídavého proudu je zapojen wattmetr přes měřicí transformátory napětí s převodem  $3\,000/100$  a proudu s převodem  $200/5$ . Jak velký je příkon obvodu, jestliže přístroj ukazuje 300 W?

26. Stupnice wattmetru s rozsahem 100 V, 5 A má 100 dílků. Pro zvětšení rozsahu je použit transformátor proudu s převodem  $p_u = 200$  a transformátor napětí s převodem  $p_v = 100$ . Jaký výkon  $P$  měří přístroj, je-li výchylka přístroje 50 dílků?
27. Voltmetr má rozsah 600 V, jeho vnitřní odpor je  $500 \Omega/V$ . Jak velký výkon spotřebuje přístroj při měření napětí  $U = 250$  V? Jaký proud  $I$  teče přístrojem při měření napětí 600 V?
28. Miliampérmetr má rozsah 1 mA a vnitřní odpor  $R_t = 100 \Omega$ . Podle obr. XI-5 vypočítejte odpor  $R_2$  kombinovaného bočníku, má-li být rozsah přístroje zvětšen na 50 mA. Součet paralelně zapojených odporů  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$  je  $10 \Omega$ .
29. Ampérmetr má rozsah do 5 A a jeho odpor  $R = 1 \Omega$ . Vypočítejte odpor bočníku, kterým se má rozsah přístroje zvětšit desetkrát.
30. Voltmetr má rozsah do 5 V, jeho vnitřní odpor  $R_t = 400 \Omega$ . Jak velký předřadný odpor je třeba použít, má-li se rozsah přístroje zvětšit pro měření maximálního napětí 100 V?
31. Pro měření malých odporů se používá Thomsonův můstek podle schématu na obr. XI-6. Jak velký je měřený odpor  $R_x$ , jestliže  $R_1 = R_3 = 100 \Omega$ ,  $R_2 = R_4 = 125 \Omega$  a vložený odpor  $R = 0,002\,5 \Omega$ ?  
(Platí vztah  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = \frac{R_x}{R}$ .)



Obr. XI-6

32. U technického Thomsonova můstku (obr. XI-6) je poměr odporů  $R_3 : R_4 = 2 : 5$ . Jak velký je měřený odpor  $R_x$ , jestliže vložený srovnávací odpor  $R = 0,075 \Omega$ ?

## KAPITOLA XI.

1. 1 mA 2. 75 k $\Omega$  3. 50 W 4. 125 mm 5. 5 mm/10 W 6.  $R_1 = 1,216R =$   
 $= 60,8 \Omega$  7. 300 ot/min 8. 1 kW 9. 0,625 ot/s 10. 432 M $\Omega$  11. 2,59 A  
12. 0,05 V/d 13. 100 dílků 14. 5 A/d, 750 A 15. 9,5 W/d 16. Vypočtete  
 $k$ , 500 A 17. Vypočtete  $k$ , 12 000 V 18. 48 W 19. 0,12 W/d 20. 45 W/d  
21. 720 W/d 22. 50 k $\Omega$ /V 23. 950  $\Omega$  24. 1 MW 25. 360 kW 26. 5 MW  
27. 0,208 W, 2 mA 28. 2,2  $\Omega$  29. 0,111  $\Omega$  30. 7 600  $\Omega$  31. 0,002  $\Omega$   
32. 0,03  $\Omega$