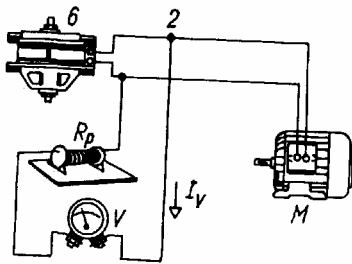


1. Jak velký musí být předřadný odpor  $R$  voltmetru, který má rozsah  $50\text{ V}$  a vnitřní odpor  $R_v = 200\ \Omega$ , chceme-li zvětšit jeho měřicí rozsah na  $300\text{ V}$  (obr. 7.1)?

1.



Obr. 7.1

Měřené svorkové napětí dynama mezi body 1 a 2 je dáno vztahem

$$U = U_p + U_v$$

$$300\text{ V} = U_p + 50\text{ V}$$

$$300\text{ V} = I_v R_p + 50\text{ V}$$

Předřadný odpor je

$$R_p = \frac{300\text{ V} - 50\text{ V}}{I_v}$$

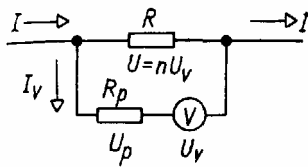
kde  $I_v$  je proud voltmetru při plné výchylce ručky; je dán rovnicí

$$I_v = \frac{U_v}{R_v} = \frac{50}{200}\text{ A} = 0,25\text{ A}$$

$$R_p = \frac{250}{0,25}\ \Omega = 1\ 000\ \Omega$$

Předřadný odpor je obvykle umístěn v jedné skřínce s voltmetrem.

2. Voltmetr má rozsah  $2\text{ V}$  a vnitřní odpor  $R_v = 100\ \Omega$ . Chceme ho použít k měření napětí  $100\text{ V}$ . Jak velký musí být předřadný odpor  $R$ ?



Obr. 7.2

Na obr. 7.2 je schéma, ze kterého je vidět, jak můžeme malým a laciným voltmetrem měřit vyšší napětí na spotřebičích. (V našem případě až do  $100\text{ V}$ .)

Voltmetr snese napětí jen  $2\text{ V}$  a proud

$$I_v = \frac{U_v}{R_v} = \frac{2\text{ V}}{100\ \Omega} = 0,02\text{ A}$$

Připojíme-li voltmetr na vyšší napětí bez předřadného odporu, ručka nemůže ukázat větší výchylku než  $2\text{ V}$  a vzniká nebezpečí, že se přístroj poškodí.

Pro výpočet odporu  $R_v$  můžeme použít vztah odvozený v předcházející úloze nebo můžeme vyjít z úvahy, že zbytek měřeného napětí se musí zmenšit předřadným odporem, tzn.

$$U_p = U - U_v = 100\text{ V} - 2\text{ V} = 98\text{ V}$$

Z Ohmova zákona plyne

$$R_p = \frac{U_p}{I_v} = \frac{98\text{ V}}{0,02\text{ A}} = 4\ 900\ \Omega$$

Velikost předřadného odporu je tedy dána podílem příslušného úbytku napětí a procházejícího proudu ( $I_v$ ) při plné výchylce ručky přístroje.

Jestliže má spotřebič (obr. 7.2) např. poloviční napětí, tzn.  $50\text{ V}$ , bude procházet odpory  $R_p$  a  $R_v$  poloviční proud  $I_v$ , který vychýlí ručku voltmetru do poloviny rozsahu stupnice a na odporu  $R_p$  se ztratí také poloviční napětí (tzn.  $49\text{ V}$ ).

Rozsah se v našem případě zvětšil v poměru  $100\text{ V}/2\text{ V}$ , tedy 50krát.

Zvětšení rozsahu voltmetru je

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

Po rozvedení dostaneme

$$n = \frac{U_p + U_v}{U_v} = \frac{U_p}{U_v} + 1$$

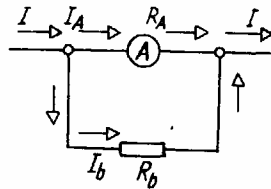
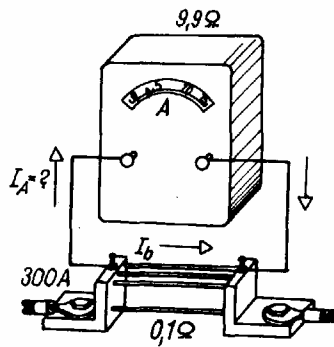
$$n - 1 = \frac{I_v R_p}{I_v R_v}$$

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

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

Vzorec použijeme pro výpočet předřadného odporu  $R$  pro žádané  $n$ -násobné zvětšení rozsahu voltmetru, známe-li jeho odpory  $R_v$ .

3. Ampérmetr podle obr. 7.3 má vnitřní odpor  $R_A = 9,9\Omega$  a jeho bočník má odpor  $0,1\Omega$ . V jakém poměru se rozdělí měřený proud  $300\text{ A}$  v přístroji s bočníkem?



Úlohu vyřešíme pomocí I. Kirchhoffova

$$I = I_A + I_b$$

zákona.  $I_A : I_b = R_b : R_A$

Proud ve vedení je

$$300\text{ A} = I_A + I_b$$

$$I_A : I_b = 0,1 : 9,9$$

Proud  $300\text{ A}$  se rozdělí v převráceném poměru odporů.

$$300\text{ A} = I_A + I_b$$

$$I_A = \frac{1}{99} I_A : I_b = 1 : 99$$

$$300\text{ A} = \frac{1}{99} I_b + I_b$$

$$I_b \left( 1 + \frac{1}{99} \right) = 300\text{ A}$$

$$I_b = \left( \frac{300}{100} \cdot 99 \right) \text{ A}$$

Z druhé rovnice vypočteme proud  $I_A$  a dosadíme do první rovnice.

Proud procházející bočníkem je

$$I_b = 297\text{ A}$$

Proud procházející měřicím přístrojem je

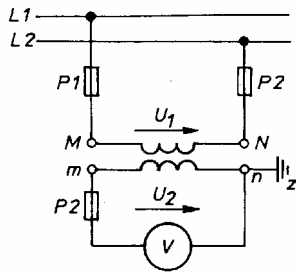
$$I_A = I - I_b = 300\text{ A} - 297\text{ A} = 3\text{ A}$$

Z celkového měřeného proudu projde ampérmetrem proud  $I_A = 3\text{ A}$  a bočníkem projde proud  $I_b = 297\text{ A}$ . Ampérmetr bude mít stupnici na  $300\text{ A}$ , i když výchylka bude způsobena proudem o velikosti jen  $3\text{ A}$ .

Měřený proud  $300\text{ A}$  se rozdělí v nepřímém poměru odporů: kde je větší odpor, tam bude procházet menší proud.

Protože odpor ampérmetru je 99krát větší než odpor bočníku, bude bočníkem procházet 99krát větší proud ( $297 : 3 = 99$ ) než cívkou přístroje.

4. Ručka voltmetru měřicího transformátoru napětí ukazuje 45 V. Určete měřené napětí, jestliže na štítku je uveden převod 10 000/100 (obr. 7.7).



Převod transformátoru je

$$p = \frac{10\,000}{100} = 100$$

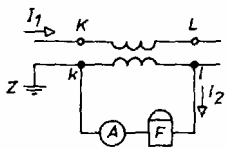
Napětí je

$$U_1 = pU_2 = 100 \cdot 45 \text{ V} = 4,5 \text{ kV}$$

Obr. 7.7

Měřicí transformátor napětí se musí používat u zařízení na vysoké napětí (vn) z bezpečnostních důvodů, přičemž měřicí přístroje jsou vzdáleny od vedení vn. U napětí vyšších než 600V už nelze používat voltmetr s předřadníkem, neboť jeho rozměry i ztráty v něm vznikající by byly značně velké. Proto se používá měřicí transformátor, který má na výstupní straně normalizované měřicí napětí 100V. Výstupní (sekundární) cívka musí být uzemněna vodičem s průřezem alespoň 10 mm<sup>2</sup>. Tak se zamezí možnému vzniku vysokého napětí na výstupní straně (na straně obsluhy) působením kapacity mezi vinutími. Dalším důvodem pro uzemnění je i možnost poruchy izolace v měřicím transformátoru. Výstupní vinutí se nesmí spojit nakrátko, pojistkou P2 se jisti neuzemněný vývod.

5. Ampérmetr měřicího transformátoru proudu ukazuje proud  $I_2 = 3,6 \text{ A}$ . Určete měřený proud, jestliže je na štítku transformátoru uvedeno 1 000/5



Převod měřicího transformátoru proudu je

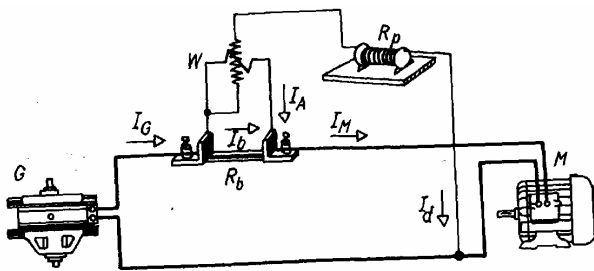
$$p = \frac{1\,000}{5} = 200$$

Měřený proud je  $I_1 = pI_2 = 200 \cdot 3,6 \text{ A} = 720 \text{ A}$

Výstupní vinutí měřicího transformátoru proudu je vlastně spojeno nakrátko cívka ampérmetru a popř. i malými odpory jisticích přístrojů F, které jistí obvod před poruchou. Výstupní obvod nesmí být za provozu rozpojen. Měřený proud  $I_1$ , by svým magnetizačním účinkem způsobit značné zvětšení magnetické indukce v jádru a napětí na rozpojených svorkách k a l výstupního vinutí by se mohlo zvýšit až na několik kilovoltů. Tím byla ohrožena i obsluha, a proto musí být svorka k uzemněna.

Obr. 7.8

6. Proudová cívka wattmetru má bočník o odporu  $R_b$  a napěťová cívka má předřazen odpor  $R$  pro zvětšení rozsahu wattmetru (obr. 7.10). Odpor napěťové cívky  $R$  je 100 a odpor proudové cívky  $R_A$  je 9 Chceme zvětšit rozsah wattmetru stokrát. Vypočítejte předřadný odpor  $R_p$ , odpor bočníku  $R_b$  a celkový proud generátoru  $G$  s napětím  $U = 220\text{V}$ , je-li proud motoru 10A.



Obr. 7.10

Odpor bočníku vypočteme z úměry

Protože  $I_A:I_b = 1:9$  neboli  $I_A+I_b = 10\text{A}$ , je

$$I_b = 10 \text{ A} - 1 \text{ A} = 9 \text{ A}$$

Celkový proud dodávaný generátorem je

$$I_G = I_A + I_b + I_d = I_M + I_d = 10 \text{ A} + 0,22 \text{ A} = 10,22 \text{ A}$$

Rozsah napěťové i proudové cívky musíme zvětšit desetkrát. Velikost předřadného odporu je dána vztahem

$$R_p = (n - 1) R,$$

$$R_p = (10 - 1) \cdot 100 \Omega = 900 \Omega$$

Proud v napěťové cívkce je

$$I_d = \frac{U}{R_v + R_p} = \frac{220}{900 + 100} \text{ A} = 0,22 \text{ A}$$

$$R_b : R_A = I_A : I_b$$

$$R_b = R_A \frac{I_A}{I_b} = 9 \Omega \cdot \frac{1}{9} = 1 \Omega$$

7. Na elektroměru (obr. 7.12) jsme přečetli dva údaje týkající se hodinového svícení žárovky na 220 V o neznámém výkonu. Určete výkon, pro  $U_i$  a odpor žárovky. Údaje elektroměru: na konci hodiny na začátku hodiny

Rozdíl

Rozdíl šesti setin znamená spotřebu 60 W. h.

0016,18 kW. h

0.01612 kW. h

006kW. li

8.