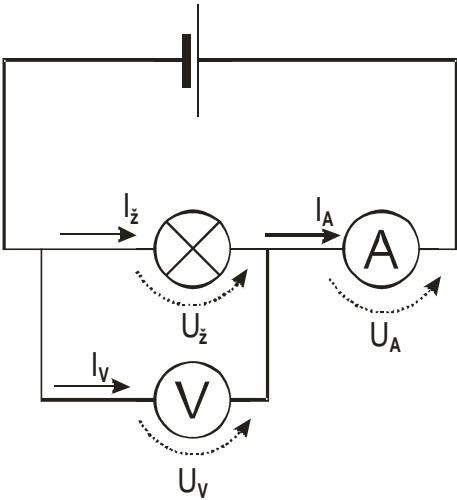
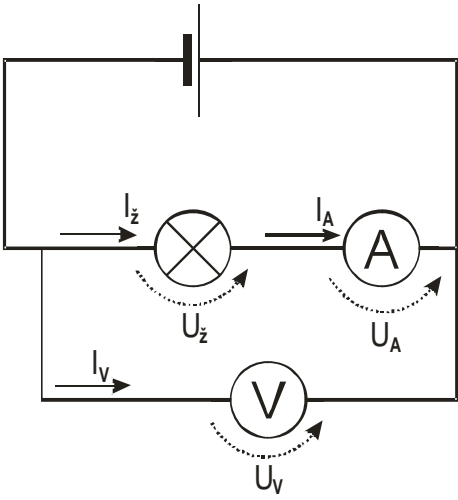


4.2.15 Konstrukce voltmetru a ampérmetru

Předpoklady: 4205, 4207, 4210, 4214

Pedagogická poznámka: Hodina je hodně nabitá, pokud ji nemůžete roztáhnout do části další hodiny, budete asi muset omezit počítání tabulek s hodnotami bočnicků a předřadných odporů.

Př. 1: Nakresli, jakými způsoby je možné najednou dvěma multimetry změřit napětí na žárovce i proud, který přes ní prochází. U každého zapojení rozhodni, jaké nepřesnosti způsobuje. Jaké z toho vyplývají požadavky na odpor ampérmetru a voltmetru?

| | |
|--|--|
|  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> • Napětí měříme dobře. • Proud měříme špatně, protože měříme proud, který protéká přes voltmetr, dohromady s proudem, který protéká přes žárovku. | <ul style="list-style-type: none"> • Napětí měříme špatně, protože měříme napětí na žárovce a ampérmetru dohromady. • Proud měříme dobře. |
| <p>V obou případech měříme jednu z veličin nepřesně ⇒ měřáky ovlivňují obvod, těmto chybám se nemůžeme vyhnout a musíme se je snažit minimalizovat ⇒ měřáky musíme sestrojít tak, aby obvod ovlivňovaly co nejméně.</p> | |
| <p>Voltmetr přidává do obvodu proud, který přes něj protéká ⇒ potřebujeme abychom přidávali malý proud ⇒ voltmetr musí mít velký odpor (pak bude procházet malý proud) ⇒ čím větší odpor tím „lepší“ voltmetr.</p> | <p>Ampérmetr přidává do obvodu úbytek napětí, který na něm vzniká ⇒ potřebujeme, aby úbytek napětí byl co nejmenší ⇒ ampérmetr musí mít velmi malý odpor ⇒ čím menší odpor tím „lepší“ ampérmetr.</p> |

Pedagogická poznámka: Nedá se předpokládat, že by studenti sami došli k tabulce výše. Alespoň zapojení by ale nakreslit měli, navíc jde ze značné míry o opakování hodiny 4205.

Jak vypadá analogový multimetr uvnitř?



Základem je galvanometr:

Galvanometr: otáčivá cívka, umístěná uvnitř magnetu, do které přivádíme proud procházející přístrojem. Cívka se průchodem proudem mění v magnet \Rightarrow začne na ní působit pole magnetu, které se jí snaží otočit. Otáčení cívky brání pružinová spirála. Čím větší proud, tím silnější magnet z cívky vzniká, tím více ji okolní magnet otáčí, tím později ji pružina zastaví a tím více se cívka otočí.

Otočení cívky se ručičkou zobrazuje na stupnici (tedy i napětí se měří pomocí proudu procházejícího galvanometrem).

Cívka je malá \Rightarrow procházející proud je omezený \Rightarrow

- I_{Gm} - maximální proud galvanometrem (například $I_{Gm} = 50 \mu A$)
- U_{Gm} - maximální napětí na galvanometru (například $U_{Gm} = 100 mV$).

\Rightarrow Z uvedených hodnot můžeme určit odpor galvanometru $R_g = \frac{U_{gm}}{I_{gm}}$ (například

$$R_g = \frac{U_{gm}}{I_{gm}} = \frac{0,1}{0,00005} = 2000 \Omega \text{).}$$

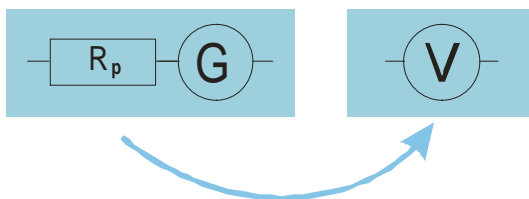
V praxi potřebujeme měřit daleko větší napětí i proudy \Rightarrow musíme ke galvanometru něco přidat a zvětšit tím jeho rozsah.

Pedagogická poznámka: Návrh konstrukce voltmetru i ampérmetru vymýšlíme společnou diskusí se třídou. Vymyslet předřadný odpor trvá déle, bočníky pak někoho napadnou ihned.

Konstrukce voltmetru

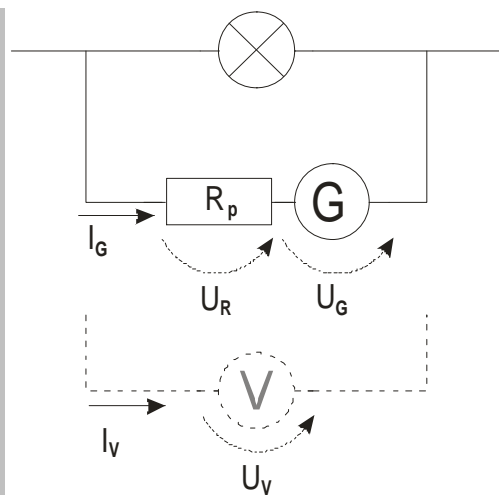
Chceme měřit větší napětí než U_{Gm} \Rightarrow musíme přidat součástku, která vezme nadbytečné napětí na sebe \Rightarrow před galvanometr **připojíme sériově předřadný odpor** R_p (tím se zvětší i odpor přístroje a bude tak více odpovídat našemu požadavku na co největší odpor voltmetru).

Schéma zapojení voltmetru:



Př. 2: Jak velký předřadný odpor musíme připojit ke galvanometru s parametry $I_{Gm} = 50 \mu A$ a $U_{Gm} = 100 mV$, aby se rozsah přístroje zvětšil na 10V? Nejdříve odvoď obecný vztah pro všechny galvanometry a všechny požadované rozsahy a pak řeš příklad dosazením do tohoto vzorce. Odvozený vzorec by měl udávat velikost potřebného předřadného odporu v závislosti na velikosti odporu galvanometru a číslu n , které udává, kolikrát je požadovaný rozsah větší než rozsah galvanometru.

Nakreslíme obrázek náhradního zapojení voltmetru:



Pro napětí platí: $U_V = U_R + U_G$

Zajímají nás maximální hodnoty $\Rightarrow U_G = U_{Gm}$, $U_V = U_{Vm}$

Dosadíme do $U_V = U_R + U_G \Rightarrow U_{Vm} = U_{Rp} + U_{Gm}$.

Chceme, aby rozsah vzniklého voltmetru byl n krát větší než rozsah samotného galvanometru

$$\Rightarrow U_{Vm} = n \cdot U_{Gm}$$

$$n \cdot U_{Gm} = U_R + U_{Gm}$$

Vyjádříme napětí pomocí proudů a odporů: $U_{Gm} = I_{Gm} \cdot R_G$, $U_R = I_{Gm} \cdot R_p$ (přes galvanometr i předřadný odpor teče stejný proud, který je zároveň proudem přes voltmetr).

$$n \cdot I_{Gm} \cdot R_G = I_{Gm} \cdot R_p + I_{Gm} \cdot R_G$$

$$n \cdot R_G = R_p + R_G$$

$$R_p = n \cdot R_G - R_G$$

$$R_p = R_G \cdot (n - 1) = \text{obecný vztah pro velikost předřadného odporu voltmetru}$$

Teď konkrétně: Rozsah voltmetru se má zvětšit z 0,1 V na 10 V \Rightarrow rozsah se zvětší 100 x

$$\Rightarrow n = 100, R_G = 2000$$

Můžeme dosadit do vzorce: $R_p = R_G \cdot (n - 1)$

$$R_p = 2000 \cdot (100 - 1) \Omega = 198000 \Omega$$

$$R_p = 198000 \Omega$$

Pokud chceme rozsah zadaného galvanometru zvětšit na 10 V musíme k němu připojit předřadný odpor 198000Ω .

Př. 3: Z galvanometru s parametry $I_{Gm} = 50 \mu A$ a $U_{Gm} = 100 mV$, potřebujeme vyrobit voltmetr s rozsahy 1V, 5V, 10V, 50V, 100V a 500V. Využij vzorec odvozený v předchozím příkladě k sestavení tabulky, ve které bude ke každému rozsahu uvedena odpovídající hodnota předřadného odporu.

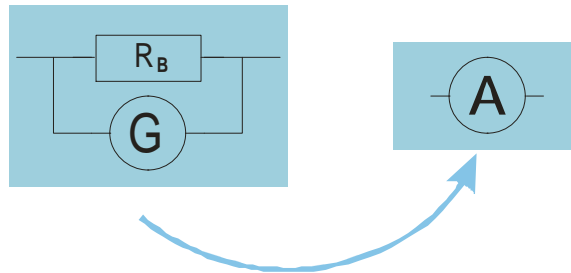
| Rozsah | Zvětšení rozsahu | Dosazení | Hodnota R_p |
|--------|----------------------------|---|-----------------------|
| 1 V | $n = \frac{1}{0,1} = 10$ | $R_p = R_G \cdot (n - 1) = 2000 \cdot (10 - 1) \Omega$ | $R_p = 18000 \Omega$ |
| 5 V | $n = \frac{5}{0,1} = 50$ | $R_p = R_G \cdot (n - 1) = 2000 \cdot (50 - 1) \Omega$ | $R_p = 98000 \Omega$ |
| 10 V | $n = \frac{10}{0,1} = 100$ | $R_p = R_G \cdot (n - 1) = 2000 \cdot (100 - 1) \Omega$ | $R_p = 198000 \Omega$ |
| 50 V | $n = \frac{50}{0,1} = 500$ | $R_p = R_G \cdot (n - 1) = 2000 \cdot (500 - 1) \Omega$ | $R_p = 998000 \Omega$ |

| | | | |
|-------|------------------------------|--|------------------------|
| 100 V | $n = \frac{100}{0,1} = 1000$ | $R_p = R_G \cdot (n - 1) = 2000 \cdot (1000 - 1) \Omega$ | $R_p = 1998000 \Omega$ |
| 500 V | $n = \frac{500}{0,1} = 5000$ | $R_p = R_G \cdot (n - 1) = 2000 \cdot (5000 - 1) \Omega$ | $R_p = 9998000 \Omega$ |

Konstrukce ampérmetru

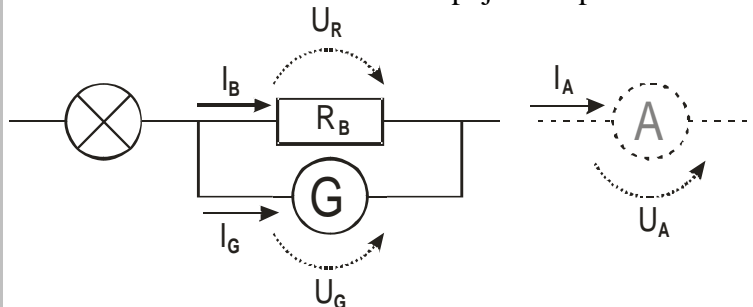
Chceme měřit větší proud než $I_{Gm} \Rightarrow$ musíme přidat součástku, která přes sebe odvede nadbytečný proud \Rightarrow vedle galvanometru **připojíme paralelně bočný odpor (bočník) R_B** (tím se zmenší i odpor přístroje a bude tak více odpovídat našemu požadavku na co nejmenší odpor ampérmetru)

Schéma zapojení ampérmetru:



Př. 4: Jak velký bočník musíme připojit ke galvanometru s parametry $I_{Gm} = 50 \mu A$ a $U_{Gm} = 100 mV$, aby se rozsah přístroje zvětšil na 1A? Nejdříve odvod' obecný vztah pro všechny galvanometry a všechny požadované rozsahy a pak řeš příklad dosazením do tohoto vzorce. Odvozený vzorec by měl udávat velikost potřebného bočníku v závislosti na velikosti odporu galvanometru a číslu n , které udává, kolikrát je požadovaný rozsah větší než rozsah galvanometru.

Nakreslíme obrázek náhradního zapojení ampérmetru:



Pro proudy platí: $I_A = I_G + I_B$.

Zajímají nás maximální hodnoty $\Rightarrow I_G = I_{Gm}$, $I_A = I_{Am}$.

Dosadíme do $I_A = I_G + I_B \Rightarrow I_{Am} = I_{Gm} + I_B$.

Chceme, aby rozsah vzniklého ampérmetru byl n krát větší než rozsah samotného galvanometru $\Rightarrow I_{Am} = n \cdot I_{Gm}$.

$$n \cdot I_{Gm} = I_{Gm} + I_B$$

Vyjádříme proudy pomocí napětí a odporů: $I_{Gm} = \frac{U_{Gm}}{R_G}$, $I_B = \frac{U_{Gm}}{R_B}$ (na galvanometru i

bočníku je stejné napětí, které je stejné jako napětí na ampérmetru): $n \cdot \frac{U_{Gm}}{R_G} = \frac{U_{Gm}}{R_G} + \frac{U_{Gm}}{R_B}$.

$$n \cdot \frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_G} + \frac{1}{R_B}$$

$$n \cdot R_B = R_B + R_G$$

$$R_B \cdot (n-1) = R_G$$

$$R_B = \frac{R_G}{(n-1)}$$

Rozsah ampérmetru se má zvětšit z $I_{Gm} = 50 \mu A$ na 1A \Rightarrow rozsah se zvětší 20000 x
 $\Rightarrow n = 20000$, $R_G = 2000$

Můžeme dosadit do vzorce: $R_B = \frac{R_G}{(n-1)}$

$$R_B = \frac{2000}{(20000-1)} \Omega$$

$$R_B = 0,1 \Omega$$

Ke galvanometru musíme připojit paralelně bočník o odporu $0,1 \Omega$.

Př. 5: Z galvanometru s parametry $I_{Gm} = 50 \mu A$ a $U_{Gm} = 100 mV$, potřebujeme vyrobit ampérmetr s rozsahy 10mA, 50mA, 100mA, 500mA, 5A a 10A. Využij vzorec odvozený v předchozím příkladě k sestavení tabulky, ve které bude ke každému rozsahu uvedena odpovídající hodnota předřadného odporu.

| Rozsah | Zvětšení rozsahu | Dosazení | Hodnota R_B |
|--------|-----------------------------------|--|----------------------|
| 10 mA | $n = \frac{0,01}{0,00005} = 200$ | $R_B = \frac{R_G}{(n-1)} = \frac{2000}{(200-1)} \Omega$ | $R_B = 10,05 \Omega$ |
| 50 mA | $n = \frac{0,05}{0,00005} = 1000$ | $R_B = \frac{R_G}{(n-1)} = \frac{2000}{(1000-1)} \Omega$ | $R_B = 2 \Omega$ |
| 100 mA | $n = \frac{0,1}{0,00005} = 2000$ | $R_B = \frac{R_G}{(n-1)} = \frac{2000}{(2000-1)} \Omega$ | $R_B = 1 \Omega$ |
| 500 mA | $n = \frac{0,5}{0,00005} = 10000$ | $R_B = \frac{R_G}{(n-1)} = \frac{2000}{(10000-1)} \Omega$ | $R_B = 0,2 \Omega$ |
| 1 A | $n = \frac{1}{0,00005} = 20000$ | $R_B = \frac{R_G}{(n-1)} = \frac{2000}{(20000-1)} \Omega$ | $R_B = 0,1 \Omega$ |
| 5 A | $n = \frac{5}{0,00005} = 100000$ | $R_B = \frac{R_G}{(n-1)} = \frac{2000}{(100000-1)} \Omega$ | $R_B = 0,02 \Omega$ |

Uvedenými způsoby můžeme zvyšovat i rozsahy již hotových přístrojů.

Př. 6: Ampérmetr má při rozsahu 300mA odpor $0,3 \Omega$, jaký mu musíme přiřadit boční odpor, aby se zvětšil rozsah přístroje na 3A?

$$R_G = R_A = 0,3 \Omega \quad , \quad n = \frac{3}{0,3} = 10$$

$$R_B = \frac{0,3}{(10-1)}$$

$$R_B = 0,0\bar{3}$$

Stačí paralelně s ampérmetrem zapojit rezistor o odporu $0,03 \Omega$.

Shrnutí: Z galvanometru je možné vyrobit voltmetr pomocí sériově (zvětšuje odpor) zapojeného

odporu nebo ampérmetr pomocí paralelně (zmenšuje odpor) zapojeného odporu.