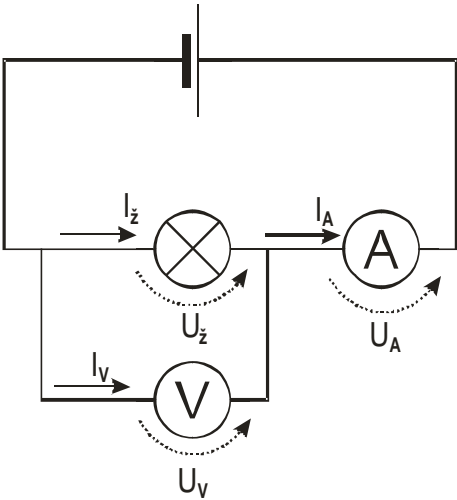
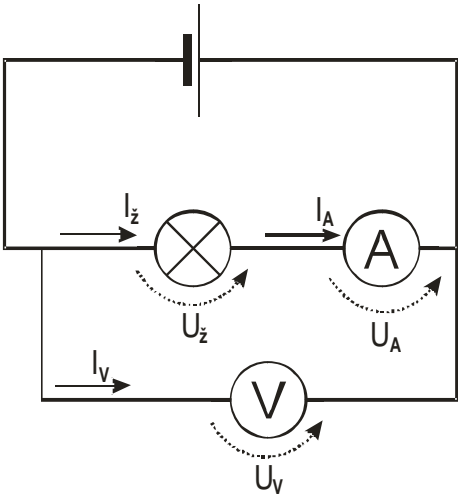


## 4.2.17 Konstrukce voltmetru a ampérmetru

**Předpoklady:** 040205, 040207

**Pedagogická poznámka:** Hodina je hodně nabitá, pokud ji nemůžete roztáhnout do části další hodiny, budete asi muset omezit počítání tabulek s hodnotami bočníků 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"> <li>• Napětí měříme dobře.</li> <li>• Proud měříme špatně, protože měříme proud, který protéká přes voltmetr, dohromady s proudem, který protéká přes žárovku.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Napětí měříme špatně, protože měříme napětí na žárovce a ampérmetru dohromady.</li> <li>• Proud měříme dobře.</li> </ul>
<p>V obou případech měříme jednu z veličin nepřesně ⇒ <b>měřáky ovlivňují obvod, těmto chybám se nemůžeme vyhnout</b> 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 ⇒ <b>voltmetr musí mít velký odpor</b> (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 ⇒ <b>ampérmetr musí mít velmi malý odpor</b> ⇒ 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 hodin 040205 a 040207.

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

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

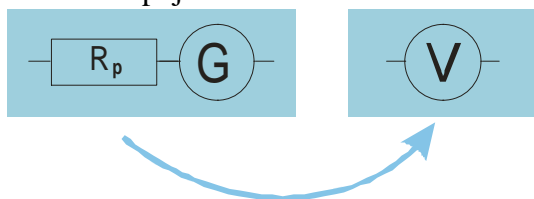
V praxi potřebujeme měřit daleko větší napětí i proudy  $\Rightarrow$  musíme ke galvanometru něco přidat a zvětšit tím jeho rozsah.

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

### Konstrukce voltmetru

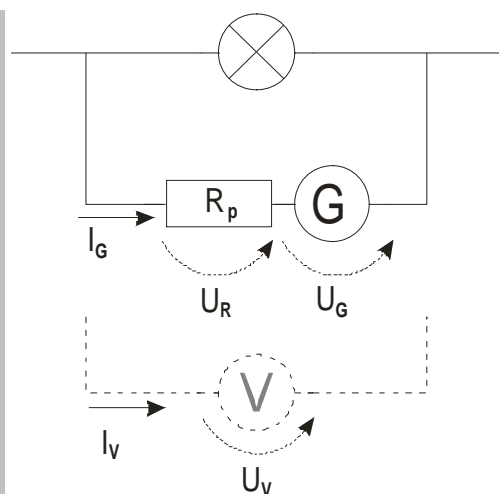
Chceme měřit větší napětí než  $U_{Gm}$   $\Rightarrow$  musíme přidat součástku, která „vezme nadbytečné napětí na sebe“  $\Rightarrow$  před galvanometr **připojíme sériově předřadný odpor**  $R_p$  (tím se zvětší i odpor přístroje a bude tak více odpovídat našemu požadavku na co největší odpor voltmetru).

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  $198000 \Omega$  .

**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.

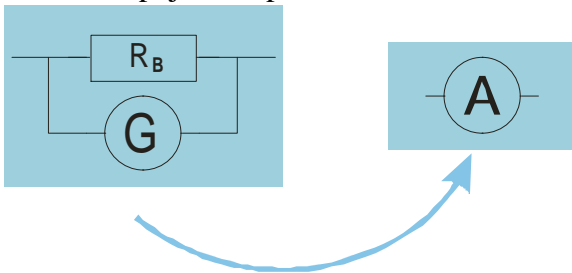
Rozsah	Zvětšení rozsahu	Dosazení	Hodnota $R_p$
1 V	$n = \frac{1}{0,1} = 10$	$R_p = R_G \cdot (n - 1) = 2000 \cdot (10 - 1) \Omega$	$R_p = 18000 \Omega$
5 V	$n = \frac{5}{0,1} = 50$	$R_p = R_G \cdot (n - 1) = 2000 \cdot (50 - 1) \Omega$	$R_p = 98000 \Omega$
10 V	$n = \frac{10}{0,1} = 100$	$R_p = R_G \cdot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

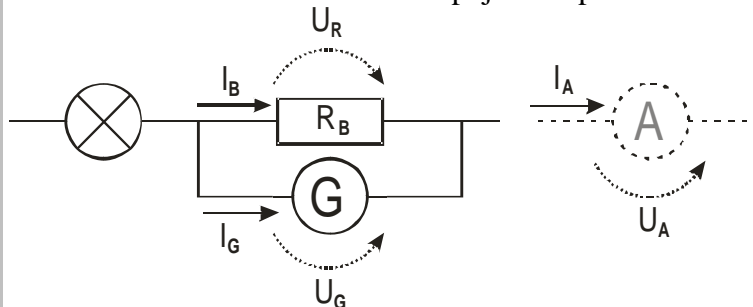
Chceme měřit větší proud než  $I_{Gm} \Rightarrow$  musíme přidat součástku, která přes sebe odvede nadbytečný proud  $\Rightarrow$  vedle galvanometru **připojíme paralelně bočný odpor (bočník)  $R_B$**  (tím se zmenší i odpor přístroje a bude tak více odpovídat našemu požadavku na co nejmenší odpor 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  $1 A \Rightarrow$  rozsah se zvětší  $20000 \times$   
 $\Rightarrow n = 20000$  ,  $R_G = 2000$  .

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  $10 mA$ ,  $50 mA$ ,  $100 mA$ ,  $500 mA$ ,  $5 A$  a  $10 A$ . 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  $300 mA$  odpor  $0,3 \Omega$ , jaký mu musíme přiřadit boční odpor, aby se zvětšil rozsah přístroje na  $3 A$ ?

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

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

$$R_B = 0,03 \Omega$$

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.