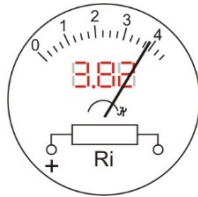


10. Měření

V elektrotechnice je měření základní a zásadní činností každého, kdo se jí chce věnovat. Električka není vidět a vše, co má elektrotechnik k tomu, aby zjistil, co se v obvodech děje, je měření. Proto se touto činností budeme nejen teď, ale již dál po celou dobu zabývat. Ostatně vše, co jsme si již ukázali, je vhodné a dobré si měřením ověřit.

Každý měřicí přístroj, který měří napětí nebo proud (zatím se budeme zabývat pouze stejnosměrným), má jedno společné. Tím je vnitřní odpor měřícího přístroje, označovaný jako R_i .



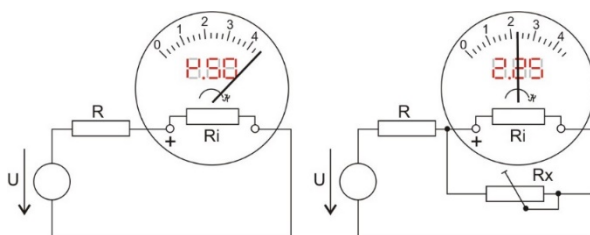
Měřicí přístroj si můžeme představit jako odpor R_i s ručkou, nebo digitálním ukazatelem. Ukazují nulu, pokud na jejich svorkách není napětí, nebo plnou výchylku, teče-li přes R_i maximální proud. Tomuto se říká základní rozsah měřícího přístroje.

Má-li měřicí přístroj například definován maximální proud $100 \mu\text{A}$ (proud na plnou výchylku ručky), jde o mikroampérmetr. Bude-li mít vnitřní odpor $R_i = 100 \Omega$, plnou výchylku dosáhne, pokud jej připojíme na napětí, které spočítáme z Ohmova zákona - $U = R \cdot I = 0.0001 \cdot 100 = 0.01 \text{ V}$, tedy 10 mV .

Chceme-li s měřícím přístrojem cokoliv dělat, je důležité znát jeho základní napěťový rozsah, základní proudový rozsah a vnitřní odpor!

Známe-li pouze jeden jeho parameter, obvykle proud na plnou výchylku, nebo napětí na plnou výchylku, potřebujeme zjistit ještě jeho vnitřní odpor R_i . Pak pomocí Ohmova zákona můžeme snadno dopočítat i zbylý parameter.

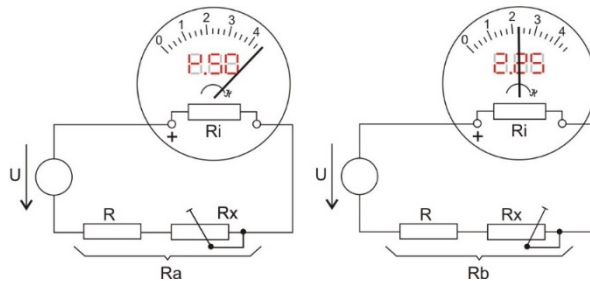
Měřicí přístroj je však velmi citlivé a drahé zařízení, tak jeho vnitřní odpor nemůžeme měřit přímo nějakým ohmmetrem. To by jej mohlo zničit. Můžeme jej ale změřit velmi šetrně a bezpečně takto.



První způsob měření R_i . Pomocí zdroje a odporu R (R je mnohem větší než R_i) nastavíme maximální výchylku měřícího přístroje, jehož vnitřní odpor potřebujeme změřit. Poté připojíme k měřicímu přístroji R_x (proměnný odpor) a pomocí něj nastavíme poloviční výchylku měřícího přístroje. V této chvíli, podle prvního Kirchhoffova zákona (paralelní zapojení dvou odporů), teče stejný proud přes R_i měřícího přístroje a stejně velký proud teče přes R_x . $R_x = R_i$ měřícího přístroje. Odpor R_x můžeme nyní po jeho odpojení od obvodu změřit libovolným ohmmetrem bez nebezpečí, že zničíme drahý a citlivý měřicí přístroj.

Pokud by byl v této chvíli R_x moc malý, nebo špatně měřitelný, použili bychom druhý způsob měření.

Druhý způsob měření R_i . Nejprve pomocí R_x a R nastavíme plnou výchylku měřícího přístroje. Pak odpory od obvodu odpojíme a změříme ohmmetrem jejich odpor a nazveme jej například R_a . Potom je opět zapojíme do obvodu a nastavíme pomocí R_x poloviční výchylku. Opět je odpojíme od obvodu a změříme jejich odpor a jeho velikost nazveme jako R_b .



Podle druhého Kirchhoffova zákona spočítáme R_i .

$$U = (R_i - R_a) \cdot I$$

$$U = (R_i - R_b) \cdot I/2$$

Z rovnic spočítáme I a pak také R_i .

Výše popsanými postupy lze měřit R_i libovolného měřícího přístroje na libovolném rozsahu. Pokud jde o zakoupené měřící přístroje, udává se v dokumentaci k nim R_i pro různé nastavené rozsahy a měření napětí i proudu. Pokud tyto údaje nemáme, musíme si je výše popsanými postupy změřit.

Měření napětí a proudu

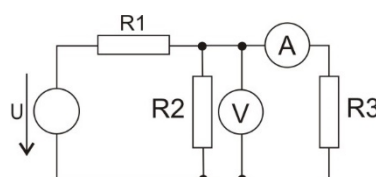
Většina měření nějakým způsobem ovlivňuje i měřený obvod. Pokud jde o technickou praxi, můžeme klidně zanedbat chyby, které nám měření přinese v řádu jednotek procent. (Pokud připojení měřícího přístroje změní proud, nebo napětí v měřeném obvodu o procento). V opačném případě musíme tuto chybu nějak zjistit a podle toho se pak rozhodnout pro volbu jiného měřícího přístroje, nebo jinou měřící metodu. V praxi si z toho nebudeme dělat hlavu, pokud dodržíme následující zásady.

Měříme-li napětí, musí mít voltmetr R_i alespoň 100 krát větší, než je velký odpor, na kterém napětí měříme.

Při měření proudu musí mít ampérmetr alespoň 100 krát menší R_i , než je odpor, se kterým zapojujeme do série ampérmetr.

Voltmetr zapojujeme paralelně k měřenému objektu. Ampérmetr zapojujeme do měřeného obvodu.

Podívejme se na příklad zapojení voltmetru a ampérmetru do obvodu. Měříme napětí na R_2 a proud odporem R_3 .



Pokud měříme multimetrem, kde si přepínačem volíme, co chceme měřit a rozsah, pak před připojením měřícího přístroje do obvodu musíme nejprve přepnout rozsah a zvolit druh měření, připojit měřící vodiče do měřícího přístroje. Rozsah nastavujeme na vyšší hodnotu a až pak můžeme přístroj připojit do měřeného obvodu. Jinak může dojít ke zničení měřícího přístroje.

Při měření pak snížit rozsah tak, aby byl nastaven co nejbližší k měřené hodnotě; rozsah ale vždy vyšší, než měřená hodnota, nikdy ne nižší!!!

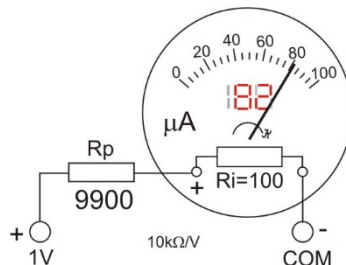
Cvičení:

1. Jaký je vnitřní odpor měřícího přístroje, pokud při prvním způsobu měření R_i jsme zjistili, že $R_x = 1 \text{ k}\Omega$. Jaké jsou základní rozsahy tohoto měřícího přístroje, má-li napsáno, že měří μA a maximální číslo na stupnici je 100.
2. Jaký je vnitřní odpor měřícího přístroje, pokud při druhém způsobu měření R_i jsme zjistili, že $R_a = 1 \text{ k}\Omega$, $R_b = 1100 \Omega$. $U = 1\text{V}$. Jaké jsou základní rozsahy napětí a proudu tohoto měřícího přístroje.

Změna rozsahu měřicího přístroje

Mějme měřicí přístroj, jehož základní rozsah je 100 mA, 10 mV, $R_i = 100\Omega$.

Potřebujeme-li z tohoto přístroje vytvořit voltmetr s rozsahem do 1 V, základní napěťový rozsah tohoto přístroje je 10 mV, připojíme k němu předřadný odpor (odpor do série) tak, aby když tuto sériovou kombinaci připojíme na 1V jí tekł proud 100 μ A.

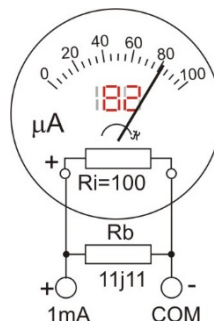


Celkový odpor této sériové kombinace musí být $R = 1/0.0001 = 10000\Omega$. R_i je 100Ω , předřadník musí být tedy 9900Ω . **U analogových voltmetrů (ručkových) se často uvádí jejich odpor na volt.** Námi takto upravený měřicí přístroj má tuto hodnotu $10\text{ k}\Omega/\text{V}$. Z této hodnoty snadno určíme, jaký R_i bude mít voltmetr, když je jeho rozsah například 100 V. Je to stokrát odpor na volt. V našem případě by měl voltmetr na rozsahu 100 V vnitřní odpor $100 * 10000 = 1000000 (1\text{ M}\Omega)$. **Současné digitální měřicí přístroje mají obvykle na napěťových rozsazích $R_i = 10\text{ M}\Omega$ bez ohledu na to, jaký je rozsah nastaven.**

Všimněte si, že pokud uvádíme hodnoty odporů ve schématech, jde-li o velikost v ohmech Ω , pak se za číslo jednotky neudávají. Jsou-li desetiny Ω , pak se udává $3\text{m}2 = 3.2\Omega$. U vyšších hodnot uvádíme jen k (1k5 je 1500Ω) pro kiloohmy a M pro megaohmy ($2\text{M}7 = 2.7\text{ M}\Omega$).

Potřebujeme-li zvětšit proudový rozsah, používá se k tomu bočník (odpor paralelně k měřicímu přístroji). Na paralelní kombinaci odporů R_i a R_b musí být při proudu 1 mA úbytek napětí 10 mV (aby tekł mikroampérmetrem proud 100 μ A). Tato kombinace musí mít tedy odpor $R = 0.01/0.001 = 10\Omega$.

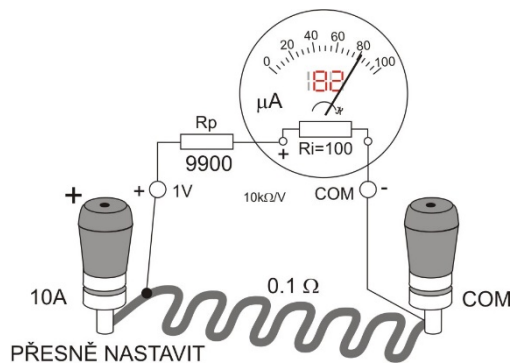
Pro paralelní kombinaci odporů platí $(1/R = 1/R_i + 1/R_b)$ tedy $1/10 = 1/100 + 1/R_b$
 $R_b = 100/9 = 11.11\Omega$. Vnitřní odpor miliampérmetru s rozsahem 1 mA bude 10Ω .



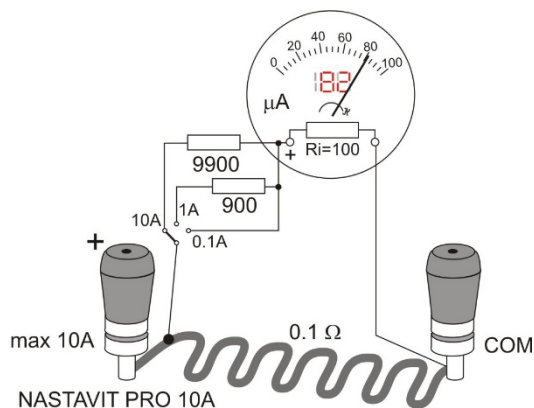
Potřebujeme, aby R_i při měření proudu byl co nejmenší. Problém ale nastane, když se odpor blíží k 0.2Ω . Zde je již potřeba počítat s odporem přívodních vodičů, přechodovým odporem v přístrojových svorkách měřicího přístroje, dokonce v přepínačích proudových rozsahů. Například běžně dodávané měřicí hroty s vodiči mívají odpor desetinu ohmu, což už je srovnatelné s R_i .

Měření větších proudů tak, aby bylo měření dostatečně přesné a neovlivněné výše uvedenými komponentami je řešeno tak, že jsou měřicí svorky pro vyšší proudy robustní, obvykle šroubovací. Bočník je realizován silným vodičem o velmi malém odporu (kvůli ztrátovému výkonu při velkých proudech).

Například pro rozsah 10 A může být odpor bočníku například 0.1 Ω . Pro měření použijeme silnější měděné vodiče o průřezu například 1.5 mm² a šroubovací přístrojové svorky.



Protože se nám obvykle nepodaří přesně změřit a vytvořit odpor řádu desetiny ohmu, proto uděláme co o "chlup" větší. Pak naším ampérmetrem "proženeme" přesně 10 A a najdeme na bočníku místo, kde nám voltmetr ukáže 1 V (maximální výchylku). Tím máme přístroj scejchován na 10 A.



Pokud bychom chtěli ještě odbočku pro menší proud, mohli bychom použít třeba základní rozsah měřícího přístroje (10 mV). Pak bychom na odporu 0.1 Ω mohli měřit proud 0.1 A, popřípadě vytvořit bočník pro napětí 0.1 V pro rozsah 1 A. Přitom nároky na přepínač by nebyly tak velké, protože jím protéká proud maximálně 100 μ A.

POZOR, ale nikdy při práci s odpory nezapomínáme na ztrátový výkon a maximální ztrátový výkon, který odpor snese!

Cvičení:

1. Navrhněte zapojení a hodnoty součástek voltmetru pro rozsah 10 V s měřícím přístrojem, jehož základní rozsah je 1 mV a $R_i = 10 \Omega$.
2. Navrhněte s přístrojem, jehož základní rozsah je 1 mV a $R_i = 10 \Omega$ univerzální přístroj s přepínačem s rozsahy 1V, 5V, 10V, 50V a 100V, 10 mA, 100 mA, 500 mA a 1 A.