

7. MĚŘENÍ MALÝCH A STŘEDNÍCH ODPORŮ

7.1. Úvod

Při měření odporu se vesměs vychází z Ohmova zákona, tedy $R_X = U/I$. Napětí i proud je možné buď měřit samostatně (tzv. Ohmova metoda), nebo měřený odpor napájet ze zdroje definovaného proudu a měřit pouze napětí (převodníky $R \rightarrow U$ používané v multimetrech). Nejnižší odporové rozsahy u běžných multimetrů bývají stovky Ohmů. Pro měření malých odporů (řádově mΩ) se tedy evidentně nehodí, a to nejen z důvodu malého rozlišení, ale i díky pouze dvou vodičovému připojení měřeného rezistoru, kdy naměřená hodnota je rovna součtu odporu měřeného rezistoru, odporu přívodů a přechodových odporů svorek. Toto eliminuje čtyřsvorkové zapojení Ohmovy metody dle obr. 7.1. K omezení vlivu termoelektrických napětí se zde dále používá komutace napájecího proudu. Hodnota měřeného odporu se vypočte jako průměr z obou měření (před a po komutaci proudu), tj. $R_X = (R_{X1} + R_{X2})/2$.

I když kvalitní multimetry čtyřsvorkové zapojení pro měření odporu umožňují, bývá i v tomto případě dosažitelná přesnost měření díky složce chyby z rozsahu horší než v případě použití Ohmovy metody měření.

Převodníky $R \rightarrow U$ používané v multimetrech pro měření středních odporů (desítky Ω až jednotky MΩ) pracují obvykle na principu invertujícího zesilovače s operačním zesilovačem - viz zapojení dle obr. 7.2. Jedná se o zdroj proudu protékajícího měřeným odporem řízený referenčním napětím U_r . V případě ideálního OZ předpokládáme, že $I_{1P} = I_{1N} = 0$ a pak tedy platí, že proud I protékající odporem R_N je roven záporně vzatému proudu protékajícího odporem R_X . Z této rovnosti a vzhledem k další vlastnosti ideálního OZ, kdy $A_U \rightarrow \infty$ a tedy pro konečné výstupní napětí musí platit $U_D \rightarrow 0$, je invertující vstup na stejném napětí jako vstup neinvertující a úbytek napětí na odporu R_X je roven napětí U_2 na výstupu OZ (viz podklady k přednášce 7, snímek 11). Vzhledem k tomu, že výstupní napětí OZ je vždy menší než napájecí napětí zmenšené zhruba o úbytky napětí na tranzistorech výstupního stupně OZ, je tím omezen i rozsah měřených odporů ($R_X I$ musí být menší než dosažitelné výstupní napětí OZ).

7.2. Domácí příprava

7.2.1. Prostudujte si teoretický úvod

7.2.2. Pro měření odporu převodníkem $R \rightarrow U$ odvoďte vztah pro určení měřeného odporu a nejistoty měření.

7.2.3. Co omezuje rozsah měření odporu převodníkem $R \rightarrow U$ a jaká bude maximální hodnota odporu, kterou bude možné v daném zapojení, s použitým rezistorem ($R_N = 10 \text{ k}\Omega$) a vstupním napětím OZ ($U_r = 10 \text{ V}$) a napájecím napětím $\pm 15 \text{ V}$, změřit?

7.3. Úkol měření

7.3.1. Měření malého odporu Ohmovou metodou

Sestavte měřicí obvod dle obr. 7.1. Vhodnou metodikou měření vylučte vliv termoelektrických napětí. Z naměřených hodnot napětí a proudu vypočtete velikost neznámého odporu R_X a stanovte rozšířenou nejistotu měření (pro $k_r = 2$).

7.3.2. Měření malého odporu multimetrem

Změřte odpor přípravku multimetrem při použití 2-svorkového a 4-svorkového připojení.

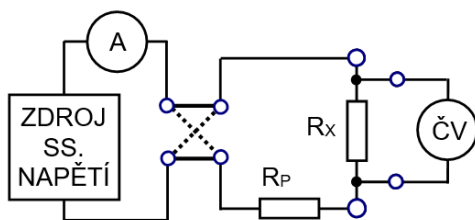
7.3.3. Měření středních odporů převodníkem $R \rightarrow U$

Sestavte převodník odpor-napětí s OZ ($U_r = 10\text{ V}$, $R_N = 10\text{ k}\Omega$) dle obr. 7.2 a ověřte jeho funkci. Jako odpor R_X použijte odporovou dekádu a postupným zvyšováním hodnoty ověřte, zda platí předpoklad z bodu 7.2.3 domácí přípravy.

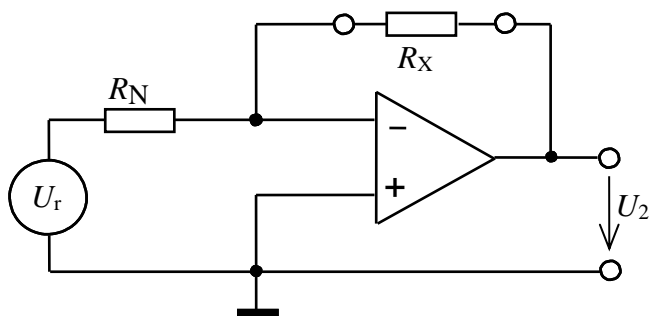
Poznámky pro měření:

- ampérmetr je součástí nastavitelného zdroje napětí;
- komutace proudu se provádí prohozením přívodů.

7.4. Schéma zapojení



Obr. 7.1. Měření malého odporu ohmovou metodou



Obr. 7.2. Zapojení pro měření odporu převodníkem $R \rightarrow U$