

COMPUTER-AUTOMATED MEASUREMENT OF VERY LOW RESISTANCE

Michal Daněk

Secondary School of Electrical Engineering, Brno (4)

E-mail: danekm@spsebr.cz

Supervised by: Petr Marcoň

E-mail: marcon@feec.vutbr.cz

Abstract: In this paper the comparison method for automated measurement of very low resistance is described. Realization of the measurement required to design a voltage-controlled current source. The source construction is described and its transfer characteristic is presented. The last part of this article is deal with automatic measurement of very small resistances. The last step is describing the workplace which consist a personal computer, data logger, voltage-controlled current source and very low resistances samples.

Keywords: automated measurement, comparative method, VCCS, very low resistance.

1. ÚVOD

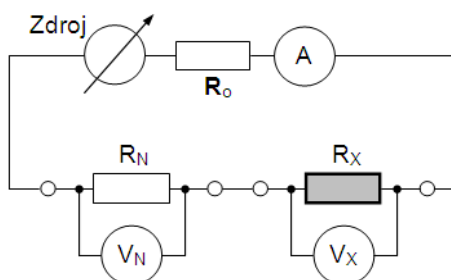
Tato práce na téma měření velmi malých odporů pomocí počítače obsahuje teoretické informace či poznatky k měření veličiny nazývané elektrický odpor. Pro měření velmi malých odporů je vhodná srovnávací metoda, která je popsána ve druhé kapitole. Třetí kapitola se zaměřuje na popis a konstrukci zdroje proudu řízeného napětím (ZPŘN), který je pilířem měření velmi malých odporů. Dále je zde popsána automatizovaná laboratorní úloha, která ke své činnosti vyžaduje nejen zmiňovaný ZPŘN, ale také měřicí ústřednu, měřený vzorek a jako vstupně/výstupní zařízení používá počítač.

2. SROVNÁVACÍ METODA PRO MĚŘENÍ VELMI MALÝCH ODPORŮ

Princip metody spočívá v měření úbytku napětí na známém odporu (odporovém etalonu R_N) a na neznámém odporu (měřeném vzorku R_X). Oba odpory jsou zapojeny v sérii a jsou tedy protékány stejným konstantním proudem, jak je zřejmé z principiálního schématu na obrázku 1.

Hodnotu neznámého odporu R_X určíme ze známé hodnoty odporového etalonu R_N a poměru úbytku napětí na obou odporech ze vztahu:

$$R_X = \frac{U_X}{U_N} \cdot R_N \quad (1)$$



Obrázek 1: Srovnávací metoda pro měření malých odporů.

Kvůli minimalizaci vlivu přechodových odporů a odporů přívodů je použito čtyřsvorkové zapojení vzorku i etalonu. Chyba metody způsobená spotřebou přístroje je zanedbatelná. Kvůli minimalizaci vlivu termoelektrických napětí se měří úbytek napětí na etalonu a vzorku dvakrát při různém směru proudu a výsledná hodnota se spočítá jako aritmetický průměr dvou měření:

$$U_{x,N} = \frac{U'_{x,N} + U''_{x,N}}{2}. \quad (2)$$

Takto vypočtené průměrné hodnoty napětí se dosadí do vztahu (1) pro výpočet odporu měřeného vzorku.

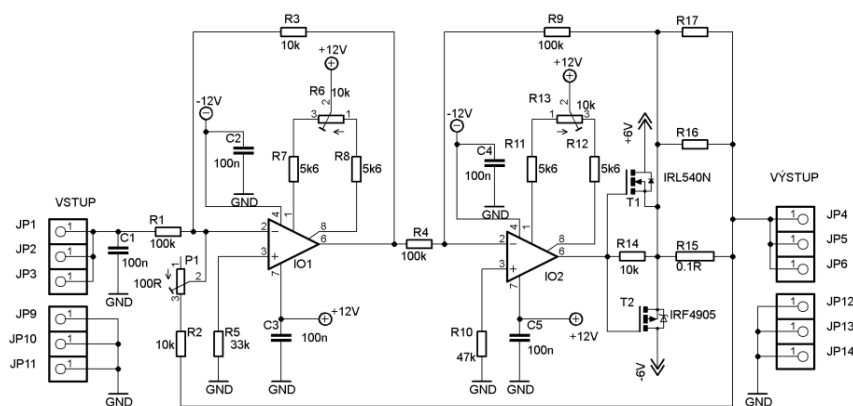
3. PROUDOVÝ ZDROJ ŘÍZENÝ NAPĚTÍM

Proudový zdroj řízený napětím je konstruován jako převodník napětí na proud se dvěma operačními zesilovači (OZ). Schematické zapojení jednotlivých obvodových prvků je zakresleno na obrázku 2. Operační zesilovače jsou zapojeny jako invertující zesilovače.

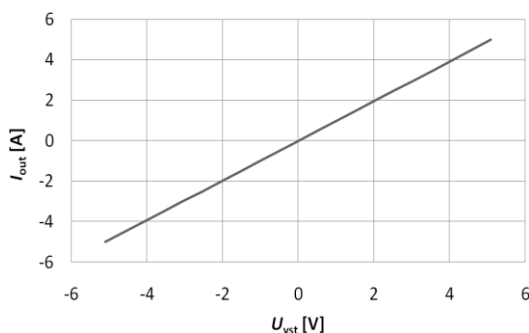
Na vstupu OZ1 se sčítá jak příspěvek od vstupního napětí, tak od napětí na zátěži U_z . Protože napětí U_z je závislé na zatěžovacím odporu R_z (měřený vzorek), dosáhneme touto vazbou toho, že proud protékající zátěží je závislý jen na vstupním napětí a paralelní kombinace snímacích odporů: R15, R16 a R17. Zapojením komplementární dvojice tranzistoru do výstupu OZ2 je možné zvýšit výstupní proud převodníku.

Problém s přechodovým zkreslením je zde vyřešen za pomoci R14. Při malých výstupních signálech je výstup buzen přímo z výstupu OZ2 přes rezistor R14 a tranzistory T1 a T2 se vůbec neuplatní. Teprve při silnějších signálech se otevírá tranzistor T1, resp. T2. Rezistory zapojené mezi neinvertující vstupy a zem kompenzují vstupní proudy operačních zesilovačů.

Na obrázku 3 je vykreslena převodní charakteristika navrženého ZPRN.



Obrázek 2: Schéma realizovaného zdroje proudu řízeného napětím.

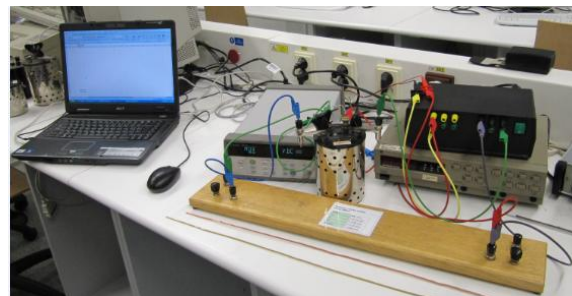
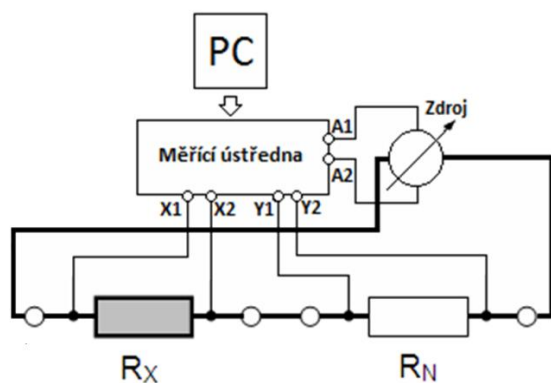


Obrázek 3: Převodní charakteristika zdroje proudu řízeného napětím.

4. LABORATORNÍ ÚLOHA: AUTOMATIZOVANÉ MĚŘENÍ MALÝCH ODPORŮ

Na obrázku 4 vlevo je znázorněno blokové schéma pro měření velmi malých odporů srovnávací metodou na automatizovaném pracovišti. Význam označení svorek je následující: X_1, X_2 - měření úbytku napětí na R_X ; Y_1, Y_2 - měření úbytku napětí na R_N ; A_1, A_2 - svorky pro připojení řídicího napětí k ZPŘN. Pro měření je použita měřicí ústředna Agilent 34970A a její rozšiřující moduly.

Samotné automatizované měření začíná spuštěním měřícího algoritmu v PC, který ovládá měřicí ústřednu a ta vysílá napěťové impulsy na svorky A_1, A_2 ZPŘN. Vstupní impuls o velikosti 1V zajistí na výstupu zdroje proud o velikosti 1A. Tento proud je protékáný normálovým i měřeným odporem. Na svorkách X_1, X_2 a Y_1, Y_2 ústředna snímá úbytky napětí, které jsou následně pomocí algoritmu zapsány do tabulky v PC.



Obrázek 4: a) Blokové schéma zapojení měřícího pracoviště, b) náhled měřícího pracoviště elektrotechnické v laboratoři.

5. ZÁVĚR

Pro měření velmi malých odporů srovnávací metodou byl navržen zdroj proudu řízený napětím, který má na výstupu velmi malé zvlnění a lze jej použít v rozsahu 0 – 8A. Tento zdroj byl řízen napětím z měřicí ústředny, která byla připojena k PC, čímž se stalo měřicí pracoviště automatizovaným. Při měření malých odporů je třeba zohlednit a eliminovat vliv odporu přívodů, přechodových odporů a termoelektrická napětí. Pro ověření přesnosti měření navrženého pracoviště byly měřeny vzorky drátů z mědi, hliníku, oceli a zinku, u kterých byla známa hodnota odporu. Relativní chyba měření byla menší než 10 %.

REFERENCE

- [1] Bartušek, K., Gescheidtová, E., Rez, J., Steinbauer, M.: Měření v elektrotechnice: Návody k laboratorním cvičením. Brno, 2006.
- [2] KEITHLEY [online]. Low level seminář: How to Make Accurate Resistance Measurements. 2012 – [cit. 10. února 2012]. Dostupné na [www: http://www.keithley.com](http://www.keithley.com).
- [3] Punčochář, J.: Operační zesilovače v elektronice. Praha: BEN - technická literatura, 2002, s. 495, ISBN 80-730-0059-8.
- [4] Belza, J.: Operační zesilovače pro obyčejné smrtelníky. Praha: BEN – technická literatura, 2004, s. 248, ISBN 80-7300-115-2.