

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií



Převodní charakteristiky teplotních čidel

1 Zadání

Změřte a vynesete do grafů převodní charakteristiky teplotních čidel, termočlánků Cu-Ko, odporový termistor Pt100, odporový termistor Ni1000, polovodičový NTC termistor.

- Srovnávací přechod termočlánku ponořte do směsi voda-led.
- Všechny snímací části čidel ponořte do společné kádinky s vodou, včetně referenčního čidla – přesného laboratorního teploměru.
- Vodu ochlaďte kostkou ledu na přibližně 15°C. Zajistěte míchání a postupný ohřev vody.
- Při přibližně 65°C ohřev vypněte, míchání vody a měření teploty ukončete až když teplota vody přestane růst - přibližně 80°C.
- Vypočtete konstantu termočlánku Cu-Ko. $U = k(\vartheta - \vartheta_r)$
- Vypočtete konstanty α a R_0 ke kovovým termistorům Pt100 a Ni1000. $R = R_0(1 + \alpha(\vartheta - \vartheta_0))$
- Vypočtete konstanty R_0 a B k polovodičovému termistoru. $R = T_0 e^{-B(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T})}$
- Všechny naměřené charakteristiky zobrazte v grafech přehledně s vypočtenými funkcemi.

2 Výpočty

Pro určení koeficientu k termočlánku jsme použili lineární regresi naměřených hodnot napětí, kde směrnice přímo odpovídá hledanému koeficientu.

V případě odporového senzoru Pt100 jsme postupovali stejně s tím rozdílem, že absolutní člen se přímo rovnal odporu při nulové teplotě a směrnici jsme museli vydělit odporem R_0 tak, abychom mohli koeficient α dosadit do vzorce

$$R = R_0(1 + \alpha(\vartheta - \vartheta_0)) \quad .$$

Niklový odporový senzor vyžadoval použití kvadratické regrese, jejímž výstupem jsou tři členy a , b a c . Hodnoty x_i jsou teploty měření odpovídajících změřeným odporům y_i .

$$\begin{aligned} a \sum x_i^4 + b \sum x_i^3 + c \sum x_i^2 &= \sum y_i x_i^2 \\ a \sum x_i^3 + b \sum x_i^2 + c \sum x_i &= \sum y_i x_i \\ a \sum x_i^2 + b \sum x_i + c \cdot n &= \sum y_i \end{aligned}$$

Absolutní člen c odpovídá opět přímo odporu R_0 . Lineární a kvadratický člen b a c odpovídá po vydělení hodnotou R_0 po řadě koeficientu α a β ve vzorci

$$R = R_0 \left(1 + \alpha(\vartheta - \vartheta_0) + \beta(\vartheta - \vartheta_0)^2 \right) \quad .$$

V případě termistoru byla situace o něco jednodušší. Z vybraných dvou párů hodnot teplota – odpor jsme po úpravě vzorce

$$R = T_0 e^{-B(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T})}$$

do tvaru

$$B = \frac{\ln R_1 - \ln R_0}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_0}}$$

a jejich dosazením získali koeficient B .

3 Teplotní charakteristiky

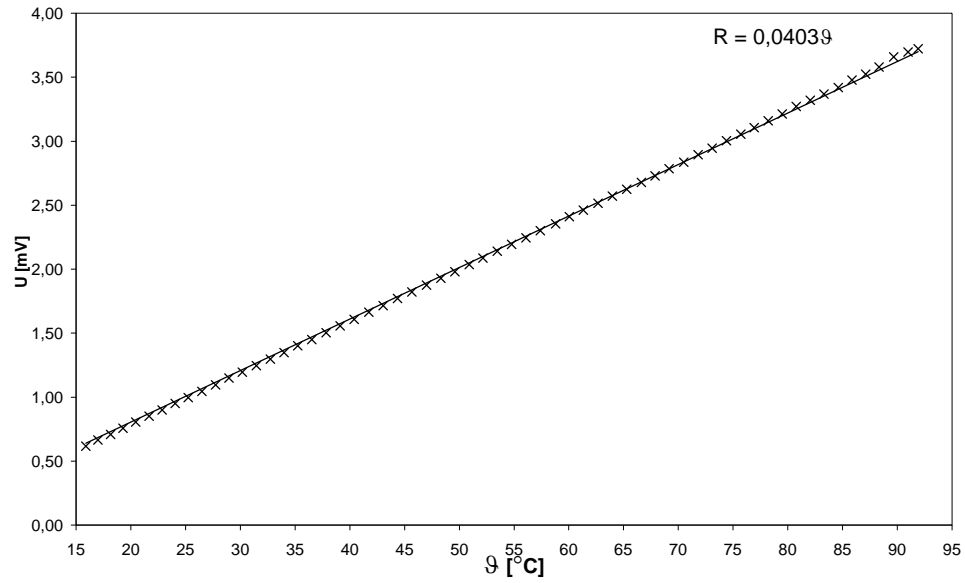


Figure 1: Termočlánek. $k = 4,03 \cdot 10^{-5} \text{VK}^{-1}$

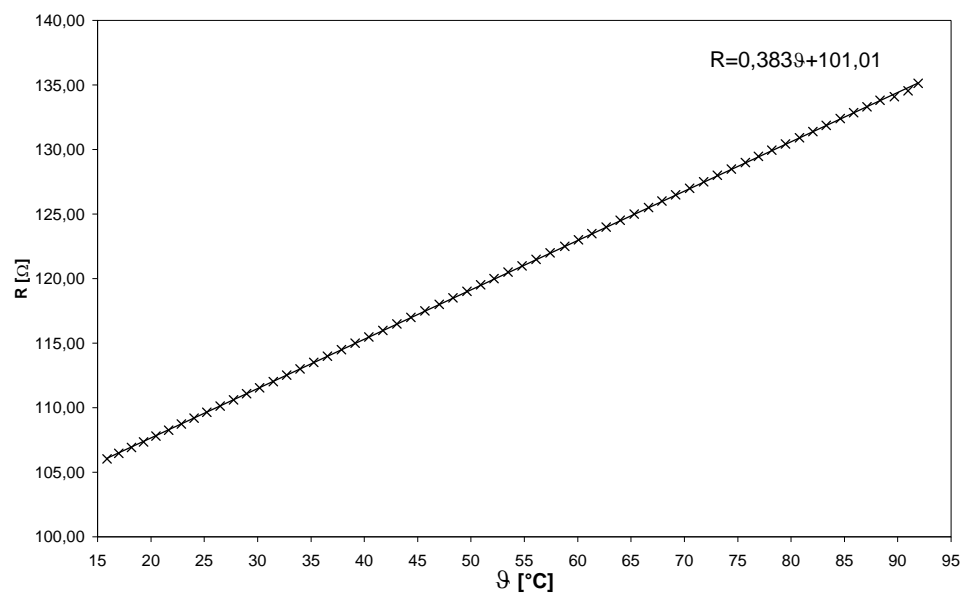


Figure 2: Pt100. $R_0 = 101,01 \Omega$ $\alpha = 3,79 \cdot 10^{-3} \Omega K^{-1}$

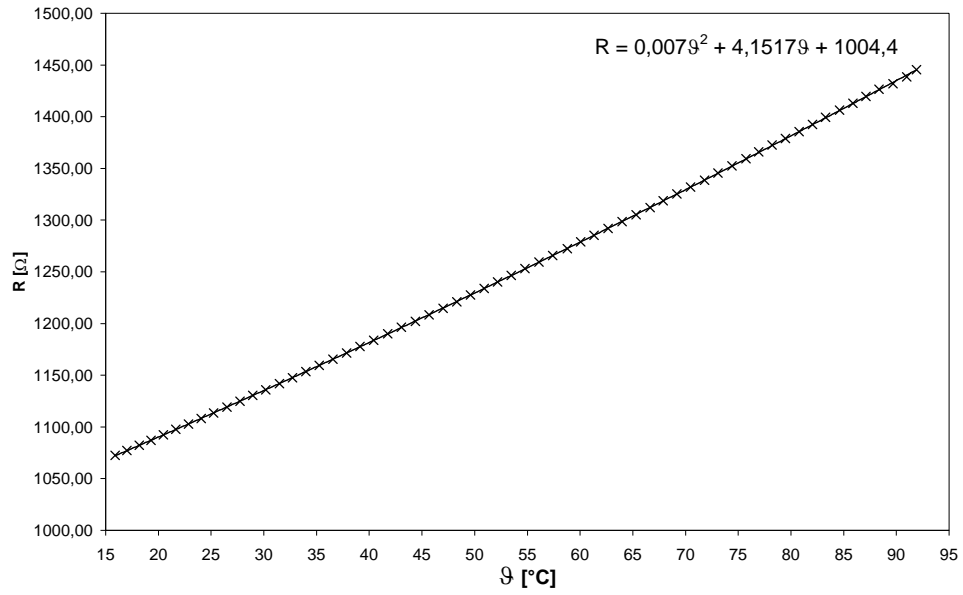


Figure 3: Ni1000. $R_0 = 1004.4 \Omega$; $\alpha = 4.13 \cdot 10^{-3} \Omega K^{-1}$; $\beta = 6.97 \cdot 10^{-6} \Omega K^{-2}$

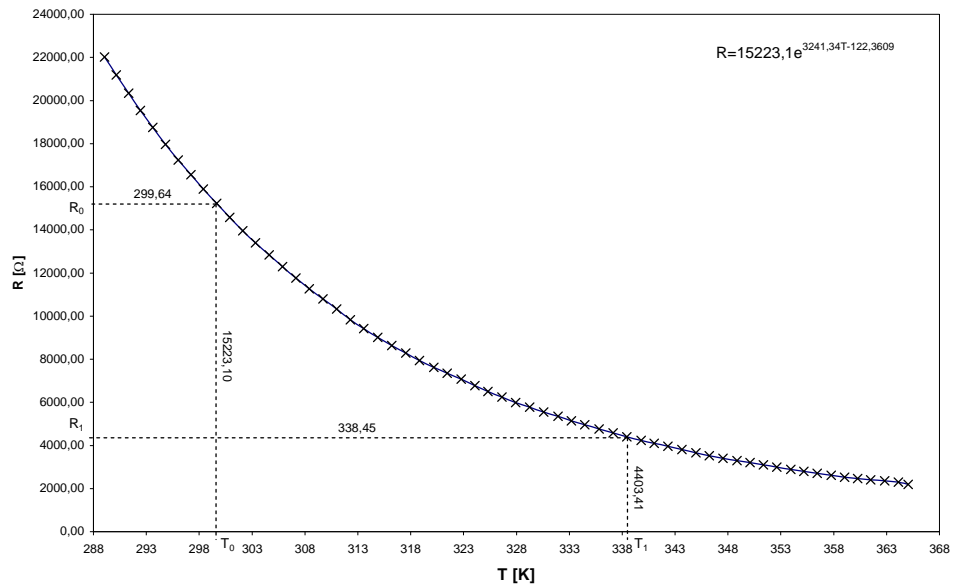


Figure 4: NTC. $B = 3.241 \cdot 10^3 K$

4 Vyhodnocení

Hodnoty vypočtené pomocí lineární a v případě niklového senzoru kvadratické regrese odpovídají hodnotám, které spočítal Excel z grafu proložením odpovídající „statistickou“ křivkou.

Z charakteristik je dobře patrné, že termočlánek společně se senzorem Pt100 mají skutečně téměř dokonale lineární teplotní závislost — samozřejmě v omezeném rozsahu teplot, ve kterém jsme je testovali. Niklový senzor Ni1000 vykazuje mírně vyšší strmost charakteristiky — vyšší koeficient α . To je výhodné pro konstrukci přístroje s vyšší citlivostí, charakteristika je však již nezanedbatelně nelineární. Na opačném konci tohoto srovnání stojí termistor NTC. Oproti kovovým sensorům a termočlátku je jeho charakteristika v omezeném rozsahu teplot o několik řádů strmější, čehož bychom mohli bez problémů využít při měření v systému, ve kterém se teplota mění jen minimálně. Pro měření velkého rozsahu není vhodný a je potřeba charakteristiku vhodně upravovat, případně teplotu složitěji dopočítávat (nebo použít analogový měřák a šikovně ocejchovat stupnici...).