

# MĚŘENÍ TEPLOTNÍ ZÁVISLOSTI ELEKTRICKÉHO ODPORU

## Zadání:

Změřte teplotní závislosti elektrického odporu vodiče, odporového drátu a negativního termistoru.

Naměřené hodnoty запиšte do tabulky.

Graficky vyjádřete závislost  $R=F_9(T)$ .

Graficky zlinearizujte závislost u kovů a určete teplotní koeficienty změny odporu  $\alpha$  a  $\beta$ .

## Úvod do problematiky

Rezistivita kovových materiálů je podle Mathiessenova pravidla rozdělena na složku, která závisí pouze na teplotě a na složku závislou na struktuře kovu. U čistých kovů většinou převládá složka závislá na teplotě, zatímco u slitin teplotní složka nemá tak velký vliv. Jak roste teplota, zvyšuje se amplituda tepelného pohybu, tím se zkracuje střední doba mezi srážkami a tím roste rezistivita. Růst rezistivity je dán vztahem:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot (T - T_0))$$

kde  $R_0$  je počáteční odpor,  $\alpha$  je koeficient změny odporu a  $T - T_0$  je rozdíl aktuální a počáteční teploty.

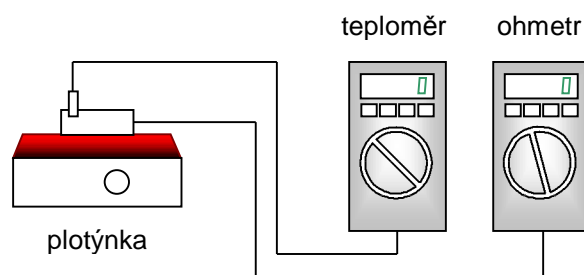
U polovodiivých materiálů (termistor) je závislost odporu na teplotě opačná než u kovů, není lineární ale má exponenciální tvar. Růst teploty u polovodičů způsobuje zvýšení koncentrace nosičů náboje, čímž klesá rezistivita. Rezistivita polovodiivých materiálů je dána vztahem:

$$R = R_0 \cdot e^{-b \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)}$$

$R_0$  je počáteční odpor,  $b$  je koeficient změny odporu polovodičů,  $T_0$  počáteční teplota.

## Postup měření

Měření bylo prováděno po pěti Kelvinech tak, aby mezi jednotlivými kroky uplynulo alespoň pět minut a měřený předmět se stačil prohřát. Teplotu je nutné nastavovat citlivě - spínač topení sepnout na několik vteřin a to maximálně na 3. stupeň. Spínač topení je nutné pootočit do takové polohy, aby se rozsvítila kontrolka, indikující ohřev plotýnky. Měřenými předměty jsou: odporový drát, měděný drát a termistor – vše zalito do bloku spolu se sondou teploměru. Před zapnutím plotýnky byla odečtena první trojice hodnot, potom byly tyto tři odpory odečítány pro každý další krok až do teploty 80°C (při vyšší teplotě by mohlo dojít k poškození měřených vzorků).



Naměřené hodnoty jsou na závěr vyneseny do grafu a u kovů zlinearizovány.

## Použité přístroje

Ohmetr: multimetr METEX M3860D

Teploměr: multimetr METEX M3850D

Plotýnka: MM7

## Naměřené hodnoty:

T		měď	termistor	odporový drát
		R	R	R
[°C]	[K]	[Ω]	[kΩ]	[kΩ]
20	293,15	321,4	9,27	1,016
25	298,15	323,8	7,01	1,015
30	303,15	324,2	5,66	1,015
35	308,15	327,8	4,35	1,016
40	313,15	332,8	3,84	1,016
45	318,15	340,2	3,03	1,02
50	323,15	350,7	2,35	1,017
55	328,15	356,1	1,981	1,017
60	333,15	362,3	1,688	1,017
65	338,15	372,8	1,407	1,017
70	343,15	378,8	1,185	1,018
75	348,15	383	0,982	1,018
80	353,15	388	0,847	1,018

## Stanovení teplotních koeficientů

### 1. měď

Pro růst odporu mědi platí vztah růstu odporu kovů, ze kterého je vyjádřen teplotní koeficient:

$$a_{Cu} = \frac{R - R_0}{R_0 \cdot (T - T_0)} = \frac{388 - 321,4}{321,4 \cdot (80 - 20)} = \underline{\underline{0,0035 \text{ K}^{-1}}}$$

### 2. termistor

U termistoru platí polovodivá teplotní závislost, z níž je vydělením a zlogaritmováním vyjádřen teplotní koeficient:

$$b_{\text{termistor}} = \frac{\ln\left(\frac{R}{R_0}\right)}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}} = \frac{\ln\left(\frac{0,847}{9,27}\right)}{\frac{1}{353,15} - \frac{1}{293,15}} = \underline{\underline{4128 \text{ K}^{-1}}}$$

### 3. odporový drát

Odporový drát je kovový materiál, takže u něho pro teplotní součinitel odporu platí stejný vztah jako pro měď:

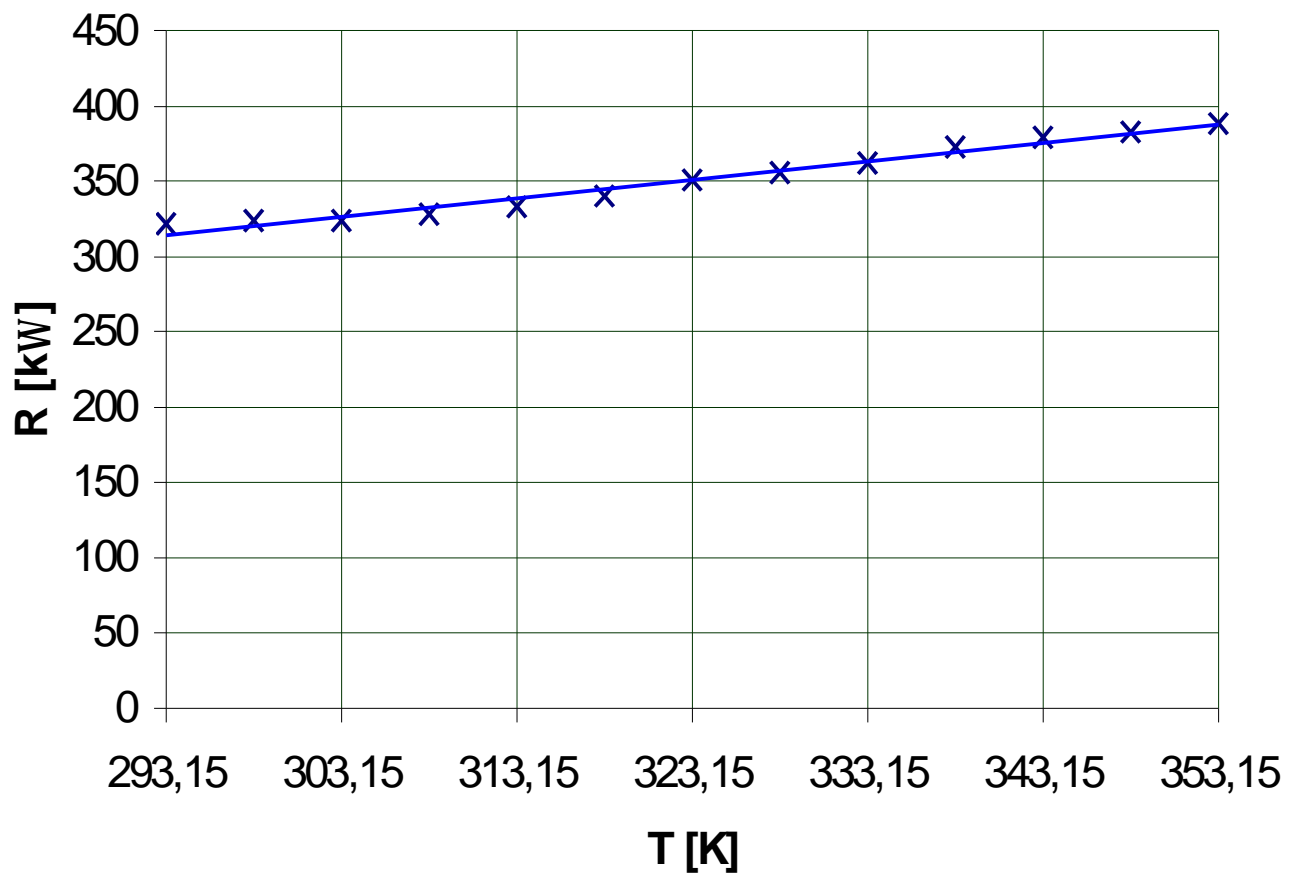
$$a_{\text{drát}} = \frac{R - R_0}{R_0 \cdot (T - T_0)} = \frac{1018 - 1016}{1016 \cdot (80 - 20)} = \underline{\underline{32,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}}}$$

## Vyhodnocení výsledků

Teplotní koeficient změny odporu mědi se od tabulkové hodnoty  $0,0043 \text{ K}^{-1}$  příliš neliší. U odporového drátu je koeficient změny odporu velmi malý, takže výhodou odporového drátu je jeho stálost odporu vzhledem k teplotě. Tato stálost je způsobena tím, že odporový drát je vyroben ze slitiny, jejíž elektrická vlastnost je zmíněna v úvodu.

Během měření se vyskytl problém s vzorkem mědi, jehož odpor nebylo možné změřit vlivem špatného kontaktu nebo poškození vzorku manipulačním háčkem. Hodnoty pro měď byly tedy převzaty od kolegů, u nichž tento problém nebyl.

## Závislost odporu mědi na teplotě



Čeřovský 101

1. měření teplotní závislosti elektrického odporu

Čeřovský 101

1. měření teplotní závislosti elektrického odporu