

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM			Jméno a příjmení Shadi Shity			ID 256392
FEKT VUT BRNO		Ročník 1.	Předmět FY1	Prog./Obor BPCAMT	Stud. skup. Kroužek	Lab. skup. A
Měřeno dne 6.3.2024	Odevzdáno dne	Spolupracoval -				
Příprava	Opravy	Učitel			Hodnocení	
Název úlohy Teplotní závislost odporu polovodičového termistoru a kovového snímače teploty						Číslo úlohy 18

Úkol:

Změřte a porovnejte teplotní závislost odporu polovodičových termistorů a platinového snímače teploty v intervalu teplot (5 – 60) °C. Změřené závislosti vynesete do grafů. Z vykreslených grafů určete teplotní součinitel odporu α_R pro platinový senzor a energiovou konstantu B pro NTC termistor

Teoretický úvod:

Krystalické látky

Mezi krystalické látky se řadí i kovy a polovodiče. Tyto látky jsou uspořádány v opakující se struktuře zvané krystalová mřížka. Základem krystalové mřížky je elementární buňka. V uzlech krystalové jsou jednotlivé atomy, které kmitají kolem svých rovnovážných poloh. Amplituda těchto kmitů se zvyšuje s teplotou. **Vedení proudu v krystalických látkách**

V krystalických látkách se nacházejí volné nosiče náboje. U kovů to jsou volné elektrony a u polovodičů volné elektrony a díry. Elektrony jsou nosiče záporného náboje, naopak díry přenášejí kladný náboj. Koncentrace těchto nosičů náboje roste se stoupající teplotou, což vede ke zvyšování měrné elektrické vodivosti. S teplotou se také snižuje poločas mezi srážkami nosičů náboje s atomy mřížky. Tento jev má za následek naopak snížení vodivosti.

Kovové materiály

Krystalová mřížka kovových materiálů má takovou strukturu, ve které se při velmi nízkých teplotách vyskytuje velké množství volných elektronů. Množství těchto nosičů se při vzrůstající teplotě nezvyšuje. Snižuje se však poločas mezi srážkami což má za následek **zvyšování elektrického odporu s rostoucí teplotou**.

Závislost odporu na teplotě u kovů je **lineární**.

Vztah teploty a odporu v kovových materiálech lze vyjádřit následujícím vztahem:

$$R_T = R_0 \cdot [1 + \alpha_R \cdot (T - T_0)] \quad [\Omega]$$

Teplotní součinitel odporu α_R je definován následujícím vztahem:

$$\alpha_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT} \quad [K^{-1}]$$

$$\alpha_R = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}$$

Termistory

Termistory jsou polovodičové součástky specifické výraznou závislostí odporu na teplotě. Jejich součinitel odporu je zpravidla 5x – 10x větší než u kovů. Podle jeho znaménka se dělí na pozitivní a negativní.

Negativní (NTC):

Mají negativní součinitel odporu, to znamená, že jejich **odpor se snižuje s rostoucí teplotou**. Tento jev je způsoben zvyšováním množství volných nosičů náboje s rostoucí teplotou. Při teplotách blízkých 0K se polovodič chová jako izolant. Stejně jako u kovů, tak i u polovodičů probíhá protichůdný jev. Zvyšováním teploty se snižuje poločas mezi srážkami volných nosičů náboje s atomy krystalové mřížky. Na rozdíl od kovů, je v polovodičích tento jev přebit zvyšujícím-se množstvím volných nosičů náboje. Odpor NTC termistoru klesá **exponenciálně**.

Pozitivní (PTC):

Mají kladný součinitel odporu a jejich **odpor se zvyšuje s rostoucí teplotou**. Jejich závislost odporu na teplotě je **nelineární**. Při nízkých teplotách odpor PTC termistoru nejprve klesá a až po dosažení **mezní teploty** začne prudce stoupat. PTC termistory jsou vyráběny z feroelektrik s příměsmi které ovlivňují jejich vodivost.

Závislost odporu termistoru na teplotě je vyjádřena vztahem:

$$R_T = R_0 \cdot e^{\frac{B}{T} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} \quad [\Omega]$$

B – Konstantní parametr charakteristický pro každý termistor

Součinitel odporu pro termistor lze vyjádřit vztahem:

$$\alpha_R = \frac{1}{T} \left(\frac{R_T}{R_0} - 1 \right) \quad [K^{-1}]$$

Postup měření:

1. Zapojíme všechny tři multimetry do přípravku a nastavíme je do funkce ohmmetru
2. Vychladíme přípravek na teplotu 5°C
3. Zaznaménáme naměřené hodnoty do tabulky
4. Zvýšíme teplotu přípravku o 2°C
5. Kroky 3 a 4 opakujeme, dokud nedosáhneme teploty 59°C

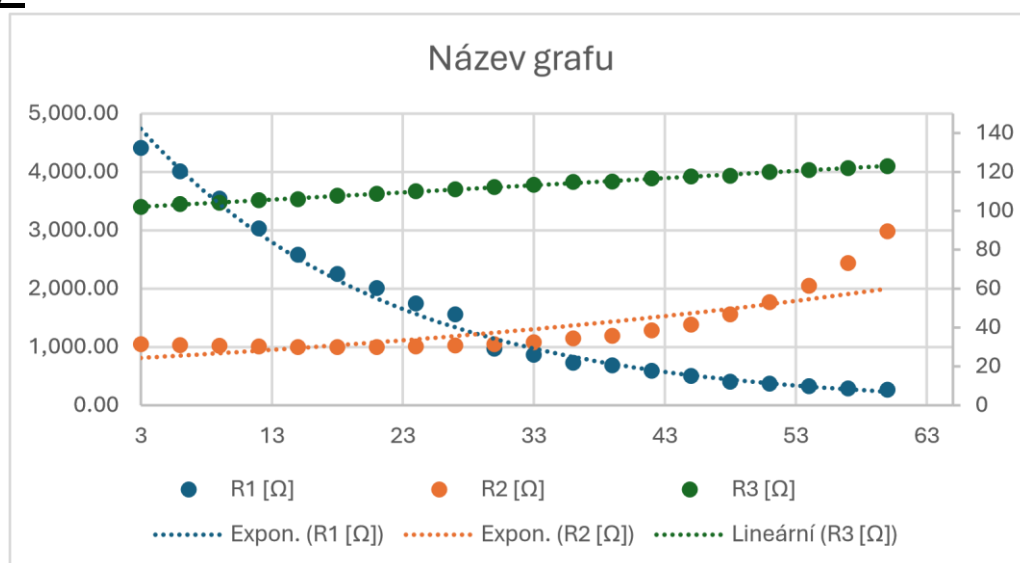
Naměřené hodnoty:

Typ multimetru							
Typ přípravku				NTC	PTC		PT100
Číslo měření	t [°C]	T [K]	$\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}$	R ₁ [Ω]	R ₂ [Ω]	T - T ₀	R ₃ [Ω]
1	3	276.15	0.00E+00	4,410	1049	0	102.0
2	6	279.15	-3.89E-05	4,012	1028	3	103.5
3	9	282.15	-7.70E-05	3,540	1018	6	104.1
4	12	285.15	-1.14E-04	3,030	1008	9	105.4

5	15	288.15	-1.51E-04	2,580	999	12	106.0
6	18	291.15	-1.87E-04	2,250	997	15	107.8
7	21	294.15	-2.22E-04	2,010	1000	18	108.7
8	24	297.15	-2.56E-04	1,744	1009	21	110.0
9	27	300.15	-2.90E-04	1,556	1023	24	111.0
10	30	304.15	-3.33E-04	972	1047	28	112.2
11	33	307.15	-3.65E-04	865	1078	31	113.3
12	36	310.15	-3.97E-04	730	1145	34	114.8
13	39	313.15	-4.28E-04	685	1191	37	115.0
14	42	316.15	-4.58E-04	592	1281	40	116.7
15	45	319.15	-4.88E-04	504	1381	43	117.7
16	48	322.15	-5.17E-04	401	1560	46	118.0
17	51	325.15	-5.46E-04	372	1767	49	120.0
18	54	328.15	-5.74E-04	325	2050	52	121.0
19	57	331.15	-6.01E-04	290	2440	55	122.0
20	60	334.15	-6.29E-04	268	2980	58	123.0

Tabulka 18.1 – Naměřené hodnoty

Grafy:



Obr. 18.1 – Závislost odporu termistorů a platinového senzoru na teplotě

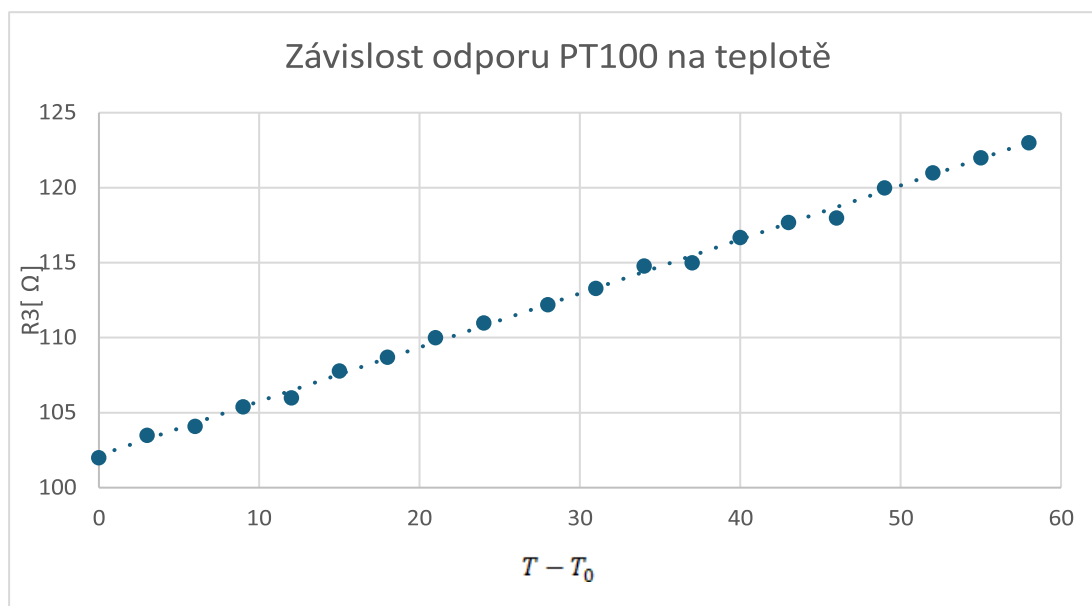


Obr. 18.2 – Závislost odporu NTC termistoru na teplotě v logaritmickém grafu

Odvození parametru B z rovnice regrese pro NTC termistor:

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

$$B = 4.45 \cdot 10^3 K$$



Obr 18.3 Závislost odporu PT100 na teplotě

Odvození teplotního součinitele odporu α_R z rovnice regrese pro senzor PT100:

$$R_T = R_0 \cdot (1 + \alpha_R \cdot (T - T_0)) = R_0 \cdot 1 + R_0 \cdot \alpha_R \cdot (T - T_0)$$

Z roznásobeného vztahu vidíme, že rovnice pro výpočet R_T má stejný tvar jako rovnice přímky (rovnice regrese pro lineární funkci).

$$\alpha_R = \frac{R_0 \cdot \alpha_R \cdot (T - T_0)}{-T_0} = 3.173 \cdot 10^{-3} K R_0 \cdot (T - T_0)$$

Použité přístroje:

1. Laboratorní přípravek s NTC + PTC +PT100
2. Multimetr
3. Multimetr
4. Multimetr

Závěr:

Měřením byla zjištěna energiova konstanta NTC termistoru $B = 4.45 \cdot 10^3$ s odporem $R_0 = 4410 \Omega$ při teplotě $t_0 = 3^\circ\text{C}$. Byl také zjištěn teplotní součinitel odporu platinového senzoru PT100 $\alpha_R = 3.3173 \cdot 10^{-3}$. Dále bylo ověřeno teorie chování vzorků v praxi:

1. Odpor NTC termistoru exponenciálně klesá s teplotou
2. Odpor PTC termistoru nejprve mírně klesá a po dosažení mezní teploty začne prudce stoupat
3. Odpor platinového snímače PT100 lineárně stoupá s teplotou