

Předmět: BPC-OZU

Úloha č. 7 Využití termoelektrického jevu pro získávání energie

Cíl úlohy

Cílem úlohy je seznámit se s principem Peltierova a Seebeckova jevu.

Pomocí termočlánku připojeného k chladicí a ohřivací nádobě prakticky ověřte Seebeckův a Peltierův.

Zadání úlohy

U předloženého systému vodních lázní s termočlánkem proměřte závislosti termoelektrického napětí na rozdílu teplot ve vodních lázních po stranách termočlánku.

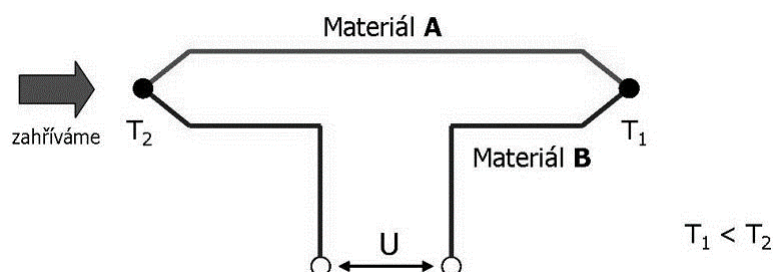
Výsledné závislosti změřených termoelektrických napětí na teplotě vyneste do grafu.

Předložený systém vodních lázní s termočlánkem připojte ke zdroji a postupně zvyšujte napětí a pomocí přiloženýh teploměrů sledujte teploty v jednotlivých lázních.

Výsledné závislosti změřených teplot na napětí přiloženém na termočlánek vyneste do grafu.

Teoretický rozbor

První termoelektrický jev byl objeven v roce 1821 Thomasem Seebeckem, který prokázal, že elektrické napětí může být generováno při zahřívání spoje dvou různých elektrických vodičů (např. měď a železo), zbylé konce se připojí k voltmetru a můžeme na něm následně pozorovat malé napětí. Pokud je aplikován teplotní gradient podél kovového vodiče, elektrony začnou difundovat z jednoho konce vodiče na druhý. Směr elektronové difuze je závislý na elektrických vlastnostech daného vodiče. Difundují-li elektrony od teplého konce vodiče k chladnému, vytvoří se negativní termoelektrické elektromotorické napětí a naopak pozitivní při difuzi elektronů od chladného konce k teplému. Takovéto spojení dvou vodičů se nazývá termočlánek viz Obr. 1. Bylo zjištěno, že produkované napětí je přímo úměrné rozdílu teplot mezi spoji, díky čemuž je možné termočlánek využít k měření teplot.



Obr. 1 Termočlánek a vznik Seebeckova jevu

Napětí generované termočlánekem U [V] je pak dáno relativním Seebeckovým koeficientem α_{AB} [VK⁻¹] a rozdílem teplot ΔT [K] teplé (T_H) a studené strany (T_C)

$$U = \alpha_{AB} \cdot \Delta T = \alpha_{AB} \cdot (T_H - T_C)$$

Seebeckův koeficient pak vyjadřuje poměr velikosti indukovaného termoelektrického napětí vůči teplotnímu rozdílu na termočlátku.

$$\alpha = \frac{U}{\Delta T}$$

Tab.1 Seebeckovy koeficienty vybraných prvků

materiál	α	materiál	α	materiál	α
antimon	47	měď	6,5	sodík	-2,0
bismut	-72	nichrom	25	stříbro	6,5
draslík	-9,0	nikl	-15	tantal	4,5
germanium	300	olovo	4,0	telur	500,0
hliník	3,5	platina	0	uhlík	3,0
kadmium	7,5	rhodium	6,0	wolfram	7,5
konstantan	-35	rtuť	0,60	zlato	6,5
křemík	440	selen	900	železo	19

*jednotka: $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$; všechny hodnoty jsou při teplotě 0°C

Opačným jeve k jevu Seebeckovu je jev Peltierův pozorovaný poprvé v roce 1834 Jeanem Peltierem. V případě že je obvod stejně jako v případě Seebeckova jevu tvořen dvěma různými vodiči, na které se připojí zdroj stejnosměrného proudu, dojde na jednom spoji k zahřátí a na druhém spoji k ochlazení. Tento jev je zapříčiněn průchodem proudu spojem dvou kovů, kdy nosiče náboje prochází z prostředí o vyšší střední energii do nižší a opačně. V případě přechodu nosiče z prostředí o vyšší střední energii do nižší dojde k vyzáření přebytečné energie ve formě tepla, následkem čehož se spoj začne ohřívat. V opačném případě, kdy nosič přechází z prostředí s nižší střední energií do vyšší, je nosič nucen přijmout energii na úkor energie tepelné, čímž dochází k ochlazování spoje. Oba dva výše zmíněné jevy se vyskytují pouze u materiálů, ve kterých jsou nosiči náboje převážně elektrony (kovy, polovodiče).

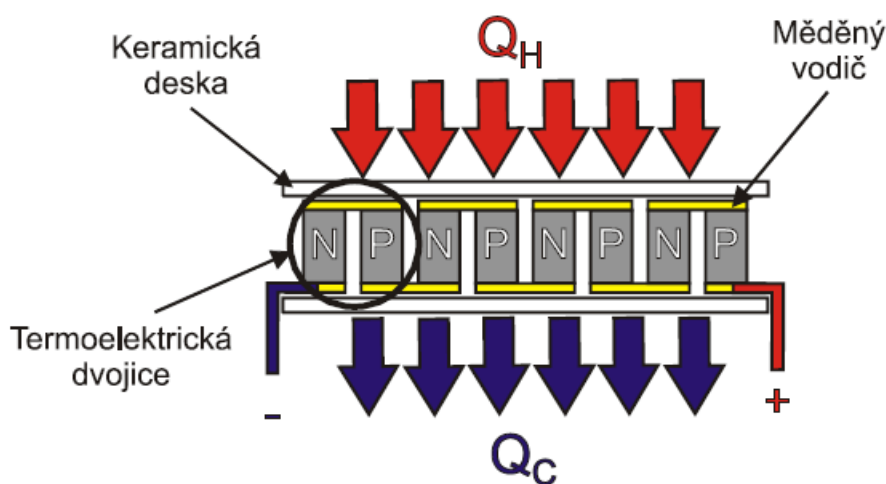
tejně jako v případě Seebeckova jevu existují koeficienty také pro jev Peltierův. Peltierův absolutní koeficient (α) je vztažen k samotnému materiálu. Relativní Peltierův koeficient (π) vzniklý průchodem proudu spoji dvou různých materiálů je dán poměrem absorbovaného tepla k elektrickému proudu:

$$\pi = \frac{Q}{I}$$

Souvislost mezi relativním Peltierovým koeficientem a relativním Seebeckovým koeficientem je vyjádřena pomocí Kelvinova vztahu:

$$\alpha = \frac{\pi}{T}$$

Termočlánky můžeme rozdělit na klasické (tedy vytvořené pomocí dvojice kovů) nebo polovodičové. Klasické vytvořené pomocí spojení dvou kovů se používali již na začátku 20. století pro měření teploty a bylo uvažováno i o jejich využití k výrobě elektrické energie. Nevýhodou je že kovy mají malý Seebeckův koeficient maximálně desítky μVK^{-1} to je způsobeno faktem, že v kovech a slitinách kovů je poměr mezi elektrickou a tepelnou vodivostí konstantní. Snižování tepelné vodivosti a současně zvyšování vodivosti elektrické tedy v kovech není možné. S rozvojem polovodičové techniky v 50. letech 20. století došlo i k rozvoji polovodičových termočlánků díky jejich vysokému Seebeckovu koeficientu. Polovodičové termočlánky si tak našli uplatnění v oblastech, ve kterých nemohly být uplatněny články klasické. V praxi se proto používají pro generaci termoelektrického napětí termoelektrické moduly. Tyto moduly si můžeme představit, jako spojení dvou polovodičů různého typu čímž vzniká termoelektrická dvojice, na jejíž horní stranu je přiváděno teplo a ze spodní strany je teplo odváděno, čímž dochází ke vzniku teplotního rozdílu ΔT mezi horní a spodní stranou. V polovodiči typu N, jehož majoritními nosiči jsou elektrony, dochází k jejich pohybu od horkého konce ke studenému. V polovodiči typu P, jehož majoritními nosiči jsou díry, dochází ke stejnému pohybu, jako u elektronů v polovodiči typu N tedy k jejich přesunu od teplého konce ke studenému čímž dochází k toku elektronů v opačném směru. Jednotlivé termoelektrické dvojice se za sebe řadí vedle sebe a tak je vytvořen modul viz Obr. 2.



Obr. 2 Schéma termoelektrického modulu

Postup měření

- 1) Do dvou přiložených kádínek napust'te studenou a teplou vodu z kohoutku po vyznačené rysky a následně do nich vložte termoelektrický modul s připevněnými chladiči. Do kádínek vložte sondy teploměrů umístěných nalevo a napravo od kádínek. Po uplynutí třiceti sekund odečtete generované napětí, proud a teploty v kádinkách. Kádinky následně vylijte do umyvadla a vypláchněte po každém z následujících kroků.

- 2) Do jedné z kádinek nalijte studenou vodu z kohoutku a do druhé nalijte vodu ohřátou v přiložené konvici, obdobně jako v předchozím kroku po uplynutí třiceti sekund odečtěte generované napětí, proud a teploty v kádinkách.
- 3) Zopakujte předchozí krok, avšak kádinku se studenou vodou naplňte jen z poloviny, ale do kádinky se studenou vodou vložte několik kostel ledu, kterými dorovnáte hladinu po risku a počkejte tři minuty, než dojde k ochlazení vody. Po třech minutách nalijte do druhé kádinky vodu ohřátou v přiložené rychlovarné konvici. Po uplynutí třiceti sekund odečtěte generované napětí, proud a teploty v kádinkách.
- 4) Požádejte vyučujícího o přinesení podchlazeného Isopropyl alkoholu, který následně nalijete do jedné z kádinek a do druhé opětovně nalijte ohřátou vodu z konvice. Po uplynutí třiceti sekund odečtěte generované napětí, proud a teploty v kádinkách. Po odměření přelijte Isopropyl alkohol zpět do lahve.
- 5) Pro všechna měření vypočtěte výkon generovaný termočlánkem pro jednotlivé rozdíly teplot a určete Seebeckův koeficient. Do grafu vyneste závislost generovaného výkonu na velikosti rozdílu teploty.
- 6) Do obou kádinek nalijte 200 ml studené vody z kohoutku a nechte ji po dobu dvou minut stát, následně vodu opětovně vylijte a znovu naplňte studenou vodou.
- 7) Odpojte termočlánek od nepájivého pole a připojte jej na zdroj. Po připojení vložte do kádinek teploměry a запиšte teplotu vody. Zapněte zdroj a nastavte napětí 5 V bez proudového omezení. Hodnotu napětí a proudu si запиšte. Po dobu 5 minut zapisujte v intervalu třiceti sekund teplotu jednotlivých kádinek.
- 8) Vypněte zdroj a zopakujte postup z bodu č.6.
- 9) Zapište teplotu vody v kádinkách a opětovně zapněte zdroj a nastavte napětí 10 V bez proudového omezení. Hodnotu napětí a proudu si запиšte. Po dobu 5 minut zapisujte v intervalu třiceti sekund teplotu jednotlivých kádinek.
- 10) Z měření při napětí 5 V a 10 V určete, jaké množství energie bylo spotřebováno na ohřev a ochlazení na maximální deltu teploty. Vypočtěte výkon potřebný k ohřevu a ochlazení vody na maximální dosaženou teplotu při 5 V a 10 V, jestliže měrná tepelná kapacita vody c_v je rovna $4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. K výpočtu použijte následující vzorec kde τ je doba potřebná pro dosažení dané teploty, m hmotnost vody a P výkon.

$$\tau = \frac{Q}{P} = \frac{m \cdot c_v (t_2 - t_1)}{P}$$

Kontrolní otázky

- 1) Vysvětlete rozdíl mezi Seebeckovým a Peltierovým jevem.
- 2) Zjistěte účinnost přeměny tepelné energie na energii elektrickou, jestliže víme, že MARS Curiosity používá ke generaci elektrické energie zdroj tepla o výkonu 2000 W a baterie s napětím 7,2 V a kapacitou 43 Ah nabije při využití celkové generované energie termočlánkem za 2,5 hodiny.