

Sprawozdanie

Maria Nowacka, czwartek 17.05

1. Temat:

Badanie zjawiska Seebecka i zastosowanie modułu termoelektrycznego do przetwarzania energii cieplnej na elektryczną.

2. Wstęp teoretyczny

Zjawisko Seebecka opisuje generowanie siły elektromotorycznej na złączach dwóch różnych materiałów przewodzących prąd elektryczny na skutek różnicy temperatur pomiędzy nimi (ze względu na różną koncentrację elektronów). Gdy temperatura będzie taka sama na obu złączach, efekt nie zajdzie przez brak różnicy potencjałów. Jeśli temperatury będą różne, między złączami powstanie siła termoelektryczna. Napięcie termoelektryczne nie zależy od wymiarów materiałów.

Współczynnik Seebecka wyraża opisuje relację między różnicą temperatur na złączach a SEM i można wyrazić wzorem $\alpha = \frac{v}{\Delta T}$.

Dodatni współczynnik oznacza, że SEM w obwodzie będzie skierowana od zimniejszego złącza do cieplejszego (dla wartości ujemnych na odwrót). Powiązane z tą zależnością jest zjawisko Peltiera, które polega na wydzielaniu lub pochłanianiu ciepła przez złącze dwóch metali (lub półprzewodników). Zjawisko Seebecka można wykorzystać do generowania prądu. Celem naszych obliczeń będzie obliczenie mocy wydzielonej na oporniku ze wzoru $w = \frac{U^2}{R_L}$, gdzie U oznacza spadek napięcia na rezystencji obciążenia R_L . Końcowo przyrównamy wynik z zależnością opisaną równaniem:

$$w = I^2 R_L = \left(\frac{\alpha \Delta T}{R + R_L} \right)^2 R_L.$$

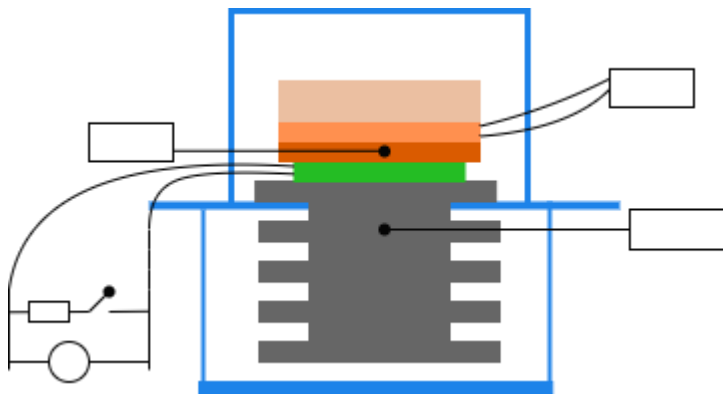
3. Cel

- wyznaczenie zależności napięcia termoelektrycznego od różnicy temperatur między spojeniami półprzewodnikowego modułu termoelektrycznego,
- wyznaczenie wartości współczynnika Seebecka dla modułu termoelektrycznego,
- wyznaczenie zależności mocy generowanej przez moduł termoelektryczny od różnicy temperatur między jego spojeniami.

4. Schemat układu pomiarowego

Przyrządy:

- układ pomiarowy złożony z modułu termoelektrycznego, wymiennika ciepła zanurzonego w rezerwuarze ciepła (zbiorniku z wodą), bloku miedzianego, grzejnika oraz termometrów elektronicznych,
- woltomierz cyfrowy (miernik uniwersalny),
- zasilacz prądu stałego z wbudowanym woltomierzem i amperomierzem,
- opornik (o oporze R_L).



5.Opis metody pomiarowej

Po podłączeniu układu wg powyższego schematu zmieniamy natężenie prądu przepływającego przez grzejnik na przedziale $[0, 2.1 \text{ A}]$ co 0.3 A , po odczekaniu 4 minut odczytujemy temperatury z obydwu bloków (z termometrów elektronicznych) oraz napięcie termoelektryczne (z woltomierza). Dodatkowo musimy zmierzyć wartość rezystancji opornika, a następnie powtórzyć pomiary temperatury i napięcia w układzie z podłączonym na wyjściu modułu termoelektrycznego opornikiem (woltomierz podłączamy równolegle do opornika).

6.Wyniki pomiarów

Pierwszy pomiar (bez rezystora)				
lp.	$T_1 [^{\circ}\text{C}]$	$T_2 [^{\circ}\text{C}]$	$I [\text{A}]$	$U [\text{V}]$
1.	21,2	21,1	0,0	0,006
2.	21,9	21,3	0,3	0,022
3.	23,4	21,9	0,6	0,073
4.	26,3	22,8	0,9	0,161
5.	30,1	24,1	1,2	0,284
6.	36,6	26,2	1,5	0,480
7.	43,9	28,7	1,8	0,709
8.	52,6	31,6	2,1	0,996

Wyniki pomiarów po podłączeniu rezystora				
lp.	$T_1 [^{\circ}\text{C}]$	$T_2 [^{\circ}\text{C}]$	$I [\text{A}]$	$U [\text{V}]$
1.	25,8	25,6	0,0	0,004
2.	26,0	25,5	0,3	0,013
3.	27,2	25,9	0,6	0,045
4.	29,7	26,6	0,9	0,103
5.	33,4	27,8	1,2	0,186
6.	38,8	29,5	1,5	0,308
7.	45,7	32,1	1,8	0,453
8.	53,9	35,2	2,1	0,625

Dodatkowo zmierzylismy opór opornika: $R_L = 4,8 \Omega$

7. Wzory

Współczynnik Seebecka: $\alpha = \frac{U}{\Delta T}$,

gdzie: α – współczynnik,

U – napięcie

ΔT – różnica temperatur

Moc wydzielana na oporniku: $w = \frac{U^2}{R_L}$,

gdzie: w – moc

U – spadek napięcia na rezystencji obciążenia R_L

Moc wydzielona na oporze obciążenia : $w = I^2 R_L = \left(\frac{\alpha \Delta T}{R + R_L} \right)^2 R_L$

gdzie: I – natężenie prądu

R_L – opór podłączonego opornika

R – rezystencja termopary

8. Przykładowe obliczenia

Pierwszym krokiem obliczeń będzie wyznaczenie współczynnika Seebecka, ze wzoru podanego wyżej. Możemy oszacować wartość, korzystając z tego, że stosunek napięcia do różnicy temperatur w naszym doświadczeniu jest prawie liniowy. Wybierając przykładowo pomiar piąty, podstawiamy zmierzone wartości:

$$\alpha = \frac{0,284 \text{ V}}{6 ^{\circ}\text{C}} = 0,047(3) \frac{\text{V}}{^{\circ}\text{C}}$$

Jak się za chwilę okaże, to oszacowanie jest dokładne do trzech miejsc po przecinku.

Korzystając z podanego wzoru na moc wydzielaną na oporniku możemy obliczyć jej wartość dla wybranej różnicy temperatur.

Ponownie wybierzemy pomiar piąty (tym razem z drugiej tury pomiarów).

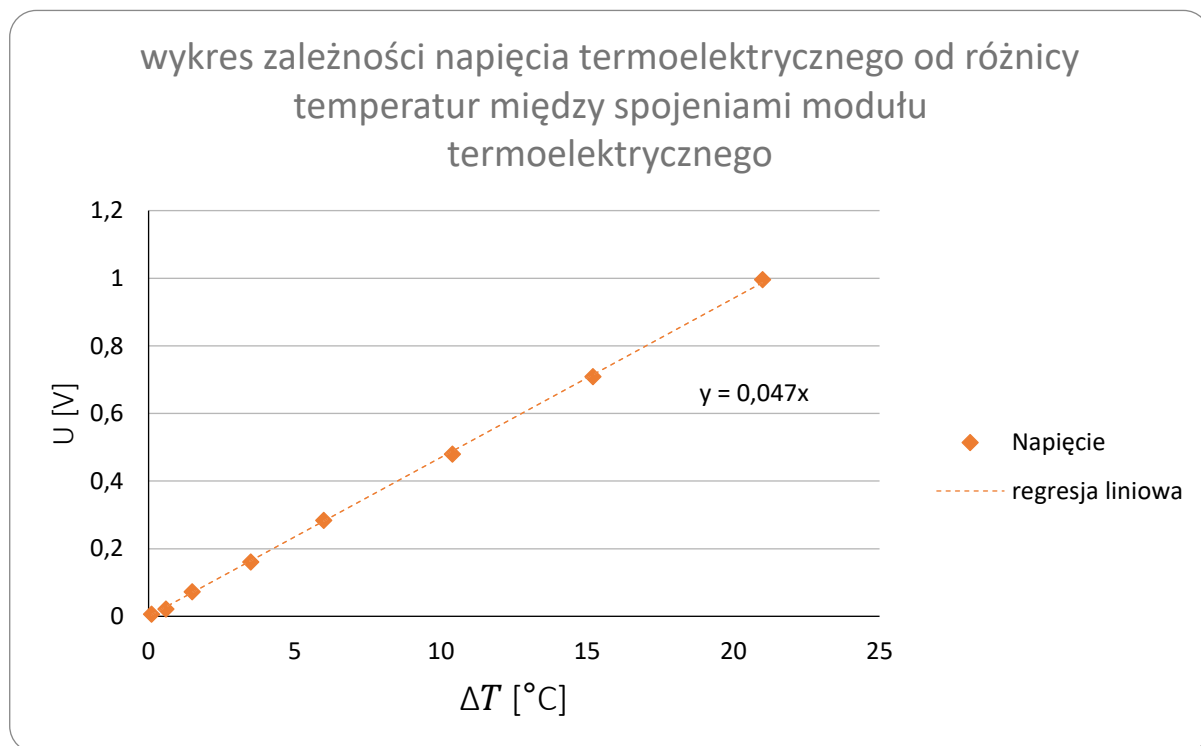
$$w = \frac{(0,186 \text{ V})^2}{4,8 \Omega} = 0,0072075 \text{ W}$$

9. Wyniki obliczeń

Po naniesieniu wyników na wykres i użyciu aproksymacji liniowej uzyskujemy wartość efektywnego współczynnika Seebecka.

Dla naszych danych otrzymujemy $\alpha = 0,047018422$.

Niepewność obliczonego współczynnika: $0,00020728$.



10. Analiza niepewności pomiarowych

Niepewności urządzeń pomiarowych:

Woltomierza: $\Delta_p U = \pm(0,5\%rdg + 1 \cdot 0,001)$

Opornika: $\Delta_p R = \pm(0,8\%rdg + 3 \cdot 0,1)$

Termometru: $\Delta_p T = \pm(1^\circ\text{C})$

Korzystając z podanego wzoru, dla każdego odczytu napięcia obliczamy jego niepewność. Wyniki przedstawiono w tabeli poniżej.

Niepewności z pierwszych pomiarów			Niepewności z drugich pomiarów		
lp.	U [V]	$\Delta_p U$ [V]	lp.	U [V]	$\Delta_p U$ [V]
1	0,006	0,0011	1	0,004	0,0011
2	0,022	0,0012	2	0,013	0,0011
3	0,073	0,0014	3	0,045	0,0013
4	0,161	0,0019	4	0,103	0,0016
5	0,284	0,0025	5	0,186	0,0020
6	0,48	0,0034	6	0,308	0,0026
7	0,709	0,0046	7	0,453	0,0033
8	0,996	0,0060	8	0,625	0,0042

Dodatkowo niepewność złożoną mocy obliczymy ze wzoru:

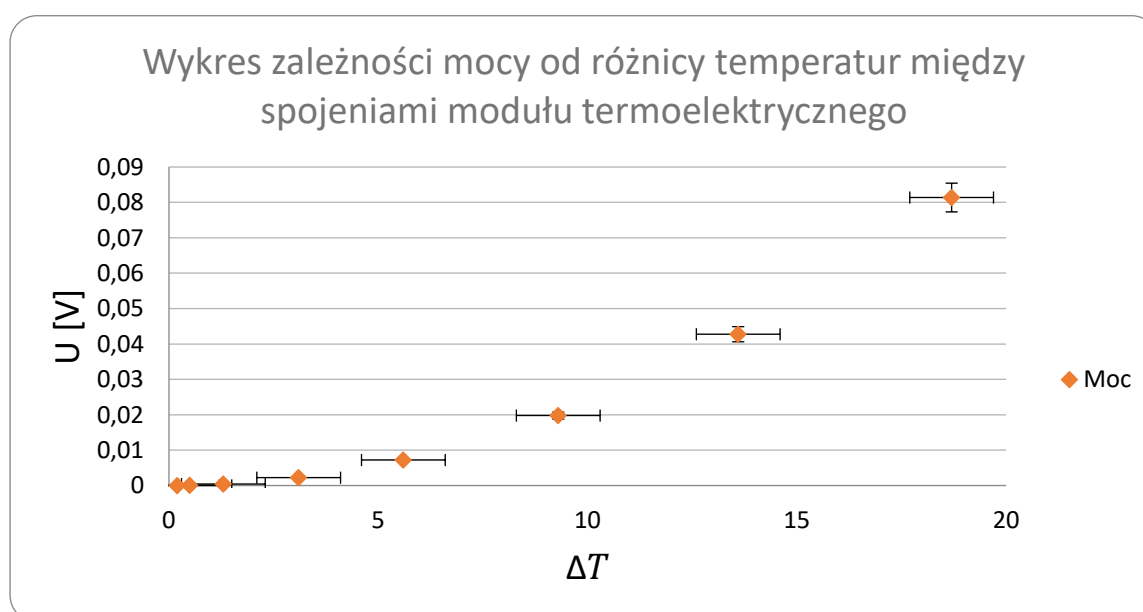
$$u_c(y) = \left(\sum_{i=1}^k \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

Dla naszego przypadku mamy:

$$u_c(w) = \left(\left(\frac{2U}{R_L} (0,5\% \cdot U + 1 \cdot 0,001) \right)^2 + \left(\frac{-U}{R_L^2} (0,8\% \cdot 4,8 + 3 \cdot 0,1) \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

Tabela niepewności złożonych dla każdego pomiaru					
lp.	T_1 [°C]	T_2 [°C]	I [A]	U [V]	$u_c(w)$
1	25,8	25,6	0	0,004	1,71617E-06
2	26	25,5	0,3	0,013	6,28011E-06
3	27,2	25,9	0,6	0,045	3,75787E-05
4	29,7	26,6	0,9	0,103	0,000168841
5	33,4	27,8	1,2	0,186	0,000529686
6	38,8	29,5	1,5	0,308	0,001430937
7	45,7	32,1	1,8	0,453	0,003076366
8	53,9	35,2	2,1	0,625	0,005837004

11. Wyniki końcowe



Na powyższym wykresie zaznaczono moc w zależności od różnicy temperatur z uwzględnieniem niepewności. Dodatkowo porównamy wyniki z wartościami obliczonymi z wspomnianego wcześniej wzoru uwzględniającego współczynnik Seebecka.

lp.	I [A]	U [V]	ΔT [°C]	w	$u_c(w)$	ze wzoru
1	0	0,004	0,2	3,33333E-06	1,71617E-06	1,84228E-05
2	0,3	0,013	0,5	3,52083E-05	6,28011E-06	0,000115142
3	0,6	0,045	1,3	0,000421875	3,75787E-05	0,000778362
4	0,9	0,103	3,1	0,002210208	0,000168841	0,00442607
5	1,2	0,186	5,6	0,0072075	0,000529686	0,014443449
6	1,5	0,308	9,3	0,019763333	0,001430937	0,039834627
7	1,8	0,453	13,6	0,042751875	0,003076366	0,085186873
8	2,1	0,625	18,7	0,081380208	0,005837004	0,161056433

12. Wnioski

Zaobserwowaliśmy zjawisko Seebecka i obliczyliśmy współczynnik α na podstawie aproksymacji liniowej dla naszego modułu termoelektrycznego. Następnie, po drugiej serii pomiarów udało nam się pokazać zależność mocy generowanej przez ten moduł. Moc wydzielana na oporniku nie pokrywa się jednak z mocą wydzieloną na oporze co do wartości, jednak ma ten sam rząd i jest równa co do stałej. Różnice między wartościami można pokazać na wykresie:

