



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

LABORATORIUM

MATERIAŁOZNAWSTWO ELEKTROTECHNICZNE

Ćwiczenie nr 9

Badanie elementów termoelektrycznych

Lublin 2025 r.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.
Utwór dostępny jest na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowe.

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie zasady działania elementów termoelektrycznych taki jak ogniwa Peltiera oraz analiza ich podstawowych parametrów, takich jak różnica temperatur między stronami modułu, sprawność chłodzenia (COP), charakterystyki prądowo-napięciowe, a także zależności wydajności od napięcia zasilania i warunków pracy.

Zakres ćwiczenia

Analiza ogniwa Peltiera zostanie przeprowadzona poprzez pomiar maksymalnej różnicy temperatur między jego stroną chłodzoną a grzaną w funkcji napięcia zasilającego. Dodatkowo zbadane zostaną temperatury obu stron ogniwa oraz jednocześnie zmierzone parametry elektryczne zasilania. Na podstawie uzyskanych wyników zostaną opracowane charakterystyki przedstawiające maksymalną różnicę temperatur w zależności od napięcia zasilającego.

Następnie obliczona zostanie moc elektryczna pobierana przez ogniwo oraz jego wydajność chłodzenia, co pozwoli na wyznaczenie współczynnika sprawności (COP) modułu Peltiera.

W drugiej części eksperymentu ogniwo będzie badane w odwróconym trybie pracy. Przy użyciu grzałki umożliwiającej ustawienie stałej różnicy temperatur zostaną wykonane pomiary parametrów elektrycznych ogniwa w funkcji obciążenia. Na podstawie tych danych zostaną wykreślone charakterystyki prądowo-napięciowe badanego modułu.

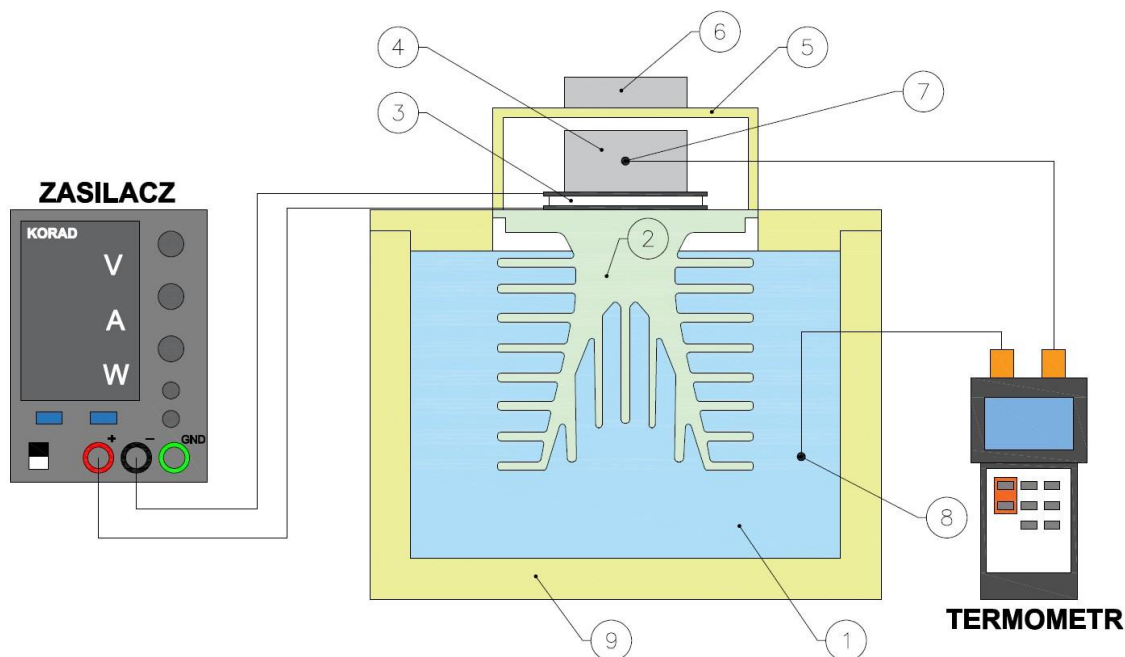
Wykonanie ćwiczenia

Do wykonania ćwiczenia niezbędne będą następujące elementy:

- Ogniwo Peltiera TEC1-12703 SR
- Radiator
- Dwukanałowy miernik temperatury
- Zasilacz laboratoryjny KORAD U202
- Naczynie pomiarowe termoizolowane
- Rezystor grzewczy
- Bloczek aluminiowy

Pomiar maksymalnej różnicy temperatury

W celu pomiaru maksymalnej różnicy temperatury wykorzystane zostanie stanowisko pomiarowe przedstawione na rysunku 1.



Rysunek 1. Stanowisko do badania właściwości modułu Peltiera.

Oznaczenia do rysunku 1:

- 1 – woda,
- 2 – radiator strony gorącej,
- 3 – ogniwo Peltiera,
- 4 – bloczek aluminiowy,
- 5 – izolacja termiczna strony zimnej ogniwa,
- 6 – element obciążający,
- 7 – termopara strony zimnej,
- 8 – termopara strony gorącej,
- 9 – naczynie pomiarowe termoizolowane.

Pomiar maksymalnej różnicy temperatury należy wykonać dla dziewięciu wartości napięcia zasilającego w zakresie 2 V do 15 V. Należy wykonać pomiar temperatury strony gorącej (T_h) oraz zimnej (T_c). Aby wykonać ćwiczenie należy:

1. Do izolowanego cieplnie naczynia pomiarowego wlać 1 litr wody o temperaturze pokojowej, a następnie umieścić w nim radiator z przymocowanym ogniwnem Peltiera.
2. Podłączyć ogniwo Peltiera (3) do zasilacza.
3. Na stronie zimnej ogniwa umieścić blok aluminiowy (4).
4. Włożyć termoparę (8) do wody w naczyniu pomiarowym, aby mierzyć temperaturę strony gorącej, oraz przymocować termoparę strony zimnej (7) do bloku aluminiowego (4). Obie termopary podłączyć do miernika temperatury.
5. Ustawić na zasilaczu pracę jako źródło prądowe i ustawić odpowiednią wartość prądu zgodnie z tabelą 1 i uruchomić zasilacz.
6. Odczekać aż temperatury obu stron się ustabilizują, a następnie zapisać wyniki w tabeli 1.
7. Pomiar powtórzyć dla kolejnych wartości napięcia zasilającego.

Tabela 1. Tabela pomiarowa

OGNIWO PELTIERA TEC1-12703 SR							
I	A	0,5	1	1,5	2	2,5	3
T_c	°C						
T_h	°C						
ΔT	°C						

Pomiar mocy chłodniczej oraz współczynnika wydajności

Pomiar mocy cieplnej oraz współczynnika wydajności należy przeprowadzić przy znamionowych parametrach zasilania modułu Peltiera (12 V, 3 A). Układ pomiarowy pozostaje identyczny jak w poprzedniej części ćwiczenia (rys. 1). Aby wykonać tę część ćwiczenia, należy postępować według poniższych kroków:

1. Uruchomić zasilacz laboratoryjny i ustawić na nim wartość natężenia prądu 3 A z ograniczeniem napięciowym 12 V.
2. W chwili uruchomienia zasilania włączyć stoper.
3. Pomiaru natężenia prądu, napięcia oraz temperatur strony zimnej i gorącej ogniwa należy dokonywać co minutę.
4. Otrzymane wyniki należy zanotować w tabeli 2
5. Kontynuować pomiary, aż temperatura strony zimnej osiągnie wartość minimalną lub zacznie rosnać.

Tabela 2. Tabela pomiarowa

Lp.	t	I	U	P	T_h	T_c	ΔT	Q	ε
	[min]	A	V	W	°C	°C	°C	W	-
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

Oznaczenia w tabeli:

t – czas trwania pomiaru

I – natężenie prądu ogniwa

U – napięcie ogniwa

P – moc ogniwa

T_h – temperatura strony gorącej

T_c – temperatura strony zimnej

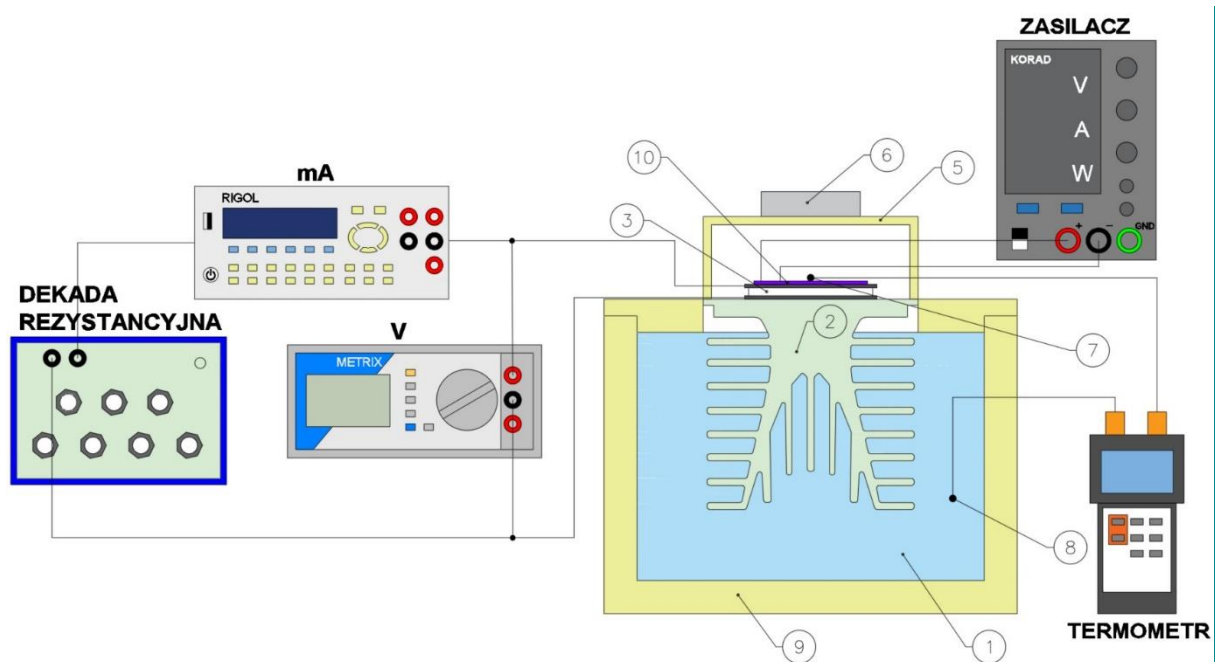
ΔT – różnica temperatur strony zimnej i gorącej

Q – wydajność chłodnicza ogniwa

ε – współczynnik wydajności energetycznej ogniwa

Pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych ogniwa Peltiera

W kolejnej części ćwiczenia zostaną zmierzone charakterystyki prądowo-napięciowe ogniwa Peltiera. W tym celu należy dokonać pomiarów prądu i napięcia ogniwa przy stałej różnicy temperatur między stroną gorącą a zimną, stosując różne wartości obciążenia. Do wykonania pomiarów należy wykorzystać układ przedstawiony na rysunku 2.



Rysunek 2. Stanowisko do badania charakterystyk prądowo napięciowych ogniw Peltiera.

Oznaczenia do rysunku 2:

- 1 – woda,
- 2 – radiator strony gorącej,
- 3 – ogniwo Peltiera,
- 5 – izolacja termiczna strony zimnej ogniwa,
- 6 – element obciążający,
- 7 – termopara strony gorącej,
- 8 – termopara strony zimnej,
- 9 – naczynie pomiarowe termoizolowane,
- 10 – rezystor grzewczy.

Kolejność działań:

1. Opróżnić naczynie pomiarowe i ponownie napełnić je 1 litrem wody o temperaturze pokojowej.
2. Włożyć ogniwo Peltiera (3) do naczynia pomiarowego, mocując do jednej jego strony rezystor grzewczy (10), a do drugiej radiator (2).
3. Podłączyć do ogniwa szeregowo amperomierz i rezystor dekadowy, a równolegle woltomierz.
4. Podłączyć grzałkę (10) do zasilacza laboratoryjnego.
5. Na zasilaczu ustawić określoną wartość natężenia prądu i uruchomić jego pracę.
6. Po ustabilizowaniu się różnicy temperatur ΔT rozpocząć pomiary napięcia i prądu, zmieniając rezystancję obciążenia zgodnie z tabelą 3.
7. Uzyskane wyniki zapisać w tabeli 3.
8. Następnie zwiększyć wartość prądu na zasilaczu, aby zwiększyć różnicę temperatur ΔT .
9. Powtórzyć pomiary zgodnie z wcześniejszymi krokami.

Tabela 3. Tabela pomiarowa

Lp.	$\Delta T =$				$\Delta T =$		
	R_d	I_1	U_1	P_1	I_2	U_2	P_2
	Ω	mA	V	mW	mA	V	mW
1.	10						
2.	20						
3.	30						
4.	40						
5.	50						
6.	60						
7.	80						
8.	100						
9.	120						
10.	150						
11.	200						
12.	300						
13.	400						

14.	500						
15.	700						
16.	1 000						
17.	1 500						
18.	2 000						
19.	4 000						
20.	6 000						
21.	8 000						
22.	10 000						

Oznaczenia w tabeli 3:

R_d – rezystancja obciążenia

U_1, U_2 – napięcie ogniwa

I_1, I_2 – natężenie prądu ogniwa

P_1, P_2 – moc ogniwa

Opracowanie wyników

Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów należy wykreślić charakterystykę maksymalnej różnicy temperatur w funkcji prądu $\Delta T_{max} = f(I)$. zgodnie ze wzorem

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (1)$$

Następnie należy opracować charakterystykę mocy chłodniczej w funkcji czasu. obliczyć wartość wydajności chłodniczej zgodnie ze wzorem 2.

$$Q = \frac{m \cdot c_w \cdot (\Delta T_1 - \Delta T_2)}{t_1 - t_2} \quad (2)$$

gdzie: m – masa bloczka = 0,5 kg, c_w – ciepło właściwe materiału = 1029 J/(kg·°C), ΔT_1 – różnica temperatur dla pierwszego pomiaru, ΔT_2 – różnica temperatur dla poprzedniego pomiaru, $(t_1 - t_2)$ – czas pomiędzy pomiarami.

W celu obliczenia współczynnika wydajności energetycznej należy skorzystać ze wzoru 3 i opracować charakterystykę $\varepsilon = f(\Delta T)$

$$\varepsilon = \frac{Q}{P_e} \quad (3)$$

gdzie: Q – wydajność chłodnicza, P_e – moc elektryczna

Moc elektryczną obliczamy ze wzoru:

$$P_e = U \cdot I \quad (4)$$

Na podstawie uzyskanych wyników (tabela 3) należy wykreślić charakterystyki prądowo-napięciowe $I = f(U)$ dla dwóch wartości różnicy temperatur strony zimnej i gorącej ogniwa. Charakterystyki przedstawić na wspólnym wykresie w skali liniowej. Następnie należy wyznaczyć charakterystyki mocy w zależności od rezystancji obciążenia R_d korzystając ze wzoru

$$P(R_d) = U \cdot I \quad (5)$$

Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń, na wspólnym wykresie, należy przedstawić zależność mocy od rezystancji obciążenia $P = f(R_d)$ dla każdej wartości ΔT . Wykresy powinny być wykonane w skali logarytmicznej, ze względu na szeroki zakres zadanych rezystancji obciążenia. Na podstawie sporządzonych wykresów należy wyznaczyć wartość optymalnej rezystancji dopasowania obciążenia R_{opt} .

Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno zawierać:

- schematy układów pomiarowych,
- tabele wyników przeprowadzonych pomiarów,
- przykładowe obliczenia,
- wykresy zależności: $\Delta T_{max} = f(I)$, $Q = f(t)$, $\varepsilon = f(\Delta T)$, $I = f(U)$, $P = f(R_d)$, dla wszystkich badanych ogniw Peltiera,
- uwagi i wnioski odnośnie otrzymanych wyników.