

48

ELEKTRYCZNE METODY POMIARU TEMPERATURY

1. ZAGADNIENIA TEORETYCZNE

- zjawiska elektronowe w metalach, zjawisko termoelektronowe
- termodynamiczna skala temperatur, rodzaje termometrów
- zasada działania termopary.
- zasada działania termometru oporowego

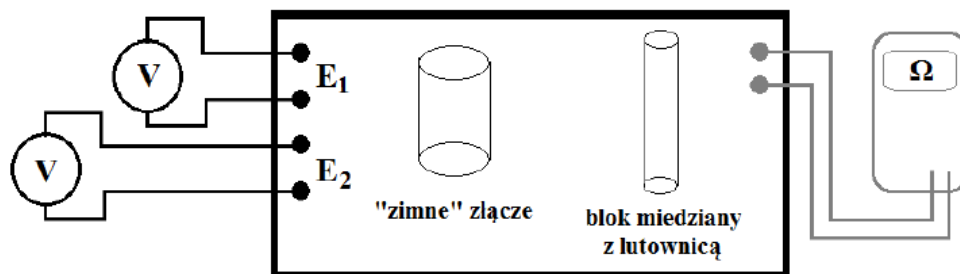
2. POMIARY

Urządzenie pomiarowe składa się z bloku miedzianego, w którym umieszczono czujnik temperatury Pt100 oraz złącza dwu termopar. Czujnik Pt100 pełni funkcję termometru wzorcowego. Blok miedziany jest ogrzewany za pomocą miniaturowej lutownicy. Czujnik Pt100 jest opornikiem wykonanym z drutu platynowego o oporności $100,00\ \Omega$ w temperaturze $0\ ^\circ\text{C}$. Zależność oporu od temperatury w przedziale $0\div 200\ ^\circ\text{C}$ można opisać przybliżonym wzorem:

$$R = 100 \cdot (1 + 0,00392 \cdot T),$$

gdzie T jest temperaturą, wyrażoną w $^\circ\text{C}$.

Wykres tej funkcji dołączono na końcu instrukcji (Dodatek 1).



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego.

1. Dołącz do zestawu pomiarowego dwa miliwoltomierze w celu pomiaru sił termoelektrycznych E_1 i E_2 obu termopar oraz omomierz do pomiaru oporu czujnika Pt100 (Rysunek 1).
2. Umieść „zimne złącza” termopar w naczyniu z mieszaniną wody z lodem ($0\ ^\circ\text{C}$).
3. Włącz zasilacz lutownicy i obserwuj zmiany oporu R oraz sił termoelektrycznych (SEM) E_1 i E_2 . Notuj wyniki pomiarów co $2\text{--}3\ \Omega$, aż do osiągnięcia maksymalnej temperatury $100\ ^\circ\text{C}$.

Uwaga: Proces ogrzewania należy prowadzić powoli, tak aby temperaturę końcową osiągnąć po ok. 30 min. Zbyt szybkie ogrzewanie spowoduje duże różnice wskazań przy grzaniu i chłodzeniu.

4. Po osiągnięciu maksymalnej temperatury wyłącz grzanie.
5. Kontynuuj zapisywanie wyników w trakcie stygnięcia układu (faza chłodzenia) dla tych samych wartości oporu R jak dla grzania.

3. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

1. Analiza charakterystyk i identyfikacja typu i materiału termopary

- a) Na podstawie danych uzyskanych podczas **grzania układu** sporządź na jednej kartce wykresy zależności sił termoelektrycznych (SEM) obu termopar od różnicy temperatury na ich złączach ($E = f(\Delta T)$). Zaznacz na wykresie tzw. krzyże niepewności, czyli niepewności temperatury ($u(\Delta T)$) i niepewność siły termoelektrycznej ($u(E)$).
- b) Wyznacz współczynniki kierunkowe otrzymanych prostych, odpowiadające doświadczalnej czułości termoelektrycznej α [$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$]. Oblicz niepewności $u(\alpha)$ na podstawie wzoru z instrukcji ONP (metoda regresji liniowej), a następnie wyznacz niepewność rozszerzoną zgodnie z zależnością $U(\alpha) = k \cdot u(\alpha)$, przyjmując współczynnik rozszerzenia $k = 2$ (Instrukcja ONP, rozdz. 6).
- c) Uzyskane wartości porównaj z literaturą (np. Tabela 1) w celu identyfikacji typu oraz materiałów, z których wykonano termopary. *Zwróć uwagę, że czułość zależy od pary użytych materiałów (spoiny pomiarowej), a nie tylko od jednego z drutów.*

Tabela 1. Czułość oraz zakresy temperatur pracy dla wybranych typów termopar^{1,2}

Typ termopary	Materiały (termoelektrody)	Czułość α [$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$]	Zakres pracy [$^\circ\text{C}$]
J	Żelazo – Konstantan (Fe–CuNi)	55	0 – 750
K	Chromel – Alumel (NiCr–NiAl)	41	–200 – 1250
N	Nicrosil – Nisil (NiCrSi–NiSi)	39	–270 – 1300
E	Chromel – Konstantan (NiCr–CuNi)	63	–200 – 900
T	Miedź – Konstantan (Cu–CuNi)	43	–200 – 350
S	Platyna–Rod 10% – Platyna (PtRh10–Pt)	10	0 – 1450

2. Badanie bezwładności cieplnej (Histereza)

- a) Nanieś na jeden wykres wyniki uzyskane **podczas grzania** oraz **podczas stygnięcia** układu dla każdej z termopar.

¹ NIST Monograph 175: Temperature-Electromotive Force Reference Functions and Tables for the Letter-Designated Thermocouple Types, U.S. Government Printing Office, Washington 1993.

² ThermocoupleInfo.com: Thermocouple Type Guide, 11.01.2026

- b) Wyznacz maksymalną różnicę sił termoelektrycznych (SEM) dla tej samej temperatury.
- c) Czy krzywe grzania i stygnięcia pokrywają się idealnie mimo powolnego prowadzenia procesu? Jeśli nie – wyjaśnij przyczynę, odnosząc się do konstrukcji układu pomiarowego (blok miedziany).

3. Zadanie problemowe: Wpływ temperatury spoiny odniesienia.

W trakcie ćwiczenia spoiny odniesienia („zimne złącza”) termopar znajdowały się w wodzie z lodem (0 °C). Załóżmy jednak sytuację awaryjną: lód stopił się, a woda w naczyniu osiągnęła temperaturę pokojową równą 22 °C. Oblicz, jaka byłaby rzeczywista temperatura bloku miedzianego, gdyby dla zidentyfikowanych przez Ciebie termopar mierniki pokazały napięcie $E = 10\text{mV}$. *Wskazówka: Skorzystaj z zależności, że mierzona SEM jest proporcjonalna do różnicy temperatur między spoiną gorącą ($T_{\text{gorąca}}$) a spoiną odniesienia (T_{zimne}):*

$$E = \alpha \cdot (T_{\text{gorąca}} - T_{\text{zimne}}).$$

4. LITERATURA

- F. J. Blatt Fizyka zjawisk elektronowych w metalach i półprzewodnikach, PWN Warszawa 1973 str. 191 , 199.
- N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Fizyka ciała stałego, PWN Warszawa 1986, str. 309 – 311.
- L. Michalski, K. Eckersdorf, Pomiary temperatury, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 1986.
- H. Szydłowski – Pracownia fizyczna, PWN Warszawa 1994

DODATEK 1

