

Maciej Pierzchała 282 934
Filip Kubecki 272 655

Grupa: Wtorek 10:35

Data wykonania ćwiczenia:
15 października 2024r
Data sporządzenia sprawozdania:
15 października 2024r

Laboratorium 1

Charakteryzacja czujników temperatury

1 Spis przyrządów

Do wykonania ćwiczenia wykorzystano:

- Multimetr cyfrowy Sigilent SDM 3055
- Termorezystor PT100
- Termistor o nieznanych paramterach
- Termopare o nieznanych parametrach
- Pojemnik termiczny na gorącą wodę
- Pojemnik z wymrożoną wodą
- Blok metalu z otworami na sondy

2 Przebieg i cele doświadczenia

Doświadczenie polega na zmierzeniu wartości elektrycznych kolejnych przetworników:

- Termorezystora PT100 - rezystancja
- Termistora - rezystancja
- Termopary - napięcie

Jednocześnie wykonywano pomiar wartości na wszystkich 3 czujnikach. Pomiary obejmowały kolejno:

- Pomiar temperatury otoczenia
- Pomiar temperatury wody z lodem (temperatura bliska 0°C)
- Pomiar temperatury wrzącej wody
- Pomiar temperatury stygnącej wody wykonywany w 5 min odstępach

3 Obliczenia i analiza wyników

3.1 Termorezystor PT100

TWR wyznaczono z zamieszczonego niżej wzoru:

$$TWR = \frac{(R_2 - R_1) \cdot 10^6}{R_1(T_2 - T_1)} \quad [ppm/K]$$

Gdzie:

R_1 - rezystancja w temperaturze T_1

R_2 - rezystancja w temperaturze T_2

Dla T_1 równego 0°C , oraz T_2 równego 100°C :

$$TWR = \frac{(138.503\Omega - 100.08\Omega) \cdot 10^6}{100.08\Omega \cdot (100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})} = \frac{(38.423\Omega) \cdot 10^6}{100.08\Omega \cdot (100^\circ\text{C})} = 3839.2286 \dots [ppm/K]$$

Przekształcając powyższy wzór oraz wykorzystując wyliczoną wartość TWR możemy wyznaczyć temperaturę mierzoną termorezystorem na podstawie zmierzonej rezystancji:

$$TWR = \frac{(R_2 - R_1) \cdot 10^6}{R_1(T_2 - T_1)}$$

$$TWR \cdot R_1 = \frac{(R_2 - R_1) \cdot 10^6}{T_2 - T_1}$$

$$\frac{TWR \cdot R_1}{(R_2 - R_1) \cdot 10^6} = \frac{1}{T_2 - T_1}$$

$$T_2 - T_1 = \frac{(R_2 - R_1) \cdot 10^6}{TWR \cdot R_1}$$

$$T_2 = \frac{(R_2 - R_1) \cdot 10^6}{TWR \cdot R_1} + T_1$$

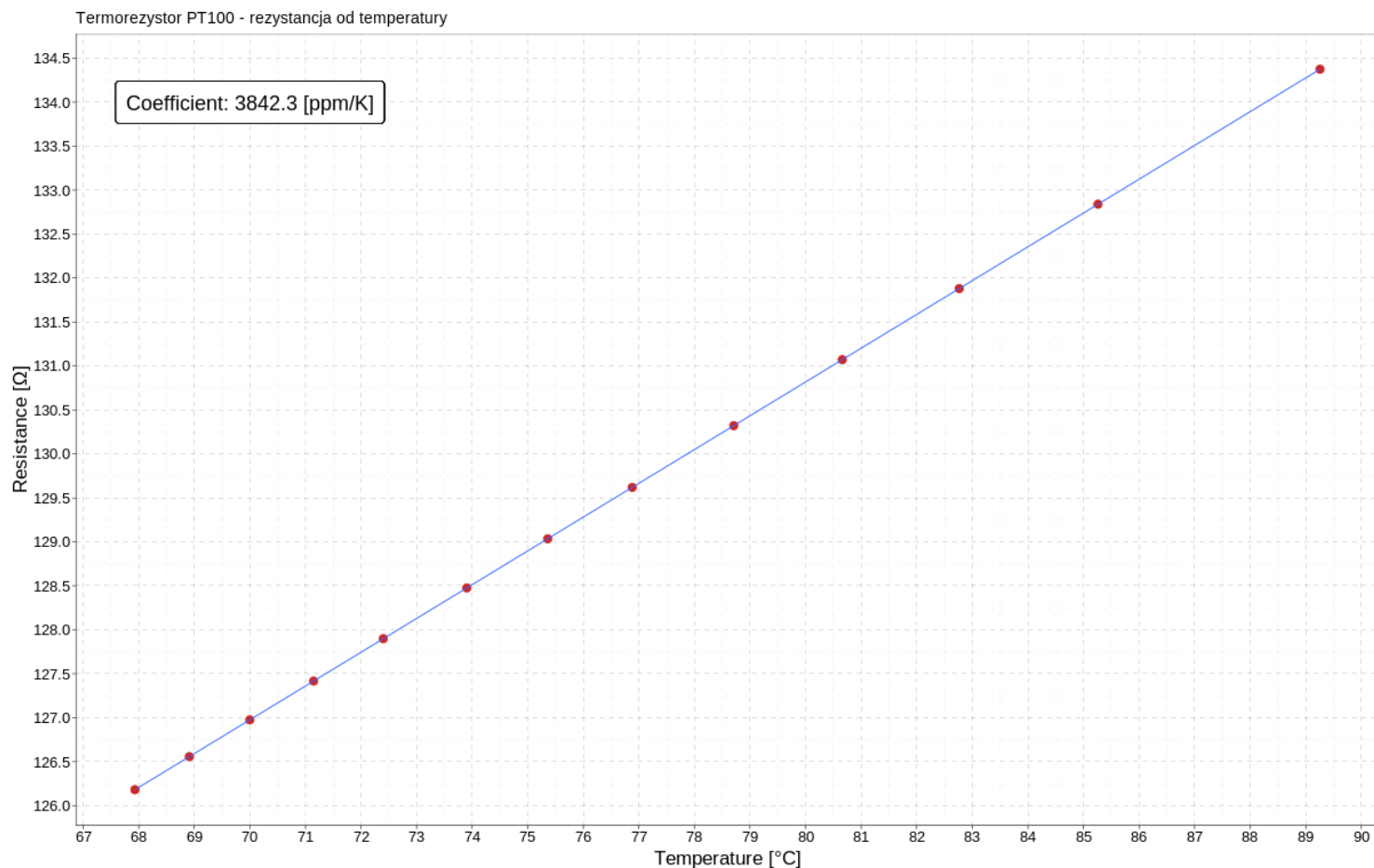
Podstawiając wartości stałe:

$$T_2 = \frac{(R_2 - 100.08) \cdot 10^6}{3839.2286 \cdot 100.08}$$

Przykładowo dla drugiego pomiaru studzenia się wrzątku:

$$T_2 = \frac{(131.88 - 100.08) \cdot 10^6}{3839.2286 \cdot 100.08} = \frac{31.8 \cdot 10^6}{384229.9982} = 82.7629^\circ\text{C}$$

Na przy pomocy powyższego wzoru wyznaczono temperaturę wszystkich punktów stygnięcia wody oraz wyznaczono charakterystykę rezystancji od temperatury:

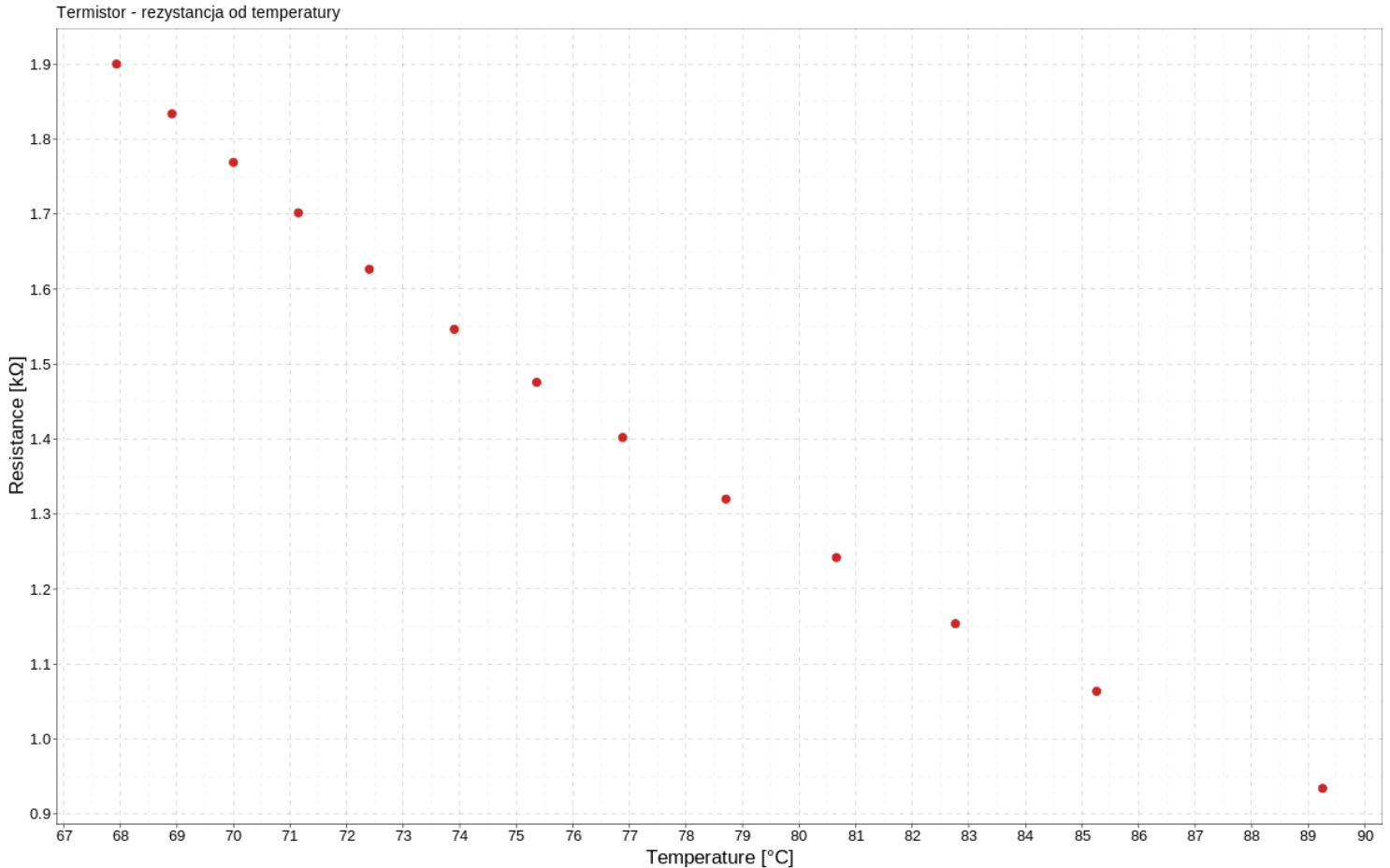


Możemy zauważyć ze współczynnik kierunkowy funkcji który został podany na wykresie jest bardzo zbliżony do wartości obliczonej z wzoru. Niewielka różnica wynika jedynie z tego, iż we wzorze na temperaturę na podstawie rezystancji wykorzystano jako referencje rezystancję w 0 stopni, która odbiega minimalnie od wartości poprawnej.

Również funkcja tworząca model liniowy który wyznaczył współczynnik kierunkowy z regresji liniowej mógł wprowadzić niewielkie zmiany wynikające z dokładności każdego pomiaru.

3.2 Termistor

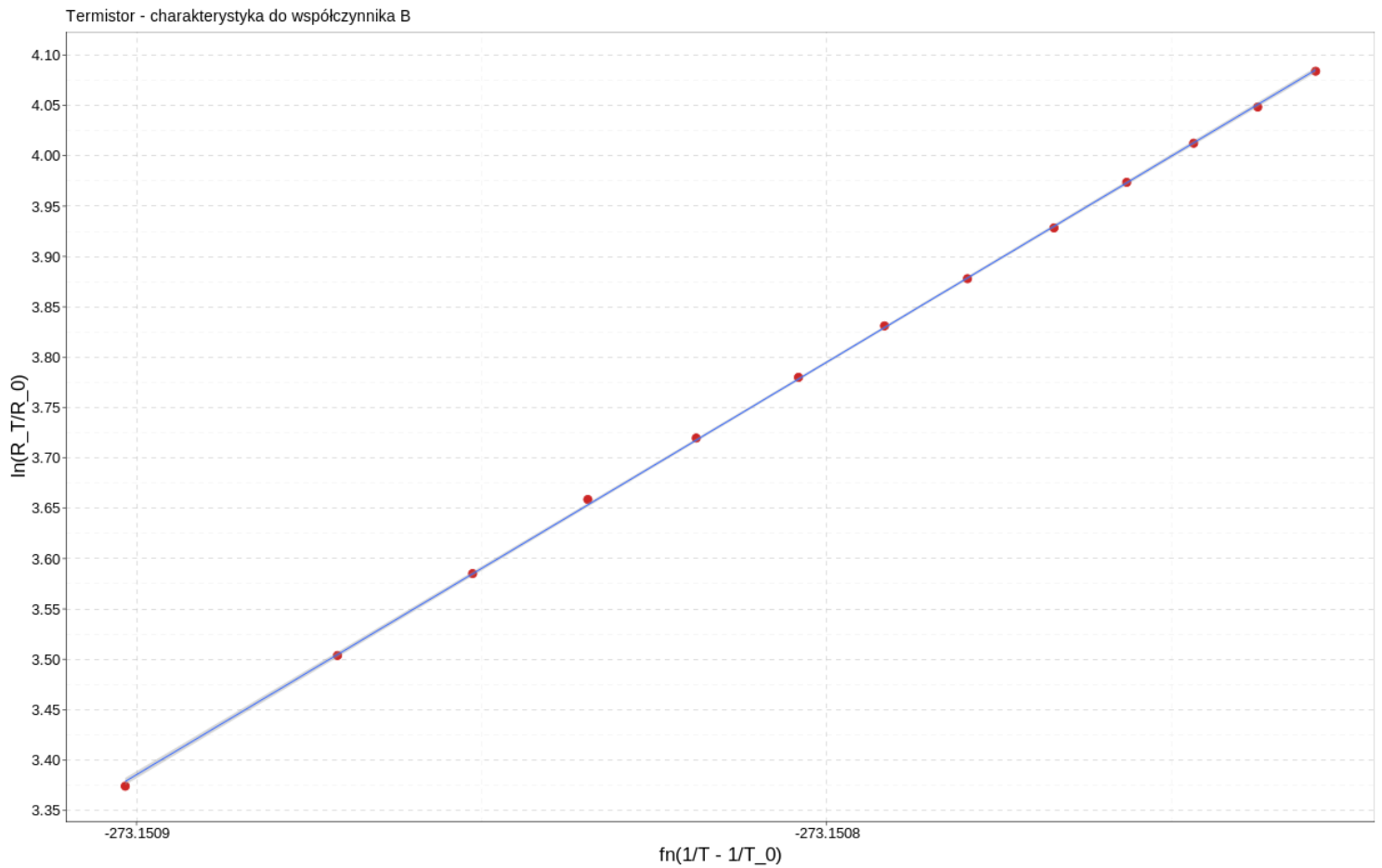
Stworzono charakterystykę rezystancji od temperatury dla naszego termistora o niewiadomych parametrach:



Na podstawie charakterystyki jesteśmy w stanie określić że badany termistor to termistor typu **NTC** (ang. *Negative Temperature Coefficient*). Wynika to z tego że wraz ze wzrostem temperatury rezystancja termistora spada.

Następnie wyznaczono charakterystykę $\ln \frac{R_t}{R_0} = f(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})$. Współczynnik kierunkowy tej charakterystyki wyznaczy nam współczynnik materiałowy termistora β .

Współczynnik kierunkowy funkcji wyliczony przy użyciu regresji liniowej wynosi w zaokrągleniu $4096.032[K]$. Na kolejnej stronie przedstawiono wykres charakterystyki na której podstawie wyliczono współczynnik materiałowy.

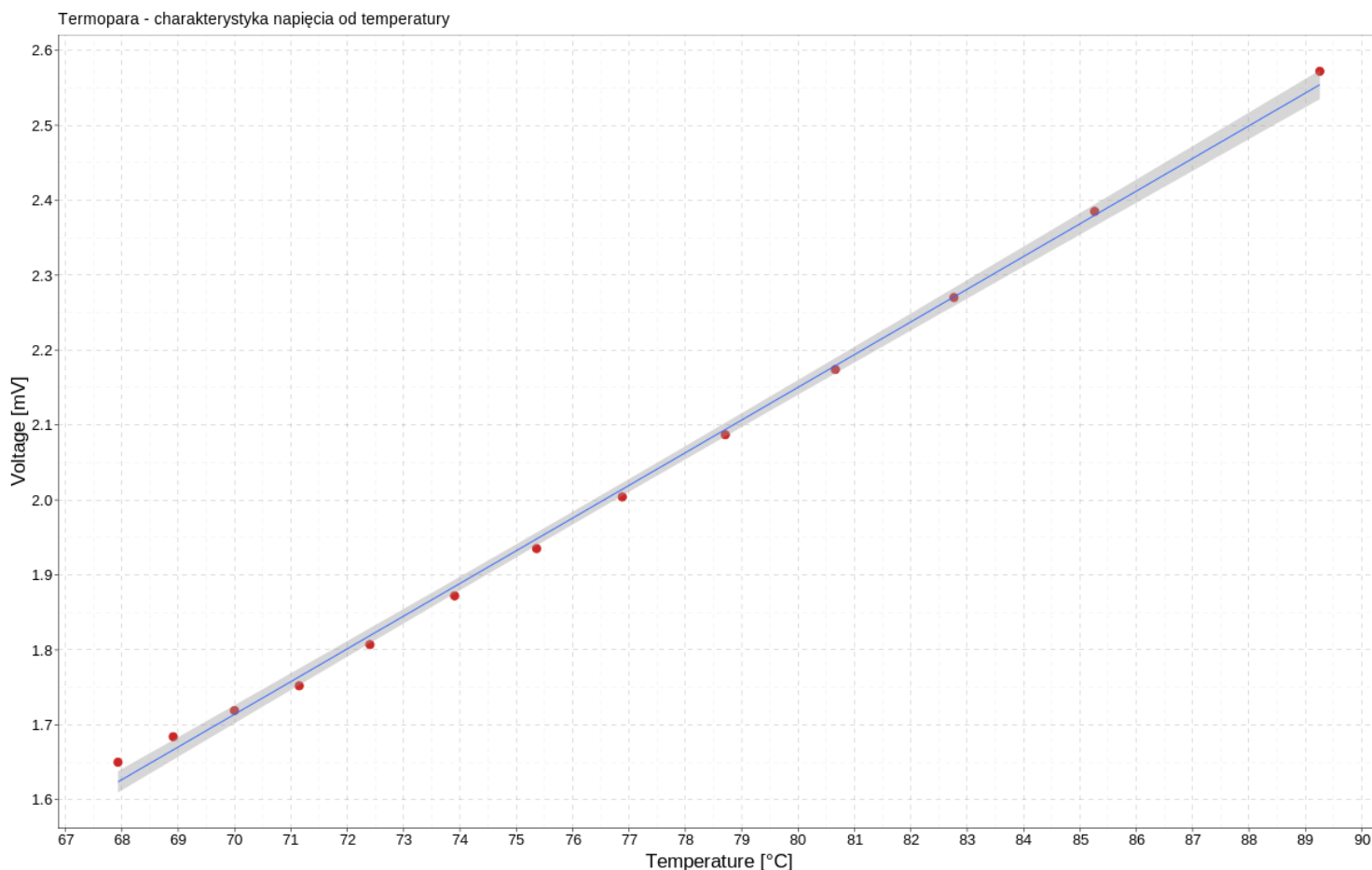


Korzystając z wyznaczonego współczynnika materiałowego oraz rezystancji w temperaturze pokojowej możemy wnioskować że jest to termistor o rezystancji 10 [kΩ] typu NTC oraz o stałej materiałowej w przedziale od 4000 do 4200 [K]. Przykładowe termistory o podobnych parametrach:

- NTCM-10K-B4150 firmy SR PASSIVES
- NTCC-10K firmy SR PASSIVES
- NTC 10k firmy ESCO
- Thermistor NTC 10K 5% B4100 (MF52A103J4100)

3.3 Termopara

Na podstawie wcześniej wyznaczonych danych oraz pomiarów wyznaczono charakterystykę napięcia od temperatury dla termopary:



Jednocześnie na wykresie przedstawiono regresję liniową dla podanych punktów. Zrobiono to aby wyznaczyć na podstawie regresji współczynnik Seebecka. Nie tworzonego kolejnego wykresu dla zależności $\varepsilon_m = f(T_2 - T_1)$ gdyż zmiany które występują w przedstawionej funkcji jedynie przesuwają funkcję w układzie współrzędnych ale nie zmieniają kąta nachylenia funkcji. Współczynnik kierunkowy więc dla tej charakterystyki oraz dla wykresu powyżej będą identyczne.

Współczynnik Seebecka wyznaczony z regresji liniowej wynosi $43.62[\mu V/K]$. Na podstawie wyników jesteśmy w stanie stwierdzić iż pracowaliśmy z termoparą typu K (można poznać po kolorach wyprowadzeń które są koloru białego i zielonego) ze spoiną zrobioną z połączenia chromelu i alumelu. Spoina taka posiada współczynnik Seebecka o wartości około $40[\mu V/K]$.

4 Wnioski

Dla termorezystora PT100 wartości rezystancji zmieniają się liniowo wraz ze wzrostem temperatury co jest zgodne z charakterystyką tego typu czujnika. Obliczony współczynnik temperaturowy rezystancji (TWR) wyniósł 3839,23 ppm/K, co dobrze odzwierciedla zmianę rezystancji w zakresie temperatur od 0°C do 100°C. Różnice między obliczoną a zmierzoną temperaturą wynikają z drobnych błędów pomiarowych oraz założeń dotyczących rezystancji w temperaturze 0°C.

Termistor wykazał spadek rezystancji wraz ze wzrostem temperatury, co potwierdza, że był to termistor typu NTC. Na podstawie charakterystyki oraz obliczeń współczynnika materiałowego (≈ 4096 K), stwierdzono, że termistor ma rezystancję nominalną 10 k Ω . Parametry termistora są zbliżone do popularnych modeli, takich jak NTCM-10K-B4150 czy NTC 10k.

Charakterystyka napięcia w funkcji temperatury dla termopary wykazała liniową zależność, z wyznaczonym współczynnikiem Seebecka na poziomie 43,62 $\mu\text{V/K}$.

Na podstawie charakterystyki napięciowej oraz kolorów przewodów, zidentyfikowano termoparę jako typ K, której współczynnik Seebecka wynosi około 40 $\mu\text{V/K}$.

References

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Seebeck_coefficient
- [2] https://pl.wikipedia.org/wiki/Temperaturowy_wsp%C3%B3lczynnik_rezystancji
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermistor>
- [4] <https://www.tme.eu/pl/details/ntcm-10k-b4150/termistory-ntc-pomiarowe-tht/sr-passives/>