

## 4. BADANIE REZYSTYWNOŚCI I TEMPERATUROWEGO WSPÓŁCZYNNIKA REZYSTANCJI MATERIAŁÓW PRZEWODZĄCYCH

### 4.1. Wprowadzenie

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z wybraną metodą pomiaru rezystywności i temperaturowego współczynnika rezystancji materiałów przewodzących. Podczas ćwiczenia zostaną wykonane porównawcze pomiary próbek materiałów przewodzących – przewodowych (miedź, aluminium, stal miękka) i oporowych (manganin, kanthal).

W celu poprawnego przeprowadzenia pomiarów ćwiczący powinien zapoznać się z następującymi zagadnieniami przed przystąpieniem do ćwiczenia:

- pojęcie i rodzaje materiałów przewodzących,
- materiały przewodzące najczęściej wykorzystywane w elektrotechnice,
- definicje parametrów opisujących właściwości materiałów przewodzących.

Materiały przewodzące to materiały, których przewodnictwo ma charakter czysto elektronowy wyrażane zależnością:

$$\gamma = n \cdot e \cdot k \quad (4.1)$$

gdzie:  $\gamma$  – przewodność właściwa (konduktywność),  $n$  – koncentracja elektronów w materiale [ $\text{m}^{-3}$ ],  $e$  – ładunek elektronów [C],  $k$  – ruchliwość elektronów w materiale [ $\text{m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ]

Wartość przewodności elektrycznej materiałów przewodzących jest uzależniona od kilku czynników:

- a) rodzaju materiału i jego budowy,
- b) czystości materiału, czyli zawartości obcych domieszek,
- c) obróbki mechanicznej na zimno,
- d) temperatury.

We wzorze (4.1), w zależności od rodzaju materiału i jego budowy (a), obecności obcych domieszek (b) zmienia się koncentracja elektronów  $n$ . Natomiast na wzrost ruchliwości elektronów  $k$  w materiale mają wpływ, zarówno: czystość materiału (b), obróbka na zimno (c) oraz temperatura (d).

Rezystywność materiału  $\rho$ , nazywana *opornością właściwą* jest odwrotnością *konduktywności*, wyrażanej w S/m, czyli *przewodności* odcinka przewodnika o jednostkowym przekroju  $S$  i jednostkowej długości  $l$ . Jednostką rezystywności jest  $1 \Omega \cdot m$ .

$$\gamma = \frac{l}{R \cdot S} \quad (4.2)$$

$$\rho = \frac{1}{\gamma} \quad (4.3)$$

W praktyce używa się często jednostki pokrewnej  $\square \cdot mm^2/m$ , dostosowanej do wymiaru przewodów:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} \quad (4.4)$$

Temperaturowy współczynnik rezystancji  $\alpha$  jest względną zmianą rezystancji danego materiału przewodzącego przy zmianie temperatury o 1 K.

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0 \cdot (T - T_0)} \quad (4.5)$$

*STE* (siła termoelektryczna) definiowana jest jako różnica potencjałów na styku dwóch różnych przewodników metalicznych, spowodowana różnicą temperatur złącza i wolnych końców tych przewodników. Wartość *STE*, w  $\mu V/deg$  lub w  $\mu V/K$ , różnych materiałów podaje się zwykle w odniesieniu do platyny.

W tabeli 4 zestawiono parametry wybranych materiałów przewodzących, orientacyjne wartości, które będą pomocne przy formułowaniu wniosków do sprawozdania z ćwiczenia.

Tabela 4 Orientacyjne wartości parametrów wybranych materiałów przewodzących

Materiał	Skład	Ciężar właściwy	Konduktywność	Rezystywność	Temperaturowy współczynnik rezystancji	Siła termoelektryczna
		$d$	$\gamma$	$\rho$	$\alpha$	$STE$
	%	$\frac{N}{m^3}$	$\frac{MS}{m}$	$\mu\Omega m$	$\frac{1}{deg}$	$\frac{\mu V}{deg}$
Miedź Cu	99,99	$88,9 \cdot 10^3$	59,77	0,01675	$4,1 \cdot 10^{-3}$	+7,6
Aluminium Al	99,99	$27 \cdot 10^3$	38,2	0,0262	$4,0 \cdot 10^{-3}$	-
Stal węglowa	do 1,7%C	-	7,00	0,143	$5,9 \cdot 10^{-3}$	-
Manganin	Cu 86 Mn 12 Ni 2	-	2,17	0,46	$3 \cdot 10^{-5}$	+1
Konstantan	Cu 55 Ni 45	-	-	0,48	$2 \cdot 10^{-5}$	-42,6
Nikielina	Cu 54 Ni 26 Zn 20	-	-	0,43	$23 \cdot 10^{-5}$	-
Kanthal Al	Fe 68 Cr 24 Al 5,5 Co 1,5	-	0,689	1,45	$3,2 \cdot 10^{-5}$	-

#### 4.2. Wykonanie pomiarów

W czasie ćwiczenia należy wyznaczyć rezystywność oraz wartość temperaturowego współczynnika rezystancji badanych próbek. Pomiary rezystancji przeprowadzane są metodą techniczną dokładnie mierzonego napięcia przy zasilaniu prądem stałym.

Rezystywność i współczynnik  $\alpha$  wyznacza się na próbce materiału, zamocowanego na statywie wewnątrz komory grzejnej. Pierwszy pomiar ( $R_0$ ) wykonuje się w temperaturze otoczenia ( $T_0$ ). Aby wyznaczyć współczynnik  $\alpha$  oraz rezystywność próbki, kolejne pomiary ( $R$ ) przeprowadzane są w wyższych temperaturach ( $T$ ). Temperatura próbek jest wskazywana na wyświetlaczu regulatora RE-22.




Przedmiotem badania są następujące materiały: miedź, aluminium, stal miękka, manganin oraz kanthal. Próbkami są druty o przekroju okrągłym, których wymiary podano w tabeli 5.

Tabela 5. Długości i średnice próbek badanych materiałów

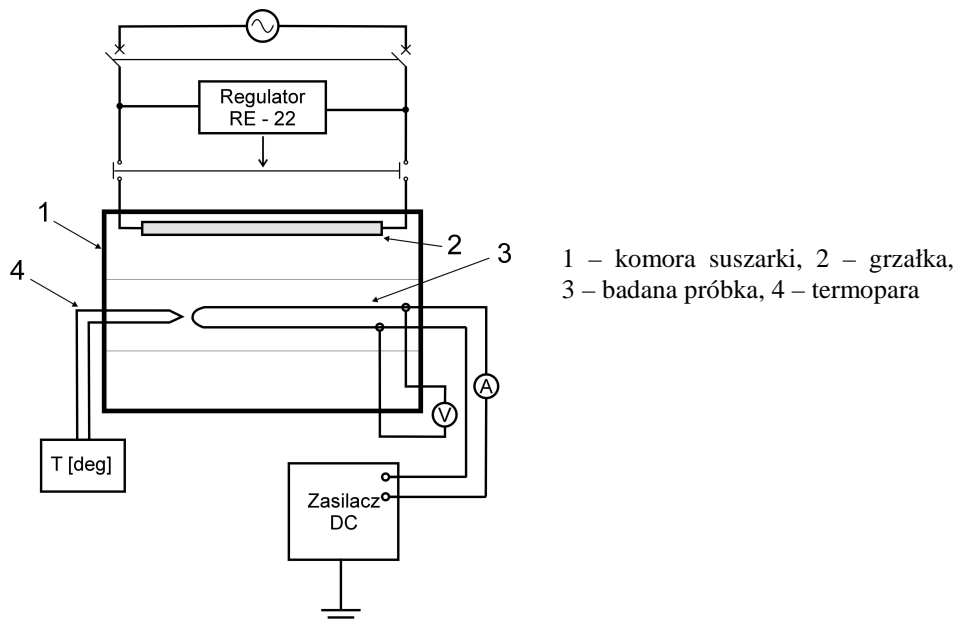
Nr próbki	Nazwa próbki	Długość	Średnica
		[m]	[m]
1.	miedź	1	$1,085 \cdot 10^{-3}$
2.	aluminium		$1,690 \cdot 10^{-3}$
3.	stal miękka		$1,000 \cdot 10^{-3}$
4.	manganin		$0,510 \cdot 10^{-3}$
5.	kanthal		$0,465 \cdot 10^{-3}$

#### 4.2.1. KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PRZY WYKONYWANIU POMIARÓW

- Wykonać pomiar w temperaturze pokojowej, przed załączeniem suszarki:
  - Włączyć zasilacz i ustawić na górnym wyświetlaczu podaną przez prowadzącego wartość natężenia prądu.
  - Załączyć woltomierz i odczytać napięcie dla każdej z próbek. Próbki do badania wybiera się przełącznikiem wielopozycyjnym (co 2 skoki pokrętki) umieszczonym na panelu przednim suszarki.
- Włączyć suszarkę i poczekać aż na regulatorze pokaże się wartość temperatury panującej w komorze suszarki (temperatura pokojowa). Następnie należy ustawić

zakres temperatury, do której komora będzie nagrzewana (max. 125,0 °C). Zakres temperatury ustawia się za pomocą wciśnięcia i przytrzymania na regulatorze przycisku  aż do ustalenia pożądanej temperatury. Powrót do aktualnej temperatury nastąpi po jednoczesnym naciśnięciu przycisków  i  lub automatycznie po upływie 30 sekund od ostatniego naciśnięcia przycisku. Po kilku sekundach włączy się stykacz sygnalizowany na regulatorze za pomocą czerwonej kontrolki podpisanej „out”, grzałki w suszarce zaczną pracować.

- Pomiary przeprowadzać co 10°C zaczynając od 30°C do 130°C dla każdej próbki. Wartość napięcia mierzyć w sposób podany w punkcie 1.



Rys. 4.1. Schemat układu pomiarowego

Na rysunku 4.2. przedstawiono widok stanowiska pomiarowego w laboratorium do pomiaru  $TWR$  i  $\alpha$ .



Rys. 4.2. Widok stanowiska pomiarowego

Wyniki pomiarów i obliczeń zamieścić w tabeli (przykładowa tabela 6).

Tabela 6 Wyniki pomiarów

Materiał:						
Nr pomiaru	$T$	$I$	$U$	$R$	$\rho$	$\alpha$
	[°C]	[A]	[V]	[Ω]	[μΩm]	[1/deg]
1						
....						
12						

#### 4.2.2. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARU

1. Obliczyć  $R, \rho, \alpha$  z odpowiednich wzorów:

$$R = \frac{U}{I} \qquad R = \rho \frac{l}{S}$$

gdzie:  $l$  – długość drutu,  $S$  – przekrój drutu

$$\alpha = \frac{R_{T_w} - R_{T_o}}{R_{T_o} (T_w - T_o)}$$

gdzie:  $T_o, T_w$  – odpowiednio temperatury otoczenia i w komorze grzejnej

2. Wyznaczyć charakterystykę rezystywności w funkcji temperatury  $\rho(T)$ ,
3. Wyznaczyć charakterystykę temperaturowego współczynnika rezystancji w funkcji temperatury  $\alpha(T)$ ,
4. Porównać uzyskane wyniki z pomiarów i z obliczeń z wartościami z literatury; zapisać wnioski i spostrzeżenia z przeprowadzonego ćwiczenia.

#### 4.2.3. SPRAWOZDANIE

W sprawozdaniu należy umieścić:

- wyniki pomiarów i obliczeń w tabelkach,
- przykładowe obliczenia dla każdej z próbek,
- wykresy  $\rho(T)$  i  $\alpha(T)$ ,
- wnioski i spostrzeżenia dotyczące badania rezystywności oraz temperaturowego współczynnika rezystancji materiałów oporowych i przewodowych.

**Uwaga - do opracowania wyników pomiarów (obliczenia, wykresy) należy wykorzystać arkusz kalkulacyjny Excel.**

#### 4.3. Literatura podstawowa

1. Celiński Z., Materiałoznawstwo elektrotechniczne. OWPW, Warszawa 2005
2. Przybyłowicz K., Przybyłowicz J.: Materiałoznawstwo w pytaniach i odpowiedziach. WNT, Warszawa 2000
3. Strykowski S., Materiałoznawstwo elektryczne. Dział Wydawnictw Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 1995
4. Tymowicz M., Praca magisterska: Badanie temperaturowego współczynnika rezystancji materiałów przewodzących. Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2009