

Ćwiczenie Nr 3

Temat: **WYZNACZANIE CHARAKTERYSTYKI SKOKOWEJ CZUJNIKA  
TERMOMETRYCZNEGO, REZYSTANCYJNEGO PT-100**

**Celem ćwiczenia** jest zapoznanie się studentów z budową i zasadą działania termometrów oporowych oraz sposobem wyznaczania stałej czasowej czujnika Pt – 100.

**A.** *Zakres przygotowania teoretycznego obowiązującego studentów przed przystąpieniem do ćwiczenia.*

1. Podstawowe pojęcia dotyczące termometrów rezystancyjnych (oporowych) [1, 2]:
  - średni temperaturowy współczynnik zmiany oporności właściwej  $\alpha$ ,
  - charakterystyka termometryczna rezystora, rezystancja czujnika w funkcji temperatury  $R_t = R_0 f(t)$ ,
  - podstawowe termometryczne punkty stałe.
2. Czujniki termometrów oporowych [1, 2]:
  - właściwości materiałów stosowanych do budowy czujników termometrów oporowych,
  - czujniki przewodnikowe i półprzewodnikowe,
  - budowa czujników oporowych,
  - układy do pomiaru temperatury z czujnikami oporowymi (mierniki wykorzystujące: metodę wychyleniową, kompensacyjną i układy mostkowe),
  - zastosowanie czujników (laboratoryjne, przemysłowe).
3. Właściwości dynamiczne czujników temperatury [1]:
  - charakterystyka skokowa (stała czasowa, czas połówkowy, wyprowadzenie równania odpowiedzi skokowej czujnika),
  - wymuszenie liniowe,
  - wymuszenie sinusoidalne,
  - własności dynamiczne rzeczywistych czujników temperatury.

**B.** *Część doświadczalna ćwiczenia.*

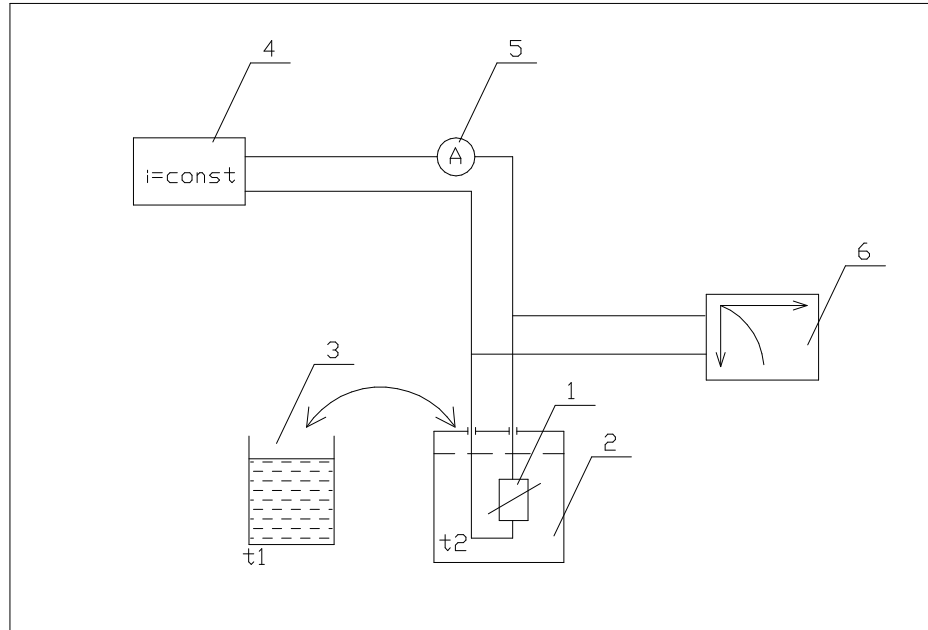
Część doświadczalna ćwiczenia polega na określeniu stałej czasowej T czujnika Pt – 100 na podstawie wykresu odpowiedzi skokowej czujnika na skok temperatury.

1. Wykonanie pomiarów  
Część doświadczalna ćwiczenia odbywa się na stanowisku pomiarowym w laboratorium KOWiC. Dokonuje się pomiaru zmiany napięcia w czasie wywołanego zmianą oporności czujnika temperatury przy stałym natężeniu prądu w obwodzie. To stałe natężenie prądu w obwodzie zapewnione jest przez stabilizowany zasilacz prądowy.

2. Wielkości mierzone

- czas,
- zmiana napięcia w czasie.

Rys nr 1. Schemat stanowiska pomiarowego



1. Czujnik Pt-100,
2. Ultratermostat z wodą o temperaturze  $t_2$ ,
3. Naczynie z wodą o temperaturze  $t_1$ ,
4. Źródło prądu stałego,
5. Amperomierz,
6. Urządzenie do pomiaru i rejestracji napięcia (np. komputer).

3. Tabela wyników pomiarów i wielkości obliczonych

$Lp.$	$\tau$	$R_t$	$x^2$	$y$	$xy$
	$s$	$\Omega$			

Oznaczenia:

$\tau$  – aktualny czas, [s];

$R_t$  – oporność czujnika temperatury (przy stałym natężeniu prądu - wprost proporcjonalna do napięcia), [ $\Omega$ ];

$$x^2 = \tau^2$$

$$y = \ln \left( 1 - \frac{t_{cz} - t_o}{t_k - t_o} \right)$$

$t_{cz}$  – aktualna temperatura (wprost proporcjonalna do oporności), [K];

$t_o$  – temperatura początkowa (wprost proporcjonalna do oporności), [K];

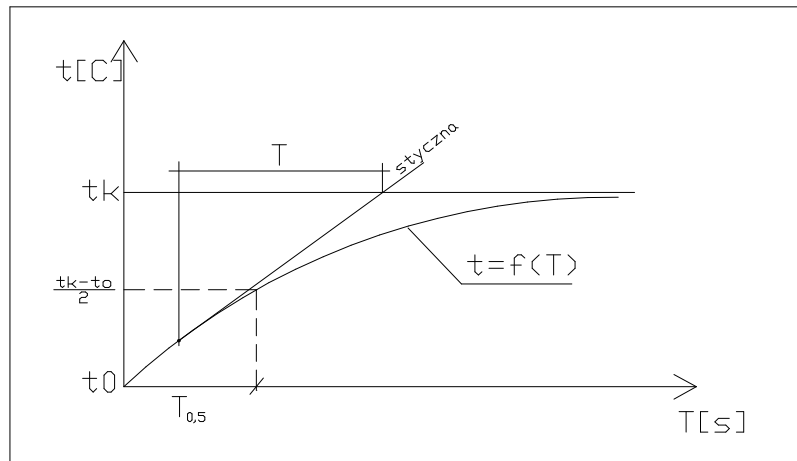
$t_k$  – temperatura końcowa (wprost proporcjonalna do oporności), [K];

$T$  – stała czasowa, [s].

4. Opracowanie wyników pomiarów

4.1. Określenie stałej czasowej  $T$  czujnika Pt – 100 na podstawie wykresu odpowiedzi skokowej czujnika na skok temperatury.

Na podstawie otrzymanych z pomiarów zmian oporności czujnika w funkcji temperatury należy sporządzić wykres odpowiedzi skokowej czujnika na skok temperatury. Należy wyznaczyć graficznie i odczytać wartości stałej czasowej wyznaczone dla trzech różnych punktów na wykresie przebiegu temperatury. Z odczytanych wartości obliczyć wartość średnią stałej czasowej  $T_{sr}$ .



Rys nr 2. Wyznaczanie graficzne stałej czasowej

4.2. Określenie wielkości stałej czasowej  $T$  na podstawie aproksymacji wyników pomiarów.

W celu określenia stałej czasowej należy zastosować metodę najmniejszych kwadratów oraz równanie odpowiedzi skokowej czujnika:

$$t_{cz} = t_o + (t_k - t_o) \left( 1 - e^{-\frac{\tau}{T}} \right)$$

Po przekształceniu tego równania do postaci liniowej  $y = ax + b$  otrzymujemy:

$$\ln \left( 1 - \frac{t_{cz} - t_o}{t_k - t_o} \right) = -\frac{1}{T} \tau$$

gdzie:

$$y = \ln \left( 1 - \frac{t_{cz} - t_o}{t_k - t_o} \right)$$

$$x = \tau$$

$$a = -\frac{1}{T}$$

$$b = 0$$

Wartość stałej czasowej T określa się korzystając z zależności aproksymujących równanie liniowe

$$a = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}$$

$n$  – liczba pomiarów

*Literatura:*

1. Kołodziejczyk L., Rubik M., Mańkowski S.: „Pomiary w inżynierii sanitarnej”, Arkady, Warszawa, 1974r. (rozdziały 1.1.2., 2.2.4., 2.3.3., 2.4.1.)
2. Kotlewski F.: „Pomiary w technice cieplnej”, Wydawnictwa Naukowo – Techniczne, Warszawa, 1974r. (rozdział III - 2.3.1., 3.2.)