

Termodynamika techniczna

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Ekologiczne Źródła Energii II rok

Pomiar temperatury
Instrukcja do ćwiczenia

1. INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

1.1 Cel ćwiczenia

Cel ćwiczenia: Zapoznanie się z metodami i przyrządami do pomiaru temperatury.

Szczegółowy przebieg ćwiczenia:

1. Pomiar temperatury pomieszczenia laboratoryjnego za pomocą różnych termometrów.
2. Wyznaczenie czułości termometru cieczowego (alkoholowego lub rtęciowego)
3. Wyznaczenie charakterystyki termometrycznej czujnika rezystancyjnego.
4. Pomiar temperatury za pomocą pirometru.

2. POMIARY

2.1 Pomiar temperatury w pomieszczeniu laboratorium za pomocą różnych termometrów.

Na stanowisku pomiarowym znajdują się różnego rodzaju termometry. Pod nadzorem prowadzącego ćwiczenie należy przeprowadzić pomiar temperatury. Zanotować wskazania poszczególnych przyrządów (wraz z jednostkami fizycznymi).

Termometr cieczowy (rtęciowy lub alkoholowy): °C

Termometr gazowy: °C

Termometr bimetalowy: °C

Termometr termoelektryczny: °C

Termometr rezystancyjny (z punktu 2.3) °C

Termometr cyfrowy z czujnikiem (wpisać rodzaj czujnika) °C

Inny (wpisać jaki) °C

2.2 Wyznaczenie czułości termometru cieczowego (alkoholowego lub rtęciowego)

Termometr (wpisać rodzaj termometru)

Zmiana temperatury o $\Delta t = \dots\dots\dots$ °C

Odpowiadający tej zmianie temperatury przyrost wysokości słupka cieczy termometrycznej:

$\Delta l = \dots\dots\dots$ mm

Czułość termometru: $C = \frac{\Delta t}{\Delta l} = \dots\dots\dots [^{\circ}\text{C} / \text{mm}]$

Od czego zależy czułość termometru?

2.3 Pomiar temperatury za pomocą czujnika rezystancyjnego Pt100.

Na stanowisku pomiarowym znajduje się czujnik Pt 100 z wyprowadzonymi końcówkami pomiarowymi. Za pomocą omomierza należy zmierzyć opór tego czujnika. Należy uwzględnić opór przewodów łączących miernik z elementem pomiarowym. Na podstawie normy PN-EN-60751 należy znaleźć punkty najbliższe zmierzonej wartości rezystancji, a następnie wyznaczyć analitycznie równanie charakterystyki termometrycznej czujnika (ze względu na mały zakres będzie to funkcja liniowa) i z tego równania określić szukaną wartość zmierzonej temperatury.

Zmierzona rezystancja przewodów łączących miernik z czujnikiem: Ω

Zmierzona rezystancja czujnika Pt 100: Ω

Rzeczywista rezystancja czujnika Pt 100: Ω

Pierwsza wyższa od wartości zmierzonej wartość tablicowa (z normy PN-EN-60751) rezystancji czujnika Pt 100: Ω , dla temperatury: $^{\circ}\text{C}$

Pierwsza niższa od wartości zmierzonej wartość tablicowa (z normy PN-EN-60751) rezystancji czujnika Pt 100: Ω , dla temperatury: $^{\circ}\text{C}$

Równanie charakterystyki termometrycznej czujnika Pt 100 dla tych dwóch punktów (jako funkcja liniowa $y = a \cdot x + b$):

Dla temperatur mierzonych w przedziale od 0 do 100 $^{\circ}\text{C}$ można zastosować aproksymację liniową równania charakterystyki termometrycznej, postaci:

$$R(t) = R_0 [1 + A \cdot t]$$

Szukana temperatura pomieszczenia dla zmierzonej rezystancji czujnika wynosi: $^{\circ}\text{C}$

Porównaj otrzymany wynik z rezultatami z punktu 2.1.

2.4 Wyznaczenie charakterystyki termometrycznej czujnika rezystancyjnego do pomiaru temperatury oraz przebiegu nagrzewania wody.

Opis stanowiska:

Na stanowisku znajduje się kuchenka elektryczna. Na płycie grzewczej kuchenki umieszczono naczynie z wodą. W naczyniu znajduje się termometr cieczowy oraz czujnik rezystancyjny do pomiaru temperatury, które zamocowane są na specjalnym statywie. Rezystancja czujnika jest mierzona miernikiem cyfrowym. Do wyboru przez prowadzącego są trzy czujniki w obudowie głowicowej: Ni100, Pt100, Pt500 oraz Pt1000. Należy zapisać rodzaj użytego czujnika.

Przebieg pomiarów:

Po włączeniu kuchenki rozpoczyna się nagrzewanie wody w naczyniu. Dla kolejnych wartości temperatury wody mierzonych za pomocą termometru cieczowego (np. w odstępach co 5 °C) należy zapisać zmierzone wartości rezystancji czujnika oraz czas w tabeli pomiarowej.

Badany czujnik – typ:

Zmierzony opór przewodów łączeniowych: Ω

Tabela pomiarowa:

L. p.	Temperatura [°C]	Czas [min:s lub s]	Rezystancja czujnika oraz przewodów łączeniowych [Ω]	Rezystancja czujnika [Ω]
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

Po wykonaniu pomiarów od zmierzonej wartości rezystancji należy odjąć opór przewodów pomiarowych. Można go zmierzyć miernikiem zwierając końcówki tych przewodów. Wartość tego oporu wynosi z reguły około 0,3 - 1 Ω .

W oparciu o uzyskane wyniki należy na wspólnym wykresie umieścić:

- charakterystykę termometryczną czujnika (tylko otrzymane punkty pomiarowe!).
- charakterystykę termometryczną czujnika wg odpowiedniej normy (jako linię ciągłą)
- równanie regresji charakterystyki termometrycznej dla przeprowadzonych pomiarów.

Skonfrontować otrzymane rezultaty. Jaka jest wartość temperaturowego współczynnika rezystancji badanego czujnika?

Dodatkowo, na osobnym wykresie należy także przedstawić proces nagrzewania wody (temperatura w funkcji czasu).

Regresja liniowa jest to metoda statystyczna estymowania wartości oczekiwanej zmiennej y przy znanych wartościach innej zmiennej lub zmiennych x . Szukana zmienna y jest nazywana zmienną objaśnianą, lub zależną. Inne zmienne x nazywa się zmiennymi objaśniającymi lub niezależnymi. Dla jednej zmiennej objaśniającej (tak jak w naszym przypadku) zagadnienie polega na poprowadzeniu prostej $y = ax + b$.

Jeżeli zmierzono obarczone tylko błędami przypadkowymi wartości (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$ dwóch różnych wielkości fizycznych X i Y , oraz wiadomo, że zmienne X i Y są związane ze sobą zależnością liniową $y = f(x)$, to najlepszym przybliżeniem współczynników a i b w równaniu liniowym $y = ax + b$ jest:

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

$$b = \frac{1}{n} (\sum y_i - a \sum x_i)$$

Gdzie:

x_i, y_i – wartości doświadczalne,

n – liczba wykonanych pomiarów.

Dla określenia współczynników a i b szukanej prostej regresji należy sporządzić tabelę obliczeniową. Liczbę wierszy tabeli należy dobrać indywidualnie w zależności od liczby przeprowadzonych pomiarów.

L. p.	x_i (temperatura) [°C]	y_i (rezystancja czujnika) [Ω]	x_i^2	x_i^2	$x_i y_i$
1					
2					
3					
4					
5					
Σ					

Na podstawie tabeli wyliczamy kolejno:

$$n \Sigma x_i y_i = \dots\dots\dots$$

$$\Sigma x_i \Sigma y_i = \dots\dots\dots$$

$$n \Sigma x_i^2 = \dots\dots\dots$$

$$(\Sigma x_i)^2 = \dots\dots\dots$$

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

$$a \Sigma y_i = \dots\dots\dots$$

$$b = \frac{1}{n} (\Sigma y_i - a \Sigma x_i) = \dots\dots\dots$$

Szukane równanie prostej regresji (rezystancja w funkcji temperatury):

$$y = ax + b = \dots\dots\dots$$

2.5 Pomiar temperatury pirometrem

Pomiarów dokonujemy pirometrem DIT 130. Dla różnych wartości emisyjności ustawianych za pomocą menu przyrządu należy dokonać pomiaru temperatury np. posadzki, ścian, sufitu lub innych, wybranych elementów w pomieszczeniu laboratorium.

Zanotować zmierzone wartości temperatury dla poszczególnych wartości emisyjności.

Przykładowa tabela pomiarowa może wyglądać następująco:

Emisyjność ϵ	Materiał: Zmierzona temperatura [°C]	Materiał: Zmierzona temperatura [°C]
0,95		
0,90		
0,80		
0,70		
0,60		

Po wykonaniu pomiarów należy sprawdzić w tablicach emisyjności (są dostępne w literaturze dotyczącej techniki cieplnej) wartości emisyjności badanych materiałów. Na tej podstawie należy zaznaczyć w sprawozdaniu, który z przeprowadzonych pomiarów był najbliższy stanowi faktycznemu.

3. WYKONANIE SPRAWOZDANIA I ZALICZENIE ĆWICZENIA

3.1 Sprawozdanie

Sprawozdanie należy przygotować ręcznie na papierze kratkowanym formatu A4. W sprawozdaniu należy zamieścić kolejno, zgodnie z opisem zawartym w niniejszej instrukcji:

1. Tabelkę tytułową,
2. Krótki wstęp teoretyczny i przedstawić cel ćwiczenia,
3. Opis przeprowadzonych badań dla kolejnych punktów, pomiary i dodatkowe obliczenia zgodnie z niniejszą instrukcją, tj.:
 - 3.1 Pomiar temperatury w pomieszczeniu laboratorium za pomocą różnych termometrów (wg punktu 2.1),
 - 3.2 Wyznaczenie czułości termometru cieczowego (wg punktu 2.2),
 - 3.3 Pomiar temperatury za pomocą czujnika rezystancyjnego Pt100 (wg punktu 2.3),
 - 3.4 Wyznaczenie charakterystyki termometrycznej czujnika rezystancyjnego wraz z prostą regresji (wg punktu 2.4),
 - 3.5 Przebieg procesu nagrzewania wody (wg punktu 2.4),
 - 3.6 Pomiar temperatury pirometrem (wg punktu 2.5),
4. Podsumowanie i wnioski.

Wykresy można przygotować na papierze milimetrowym lub komputerowo (w arkuszu kalkulacyjnym).

Tabelkę tytułową należy wykonać i wypełnić pismem technicznym wg poniższego wzoru. Wielkość tabelki jest orientacyjna.

Termodynamika techniczna - Laboratorium		
Pomiar temperatury		
Nazwisko, Imię	Data wyk.	Grupa. (np. 8A)

3.2 Zagadnienia do kolokwium zaliczeniowego po wykonaniu ćwiczenia

Warunkiem zaliczenia ćwiczenia jest zaliczenie sprawozdania oraz zaliczenie kolokwium z oceną pozytywną. Poniżej podano zagadnienia do kolokwium zaliczeniowego:

1. Skale temperatury. Rodzaje stosowanych skal i ich definicje.
2. Budowa i zasada działania termometru cieczowego. Jakie zjawisko fizyczne wykorzystuje się przy pomiarze temperatury tym termometrem?
3. Budowa i zasada działania termometru gazowego. Jakie zjawisko fizyczne wykorzystuje się przy pomiarze temperatury tym termometrem?
4. Co to jest charakterystyka termometryczna czujnika rezystancyjnego metalowego? Narysuj oraz opisz taką przykładową charakterystykę (np. na podstawie pomiarów wykonanych podczas ćwiczenia).
5. Opisz i omów efekt termoelektryczny Seebecka. Jak można go wykorzystać do pomiaru temperatury? Co to jest stała termoelektryczna (inaczej: czułość termoelektryczna, stała Seebecka)?

3.3 Literatura

Krystyna Bakinowska (i in.), Pomiary cieplne. Cz. 1, Podstawowe pomiary cieplne, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1993

Tadeusz R. Fodemski (red.), Pomiary cieplne. Cz. 1, Podstawowe pomiary cieplne, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2001

Ludwik Michalski, Krystyna Eckersdorf., Pomiary temperatury, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1986

Szewczyk Witold, Wojciechowski Jerzy, Wykłady z termodynamiki z przykładami zadań. Cz. 1: Procesy termodynamiczne, Kraków: UWND AGH, 2007.