



**POLITECHNIKA  
GDAŃSKA**



**KATEDRA INŻYNIERII PROCESOWEJ  
I TECHNOLOGII CHEMICZNEJ**

**INSTRUKCJE DO ĆWICZEŃ LABORATORYJNYCH**

**LABORATORIUM AUTOMATYKI  
I KONTROLI WIELKOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH**

**Ćwiczenie nr 10**

***Dynamika wymiany ciepła***

Gdańsk, 2019

**AUTOMATYKA I POMIARY**  
**LABORATORIUM - ĆWICZENIE NR 10**  
**DYNAMIKA WYMIANY CIEPŁA**

**1. Budowa stanowiska.**

Źródłem ciepła jest prostopadłościenna płytkę wykonana z przewodzącego polimeru, zasilana energią elektryczną z zasilacza prądu stałego. Do elementu grzejnego umocowano 8 termoelementów Fe - Konst dla pomiaru jego temperatury. Płytkę umocowano w odpowiednim uchwycie pozwalającym na zredukowanie zbędnych strat ciepła. Całość umieszczono w obudowie pozwalającej wyeliminować zewnętrzne prądy powietrza, zakłócające wymianę ciepła pomiędzy elementem grzejnym i otoczeniem. Uzupełnienie stanowiska stanowią trzy mierniki do pomiarów napięcia i natężenia prądu stałego oraz zegar cyfrowy.

W stanowisku mierzy się:

- ◆ natężenie prądu płynącego przez element grzejny,
- ◆ spadek napięcia na tym elemencie,
- ◆ siłę termoelektryczną termoelementów.

Na podstawie zmierzonych wielkości oblicza się:

- ◆ temperaturę elementu grzejnego,
- ◆ temperaturę otaczającego powietrza,
- ◆ pobieraną moc i strumień ciepły oddawany do otoczenia,
- ◆ współczynniki wnikania ciepła.

**2. Wykonanie ćwiczenia.**

- ◆ przygotować mieszaninę lodu i wody w termosie, w którym umieszczone są spoiny odniesienia,
- ◆ włączyć mierniki oraz zasilanie zasilacza prądu stałego,
- ◆ zmierzyć i zanotować STE termoelementów,
- ◆ włączyć zasilanie 15 - 25 V elementu grzejnego, w tej samej chwili uruchomić zegar cyfrowy,
- ◆ mierzyć i notować STE termoelementów oraz natężenie prądu płynącego przez element grzejny początkowo co 2 minuty (przez 20 minut) po 20 minutach co 5 minut (do 60 minuty),

- ◆ zmierzyć i zanotować spadek napięcia na elemencie grzejnym,
- ◆ wyłączyć aparaturę.

### 3. Opracowanie wyników.

- obliczyć średnie STE dla termoelementów 1 - 8 (element grzejny) oraz 9 - 10 (otoczenie) dla wszystkich pomiarów; z tabel (interpolacja) lub z podanego poniżej równania obliczyć temperaturę elementu grzejnego i temperaturę otoczenia,

\*\*\*\*\*

Równanie zależności temperatury od STE dla termoelementu Fe - Konst w zakresie od 15 do 85°C jest następujące:

$$t = 0.00715712 + 19.83291378 \cdot \text{STE} - 0.217844 \cdot \text{STE}^2 + 0.01084366 \cdot \text{STE}^3$$

\*\*\*\*\*

- narysować na jednym rysunku wykres zależności temperatury elementu grzejnego i temperatury otoczenia od czasu; na drugim rysunku wykres zależności natężenia prądu od czasu,
- na podstawie jednego i drugiego wykresu korzystając z definicji stałej czasowej wyznaczyć wartość stałej czasowej dla elementu grzejnego
- obliczyć moc elementu grzejnego (w stanie ustalonym) oraz gęstość strumienia ciepłego jako iloraz mocy przez całkowitą powierzchnię elementu grzejnego,
- obliczyć zastępczy (całkowity) współczynnik wnikania ciepła (konwekcja + promieniowanie) jako iloraz gęstości strumienia ciepłego przez różnicę temperatury pomiędzy elementem grzejnym i otoczeniem (w stanie ustalonym),
- obliczyć stałą czasową jako iloczyn pojemności cieplnej i oporu cieplnego,
- porównać i przedyskutować wyniki ćwiczenia.

\*\*\*\*\*

Biorąc pod uwagę dynamikę wymiany ciepła w ćwiczeniu i wartość stałej czasowej – około 10 minut przyjmujemy za stan ustalony wyniki pomiarów dla 60 minut.

\*\*\*\*\*

Dane do obliczeń:

- wymiary elementu grzejnego 250 x 100 x 8 mm
- gęstość masy przewodzącej  $\rho = 1435 \text{ kg/m}^3$
- ciepło właściwe masy przewodzącej  $c_w = 1.09 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$