

PJJSS
w Pile

KATEDRA INŻYNIERII MECHANICZNEJ

LABORATORIUM TERMODYNAMIKI TECHNICZNEJ

Ćwiczenie laboratoryjne nr 4

TEMAT: PRAKTYCZNA REALIZACJA PRZEMIANY ADIABATYCZNEJ

1. Wprowadzenie

Przemiana adiabatyczna jest to przemiana podczas której nie występuje wymiana ciepła z otoczeniem. Jest ona określona następującym warunkiem:

$$Q_{1-2} = 0$$

Z uwagi na to, że rozpatrywany układ jest układem zamkniętym w którym nie zmienia się ani ilość czynnika, ani też rodzaj czynnika, wówczas można zapisać:

$$m = \text{const}$$

oraz

$$R = \text{const}$$

W niniejszym przypadku zmiennymi pozostają:

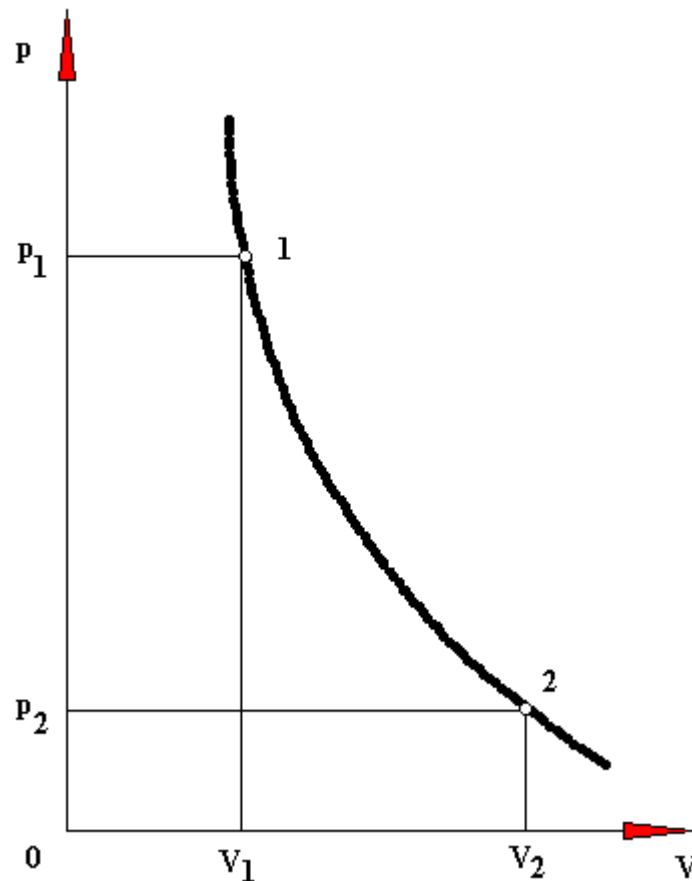
- p;

- V ;
- T

przy czym dwie z nich są zmiennymi niezależnymi, natomiast zmiana wartości trzeciej zmiennej wynika z równania stanu gazów.

Przemianę opisaną powyższymi warunkami można zrealizować w idealnie izolowanym ośrodku, co w praktyce jest bardzo trudne do zrealizowania lub nawet niemożliwe. Dlatego w praktyce technicznej za przemianę adiabatyczną przyjmuje się przemianę przebiegającą bardzo szybko, tak aby czynnik termodynamiczny nie zdążył wymienić ciepła z otoczeniem przez ścianę ograniczającą jego obszar.

W układzie p - V (rys. 1) obrazem przemiany adiabatycznej jest hiperbola.



Rys. 1. Wykres przemiany adiabatycznej w układzie p - V

2. Cel ćwiczenia

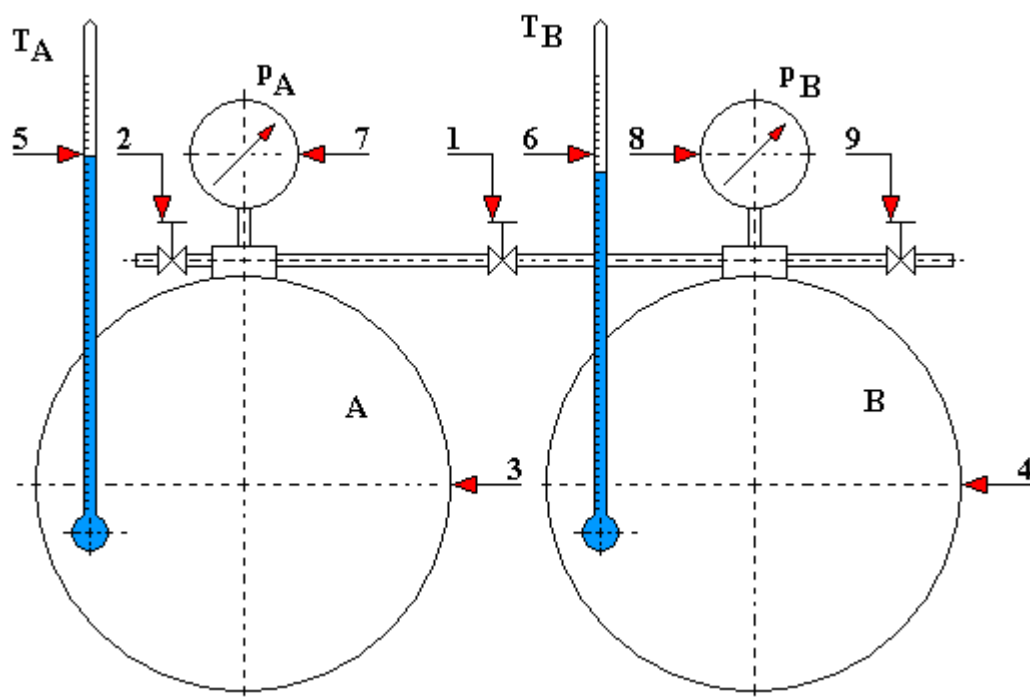
Celem ćwiczenia jest:

- Sprawdzenie czy dekompresja zbiornika ze sprężonym powietrzem jest procesem zbliżonym do przemiany adiabatycznej.
- Realizacja przemiany adiabatycznej rzeczywistej drogą kolejnych przybliżeń.

3. Opis ćwiczenia

Układ pomiarowy (rys. 2) składa się z dwóch zbiorników A oraz B o jednakowej pojemności. W każdym ze zbiorników znajduje się manometr (p_A , p_B) mierzący nadciśnienie w danym zbiorniku oraz termometr (T_A , T_B) mierzący temperaturę

sprężonego powietrza. Zbiorniki są ze sobą połączone za pomocą zaworu 1. Każdy ze zbiorników posiada również zawór (2 oraz 9) umożliwiający połączenie go z atmosferą lub ze sprężarką.



Rys. 2. Schemat układu pomiarowego stanowiska do realizacji przemiany adiabatycznej (rys. J. Mikołajczyk)

1 – zawór łączący zbiorniki A oraz B; 2 – zawór umożliwiający połączenie zbiornika A z atmosferą lub ze sprężarką; 3 – zbiornik A; 4 – zbiornik B; 5 – termometr T_A ; 6 – termometr T_B ; 7 – manometr mierzący nadciśnienie w zbiorniku A; 8 – manometr mierzący nadciśnienie w zbiorniku B; 9 – zawór umożliwiający połączenie zbiornika B z atmosferą lub ze sprężarką

Czynności do wykonania w trakcie ćwiczenia:

1. Przed przystąpieniem do ćwiczenia należy otworzyć zawory 1,2 oraz 9. Następnie należy zamknąć zawór nr 9 znajdujący się przy zbiorniku B (który przez cały czas trwania ćwiczenia powinien być zamknięty) oraz zawór nr 1.

2. Przy pomocy sprężarki wytworzyć w zbiorniku A ciśnienie o wartości 5 [bar]. W każdym kolejnym kroku ciśnienie w zbiorniku A będzie uzupełnione do tej wartości.

W każdym kolejnym kroku realizacji ćwiczenia ciśnienia początkowe powietrza w zbiornikach A oraz B spełniają poniższą nierówność:

$$p_{A1} > p_{B1} > p_0$$

gdzie: p_0 – ciśnienie otoczenia

Po zakończeniu pompowania temperatura powietrza w zbiornikach ma być równa temperaturze otoczenia:

$$T_{A1} = T_{B1} = T_0$$

co oznacza, że po zakończeniu pompowania należy każdorazowo odczekać, aż powietrze w zbiorniku ochłodzi się do temperatury otoczenia.

3. Otwieramy na chwilę zawór nr 1 – następuje przepływ powietrza ze zbiornika A do zbiornika B, kończący się wyrównaniem ciśnienia w zbiornikach:

$$p_{A2} = p_{B2} = p_m > p_0$$

Temperatury powietrza w zbiornikach osiągają wówczas następujące wartości:

$$T_{A1} < T_0 < T_{B2}$$

4. Zamykamy zawór nr 1 i czekamy, aż temperatury powietrza w zbiornikach osiągną ponownie wartość temperatury otoczenia T_0 . Ciśnienia powietrza w zbiornikach będą spełniały wówczas nierówność:

$$p_{A3} > p_{B3} > p_0$$

Powyższe czynności należy powtórzyć dla kilku różnych wartości ciśnienia p_B^i oraz tej samej wartości ciśnienia p_{A1} .

$$p_{A1} = p_0 + \Delta p_{A1}$$

$$p_{B1}^i = p_0 + \Delta p_{B1}^i$$

$$p_{A3}^i = p_0 + \Delta p_{A3}^i$$

gdzie: Δp_{A1} ; Δp_{B1}^i ; Δp_{A3}^i – nadciśnienia mierzone w kolejnych krokach pomiarowych;
 p_{A1} – ciśnienie w zbiorniku A w pierwszym kroku;
 p_0 – ciśnienie otoczenia;
 p_{B1}^i - ciśnienie w zbiorniku B w kolejnych krokach;
 p_{A3}^i – ciśnienie w zbiorniku A w trzecim kroku

$$p_m = \frac{p_{A1} + p_{B1}^i}{2}$$

gdzie: p_m – ciśnienie średnie

Tab. X. Wyniki pomiarów

p_{A1}						
p_{B1}^i						
p_m^i						
p_{A3}^i						
p_{B3}^i						

4. Opracowanie wyników

Uzyskane wyniki przedstawić graficznie w układzie współrzędnych (ξ , η), gdzie:

$$\xi = \ln \left(\frac{p_{A1}}{p_{A3}^i} \right)$$

$$\eta = \ln \left(\frac{p_{A1}}{p_m^i} \right)$$

Jeżeli kolejne stany na wykresie powinny grupować się wokół prostej, to realizowana przemiana jest politropą o jakim wykładniku n ? Opracować analizę statystyczną otrzymanych wyników badań.

Wyznaczyć wartość wykładnika n politropy z następującego wzoru:

$$n = \frac{\eta}{\xi}$$

5. Pytania sprawdzające

- Podać definicję przemiany adiabatycznej.
- Czy podczas przemiany adiabatycznej zmienia się temperatura czynnika poddanego przemianie?
- Jaki jest obraz graficzny realizowanej w doświadczeniu przemiany jeżeli rozpatrywanym układem jest układ p-V?

6. Literatura

- Lewiński J.: Wymiana ciepła. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2012.
- Różański S.A.: Fizyka. Repetytorium dla studentów I roku studiów inżynierskich. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2011.
- Różański S.A.: Przez fizykę na skróty. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2013.
- Różański S.A.: Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki wspomagane komputerem. Wydawnictwo PWSZ w Pile, Piła 2014.
- Skorka M.: Fizyka. Podręcznik dla studentów wyższych technicznych studiów zawodowych dla pracujących. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1973.
- Staniszewski B.: Termodynamika. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1978.