

TERMODYNAMIKA TECHNICZNA – LABORATORIUM

Ćwiczenie nr 3

1. TEMAT

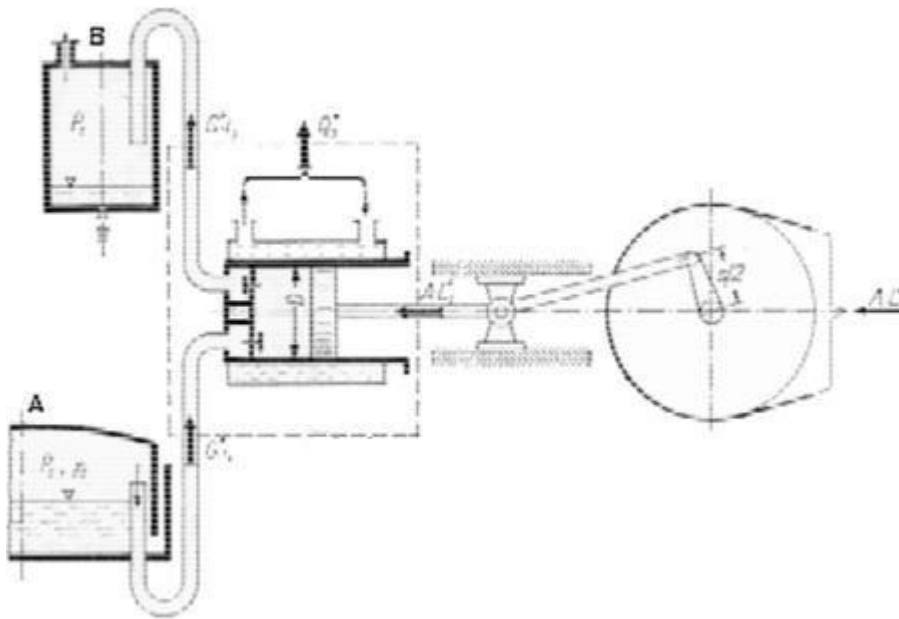
Badanie wydajności sprężarki tłokowej 2. CEL

Określenie wpływu objętości szkodliwej na wydajność sprężarki

3. WPROWADZNI

Sprężarka jest podstawowym przykładem otwartego układu termodynamicznego. Jej zadaniem jest między innymi podwyższenie ciśnienia gazu w celu:

- uzyskanie czynnika napędowego do urządzeń o napędzie pneumatycznym,
- podwyższenie temperatury czynnika obiegowego w ziębiarkach i pompach ciepła,
- zwiększenie gęstości dla ułatwienia transportu.



Rys. 1. Schemat sprężarki tłokowej ze względów konstrukcyjnych oraz ze względu na bezpieczeństwo tłok sprężarki w lewym martwym punkcie (rys. 1) nie dochodzi do głowicy cylindra, w której znajdują się zawory.

Przestrzeń cylindra V_{sz} zawarta pomiędzy głowicą a tłokiem w lewym skrajnym położeniu nosi nazwę przestrzeni szkodliwej. Termin ten sugeruje, że sprężarka z przestrzenią szkodliwą ma mniejszą wydajność od sprężarki, dla której $V_{sz} = 0$ przy tej samej częstotliwości obrotów i objętości skokowej V_s .

Przyczyna obniżenia wydajności jest następująca:

- po zakończeniu wytłaczania w objętości V_{sz} pozostaje pewna ilość czynnika o ciśnieniu $p_t > p_s$ (p_s , p_t – ciśnienia odpowiednio ssania i tłoczenia),
- przy wstecznym ruchu tłoka nie będzie zasysania świeżej porcji czynnika zanim ciśnienie nie spadnie do $p \leq p_s$ dopiero wtedy może otworzyć się automatyczny zawór ssący. W rezultacie tylko część skoku tłoka jest wykorzystana do napełniania.

Opisany w tym rozdziale efekt może być (i jest) użyty do regulacji wydajności sprężarki tłokowej napędzanej silnikiem elektrycznym o niezmiennej prędkości obrotowej.

4. SPREŻARKA WZORCOWA

Założenia dla sprężarki wzorcowej Jest

to sprężarka, w której:

- nie ma tarcia w parze tłok cylinder,
- zawory nie tworzą tzw. miejscowego oporu hydraulicznego przy przepływie czynnika,
- sprężanie czynnika ma charakter politropowy tzn. odbywa się według równania:

$$pv^m = \text{idem} \quad (1)$$

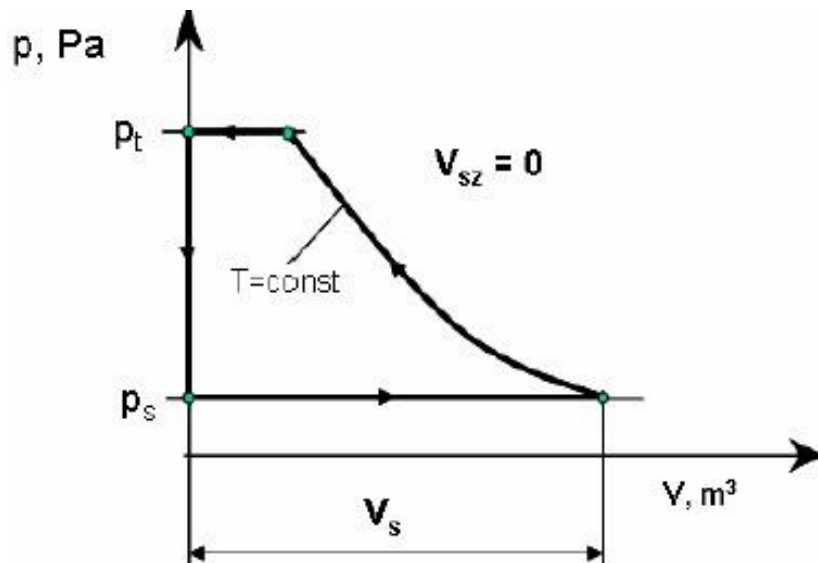
Jeżeli dodatkowo $V_{sz} = 0$ i sprężanie jest izotermiczne lub adiabatyczne to wzorec jest tzw. sprężarką idealną.

W przypadku sprężania politropowego i $V_{sz} > 0$ mówi się o sprężarce poidealnej. Wzorce (modele) służą do oceny termodynamicznej stopnia doskonałości rzeczywistych sprężarek tłokowych.

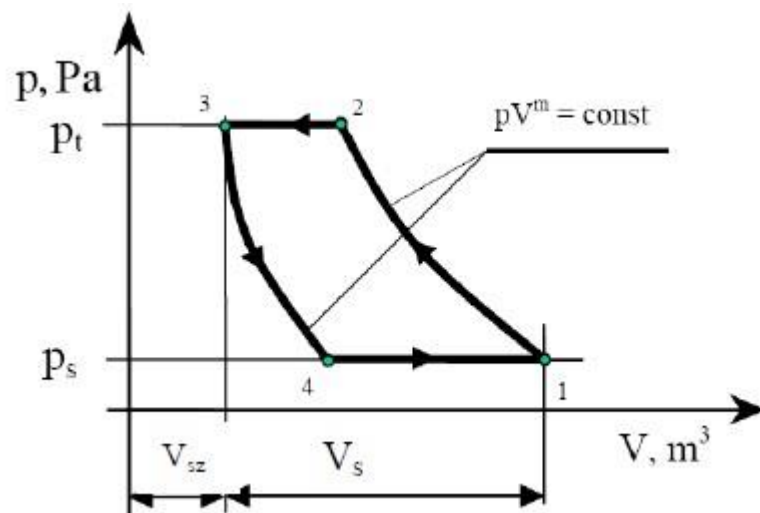
5. WYKRES INDYKATOROWY

Wykres indykatorowy to graficzne przedstawienie przebiegu ciśnienia gazu w cylindrze sprężarki w zależności od położenia tłoka lub chwilowej wartości całkowitej objętości gazu. Wykres taki dla sprężarki idealnej przedstawiono na

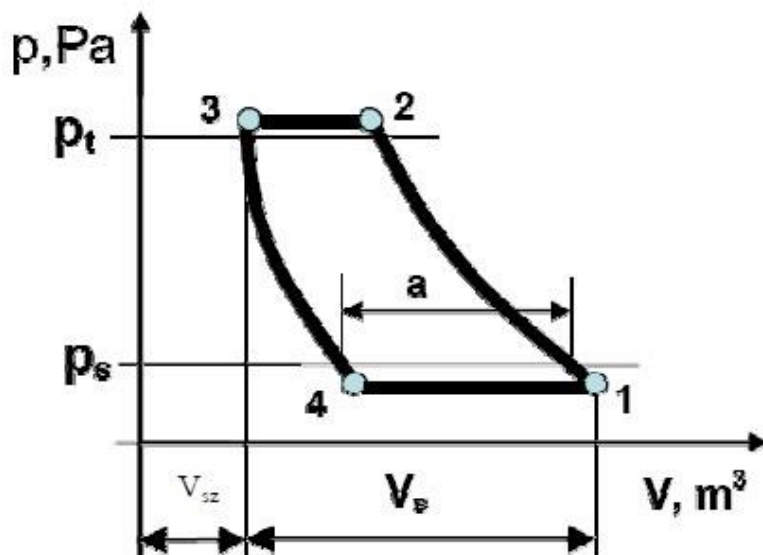
rys. 2, dla polidealnej (nazywanej również wzorcową) – na rys. 3 a dla rzeczywistej – na rys. 4.



Rys. 2. Wykres indykatorowy sprężarki idealnej: p_t , p_s – ciśnienia tłoczenia i ssania



Rys. 3. Wykres indykatorowy sprężarki polidealnej



Rys.4. Wykres indykatorowy sprężarki rzeczywistej

6. SPRAWNOŚĆ WOLUMETRYCZNA

Zmniejszenie wydajności sprężarki wywołane przetrzenięciem szkodliwą ujmuje się za pomocą wskaźnika zwanego sprawnością wolumetryczną η_v .

Dla sprężarki idealnej $\eta_v = 1$; dla sprężarki poidealnej: (patrz wykres indykatorowy - rys. 3)

$$\eta_v = \frac{V_1 - V_4}{V_s} \quad (2)$$

Dla sprężarki rzeczywistej:

$$\eta_v = \frac{a}{V_s} \quad (3)$$

„a” należy wyznaczyć korzystając z wykresu uzyskanego doświadczalnie. Czas napełniania powietrzem zbiornika o objętości V_z od ciśnienia otoczenia po do ciśnienia p_k zależy od objętości skokowej sprężarki V_s i objętości przestrzeni szkodliwej V_{sz} . Podczas napełniania ciśnienie w zbiorniku zmienia się wraz ze zmianą liczby cykli i_{ki} . Wartość „ i_{ki} ” związana jest z czasem pracy sprężarki „ τ_{ki} ” i jej prędkością obrotową „ n ” (obr/min) wzorem:

$$i_{ki} = \frac{n\tau_{ki}}{60} \quad (4)$$

7. OPIS DOŚWIADCZENIA



Rys. 5 Agregat sprężarkowy jako stanowisko pomiarowe

7.1. Dla każdej zadanej objętości szkodliwej V_{szi} , począwszy od najmniejszej (konstrukcyjnej) należy:

- wyrównać ciśnienie w zbiorniku z ciśnieniem otoczenia p_o ,
- włączyć sprężarkę i uruchomić jednocześnie pomiar czasu,
- rejestrować czasy τ_{ki} osiągnięcia charakterystycznych wartości nadciśnień: Δp_{ki} (np. co 0,05 MPa do 0,2 MPa) powietrza w zbiorniku. Wyniki zamieścić w tabeli.

7.2. Wyznaczenie zależności średniej wydajności „ m^*_{sr} ” sprężarki w funkcji objętości szkodliwej – opracowanie wyników:

- obliczyć ilość Δm_i powietrza zgromadzonego w zbiorniku po osiągnięciu ciśnienia p_{ki} ze wzorów:

$$p_{ki} = p_o + \Delta p_{ki} \quad (5) \quad p_{ki} V_z = m_{ki} R T_o \quad (6) \quad p_o V_z = m_o R T_o \quad (7)$$

$$\Delta m_i = m_{ki} - m_o \quad (8)$$

- obliczyć m^*_{sr} dla każdego punktu pomiarowego:

$$m^*_{sri} = \frac{\Delta m_i}{\tau_{ki}} \quad (9)$$

- wyniki przeliczeń zamieścić w tabeli oraz przedstawić, w układzie współrzędnych (V_{sz}, m_{sr}^*), wyznaczonych doświadczalnie funkcji $m_{sr}^* = f(V_{sz})$ (cztery przebiegi – dla $p_{ki} = 0,05$ MPa; 0,10 MPa; 0,15 MPa i 0,20 MPa.) • sformułować wniosek dotyczący wpływu objętości szkodliwej i ciśnienia końcowego sprężania na wydajność sprężarki.

Wzór tabeli:

Ćw.3. Badanie wydajności sprężarki tłokowej

Data.....

Grupa.....

$p_o = \dots\dots\dots$	hPa	$t_o = \dots\dots\dots$	$^{\circ}\text{C}$	$T_o = \dots\dots\dots\text{K}$	$\varphi = \dots\dots\dots\%$
		$V_s = 107 \text{ cm}^3$		$V_z = 100\,000 \text{ cm}^3$	
		$n = 1200 \text{ obr/min}$			
$V_{sz1} = 30 \text{ cm}^3$					
$\Delta p_{ki}, \text{ MPa}$	0,05	0,10	0,15	0,20	
$\tau_{ki}, \text{ s}$					
i_{ki}					
$p_{ki}, \text{ MPa}$					
$m^*_{\dot{s}ri}, \text{ kg/s}$					
$V_{sz2} = 60 \text{ cm}^3$					
$\Delta p_{ki}, \text{ MPa}$	0,05	0,10	0,15	0,20	
$\tau_{ki}, \text{ s}$					
i_{ki}					
$p_{ki}, \text{ MPa}$					
$m^*_{\dot{s}ri}, \text{ kg/s}$					

3

$V_{sz3} = 90 \text{ cm}$

Δp_{ki} , MPa	0,05	0,10	0,15	0,20
τ_{ki} , s				
i_{ki}				
p_{ki} , MPa				
$m^*_{\acute{s}ri}$, kg/s				