

Laboratorium z Konwersji Energii

SILNIK SPALINOWY

1. Wstęp teoretyczny

Silnik spalinowy to maszyna, w której praca jest wykonywana przez gazy spalinowe, powstające w wyniku spalania paliwa w przestrzeni roboczej cylindra. Silnik wykorzystuje się do zamiany energii cieplnej zawartej w paliwie na pracę mechaniczną. Transformacja energii następuje przez spalanie paliwa w cylindrze silnika, dzięki czemu powstałe gazy o wysokiej temperaturze i ciśnieniu, rozprężają się, tym samym przesuwały tłok w cylindrze wykonując pracę mechaniczną.

Jednym z kryterium podziału silników spalinowych jest ilość wykonywanych suwów (przemieszczeń od górnego do dolnego skrajnego położenia); rozróżniamy silniki dwusuwowe i czterosuwowe.

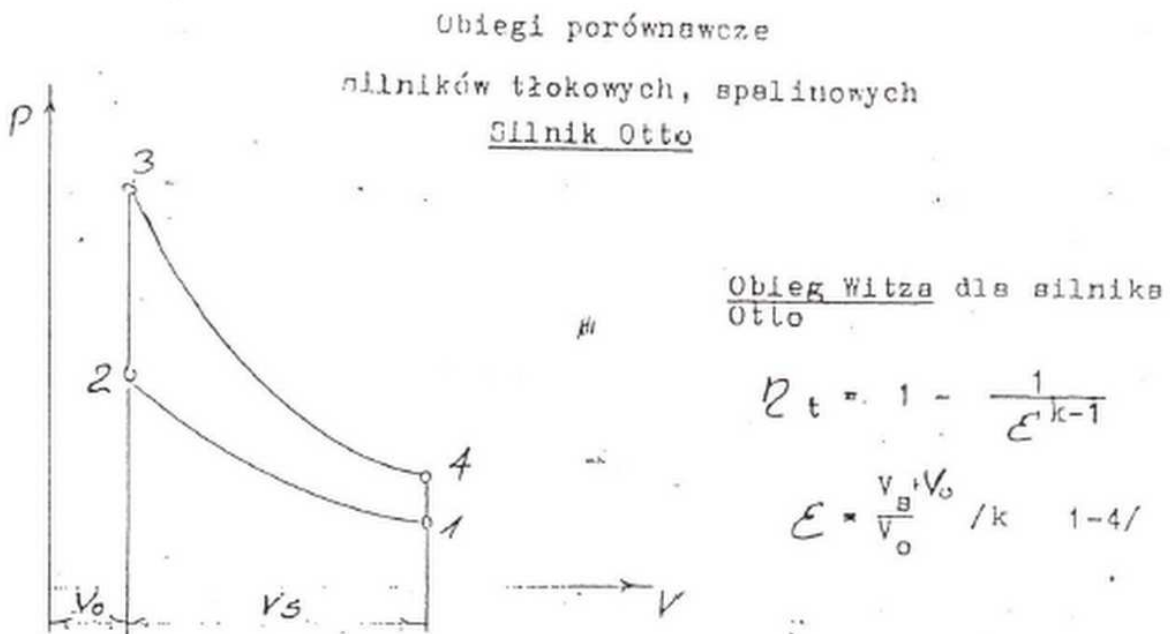
Cykl pracy czterosuwowy:

- suw ssania: ruch tłoka w dół, otwarcie zaworu ssącego, wpływ mieszanki paliwowo-powietrznej do komory roboczej, osiągnięcie wewnętrznego punktu zwrotnego;
- suw sprężania: ruch tłoka ku górze, sprężenie, zapłon mieszanki;
- suw pracy: gwałtowny wzrost ciśnienia, powstanie spalin, ruch tłoka w dół, osiągnięcie wewnętrznego punktu zwrotnego;
- suw wylotu: ruch tłoka w górę, usuwanie spalin z cylindra.

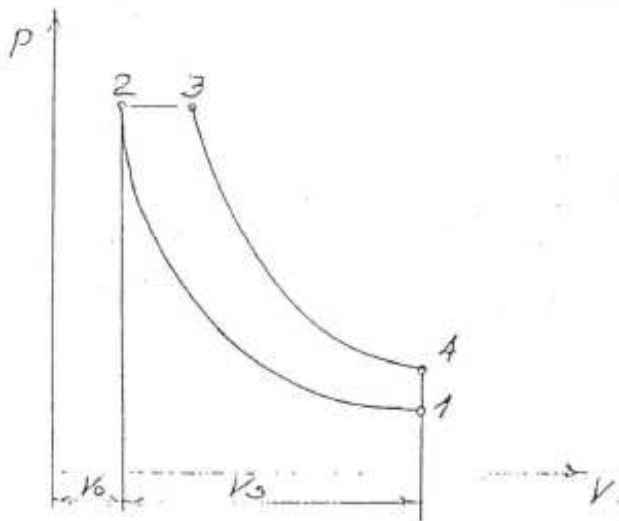
W silniku dwusuwowym, suw pracy następuje za każdym obrotem wału korbowego. W porównaniu z silnikami czterosuwowymi, w których cykl pracy przypada na dwa obroty wału korbowego, silnik dwusuwowy osiąga wyższą moc jednostkową.

Cykl pracy dwusuwowy:

- suw sprężenia: wytłaczanie spalin przez kanał wydechowy;
- suw pracy: zapłon paliwa, rozprężanie, ruch tłoka w dół.



Silnik Diesela /klasyczny/

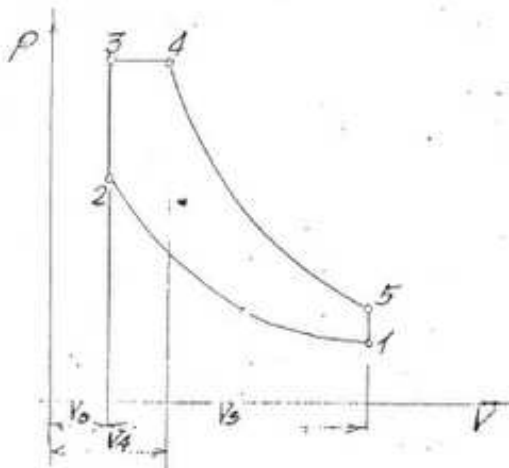


Obieg Guldnera dla sprężarkowego silnika Diesela

$$\eta_T = 1 - \frac{1}{\epsilon} \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \frac{\varphi^k - 1}{\varphi - 1}$$

$$\epsilon = \frac{V_B + V_0}{V_0}; \quad \varphi = \frac{V_3}{V_0}$$

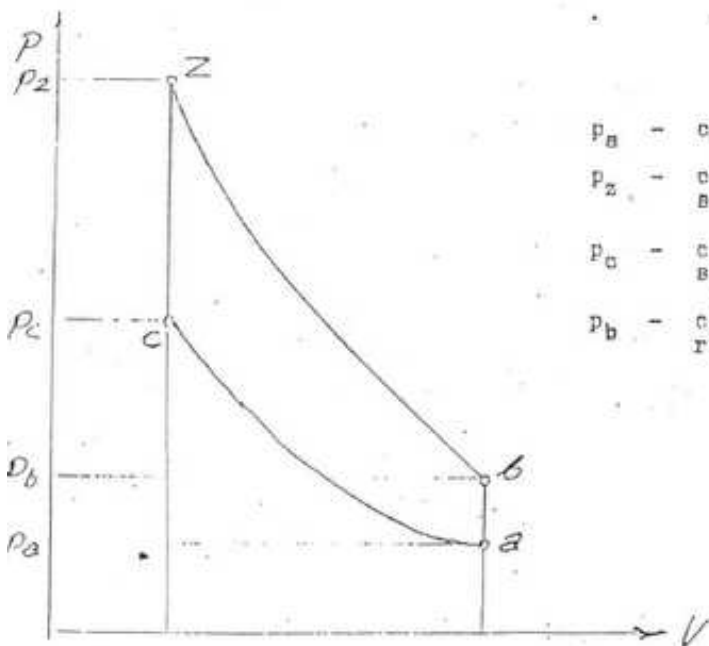
Silnik Diesela współczesny



Obieg Selligera dla bezsprężarkowego silnika Diesela

$$\eta_T = 1 - \frac{\left(\frac{\varphi}{\epsilon}\right)^k \cdot \epsilon - 1}{\frac{\varphi}{\epsilon} [1 + k(\varphi - 1)] \epsilon^{k-1}}$$

$$\epsilon = \frac{V_B + V_0}{V_0}; \quad \varphi = \frac{V_4}{V_0}; \quad \xi = \frac{p_3}{p_1}$$



p_B - ciśnienie ssania

p_z - ciśnienie końca spalania

p_c - ciśnienie końca sprężenia

p_b - ciśnienie końca rozprężania

2. Przebieg ćwiczenia laboratoryjnego

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie zależności sprawności badanego silnika spalinowego od mocy, potrzebnej do jego napędu – charakterystyki $\eta = f(P)$. Zastosowanym paliwem jest benzyna, o następujących parametrach: gęstość $\rho = 0,73 \text{ kg/m}^3$, wartość opałowa $W_r = 42 \text{ MJ/kg}$. Utleniaczem w reakcji spalania paliwa jest powietrze atmosferyczne, dostarczana ilość jest utrzymywana na stałym poziomie. W trakcie pomiarów należy odczytać ubytek paliwa (objętość V) z podziałki zbiornika w czasie t oraz moc P z watomierza podłączonego do uzwojenia autotransformatora, generowaną przez prądnicę o sprawności η_p . Pomiary należy wykonać dla różnych wartości obciążenia silnika, w całym zakresie jego pracy (400-2000W), przy czym zaleca się nie doprowadzać do obciążenia silnika maksymalną mocą. Odczyty pomiarów mogą być wykonywane na dwa sposoby: dokonywanie odczytów po spalaniu ustalonej objętości paliwa lub po ustalonym czasie pracy silnika.

3. Opracowanie wyników pomiarów

3.1. Wyznaczenie sprawności silnika spalinowego

Ubytek paliwa podczas jednego pomiaru:

$$\dot{V} = \frac{V}{t}, \quad (4.1)$$

Moc doprowadzona do silnika:

$$P_d = \dot{V} \cdot \rho \cdot W_r \quad (4.2)$$

Sprawność silnika spalinowego:

$$\eta = \frac{P}{\eta_p \cdot \dot{V} \cdot \rho \cdot W_r} \cdot 100\%, \quad (4.3)$$

3.2. Analiza błędów pomiarowych

Odczytywanymi wartościami jest moc z watomierza, objętość z menzurki oraz czas ze stopera. Uznać, że pomiar czasu odbywał się bez znaczących błędów.

Błąd graniczny watomierza:

$$\delta_{gr_wat} = \frac{\text{klasa} \cdot \text{zakres}}{100} \quad (4.4)$$

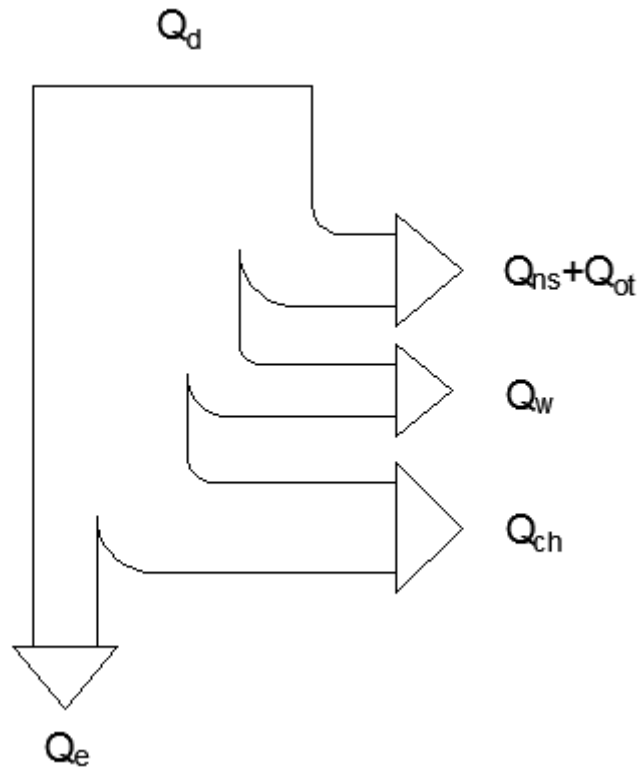
Przyjąć błąd graniczny menzurki $\delta_{gr_men} = 2\%$.

Błąd pomiaru:

$$\delta = \sqrt{\delta_{gr_wat}^2 + \delta_{gr_men}^2}, \quad (4.5)$$

3.3.Opracowanie wykresów

- Wyznaczyć charakterystykę sprawności silnika spalinowego funkcji generowanej mocy. Nanieść słupki niepewności pomiarowych.
- Przedstawić wykres strumieniowy (Sankeya) silnika spalinowego dla największej uzyskanej sprawności*.



Rys. 3.1. Przykładowy wykres Sankeya – bilans cieplny silnika spalinowego: Q_d - ciepło doprowadzone, Q_{ns} - strata spalania, ciepło tracone wskutek spalania niecałkowitego, Q_{ot} -nieokreślone straty oddane do otoczenia, Q_w - strata wylotowa, ciepło odprowadzone ze spalinami, Q_{ch} - straty chłodzenia, Q_e - ciepło zamienione na pracę użyteczną.

*W sprawozdaniu na wykresie Sankeya powinny być naniesione wartości oraz ich procentowy udział w energii i stratach.

PROTOKÓŁ

3.4. Tabela pomiarowa

L.p.	V	t	P_{gen}
	ml	s	W
1.		-	-
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

Skład grupy:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Data i podpis prowadzącego: