

SS

- SPALINOWE SILNIKI TŁOKOWE

ZAKŁAD SPALANIA I DETONACJI

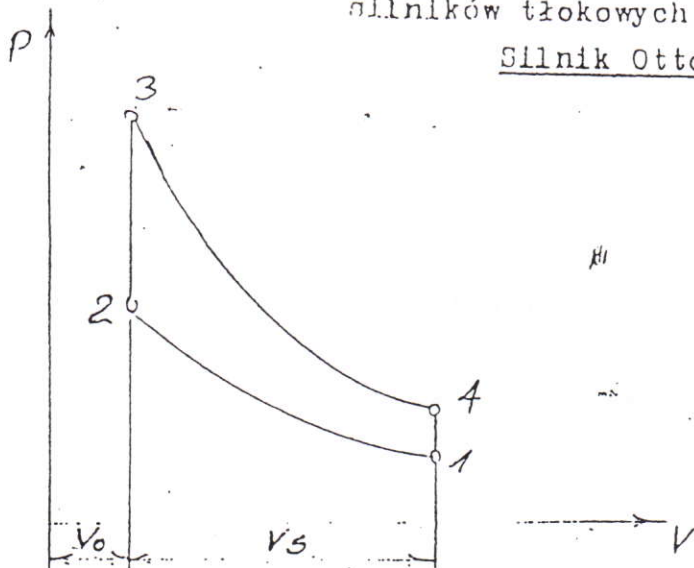
"Konwersja energii"

SPALINOWE SILNIKI TŁOKOWE

Zajęcia problemowe - 4 h

Obiegi porównawcze

silników tłokowych, spalinyowych  
Silnik Otto



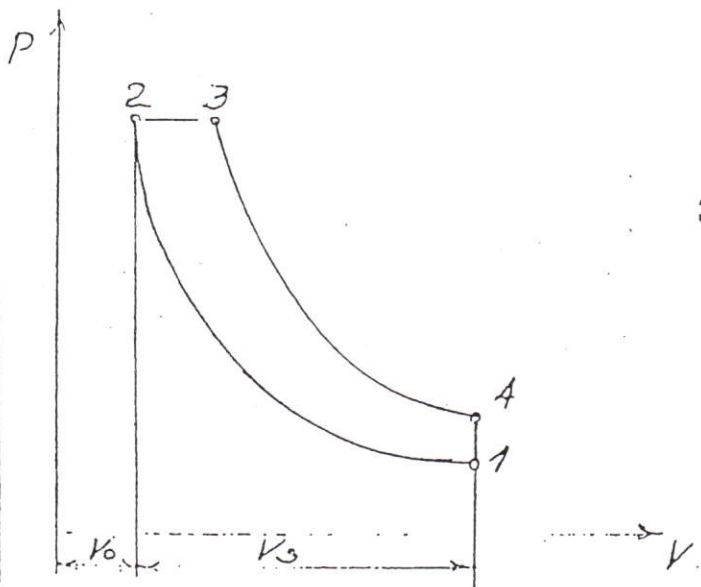
Obieg Witzla dla silnika Otto

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}$$

$$\epsilon = \frac{V_B + V_0}{V_0} \quad /k \quad 1-4/$$

$\epsilon =$	4	5	6	7	8
$\eta_T =$	0,042	0,475	0,511	0,541	0,585

Silnik Diesela /klasyczny/



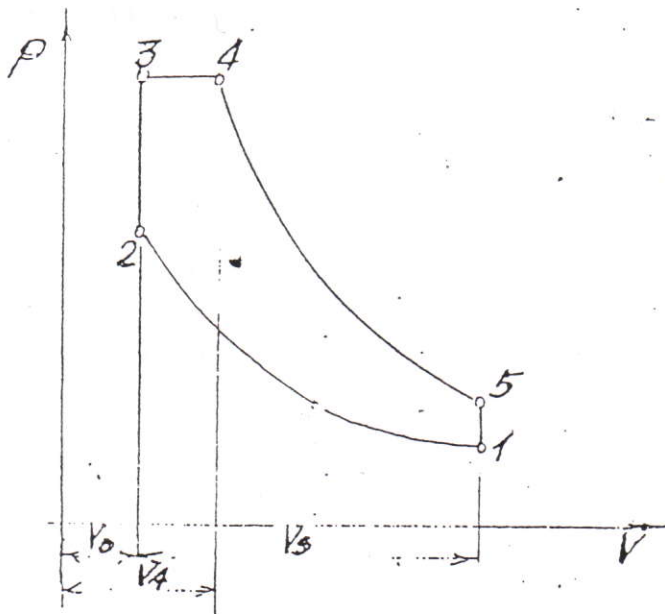
Obieg Guldnera dla sprężarkowego silnika Diesela

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

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

$\epsilon =$	4	10	12	13	20
$\varphi = \begin{cases} 1,0 \\ 2,0 \\ 3,0 \end{cases}$	0,425	0,601	0,629	0,685	0,701
	0,326	0,532	0,565	0,631	0,645
	0,215	0,455	0,494	0,570	0,592

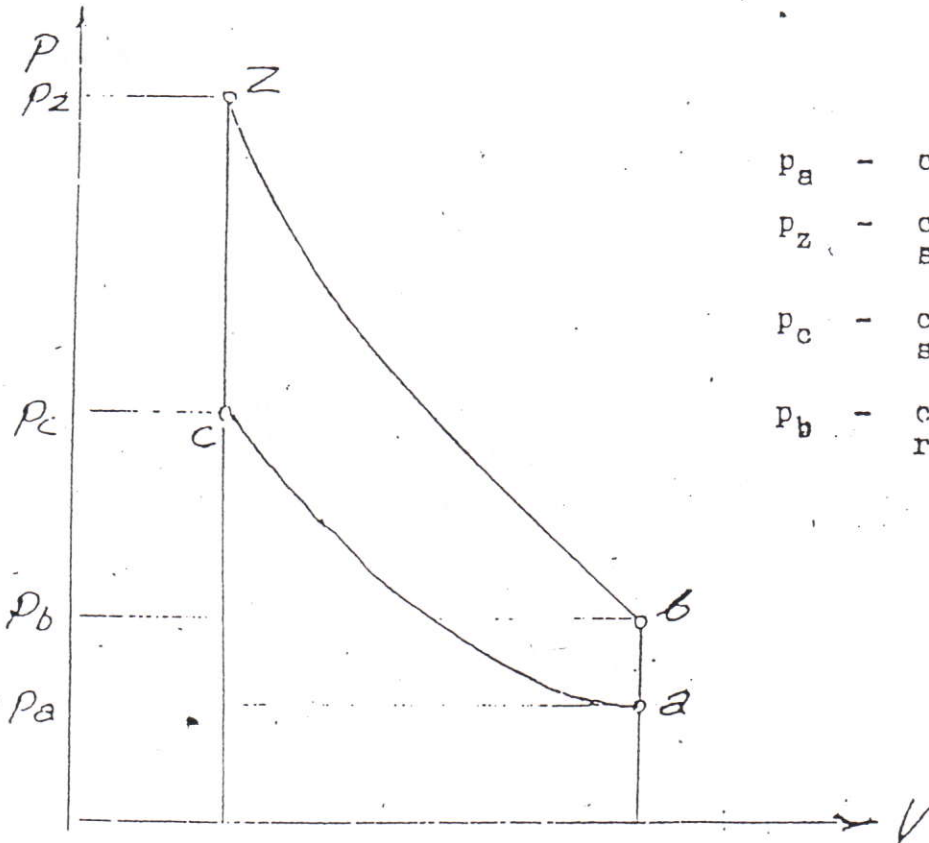
Silnik Diesela współczesny



Obieg Seiligera dla bez-sprężarkowego silnika Diesela

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

$$\epsilon = \frac{V_2 + V_0}{V_0}; \quad \varphi = \frac{V_4}{V_0}; \quad \xi = \frac{P_3}{P_1}$$



- $p_a$  - ciśnienie ssania
- $p_z$  - ciśnienie końca spalania
- $p_c$  - ciśnienie końca sprężania
- $p_b$  - ciśnienie końca rozprężania

Obliczenie charakterystycznych punktów obiegu

$P_c = P_B \epsilon^{n_1}$  /u nas  $n_1 = k$  dla powietrza/  
 $k = 1,4$

$P_Z = P_c \frac{T_Z}{T_0} \cdot \frac{M''}{M}$  /u nas  $\frac{M''}{M} = 1/$

$T_0 = 600 \div 1000 \text{ K}$

$P_b = \frac{P_Z}{\epsilon^{n_2}}$  /u nas  $n_2 = k$  dla powietrza/

$P_B$  - założone /u nas  $P_B =$  ciśnienie atmosferyczne/

Obliczenie średniego ciśnienia indykatorowego, teoretycznego

$$P_i = \frac{P_c}{\epsilon^{n_1-1}} \left[ \frac{P_Z}{P_0} \cdot \frac{1}{n_2-1} \left( 1 - \frac{1}{\epsilon^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1-1} \left( 1 - \frac{1}{\epsilon^{n_1-1}} \right) \right]$$

Obliczenie mocy silnika indykowanego,  $N_i$

$$N_i = \frac{P_i n V_s}{60 \tau}$$

$V_s$  - obj. skokowa silnika/  
 $V_s = 230 \text{ cm}^3$

dla silnika 2-taktowego  $\tau = 2$   
dla silnika 4-taktowego  $\tau = 4$

tutaj  $n$  - ilość obrotów/min

Obliczenie efektywnej mocy silnika,  $N_e$

$\eta_m$  - sprawność mechaniczna,  $\eta_m = 0,85 \div 0,92$

$\eta_s$  - sprawność innych strat,  $\eta_s = 0,6 \div 0,7$

$$N_e = N_i \cdot \eta_m \cdot \eta_s$$

Obliczenie temperatury końca spalania,  $T_E$

Równanie energii w cylindrze:

$M_m c_{vm} T_0 + E_{ch} = M_g c_{vg} T_E$

stąd:

$$T_E = \frac{M_m \cdot c_{vm} T_0 + E_{ch}}{M_g c_{vg}}$$

$E_{ch} = M \cdot Q_{ch}$

- $M_m = M_G$  - masa mieszanki równa masie gazów w cylindrze
- $c_{Vn}$  - ciepło właściwe mieszanki palnej  $\left[ \frac{J}{kg \cdot K} \right]$
- $c_{VG}$  - ciepło właściwe gazów spalinowych

Przyjmując w bardzo dużym uproszczeniu  $c_{Vn} = c_{VG}$ , będzie

$$T_2 = T_c + \frac{E_{ch}}{c_{VG}}$$

$E_{ch}$  = wartość opałowa Q

$\frac{kJ}{kg}$   
 $\frac{kJ}{kg}$

Wartość opałowa niektórych paliw, kJ/kg

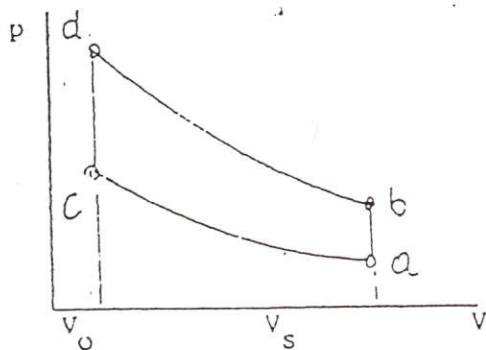
Węgiel	C	33892	Heksan	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	44511
Tlenek węgla	CO	10209	Heptan	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	44189
Wodór	H <sub>2</sub>	102931	Benzol	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	40678
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	46444	Alkohol etyl.	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	27055
Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	45607	Benzyna	-	43934
Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	44699	Olej napędowy	-	42678
Metan	CH <sub>4</sub>	49949			

Niektóre stałe

Uniwersalna stała gazowa		8,3143, kJ/kmol K
Objętość kmol	T = 293 K, P = 0,1 MPa	24,86, m <sup>3</sup> /kmol



Obieg Witza dla silnika Otto



$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}}, \quad \epsilon = \frac{V_0 + V_s}{V_0}, \quad k = 1,4$$

$\epsilon = 4$	$5$	$6$	$7$	$8$
$\eta_t = 0,426$	$0,475$	$0,511$	$0,541$	$0,548$

Obliczenia punktów charakterystycznych obiegu

$$p_c = p_a \cdot \epsilon^k, \quad p_b = \frac{p_z}{\epsilon^k}, \quad T_c - \text{obliczyć}, \quad k = 1,4$$

$$p_z = p_c \cdot \frac{T_z}{T_c}, \quad p_a - \text{założyć}, \quad T_a - \text{założyć}$$

Średnie, teoretyczne ciśnienie indykowane,  $p_i$

$$p_i = \frac{p_c}{\epsilon - 1} \left[ \frac{p_z}{p_c} \cdot \frac{1}{k-1} \cdot \left( 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \right) - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \cdot \left( 1 - \frac{1}{\epsilon^{k-1}} \right) \right]$$

Moc indykowana silnika,  $N_i$

$$N_i = \frac{p_i \cdot n V_s}{60 \cdot \tau}, \quad \tau = 4$$

Moc efektywna silnika,  $N_e$

$$N_e = N_i \cdot \eta_m \cdot \eta_s$$

gdzie:  $\eta_m$  - sprawność mechaniczna (0,85-0,92),  $\eta_s$  - sprawność innych start (0,6-0,7).

Temperatura końca spalania,  $T_z$

$$T_z = T_c + \frac{E_{ch}}{M \cdot c_v}$$

gdzie:  $E_{ch}$  - dla składu ubogiego i stechiometrycznego mieszanki  $E_{ch} = Q \cdot m_p$  (wartość opałowa  $\cdot$  masa paliwa),  $M$  - masa spalin,  $c_v$  - ciepło właściwe przy stałej objętości - przyjmując 1,2 kJ/(kg·K).

#### 4. Literatura

1. Obowiązuje znajomość budowy i działania tłokowego silnika spalinowego na poziomie kursu "Maszynoznawstwo"
2. Materiały pomocnicze: SPALINOWE SILNIKI TŁOKOWE

#### DANE

SILNIK SPALINOWY: typ S101 M (stacyjny, jednocylindrowy, czterosuwowy, iskrowy)

- moc efektywna silnika  $\eta_e$  4,5 kW/3000 obr/min
- pojemność skokowa silnika  $V_s$  230 cm<sup>3</sup>
- stopień sprężania  $\epsilon$  6,8

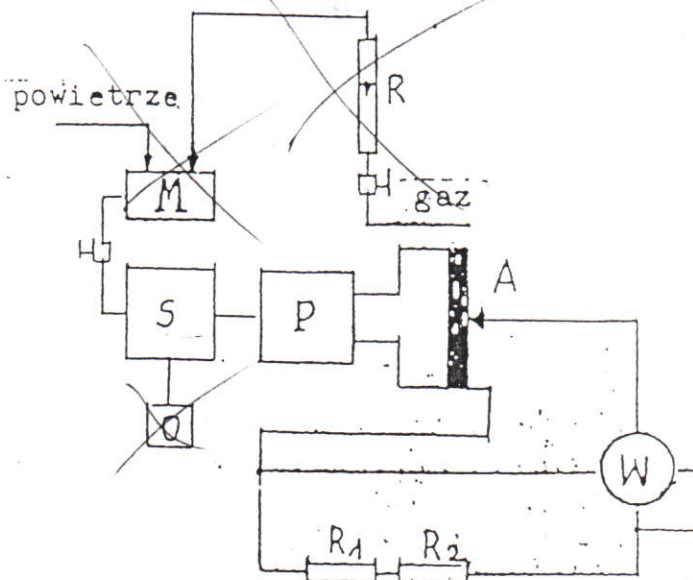
PRĄDNICA: typ GBFe 32a (1-faz. 50 Hz)

- moc znamionowa 2,5 kVA
- napięcie 220 V (230 V bez obciążenia)
- sprawność  $\eta_p$  0,72

PALIWO: podaje prowadzący

INNE DANE DO OBLICZEŃ:

$$c_v = 1,0; M' = M''; k = 1,4; \tau = 4; \eta_m = 0,85; \eta_s = 0,6; n = 3000$$



Au - autotransformator, M - mieszalnik, O - obrotomierz, P - prądnica, R - rotamentr, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> - oporniki (grzejniki), S - silnik spalinowy, W - watomierz