UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Departamento de Mecânica

Correcção do 1º Teste de Motores Térmicos
5 de Abril de 2024
120 minutos

Pergunta 1 (5 valores)

Calcule o rendimento Seiliger de um ciclo que funciona com um fluido cuja capacidade de armazenamento de calor quando seu volume não se altera durante o processo é de 0,713 kJ/kgK e a capacidade de armazenamento de calor quando sua pressão não se altera durante o processo é de 1,013 kJ/kgºC, A temperatura inicial do ciclo é de 30ºC, a relação entre as temperaturas no fim da compressão e no início da admissão de calor à pressão constante é de 1,5, as temperaturas no início e no fim de admissão isobárica de calor são 1300 ºC e 1600 ºC respectivamente, e a temperatura no início da rejeição de calor é de 550 K.

Dados:

T_1=30 [C]
$T_{[5]}$=550 [K]
T_4=1600 [C]
T_3=1300 [C]
ψ=1,5
c_p=1,013 [KJ/kgºC]
c_v=0,713 [KJ/kgK]

Resolução:

k= $k=\dfrac{c_p}{c_v}=\dfrac{1,013}{0,713}=1,421$

$T_{[1]}$= T1+275,15=303,15 [K]
$T_{[3]}$= T3+273,15=1049 [K]
$T_{[4]}$= T4+273,15=1873 [K]

$$\frac{\psi}{\sigma}=\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)^k$$

$$\psi=\frac{T_{[3]}}{T_{[2]}}\Rightarrow T_{[2]}=\frac{T_{[3]}}{\psi}=\frac{1573}{1,5}=1049K$$

T_6=T_1=303,15 K

$$\sigma=\frac{T_{[5]}}{T_{[1]}}=\frac{550}{303,2}=1,814$$

$$\delta=\left(\frac{T_{[4]}}{T_{[5]}}\right)^{\frac{1}{k-1}}=\left(\frac{1873}{550}\right)^{\frac{1}{1,421-1}}=18,4$$

$$\frac{\psi}{\sigma}=\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)^k\Rightarrow\varepsilon=\frac{\delta}{\left(\frac{\psi}{\sigma}\right)^{\frac{1}{k}}}=\frac{18,4}{\left(\frac{1,5}{1,814}\right)^{\frac{1}{1,412}}}=21,04$$

$$\varphi = \frac{T_{[4]}}{T_{[3]}} = \frac{1873}{1573} = 1{,}191$$

$$\eta_{per,s} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{k-1}} \cdot \frac{\psi.\varphi^K - 1}{\psi - 1 + k \cdot \psi(\varphi - 1)} = 1 - \frac{1}{21{,}04^{1{,}4-1}} \cdot \frac{1{,}5 \cdot 1{,}191^{1{,}4} - 1}{1{,}5 - 1 + 1{,}421 \cdot 1{,}5(1{,}191 - 1)} = 0{,}72$$

Pergunta 2 (5 valores)

Calcule o Momento Torsor e a Potência de um motor quadrado que funciona segundo o ciclo Diesel com o combustível C_8H_{17}, com o poder calorífico inferior de 41,5 MJ/kg, sabendo que a percentagem de oxigénio medido no tubo de escape é de 3,5%, o motor funciona a 3000 1/min, o seu rendimento térmico é de 41% e o volumétrico de 85%, o comprimento da biela é de 100 mm, a distância entre o centro da cambota e a cavilha do embolo é de 60 mm depois da cambota girar 130 º sendo a massa específica do ar de 1,225 kg/m³.

Dados:

a=60 [mm]
l=100 [mm]
ϴ=130 [deg]
Z=4
Nm=3000 [RPM]
η_t=0,41
η_v =0,85
O_2=3,5 %
a_1=8
b_1=17
Q_i=41,5 [MJ/kg]
ϱ_{ar}=1,225 [kg/m^3]

Resolução:

$$a = r\cos\theta + \left(l^2 - r^2 sen^2\theta\right)^{1/2}$$

$$\left(a - r\cos\theta\right)^2 = \left[\left(l^2 - r^2 sen^2\theta\right)^{1/2}\right]^2$$

$$a^2 - 2r \cdot a \cdot \cos\theta + r^2\cos\theta^2 = l^2 - r^2 sen^2\theta$$

$$a^2 - 2r \cdot a \cdot \cos\theta + = l^2 - r^2\left(\cos\theta^2 + sen^2\theta\right)$$

$$a^2 - l^2 - 2r\cos\theta + r^2 = 0$$

$$60^2 - 100^2 - 2r \cdot 60 \cdot \cos130 + r^2 = 0$$

$$-6400 - r \times 77{,}13 + r^2 = 0$$

$$r = 50{,}24\ mm$$

$$S = 2 \cdot r = 2 \cdot 50{,}24 = 100{,}48\,mm$$

$$D = S = 100{,}48\,mm$$

$$V_d = \pi\frac{D^2}{4} \cdot S = \pi\frac{100{,}48^2}{4} \cdot 100{,}48 = 0{,}003188\ m^3$$

$$y = \frac{b}{a} = \frac{17}{8} = 2,125$$

$$RAC_s = \frac{34,32\left(4+y\right)}{12+1\times y} = \frac{34,32\left(4+2,125\right)}{12+1\times 2,125} = 14,88$$

$$\lambda = \left(\frac{20,9}{20,9-O_2 medido}-1\right)\times 100 = \left(\frac{20,9}{20,9-3,5}-1\right)\times 100 = 20,1\%$$

$$\lambda = \frac{RAC_r}{RAC_s} \Rightarrow RAC_r = RAC_s \cdot \lambda = 14,88 \cdot 1,201 = 17,88$$

$$P = \frac{\eta_t \eta_v V_d \rho_{a,i} N Q_i}{2 \cdot RAC_r} = \frac{0,41 \cdot 0,85 \cdot 0,003188[m^3] \cdot 1,225[kg/m^3] \cdot 50\ [1/s] \cdot 4,150\times 10^7\ [J/kg]}{2 \cdot 17,88}$$

$$P = 78,99\ [kW]$$

$$T = \frac{\eta_t \eta_v V_d Q_i \rho_{a,i}}{4\pi \cdot RAC_r} = \frac{0,41 \cdot 0,85 \cdot 1,225[kg/m^3] \cdot 0,003188[m^3] \cdot 4,150\times 10^7\ [J/kg]}{4 \cdot 17,88}$$

$$T = 251,4\ [Nm]$$

Pergunta 3 (5 valores)

Determinar o rendimento mecânico de um motor quadrado com quatro cilindros e quatro tempos, com o curso de 100 mm, sabendo que consome 2,35 g/s de combustível, com poder calorífico inferior de 42200 kWs/kg, o seu grau de qualidade 0,77, o rendimento efectivo é de 35% e a pressão do ciclo perfeito 506756,76 Pa e funciona a 3500 RPM.

Dados:

B=0,00235 [kg/s]

Q_i=42200 [kWs/kg]

η_e=0,35

η_q=0,77

P_{mp}=506,75676 [kPa]

D=0,1 [m]

S=0,1 [m]

N=3500 [RPM]

z=4

Resolução:

$$\eta_e = \frac{P_e}{B \cdot Q_i} \Rightarrow P_e = B \cdot Q_i \cdot \eta_e = 0,00235\ [kg/s] \cdot 42200\ [kJ/kg] \cdot 0,35$$

$$P_e = 34,71\ kW$$

$$V_c = \pi \frac{D^2}{4} \cdot S = \pi \frac{0,1^2}{4} \cdot 0,1 = 0,0007854\ m^3$$

$$P_{mi} = \eta_q \cdot P_{mp} = 0,77 \cdot 506756,76 = 390,2\ kPa$$

$$P_{ind} = P_{mi} \cdot Vc \cdot n \cdot z = 390,2\ [kPa] \cdot 0,0007854[m^3] \cdot \frac{3500\ [1/min]}{60} \cdot 4$$

$$P_{ind} = 71,51\ [kW]$$

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_{ind}} = \frac{34{,}71\ [\text{kW}]}{71{,}51\ [\text{kW}]} = 0{,}4854 \approx 49\%$$

Pergunta 4 (5 valores)

Calcule o número real de rotações e a massa real de um turbocompressor para um motor de 6 cilindros a quatro tempos que funciona num local onde a pressão atmosférica é de 100 kPa, a pressão que se pretende a saída do turbo de 115 kPa, as perdas no intercooler são de 8 kPa, a temperatura ambiente de 28ºC, a temperatura dos gases à saída do compressor de 145 ºC, o diâmetro dos cilindros de 60 mm, o curso dos êmbolos de 85 mm, a velocidade média de rotação da cambota de 5000 RPM, o rendimento volumétrico de 89% e o número máximo de rotações do turbo de 130000 RPM.

Dados:

D= 60 [mm]
S=85 [mm]
Z=6
P_{ent}=100 [kPa]
P_{said}=115 [kPa]
Pterm=8 [kPa]
t_{amb}=28 [C]
t_{sai}=145 [C]
N_{camb}=5000 [1/min]
Etav=0,89
N_{turb}=130000 [1/min]
t_{norm}=29,4 [C]
P_{norm}=98,12 [kPa]
R=287,057[J/(kg·K)]

Resolução:

$$P_{tur} = P_{ent} + P_{said} + P_{term}$$

$$P_{tur} = 100\ [\text{kPa}] + 115\ [\text{kPa}] + 8\ [\text{kPa}] = 223\ [\text{kPa}]$$

$$V_d = \pi \frac{D^2}{4} \cdot S \cdot Z = \pi \frac{(60\ [\text{mm}])^2}{4} \cdot 85\ [\text{mm}] \cdot 6 = 0{,}001442[m^3]$$

$$\rho = \frac{P_{tur}}{RT} = \frac{223\ [\text{kPa}]}{287{,}1\ [\text{J/(kg·K)}] \cdot 418{,}2\ [\text{K}]} = 1{,}858\ \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$$

$$\dot{m}_a = \frac{1{,}858[kg/m^3] \cdot 0{,}001442[m^3] \cdot 83{,}34\ [1/\text{s}] \cdot 0{,}89}{2} = 0{,}09935\ [\text{kg/s}]$$

$$m_{real} = m_a \cdot \frac{P_{ent}}{P_{nor}} \cdot \sqrt{\frac{T_{ent}}{T_{nor}}} = 0{,}09935\ [\text{kg/s}] \cdot \frac{100\ [\text{kPa}]}{98{,}12\ [\text{kPa}]} \cdot \sqrt{\frac{301{,}2\ [\text{K}]}{302{,}6\ [\text{K}]}} = 0{,}101\ [\text{kg/s}] \approx 13{,}36\ \left[\frac{\text{lb}}{\text{min}}\right]$$

$$N_{real} = \frac{N}{\sqrt{\frac{T_{ent}}{T_{nor}}}} \frac{130000\ [1/\text{min}]}{\sqrt{\frac{301{,}2\ [\text{K}]}{302{,}6\ [\text{K}]}}} = 130302\ [1/\text{min}]$$

Prof. Doutor Engº Jorge Nhambiu