Motores Térmicos

8º Semestre

4º ano

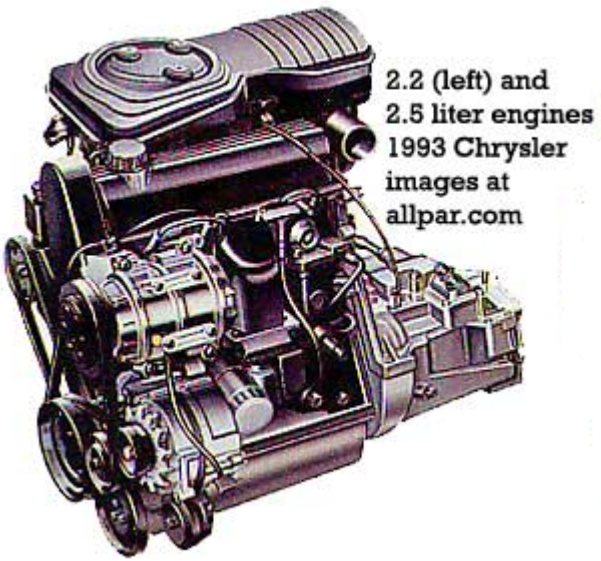
Prof. Jorge Nhambiu

Aula 9 – Índices Característicos de Motores de Combustão Interna (Prática)

- Parâmetros Geométricos dos Motores;
- Momento Torsor e Potência;
- Trabalho Indicado por Ciclo;
- Rendimento Mecânico;
- Potência em Estrada;
- Pressão Média Efectiva;
- Consumo Específico de Combustível;
- Rendimento Térmico;
- Relações Ar/Combustível e Combustível/Ar;
- Rendimento Volumétrico;
- Peso e Volume Específicos do Motor;
- Factores de Correcção Para a Potência e Rendimento Volumétrico;
- Emissões específicas e Índice de Emissões;
- Relação entre os Parâmetros de Desempenho.

Problema 9.1

Para um motor que funciona segundo o ciclo Otto de quatro cilindros de marca Chrysler com 3 litros de cilindrada, com o curso do êmbolo de 92 mm, taxa de compressão 8,9 e potência máxima 65 kW @ 3500 RPM. Calcule para a potência máxima a velocidade média do pistão, a pressão média efectiva e a Potência específica.



Problema 9.1 (Resolução)

A velocidade média do pistão é dada por:

$$\overline{V}_p = 2SN \qquad [\mathrm{m/s}]$$

$$\overline{V}_p = 2 \cdot 92 \times 10^{-3} \cdot \frac{3500}{60} = 10,73 \quad [\mathrm{m/s}]$$

A Pressão média efectiva é dada por:

$$P_{me} = \frac{P_i \cdot n_R \times 10^{-3}}{V_d \cdot N} \qquad [Pa]$$

$$P_{me} = \frac{65 \cdot 2 \cdot 60}{3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 3500} = 742,8 \qquad [kPa]$$

A Potência específica é dada por:

$$P_{esp} = \frac{P_{\max}}{A_p} = \frac{65 \cdot S \cdot z}{Vd} = 7973 \quad \left[\mathrm{kW/m^2}\right]$$



Problema 9.2

- Para um motor a quatro tempos de seis cilindros com um raio da cambota de 50 mm, diâmetro do êmbolo 80 mm e pressão média efectiva ao Torque Máximo é de 1200 kPa, calcular o Momento Torsor Máximo sabendo que ele occore a Pótência de 104 kW. A que velocidade, em RPM surge o Torque máximo?

Problema 9.2 (Resolução)

O volume deslocado é calculado de:

$$V_d = \pi \frac{D^2}{4} S \cdot Z$$

$$S = 2r$$

$$V_d = \pi \frac{D^2}{4} 2 \cdot r \cdot Z = \pi \cdot \frac{(0,08)^2}{2} \cdot 0,05 \cdot 6 = 0,003 \text{ m}^3$$

O Momento Torsor calcula-se de:

$$P_{me} = \frac{6,28 \cdot n_R \cdot T}{V_d} \qquad [kPa]$$



Problema 9.2 (Resolução)

$$T = \frac{P_{me} \cdot V_d}{6,28 \cdot n_R} = \frac{1200 \cdot 0,003}{6,28 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 288.1 \text{ [Nm]}$$

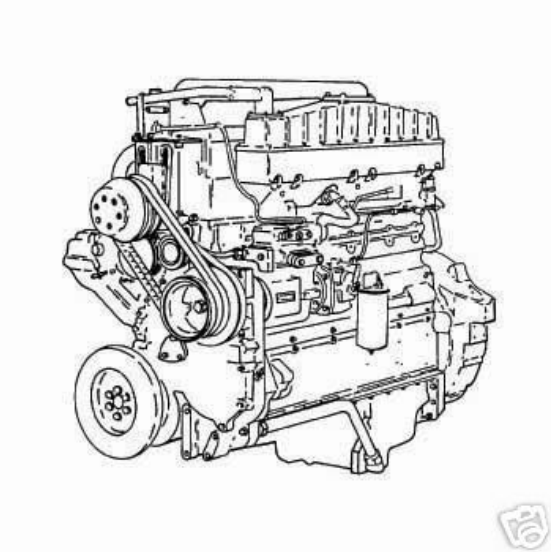
$$P = 2 \cdot \pi \cdot N \cdot T$$

$$N = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot T} \cdot 60 = \frac{104000}{2 \cdot \pi \cdot 288,1} \cdot 60 = 3447 \text{ RPM}$$



Problema 9.3

Para um motor que funciona segundo o ciclo Diesel de seis cilindros e marca Cummins com 10 litros de cilindrada que tem diâmetro do cilindro 125 mm, curso 136 mm, taxa de compressão 18,3 e potência máxima 246 kW @ 2100 RPM, se a velocidade média do pistão for 8 m/s calcule o fluxo de ar se o rendimento volumétrico for 0,92. Se a relação Combustível/Ar for de 0,05, qual é o fluxo de combustível injectado e a massa de combustível injectado por cilindro por ciclo? Calcule também o trabalho máximo por ciclo



Problema 9.3 (Resolução)

A massa de ar calcula-se de:

$$\dot{m}_{ar} = \frac{\eta_v \cdot \rho \cdot V \cdot \bar{V}_p}{4 \cdot S} = 0{,}156 \quad \text{kg/s}$$

A relação Ar/Combustível calcula-se de:

$$RAC = \frac{1}{RCA} = 20$$

A massa de combustível por segundo calcula-se de:

$$\dot{B} = \frac{m_{ar}}{RAC} = 0{,}00779 \quad \text{kg/s}$$



Problema 9.3 (Resolução)

A massa de combustível por ciclo calcula-se de:

$$B_{ciclo} = \frac{n_R \cdot \dot{B}}{N \cdot n_C} = 0,00008828 \quad \text{kg}$$

O trabalho máximo por ciclo calcula-se de:

$$W_{i,c} = \frac{P_i \cdot n_R}{N} = \frac{246 \cdot 2 \cdot 60}{2100} = 16,73 \text{ kJ}$$



Problema 9.4

Para um motor de combustão interna, quadrado, de quatro cilindros a quatro tempos, com o diâmetro do cilindro 100 mm, que funciona a 3500 RPM, com a massa específica do ar de 1,31 kg/m^3, sabendo ainda que o motor consome 6,5 g/s de combustível líquido com a fórmula química C_8H_{17}, e tem o rendimento térmico de 74% e Potencia Interna de 185 kW, calcular o rendimento volumétrico e o poder calorífico do combustível.

Problema 9.4 (Resolução I)

Dados

$a = 8$

$b = 17$

$P = 185\ [kW]$

$Ncilindros = 4$

$\rho_{ar} = 1,31\ [kg / m^3]$

$N1 = 3500\ [RPM]$

$B_c = 0,0065\ [kg / s]$

$D = 0,1\ [m]$

$\eta_t = 0,74$

$N = N_1 / 60$

$S = D$ (motor quadrado)



Problema 9.4 (Resolução II)

A relação Ar-Combustível calcula-se de:

$$RAC = \frac{34,32 \cdot (4 + b/a)}{12 + b/a} = 14,88$$

O Fluxo Mássico de ar obtém-se de:

$$RAC = \frac{m_{ar}}{B_c} \Rightarrow m_{ar} = RAC \cdot B_c$$

A cilindrada calcula-se de

$$V_d = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot N_{cilindros} \cdot S}{4} = \frac{\pi \cdot D^3 \cdot N_{cilindros}}{4}$$

Então, o Rendimento Volumétrico calcula-se de:

$$\eta_v = \frac{2 \cdot m_{ar}}{\rho_{ar} \cdot V_d \cdot N} = \frac{2 \cdot RAC \cdot B_c \cdot 4}{\rho_{ar} \cdot \pi \cdot D^3 \cdot N_{cilindros} \cdot N} = \frac{2 \cdot 14,88 \cdot 0,0065 \cdot 4}{1,31[kg/m^3] \cdot \pi \cdot 0,1^3 \cdot 4 \cdot 58,33} = 0,806$$

O poder calorífico Inferior calcula-se de:

$$\eta_t = \frac{P}{B_c \cdot Q_i} \Rightarrow Q_i = \frac{185}{0,0065 \cdot 0,74} = 38,462 \text{ [MJ/kg]}$$



Problema 9.5

Calcular o Poder Calorífico inferior do combustível, a Potência e o curso de um motor a quatro tempos com dois cilindros, que funciona segundo o ciclo Diesel com o combustível C_8H_{18}, com o Momento Torsor de 110 Nm, admitindo ar com a massa específica de ρ=1,3 kg/m^3, a funcionar a 2000 1/min, com o consumo de combustível de 0,9 gramas por segundo, o coeficiente de excesso de ar de 1,2, o rendimento térmico de 72%, o rendimento volumétrico de 65% e os diâmetros do êmbolo de 80 mm.

Problema 9.5 (Resolução I)

Dados

$\rho_a = 1,3\ [kg / m^3]$

$N = 2000\ [1 / min]$

$T = 110\ [Nm]$

$B = 0,0009\ [kg / s]$

$\lambda = 1,2$

$\eta_t = 0,72$

$\eta_v = 0,65$

$z = 2$

$a = 8$

$b = 18$

$D = 80\ [mm]$



Problema 9.5 (Resolução II)

O RAC estequiométrico calcula-se de:

$$y = b / a$$

$$RAC_s = \frac{m_a}{B}$$

$$RAC_s = \frac{34{,}32 \cdot (4 + y)}{12 + 1 \cdot y} = 15{,}05$$

O RAC real calcula-se de:

$$RAC = RAC_s \cdot \lambda$$

A cilindrada calcula-se de:

$$\eta_v = \frac{2 \cdot m_a}{\rho_a \cdot V_d \cdot N} \Rightarrow V_d = \frac{2 \cdot m_a}{\rho_a \cdot \eta_v \cdot N}$$



Problema 9.5 (Resolução III)

O Poder Calorífico Inferior calcula-se de:

$$T = \frac{\eta_v \cdot \eta_t \cdot V_d \cdot Q_i \cdot \rho_a}{4 \cdot \pi \cdot RAC} \Rightarrow Q_i = \frac{110 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 18{,}06}{0{,}65 \cdot 0{,}72 \cdot 0{,}0009619 \cdot 1{,}3} = 42{,}66 \times 10^6 \text{ [J/kg]}$$

A Potência calcula-se como:

$$P = T \cdot 2 \cdot \pi \cdot N = 110 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 33{,}33 = 23039 \text{ [W]}$$

O curso do motor calcula-se de:

$$S = \frac{4 \cdot V_d}{\pi \cdot D^2 \cdot z} = \frac{4 \cdot V_d}{\pi \cdot D^2 \cdot z} = \frac{4 \cdot 2 \cdot RAC_r \cdot \lambda \cdot B}{\pi \cdot D^2 \cdot z \cdot \rho_a \cdot \eta_v \cdot N} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 18{,}06 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}0009}{\pi \cdot 0{,}08^2 \cdot 2 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}65 \cdot 33{,}33} = 95{,}68 \text{ [mm]}$$



Trabalho para Casa 03 (I)

Para um motor que funciona segundo o ciclo Diesel, admitindo ar com a massa específica de 1,3 kg/m^3 e consumindo B=0,0030 kg/s no RAC estequiométrico de combustível C_6H_{18} com o Poder Calorífico Inferior de 41,4 MJ/kg e com as seguintes características geométricas:

Diâmetro do cilindro 100 mm;

Curso do êmbolo 120 mm;

Número de cilindros 6.

O coeficiente de excesso de ar é função da velocidade de rotação do motor dado por $\lambda = 1x10\text{-}7xN^2 – 0,0006xN+2,0361$ e o rendimento térmico é também função da velocidade de rotação do motor dado por $\eta_t = -7x10\text{-}8xN^2 + 0,0005xN-0,3762$.

Trabalho para Casa 03 (II)

Plotar os Gráficos e apresentar na forma tabelar os valores da Potência, do Momento Torsor e do Consumo Específico de Combustível em função do número de rotações da cambota, para os valores de número de rotação entre 1500 RPM e 4500 RPM com o passo de 500 RPM.

Nota: O trabalho deve ter conclusões!

Enviar para o endereço: motorestermicos.dema@gmail.com até a 0 hora do dia 22 de Março de 2023 com o assunto: TPC03