

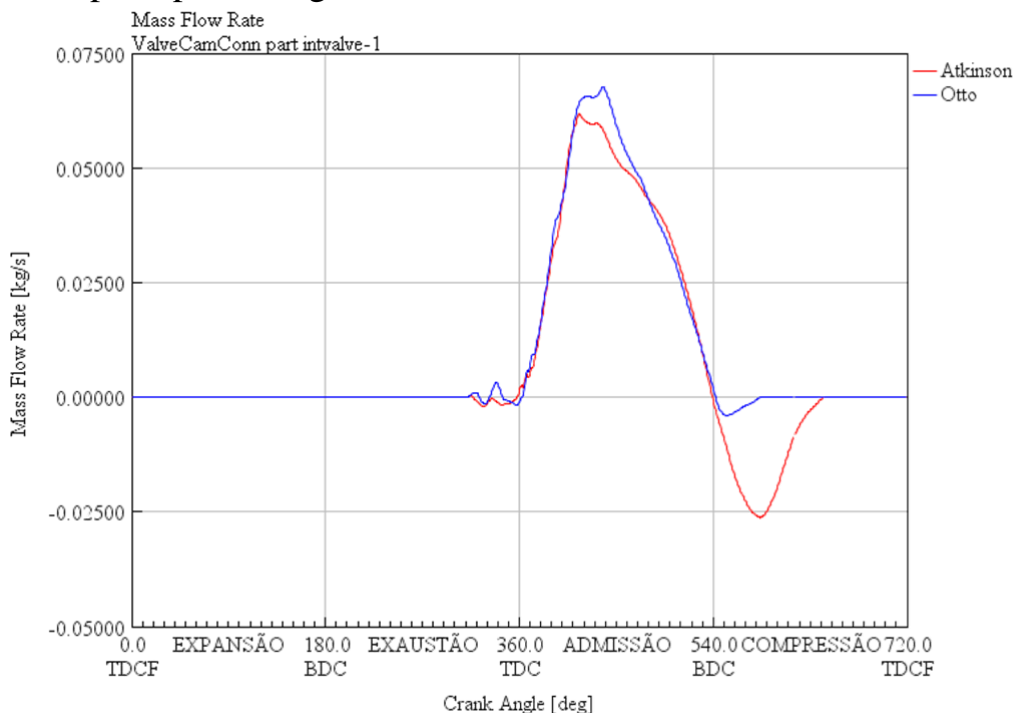
1ª PROVA (35 pontos)

1) Exergia é uma propriedade termodinâmica definida com base na Segunda Lei da Termodinâmica como:

$$ex = h - Ts$$

- a) Calcular para uma caldeira industrial, a variação da exergia específica, em J/kg, para a reação de combustão do gás natural (considerar metano puro) e ar a 101325 Pa e razão de equivalentes de 1,3. A temperatura de entrada é de 27°C e a de saída de 170°C. Calcular a composição dos gases de combustão usando a hipótese de equilíbrio utilizando o programa GASEQ, ou o CEA NASA ou tabelas JANNAF. As propriedades termodinâmicas dos reagentes dos reagentes e dos produtos devem ser obtidas pelo programa ou cálculo de valores tabelados, representando a entalpia total e a entropia total da mistura como definido em aula;
- b) Qual a definição termodinâmica do Poder Calorífico Superior? Comparar o PCS do metano com o valor da variação de exergia calculada. Comentar o significado do resultado.

2) O Ciclo Atkinson-Miller é usado para reduzir o consumo de motores a pistão em condições de carga parcial. O atraso no fechamento da válvula de abertura pode levar a um escoamento reverso (*backflow*) para o coletor de admissão. O gráfico abaixo mostra uma simulação da vazão mássica para um cilindro do motor a 2000 rpm e plena carga.



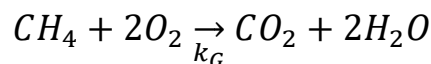
Numa primeira injeção o combustível é misturado ao ar compondo uma razão de mistura de 14,5:1 de ar/combustível. O volume do cilindro é de 500 ml e do coletor é de 500 ml também. Na segunda injeção, qual será a razão de mistura final no cilindro após o fechamento da válvula considerando que o sistema injetou a mesma quantidade de combustível da primeira vez? Considere mistura perfeita da massa de *backflow* com o ar e que não há entrada de ar novo no coletor durante o período de válvula de admissão fechada. Nos cálculos considere que a pressão no cilindro e no coletor é de 101325 Pa no instante de fechamento da válvula de admissão. Desprezar o gás residual no cilindro. Lembre-se que a integral gráfica da vazão com o tempo (ângulo/rotação, verificar unidades) é a massa de mistura que passa pela válvula em um ciclo. No primeiro ciclo de injeção não há combustível no volume do coletor.

3) Considerando um mecanismo simplificado, de duas etapas, apresentado por Westbrook e Dryer, 1984.



a) Escrever as equações de taxa de variação total com o tempo das concentrações de cada espécie química presente no mecanismo. Considerar que as constantes de velocidade, direta e inversa são representadas por k_n e multiplicadas pelas concentrações de cada espécie elevadas a expoentes desconhecidos representados por letras minúsculas (*a, b, c, etc*); exemplo $\left. \frac{d[CO_2]}{dt} \right|_{reversa\ eq(2)} = -k_4[CO_2]^g$

b) Reduzindo o mecanismo de queima do metano para uma única etapa. Para uma pressão de 101325 Pa (1 atm) e uma temperatura 1600 K calcular a concentração de Metano ao longo do tempo partindo de uma mistura estequiométrica de metano/oxigênio. Mostrar o resultado em um gráfico com unidades. A equação global é:



$$\frac{d[CH_4]}{dt} = -A \exp\left(-\frac{E_a}{R_u T}\right) [CH_4]^m [O_2]^n$$

$$A = 1,3 \times 10^8 \left[\frac{1}{s} \left(\frac{gmol}{cm^3} \right)^{1-m-n} \right]$$

$$E_a/R_u = 24358 K$$

$$m = -0,3$$

$$n = 1,3$$

4) Um motor de quatro cilindros, ciclo Otto, rodando a 2752 rpm, libera os seguintes gases de combustão no seu escapamento, cujas concentrações foram medidas usando sistemas normalizados de medida de gases proveniente de motores. Calcular com o uso da equação de Brettschneider o fator Lambda e a relação Ar/Combustível real que o motor operou durante este ponto de operação. O combustível etanol hidratado tem a seguinte fórmula mínima $C_{1,72}H_{5,17}O_{0,86}$. O medidor de hidrocarbonetos totais (THC) usa propano na sua calibração. Comparar o valor calculado como o valor de lambda medido de 0,998. Comentar as fontes de erro.

| | Concentração | | |
|-----------------|--------------|----------|---------|
| | ppm | Xi | % v/v |
| CO ₂ | 142358,87 | 0,142359 | 14,2359 |
| CO | 4444,00 | 0,004444 | 0,4444 |
| O ₂ | 4773,00 | 0,004773 | 0,4773 |
| NO _x | 2069,02 | 0,002069 | 0,2069 |
| THC | 352,01 | 0,000352 | 0,0352 |

Obs: 10 pontos para as questões 1,2 e 3 e 5 pontos para a questão 4.