

PME 2479 – MÁQUINAS TÉRMICAS – 2ª Prova de Teoria – Exemplo para Aluno

Nome : _____ USP: _____

- 1) (1,0 pts) Uma turbina a gás industrial utiliza metano (CH_4 / PCI= 50000 kJ/kg) como combustível, que entra a $T_{\text{amb}} = T_{\text{ref}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ e é queimado com 180% de excesso de ar. Ar ambiente entra no compressor a $P_A = 100 \text{ kPa}$. A relação de pressão no compressor é de 9 e a eficiência isoentrópica do compressor é de 0,83. Determine: (a) Razão ar-combustível, em massa (RAC); (b) Temperaturas na saída do compressor (T_B) e na saída da câmara de combustão (T_C). Dados: $k = 1,4$ (ar, gases de combustão); C_p médio: $C_{p_{\text{ar}}} = 1,0 \text{ kJ/kg K}$ (compressor), $C_{p_{\text{gas,comb}}} = 1,28 \text{ kJ/kg K}$ (combustor).
- 2) (5,0 pts) A turbina a gás descrita acima está acoplada a uma caldeira de recuperação com queima suplementar que gera vapor superaquecido para uma turbina a vapor. Considere que a temperatura dos gases de combustão na entrada da turbina descrita acima é de $1147 \text{ }^\circ\text{C}$ e a potência (não-líquida) da turbina a gás é de 40 MW, com eficiência isoentrópica de 0,87. Considere que óleo combustível de PCI ($T_{\text{ref}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$) = 43000 kJ/kg_{comb} é consumido na queima suplementar de tal forma que todo o oxigênio excedente (na saída da turbina a gás) é utilizado nesta queima. A relação de massa de ar de combustão do óleo combustível é de $R_{\text{ar,comb}} = 20 \text{ kg}_{\text{ar seco}} / \text{kg}_{\text{comb}}$. A temperatura dos gases na saída da caldeira de recuperação é de $T_F = 450 \text{ }^\circ\text{C}$. Os dados do ciclo a vapor d'água estão apresentados a seguir. A bomba tem eficiência isoentrópica de 0,85, é alimentada com líquido saturado a $P_1 = 10 \text{ kPa}$ e descarrega o líquido na pressão de $P_2 = 4 \text{ MPa}$. A temperatura do vapor na seção de alimentação da turbina é $T_3 = 400 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo que a eficiência isoentrópica da turbina é de 0,87. Nestas condições, determine: (a) Temperatura na saída da turbina (T_D); (b) Vazão em massa dos gases na turbina a gás (m_{gases}); (c) Vazão de óleo combustível (m_{comb}); (d) Temperatura máxima dos gases na fornalha (T_E); (e) Entalpias em todos os pontos do ciclo a vapor (h_1, h_2, h_3, h_4); (f) Vazão em massa de vapor d'água ($m_{\text{vap,rank}}$); (g) Potência da turbina a vapor ($W_{\text{tur,vap}}$); (h) Potência líquida do ciclo combinado ($W_{\text{liq,cc}}$); (i) Rendimento térmico global do ciclo combinado (η_{cc}). Dados: $k = 1,4$ (ar, gases de combustão); C_p médio: $C_{p_{\text{ar}}} = 1,0 \text{ kJ/kg K}$ (compressor), $C_{p_{\text{gas,tur}}} = 1,28 \text{ kJ/kg K}$ (combustor, turbina), $C_{p_{\text{gas,rec}}} = 1,19 \text{ kJ/kg k}$ (caldeira de recuperação).
- 3) (4,0 pts) Substitua o ciclo de potência a vapor da questão anterior por um sistema de cogeração para produção de vapor de processo e água gelada. Neste sistema de cogeração, os gases quentes que saem da turbina entram num recuperador de calor (trocador de calor com efetividade $\varepsilon=0,7$), cujo objetivo é produzir vapor saturado a $T_6=180 \text{ }^\circ\text{C}$ a partir do líquido de retorno (processo industrial e chiller). 80% desse vapor é utilizado num processo industrial e retorna como condensado a $T_7 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$. O restante deste vapor (20%) é utilizado no chiller de absorção (COP=0,9) para produzir água gelada e retorna como líquido saturado a $T_8 = 180 \text{ }^\circ\text{C}$. Considerando-se que a temperatura de saída dos gases de combustão na turbina a gás é de $T_D = 571 \text{ }^\circ\text{C}$, que a vazão dos gases quentes é de $m_{\text{gas}} = 60 \text{ kg/s}$, que a potência líquida do ciclo de turbina a gás é de $W = 22 \text{ MW}$, e que a água gelada entra no chiller a $T_9=12 \text{ }^\circ\text{C}$ e sai a $T_{10}=7 \text{ }^\circ\text{C}$; pede-se: (a) Temperatura dos gases na saída do recuperador ($T_{E,\text{rec}}$); (b) Vazão mássica total de vapor gerado (m_{vap}); (c) Calor utilizado no processo industrial (Q_{proc}); (d) Capacidade de refrigeração do chiller (Q_{refrig}); (e) Vazão de água gelada produzida (m_{ag}); (f) Rendimento térmico global do sistema de cogeração (η_{coger}). Dado: $C_{p_{\text{gas,rec}}} = 1,19 \text{ kJ/kg k}$ (recuperador de calor).