

**PME 2479 – MÁQUINAS TÉRMICAS – 2ª Prova de Teoria – Exemplo para Aluno 01**

Nome: \_\_\_\_\_ USP: \_\_\_\_\_

1) (3,5 ptos) Uma turbina a gás industrial utiliza metano ( $\text{CH}_4$  / PCI= 50000 kJ/kg) como combustível e é queimado com 180% de excesso de ar. Metano é fornecido numa linha a  $P_C = 300$  kPa e  $T_C = 25$  °C, passa por um compressor “booster”, sendo comprimido com eficiência isoentrópica de 0,85 até a pressão do combustor. Ar ambiente entra no compressor a  $P_A = 100$  kPa e  $T_A = 25$  °C. A relação de pressão no compressor da turbina é de 15 e a sua eficiência isoentrópica é de 0,85. Um gerador elétrico, acoplado ao eixo da turbina a gás, produz 100 MW de potência elétrica. A eficiência isoentrópica da turbina é de 0,90. Determine: (a) Razão ar-combustível, em massa ( $RAC_{\text{ar,CH}_4}$ ); (b) Temperaturas na saída do compressor da turbina ( $T_B$ ) e na saída do compressor “booster” ( $T_D$ ); (c) Temperatura na saída da câmara de combustão ( $T_E$ ); (d) Temperatura na saída da turbina ( $T_F$ ); (e) Vazão de metano ( $m_{\text{CH}_4}$ ); (f) Vazão em massa dos gases na turbina a gás ( $m_{\text{gases}}$ ). Dados:  $T_{\text{ref}}(\text{PCI}) = 25$  °C;  $k=1,3$  (metano),  $k = 1,4$  (ar, gases de combustão);  $C_p$  médio:  $C_{p_{\text{metano}}} = 2,25$  kJ/kg K (“booster”),  $C_{p_{\text{ar}}} = 1,0$  kJ/kg K (compressor),  $C_{p_{\text{gas,comb}}} = 1,28$  kJ/kg K (combustor),  $C_{p_{\text{gas,tur}}} = 1,15$  kJ/kg k (turbina).

2) (2,0 ptos) 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 óleo combustível de PCI ( $T_{\text{ent}}=T_{\text{ref}} = 25$  °C) = 42000 kJ/kg<sub>oleo</sub> 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  $RAC_{\text{ar,oleo}} = 20$  kg<sub>ar seco</sub>/ kg<sub>oleo</sub>. A temperatura dos gases na saída da caldeira de recuperação é de  $T_H = 450$  °C. Nestas condições, determine: (a) Vazão de óleo combustível ( $m_{\text{oleo}}$ ); (b) Temperatura máxima (adiabática) dos gases na fornalha ( $T_G$ ); (c) Calor fornecido ao vapor pela caldeira de recuperação ( $Q_{\text{cald}}$ ). Dados:  $C_{p_{\text{gas,rec}}} = 1,19$  kJ/kg k (caldeira de recuperação).

3) (3,5 ptos) Considere que a temperatura do vapor na saída da caldeira de recuperação é  $T_3 = 400$  °C e a pressão  $P_3 = 5$  MPa. 75% do vapor gerado na caldeira de recuperação são utilizados para acionar uma turbina a vapor de condensação. Os 25% restantes são utilizados para fornecer calor para um processo industrial, que retorna como líquido à pressão de  $P_7 = 200$  kPa e  $T_7 = 50$  °C. A bomba B1 é alimentada com líquido saturado vindo do condensador à pressão de  $P_4 = P_5 = 10$  kPa e descarrega o líquido à pressão  $P_6 = 200$  kPa. Esta corrente é misturada com o retorno do processo industrial e entra na bomba B2 à pressão  $P_1 = 200$  kPa, que comprime esta corrente até a pressão  $P_2 = 5$  MPa (entrada da caldeira). As bombas têm eficiência isoentrópica de 0,83 e a eficiência isoentrópica da turbina é de 0,87. Nestas condições, determine: (a) Vazão em massa de vapor d’água ( $m_{\text{vap}}$ ); (b) Potência da turbina a vapor ( $W_{\text{tur,vap}}$ ); (c) Potência das bombas ( $W_{B1}, W_{B2}$ ); (d) Potência líquida do ciclo combinado ( $W_{\text{liq,cc}}$ ), considerando que a energia para acionar o compressor “booster” é retirada do gerador elétrico deste sistema; (e) Calor fornecido ao processo industrial ( $Q_{\text{proc}}$ ); (f) Rendimento térmico global do ciclo combinado de cogeração ( $\eta_{\text{cc}}$ ). Faça um diagrama esquemático do ciclo combinado de cogeração, com a indicação de todos os pontos.

4) (1,0 pto) Pergunta.