

Nome: _____ USP: _____

1) (3,0 ptos) Uma turbina a gás industrial utiliza metano (CH_4 / PCI= 50000 kJ/kg) como combustível que é queimado com 220% de excesso de ar. Metano é fornecido numa linha a $P_C = 400$ 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 pressões no compressor da turbina é de 13 e a sua eficiência isoentrópica é de 0,85. Um gerador elétrico, acoplado ao eixo da turbina a gás, produz 150 MW de potência elétrica. A eficiência isoentrópica da turbina a gás é de 0,90. Determine: (a) Razão ar-combustível, em massa ($\text{RAC}_{\text{ar,CH}_4}$); (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_{CH_4}); (f) Vazão em massa dos gases na turbina a gás (m_{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/kgK (“booster”), $C_{p_{\text{ar}}} = 1,0$ kJ/kgK (compressor), $C_{p_{\text{gas,comb}}} = 1,28$ kJ/kgK (combustor), $C_{p_{\text{gas,tur}}} = 1,15$ kJ/kgK (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) = 41000 kJ/kg_{óleo} 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 $\text{RAC}_{\text{ar,óleo}} = 21$ kg_{ar seco}/ kg_{óleo}. A temperatura dos gases na saída da caldeira de recuperação é de $T_H = 450$ °C. Nestas condições, determine: (a) Vazão de óleo combustível ($m_{\text{óleo}}$); (b) Temperatura máxima (adiabática) dos gases na fornalha (T_G); (c) Calor fornecido ao vapor pela caldeira de recuperação (Q_{cald}). Dados: $C_{p_{\text{gas,rec}}} = 1,19$ kJ/kgK (caldeira de recuperação).

3) (3,5 ptos) Considere o ciclo combinado formado pela turbina a gás (Q1), pela caldeira de recuperação (Q2) e pela turbina a vapor (Q3). A temperatura do vapor na saída da caldeira de recuperação é $T_3 = 400$ °C e a pressão $P_3 = 5$ MPa. O vapor é utilizado para acionar uma turbina de contrapressão, cuja saída é a pressão do vapor necessária no processo industrial ($P_4 = 200$ kPa). Dependendo da demanda de calor de processo, parte do vapor que iria para a turbina pode ser estrangulado diretamente, através de uma válvula de “by-pass”, da pressão P_3 para a pressão $P_5 = P_4 = 200$ kPa. Neste caso, esta corrente é misturada com a saída da turbina a vapor e segue para o processo industrial, com temperatura maior ($T_6 > T_4$). A água de retorno do processo volta como líquido sempre a $P_7 = 100$ kPa e $T_7 = 50$ °C e entra na bomba que comprime esta corrente até a pressão $P_2 = 5$ MPa (entrada da caldeira). A bomba tem eficiência isoentrópica de 0,83 e a eficiência isoentrópica da turbina é de 0,87. Considerando-se que a válvula de “by-pass” está aberta, com 40% da vazão total passando por ela, determine: (a) Vazão em massa de vapor d’água (m_{vap}); (b) Potência da bomba (W_B); (c) Potência da turbina a vapor ($W_{\text{tur,vap}}$); (d) Calor fornecido ao processo industrial (Q_{proc}); (e) 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; (f) Rendimento térmico global do ciclo combinado de cogeração (η_{cc}). Faça um diagrama esquemático do ciclo combinado de cogeração, com a indicação de todos os pontos.