

Lista de Exercícios III – Turbinas a Gás

- 1) Considere uma turbina a gás com um estágio de ação. O gás entra na passagem segundo um ângulo de $\alpha = 18^\circ$, com velocidade de $V_1 = 460$ m/s. A velocidade da palheta é de 250 m/s e o ar sai da passagem entre as palhetas com um ângulo de $\gamma = 45^\circ$. A descarga é de 10 kg/s. Admitindo que o escoamento é adiabático e reversível: (a) desenhe o diagrama de velocidades ($\beta = 37,2^\circ$; $\delta = 116,7^\circ$, $V_2=186,2$ m/s ; (b) determine a potência da turbina ($W = 884,7$ kW)..
- 2) Uma turbina a gás, com estágio único e com 50% de reação, é alimentado com gás à pressão de $P_1 = 400$ kPa e temperatura de $T_1 = 1100$ K. A pressão na seção de descarga do equipamento é de $P_3 = 100$ kPa. O ângulo de saída da palheta fixa é $\alpha = 20^\circ$. A seção de saída da turbina é na direção axial e a relação de velocidades na pá é $r_B = 0,9$. Admitindo que todos os processo são adiabáticos e reversíveis, determine: (a) todas as velocidades e ângulos ($V_1 = 607,8$ m/s; $V_2=337,6$ m/s ; $\beta = 83,38$; $\gamma = 31,68$); (b) o trabalho realizado por kg de gás que escoou através da turbina (312,4 kJ/kg). Considere que as propriedades do gás podem ser aproximadas pelas propriedades do ar à mesma temperatura.
- 3) Uma turbina a gás industrial de 60 MW utiliza metano (CH_4) como combustível e opera com 400% de ar teórico (não é 400% de excesso de ar). O combustível tem PCI = 50.000 kJ/kg e entra no combustor a $T_{\text{amb}}=T_{\text{ref}} = 25$ °C. Ar entra no compressor a $T_1 = 25$ °C e $P_1 = 100$ kPa. A relação de pressão na turbina é de 12. Considerando-se que o rendimento isoentrópico do compressor é de 0,87 e o da turbina é de 0,92, pede-se: (a) Razão ar-combustível, em massa (RAC = 68,95); (b) Temperatura na saída do compressor ($T_2 = 696,4$ K); (c) Temperatura dos gases de combustão na saída do combustor ($T_3 = 1360$ K); (d) Temperatura da saída da turbina ($T_4 = 723,8$ K); (e) Vazão mássica de combustível ($m_{\text{comb}} = 2,98$ kg/s); (f) Rendimento térmico do equipamento ($\eta = 40,2\%$) . Dados: $C_{p_{\text{ar}}} = C_{p_{\text{gases}}} = 1,0$ kJ/kg K; $k = 1,4$.
- 4) Uma turbina a gás industrial ($W_{\text{liq}} = 60$ MW) utiliza metano (CH_4) como combustível e certo valor de excesso de ar. O combustível tem PCI = 50.000 kJ/kg e entra no combustor a $T_{\text{amb}} = T_{\text{ref}} = 25$ °C. O combustível entra no combustor a $T_1 = 25$ °C e os produtos de combustão saem do combustor a $T_3 = 1400$ K. $P_1 = 100$ kPa. Ar entra no compressor a $P_1 = 100$ kPa e a relação de pressão no compressor é de 11. O rendimento isoentrópico do compressor é de 0,86 e o da turbina é de 0,90. Propriedades do ar e dos gases: $C_{p_{\text{ar}}} = C_{p_{\text{gases}}} = 1,0$ kJ/kg K; $k = 1,4$. Pede-se: (a) Temperaturas em todos os pontos do ciclo ($T_1=298,1$ K ; $T_2=639,3$ K ;

$T_3=1400\text{ K}$; $T_4=775,1\text{ K}$); (b) Razão ar-combustível, em massa ($RAC = 64,28$); (c) Vazão mássica de combustível ($m_{\text{comb}}=3,18\text{ kg/s}$); (d) Rendimento térmico do equipamento ($\eta=0,377$).

- 5) Uma turbina está acoplada a uma caldeira de recuperação que gera vapor superaquecido para uma turbina a vapor. A turbina a gás industrial utiliza metano (CH_4) como combustível e 180% de excesso de ar. O combustível tem $\text{PCI} = 50.000\text{ kJ/kg}$ e entra no combustor a $T_{\text{amb}} = T_{\text{ref}} = 25\text{ }^\circ\text{C}$. 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. A potência da turbina a gás é de 40 MW, com eficiência isoentrópica de 0,87. A temperatura dos gases de combustão na seção de saída da caldeira de recuperação é de $T_E = 220\text{ }^\circ\text{C}$. 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 $P_2 = 2\text{ MPa}$. A temperatura do vapor na seção de alimentação da turbina é $T_3 = 300\text{ }^\circ\text{C}$, sendo que a eficiência isoentrópica da turbina é de 87%. Nestas condições, determine: (a) Temperaturas em todos os pontos do ciclo de turbina a gás ($T_B=611,9\text{ K}$, $T_C=1331\text{ K}$, $T_D=791,3\text{ K}$); (b) Vazão em massa dos gases na turbina a gás ($m_{\text{gas}}=57,87\text{ kg/s}$); (c) Razão ar-combustível, em massa ($RAC=48,26$); (d) Entalpias em todos os pontos do ciclo a vapor ($h_2=194,1\text{ kJ/kg}$, $h_4=2257\text{ kJ/kg}$); (e) Vazão em massa de água ($m_{\text{ag}}=7,26\text{ kg/s}$); (f) Potência líquida do ciclo combinado ($W_{\text{liq}}=27752\text{ kW}$); (g) Rendimento térmico global do ciclo combinado ($\eta=0,4725$). 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), $C_{p_{\text{gas,cald}}} = 1,19\text{ kJ/kg k}$ (caldeira).