

PME 3479 – SISTEMAS TÉRMICOS

3ª Avaliação Parcial

Entrega até 13/09/2017 (7h30)

Nome: _____ USP: _____

1) Uma unidade geradora de vapor é projetada para queimar bagaço de cana e produzir vapor superaquecido a $P_{\text{vap}} = 5 \text{ MPa}$ e $T_d = 450 \text{ °C}$. A temperatura de entrada do ar, após passar pelo pré-aquecedor, é de $T_2 = 200 \text{ °C}$. A água de alimentação, após passar pelo economizador, está a $T_b = 180 \text{ °C}$. O poder calorífico inferior da biomassa é de $\text{PCI} (T_{\text{ref}} = 25 \text{ °C}) = 14.000 \text{ kJ/kg}_{\text{comb}}$. A vazão do combustível é de 25 kg/s e a temperatura de entrada é de $T_3 = 40 \text{ °C}$. A relação de massa de ar de combustão é de $R_{\text{ar,comb}} = 7,5 \text{ kg}_{\text{ar seco}}/\text{kg}_{\text{comb}}$ e a umidade do ar de entrada pode ser desprezada. Considerando-se que 10% da massa de combustível é formada por elementos não-queimados, que saem do gerador na forma de cinzas volantes, pede-se: (a) a temperatura adiabática da câmara de combustão; (b) o calor trocado por radiação, considerando-se que temperatura radiante média dos gases é de $T_{\text{rm}} = 1225 \text{ °C}$; (c) a temperatura dos gases no topo da câmara de combustão, antes do superaquecedor (T_4). Dados: superfície irradiada $S_i = 800 \text{ m}^2$; temperatura da parede $T_p = 400 \text{ °C}$; emissividade combinada $\epsilon = 0,9$; calores específicos $C_{p_{\text{comb}}} = 2,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $C_{p_{\text{ar}}} = 1,0 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $C_{p_{\text{gases}}} = 1,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $C_{p_{\text{cinzas}}} = 0,84 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $\epsilon = 5,668 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.

2) Sabendo-se que o calor fornecido na fornalha gera vapor saturado, calcule: (a) a vazão de vapor; (b) a temperatura dos gases na saída do superaquecedor (T_5).

3) Considere, no problema anterior, que a temperatura da água na entrada do economizador é de $T_a = 45 \text{ °C}$ e que a temperatura do ar na entrada do pré-aquecedor é de $T_1 = 25 \text{ °C}$. Calcule: (a) a temperatura dos gases na saída do gerador de vapor (T_6); (b) o rendimento térmico da caldeira.

Nome: _____ USP: _____

- 1) (2,0 pts) Uma unidade geradora de vapor é projetada para queimar bagaço de cana e produzir vapor superaquecido a $P_{\text{vap}} = 5 \text{ MPa}$ e $T_d = 450 \text{ }^\circ\text{C}$. A temperatura de entrada do ar, após passar pelo pré-aquecedor, é de $T_2 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$. A água de alimentação, após passar pelo economizador, está a $T_b = 180 \text{ }^\circ\text{C}$. O poder calorífico inferior da biomassa é de PCI ($T_{\text{ref}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$) = 14.500 kJ/kg_{comb}. A vazão do combustível é de 25 kg/s e a temperatura de entrada é de $T_3 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$. A relação de massa de ar de combustão é de $R_{\text{ar,comb}} = 7,5 \text{ kg}_{\text{ar seco}}/\text{kg}_{\text{comb}}$ e a umidade do ar de entrada pode ser desprezada. Considerando-se que 10% da massa de combustível é formada por elementos não-queimados, que saem do gerador na forma de cinzas volantes, pede-se: (a) a temperatura adiabática da câmara de combustão; (b) o calor trocado por radiação, considerando-se que temperatura radiante média dos gases é de $T_{\text{m}} = 1225 \text{ }^\circ\text{C}$; (c) a temperatura dos gases no topo da câmara de combustão, antes do superaquecedor (T_4). Dados: superfície irradiada $S_i = 800 \text{ m}^2$; temperatura da parede $T_p = 400 \text{ }^\circ\text{C}$; emissividade combinada $\epsilon = 0,9$; calores específicos $C_{p_{\text{comb}}} = 2,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $C_{p_{\text{ar}}} = 1,0 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $C_{p_{\text{gases}}} = 1,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $C_{p_{\text{cinzas}}} = 0,84 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $\epsilon = 5,668 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.
- 2) (1,5 pts) Sabendo-se que o calor fornecido na fornalha gera vapor saturado, calcule: (a) a vazão de vapor; (b) a temperatura dos gases na saída do superaquecedor (T_5).
- 3) (1,5 pts) Considere, no problema anterior, que a temperatura da água na entrada do economizador é de $T_a = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ e que a temperatura do ar na entrada do pré-aquecedor é de $T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$. Calcule: (a) a temperatura dos gases na saída do gerador de vapor (T_6); (b) o rendimento térmico da caldeira.
- 4) (3 pts) Considere uma turbina de ação de um único estágio. O bocal tem eficiência isoentrópica de 93%. A pressão do vapor na entrada do bocal é de $P_e = 800 \text{ kPa}$ e a temperatura de entrada é de $500 \text{ }^\circ\text{C}$. A pressão de saída é de 100 kPa . Vapor deixa o bocal e entra na turbina segundo um ângulo de $\alpha = 20^\circ$ e o ângulo de saída da pá é de $\gamma = 50^\circ$. A relação de velocidade da pá é de 0,5 e o coeficiente de velocidade da pá é 0,95. Determine: (a) o trabalho por kg de vapor, (b) a eficiência da pá e (c) a eficiência isoentrópica da turbina.
- 5) (0,5 pts) Por que a água de alimentação não deve entrar no economizador a uma temperatura baixa?
- 6) (0,5 pts) Por que o dimensionamento térmico de um gerador de vapor é complexo?
- 7) (0,5 pts) Qual a maneira mais eficiente de controlar a vazão em uma turbina a vapor? Explique utilizando argumentos termodinâmicos.
- 8) (0,5 pts) Qual tipo de turbina pode produzir esforço axial no rotor? Por que? Qual a forma construtiva que visa neutralizar este efeito?

Nome: _____ USP: _____

- 1) (2,0 pts) Uma unidade geradora de vapor é projetada para queimar bagaço de cana e produzir vapor superaquecido a $P_{\text{vap}} = 5 \text{ MPa}$ e $T_d = 450 \text{ °C}$. A temperatura de entrada do ar, após passar pelo pré-aquecedor, é de $T_2 = 200 \text{ °C}$. A água de alimentação, após passar pelo economizador, está a $T_b = 180 \text{ °C}$. O poder calorífico inferior da biomassa é de $\text{PCI} (T_{\text{ref}} = 25 \text{ °C}) = 15.000 \text{ kJ/kg}_{\text{comb}}$. A vazão do combustível é de 25 kg/s e a temperatura de entrada é de $T_3 = 40 \text{ °C}$. A relação de massa de ar de combustão é de $R_{\text{ar,comb}} = 7,5 \text{ kg}_{\text{ar seco}}/\text{kg}_{\text{comb}}$ e a umidade do ar de entrada pode ser desprezada. Considerando-se que 10% da massa de combustível é formada por elementos não-queimados, que saem do gerador na forma de cinzas volantes, pede-se: (a) a temperatura adiabática da câmara de combustão; (b) o calor trocado por radiação, considerando-se que temperatura radiante média dos gases é de $T_{\text{m}} = 1225 \text{ °C}$; (c) a temperatura dos gases no topo da câmara de combustão, antes do superaquecedor (T_4). Dados: superfície irradiada $S_i = 800 \text{ m}^2$; temperatura da parede $T_p = 400 \text{ °C}$; emissividade combinada $\epsilon = 0,9$; calores específicos $C_{p_{\text{comb}}} = 2,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $C_{p_{\text{ar}}} = 1,0 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $C_{p_{\text{gases}}} = 1,2 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $C_{p_{\text{cinzas}}} = 0,84 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $\epsilon = 5,668 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$.
- 2) (1,5 pts) Sabendo-se que o calor fornecido na fornalha gera vapor saturado, calcule: (a) a vazão de vapor; (b) a temperatura dos gases na saída do superaquecedor (T_5).
- 3) (1,5 pts) Considere, no problema anterior, que a temperatura da água na entrada do economizador é de $T_a = 45 \text{ °C}$ e que a temperatura do ar na entrada do pré-aquecedor é de $T_1 = 25 \text{ °C}$. Calcule: (a) a temperatura dos gases na saída do gerador de vapor (T_6); (b) o rendimento térmico da caldeira.
- 4) (3 pts) Considere uma turbina de ação de um único estágio. O bocal tem eficiência isoentrópica de 93%. A pressão do vapor na entrada do bocal é de $P_e = 800 \text{ kPa}$ e a temperatura de entrada é de 500 °C . A pressão de saída é de 100 kPa . Vapor deixa o bocal e entra na turbina segundo um ângulo de $\alpha = 20^\circ$ e o ângulo de saída da pá é de $\gamma = 50^\circ$. A relação de velocidade da pá é de 0,5 e o coeficiente de velocidade da pá é 0,95. Determine: (a) o trabalho por kg de vapor, (b) a eficiência da pá e (c) a eficiência isoentrópica da turbina.
- 5) (0,5 pts) Por que a água de alimentação não deve entrar no economizador a uma temperatura baixa?
- 6) (0,5 pts) Por que o dimensionamento térmico de um gerador de vapor é complexo?
- 7) (0,5 pts) Qual a maneira mais eficiente de controlar a vazão em uma turbina a vapor? Explique utilizando argumentos termodinâmicos.
- 8) (0,5 pts) Qual tipo de turbina pode produzir esforço axial no rotor? Por que? Qual a forma construtiva que visa neutralizar este efeito?