

PME2479 Máquinas Térmicas - Lista de Exercícios 4

Exercício 04 - Sistema de Cogeração (TG+Chiller de Absorção)

Q1) (5 pts) Um sistema de cogeração é formado por uma turbina a gás e um chiller de absorção para produção de

água gelada. Uma turbina a gás industrial com potência líquida de 5 MW utiliza metano (CH₄) como combustível e

opera com 180% de excesso de ar. O combustível tem PCI = 50.000 kJ/kg e entra no combustor a $T_{amb} = T_{ref} = 25$ oC.

Ar entra no compressor a $T_1 = 25$ oC e $P_1 = 100$ kPa. A relação de pressão na turbina é de 10, o rendimento isoentrópico

do compressor é de 0,85 e o da turbina é de 0,9. Os gases quentes que saem da turbina entram num recuperador

de calor (trocador de calor com efetividade $\epsilon = 0,75$), cujo objetivo é produzir vapor saturado a 180 OC, a partir de

líquido saturado. Este vapor é utilizado no chiller de absorção (COP=0,9) para produzir água gelada. Pede-se:

(a) Razão ar-combustível, em massa (RAC); (b) As temperaturas na saída do compressor (T₂), na saída do

combustor (T₃) e na saída da turbina (T₄); (c) Vazão mássica dos gases de combustão (m_{gas}), (d) Vazão mássica

de vapor gerado (m_{vap}); (e) Capacidade de refrigeração do sistema (Q_{ref}); (f) Rendimento térmico global do

sistema de cogeração. (h). Dados: $k = 1,4$ (ar, gases de combustão); $C_{par} = 1,0$ kJ/kgK (compressor),

$C_{pgas,tur} = 1,28$ kJ/kgK (combustor, turbina), $C_{pgas,rec} = 1,19$ kJ/kgK (recuperador de calor)..

RAC: $CH_4 + \nu_{O_2} \cdot 2 \cdot (O_2 + 3,76 N_2) \rightarrow CO_2 + 2 H_2O + (\nu_{O_2} - 1) \cdot 2 \cdot O_2 + \nu_{O_2} \cdot 2 \cdot 3,76 N_2$

$$e_{O_2} = 1,8 \quad \nu_{O_2} = 1 + e_{O_2} \quad RAC = \left[\nu_{O_2} \cdot 2 + \nu_{O_2} \cdot 2 \cdot 3,76 \right] \cdot \frac{28,97}{16}$$

~~Ciclo Brayton~~

$$T_{ref} = 25 + 273,15 \quad T_A = T_{ref} \quad \eta_{tur} = 0,9 \quad \eta_{comp} = 0,85$$

$$C_{p_{ar}} = 1 \quad C_{p_{gas,tur}} = 1,28 \quad k = 1,4 \quad r_p = 10$$

$$PCI = 50.000 \quad RAC \cdot C_{p_{ar}} \cdot [T_B - T_{ref}] + PCI = [RAC + 1] \cdot C_{p_{gas,tur}} \cdot [T_C - T_{ref}]$$

$$T_{Bs} = T_A \cdot r_p^{\left[\frac{k-1}{k} \right]} \quad T_B = T_A + \frac{T_{Bs} - T_A}{\eta_{comp}} \quad T_{B;C} = T_B - 273,15$$

$$T_{Ds} = \frac{T_C}{r_p^{\left[\frac{k-1}{k} \right]}} \quad T_D = T_C - \eta_{tur} \cdot [T_C - T_{Ds}]$$

$$T_{C;C} = T_C - 273,15 \quad T_{D;C} = T_D - 273,15$$

$$w_{e_{comp}} = C_{p_{ar}} \cdot [T_A - T_B] \quad w_{e_{tur}} = C_{p_{gas,tur}} \cdot [T_C - T_D]$$

$$m_{gas} = [RAC + 1] \cdot m_{comb} \quad m_{ar} = RAC \cdot m_{comb}$$

$$W_{liq} = [w_{e_{tur}} + w_{e_{comp}}] \cdot m_{gas}$$

$$\text{Recuperador de calor} \quad C_{p_{gas,rec}} = 1,19 \quad \epsilon = 0,75$$

$$h_5 = h \left[\text{'Steam'} ; T = T_{\text{vap}} ; x = 0 \right] \quad h_6 = h \left[\text{'Steam'} ; T = T_{\text{vap}} ; x = 1 \right]$$

$$Q_{\text{recup}} = \varepsilon \cdot m_{\text{gas}} \cdot C_{p_{\text{gas;rec}}} \cdot [T_D - T_{\text{vap}}] \quad Q_{\text{recup}} = m_{\text{vap}} \cdot [h_6 - h_5]$$

$$Q_{\text{recup}} = m_{\text{gas}} \cdot C_{p_{\text{gas;rec}}} \cdot [T_D - T_E] \quad T_{E,C} = T_E - 273,15$$

$$Q_{\text{refrig}} = Q_{\text{recup}} \cdot \text{COP}$$

Rendimento do Ciclo

$$Q_{\text{comb}} = m_{\text{comb}} \cdot \text{PCI} \quad \eta_{\text{ciclo:cogerao}} = \frac{W_{\text{liq}} + Q_{\text{refrig}}}{Q_{\text{comb}}}$$

SOLUTION

Unit Settings: SI K kPa kJ mass deg

COP = 0,9 [-]	Cpar = 1 [kJ/kg-K]	Cp _{gas,rec} = 1,19 [kJ/kg-K]
Cp _{gas,tur} = 1,28 [kJ/kg-K]	ε = 0,75 [-]	η _{ciclo,cogerao} = 0,6542
η _{comp} = 0,85 [-]	η _{tur} = 0,9 [-]	eO ₂ = 1,8
h ₅ = 763,2 [kJ/kg]	h ₆ = 2.778 [kJ/kg]	k = 1,4 [-]
m _{ar} = 11,71 [kg/s]	m _{comb} = 0,2427 [kg/s]	m _{gas} = 11,96 [kg/s]
m _{vap} = 1,621 [kg/s]	vO ₂ = 2,8 [-]	PCI = 50.000 [kJ/kg]
Q _{comb} = 12.135 [kW]	Q _{recup} = 3.266 [kW]	Q _{refrig} = 2.939 [kW]
RAC = 48,26	rP = 10 [-]	T _A = 298,1 [K]
T _B = 624,6 [K]	T _{Bs} = 575,6 [K]	T _{B,C} = 351,5 [C]
T _C = 1.341 [K]	T _{C,C} = 1.068 [C]	T _D = 759,2 [K]
T _{Ds} = 694,5 [K]	T _{D,C} = 486 [C]	T _E = 529,7 [K]
T _{E,C} = 256,5 [C]	T _{ref} = 298,1 [K]	T _{vap} = 453,1 [K]
w _{comp} = -326,5 [kJ/kg]	w _{tur} = 744,7 [kJ/kg]	W _{liq} = 5.000 [kJ/s]

No unit problems were detected.

EES suggested units (shown in purple) for h_5 h_6 m_gas T_A w_comp w_tur .