

# CICLO COMBINADO

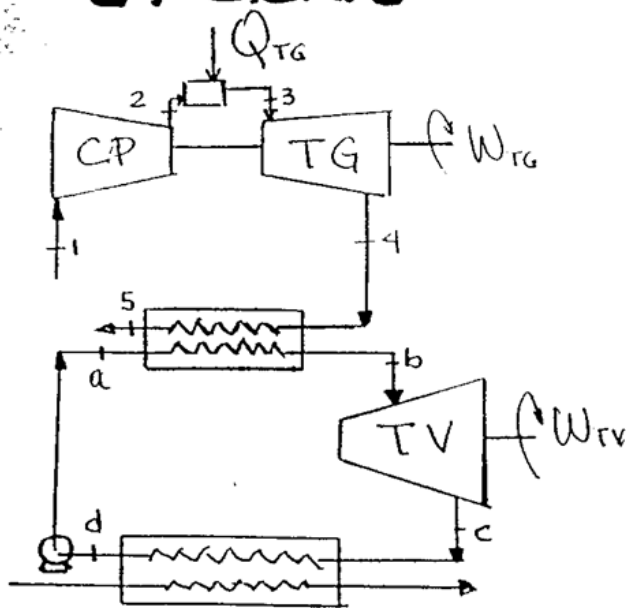
## EXERCÍCIO

1. Uma unidade de potência com ciclo combinado (turbina a gás e a vapor) fornece uma potência líquida de 10 MW. Ar entra no compressor da turbina a gás a 100 kPa e 300 K, sendo comprimido até 1200 kPa. A eficiência isentrópica do compressor é 84 %. As condições na entrada da turbina são 1200 kPa e 1400 K. Ar expande-se na turbina até 100 kPa. O rendimento isentrópico da turbina é 88 %. Após a turbina o ar passa pelo gerador de vapor do ciclo a vapor, sendo descarregado no ambiente a 480 K. O vapor gerado entra na turbina a vapor a 80 bar e 400 °C, expandindo-se até a pressão do condensador que é 0,08 bar. Água na fase líquida entra na bomba a 0,08 bar. A turbina e a bomba têm rendimentos isentrópicos de 90% e 80%, respectivamente. Determine:

- as vazões mássicas de ar e vapor (kg/s);
- a taxa de calor transferida na ~~turbina a gás~~; *câmara de combustão*
- as potências líquidas nas turbinas a gás e a vapor;
- a eficiência térmica da unidade de potência

# 2ª SÉRIE

1



Turbina a Gás:

1  $T_1 = 300 \text{ K}$  ;  $p_1 = 100 \text{ kPa}$  ;  $h_1 = 300,19 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

2  $p_2 = 1200 \text{ kPa}$  ;  $p_2/p_1 = 12$  ;  $p_{12} = 12 \times 1,386 = 16,632$

$p_{12} = 16,632 \Rightarrow (T_2)_s = 605 \text{ K}$  e  $h_{2s} = 612,3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

$h_2 = (h_{2s} - h_1) \frac{1}{\eta_c} + h_1 = 671,7 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

3  $T_3 = 1400 \text{ K}$  ;  $p_3 = 1200 \text{ kPa}$  ;  $h_3 = 1515,42 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

4  $p_{14} = p_{13}/12 = 450,5/12 = 37,54$

$(T_4)_s = 750 \text{ K}$  e  $(h_4)_s = 767,29 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Pressões relativas:  $h_{p1} = h_{p2} = \frac{1}{R} \int_{T_0}^T c_p \frac{dT}{T}$

$$h_4 = h_3 - \eta_t (h_3 - h_{4s})$$

$$h_4 = 1515,42 - 0,88(1515,42 - 767,29)$$

$$h_4 = 857,07 \text{ kJ/kg}$$

$$(5) T_5 = 480 \text{ K} \quad e \quad h_5 = 482,49 \text{ kJ/kg}$$

Turbina a Vapor:

$$(b) T_b = 400^\circ\text{C} ; p_b = 80 \text{ bar} \Rightarrow h_b = 3138,3 \text{ kJ/kg}$$

$$s_b = 6,3634 \text{ kJ/kgK}$$

$$(c) p_c = 0,08 \text{ bar} ; T_c = 41,5^\circ\text{C}$$

Na saturação:  $s_e = 0,5926 \text{ kJ/kgK}$ ;  $s_u = 8,2287 \text{ kJ/kgK}$

$$h_e = 1,0084 \cdot 10^3 \text{ kJ/kg}; h_e = 173,88 \text{ kJ/kg}; h_u = 2577 \text{ kJ/kg}$$

Definição do título no fim da expansão isentrópica:

$$x_s = \frac{s_b - s_e}{s_u - s_e} = \frac{6,3634 - 0,5926}{8,2287 - 0,5926} = 0,756$$

$$h_{cs} = h_e + x(h_u - h_e) = 173,88 + 0,756(2577 - 173,88)$$

$$h_{cs} = 1990 \text{ kJ/kg}$$

$$h_c = h_b - \eta_t (h_b - h_{cs})$$

$$h_c = 3138,3 - 0,9(3138,3 - 1990)$$

$$h_c = 2104,8 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\textcircled{d}: h_d = 173,88 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

$$\textcircled{a}: h_a = h_d + W_{bs}/\eta_b$$

$$W_{bs} = v_d (p_a - p_d) = 1,0084 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} (8 \cdot 10^3 - 8) (\text{kPa})$$

$$W_{bs} = 8,06 \text{ kJ/kg}$$

$$h_a = 173,88 + 8,06/0,8 = 1840 \text{ kJ/kg}$$

$$\textcircled{a}) \quad m_g (h_4 - h_5) = m_v (h_b - h_a)$$

$$m_g = m_v * 7,89$$

$$W_{Tg} + W_{Tv} = 10 \text{ MW}$$

$$m_g [(h_3 - h_4) - (h_2 - h_1)] + m_v [(h_b - h_c) - (h_a - h_d)] \\ = m_g (286,84) + m_v (1023,38) = 10 \cdot 10^3 \text{ kW}$$

$$m_v [(7,89)(286,84) + 1023,38] = 10 \cdot 10^3$$

$$m_v = 3,042 \text{ kg/s}$$

$$m_g = 24,01 \text{ kg/s}$$

b

$$W_{TG} = 6887 \text{ kW}$$

$$W_{TV} = 3113 \text{ kW}$$

c

$$\dot{Q}_{TG} = m_g (h_3 - h_2) = 24,01 (1515,42 - 671,7)$$

$$\dot{Q}_{TG} = 20258 \text{ kW}$$

$$\eta_{\text{global}} = 10000 / 20258 = 0,494 (49,4\%)$$