

CICLOS MOTORES E DE REFRIGERAÇÃO A VAPOR

Considere um ciclo ideal com reaquecimento no qual o vapor d'água entra na turbina de alta pressão a 3,5 MPa e 400 °C e expande até 0,8 MPa. O vapor é então reaquecido até 400 °C e expande até 10 kPa na turbina de baixa pressão. Calcule o rendimento térmico do ciclo e o título do vapor na seção de saída da turbina de baixa pressão.

Estado 1 : $p_1 = 10 \text{ kPa}$; $x_1 = 0 \Rightarrow \underline{h_1 = 191,8 \text{ kJ/kg}}$; $v_1 = 0,00101 \text{ m}^3/\text{kg}$

Estado 2 : $p_2 = p_3 = 3,5 \text{ MPa}$; $h_2 = h_1 - v_1 \cdot (p_1 - p_2) \Rightarrow \underline{h_2 = 195,3 \text{ kJ/kg}}$

Estado 3 : $p_3 = 3,5 \text{ MPa}$; $T_3 = 400^\circ\text{C} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \underline{h_3 = 3222,3 \text{ kJ/kg}} \\ \underline{s_3 = 6,8405 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}} \end{array} \right.$

Estado 4 : $p_4 = 0,8 \text{ MPa}$; $s_4 = s_3 = 6,8405 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$
 $s_{\text{sat}} @ 0,8 \text{ MPa} = 6,6627 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} < s_4 \Rightarrow 4 \text{ é vapor sup.}$
 $\underline{h_4 = 2851,6 \text{ kJ/kg}}$

Estado 5 : $p_5 = p_4 = 0,8 \text{ MPa}$; $T_5 = 400^\circ\text{C} : \left\{ \begin{array}{l} \underline{h_5 = 3267,1 \text{ kJ/kg}} \\ \underline{s_5 = 7,5716 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}} \end{array} \right.$

Estado 6 : $p_6 = 10 \text{ kPa}$; $s_6 = s_5 = 7,5716 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

$s_{6e} = 0,6491 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

$h_{6e} = 191,8 \text{ kJ/kg}$

$s_{6ev} = 7,5019 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

$h_{6ev} = 2392,8 \text{ kJ/kg}$

$x_6 = \frac{s_6 - s_{6e}}{s_{6ev}} \Rightarrow \boxed{x_6 = 0,923}$; $h_6 = h_{6e} + x_6 \cdot h_{6ev} \Rightarrow \underline{h_6 = 2399,8 \text{ kJ/kg}}$

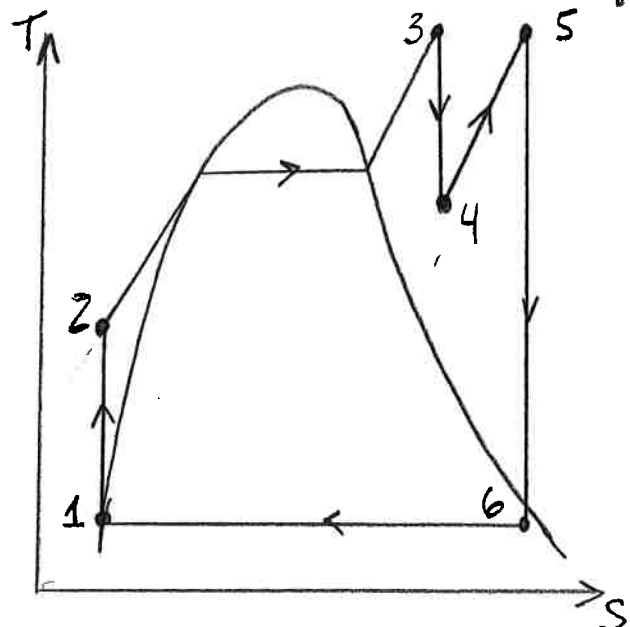
$W_b = h_1 - h_2 = -3,5 \text{ kJ/kg}$

$W_t = (h_3 - h_4) + (h_5 - h_6) = 1238,0 \text{ kJ/kg}$

$q_{\text{cald}} = (h_3 - h_2) + (h_5 - h_4) = 3442,5 \text{ kJ/kg}$

$\eta = \frac{W_t - |W_b|}{q_{\text{cald}}} = \frac{1238 - 3,5}{3442,5}$

$\boxed{\eta = 35,86\%}$



CICLOS MOTORES E DE REFRIGERAÇÃO A VAPOR

Um ciclo de potência a vapor d'água opera com um aquecedor de mistura. A temperatura do fluido no condensador é 45 °C e a caldeira descarrega o vapor a 5 MPa e 900 °C. A pressão na seção de extração (intermediária) da turbina é 1 MPa e o estado da água na seção de descarga do aquecedor é o de líquido saturado. Determine o trabalho específico na turbina.

→ projetar "slide" c/ esquema do ciclo regem. c/ aquecedor aberto.

$$\left. \begin{aligned} W_t &= h_5 - h_6 + (1-y)(h_6 - h_7) \\ y &= \frac{h_3 - h_2}{h_6 - h_2} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{determinar 5 estados p/ obter-} \\ h_2, h_3, h_5, h_6, h_7 \end{array}$$

Estado 5: $p_5 = 5 \text{ MPa}$; $T_5 = 900^\circ\text{C}$ \therefore $h_5 = 4378,8 \text{ kJ/kg}$ e
 $s_5 = 7,9593 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

Estado 6: $p_6 = 1 \text{ MPa}$; $s_6 = s_5$; $s_{\text{sat}@1MPa} = 6,5864 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K} < s_6$,
 6 e' vap. sup: $h_6 = 3640,6 \text{ kJ/kg}$

Estado 7: $T_7 = 45^\circ\text{C}$; $s_7 = s_6$. $s_{\text{sat}@45^\circ\text{C}} = 8,1647 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K} > s_7 \Rightarrow 7 \text{ e'}$
 mist. L+V; $h_{7e} = 188,4 \text{ kJ/kg}$; $h_{7ev} = 2394,8 \text{ kJ/kg}$;
 $s_{7e} = 0,6386 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$; $s_{7ev} = 7,5261 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

$$x_7 = \frac{s_7 - s_{7e}}{s_{7ev} - s_{7e}} = 0,973 \rightarrow h_7 = h_{7e} + x_7 \cdot h_{7ev} \Rightarrow \underline{h_7 = 2518,5 \text{ kJ/kg}}$$

Estado 3: $p_3 = p_6$; $x_3 = 0 \Rightarrow \underline{h_3 = 762,8 \text{ kJ/kg}}$

Estados 1 e 2: $h_1 = h_{e@45^\circ\text{C}} = 188,4 \text{ kJ/kg}$; $v_1 = v_{e@45^\circ\text{C}} = 0,00101 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$h_2 = h_1 - v_1(p_1 - p_2) \text{ c/ } p_1 = p_{\text{sat}@45^\circ\text{C}} = 9,593 \text{ kPa}$$

$$p_2 = p_3 = p_6 = 1 \text{ MPa}$$

$$\underline{h_2 = 189,4 \text{ kJ/kg}}$$

$$y = (h_3 - h_2) / (h_6 - h_2) = 0,1661$$

$$W_t = h_5 - h_6 + (1-y)(h_6 - h_7) \Rightarrow \boxed{W_t = 1673,9 \text{ kJ/kg}}$$

Estado 8: $p_8 = 800 \text{ kPa}$; $x_8 = 0 \Rightarrow h_8 = 721,10 \text{ kJ/kg}$; $v_8 = 0,00115 \text{ m}^3/\text{kg}$

Estado 9: $p_9 = 25 \text{ MPa}$; $h_9 = h_8 - v_8(p_8 - p_9) = 748,08 \text{ kJ/kg}$

Tragando HC que englobe o aquecedor fechado, o misturador e a bomba secundária:

$$y \cdot \dot{m}_s \cdot h_7 + (1-y) \cdot \dot{m}_s \cdot h_2 = \dot{m}_s \cdot h_4 + \dot{W}_{bs} \quad (\div \dot{m}_s)$$

$$y \cdot h_7 + (1-y) \cdot h_2 = h_4 + \frac{y \cdot \dot{m}_s \cdot (h_8 - h_9)}{\dot{m}_s} \Rightarrow y \cdot h_7 + h_2 - y h_2 = h_4 + y h_8 - y h_9$$

$$y h_7 - y h_2 - y h_8 + y h_9 = h_4 - h_2 \Rightarrow y = \frac{h_4 - h_2}{h_7 - h_2 - h_8 + h_9}$$

$$\boxed{y = 0,198}$$

HC na turbina:

$$\dot{W}_t = \dot{m}_s \cdot (h_5 - h_7) + (1-y) \cdot \dot{m}_s \cdot (h_7 - h_6) \Rightarrow \dot{m}_s = \frac{\dot{W}_t}{(h_5 - h_7) + (1-y)(h_7 - h_6)}$$

$$\dot{m}_s = 2,927 \text{ kg/s}$$

HC no condensador:

$${}_6 \dot{Q}_1 + \dot{m}_s \cdot (1-y) \cdot h_6 = \dot{m}_s \cdot (1-y) \cdot h_1 \Rightarrow {}_6 \dot{Q}_1 = \dot{m}_s \cdot (1-y) \cdot (h_1 - h_6)$$

$$\boxed{{}_6 \dot{Q}_1 = \dot{Q}_{\text{COND}} = -4712,7 \text{ kW}}$$

Sugestão: complete a análise p/ um HC em torno somente do aquecedor fechado e encontre h_3 .
A seguir determine o rendimento do ciclo.

CICLOS MOTORES E DE REFRIGERAÇÃO A VAPOR

O R-134a é usado em um ciclo de refrigeração que trabalha entre pressões de 120 kPa e 1000 kPa. O compressor recebe vapor saturado, tem uma eficiência isentrópica de 75% e necessita de 10 HP. Calcule a taxa de refrigeração, o coeficiente de desempenho e o coeficiente de desempenho se o ciclo for usado como uma bomba de calor.

Estado 1: $p_1 = 120 \text{ kPa}$; $x_1 = 1 \Rightarrow h_1 = 384,46 \text{ kJ/kg}$; $s_1 = 1,7419 \text{ kJ/kg.K}$

Estado 2: $p_2 = 1 \text{ MPa}$. Supondo $1 \rightarrow 2$ isentrópico: $s_2 = s_1$

A 1017 kPa $s_g \approx 1,71 \text{ kJ/kg.K}$, logo a 1000 kPa será ainda menor. Comparando c/ s_1 verifica-se, então, que z_s é vap. sup.: $h_{z_s} = 428,86 \text{ kJ/kg}$

$$\eta_c = \frac{h_1 - h_{z_s}}{h_1 - h_2} \Rightarrow h_2 = h_1 - \left(\frac{h_1 - h_{z_s}}{\eta_c} \right) \Rightarrow h_2 = 443,66 \text{ kJ/kg}$$

Estado 3: $p_3 = 1 \text{ MPa}$; $x_3 = 0 \Rightarrow h_3 = 255,56 \text{ kJ/kg}$

Estado 4: $p_4 = 120 \text{ kPa}$; $h_4 = h_3 \Rightarrow h_4 = 255,56 \text{ kJ/kg}$

$$\dot{W}_c = \dot{m} \cdot (h_1 - h_2) \Rightarrow -7,457 = \dot{m} (384,46 - 443,66)$$

$$\therefore \dot{m} = 0,126 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q}_R = \dot{m} (h_1 - h_4) = 0,126 \cdot (384,46 - 255,56) = 16,2414 \text{ kW}$$

$$\boxed{\dot{Q}_R = \dot{Q}_L = 16,24 \text{ kW}}$$

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = \dot{m} (h_3 - h_2)$$

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = 0,126 \cdot (255,56 - 443,66)$$

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -23,7006 \text{ kW}$$

$$\beta = \frac{\dot{Q}_R}{|\dot{W}_c|} = 2,178 \Rightarrow \boxed{\beta = 2,18}$$

$$\beta' = \frac{|\dot{Q}_{\text{cond}}|}{\dot{W}_c} = 3,1783 \Rightarrow \boxed{\beta' = 3,18}$$

