

INGENIERÍA TÉRMICA

Problema 2

19 de enero de 2018

(40 puntos)

Duración: 45 minutos

En una cámara de mezcla adiabática, se introduce dos flujos de agua, uno de ellos con título 10% y el otro a 600 °C, ambos a una presión de 6 MPa. La mezcla sale de la cámara con un flujo volumétrico de 0,37 m³/s, a 450°C y 6 MPa. A continuación, dicho flujo entra en una turbina, saliendo como vapor saturado a 30 kPa. Debido a defectos en el aislamiento, se estima que la turbina pierde calor al entorno, a razón del 2% de la potencia que genera la turbina. La temperatura media de las superficies externas de la cámara de mezcla y la turbina es de 20 °C.

Cálculos previos

Datos h,s en cada estado. Obtenidos de las tablas (valores directos o por interpolación)

Estado	h (kJ/kg)	s (kJ/kg·K)	v (m ³ /kg)
1	1370,50	3,3130	-
2	3658,40	7,1677	-
3	3301,45	6,7178	0,05213
4	2625,30	7,7686	-

1. Flujo másico en cada una de las entradas de la cámara de mezcla [kg/s] (8 puntos)

Cálculo del flujo másico en el estado 3:

$$\dot{m}_3 = \frac{\dot{V}}{v} = \frac{0,37}{0,05213} \cdot \left[\frac{m^3}{s} \right] \cdot \left[\frac{kg}{m^3} \right] = 7,10 \text{ kg/s}$$

Balance de masa:

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

Balance de energía:

$$\dot{m}_1 \cdot h_1 + \dot{m}_2 \cdot h_2 = \dot{m}_3 \cdot h_3$$

$$\dot{m}_1 \cdot h_1 + (\dot{m}_3 - \dot{m}_1) \cdot h_2 = \dot{m}_3 \cdot h_3$$

Despejando \dot{m}_1 : $\longrightarrow \dot{m}_1 = 1,11 \text{ kg/s}$

Despejando \dot{m}_2 en el balance de masa: $\longrightarrow \dot{m}_2 = 5,99 \text{ kg/s}$

2. Potencia mecánica generada por la turbina [Kw] (8 puntos)

Balance de energía:

$$0 = \dot{Q} - \dot{W}_{turb} + \dot{m}_3 \cdot (h_3 - h_4)$$

$$0 = (-0,02 \cdot \dot{W}_{turb}) - \dot{W}_{turb} + \dot{m}_3 \cdot (h_3 - h_4)$$

$$\dot{W}_{turb} = 4705,42 \text{ kW}$$

3. Rendimiento isoentrópico de la turbina

(8 puntos)

$$\eta_{turb} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4s}}$$

Cálculo de la entalpía en el punto 4s:

Propiedades del punto 4s: $p_{4s}=p_4=30$ kPa; $s_{4s}=s_3=6,7178$ kJ/kg·K

Como $s_f(p_4) < s_{4s} < s_g(p_4) \rightarrow$ Mezcla bifásica

Cálculo del título:

$$s_f[p_4]=0,9439 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$s_g[p_4]=7,7686 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$x_{4s} = \frac{s_{4s} - s_f[p_4]}{s_g[p_4] - s_f[p_4]} = \frac{6,7178 - 0,9439}{7,7686 - 0,9439} = 0,846$$

$$h_f[p_4]=289,23 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$h_g[p_4]=2625,3 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$h_{4s} = h_f[p_4] + x_{4s} \cdot (h_g[p_4] - h_f[p_4]) = 289,23 + 0,846 \cdot (2625,3 - 289,23) = 2265,64 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{turb} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_{4s}} = \frac{3301,45 - 2625,30}{3301,45 - 2265,64} = 0,6527 = 65,27\%$$

4. Entropía generada en la cámara de mezcla y en la turbina [kW/K]

(8 puntos)

Cámara de mezcla

Como es adiabática no hay transferencia de entropía.

$$\dot{\sigma}_{camara} = \dot{m}_3 \cdot s_3 - \dot{m}_2 \cdot s_2 - \dot{m}_1 \cdot s_1 = 7,1 \cdot 6,7178 - 5,99 \cdot 7,1677 - 1,11 \cdot 3,3130 = 1,0844 \text{ kW/K}$$

Turbina

$$\dot{\sigma}_{turb} = \dot{m}_3 \cdot (s_4 - s_3) - \frac{\dot{Q}}{T_s} = \dot{m}_3 \cdot (s_4 - s_3) - \frac{(-0,02 \cdot W_{turb})}{T_s}$$

$$\dot{\sigma}_{turb} = 7,1 \cdot (7,7686 - 6,7178) - \frac{(-0,02 \cdot 4705,42)}{20 + 273} = 7,46068 - 0,32118 = 7,7818 \text{ kW/K}$$

5. Representar en un diagrama T-s todos los estados del agua

(8 puntos)

