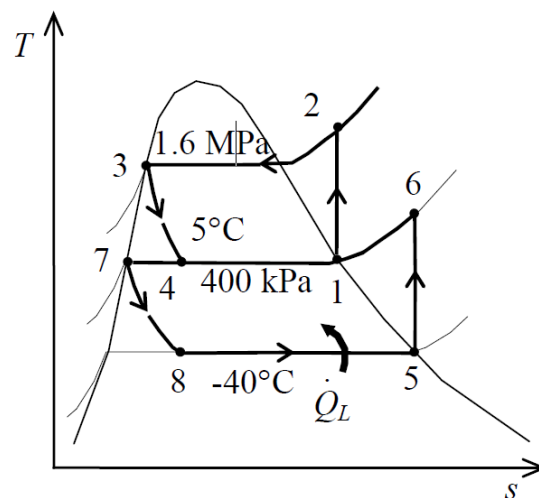


Ejercicio 7

Pregunta 1

Un sistema de refrigeración en cascada de dos etapas debe dar enfriamiento a -40°C operando el condensador de alta temperatura a $1,6\text{ MPa}$. Cada etapa opera en el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor. El sistema superior de refrigeración por compresión de vapor (VCRS, por sus siglas en inglés) usa agua como fluido de trabajo, y opera evaporando a 5°C . El ciclo inferior usa refrigerante 134a como fluido de trabajo y opera su condensador a 400 kPa . Este sistema produce un efecto de enfriamiento de 20 kW . Determine los flujos másicos de R-134a y agua en sus ciclos respectivos, y el COP total de este sistema en cascada. Hint: Dibuje el diagrama T-S utilizando una misma campana de saturación.

Solución:



Desde las tablas de agua y R-134a:

Punto 1: Vapor saturado de agua

$$T_1 = 5^{\circ}\text{C} \rightarrow \begin{cases} h_1 = h_{g@5^{\circ}\text{C}} = 2510,1 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \\ s_1 = s_{g@5^{\circ}\text{C}} = 9,0249 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right] \end{cases}$$

Punto 2: $s_2 = s_1$

$$P_2 = 1,6\text{ MPa} \rightarrow h_2 = 5083,4 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

Punto 3: Líquido saturado de agua

$$P_3 = 1,6\text{ MPa} \rightarrow h_3 = h_{f@1,6\text{MPa}} = 858,44 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

Punto 4: $h_4 = h_3$

$$h_4 = 858,44 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

Punto 5: Vapor saturado de R-134a

$$T_5 = -40^{\circ}\text{C} \rightarrow \begin{cases} h_5 = h_{g@-40^{\circ}\text{C}} = 225,86 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \\ s_5 = s_{g@-40^{\circ}\text{C}} = 0,968866 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \right] \end{cases}$$

Punto 6: $s_6 = s_5$

$$P_6 = 400 \text{ kPa} \rightarrow h_6 = 267,59 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

Punto 7: Líquido saturado de R-134a

$$P_7 = 400 \text{ kPa} \rightarrow h_7 = h_{f@400\text{kPa}} = 63,94 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

Punto 8: $h_8 = h_7$

$$h_8 = 63,94 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right]$$

El flujo másico de R-134a es determinado desde:

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_R (h_5 - h_8) \rightarrow \dot{m}_R = \frac{\dot{Q}_L}{h_5 - h_8} = \frac{20}{225,86 - 63,94} = 0,1235 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

Realizando un balance de energía en el intercambiador de calor permite obtener el flujo másico de agua:

$$\begin{aligned} \dot{m}_R (h_6 - h_7) &= \dot{m}_w (h_1 - h_4) \\ \rightarrow \dot{m}_w &= \dot{m}_R \frac{h_6 - h_7}{h_1 - h_4} = 0,1235 \frac{267,59 - 63,94}{2510,1 - 858,44} = 0,01523 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \end{aligned}$$

La potencia de los compresores son:

$$\dot{W}_{in} = \dot{m}_R (h_6 - h_5) + \dot{m}_w (h_2 - h_1) = 44,35 \text{ [kW]}$$

El COP de este sistema de refrigeración es:

$$COP_R = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{W}_{in}} = \frac{20}{44,35} = 0,451$$