



Termodinámica I

Parcial # 2: “Principio de conservación de energía aplicado a sistemas abiertos y segunda ley de la Termodinámica”

Nombre: CLAVE

Cédula: _____

Grupo: 1MI131

Fecha: 22 de mayo de 2016

Profesor: Arturo Arosemena

I. Resuelva los siguientes problemas. Lea atentamente, siga las siguientes instrucciones, y enuncie sus suposiciones*.

Problema # 1.

Considere dos máquinas térmicas operando en serie, tal como se muestra en la figura # 1. Si se sabe que el trabajo desarrollado por la segunda máquina térmica es empleado para operar la bomba de calor (también mostrada en la figura # 1), determine:

- El coeficiente de desempeño de la bomba de calor (COP_{BC}), la eficiencia de la máquina térmica 1 (η_{MT1}), y la eficiencia de la máquina térmica 2 (η_{MT2}).
- La razón de los calores Q_1/Q_5 únicamente como función de las temperaturas T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 .
- La razón de los calores Q_1/Q_5 únicamente como función de $\eta_{MT1}, \eta_{MT2}, COP_{BC}$.

Para este problema suponga que todos los dispositivos son reversibles.

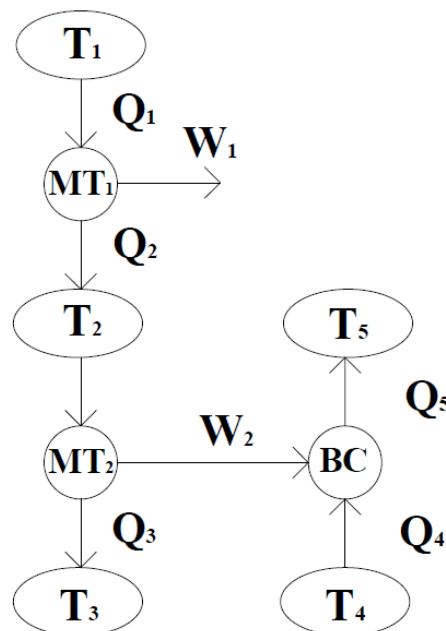


Figura # 1.

Desarrollo:

a.

$$COP_{BC} = \frac{Q_5}{W_2} = \frac{Q_5}{Q_5 - Q_4} = \frac{1}{1 - \frac{Q_4}{Q_5}} = \frac{1}{1 - \frac{T_4}{T_5}} \quad (2 \text{ puntos})$$

$$\eta_{MT1} = \frac{W_1}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (2 \text{ puntos})$$

$$\eta_{MT2} = \frac{W_2}{Q_2} = 1 - \frac{Q_3}{Q_2} = 1 - \frac{T_3}{T_2} \quad (2 \text{ puntos})$$

b.

$$W_2 = Q_5 \left(\frac{T_5 - T_4}{T_5} \right) = Q_2 \left(\frac{T_2 - T_3}{T_2} \right)$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \rightarrow Q_2 = Q_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

$$Q_5 \left(\frac{T_5 - T_4}{T_5} \right) = Q_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right) \left(\frac{T_2 - T_3}{T_2} \right)$$

$$\frac{Q_1}{Q_5} = \left(\frac{T_5 - T_4}{T_5} \right) \left(\frac{T_1}{T_2 - T_3} \right) \quad (5 \text{ puntos})$$

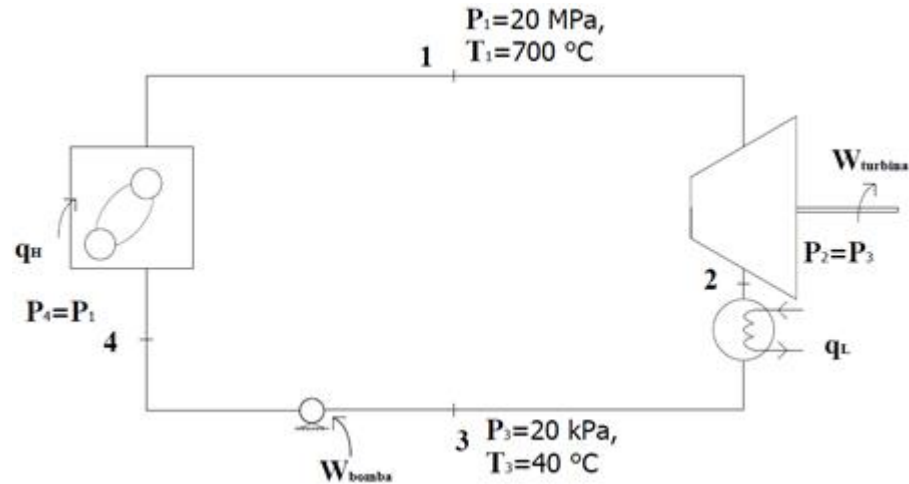
c.

$$W_2 = \frac{Q_5}{COP_{BC}} = \eta_{MT2} Q_2$$

$$\eta_{MT1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \rightarrow Q_2 = (1 - \eta_{MT1}) Q_1$$

$$\frac{Q_5}{COP_{BC}} = \eta_{MT2} (1 - \eta_{MT1}) Q_1$$

$$\frac{Q_1}{Q_5} = \frac{1}{COP_{BC} \eta_{MT2} (1 - \eta_{MT1})} \quad (4 \text{ puntos})$$



Problema # 2

Determinación de estados.

Estado # 1

$$T_1 = 700 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 20000 \text{ [kPa]}$$

$$h_1 = h [\text{water}, T = T_1, P = P_1] \quad 5 \text{ puntos}$$

$$s_1 = s [\text{water}, T = T_1, P = P_1] \quad 5 \text{ puntos}$$

Estado # 2

$$P_2 = 20 \text{ [kPa]}$$

$$s_2 = s_1$$

$$h_2 = h [\text{water}, s = s_2, P = P_2] \quad 5 \text{ puntos}$$

Estado # 3

$$P_3 = P_2$$

$$T_3 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_3 = h [\text{water}, T = T_3, P = P_3] \quad 5 \text{ puntos}$$

$$s_3 = s [\text{water}, T = T_3, P = P_3] \quad 5 \text{ puntos}$$

Estado # 4

$$P_4 = P_1$$

$$s_4 = s_3$$

$$h_4 = h[\text{water}, P = P_4, s = s_4] \quad 5 \text{ puntos}$$

Alternativamente pudo calcularse primero el trabajo de entrada a la bomba ($w_{bomba} = v_3 \cdot (P_4 - P_3)$) y a partir de dicho trabajo y por medio de la primera ley, también es posible determinar h_4 ,

a. $w_{turbina}$:

$$e_1 = e_2$$

$$h_1 = h_2 + w_{turbina} \quad w_{turbina}, 5 \text{ puntos}$$

b. w_{bomba} :

$$h_3 + w_{bomba} = h_4 \quad w_{bomba}, 5 \text{ puntos}$$

Alternativamente pudo calcularse el trabajo específico de entrada a la bomba como $w_{bomba} = v_3 \cdot (P_4 - P_3)$.

eff:

$$h_4 + q_h = h_1 \quad q_h, 5 \text{ puntos}$$

$$w_{neto} = w_{turbina} - w_{bomba} \quad 3 \text{ puntos}$$

$$eff = \frac{w_{neto}}{q_h} \quad 12 \text{ puntos}$$

Alternativamente $q_h = w_{neto} + q_l$, donde q_l puede ser determinado tras hacer primera ley en el condensador.

SOLUTION

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$$eff = 0.4275$$

$$h_3 = 167.5 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_2 = 20 \text{ [kPa]}$$

$$q_h = 3618 \text{ [kJ/kg]}$$

$$s_3 = 0.5723 \text{ [kJ/(kg*K)]}$$

$$T_3 = 40 \text{ [°C]}$$

$$w_{turbina} = 1567 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_1 = 3806 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_4 = 187.6 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_3 = 20 \text{ [kPa]}$$

$$s_1 = 6.796 \text{ [kJ/(kg*K)]}$$

$$s_4 = 0.5723 \text{ [kJ/(kg*K)]}$$

$$w_{bomba} = 20.05 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_2 = 2239 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_1 = 20000 \text{ [kPa]}$$

$$P_4 = 20000 \text{ [kPa]}$$

$$s_2 = 6.796 \text{ [kJ/(kg*K)]}$$

$$T_1 = 700 \text{ [°C]}$$

$$w_{neto} = 1547 \text{ [kJ/kg]}$$

No unit problems were detected.

Problema # 3**Determinación de estados.****Estado # 1**

$$T_1 = 700 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$P_1 = 20000 \text{ [kPa]}$$

$$h_1 = h \text{ [water , T = } T_1, P = P_1 \text{]}$$

$$s_1 = s \text{ [water , T = } T_1, P = P_1 \text{]}$$

Estado # 2

$$P_2 = 20 \text{ [kPa]}$$

$$s_2 = s_1$$

$$h_{2s} = h \text{ [water , s = } s_2, P = P_2 \text{]}$$

Estado # 3

$$P_3 = P_2$$

$$T_3 = 40 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$h_3 = h \text{ [water , T = } T_3, P = P_3 \text{]}$$

$$s_3 = s \text{ [water , T = } T_3, P = P_3 \text{]}$$

Estado # 4

$$P_4 = P_1$$

$$s_4 = s_3$$

$$h_{4s} = h \text{ [water , P = } P_4, s = s_4 \text{]}$$

Alternativamente pudo calcularse primero el trabajo de entrada a la bomba ($w_{bomba} = v_3 \cdot (P_4 - P_3)$) y a partir de dicho trabajo y por medio de la primera ley, también es posible determinar h_{4s} .

Se determinará $w_{aturbina}$ Y w_{abomba} :

$$e_1 = e_2$$

$$h_1 = h_{2s} + w_{sturbina}$$

$$eff_{sturbina} = \frac{w_{aturbina}}{w_{sturbina}}$$

$$eff_{sturbina} = 0.77$$

$$h_3 + w_{sbomba} = h_{4s}$$

Alternativamente pudo calcularse el trabajo específico de entrada a la bomba como $w_{sbomba} = v_3 \cdot (P_4 - P_3)$.

$$\text{eff}_{\text{sbomba}} = \frac{W_{\text{sbomba}}}{W_{\text{abomba}}}$$

$$\text{eff}_{\text{sbomba}} = 0.9$$

$$h_3 + w_{\text{abomba}} = h_{4a}$$

eff:

$$h_{4a} + q_h = h_1 \quad q_h, 5 \text{ puntos}$$

$$W_{\text{neto}} = W_{\text{aturbina}} - W_{\text{abomba}} \quad 10 \text{ puntos}$$

$$\text{eff} = \frac{W_{\text{neto}}}{q_h} \quad 10 \text{ puntos}$$

Alternativamente $q_h = w_{\text{neto}} + q_l$, donde q_l puede ser determinado tras hacer primera ley en el condensador.

SOLUTION

Unit Settings: SI C kPa kJ mass deg

$$\text{eff} = 0.3275$$

$$h_1 = 3806 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_{4a} = 189.8 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_2 = 20 \text{ [kPa]}$$

$$q_h = 3616 \text{ [kJ/kg]}$$

$$s_3 = 0.5723 \text{ [kJ/(kg*K)]}$$

$$T_3 = 40 \text{ [°C]}$$

$$W_{\text{neto}} = 1184 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\text{eff}_{\text{sbomba}} = 0.9$$

$$h_{2s} = 2239 \text{ [kJ/kg]}$$

$$h_{4s} = 187.6 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_3 = 20 \text{ [kPa]}$$

$$s_1 = 6.796 \text{ [kJ/(kg*K)]}$$

$$s_4 = 0.5723 \text{ [kJ/(kg*K)]}$$

$$W_{\text{abomba}} = 22.28 \text{ [kJ/kg]}$$

$$W_{\text{sbomba}} = 20.05 \text{ [kJ/kg]}$$

$$\text{eff}_{\text{sturbina}} = 0.77$$

$$h_3 = 167.5 \text{ [kJ/kg]}$$

$$P_1 = 20000 \text{ [kPa]}$$

$$P_4 = 20000 \text{ [kPa]}$$

$$s_2 = 6.796 \text{ [kJ/(kg*K)]}$$

$$T_1 = 700 \text{ [°C]}$$

$$W_{\text{aturbina}} = 1207 \text{ [kJ/kg]}$$

$$W_{\text{sturbina}} = 1567 \text{ [kJ/kg]}$$

No unit problems were detected.