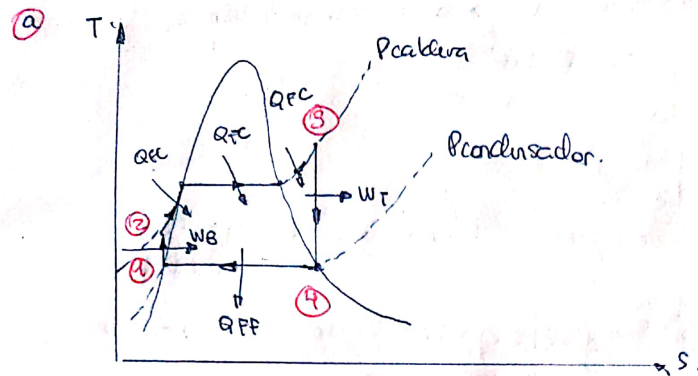


BORRERO PEREZ, Juan Manuel
LEG: 23567, ESP: Mecatrónica

Ciclo Rankine ideal con sobrecalentamiento

$\dot{m} = 18 \text{ kg/s}$, $P_3 = 15 \text{ MPa}$
 $T_3 = 450^\circ\text{C}$ } a la entrada de la turbina.
 $P_4 = P_1 = 25 \text{ kPa}$.

- a) Seleccionar diagrama T-s. (5p)
- b) Determinar en la pía h_f/h_g estados característicos (10p)
- c) Entropías $[h/kJ-k]$ 1, 2, 3 y 4. (8p)
- d) Fases en 1-2-3-4. (4p)
- e) Título o calidad en cada estado (6p)
- f) Consignar las tablas utilizadas (4p)
- g) Consigne la expresión para calcular x_4 (5p)
- h) Calcular $w_b [kJ/kg]$ y el sentido (8p)
- i) Calcular $w_T [kJ/kg]$ y el sentido (8p)
- j) Mencione consideraciones y expresiones utilizadas para calcular w_T (6p)
- k) $q_{re} [kJ/kg]$, considerando el signo (6p)
- l) Mencione las consideraciones y expresiones para calcular el calor intercambiado en la caldera (6p)
- m) $q_{rebo} [kJ/kg]$ (6p)
- n) Potencia neta $\dot{W}_{net} (kW)$ (6p)
- o) η_{ter} (6p)



b) Estado 1

líquido saturado: $x_1 = 0$.

$$P_1 = P_{sat} = 25 \text{ kPa.}$$

$$s_1 = s_f = 0,0932 \text{ kJ/kgK}$$

$$v_1 = v_f = 0,001020 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_1 = h_f = 271,96 \text{ kJ/kg. (TABLA A-5)}$$

Estado 2. líquido comprimido \rightarrow no corresponde a título

$$P_2 = P_3 = 15 \text{ MPa} = 15 \cdot 10^3 \text{ kPa.}$$

Balance de energía en la bomba: por unidad de masa.

$$\Delta e_{12} + \Delta e_{p,12} + \Delta h_{12} = -w_B + q_{12}^0$$

$$h_2 - h_1 = -w_B \Rightarrow h_2 = h_1 - w_B$$

$$h_2 = h_1 + \int_1^2 v dp = h_1 + v_1(P_2 - P_1)$$

$$h_2 = 271,96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 0,001020 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} (15 \cdot 10^3 \text{ kPa} - 25 \text{ kPa})$$

$$h_2 = 287,2345 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

considerando $s_2 = s_1 = 0,0932 \text{ kJ/kgK}$ y $P_2 = 15 \text{ MPa}$.

Se observa A-7. por interpolación se obtiene $287,68 \text{ kJ/kg}$ que no difiere mucho del resultado obtenido primero.

Conservamos $h_2 = 287,2345 \text{ kJ/kg}$

$$h_2 = 287,68 \text{ kJ/kg como resultado.}$$

(A)

Estado 3. \rightarrow vapor sobrecalentado \rightarrow no corresponde título.

$$h_3 = 3157,9 \text{ kJ/kg.} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{ TABLA A-8}$$

$$s_3 = 6,1434 \text{ kJ/kg-K}$$

Estado 4.

$$s_4 = s_3 = 6,1434 \text{ kJ/kg-K.}$$

$$P_{4\text{at}} = 25 \text{ kPa. se observa en sf} < s_4 < s_g \text{ para } P_{\text{sat}} = P_u = 25 \text{ kPa. (TABLA A-5)}$$

Fase: vapor húmedo.

$$x_4 = \frac{s_4 - s_f}{s_{fg}} = \frac{6,1434 \text{ kJ/kg-K} - 0,8932 \text{ kJ/kg-K}}{6,9370 \text{ kJ/kg-K}} = 0,75684 \quad (c)$$

Estados	$h \text{ [kJ/kg]}$	$s \text{ [kJ/kg-K]}$	x	Fase.	
1	271,96	0,8932	0	líquido saturado	\rightarrow Ensayos (b) (c) (d) \rightarrow TABLA A-5
2	287,68	0,8932	no corresp.	líquido comprimido	\rightarrow TABLA A-7
3	3157,9	6,1434	no corresp.	vapor sobrecal.	\rightarrow TABLA A-6
4	2047,13 2047,13	6,1434	0,75684	vapor húmedo.	\rightarrow TABLA A-5.

$$h_4 = x_4 h_{fg} + h_f = 0,75684 \cdot 2345,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 271,96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 2047,13 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (c)$$

8) $x_4 = \frac{s_4 - s_f}{s_{fg}}$; s_f, s_{fg} tomados a $P_{\text{sat}} = 25 \text{ kPa.}$
TABLA A-5.

12) Balance de energía por unidad de masa en la bomba:

$$\cancel{\Delta e_{12}} + \cancel{\Delta p_{12}} + \Delta h_{12} = -w_b + \cancel{q_{12}^o}$$

$$-(h_2 - h_1) = w_b$$

$$-(287,68 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 271,96 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) = -15,72 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

el signo indica el sentido del trabajo (sobre el sistema).

i) Balance de energía por unidad de masa en la turbina:

$$\cancel{\Delta e_{34}} + \cancel{\Delta p_{34}} + \Delta h_{34} = -w_t + \cancel{q_{34}^o}$$

$$-(h_4 - h_3) = w_t = -(2047,13 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 3157,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

BERNARDO PEREZ Juan Manuel
Leg: 13567, Esp: Mecatrónica

4

$w_T = 1110,77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ → el signo positivo indica que es un trabajo realizado por el sistema (entregado).

j) Se considera $\Delta ec \approx 0$ → despreciamos variación de energía cinética
 $\Delta ep \approx 0$ → potencial.

$q_{34} \approx 0$ → consideramos que la turbina es adiabática.
 $\Delta U_{vc} = 0$ → la turbina se modela como un SARE.

$\dot{m}_{ent} = \dot{m}_{sal}$ (flujo de masa de entrada igual al de salida)

Se aplica el primer principio a un VC en régimen permanente.

k) Consideramos el balance de energía por unidad de masa en la caldera:

$$\Delta ec_{23}^0 + \Delta ep_{23}^0 + \Delta h_{23} = q_{23} - w_{23}^0$$

$$h_3 - h_2 = q_{23} = q_{ec}$$

$$3157,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 287,68 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 2870,22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

↓
el signo positivo indica que es calor absorbido por el sistema.

l) $\Delta ec \approx 0$ → despreciamos variaciones de energía cinética y potencial
 $\Delta ep \approx 0$ →
 $w_{23} = 0$ → no se intercambia trabajo con el medio.

Se modela la ~~turb~~ caldera como un S.A.R.E. → $\dot{m}_{ent} = \dot{m}_{sal}$
→ $\Delta U_{vc} = 0$.

Se aplica el balance de energía a un VC en régimen permanente.

m) $q_{FF} = \Delta ec_{41}^0 + \Delta ep_{41}^0 + \Delta h_{41}$ → balance de energía en el condensador por unidad de masa.

→ no se intercambia trabajo.

$$q_{FF} = (-h_1 + h_4) \cdot (-1)$$

$$q_{FF} = [2047,13 - 271,96] \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = -1775,17 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

→ el signo negativo indica que es calor cedido por el sistema.

$$q_{neto} = q_{ec} + q_{FF}$$

$$q_{neto} = 2879,22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 1775,17 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 1095,05 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \rightarrow q_{neto}$$

RODRIGUEZ PEREZ, Juan Manuel
Leg: 13567; Esp: Mecatrónica *Perez*

5

② $w_{net} = q_{neto}$ (por tratarse de un ciclo de un sistema cerrado).

Luego: $\dot{W}_{net} = \dot{m} w_{neto} = 18 \frac{kg}{s} \cdot 1095,05 \frac{kJ}{kg} = 19710,9 kW = 19,7109 MW$

③ $\eta = \frac{w_{neto}}{q_{FC}} = \frac{1095,05 \frac{kJ}{kg}}{2870,22 \frac{kJ}{kg}} = 0,38152 \rightarrow \eta\% = 38,152\%$