

Niveau : M1PA

Durée : 01H30

Calculatrice autorisée- Pas de documents sauf les tables thermodynamiques de L'eau.

Mise en garde : **Attention !** Aucune communication entre les candidats **ne sera tolérée.**

Exercice 01 :

Soit un cycle Diesel théorique (Figure 01) dont le taux de compression est de 20. Au début de la compression, l'air se trouve à 95 kPa et à 20°C. En supposant que la température maximale dans le cycle ne peut dépasser 2200 K. Déterminez :

1. Le rendement thermique du cycle ;
2. La pression moyenne effective.

Admettez les hypothèses d'air standard simplifiées.

Données : $C_p(\text{air}) = 1,005 \text{ kJ/kg.K}$, $C_v(\text{air}) = 0,718 \text{ kJ/kg.K}$, $R = 0,287 \text{ kJ/kg.K}$, et $k = 1,4$

Exercice 02 :

Soit un cycle de Rankine idéal (Figure 02) qui produit une puissance nette de 45 MW. La vapeur d'eau entre dans la turbine à 7 MPa et à 500°C, et elle est refroidie dans le condenseur à 10 kPa avec l'eau d'une rivière qui circule dans le condenseur avec un débit de 2000 kg/s. Déterminez :

1. Le rendement thermique du cycle (η_{th}) ;
2. Le débit massique de la vapeur d'eau dans le circuit (\dot{m}) en kg/s;
3. L'augmentation de la température de l'eau (ΔT) de la rivière qui traverse le condenseur.

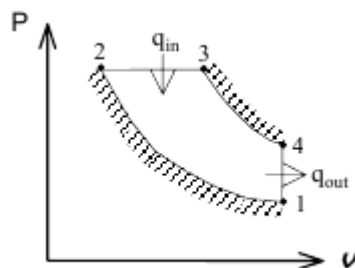


Figure 01 : Cycle de turbine à gaz

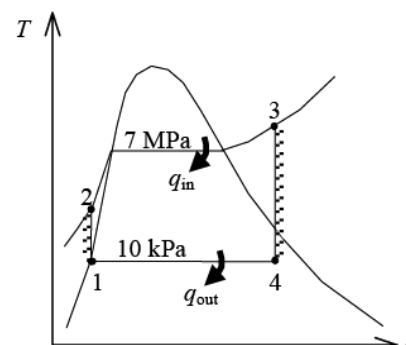


Figure 02 : Cycle de Rankine idéal

«Les jours se suivent et ne ressemblent pas »

Pr H.Madani

Contrôle de Thermodynamique

Exercice 01 :

An ideal diesel engine with air as the working fluid has a compression ratio of 20. The thermal efficiency and the mean effective pressure are to be determined.

Assumptions 1 The air-standard assumptions are applicable. 2 Kinetic and potential energy changes are negligible. 3 Air is an ideal gas with constant specific heats.

Properties The properties of air at room temperature are $c_p = 1.005 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, $c_v = 0.718 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, $R = 0.287 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$, and $k = 1.4$ (Table A-2).

Analysis (a) Process 1-2: isentropic compression.

$$T_2 = T_1 \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1} = (293 \text{ K})(20)^{0.4} = 971.1 \text{ K}$$

Process 2-3: $P = \text{constant}$ heat addition.

$$\frac{P_3 v_3}{T_3} = \frac{P_2 v_2}{T_2} \longrightarrow \frac{v_3}{v_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{2200 \text{ K}}{971.1 \text{ K}} = 2.265$$

Process 3-4: isentropic expansion.

$$T_4 = T_3 \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{k-1} = T_3 \left(\frac{2.265 v_2}{v_4} \right)^{k-1} = T_3 \left(\frac{2.265}{r} \right)^{k-1} = (2200 \text{ K}) \left(\frac{2.265}{20} \right)^{0.4} = 920.6 \text{ K}$$

$$q_{\text{in}} = h_3 - h_2 = c_p (T_3 - T_2) = (1.005 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K})(2200 - 971.1) \text{ K} = 1235 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{\text{out}} = u_4 - u_1 = c_v (T_4 - T_1) = (0.718 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K})(920.6 - 293) \text{ K} = 450.6 \text{ kJ/kg}$$

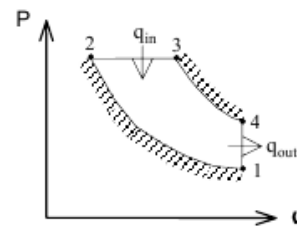
$$w_{\text{net,out}} = q_{\text{in}} - q_{\text{out}} = 1235 - 450.6 = 784.4 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{w_{\text{net,out}}}{q_{\text{in}}} = \frac{784.4 \text{ kJ/kg}}{1235 \text{ kJ/kg}} = \mathbf{63.5\%}$$

$$(b) \quad v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{(0.287 \text{ kPa}\cdot\text{m}^3/\text{kg}\cdot\text{K})(293 \text{ K})}{95 \text{ kPa}} = 0.885 \text{ m}^3/\text{kg} = v_{\text{max}}$$

$$v_{\text{min}} = v_2 = \frac{v_{\text{max}}}{r}$$

$$\text{MEP} = \frac{w_{\text{net,out}}}{v_1 - v_2} = \frac{w_{\text{net,out}}}{v_1 (1 - 1/r)} = \frac{784.4 \text{ kJ/kg}}{(0.885 \text{ m}^3/\text{kg})(1 - 1/20)} \left(\frac{\text{kPa}\cdot\text{m}^3}{\text{kJ}} \right) = \mathbf{933 \text{ kPa}}$$



Contrôle de Thermodynamique

Exercice 02 :

Assumptions 1 Steady operating conditions exist. 2 Kinetic and potential energy changes are negligible.

Analysis (a) From the steam tables (Tables A-4, A-5, and A-6),

$$h_1 = h_f @ 10 \text{ kPa} = 191.81 \text{ kJ/kg}$$

$$v_1 = v_f @ 10 \text{ kPa} = 0.00101 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\begin{aligned} w_{p,\text{in}} &= v_1 (P_2 - P_1) \\ &= (0.00101 \text{ m}^3/\text{kg})(7,000 - 10 \text{ kPa}) \left(\frac{1 \text{ kJ}}{1 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3} \right) \\ &= 7.06 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$h_2 = h_1 + w_{p,\text{in}} = 191.81 + 7.06 = 198.87 \text{ kJ/kg}$$

$$\left. \begin{aligned} P_3 &= 7 \text{ MPa} \\ T_3 &= 500^\circ\text{C} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} h_3 &= 3411.4 \text{ kJ/kg} \\ s_3 &= 6.8000 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} P_4 &= 10 \text{ kPa} \\ s_4 &= s_3 \end{aligned} \right\} x_4 = \frac{s_4 - s_f}{s_{fg}} = \frac{6.8000 - 0.6492}{7.4996} = 0.8201$$

$$h_4 = h_f + x_4 h_{fg} = 191.81 + (0.8201)(2392.1) = 2153.6 \text{ kJ/kg}$$

Thus, $q_{\text{in}} = h_3 - h_2 = 3411.4 - 198.87 = 3212.5 \text{ kJ/kg}$

$$q_{\text{out}} = h_4 - h_1 = 2153.6 - 191.81 = 1961.8 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{\text{net}} = q_{\text{in}} - q_{\text{out}} = 3212.5 - 1961.8 = 1250.7 \text{ kJ/kg}$$

and $\eta_{\text{th}} = \frac{w_{\text{net}}}{q_{\text{in}}} = \frac{1250.7 \text{ kJ/kg}}{3212.5 \text{ kJ/kg}} = 38.9\%$

(b) $\dot{m} = \frac{\dot{W}_{\text{net}}}{w_{\text{net}}} = \frac{45,000 \text{ kJ/s}}{1250.7 \text{ kJ/kg}} = 36.0 \text{ kg/s}$

(c) The rate of heat rejection to the cooling water and its temperature rise are

$$\dot{Q}_{\text{out}} = \dot{m} q_{\text{out}} = (35.98 \text{ kg/s})(1961.8 \text{ kJ/kg}) = 70,586 \text{ kJ/s}$$

$$\Delta T_{\text{cooling water}} = \frac{\dot{Q}_{\text{out}}}{(\dot{m}c)_{\text{cooling water}}} = \frac{70,586 \text{ kJ/s}}{(2000 \text{ kg/s})(4.18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C})} = 8.4^\circ\text{C}$$

