

EXAMEN FINAL
THERMODYNAMIQUE MEC 2210

Aucune documentation n'est permise

Calculatrice permise, programmable et non-programmable

Durée : 2h30

Professeurs E. Bilgen et T.H. Nguyen

Problème No 1 (4 points)

Considérons un cycle à air standard comprenant les évolutions suivantes :

Évolution 1-2, compression isentropique avec $T_1=300\text{ K}$, $P_1=100\text{ kPa}$ et $V_1/V_2 = 8.5$;

Évolution 2-3, évolution à volume constant avec un transfert de chaleur de 1400 kJ/kg d'air au système;

Évolution 3-4, détente isentropique; jusqu'à P_1

Évolution 4-1, compression à pression constante.

- a) Montrer le cycle sur les diagrammes $P-v$ et $T-s$;
- b) Déterminer le travail net du cycle en kJ/kg d'air;
- c) Déterminer le rendement du cycle.

Problème No 2 (4 points)

Considérons un cycle à vapeur avec un régénérateur ouvert. La vapeur entre dans la turbine à 9 MPa , 500 °C (état 1). Après une détente jusqu'à 0.8 MPa (état 2), une partie de la vapeur est extraite de la turbine afin de chauffer l'eau dans un régénérateur ouvert. La pression dans le régénérateur est de 0.8 MPa et l'eau en sort à l'état de liquide saturé. La vapeur non extraite se détend dans la turbine jusqu'à 0.01 MPa (état 3) avant d'entrer au condenseur qui fonctionne à la même pression.

L'eau sortant du condenseur en état de liquide saturé à 0.01 MPa (état 4) est pompée au régénérateur (état 5) à la pression du régénérateur.

L'eau sortant du régénérateur en état de liquide saturé à 0.8 MPa (état 6) est pompée jusqu'à 9 MPa (état 7) avant d'entrer dans la chaudière.

Sachant que la turbine a un rendement isentropique de 90% et que le travail net du cycle est de 110 MW :

- a) montrer le cycle sur un diagramme $T-s$
- b) déterminer le rendement thermique du cycle,

Problème No 3 (4 points)

La pression de saturation et l'enthalpie de vaporisation du réfrigérant R134a à 20 °C sont de 5.716 bars et 181.09 kJ/kg respectivement. Sa masse molaire est de 102.03 kg/kmol . →

En utilisant l'équation de Clapeyron, estimer la pression de saturation à 0 °C .

N. B. On peut utiliser l'approximation $v_g \gg v_f$, donc $v_{fg} = v_g$ à basse pression et considérer la vapeur de R134a comme un gaz parfait.

Problème No 4 (4 points)

L'air à 30°C et 101 kPa avec une humidité relative de 40% entre dans un échangeur de chaleur avec un débit volumique de 200 m³/min pour être refroidi à 18°C.

Déterminer :

- le débit massique de l'air sec en kg/min;
- l'humidité absolue (rapport d'humidité ω);
- le transfert thermique en kJ/min;
- l'humidité relative à la sortie de l'échangeur.

N. B. On peut considérer l'air comme un gaz parfait avec $R = 0.287$ kJ/kg.K et une chaleur massique constante $c_p = 1.005$ kJ/kg.K.

Problème No 5 (4 points)

Du méthane (CH₄) à 25°C et 1 atm est brûlé avec l'air théorique à 25°C et 1 atm dans une chambre de combustion isolée. Déterminer la température de flamme si 90% de carbone du méthane est transformé en CO₂ et le reste en CO.

N. B. On sait que la température de flamme adiabatique est entre 2500 et 2000 K.

FORMULES ET TABLES UTILES

$$v_{r1}/v_{r2} = v_1/v_2$$

$$P_{r1}/P_{r2} = P_1/P_2$$

(pour une évolution isentropique d'un gaz parfait)

$$(dP/dT)_{\text{sat}} = (h_g - h_f)/(T(v_g - v_f))$$

(Équation de Clapeyron)

$$y = (h_6 - h_5)/(h_2 - h_5)$$

(fraction de vapeur envoyée dans le régénérateur)

$$\omega = m_v/m_a = 0.622 P_v / P_a$$

(rapport d'humidité)

$$\phi = P_v / P_g$$

(humidité relative)

$$R_u = 8.314 \text{ kJ/kmol.K}$$

(constante universelle des gaz parfaits)

Tables des propriétés : A4 (p. 830), A5 (p. 832-833), A6 (834-836), A17 (p. 849-850), A18 (p. 851-852), A19 (p.853-854), A20 (p.855-856), A21 (p. 857-858), A23 (p. 860-861), A26 (p. 863).

$$\frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \quad \text{K} \cdot \frac{\text{kmol}}{\text{K} \cdot \text{P}}$$