Serie TD N°4

Exercice 01

Une turbine à vapeur, dont le rendement interne est 80 % , fonctionne suivant le cycle de Hirn à 480 °C. Et à la pression à l'entrée de la turbine 80 bar. La température de la vapeur humide sortant de la turbine est 35 °C.

Calculer :

1/ Le titre de vapeur sortant de la turbine et le rendement thermique du cycle réversible.

2/ Le rendement thermique du cycle réversible si le travail de la pompe est négligeable.

3/ La puissance théorique (détente réversible) produit par la turbine si le débit de la vapeur est de 3600kg/min.

4/ La puissance effective (réelle pour la détente irréversible) produit par la turbine.

Exercice 02

1/ Au cours d'un cycle, une machine thermique échange :

- Une quantité de chaleur Q_2 avec une source chaude à la température T_2.

- Une quantité de chaleur Q_1 avec une source froide à la température T_1

- Un travail W avec le milieu extérieur.

Les cycles suivants sont-ils possibles ?

a. $Q_1 = -60\text{kJ}$; $Q_2 = -150\text{kJ}$; $W = -210\text{kJ}$; $T_2 = 1200\text{K}$; $T_1 = 300\text{K}$

b. $Q_1 = -60\text{kJ}$; $Q_2 = 150\text{kJ}$; $W = -90\text{kJ}$; $T_2 = 650\text{K}$; $T_1 = 300\text{K}$

c. $Q_1 = 150\text{kJ}$; $Q_2 = -180\text{kJ}$; $W = 30\text{kJ}$; $T_2 = 27\,°\text{C}$; $T_1 = -20°\text{C}$

2. Une pompe à chaleur fonctionnant entre T_1 = - 5°C et T_2 = 20 °C peut-elle avoir un coefficient d'efficacité $\eta = 15$?

Exercice 03

Dans un local fermé, on souhaite maintenir une température T_1= 293k, tandis que l'air extérieur est à la température T_2 = 313k.

Le fluide qui décrit le cycle est l'hélium, assimilé à un gaz parfait pour le quel $\delta = 5/3$

Cp = 1260 KJ/Kg.k et M= 4g/mol.

Le fluide travers successivement ;

- Un compresseur ou le fluide subit une compression adiabatique réversible qui l'amène de A (T_1, P_1) à l'état B (T_3, P_2).
- Un échangeur (E_2) ou la chaleur échangée entre le fluide et la source chaude est Q_2, ce qui amène le fluide dans l'état E (T_2, P_2).
- Une vanne de détende (D) ou le fluide subit une détende adiabatique réversible qui l'amène dans l'état F (T_4, P_1).
- Un échangeur (E_1) ou la chaleur échangée entre le fluide et la source froide est Q_1, ce qui ramène le fluide dans l'état A.

  1/ Calculer les températures T_1 et T_4 des états B et F.

  2/ Donner l'allure en coordonner (P, V), préciser le sens parcours du cycle, Conclusion.

  3/ Calculer les valeurs Q_1 et Q_3 des chaleurs échangées par une masse m= 1Kg d'hélium lors de la traversées des échangeurs (E_1) et (E_2).

4/ Déterminer le travail utile W_{cycle} échangée au cours d'un cycle par un masse m= 1Kg d'hélium. Calculer l'efficacité **e** de l'installation**.**

5/ La puissance thermique évacuée pour climatiser le local étant. Déterminer la puissance minimale du moteur qui actionne le compresseur

Donner : P_1= 2.10^3 Hpa ; P_2 = 3.10^5 pa, R= 8,314 J.K^{-1}.mol^{-1}

Exercice 04

La puissance thermique d'une pompe à chaleur P_c est 20 Kw, on souhaite réchauffer une maison à la température T_1 = 20 °c, par l'utilisation de l'eau d'un lac ayant une température T_2 = 7 °c.

Le fluide à l'intérieur de la pompe échange W, Q_1 et Q_2.

1/ Rappeler le cycle de Carnot en (PV).

2/ Ecrire le 1er et le 2ème principe de la thermodynamique.

3/ Définir et calculer l'efficacité pour la pompe.

4/ Calculer la puissance mécanique du compresseur, et déduire leur travail, sachant que ; q_v= 5 m^3/s, et $\rho\ du\ gaz\ utilisé = 2{,}3\ g/l$.

Solution1 s

1. On doit vérifier :

Le premier principe pour un cycle : $(\Delta U = 0) \Leftrightarrow (W + Q_1 + Q_2 = 0)$

Le deuxième principe : $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$

a. $(Q_1 + W + Q_2 = -60 - 150 - 210 \neq 0) \Leftrightarrow$ (Le premier principe n'est pas vérifié)

b. $\left(\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0.43 \succ 0\right) \Leftrightarrow$ (Le deuxième principe n'est pas vérifié)

c. $\begin{pmatrix} \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = -0.21 \leq 0 \\ W + Q_1 + Q_2 = 0 \end{pmatrix} \Leftrightarrow$ (Les deux principes sont vérifiés et qui correspond le cas d'une machine frigorifique)

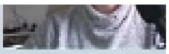
2. Le rendement η doit être inférieur ou égale à η_{Carnot}

$$\eta_{Carnot} = \left|\frac{Q_2}{W}\right| = \frac{-Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2} = \frac{T_2}{T_2 - T_1} = 11.72 \prec 15 \qquad \text{(IV.20)}$$

Non, la pompe ne peut pas avoir un coefficient d'efficacité $\eta = 15$ car dans ce cas $\eta \succ \eta_{Carnot}$

Solution 2

Correction:



1. La transformation A→B est adiabatique et réversible et le gaz est parfait donc: $T_1^{\gamma} P_1^{1-\gamma} = T_3^{\gamma} P_2^{1-\gamma}$

Soit:

$$T_3 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 293 \times \left(\frac{2.10^5}{3.10^5}\right)^{\frac{1-1,6667}{1,6667}} = 293 \times 1,176 = 345K$$

De même, pour la transformation E→F, on a: $T_2^{\gamma} P_2^{1-\gamma} = T_4^{\gamma} P_1^{1-\gamma}$

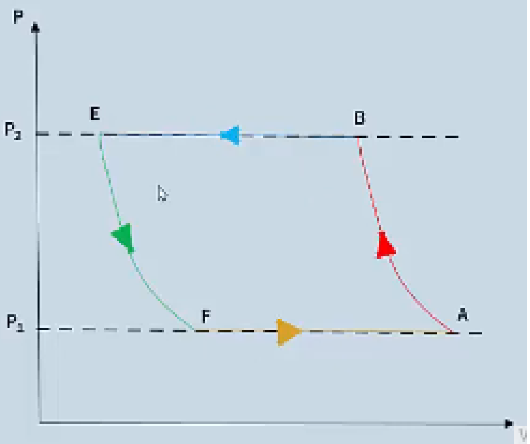
Soit:

$$T_4 = T_2 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 313 \times \left(\frac{3.10^5}{2.10^5}\right)^{\frac{1-1,6667}{1,6667}} = 313 \times 0,850 = 266K$$

2. Le cycle de l'hélium dans le diagramme de coordonnées (P, V) a l'allure ci-contre

L'hélium effectue un cycle de transformations dans le sens antihoraire: il s'agit donc d'un Cycle récepteur.

Le travail reçu par l'hélium au cours d'un cycle est positif.



3. La chaleur échangée par le gaz au cours d'une transformation isobare est égale à sa variation d'enthalpie entre les états initial et final, or l'enthalpie d'un gaz parfait ne dépend que de sa température (deuxième loi de Joule). Pour la transformation F→A dans l'échangeur E_1, $Q_1 = mC_p(T_1 - T_4)$ et pour la transformation B→E dans l'échangeur E_2, $Q_2 = mC_p(T_2 - T_3)$

On obtient: $Q_1 = 1{,}41\times10^5$ J

$Q_2 = -1{,}66\times10^5$ J

4. Le premier principe de la thermodynamique appliqué au cycle permet d'écrire: $W_{cycle} = -Q_{cycle}$

Or: $Q_{cycle} = Q_1 + Q_2$ donc $W_{cycle} = -(Q_1 + Q_2) = -(1{,}41\times10^5 - 1{,}66\times10^5) = 2{,}49\times10^4$ J

cette machine est destinée au refroidissement d'un local ; son efficacité ξ est celle d'une machine frigorifique: $\xi = \left|\frac{Q_1}{W_c}\right|$. En fonction des chaleurs Q_1 et Q_2.

On a: $\xi = \left|\frac{Q_1}{Q_1 + Q_2}\right|$. Le calcul donne: $\xi = \left|\frac{1{,}41\times10^5}{1{,}41\times10^5 - 1{,}66\times10^5}\right| = 5{,}64$

5. La puissance thermique constante P_{th} évacuée du local est reçue intégralement par le gaz dans l'échangeur E_1 et $P_{th} = \frac{W_c}{\Delta t}$ (Delta t est la duré d'un cycle).
Pendant cette même durée, la masse m d'hélium reçoit en traversant le compresseur la puissance mécanique constante P_m avec $P_m = \frac{W_c}{\Delta t}$. Donc l'efficacité de la machine est $\xi = \frac{P_{th}}{P_m}$. Soit: $P_m = \frac{P_{th}}{\xi}$. On trouve après calcul: **P_m=0,46 kW**

Rép : 1/

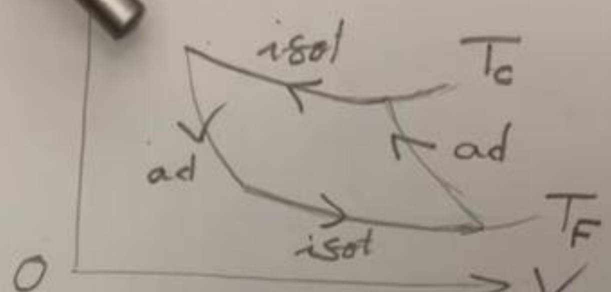


diagramme de Clapeyron

2/ 1er principe: $\Delta U = W + Q_1 + Q_2 = 0$

2ème " : $\Delta S = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$

3/ $\left[C.O.P = -\frac{Q_1}{W} \right] > 0$

4) $C.O.P = \frac{-Q_1}{-Q_1 - Q_2} = \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2} = \frac{1}{1 + \frac{Q_2}{Q_1}}$

- On récupère 20 fois l'énergie que l'on lui donne

5/ $e_c = -\frac{Q_1}{W} = \left[\frac{-Q_1 \cdot t}{W \cdot t} \right] = \frac{P_c}{P_m} = 20$

$\hookrightarrow P_m = 1\ KW$