

A. Modélisation d'une machine réfrigérante ditherme

Système : Σ

1. Signes des échanges

Premier principe pour un cycle : $\Delta U = W + Q_f + Q_c = 0$

Second principe pour un cycle : $\frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} \leq 0$

On veut un transfert thermique $Q_f > 0$ pour refroidir la source froide.

On a donc $Q_c \leq -T_c \frac{Q_f}{T_f}$

Ainsi $Q_c < 0$ et comme $T_c > T_f$ on a $|Q_c| > Q_f$

Or $W = -Q_c - Q_f$

Avec les remarques précédentes $W > 0$.

Ainsi **$W > 0$, $Q_c < 0$ et $Q_f > 0$**

2. Efficacité

Par définition $e_f = \frac{\text{grandeur valorisable}}{\text{grandeur coûteuse}} \Leftrightarrow \mathbf{e_f = \frac{Q_f}{W}}$

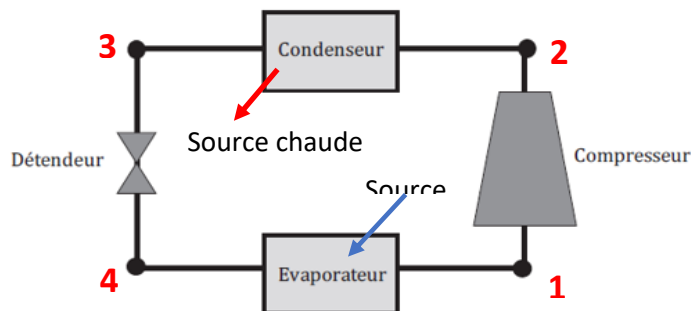
Efficacité maximale est obtenue pour **un cycle réversible**.

On a laors d'après 1 $Q_c = -\frac{T_c}{T_f} Q_f$

Et donc $W = (\frac{T_c}{T_f} - 1) Q_f \Leftrightarrow \mathbf{e_f^{max} = \frac{T_f}{T_c - T_f}}$

B. Etude d'un cycle réfrigérant à compression de vapeur

3. Annotation



Cycle avec compression réversible

4. Diagramme

Voir à la fin

5. Tableau de valeurs

| Point | 1 | 2 | 2s | 3 | 4 |
|----------------|-----|------|------|---------|-----------------------|
| P(bar) | 3,0 | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 3,0 |
| T(°C) | 10 | 60,0 | 50 | 30 | 0,0 |
| Etat du fluide | Gaz | Gaz | Gaz | Liquide | Equilibre liquide/gaz |
| h(kJ/kg) | 405 | 438 | 430 | 242 | 242 |

6. Choix des températures

Cela permet d'avoir des plus grands échanges thermiques avec la source froide.

Cycle avec compression non réversible

7. Application numérique

D'après la formule $\mathbf{h_2 - h_1 = \frac{h_{2s} - h_1}{\eta} = \frac{4}{3} (430 - 405) = 33 \text{ kJ.kg}^{-1}}$

On en déduit **$h_2 = 438 \text{ kJ.kg}^{-1}$**

8. Voir tableau

9. Valeurs des entropies

La transformation 1,2 est irréversible la variation d'entropie est augmentée de l'entropie créée.

Détermination de l'efficacité de la machine

10. Premier principe système ouvert

On a $\Delta h = q + w_u$ en notant w_u le travail utile

11. $e = f(h_i)$

On applique le premier principe système ouvert :

transformation 4-1 ; $h_1 - h_4 = q_f$ car $w_u = 0$ J

transformation 1-2 ; $h_2 - h_1 = w_u$ car le compresseur est calorifugé

d'où
$$e = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

12. Application numérique

$$e = \frac{405 - 242}{438 - 405} = \frac{163}{33} = \underline{4,9}$$

C. Utilisation d'un réfrigérateur

Evaluation des fuites thermiques

Système : L'intérieur du réfrigérateur

13. Signe de λ

On considère des pertes thermiques de la par du réfrigérateur donc $P_{Th} < 0$.

Or $T_c > T$ on a donc $\lambda < 0$

14. Equation en T

On s'intéresse à une transformation durant l'intervalle de temps dt.

Transformation monobare $dQ = dH$

Modèle des phases condensées : $dH = CdT$

Fuite thermique : $dQ = P_{th}dt = \lambda(T_c - T)dt$

d'où
$$\frac{dT}{dt} = \frac{\lambda}{C}(T_c - T)$$

15. La température au cours du temps

On intègre entre $t = 0$ et t

$$\ln \frac{T_c - T}{T_c - T_F} = -\frac{\lambda}{C} t$$

Soit
$$T = T_c - (T_c - T_F) \exp\left(-\frac{\lambda}{C} t\right)$$

16. Valeur de T_c et T_F

On relève sur le graphe à $t = 0$ $T = \underline{T_F = 277K}$

On relève sur le graphe à $t \rightarrow \infty$ $T = \underline{T_c = 293K}$

17. Valeur de λ

$$\ln \frac{T_c - T}{T_c - T_F} = f(t) \text{ est une droite de pente } \frac{\lambda}{C}$$

On relève sur le graphe $\frac{\lambda}{C} = \frac{-5}{52}$

D'où $\lambda = \frac{-5}{52} \times 3 \times 10^5 = \underline{-0,29 \times 10^5 \text{ J.K}^{-1}.\text{h}^{-1}}$

Fonctionnement en régime stationnaire

18. Efficacité

$$\text{On } e_f = K_{ef}^{\max} = K \frac{T_F}{T_c - T_F} = \frac{1}{4} \frac{277}{293 - 277} = \frac{277}{4 \times 16} = \underline{4,3}$$

19. Puissance thermique

$$P_{th} = \lambda(T_c - T_F) = -0,29 \times 10^5 (293 - 277) = \underline{-1,2 \times 10^5 \text{ W.h}}$$

20. Puissance motrice

$$e_f = \frac{Q_f}{W} = -\frac{P_{th}}{P_c} \Leftrightarrow P_c = -\frac{P_{th}}{e_f} = \frac{1,2 \times 10^5}{4,3} = \underline{0,28 \times 10^5 \text{ W.h}}$$

R134a Ref. D.P. Wilson & R.S. Basu, ASHRAE Transactions 1985, Vol. 94 part 2.

DTU, Department of Energy Engineering
 s in [kJ/(kg K)]. v in [m³/kg]. T in [°C]
 M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen. 17-12-19

