

MECA 1855 Thermodynamique et Energétique

Séance 10 - Cycles à vapeur

Exercice 1

Afin de produire une puissance nette de 125 MW , on envisage un cycle de Rankine-Hirn. Etant donné la source froide disponible, la température minimale atteignable au condenseur est de 33°C . Les caractéristiques de la vapeur surchauffée à l'entrée de la turbine sont $p = 30\text{ bar}$ et $t = 540^\circ\text{C}$. On suppose que la détente dans la turbine est caractérisée par un rendement isentropique $\eta_{si} = 0.88$.

On demande de déterminer les caractéristiques (p , T , h , x , s) aux divers états, et de calculer le travail moteur et le rendement thermique du cycle, ainsi que le débit massique nécessaire pour produire la puissance requise. Le rendement mécanique (η_{mec}) vaut 0.998

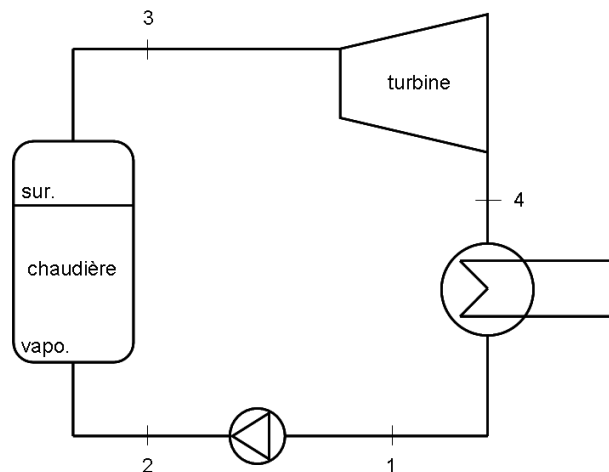


FIGURE 1 – Cycle de Rankine-Hirn

Exercice 2

Dans un cycle TGV, une turbine à gaz délivre à la chaudière de récupération à trois niveaux de pression un débit de 690 kg/s de fumées à une température de 650°C . La turbine à vapeur associée est composée de trois corps : haute pression ($HP = 120\text{ bar}$), moyenne pression ($MP = 30\text{ bar}$) et basse pression ($BP = 2\text{ bar}$). Les rendements isentropiques des corps MP et BP sont égaux ($\eta_{si} = 0.92$). La pression au condenseur est de 50 mbar .

1. La vapeur HP surchauffée est produite par la chaudière de récupération à la température de 565°C (état 1). Cette vapeur quitte le corps HP à la pression MP, et à une température de 350°C (état 2). Calculez le rendement isentropique du corps HP, et le débit de vapeur HP nécessaire pour que ce corps délivre une puissance motrice de 32.5 MW .
2. La vapeur quittant le corps HP est ensuite resurchauffée dans la chaudière de récupération, pour retrouver la même température qu'après la première surchauffe (état

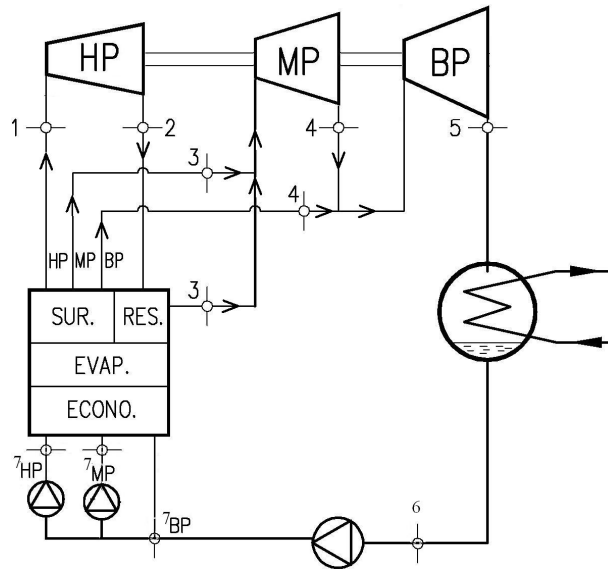


FIGURE 2 – Cycle à vapeur dans une installation TGV

- 3). Ce débit de vapeur resurchauffée est mélangé à 16 kg/s de vapeur MP issus de la chaudière, à la même température. Calculez la température de la vapeur à la sortie du corps MP (état 4), la pression atteinte en sortie de corps étant bien entendu la pression BP. Quelle est la puissance produite par le corps MP ?
3. Un débit de 9 kg/s de vapeur BP est produit par la chaudière de récupération et est détendu dans le corps BP avec le débit issu du corps MP. Calculez le titre de la vapeur qui entre au condenseur (état 5), et la puissance produite par le corps BP.
4. Représentez tous les états particuliers du cycle dans un diagramme (T, s).
5. Quelle est la puissance totale produite par la turbine ?
6. Quelle est la puissance thermique échangée entre les fumées de la turbine à gaz et les circuits eau/vapeur dans la chaudière de récupération ? On négligera l'échauffement de l'eau alimentaire lors de son passage dans les pompes.
7. Quel est le rendement thermique du cycle à vapeur ?
8. En assimilant les gaz de fumées à de l'air (chaleur massique de 1.05 kJ/kg/K), quelle sera leur température à la sortie de la chaudière de récupération ?

Exercice 3

Afin de produire une puissance nette de 125 MW , on envisage différents types de cycles. Pour ceux-ci, la pression au condenseur supposée invariable est de 0.05 bar . Les caractéristiques de la vapeur surchauffée à l'entrée de la turbine basse pression sont $p = 30 \text{ bar}$ et $t = 540^\circ\text{C}$. Le rendement mécanique (η_{mec}) vaut 0.998 . Les différents cycles envisagés sont :

- un cycle de Rankine-Hirn où l'on suppose que la détente dans la turbine est caractérisée par un rendement isentropique $\eta_{si} = 0.88$;
- un cycle à resurchauffe (greffé sur le précédent) pour lequel la pression à l'entrée de la turbine haute pression vaut 140 bar . Les valeurs des rendements isentropiques pour la turbine haute pression et basse pression sont $\eta_{si,HP} = 0.92$ et $\eta_{si,BP} = 0.88$, respectivement ;

- un cycle à soutirage (greffé sur R-H), placé de façon optimale ;
- un cycle à resurchauffe et soutirage (greffé sur R-H).

On demande, pour chaque cycle :

- de déterminer le travail moteur, le rendement thermique (η_t) et les caractéristiques (p,t,h,x,s) aux divers états,
- de représenter ces différents états dans un diagramme (h,s),
- de calculer les valeurs du débit-masse d'eau.

Exercice 4 - Centrale à laminage

Un débit masse d'eau de 75 [kg/s] subit une série d'évolutions :

- 1-2 : un relèvement de pression adiabatique avec des travaux de frottement caractérisés par un rendement interne égal à 0.8 ; ceci a lieu dans une pompe.
- 2-3 : un relèvement isobare d'enthalpie dans une chaudière ;
- 3-4 : une détente dans une vanne ;
- 4-5 : une détente dans une turbine à vapeur caractérisée par un rendement isentropique interne égal à 0.86 ;
- 5-1 : une condensation isobare de la vapeur d'eau jusqu'à un état de liquide saturé.

L'état 1 est caractérisé par une pression de 0.05 bar. La pression en 2 vaut 80 bar. Dans la chaudière, l'eau est soumise à un flux calorifique de 225 MW ; le rendement de la chaudière est supposé unitaire et les pertes de charge y sont négligées. A l'état 4, la pression vaut 28 bar. La pression en 5 vaut 0.05 bar. On demande :

- de représenter qualitativement les différentes évolutions dans un diagramme (h, s) ;
- de déterminer les caractéristiques (p, t, h, s, x) de l'eau aux divers états ;
- de calculer la puissance motrice de la pompe ($P_{m,P}$) et la puissance de la turbine ($P_{m,T}$).