

Insegnamento
di
"CONVERSIONE DELL'ENERGIA"
(Prof. Ennio Macchi)

VERIFICA del 07/06/2006

Parte prima: domande per cui è richiesto uno sviluppo numerico e/o la stesura di grafici e schemi (si assumano valori ragionevoli per tutti i dati non indicati nel testo e necessari per le risposte)

1. Una sorgente geotermica fornisce una portata costante pari a 10 kg/s di una miscela di acqua e vapore a 180 °C, con titolo di vapore pari al 60%. Si assuma per lo stato morto acqua liquida a 15 °C e 1 bar a.

Si richiede di calcolare:

- La massima potenza meccanica idealmente ricavabile da detta sorgente
- La frazione di detta potenza che si dissiperebbe separando il liquido dal vapore a 180 °C e utilizzando il solo vapore nell'impianto di potenza

Proprietà TDN (con riferimento $h=0$ e $S=0$ al punto triplo (0.01 °C):

tensione di vapore: a 180°C: 10.027 bar a

vapore saturo a 180 °C $h= 2776.27$ kJ/kg, $S= 6.5819$ kJ/kg/K

liquido saturo a 180°C $h= 763.12$ kJ/k

2. Si consideri una turbina assiale monostadio avente le seguenti specifiche:
 - Fluido di lavoro = aria (supposta gas ideale a $c_p=1.0$ kJ/kg costante, $M=29$)
 - Pressione di ingresso = 15 bar a
 - Temperatura di ingresso = 1000 K
 - Pressione di scarico = 1 bar a

Si assuma un limite alla velocità periferica pari a 400 m/s.

Si richiede:

- Di tracciare i triangoli delle velocità, spiegando i motivi delle scelte effettuate
- Di descrivere perché il rendimento della turbina risulterà modesto

3. Si consideri un ciclo combinato basato su una turbina a gas caratterizzata dai seguenti parametri operativi:
 - $T_{amb} = 15$ °C
 - Rapporto di compressione = 15
 - TIT = 1400 °C
 - Portata d'aria aspirata = 400 kg/s

Si ipotizzi di introdurre una perdita di carico di 1 bar fra compressore e combustore.

Si richiede:

- Di tracciare l'andamento qualitativo nel piano T-s del ciclo a gas con e senza la perdita di carico
- Di calcolare la potenza dissipata per attrito causata da questa irreversibilità
- Di calcolare che frazione di tale potenza può essere recuperata e convertita in potenza meccanica
- Di spiegare come questo recupero può avere luogo per l'impianto considerato

4. Si consideri un ciclo combinato a un livello di pressione, con post-combustione a monte della caldaia a recupero. Supponendo di mantenere costanti al variare della post-combustione:

- La pressione e la temperatura del vapore (100 bar a, 500 °C, $h = 3374.60$ kJ/kg)
- La temperatura di condensazione (40 °C)
- Il sub-cooling (sottoraffreddamento del liquido all'uscita dell'economizzatore) nella caldaia a recupero (pari a 0 °C)
- La differenza di temperatura minima (pinch point) nella caldaia a recupero pari a 15 °C
- Il calore specifico dei gas di scarico ($c_p = 1.15$ kJ/kg/K)
- Il calore specifico del condensati ($c = 4.2$ kJ/kg/K)

Si richiede:

- Di tracciare il diagramma temperatura-potenza termica della caldaia a recupero
- Di calcolare la temperatura a valle della post-combustione oltre la quale risulta conveniente effettuare spillamenti rigenerativi nella turbina a vapore

Parte seconda: domande che non richiedono sviluppi numerici

1. Si descrivano i motivi per cui le turbine a gas a ciclo semplice sono adatte per servizi di punta
2. Si spieghi perché è lecito trascurare gli effetti di gas reale per le turbine a gas a ciclo aperto
3. Si tracci l'andamento qualitativo dell'entropia specifica dell'anidride carbonica (temperatura critica = 31 °C, pressione critica = 73.8 bar a) per un'isoterma a 50°C nel campo di pressioni 0-100 bar a
4. Si spieghi perché, a parità di potenza, la velocità di rotazione di una turbina eolica è molto inferiore a quello di una turbina a gas
5. Si spieghino i motivi termodinamici per cui i cicli ibridi (celle a combustibile + turbine a gas) possono raggiungere rendimenti elettrici molto elevati
6. Si spieghi perché nei cicli a vapor saturo la turbina ha elevati rapporti di espansione, indipendentemente dal fluido di lavoro
7. Perché, a pari rapporto di compressione totale, la perdita di rendimento legata alle irreversibilità fluidodinamiche nel compressore è minore in un ciclo di turbina a gas interrefrigerato rispetto a uno non interrefrigerato?
8. Per quali motivi, a parità di ciclo termodinamico, una centrale a vapore alimentata a carbone ha un rendimento inferiore a quello di una centrale alimentata a gas?
9. Perché in una turbina a vapore di una moderna centrale termoelettrica si adottano, in alcuni punti, flussi supersonici?
10. A pari TIT, varia il tenore di ossigeno nei gas di scarico fra una turbina a gas di derivazione aeronautica o di una industriale? Spiegarne il motivo.
11. Quali provvedimenti si possono adottare per diminuire le perdite causate dalle irreversibilità di combustione?
12. Perché il numero di stadi di una turbina a vapore è molto superiore a quello di una turbina a gas ?
13. Perché, a pari salto entalpico elaborato, una pompa ha molti più stadi di un ventilatore?
14. Spiegare la teoria dell'incidenza unica per una macchina supersonica
15. Quali sono le più significative emissioni nocive di una centrale alimentata a carbone?