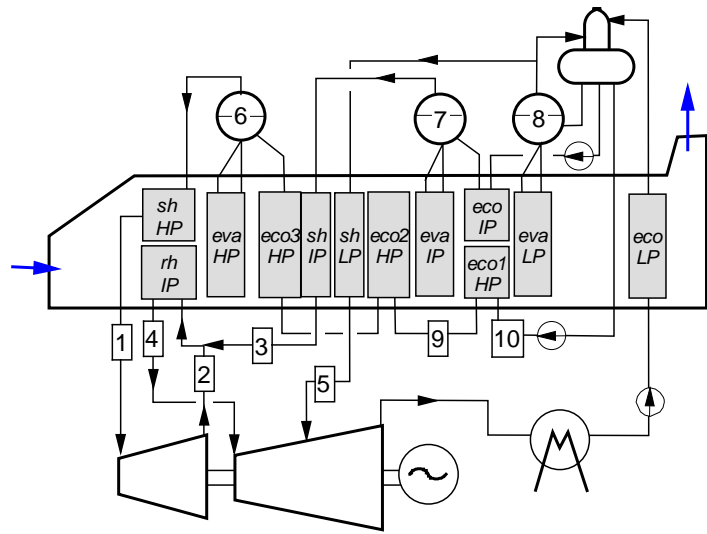


# Corso di Sistemi Energetici L

Esame del 1-9-2014

1. La caldaia a recupero a tre livelli di pressione mostrata in figura recupera calore da 665 kg/s di fumi a 610°C ( $c_p$  medio fumi=1.13 kJ/kg-K). Sono assegnate le seguenti condizioni del vapore:
- $G_1=76.8$  kg/s;  $h_1=3508$  kJ/kg;  
 $h_2=3093$  kJ/kg;  $G_3=15.6$  kg/s;  
 $h_3=3041$  kJ/kg;  $h_4=3603$  kJ/kg;  
 $G_5=10.4$  kg/s;  $h_5=3065$  kJ/kg;  $T_6=331^\circ\text{C}$ ;  
 $h_{6,liq}=1532$  kJ/kg;  $h_{6,vap}=2667$  kJ/kg;  
 $T_7=230^\circ\text{C}$ ;  $h_{7,liq}=990$  kJ/kg;  
 $h_{7,vap}=2802$  kJ/kg;  $T_8=144^\circ\text{C}$ ;  
 $h_{8,liq}=605$  kJ/kg;  $h_{8,vap}=2738$  kJ/kg;  
 $T_9=225^\circ\text{C}$ ;  $T_{10}=150^\circ\text{C}$ ;  $h_{10}=612$  kJ/kg. È inoltre noto che in tutti gli



economizzatori si ha un  $\Delta T$  di sub-cooling di  $5^\circ\text{C}$  e che le perdite termiche sono pari allo 0.6% del calore scambiato dai fumi. Per l'acqua liquida si consideri un  $c_p$  medio di 5 kJ/kg-K. Si chiede di:

- Tracciare un diagramma T-Q dello scambio termico in caldaia e indicare se è possibile migliorare la disposizione dei banchi di scambio in qualche punto per migliorare il rendimento atteso. (10)
  - Calcolare il  $\Delta T$  di pinch-point sull'evaporatore di media pressione. (10)
  - Calcolare le perdite di Exergia al camino in % rispetto all'Exergia disponibile nei fumi, considerando che la temperatura dei fumi a camino e la temperatura ambiente sono rispettivamente  $82^\circ\text{C}$  e  $15^\circ\text{C}$ . (10)
2. Una centrale elettrica a carbone di potenza  $850 \text{ MW}_e$  e rendimento 43% brucia un carbone con potere calorifico di 24 MJ/kg e un contenuto di carbonio e di zolfo rispettivamente del 70% e del 3.5% in peso. La centrale è dotata di un impianto di desolforazione con efficienza del 95%.
- Si calcoli l'emissione specifica di  $\text{CO}_2$  ed  $\text{SO}_2$  al camino per MWh di elettricità prodotta. (15)
  - In seguito all'introduzione di una tassa sulle emissioni di  $\text{SO}_2$  pari a 5 €/kg $_{\text{SO}_2}$ , si valuti se è conveniente sostituire l'attuale carbone con costo 60 €/t, con un carbone più pregiato con il medesimo potere calorifico e con un contenuto di zolfo dello 0.6%, di costo pari a 100 €/t. (15)

( $MM_C=12$  kg/kmole,  $MM_S=32$  kg/kmole,  $MM_{\text{CO}_2}=44$  kg/kmole,  $MM_{\text{SO}_2}=64$  kg/kmole)

3. Si tracci la linea di preriscaldamento dell'acqua di un ciclo a vapore dal condensatore all'ingresso dell'acqua in caldaia, considerando un totale di 8 rigeneratori, incluso il degasatore (come quarto rigeneratore nella direzione dell'acqua). Si discuta il criterio di scelta del numero totale dei rigeneratori. (20)
4. Sulla curva caratteristica del compressore di una turbina a gas, si mostri il punto di funzionamento nelle seguenti condizioni: (i) condizioni di riferimento, (ii) aumento della temperatura ambiente e (iii) diminuzione della temperatura ambiente. (20)