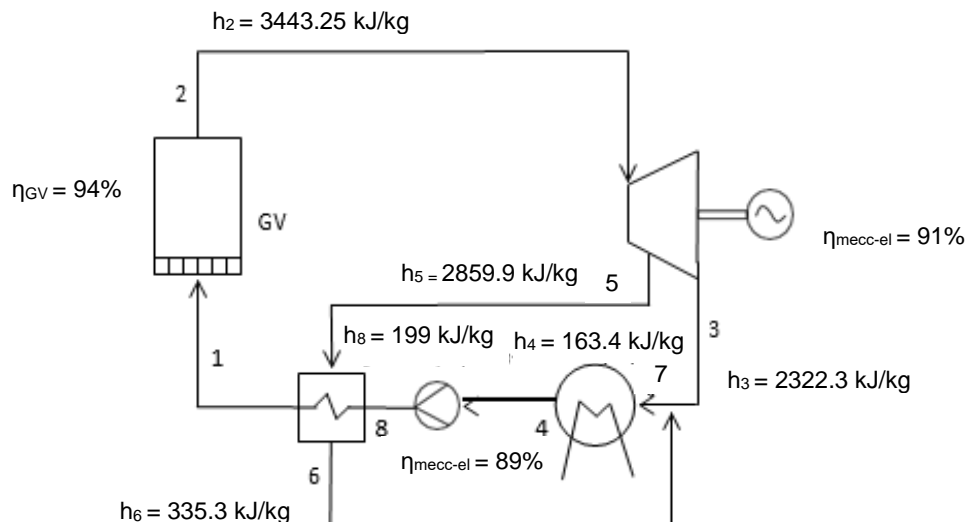


POLITECNICO DI MILANO
ESERCITAZIONI DI SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA
Allievi Fisici A.A. 2021/2022
Prof. Andrea Giotri

Cicli Termodinamici

1. Una macchina motrice opera in modo irreversibile tra due sorgenti a temperatura costante $T_s=1200^\circ\text{C}$ e $T_f=20^\circ\text{C}$. La potenza termica ceduta dal serbatoio termico superiore è pari a $Q_s=100\text{ kW}$, mentre il rendimento di secondo principio della macchina è 0.5. Calcolare la potenza meccanica prodotta dalla macchina. [40 kW]
2. Si consideri una turbina a gas, funzionante secondo un ciclo Joule-Brayton aperto con rapporto di compressione pari a 6. Il fluido di lavoro è aria (trascurare la modifica di composizione dovuta alla combustione e la portata di combustibile) (gas biatomico, $MM = 28.9\text{ kg/kmol}$). La temperatura all'ingresso del compressore è 280 K, mentre quella all'ingresso della turbina è $T_3 = 1250\text{ K}$. Considerare le trasformazioni di cessione di calore e introduzione di calore isobare. Sapendo che il rendimento isoentropico del compressore e della turbina sono rispettivamente 0.9 e 0.92, si chiede:
- Di rappresentare il ciclo nel piano T-s
 - La temperatura del gas all'uscita del compressore e all'uscita della turbina
 - Il rapporto tra lavoro di compressione e lavoro fornito alla turbina
 - Il rendimento termodinamico
- [$T_c = 488\text{ K}$, $T_t = 789\text{ K}$, $L_c / L_t = 2.22$, $\eta = 33.18\%$]
3. Una centrale termoelettrica è realizzata mediante il ciclo Rankine rigenerativo rappresentato nello schema in figura. Sapendo che la portata nel punto 1 è pari a 45 kg/s e quella nel punto 5 è pari a 5 kg/s, calcolare: (i) la potenza elettrica prodotta dalla turbina a vapore, (ii) la potenza elettrica assorbita dalla pompa di alimento, (iii) la potenza termica scambiata nel rigeneratore e (iv) il rendimento elettrico netto della centrale sapendo che il rendimento del trasformatore elettrico è pari a 99% e che la potenza elettrica assorbita dagli ausiliari (esclusa la pompa di alimento) è pari a 400 kW.
[(i) 43.46 MW, (ii) 1800 kW, (iii) 12623 kW, (iv) 28.8%]



4. Un ciclo Joule chiuso utilizza elio come fluido di lavoro (massa molare pari a 4,00 kg/kmol, calori specifici costanti e rapporto calori specifici γ pari a 5/3). All'inizio della compressione la temperatura è 45°C e la pressione 40 bar; all'inizio dell'espansione la temperatura è 1000°C e la pressione 100 bar. Inoltre, la massa circolante di elio è 50 kg/s ed il rendimento isoentropico sia del compressore sia della turbina è 85%. Le perdite di carico negli scambiatori sono trascurabili. Nell'ipotesi di gas perfetto, si chiede di:

- Disegnare il ciclo termodinamico sul piano T-s indicando i punti caratteristici del ciclo;
- Calcolare la temperatura di fine compressione e la potenza di compressione;
- Calcolare la temperatura di fine espansione e la potenza di espansione;
- Valutare la potenza introdotta nel ciclo, la potenza utile prodotta e il rendimento termodinamico.

[$T_c = 210.65^\circ\text{C}$, $L_c = 43.04 \text{ MW}$, $T_t = 668^\circ\text{C}$, $L_t = 86.3 \text{ MW}$, $Q_{in} = 205 \text{ MW}$, $L_{net} = 43 \text{ MW}$, $\eta = 21.07\%$]

5. Un impianto a ciclo Rankine con potenzialità di 600 MW impiega acqua come fluido di lavoro. I limiti di pressione tra i quali opera sono $p_{\min} = 0.05 \text{ bar}$ e $p_{\max} = 150 \text{ bar}$, mentre la temperatura massima del ciclo è $T_{\max} = 600^\circ\text{C}$. All'uscita della pompa l'entalpia dell'acqua è $h = 160 \text{ kJ/kg}$ mentre in turbina si ha un'espansione isoentropica. Si chiede di rappresentare qualitativamente lo schema di impianto, di rappresentare il ciclo nel piano T-s e calcolare il rendimento del ciclo e la portata di acqua di alimento.

[$\eta = 0.445$, $m = 393.4 \text{ kg/s}$]