

.....
NOME e COGNOME

.....
CORSO di LAUREA

.....
VOTO

Termodinamica

In un impianto termoelettrico ad energia solare si realizza un ciclo Rankine, con fluido operativo R134a, composto dalle seguenti trasformazioni:

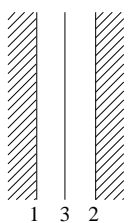
- **compressione isentropica in una pompa dalla pressione $p_1=0.7$ MPa fino alla pressione $p_2=2$ MPa;**
- **fornitura di calore a pressione costante fino a raggiungere lo stato di vapore saturo alla pressione $p_3=p_2$;**
- **espansione isentropica in turbina fino alla pressione $p_4=p_1$;**
- **sottrazione di calore a pressione costante fino a raggiungere lo stato di liquido saturo alla pressione p_1 .**

Trascurando il lavoro della pompa:

1. si tracci il ciclo sul diagramma p–h fornito, rilevando le entalpie dei capisaldi: h_1, h_2, h_3, h_4 ed il titolo x_4 ;
2. si determini la quantità di calore fornita al ciclo Q_{23}^+ , espressa in kJ/kg;
3. si calcoli il rendimento del ciclo η .
4. nell'ipotesi che i collettori solari forniscano al ciclo un flusso termico specifico $q''=0.3$ kW/m², si calcoli la superficie dei collettori necessaria a sviluppare la potenza di 1000 kW.

Trasmissione del calore

Come schematizzato in figura, uno schermo alla radiazione è interposto tra due ampie superfici piane parallele poste a breve distanza.



Le superfici sono caratterizzate da:

- Superficie 1: $T_1=1000$ K, $\varepsilon_1=0.8$;
- Superficie 2: $T_2=500$ K, $\varepsilon_2=0.8$;
- Superficie 3: $\varepsilon_3=0.05$.

Calcolare:

1. Il flusso termico netto q'' , per unità di area, fra le superfici 1 e 2
2. La temperatura T_3 dello schermo.

Nota

La costante di Stefan–Boltzmann vale:

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

SOLUZIONI

Termodinamica

$$h_1 = h_2 = 237 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = 428 \text{ kJ/kg}, s_3 = 1,7 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$h_4 = 408 \text{ kJ/kg}, x_4 = 0.97$$

$$Q_{23} = h_3 - h_2 = 191 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta = 1 - \frac{h_4 - h_1}{h_3 - h_2} = 0,1047$$

$$q_{23} = P/\eta = 1000/0,1047 = 9.55 \times 10^3 \text{ kW}$$

$$A = q_{23}/q'' = 9.55 \times 10^3/0.3 = 31833 \text{ m}^2$$

Trasmissione del calore

poiché $A_1 = A_2 = A_3 = A$, $F_{13} = F_{32} = 1$, la resistenza termica totale è data da:

$$R_{tot} = \frac{1}{A} \left[\left(\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1} + 1 + \frac{1 - \varepsilon_{31}}{\varepsilon_{31}} \right) + \left(\frac{1 - \varepsilon_{32}}{\varepsilon_{32}} + 1 + \frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2} \right) \right] = \frac{1}{A} \left[\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1 - \varepsilon_{31}}{\varepsilon_{31}} + \frac{1 - \varepsilon_{32}}{\varepsilon_{32}} \right]$$

si ha:

$$1. \quad q''_{12} = q_{12}/A = \frac{\sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} + \frac{1 - \varepsilon_{31}}{\varepsilon_{31}} + \frac{1 - \varepsilon_{32}}{\varepsilon_{32}}} = 1312.5 \text{ W/m}^2$$

$$2. \quad R_{13} = \frac{1}{A} \left(\frac{1 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1} + 1 + \frac{1 - \varepsilon_{31}}{\varepsilon_{31}} \right) = \frac{1}{A} \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_{31}} - 1 \right)$$

$$q_{12}^- = \frac{(E_n)_1 - (E_n)_2}{A R_{13}} \rightarrow (E_n)_3 = \sigma T_3^4 = (E_n)_1 - q''_{12} A R_{13}$$

$$T_3 = \left(T_1^4 - q''_{12} A R_{13} / \sigma \right)^{\frac{1}{4}} = 853.7 \text{ K}$$