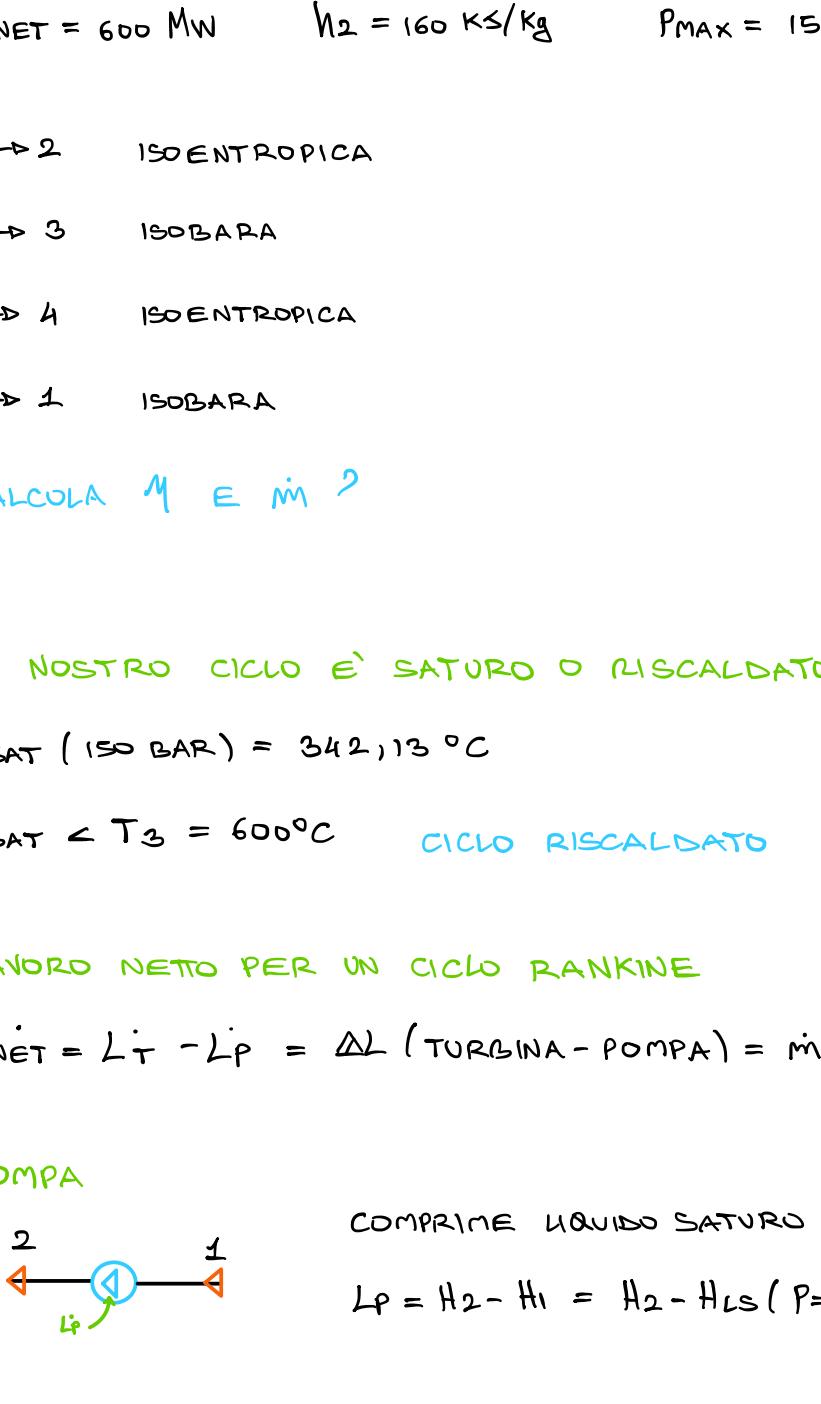


ES - Cicli

Monday, 13 December 2021 17:58

CICLO RANKINE

SI BASA SU TRANSIZIONE DI FASE



$$L_{NET} = 600 \text{ MW} \quad h_2 = 160 \text{ kJ/kg} \quad P_{MAX} = 150 \text{ BAR} \quad T_{MAX} = 600^\circ\text{C} \quad P_{MIN} = 0,05 \text{ BAR}$$

1 → 2 ISOENTROPICA

2 → 3 ISOBARICA

3 → 4 ISOENTROPICA

4 → 1 ISOBARICA

CALCOLA M E \dot{m}

IL NOSTRO CICLO E' SATOLO O RISCALDATO?

$$T_{SAT}(150 \text{ BAR}) = 342,13^\circ\text{C}$$

$T_{SAT} < T_3 = 600^\circ\text{C}$ CICLO RISCALDATO

LAVORO NETTO PER UN CICLO RANKINE

$$L_{NET} = L_T - L_p = \Delta h(\text{TURBINA} - \text{POMPA}) = \dot{m}(h_3 - h_4) = 600 \text{ MW}$$

POMPA

COMPRIME LIQUIDO SATURO E LO COMPRIME

$$L_p = h_2 - h_1 = h_2 - h_{LS}(P=0,05 \text{ BAR}) = 22,23 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

TURBINA

$$|L_T| = h_3 - h_4 = h_{VS}(P=150 \text{ BAR}) - h_4 = 1547,46 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{ISOENTROPICA } S_3 = S_4 = S(P=150 \text{ BAR}, T=600^\circ\text{C}) = 6,7 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$$

$$\text{CALCOLO TITOLIO DI VAPORE } \chi_4 = \frac{S_4 - S_{LS}}{S_{VS} - S_{LS}} = 0,78585$$

$$h_4 = \chi_4 h_{VS}(P_4) + (1 - \chi_4) h_{LS}(P_4) = 2042,54 \text{ kJ/kg}$$

PECULIARITA' CICLO

LAVORI SPECIFICI DI COMPRESSIONE DI UN LIQUIDO E ESPANSIONE DI UN VAPORE

CONSUMA POCO PER COMPRIMERE IL LIQUIDO, PRODUCENDO TANTO ESPANDENDO UN FLUIDO AD ALTO VALORE SPECIFICO

POTENZA NETTA

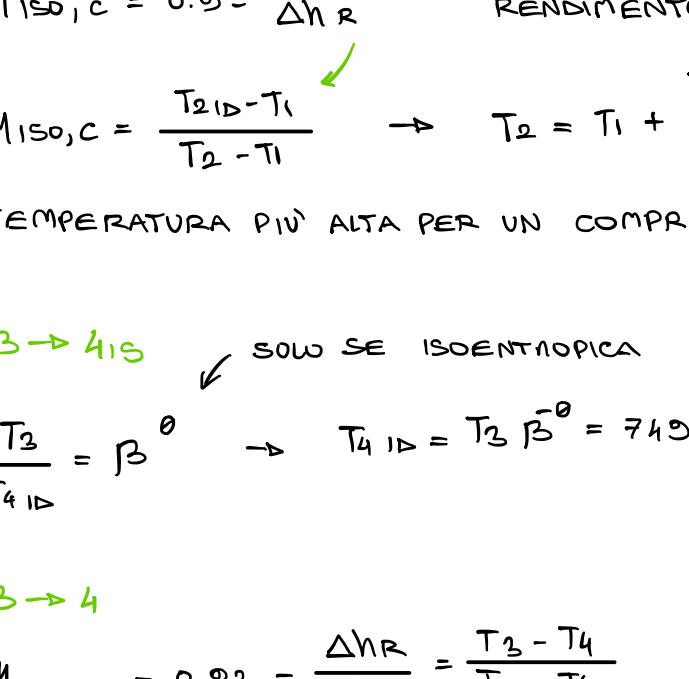
$$L_{NET} = L_T - L_p = \dot{m}(h_3 - h_4) - \dot{m}(h_2 - h_1) = \dot{m}(L_T - L_p)$$

$$\rightarrow \dot{m} = \frac{L_{NET}}{L_T - L_p} \quad \begin{array}{l} \text{PONTATA CHE CIRCOLA DEL FLUIDO} \\ \text{PONTATA COSTANTE (NO SPILAMENTI RIGENERATIVI)} \end{array}$$

RENDIMENTO DELL' IMPIANTO

$$M_{NET} = \frac{L_{NET}}{Q_{IN}} = \frac{L_{NET}}{\dot{m}(h_2 - h_1)} = 44,5 \%$$

3) CENTRALE TERMOELETTRICA



PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA PARTENDO DA UN CICLO TERMODINAMICO

CICLO RANKINE RIGENERATIVO

RIGENERAZIONE DI SUPERFICIE

(8 → 1) ACQUA 8 SI RISCALDA DA SPIALMENTO DI VAPORE DA TURBINA SENZA CHE 1 2 FLUIDI SI MISCELINO

M₁ = 45 kg/s

M₅ = 5 kg/s SPIALMENTO RIGENERATIVO

L_{POMPA}, L_{TURBINA}, Q_{MIXER}, M_{NETTO} DELLA CENTRALE

"POTENZA DEGLI AVVIALI" 400 kW

TURBINA A VAPORE

$$\begin{array}{ll} \text{MASSA: } & M_2 = M_5 + M_3 \\ \text{ENERGIA: } & M_2 h_2 = M_5 h_5 + M_3 h_3 + L_T \\ & | M_3 = M_2 - M_5 \\ & | L_T = M_2 h_2 - M_5 h_5 - M_3 h_3 \end{array}$$

L_T NON E' IL LAVORO ELETTRICO MA QUELLO SCAMBIAUTO TRA FLUIDO E PALE

DENO CONSIDERARE INEFFICIENZE MECANICHE

$$L_{T,EL} = L_T \cdot M_{MECC-EL} = 43457 \text{ kW}$$

POMPA A FLUIDO

PRENDE LIQUIDO SATURO LS VESENTE DAL CONDENSATORE E LO PONTE ALE CONDIZIONI 8

$$\begin{array}{ll} \text{MASSA: } & M_4 = M_8 = M_1 = 45 \text{ kg/s} \\ \text{ENERGIA: } & M_4 h_4 + L_p = M_1 h_1 \quad L_p = M_1 (h_8 - h_4) = 1602 \text{ kW} \end{array}$$

$$L_{P,EL} = \frac{L_p}{M_{MECC-EL}} = \frac{L_p}{0,85} = 1880 \text{ W}$$

LE INEFFICIENZE AVVANTANO IL CONSUMO

RIGENERATORE A SUPERFICIE

$$\begin{array}{ll} M_5 = M_6 = 5 \text{ kg/s} \\ M_6 = M_1 = 45 \text{ kg/s} \\ \text{NO MIXER (1 2 FLUIDI NON SI MISCELANO)} \end{array}$$

$$M_5 h_5 + M_6 h_6 = M_6 h_6 + M_1 h_1 \rightarrow M_5 (h_5 - h_6) = M_6 (h_1 - h_6)$$

$$Q_{SPILL} = M_5 (h_1 - h_6) \quad \text{POTENZA TERMICA CEDUTA DAL CALORE SPIALATO EQUAGUA QUELLA ASSORBITA DALL'ACQUA} = 12623 \text{ W}$$

PER AVERE LAVORO NETTO CI SERVE CHE $L_E > L_C$, CINCA IL DOBPIO

EFFETTO DI VARIAZIONE DEL VOLUME SPECIFICO

RENDIMENTO

$$M = \frac{\text{EFFETTO UTILE}}{\text{INPUT ENERGETICO}} = \frac{L_{NET}}{Q_{IN}} = \frac{L_{EXP} - L_{COMP}}{C_p(T_3 - T_1)} = 33,3 \%$$

QUANTO EFFICIENTEMENTE CONverte CALORE IN LAVORO

RENTO D' GASO PERCHE' SCARICHANDO GAS CALDI

4) CICLO SOULE-BRAYTON CHIUSO (NO COMBUSTORE)

ESPERTO DI COMPRESSEORE E ESPANSORE $\beta = 6$

ARIA FLESSO DI LAVORO

TRASCURA MODIFICA COMPOSIZIONE DOPO COMBUSTIONE

IPOTESI $M_{COMB} \approx 0 \rightarrow M_2 = M_3$

$$\text{DATI } T_1 = 280 \text{ K} \quad T_2 = 1250 \text{ K} \quad M_{CO} = 0,5 \quad \eta_E = 0,82$$

ESPANSORE O TURBINA?

SPRESSO "TURBINA A GAS" INTENDE L'INTERO IMPIANTO (COMPRESSORE, COMBUSTORE ED ESPANSORE)

CALCOLA T_4 , T_2 , L_T , L_C , M ?

CICLO SU DIAGRAMMA TS

1 → 2 ISOBARICA (ADIABATICA)

POLIATROPIA CON $N = \gamma$

$$\text{GAS GIATOMICO } \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5} \quad \theta = (\gamma - 1)/\gamma$$

$$\frac{T_{2,10}}{T_1} = \theta \rightarrow T_{2,10} = T_1 \theta = 467,4 \text{ K}$$

TEMPERATURA PIU' ALTA PER UN COMPRESSORE ADIABATICO

3 → 4 ISOBARICA SOTTO SE ISOENTROPICA

$$\frac{T_3}{T_4} = \theta \rightarrow T_3 = T_4 \theta^{\gamma} = 745 \text{ K} \quad \text{CON } \theta = \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

4 → 1 ISOBARICA

$$T_4 = T_3 - M_{10,E} (T_3 - T_4) = 780 \text{ K}$$

MACHINA LAVORA SU DIVERSE TEMPERATURE MA STESSA PRESSIONE

LAVORO COMPRESSORE ED ESPANSORE

$$L_C [\text{kJ/kg}] = C_p \cdot \Delta T = C_p (T_2 - T_1) \quad \frac{L_E}{L_C} = \frac{T_3 - T_4}{T_2 - T_1} = 2,217$$

PER AVERE LAVORO NETTO CI SERVE CHE $L_E > L_C$, CINCA IL DOBPIO

EFFETTO DI VARIAZIONE DEL VOLUME SPECIFICO

RENDIMENTO

$$M = \frac{\text{EFFETTO UTILE}}{\text{INPUT ENERGETICO}} = \frac{L_{NET}}{Q_{IN}} = \frac{L_{EXP} - L_{COMP}}{C_p(T_3 - T_1)} = 33,3 \%$$

QUANTO EFFICIENTEMENTE CONverte CALORE IN LAVORO

RENTO D' GASO PERCHE' SCARICHANDO GAS CALDI

4) CICLO SOULE-BRAYTON CHIUSO (NO COMBUSTORE)

ESPERTO DI COMPRESSEORE E ESPANSORE $\beta = 6$

ARIA FLESSO DI LAVORO

TRASCURA MODIFICA COMPOSIZIONE DOPO COMBUSTIONE

1 → 2 ISOBARICA

SE ISOENTROPICA IDEALE: $\frac{T_{2,10}}{T_1} = \beta^{\theta}$

$$T_{2,10} = T_1 \beta^{\theta} = 458,8 \text{ K}$$

T₂ REALE

$$M_{10} = 0,85 = \frac{\Delta h_{10}}{\Delta h_R} \approx \frac{T_{2,10}}{T_2} \quad \text{POICHÉ' INCOMPRESSIBILE}$$

$$T_2 = T_{2,10} M_{10}^{-1} = 210,65^\circ\text{C} = 483,8 \text{ K}$$

T₄ ISOBARICA

$$M_{10} = 0,85 = \frac{\Delta h_{10}}{\Delta h_R} \approx \frac{T_4}{T_{4,10}} = \beta_{EXP}^{\theta}$$

$$\theta = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \quad \text{CON } \gamma_{MONO} = \frac{5}{3}$$

NON SIANO IN CASO IDEALE PER COMPRESSEORE E EXPANSORE

POTENZA TERMICA IN INGRESSO

$$Q_{IN} = \dot{m} C_p (T_3 - T_2) = \dot{m} \Delta h = 205083 \text{ kW}$$

VALE SOLO PER GAS PENETRI

Q_{IN} < N_{NET} POICHÉ' STO GENERANDO ENERGIA

RENDIMENTO

$$M = \frac{W_{NET}}{Q_{IN}} \approx 21 \%$$

$$M_{IDEALE} (SB) = 1 - \beta^{\theta} \approx$$

$$M_{IDEALE} (\text{CARNOT}) = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

NON SIANO IN CASO IDEALE PER COMPRESSEORE E EXPANSORE

POTENZA TERMICA IN Uscita

$$L_{NET} = L_{EXP} - L_{COMP} = C_p (T_3 - T_4) - C_p (T$$