

Prova scritta di Fisica Tecnica – 17 luglio 2000
(ing. Meccanica, Elettrica, Elettronica, Navale, Materiali)
(ing. Civile, Edile, Ambientale)

.....
NOME e COGNOME

.....
CORSO di LAUREA

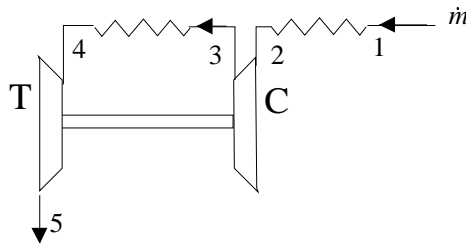
.....
VOTO

Tema A

Termodinamica

Per condizionare un velivolo commerciale si segue lo schema d'impianto rappresentato in figura. Una portata d'aria $\dot{m}=2$ kg/s viene spillata dai motori alla temperatura $t_1=200$ °C e pressione $P_1=1,8\cdot 10^5$ Pa, si raffredda isobaricamente sino alla temperatura $t_2=110$ °C, viene compressa sino alla pressione $P_3=2,4\cdot 10^5$ Pa con rendimento isoentropico $\eta_{ic}=0,8$. Viene di nuovo raffreddata a pressione costante sino alla temperatura $t_4=90$ °C per entrare poi in una turbina dove si espande sino alla pressione $P_5=0,72\cdot 10^5$ Pa con rendimento isoentropico $\eta_{ie}=0,8$. Considerando l'aria gas ideale con $k=1,4$ e $M=28,97$ kg/kmol si chiede di determinare:

1. il tracciamento qualitativo delle trasformazioni nel piano T-s;
2. la temperatura di uscita dell'aria t_5 ;
3. il flusso termico totale scambiato con l'ambiente;
4. la portata volumetrica dell'aria nella condizione 5.



Trasmissione del calore

Una caldaia a gas è dotata di un camino a tubi coassiali per l'aspirazione dell'aria comburente e per l'espulsione dei fumi. Il diametro del tubo interno di spessore trascurabile è $d=80$ mm, mentre quello del tubo esterno è $D=125$ mm. La portata d'aria richiesta è $\dot{m}_a=33,98$ kg/h con calore specifico $c_{pa}=1,006$ kJ/(kg K) e scorre nel tubo esterno, la portata dei fumi è $\dot{m}_f=35,78$ kg/h, con calore specifico $c_{pf}=1,2$ kJ/(kg K), e scorre nel condotto interno. La temperatura d'ingresso dell'aria è $t_{fe}=0$ °C, mentre i fumi all'uscita della caldaia hanno una temperatura $t_{ce}=180$ °C. Affinchè non ci siano problemi di condensazione del vapore nei fumi la minima temperatura ammissibile è $t_{cu}=120$ °C. Nel condotto interno il coefficiente di scambio termico è pari a $\alpha_i=15$ W/(m² K), mentre in quello esterno è pari a $\alpha_e=10$ (W/m² K). Si chiede di calcolare

1. il tracciamento dei profili di temperatura per i due condotti;
2. la massima lunghezza ammissibile per il camino.

Termodinamica

$$c_p = \frac{\bar{R}}{M} \cdot \frac{k}{k-1} = 1,004 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$\dot{q}_{12}^- = \dot{m} c_p (T_2 - T_1) = 2 \cdot 1,004 (110 - 200) = -180,7 \text{ kW}$$

$$T'_3 = T_2 \left(\frac{p_3}{p_2} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 415,8 \text{ K}$$

$$T_3 = T_2 + \frac{(T'_3 - T_2)}{\eta_{ic}} = 151 \text{ °C}$$

$$\dot{q}_{34}^- = \dot{m} c_p (T_4 - T_3) = -122,5 \text{ kW}$$

$$T'_5 = T_4 \left(\frac{p_5}{p_4} \right)^{\frac{k-1}{k}} = 257,34 \text{ K}$$

$$T_5 = T_4 - (T_4 - T'_5) \cdot \eta_{ie} = 5,44 \text{ °C}$$

$$\dot{q}_{tot} = |\dot{q}_{12}^-| + |\dot{q}_{34}^-| = 180,7 + 122,5 = 303,2 \text{ kW}$$

$$v_5 = \frac{\bar{R}}{M} \frac{T_5}{p_5} = 1,110 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\dot{V} = 2,220 \text{ m}^3/\text{s}$$

Trasmissione del calore

$$\dot{m}_a = 9,439 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}, \quad \dot{m}_f = 9,939 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_a c_{pa} = 9,50 \cdot 10^{-3} \text{ kW/K}$$

$$\dot{m}_f c_{pf} = 1,193 \cdot 10^{-2} \text{ kW/K}$$

$$|q| = \dot{m}_f c_{pf} (t_{ce} - t_{cu}) = 0,716 \text{ kW}$$

$$t_{fu} = t_{fe} + \frac{|q|}{\dot{m}_a c_{pa}} = 75,4 \text{ °C}$$

$$\Delta_1 = t_{ce} - t_{fu} = 104,6 \text{ K}$$

$$\Delta_2 = t_{cu} - t_{fe} = 120 \text{ K}$$

$$\Delta t_{ml} = \frac{\Delta_1 - \Delta_2}{\ln(\Delta_1 / \Delta_2)} = 112 \text{ K}$$

$$U = \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_e} \right)^{-1} = 6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$L = \frac{q}{\pi d U \Delta t_{ml}} = 4,24 \text{ m}$$