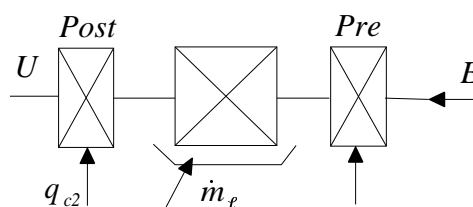


Esercizio 1

In un impianto di condizionamento, nel periodo invernale, una portata d'aria esterna \dot{m}_E , a pressione atmosferica, alla temperatura t_E ed umidità relativa φ_E , viene umidificata e riscaldata nell'impianto rappresentato in figura. L'umidificazione avviene tramite un saturatore adiabatico a cui viene fornita una portata \dot{m}_t d'acqua alla temperatura $t_t = 12^\circ\text{C}$. Le batterie di pre e post-riscaldamento forniscono un flusso termico globale q_t . Sapendo che l'aria in uscita dal saturatore è in condizioni di saturazione si chiede di determinare:

1. tracciare le trasformazioni dell'aria umida in un diagramma Carrier;
2. l'entalpia h_E e l'umidità specifica x_E dell'aria nelle condizioni esterne;
3. l'entalpia h_u , l'umidità specifica x_u , l'umidità relativa φ_u e la temperatura t_u dell'aria umida nelle condizioni di uscita dall'impianto;
4. temperatura t_s ed entalpia h_s dell'aria umida all'uscita del saturatore.
5. Il flusso termico fornito dalla batteria di post-riscaldamento q_{c2} .

Gruppo	\dot{m}_E (kg/h)	t_E (°C)	φ_E (%)	\dot{m}_t (kg/h)	q_t (kW)
A	1500	5	85	10	18
B	2500	10	65	20	30



per l'acqua la pressione di saturazione [Pa] in funzione della temperatura [°C] può venire valutata con le relazioni:

$$p_s(t) = 611,85 \cdot \exp\left(\frac{17,502 \cdot t}{240,9 + t}\right), \quad t_s(p) = \frac{240,9}{\frac{17,502}{\ln(p_s/611,85)} - 1}$$

$$c_{pa} = 1,006 \text{ kJ/(kg K)}, \quad c_{pv} = 1,875 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$r_0 = 2,501 \cdot 10^3 \text{ kJ/kg}, \quad p_{atm} = 101325 \text{ Pa}$$

Esercizio 2

Uno scambiatore di calore a tubi concentrici in controcorrente riscalda una portata d'acqua dalla temperatura t_{fe} alla temperatura t_{fu} utilizzando una portata di olio diatermico che si raffredda dalla temperatura t_{ce} alla temperatura t_{cu} . Il tubo interno ha diametro $D_i = 20 \text{ mm}$, mentre il coefficiente globale di scambio termico, riferito alla superficie interna è $U_i = 500 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. In queste condizioni i due fluidi scambiano il flusso termico q_{cc} . Si chiede di determinare:

1. il tracciamento degli andamenti della temperatura dei fluidi;
2. la lunghezza dello scambiatore L ;
3. le capacità termiche di flusso del fluido caldo C_c e di quello freddo C_f ;

Lo scambiatore per errore viene montato in equicorrente, mantenendo invariate le temperature di entrata dei fluidi e le capacità termiche di flusso, per la nuova configurazione si chiede:

4. il valore di M ;
5. la differenza di temperatura all'ingresso Δt_e e all'uscita dello scambiatore Δt_u ;
6. il flusso termico scambiato q_{ec} ;

Gruppo	t_{ce} (°C)	t_{cu} (°C)	t_{fe} (°C)	t_{fu} (°C)	q_{cc} (W)
A	160	140	20	80	3000
B	150	120	30	70	3500

Termodinamica applicata (A)

$$p_E = 611,85 \cdot e^{\frac{17,502 \cdot t_E}{240,9 + t_E}} = 873 \text{ Pa}, \quad x_E = 0,622 \frac{\varphi_E \cdot p_E}{p_{atm} - \varphi_E \cdot p_E} = 4,591 \text{ E-3 kg}_v/\text{kg}_a$$

$$h_E = c_{pa} t_E + x_E (c_{pv} t_E + r_0) = 16,56 \text{ kJ/kg}$$

$$h_\ell = c_{p_\ell} t_\ell = 0,14 \text{ kJ/kg}$$

$$h_u = h_E + h_\ell + \frac{q_t}{\dot{m}_E} = 59,89 \text{ kJ/kg}, \quad x_u = x_E + \frac{\dot{m}_\ell}{\dot{m}_E} = 0,01126 \text{ kg}_v/\text{kg}_a, \quad t_u = \frac{h_u - x_u r_0}{c_{pa} + x_u c_{pv}} = 30,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$x_s = x_u \Rightarrow p_s = \varphi_E p_E = 1,801 \text{ E+3}$$

$$t_s = \frac{240,9}{\frac{17,502}{\ln(p_s/611,85)} - 1} = 15,84 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_s = c_{pa} t_s + x_u (c_{pv} t_s + r_0) = 44,42 \text{ kJ/kg}, \quad q_{c2} = \dot{m}_e (h_u - h_s) = 6,446 \text{ kW}$$

Trasmissione del calore (A)

$$\Delta t_0 = t_{ce} - t_{fu} = 80 \text{ K}, \quad \Delta t_L = t_{cu} - t_{fe} = 120 \text{ K}$$

$$\Delta t_{ML} = \frac{\Delta t_0 - \Delta t_L}{\ln\left(\frac{\Delta t_0}{\Delta t_L}\right)} = 98,65 \text{ K}$$

$$A = \pi D_i L = \frac{q_{cc}}{U_i \Delta t_{ML}} = 6,08 \text{ E-02} \Rightarrow L = 0,97 \text{ m}$$

$$C_c = \frac{q_{cc}}{t_{ce} - t_{cu}} = 150 \text{ kW/K}, \quad C_f = \frac{q_{cc}}{t_{fu} - t_{fe}} = 50 \text{ kW/K}$$

$$M = \frac{1}{C_c} + \frac{1}{C_f} = 2,67 \text{ E-02}$$

$$(\Delta t_0)_{ec} = t_{ce} - t_{fe} = 140 \text{ K}$$

$$(\Delta t_L)_{ec} = (\Delta t_0)_{ec} \cdot e^{-M A U_i} = 62,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$(\Delta t_{ML})_{ec} = \frac{(\Delta t_0)_{ec} - (\Delta t_L)_{ec}}{\ln\left(\frac{(\Delta t_0)_{ec}}{(\Delta t_L)_{ec}}\right)} = 95,91 \text{ K}$$

$$q_{ec} = A U_i (\Delta t_{ML})_{ec} = 2917 \text{ W}$$