

Prova scritta di Fisica Tecnica - 14.07.1999

(Ing. Meccanica, Navale, Elettrica, dei Materiali, Elettronica, Civile, Edile ed Ambientale)

.....
NOME e COGNOME

.....
CORSO di LAUREA

.....
Voto

Esercizio 1

Per riscaldare un ambiente si utilizza un ciclo a pompa di calore operante con $R134a$. La temperatura di evaporazione è $t_E=0^\circ\text{C}$, quella di condensazione è $t_C=50^\circ\text{C}$, il flusso termico fornito all'ambiente lato condensatore è $|q_{23}| = 10\text{ kW}$, mentre il coefficiente di effetto utile è pari a $e' = 3.8$. All'uscita del condensatore si abbia liquido saturo, all'aspirazione del compressore si abbia vapore saturo secco.

Nell'evaporatore il flusso termico è fornito da una portata \dot{m}_a di aria umida esterna che all'ingresso si trova alla temperatura $t_{ae} = 5^\circ\text{C}$, umidità specifica $x_{ae} = 4\text{ g/kg}_a$, temperatura di rugiada $t_r = 2^\circ\text{C}$.

Utilizzando il diagramma p - h allegato si determini:

1. La potenza spesa nel compressore P_{12} ;
2. Il flusso termico q_{41} scambiato all'evaporatore;
3. La portata \dot{m}_r di fluido frigorifero circolante nell'impianto;
4. Il rendimento isoentropico del compressore η_{ic} ;
5. La minima portata di aria esterna necessaria al fine di evitare problemi di condensazione nell'evaporatore.

$$(c_{pa} = 1.006\text{ kJ/kgK}; \quad c_{pv} = 1.875\text{ kJ/kg K}; \quad r_0 = 2501\text{ kJ/kg})$$

Esercizio 2

In un condensatore di vapore l'acqua di raffreddamento scorre all'interno di tubi in acciaio, di piccolo spessore, di diametro $D=25.4\text{ mm}$ ad una velocità di 1 m/s .

La temperatura superficiale delle tubazioni è pari a 77°C , ed è mantenuta costante lungo tutta la lunghezza dal vapore condensante.

Trascurando la resistenza termica conduttiva della tubazione, calcolare la temperatura di uscita dell'acqua se questa entra ad una temperatura di 17°C e la lunghezza delle tubazioni è pari a 5 m .

Note

1. Per l'acqua si assumano - ad un'opportuna temperatura - le seguenti proprietà termofisiche:

$$\rho = 997\text{ kg/m}^3; \quad c = 4.18\text{ kJ/kg K}; \quad \mu = 855 \cdot 10^{-6}\text{ kg/s m}; \quad k = 0.613\text{ W/m K}; \quad \text{Pr} = 5.83$$

1. Per valutare il coefficiente di scambio termico convettivo dell'acqua all'interno della tubazione, può essere utilizzata la correlazione di Dittus-Boelter:

$$\text{Nu}_D = 0.023 \text{Re}_D^{4/5} \text{Pr}^{0.4} \quad \text{valida per: } 0.7 < \text{Pr} < 160; \quad L/D > 10; \quad \text{Re}_D > 10^4$$

dove L e D rappresentano, rispettivamente, la lunghezza ed il diametro della tubazione.

Soluzione Esercizio 1:

Le entalpie si possono ricavare dal diagramma allegato dell'R134a:

$$h_1 = 398 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{2'} = 430$$

$$h_3 = h_4 = 272 \text{ kJ/kg}$$

La potenza necessaria alla compressione si ricava dalla definizione di coefficiente di effetto utile

$$P = q_{23}/e' = 2.63 \text{ kW}$$

Applicando il primo principio si ricava

$$q_{41} = |q_{23}| - P = 7.37 \text{ kW}$$

la portata di refrigerante si ricava dal bilancio all'evaporatore

$$m_r = q_{41}/(h_1 - h_4) = 0.0585 \text{ kg/s}$$

infine il rendimento isoentropico di compressione è facilmente ricavabile

$$h_{ic} = m_r (h_2 - h_1)/P = 0.712$$

L'aria di raffreddamento all'evaporatore subisce un raffreddamento senza variazione di umidità specifica almeno fino a raggiungere alla temperatura di rugiada, quindi la minima portata necessaria si può calcolare come:

$$m_a = q_{41}/c_{pu}(t_{ae} - t_r)$$

dove il calore specifico dell'aria umida si può calcolare come

$$c_{pu} = c_{pa} + x_{ae} c_{pv} = 1.0135 \text{ kJ/kg K}$$

ottenendo infine

$$m_a = 2.424 \text{ kg/s}$$

Soluzione Esercizio 2:

Si utilizza la relazione (può essere ricavata in due modi: o da un bilancio elementare, oppure utilizzando la relazione vista per gli scambiatori di calore nel caso particolare in cui il fluido caldo - vapore condensante - non varia la sua temperatura):

$$\frac{\Delta T_o}{\Delta T_i} = \frac{T_s - T_{m,o}}{T_s - T_{m,i}} = \exp\left(-\frac{P L}{\dot{m} c} \bar{h}\right) \quad \text{dove } P \text{ è il perimetro ed } L \text{ la lunghezza della tubazione}$$

$$L/D = 200 \gg 10 \quad \underline{OK}$$

$$Re_D = 29619 > 10000 \quad \underline{OK}$$

$$Nu_D = 176; \quad \bar{h} = \frac{Nu_D k}{D} = 4248 \text{ W/m}^2 \text{K}$$

$$\dot{m} = 0.505 \text{ kg/s}$$

$$T_{m,o} = 50.12 \text{ }^\circ\text{C}$$

Le proprietà termofisiche vanno (ri-)valutate alla temperatura:

$$\bar{T}_m = \frac{T_{m,i} + T_{m,o}}{2} = 33.5 \text{ }^\circ\text{C}$$