

ISTRUZIONI TASSATIVE PER LA COMPILAZIONE DEGLI ELABORATI

- Potranno esseri utilizzati (anche per la brutta copia) SOLO i fogli ricevuti, che dovranno essere TUTTI restituiti!
- Immediatamente all'atto del ricevimento scrivere SUL PRESENTE STAMPATO e su tutti gli altri fogli, ECCETTO TABELLE E DIAGRAMMI, il proprio cognome e nome, in stampatello.
- Scrivere in maniera ordinata, chiara e leggibile, separando ed intitolando opportunamente le varie parti dell'elaborato, senza mai impiegare il colore rosso o la matita.
- Evidenziare chiaramente, all'interno dell'elaborato, le formule analitiche risolutive ed risultati numerici tramite queste ottenuti, quindi RIPORTARLI SU QUESTO STAMPATO NELLE APPOSITE CASELLE (formula a sinistra, valore numerico con unità di misura a destra).
- Numerare i fogli della bella copia e barrare con segni diagonali a tutta pagina quelli della brutta copia, senza però renderli illeggibili.
- Si tenga sempre presente che LA COMPRENSIONE DEL TESTO È PARTE INTEGRANTE DELLA PROVA!

TDTC(Ele-Tel) – PROVA SCRITTA DEL 20 LUGLIO 2004

Problema 1. Il cabinet di un personal computer ospita dispositivi elettrici ed elettronici che, in condizioni di massimo carico di lavoro, assorbono complessivamente una potenza elettrica pari a 180 W. Tra i dispositivi suddetti, il più critico dal punto di vista del controllo termico è il processore, il quale, in condizioni di massimo carico di lavoro, assorbe 22 W elettrici e non può essere sottoposto ad una temperatura superiore a 82°C. Tale processore è raffreddato mediante un dissipatore a superficie alettata con ventola, che presenta resistenza termica 0.7°C/W; l'interfaccia di contatto tra processore e dissipatore ha dimensioni 10 mm x 15.5 mm, ed è caratterizzata da una resistenza di contatto, riferita all'unità di superficie, pari a 0.9°C·cm²/W. La temperatura dell'ambiente in cui il personal computer va installato varia tra 10°C e 35°C. Volendo ventilare il cabinet con aria prelevata dall'ambiente, per la quale si possono assumere densità 1.18 kg/m³ e calore specifico a pressione costante 1005 J/(kg·°C), determinare:

- a) minima portata dell'aria di ventilazione, in m³/hr

--	--

Soluzione

$$T_{\text{esterna_max}} = \max(T_{\text{ambiente_min}}, T_{\text{ambiente_max}}) = \max(10^\circ\text{C}, 35^\circ\text{C}) = 35^\circ\text{C}$$

$$A_{\text{contatto}} = 0.010 \cdot 0.0155 = 0.000155 \text{ m}^2$$

$$R_{\text{contatto}} = R''_{\text{contatto}} / A_{\text{contatto}} = 0.000155 / (0.9 \cdot 10^{-4}) = 0.58^\circ\text{C/W} \quad (\text{resistenza di contatto})$$

$$R_{\text{processore}} = R_{\text{contatto}} + R_{\text{dissipatore}} = 0.58 + 0.7 = 1.28^\circ\text{C/W}$$

$$T_{\text{ingresso}} = T_{\text{esterna_max}} = 35^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{uscita}} = T_{\text{ammissibile}} - R_{\text{processore}} \cdot \dot{Q}_{\text{processore}} = 82 - 1.28 \cdot 22 = 53.8^\circ\text{C} \quad (\text{massima temperatura interna ammissibile})$$

$$\dot{Q}_{\text{elettrica}} = \dot{m} \cdot (h_{\text{uscita}} - h_{\text{ingresso}}) \cong \rho_{\text{aria}} \cdot \dot{V} \cdot c_{p,\text{aria}} \cdot (T_{\text{uscita}} - T_{\text{ingresso}})$$

$$\dot{V} = \dot{Q}_{\text{elettrica}} / [\rho_{\text{aria}} \cdot c_{p,\text{aria}} \cdot (T_{\text{uscita}} - T_{\text{ingresso}})] = 180 / [1.18 \cdot 1005 \cdot (53.8 - 35)] = 0.00806 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{29.0 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Ovviamente, quella calcolata è la portata minima, che porta a lavorare in condizioni limite. Quella da adottare effettivamente dovrà essere superiore.

Problema 2. Le pareti dell'involucro di una centralina elettronica con dimensioni esterne 160 mm x 160 mm x 45 mm (lato di base x lato di base x altezza) sono realizzate in una plastica caratterizzata da conduttività termica 0.20 W/(m·°C). Lo spessore delle pareti è uniformemente pari a 2.5 mm. La base è della centralina è appoggiata su un piano che può considerarsi termicamente isolato. Il coefficiente di convezione medio vale 8 W/(m²·°C) sulle superfici interne dell'involucro della centralina e 12 W/(m²·°C) sulle superfici esterne. Sulle superfici esterne si misura inoltre una temperatura superficiale di 42°C. Stimare la temperatura all'interno dell'involucro della centralina, sapendo che la temperatura dell'ambiente esterno è pari a 30°C.

- a) temperatura all'interno dell'involucro

--	--

Soluzione

$$A_{\text{pareti}} = 2 \cdot L_{\text{base1}} \cdot L_{\text{altezza}} + 2 \cdot L_{\text{base2}} \cdot L_{\text{altezza}} + L_{\text{base1}} \cdot L_{\text{base2}} = 0.160 \cdot 0.045 + 0.160 \cdot 0.045 + 0.160 \cdot 0.160 = 0.0544 \text{ m}^2$$

$$R_{\text{esterna}} = (1/h_{\text{esterno}}) / A_{\text{pareti}} = (1/12) / 0.0544 = 1.532^\circ\text{C/W}$$

$$\dot{Q}_{\text{trasmessa}} = (T_{\text{sup.esterna}} - T_{\text{ambiente}}) / R_{\text{esterna}} = (42 - 30^\circ\text{C}) / 1.532 = 7.834 \text{ W}$$

$$R_{\text{totale}} = (1/h_{\text{interno}} + s_{\text{pareti}}/\lambda_{\text{pareti}} + 1/h_{\text{esterno}}) / A_{\text{pareti}} = (1/8 + 0.0025/0.20 + 1/12) / 0.0544 = 4.059^\circ\text{C/W}$$

$$T_{\text{interna}} = T_{\text{esterna}} + R_{\text{totale}} \cdot \dot{Q}_{\text{trasmessa}} = 30 + 4.059 \cdot 7.834 = \mathbf{61.8^\circ\text{C}}$$

Far riferimento alle superfici interne per il calcolo della resistenza convettiva interna modificai il risultato solo marginalmente.

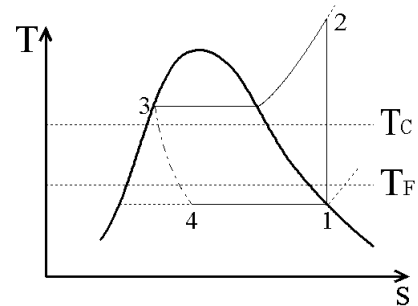
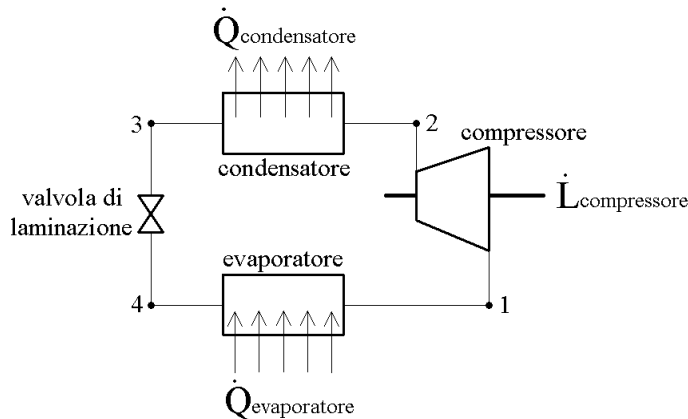
Problema 3. Una cella frigorifera per analisi a bassa temperatura di dispositivi elettronici, posta in un ambiente la cui temperatura può arrivare a 40.43°C , va mantenuta internamente ad una temperatura di -4°C . A tal scopo si utilizza un sistema di condizionamento che implementa un ciclo frigorifero ideale a R134a. Per esigenze tecniche, la massima potenza meccanica che può essere fornita al compressore del sistema di condizionamento è pari a 400 W . Determinare:

- titolo al termine della laminazione
- potenza frigorifera massima teorica
- COP teorico del sistema di condizionamento

Per consentire un efficace scambio termico, deve esistere una differenza di temperatura di almeno 12°C sia tra vano interno della cella frigorifera ed evaporatore, sia tra condensatore ed ambiente esterno. Il compressore estrae dall'evaporatore vapore saturo secco. Nella valvola di laminazione entra liquido saturo. Descrivere le varie fasi del processo, rappresentarlo graficamente, individuarlo qualitativamente sul diagramma T-s oppure sul diagramma p-h ed indicare le ipotesi di lavoro formulate.

Soluzione

L'architettura del sistema ed il ciclo a cui viene sottoposto il fluido di lavoro sono rappresentati di seguito.



$$T_{\text{evaporatore}} = T_F (\text{lato freddo}) - \Delta T_{\text{lato freddo}} = -4 - 12 = -16^{\circ}\text{C}$$

$$T_1 = T_{\text{evaporatore}} = -16^{\circ}\text{C}$$

$$h_{1,\text{sat}@T1} = h_{1,\text{sat}@T4} = 28.30\text{ kJ/kg} = 28.30 \cdot 10^3\text{ J/kg} \quad (\text{da tabella})$$

$$h_{v,\text{sat}@T1} = h_{v,\text{sat}@T4} = 237.74\text{ kJ/kg} = 237.74 \cdot 10^3\text{ J/kg} \quad (\text{da tabella})$$

$$h_1 = h_{v,\text{sat}@T1} = 237.74\text{ kJ/kg} = 237.74 \cdot 10^3\text{ J/kg}$$

$$s_{v,\text{sat}@T1} = 0.9298\text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)} \quad (\text{da tabella})$$

$$s_1 = s_{v,\text{sat}@T1} = 0.9298\text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$$

$$s_2 = s_1 = 0.9298\text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)} \quad (\text{processo adiabatico e reversibile} \Rightarrow \text{processo isoentropico})$$

$$T_{\text{condensatore}} = T_C (\text{lato caldo}) + \Delta T_{\text{lato caldo}} = 40.43 + 12 = 52.43^{\circ}\text{C}$$

$$p_2 = p_{\text{condensatore}} = p_{\text{sat}@T_{\text{condensatore}}} = 1.40\text{ MPa}$$

$$T_2 = T_{@p_2 \& s_2} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$h_2 = h_{@p_2 \& s_2} = 283.10\text{ kJ/kg} = 283.10 \cdot 10^3\text{ J/kg}$$

$$p_3 = p_{\text{condensatore}} = 1.40\text{ MPa}$$

$$h_3 = h_{1,\text{sat}@p_3} = 125.26\text{ kJ/kg} = 125.26 \cdot 10^3\text{ J/kg}$$

$$h_4 = h_3 = 125.26\text{ kJ/kg} = 125.26 \cdot 10^3\text{ J/kg} \quad (\text{entalpia a fine laminazione uguale a quella iniziale})$$

$$h_4 = h_{1,\text{sat}@T4} + x_4 \cdot (h_{v,\text{sat}@T4} - h_{1,\text{sat}@T4})$$

$$x_4 = (h_{v,\text{sat}@T4} - h_{1,\text{sat}@T4}) = (h_4 - h_{1,\text{sat}@T4}) / (h_{v,\text{sat}@T4} - h_{1,\text{sat}@T4}) = (125.26 - 28.30) / (237.74 - 28.30) = 0.463 = \mathbf{46.3\%}$$

$$|\ell|_{\text{compressore}} = h_2 - h_1 = 283.10 \cdot 10^3 - 237.73 \cdot 10^3 = 45.36 \cdot 10^3\text{ J/kg}$$

$$\dot{L}_{\text{compressore}} = \dot{m} \cdot |\ell|_{\text{compressore}}$$

$$\dot{m} = \dot{L}_{\text{compressore}} / |\ell|_{\text{compressore}} = 400 / (45.36 \cdot 10^3) = 0.00882\text{ kg/s}$$

$$q_{\text{evaporatore}} = h_1 - h_4 = 237.74 \cdot 10^3 - 125.26 \cdot 10^3 = 112.48 \cdot 10^3\text{ J/kg}$$

$$\dot{Q}_{\text{evaporatore}} = \dot{m} \cdot q_{\text{evaporatore}} = 0.00882 \cdot (112.48 \cdot 10^3) = \mathbf{992 \text{ W}}$$

$$\text{COP} = q_{\text{evaporatore}} / | \ell |_{\text{compressore}} = 112.48 \cdot 10^3 / (45.36 \cdot 10^3) = \mathbf{2.48}$$

Problema 4. Un sensore per misure di temperatura è utilizzato per monitorare la temperatura di una portata di acqua di raffreddamento di un sistema elettronico. Il sensore è essenzialmente costituito da un cilindro con diametro 2 mm ed altezza 5 mm, realizzato in un materiale metallico con conduttività termica 15 W/(m·°C), densità 7800 kg/m³ e calore specifico 480 J/(kg·°C). Inoltre, il coefficiente di scambio termico sulla superficie del sensore è pari a 500 W/(m²·°C). Se la portata di acqua monitorata subisce una pressoché istantanea variazione di temperatura da 25.5°C a 15.0°C, dopo quanto tempo la temperatura del sensore, inizialmente pari a 25.5°C, scenderà ad un valore differente per meno di 0.2°C dalla temperatura dell'acqua.

a) tempo di risposta del sensore termico

--	--

Soluzione

$$V_{\text{sensore}} = \pi \cdot (D/2)^2 \cdot H = \pi \cdot (0.002/2)^2 \cdot 0.005 = 1.57 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \quad (\text{volume})$$

$$A_{\text{sensore}} = 2 \cdot \pi \cdot (D/2)^2 + \pi \cdot D \cdot H = 2 \cdot \pi \cdot (0.002/2)^2 + \pi \cdot 0.002 \cdot 0.005 = 3.77 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \quad (\text{superficie esterna})$$

$$L_c = V_{\text{sensore}} / A_{\text{sensore}} = 1.57 \cdot 10^{-8} / 3.77 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 0.000417 \text{ m} \quad (\text{lunghezza caratteristica})$$

Occorre infine verificare che il metodo sia applicabile, controllando il valore del numero di Biot.

$$Bi = h \cdot L_c / \lambda = 500 \cdot 0.000417 / 15 = \mathbf{0.0139} \quad (< 0.1 \Rightarrow \text{OK})$$

$$t_c = \rho \cdot c \cdot L_c / h = 7800 \cdot 480 \cdot 0.000417 / 500 = 3.12 \text{ s} \quad (\text{tempo caratteristico})$$

Essendo $-t/t_c = \ln[(T_t - T_{\text{acqua}})/(T_0 - T_{\text{acqua}})]$ si ha che

$$T_t = T_{\text{acqua}} - 0.2 = 25.5 - 0.2 = 25.3 \quad (\text{la temperatura del sensore sale progressivamente, avvicinandosi a quella dell'acqua})$$

$$t = -t_c \cdot \ln[(T_t - T_{\text{acqua}})/(T_0 - T_{\text{acqua}})] = -3.12 / \ln[(25.3 - 25.5)/(15.0 - 25.5)] = \mathbf{12.4 \text{ s}}$$

Trattare SINTETICAMENTE, a parole e con le necessarie formule, diagrammi o equazioni, le tematiche indicate di seguito, riportando tutte le trattazioni relative, in forma chiara e leggibile, sul retro del presente stampato. PARTI RIPORTATE ALTROVE NON SARANNO VALUTATE!

- Cicli di Carnot diretto e inverso a compressione di vapori: prestazioni e limiti pratici alla realizzabilità
- Curve limite inferiore e superiore, punto critico
- Raggio critico di isolamento termico