

NOME: \_\_\_\_\_ NUSP: \_\_\_\_\_

**1ª Questão (Valor: 5,0 pontos):**

No ciclo padrão de refrigeração, um trocador de calor adiabático promove uma transferência de calor antes da entrada da válvula de expansão. A pressão no condensador é de 300 Kpa e a pressão no evaporador é de 300 kPa. O trocador de calor promove um aumento de temperatura entre as seções 1 e 2 de 5°C. Sabendo que o fluido utilizado é R410A e a vazão mássica é igual a 0,2 kg/s, calcule :

- A taxa de transferência de calor no evaporador (2,0 pontos);
- A taxa de transferência de energia para o compressor (2,0 pontos);
- O coeficiente de desempenho do ciclo (1,0 ponto);

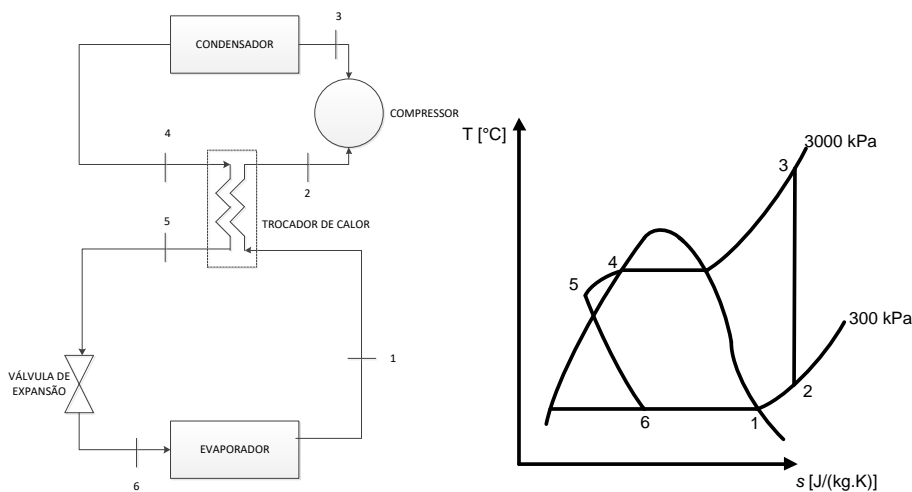


Figura 1

Solução:

Hipóteses:

- Regime permanente
- Processo no compressor : adiabático e reversível
- Variações desprezíveis de energia cinética e potencial

Estado 1:  $p_1=300$  kPa e vapor saturado  $\rightarrow T_1=-27,37^\circ\text{C}$  e  $h_1=268,71$  kJ/kgEstado 2:  $p_2=300$  kPa e  $T_2 - T_1=5^\circ\text{C} \rightarrow T_2=-22,37^\circ\text{C} \rightarrow$  vapor superaquecido  
 $h_2=273,29$  kJ/kg e  $s_2=1,0931$  kJ/kg.KEstado 3:  $p_3=300$  kPa e  $s_3 = s_2=1,0931$  kJ/kg.K  $\rightarrow$  vapor superaquecido  
 $h_3=335,25$  kJ/kg e  $T_3=85,0^\circ\text{C}$ Estado 4:  $p_4=3000$  kPa e líquido saturado  $\rightarrow T_4=48,4^\circ\text{C}$  e  $h_4=140,42$  kJ/kg

Aplicando a conservação de massa e a 1ª Lei para o volume de controle definido pelo trocador de calor, temos:

$$\dot{m}h_4 + \dot{m}h_1 = \dot{m}h_2 + \dot{m}h_5$$

$$h_5 = h_4 + h_1 - h_2 \Rightarrow h_5 = 140,42 + 268,71 - 273,29 = 135,85 \text{ kJ/kg}$$

Aplicando a conservação de massa e a 1ª Lei para o volume de controle definido pela válvula de expansão, temos:

$$h_5 = h_6$$

Estado 6:  $p_6=300 \text{ kPa}$  ;  $h_6= h_5 = 135,85 \text{ kJ/kg}$

Aplicando a conservação de massa e a 1ª Lei para o volume de controle definido pelo compressor, temos:

$$\dot{W}_{compressor} = \dot{m}(h_2 - h_3) = 0,2 * (273,29 - 335,25) = -12,4 \text{ kW}$$

Aplicando a conservação de massa e a 1ª Lei para o volume de controle definido pelo evaporador, temos:

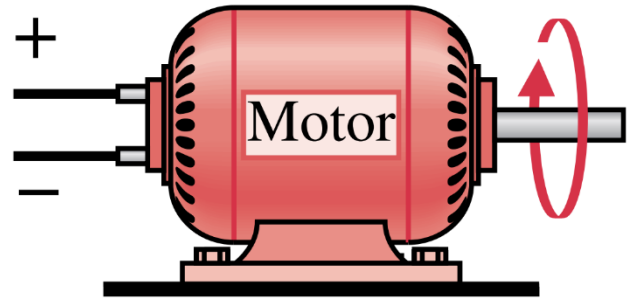
$$\dot{Q}_{evaporador} = \dot{m}(h_6 - h_1) = 0,2 * (135,85 - 268,71) = -26,6 \text{ kW}$$

Logo:

$$\beta = \frac{\dot{Q}_{evaporador}}{\dot{W}_{compressor}} = \frac{-26,6}{-12,4} = 2,1$$

NOME: \_\_\_\_\_ PROFESSOR: \_\_\_\_\_

**QUESTÃO 2 (5,0 pontos).** O motor elétrico da figura opera em regime permanente recebendo uma corrente de 10 A a uma voltagem de 220V, em um local onde a temperatura ambiente  $T_0$  é igual a 20°C. O eixo do motor gira a 1000 rpm e aplica um torque de 16 N.m a uma carga externa. Considere que o motor e uma parcela suficiente da vizinhança próxima estão envolvidos pela fronteira de um sistema. Nessas condições:



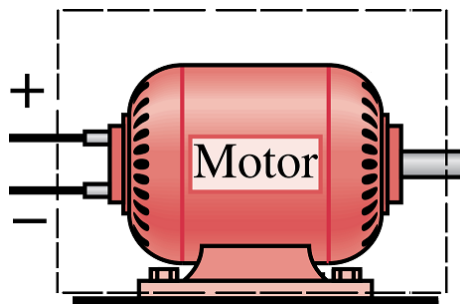
- Determine a taxa de dissipação de calor do sistema para o meio externo.
- Determine a taxa de geração de entropia do sistema em kW/K.
- Considere agora que a fronteira do sistema está localizada junto à carcaça do motor. Nessa condição temos que a transferência do calor dissipado do sistema para o meio externo é dada por  $|\dot{Q}| = hA(T_c - T_0)$ , onde  $T_c$  é a temperatura da carcaça,  $h = 100\text{W/m}^2\cdot\text{K}$  e  $A = 0,195\text{m}^2$ . Determine a temperatura da carcaça.
- Para o sistema do item (c), mantidas todas as demais condições, verifique se a taxa de geração de entropia será maior, igual ou menor à do item (b). Em caso de haver diferença, justifique por que isso ocorre.

Dados:  $\dot{W}_{eixo} = T \cdot 2\pi n / 60$ ;  $\dot{W}_{elétrico} = U \cdot I$

### Solução

- Hipóteses: - regime permanente  
 - variações de energia cinética e potencial desprezíveis

a) Aplicando a 1a. Lei ao sistema indicado na figura:



$$\frac{dE}{dt} = \dot{Q}_{sistema} - \dot{W}_{sistema} = 0 \text{ (regime permanente)}$$

$$\therefore \dot{Q}_{sistema} = \dot{W}_{sistema} = (\dot{W}_{eixo} - \dot{W}_{elétrico})$$

$$\dot{Q}_{sistema} = \frac{T \cdot 2\pi n}{60} - UI = \frac{16 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1000}{60} - 220 \cdot 10$$

$$\dot{Q}_{sistema} = 1675,5 - 2200$$

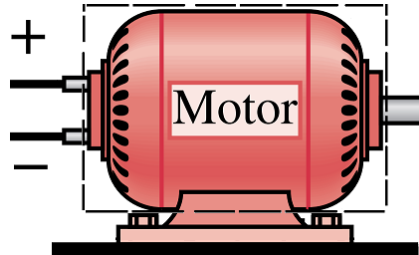
$$\dot{Q}_{sistema} = -524,5 \text{ W}$$

b) Aplicando a 2a. lei ao sistema do item a), considerando a temperatura ao longe como temperatura de referência para a troca de calor:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}_{sistema}}{T_0} + \dot{S}_{ger} = 0 \text{ (regime permanente)}$$

$$\therefore \dot{S}_{ger} = -\frac{\dot{Q}_{sistema}}{T_0} = -\frac{(-524,5)}{(20+273)} = +1,79 \text{ W/K}$$

c) Para o novo sistema:



Como as demais condições continuam as mesmas, o calor do sistema também permanece o mesmo. Assim:

$$|\dot{Q}_{sistema}| = hA(T_c - T_0)$$

$$524,5 = 1000 \cdot 0,195 \cdot (T_c - 293)$$

$$\therefore T_c = 319,9 \text{ K} = 46,9^\circ\text{C}$$

d) para esse novo sistema, a temperatura de referência para a troca de calor passa a ser a temperatura da carcaça  $T_c$ . Logo, a 2a. lei para o sistema fica:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\dot{Q}_{sistema}}{T_c} + \dot{S}_{ger} = 0 \text{ (regime permanente)}$$

$$\therefore \dot{S}_{ger} = -\frac{\dot{Q}_{sistema}}{T_c} = -\frac{(-524,5)}{319,9} = +1,64 \text{ W/K} < \dot{S}_{ger,(b)}$$

Assim, a geração de entropia para esse novo sistema é menor que a do caso anterior pois a irreversibilidade associada à troca de calor entre e a carcaça e o ar a  $T_0$  passa a estar fora do sistema.