

2.5) Este projeto aborda o problema de um refrigerador operando com tempo de descongelamento, que foi originalmente proposto por Bejan et al. (1994). O diagrama esquemático do sistema é apresentado na Fig. Pj2.5, em que T_i representa as temperaturas absolutas nos pontos de interesse i para a análise do sistema.

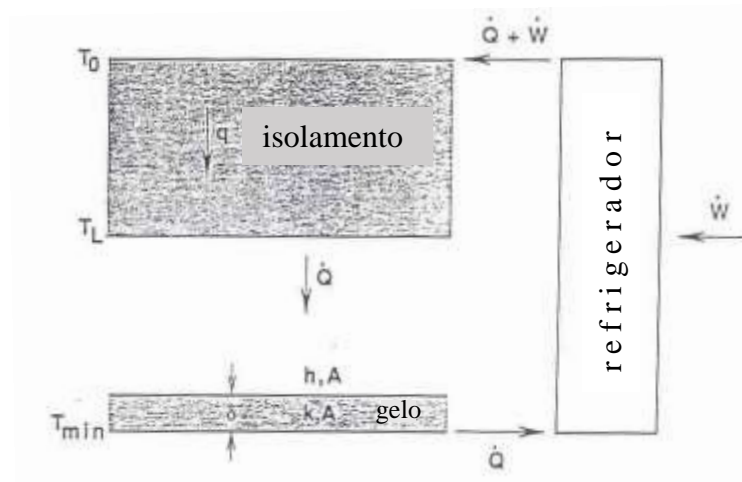


Figura Pj2.5 – Diagrama esquemático do refrigerador operando com tempo de descongelamento.

O trabalho total demandado pelo refrigerador durante o intervalo t_1 em que o refrigerador permanece em funcionamento (controlado por um termostato) é calculado por:

$$W = \int_0^{t_1} \dot{W} dt \quad (1)$$

Levando em consideração que há uma perda de calor q que deve ser considerada para manter a câmara fria à temperatura T_L , e removida como a taxa de transferência de calor \dot{Q} durante o tempo t_1 quando o refrigerador está ligado, calcula-se:

$$\dot{Q} = \frac{q(t_1 + t_2)}{t_1} \quad (2)$$

Cada intervalo t_1 é seguido por um intervalo de tempo t_2 durante o qual o refrigerador é desligado e a superfície do evaporador é descongelada. A carga térmica é retirada pelo evaporador pela diferença de temperatura $T_L - T_{min}$ e calculada por

$$\dot{Q} = \left(\frac{1}{hA} + \frac{\delta}{kA} \right)^{-1} (T_L - T_{min}) \quad (3)$$

em que A , h , δ e k são a área de troca de calor do evaporador, o coeficiente de transferência de calor entre o material resfriado e a superfície de gelo, a espessura do gelo, e a condutividade térmica efetiva da camada de geada (gelo e ar aprisionado).

Assume-se que a espessura da camada de geada aumenta segundo a relação linear:

$$\delta = at \quad (4)$$

em que a taxa de crescimento da geada, a , é conhecida por medições diretas. A potência requerida pelo refrigerador durante o intervalo ligado t_1 é calculada por

$$\dot{W} = \frac{1}{\eta_{II}} \dot{Q} \left(\frac{T_0}{T_{min}} - 1 \right) \quad (5)$$

Combinando as Eqs. (1) – (5) é possível expressar o requisito médio de potência do refrigerador $\frac{W}{t_1 + t_2}$ na seguinte forma adimensional:

$$\frac{\eta_{II} W}{q(t_1 + t_2)} = \frac{(T_0/T_L) H}{Bi(1 + \tau)} \ln \left\{ \frac{H - 1 - 1/\tau}{H - 1 - 1/\tau - Bi(1 + \tau)} \right\} - 1 \quad (6)$$

em que Bi é o número de Biot baseado na espessura da camada de geada de tamanho a_2 , H é a contraparte adimensional do coeficiente de transferência de calor por convecção, e τ é o tempo adimensional que o refrigerador permanece ligado, como se segue:

$$Bi = \frac{h a_2}{k}; H = \frac{h A T_L}{q}; \tau = \frac{t_1}{t_2} \quad (7)$$

Pede-se:

1. Combinando as Eqs. (1) – (5) deduza a Eq. (6);

2. Construir um gráfico $\frac{\eta_{II} W}{q(t_1 + t_2)} \times \tau$, para $H = 10$ e $\frac{T_0}{T_L} = 1,2$, mostrando 3 curvas para $Bi = 0,1; 1; 2$.

Construa também um gráfico $\frac{\eta_{II} W}{q(t_1 + t_2)} \times \tau$, para $Bi = 10$ e $\frac{T_0}{T_L} = 1,2$, mostrando 3 curvas para $H = 20; 26; 50$

, e

3. Desenvolva uma formulação para obter o tempo adimensional de operação ótimo, $\tau_{\text{ótimo}}$, que minimize a potência adimensional consumida pelo sistema, i.e., $\left(\frac{\eta_{II} W}{q(t_1 + t_2)} \right)_{\min}$. Para tanto, obtenha a derivada da Eq. (6),

$\partial/\partial\tau$, iguale a zero e resolva essa equação para obter $\tau_{\text{ótimo}}$ usando um dos métodos numéricos de solução de equação não linear apresentados neste capítulo. Mostre que essa formulação é independente de $\frac{T_0}{T_L}$ e

4. Construir um gráfico $\tau_{\text{ótimo}} \times H$, mostrando 3 curvas para $Bi = 0,1; 1; 10$. Construa também um gráfico $\tau_{\text{ótimo}} \times Bi$, mostrando 3 curvas para $H = 5; 10; 20$.

Discuta os resultados e apresente seu trabalho na forma de um artigo científico.