10

7° Trabalho em Grupo – Comportamento dinâmico de sistemas de 1ª. ordem

Grupo: 4		
Nomes: Camila Hammond	Esther Lalita A. Muniz	Ana Carolina P. Lopes
Luma Matias Pasquetti	Edrick B. Cr. Pereiro	Laura dos Santos Xavier

1) Dois trocadores de calor acoplados em série são utilizados para realizar o tratamento térmico em um determinado processo. Cada um dos dois trocadores possui regime de escoamento que pode ser aproximado para um tanque perfeitamente agitado. O fluido atravessa o primeiro trocador onde o fluido é aquecido, depois ele segue para um tubo de retenção e em seguida o fluido é resfriado no segundo trocador (Figura 1). Exceto a temperatura, as características do fluido podem ser consideradas constantes e são: cp (médio): 4,175 kJ/kg.K e ρ (média): 995 kg/m³. Os trocadores possuem volumes diferentes ($V_1 = 0{,}075 m^3$ e $V_2 = 0{,}040 m^3$). Os valores dos parâmetros no estado estacionário são descritos na Tabela 1. Considere: F constante; fluido incompressível.

a) Determine as funções de transferência que descrevem o processo no trocador de aquecimento (1) e calcule os valores dos ganhos e das constantes de tempo das respectivas funções de transferência.

b) Determine a funções de transferência para o processo no trocador de resfriamento (2), não esquecendo de levar em conta o efeito do tubo de retenção.

c) Considerando que não variação em Q_1 (energia fornecida ao **trocador 1** em kJ/h) e em Q_2 (energia removida no **trocador 2** em kJ/h), calcule a variação na temperatura de saída T_2 frente a uma variação na forma de degrau de amplitude 5 em T_0.

Tabela 02: Valores dos parâmetros no estado estacionário.

Parâmetro	**t_D (s)**	**F (l/s)**	**T_0 (°C)**	**T_1 (°C)**	**T_1^* (°C)**	**T_2 (°C)**
Valor	30	0,5	10	72	72	20

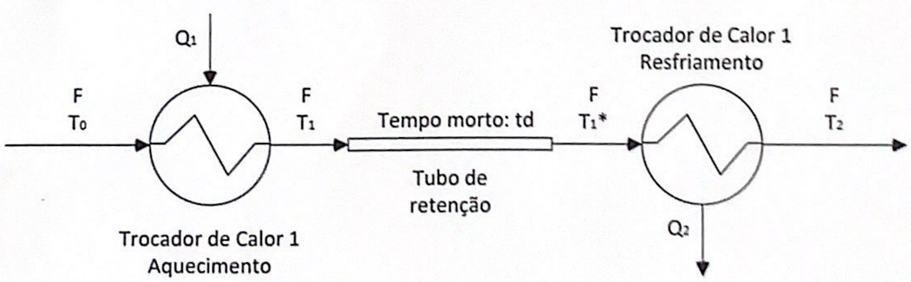
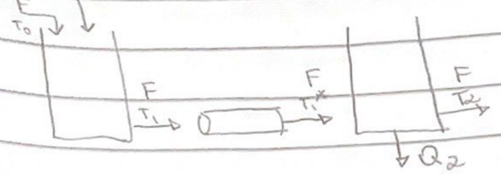


Figura 01: Esquema dos trocadores de calor.

07 ♥ 05 ♥ 24

TG7



Fcte , ρ cte

a) No tanque 1:

BE: $H_1 F_1 \rho_1 - H_2 F_2 \rho_2 + Q_1 = dE/dt$

$$C_p T_0 \cdot F \cdot \rho - C_p T_1 \cdot F \cdot \cancel{\rho} + Q_{1(t)} = \rho V C_p \frac{dT}{dt}$$

$$\frac{\cancel{C_p} T_0 \cdot F \cdot \cancel{\rho}}{\cancel{\rho}\cancel{C_p} V} - \frac{\cancel{C_p} \cdot T_1 \cdot F \cdot \cancel{\rho}}{\cancel{\rho} V \cancel{C_p}} + \frac{Q_{1(t)}}{\rho V C_p} = \frac{dT_1}{dt}$$

$$T_{0(t)} \cdot \frac{F}{V} - T_{1(t)} \frac{F}{V} + \frac{1}{\rho V C_p} \cdot Q_1(t) = \frac{dT_1}{dt} \quad (1)$$

Estado estacionário: $T_{0ss} \frac{F}{V} - T_1 \frac{F}{V} + \frac{1}{\rho V C_p} \cdot Q_{1ss} = 0 \quad (2)$

subtraindo (2) de (1):

$$\frac{F}{V_1}(T_{0(t)} - T_{0ss}) - \frac{F}{V_1}(T_{1(t)} - T_{1ss}) + \frac{1}{\rho V_1 C_p}(Q_1(t) - Q_{1ss}) = \frac{dT_1}{dt}$$

$$\frac{F}{V_1} T_0'(t) - \frac{F}{V_1} T_1'(t) + \frac{1}{\rho V_1 C_p} Q_1'(t) = \frac{dT_1'}{dt}$$

T.L.: $\frac{F}{V_1} \bar{T}_0(s) - \frac{F}{V_1} \bar{T}_1(s) + \frac{1}{\rho V_1 C_p} \bar{Q}_1(s) = s \cdot \bar{T}_1(s)$

$$s \bar{T}_1(s) + \frac{F}{V_1} \bar{T}_1(s) = \frac{F}{V_1} \bar{T}_0(s) + \frac{1}{\rho V_1 C_p} \bar{Q}_1(s)$$

$$\bar{T}_1(s) = \frac{\frac{F}{V_1} \bar{T}_0(s) + \frac{1}{\rho V_1 C_p} \bar{Q}_1(s)}{s + \frac{F}{V_1}} \rightarrow \times \frac{V_1}{F} \quad \frac{\bar{T}_0(s) + {}^1/_{\rho F C_p} \cdot \bar{Q}_1(s)}{\frac{V_1}{F} s + 1}$$

$$\bar{T}_1(s) = \frac{\overset{K_{p1}}{1}}{\underbrace{\frac{V_1}{F}}_{\tau_{p1}} s + 1} \cdot \bar{T}_0(s) + \frac{\overset{K_{p2}}{(1/\rho F C_p)}}{\underbrace{\frac{V_1}{F}}_{\tau_{p2}} s + 1} \cdot \bar{Q}_1(s)$$

Função transf. 1 Função transf. 2

TILIBRA/DERSIL

$$K_{p1} = 1 \qquad K_{p2} = \frac{1}{\rho F C_p} = \frac{1}{0{,}995 \cdot 0{,}5 \cdot 4{,}175} = 0{,}4814 \ \frac{K \cdot s}{KJ}$$

$\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad\quad$ Kg/l $\quad$ l/s $\quad$ KJ/Kg K

$$\tau_{p1} = \tau_{p2} = \frac{V_1}{F} = \frac{75 \ l}{0{,}5 \ l/s} = 150 \ s$$

b) B.E no tubo:

$$T_1(t)^* = T_1(t) \cdot \mu(t - t_0)$$

$$\bar{T}_1(s)^* = \bar{T}_1(s) \cdot e^{-t_0 \cdot s} \rightarrow \text{Aprox. de pade } 1/1$$

$$\therefore \ \bar{T}_1^*(s) = \left[\frac{1}{\frac{V_1}{F}s + 1} \bar{T}_0(s) + \frac{1/\rho F C_p}{\frac{V_1}{F}s + 1} \bar{Q}_1(s) \right] \cdot \frac{(1 - 15s)}{(1 + 15s)}$$

BE no tanque 2:

$$\bar{T}_1^*(s) \cdot \frac{F}{V_2} - \frac{F}{V_2} \cdot \bar{T}_2(s) - \frac{1}{\rho V_2 C_p} \bar{Q}_2(s) = s \cdot \bar{T}_2(s)$$

$$s\bar{T}_2(s) + \frac{F}{V_2}\bar{T}_2(s) = \bar{T}_1^*(s) \cdot \frac{F}{V_2} - \frac{1}{\rho V_2 C_p} \cdot \bar{Q}_2$$

$$\bar{T}_2(s) = \frac{\bar{T}_1^*(s) \cdot F/V_2 - \frac{1}{\rho V_2 C_p} \cdot \bar{Q}_2}{s + F/V_2} \rightarrow \times \frac{V_2}{F} \quad \bar{T}_2(s) = \frac{\bar{T}_1^*(s) - \frac{1}{\rho F C_p}\bar{Q}_2}{\frac{V_2}{F}s + 1}$$

$$\bar{T}_2(s) = \frac{\left[\frac{1}{\frac{V_1}{F}s + 1} \bar{T}_0(s) + \frac{1/\rho F C_p}{\frac{V_1}{F}s + 1} \bar{Q}_1(s) \right] \left(\frac{1 - 15s}{1 + 15s} \right)}{\frac{V_2}{F}s + 1} - \frac{1/\rho F C_p \cdot \bar{Q}_2}{\frac{V_2}{F}s + 1}$$

$$c) \ \bar{T}_2(s) = \frac{\frac{1}{\frac{75}{0{,}5}s + 1} \cdot \overbrace{\frac{5}{s}}^{\text{degrau}} \cdot \left(\frac{1 - 15s}{1 + 15s} \right)}{\frac{40}{0{,}5}s + 1}$$

Teorema do valor final

$$\lim_{s \to 0} \bar{T}_2(s) = \cancel{s} \left[\frac{\frac{1}{1} \cdot \frac{5}{\cancel{s}} \cdot \left(\frac{1 - 0}{1 + 0} \right)}{1} \right] = 5°C \rightarrow \text{Variação na } \bar{T}_2$$