10

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

Grupo: 3

Nomes:	Giovanna de Souza Bordinhão	Guilherme Garib
João Vitor dos Santos	Paola Scorrano	Yasmin Gabriele Bioni

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

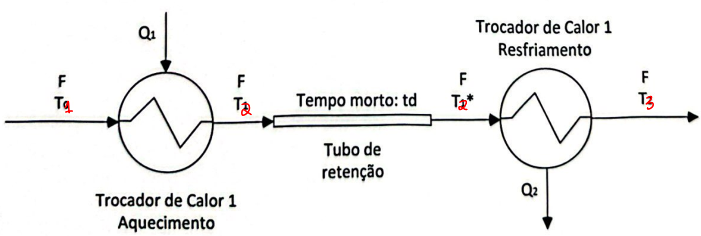

Figura 01: Esquema dos trocadores de calor.

TG7 - GRUPO 3

a)

TANQUE 1

Hipóteses
- c_p, ρ e F constante
- Fluido incompressível
- V_1 e V_2 constantes
- Mistura completa
- Sem variação de energia cinética

1. Balanço de massa

$$F_1 . \rho_1 - F_2 . \rho_2 = \frac{dM}{dt} = \frac{d(\rho . V)}{dt}$$

$$F_1 - F_2 = \cancel{\frac{dV}{dt}} \nearrow 0$$

Assim, $F_1 = F_2$

2. Balanço de energia

$$H_1 . F_1 . \rho_1 - H_2 . F_2 . \rho_2 + Q_1 = \frac{dT}{dt}$$

$$F \cancel{c_{p1}} (T_1 - \cancel{T_R}) - F \cancel{c_{p2}} (T_2 - \cancel{T_R}) + Q = d(\rho . V . \cancel{c_p} . (T - \cancel{T_R}))$$

$$F . T_1 - F . T_2 + \frac{Q_1}{c_p . \rho} . V . \frac{dT}{dt}$$

$$\frac{F_1 . T_1}{V} - \frac{F . T_2}{V} + \frac{Q_1}{c_p . \rho . V} = \frac{dT}{dt} \quad (1) \quad \text{EDO Linear}$$

3. No estado estacionário

$$\frac{F}{V} . T_{1ss} - \frac{F}{V} . T_{2ss} + \frac{Q_{ss}}{\rho . V . c_p} = 0 \quad (2)$$

4. Subtraindo (2) de (1)

$$\frac{F . T_1'}{V} - \frac{F . T_2'}{V} + \frac{Q'}{\rho . V . c_p} = \frac{dT}{dt}$$

5. Aplicando T.L.

$$\frac{F \bar{T}_{1(s)}}{V_1} - \frac{F . \bar{T}_{2(s)}}{V_1} + \frac{\bar{Q}_{1(s)}}{\rho . V_1 . c_p} = s . \bar{T}_{2(s)} \rightarrow \frac{F . \bar{T}_{1(s)}}{V_1} + \frac{\bar{Q}_{1(s)}}{\rho . V_1 . c_p} = s . \bar{T}_{2(s)} + \frac{F . \bar{T}_{2(s)}}{V_1} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{F . \bar{T}_{1(s)}}{V_1} + \frac{\bar{Q}_{1(s)}}{\rho . V_1 . c_p} = \bar{T}_{2(s)} \frac{(s . V_1 + F)}{V_1} \rightarrow \bar{T}_{(s)} = \frac{\frac{F . \bar{T}_{1(s)}}{V_1} + \frac{\bar{Q}_{1(s)}}{\rho . V_1 . c_p}}{s . V_1 + F} \rightarrow \bar{T}_{(s)} = \frac{1}{\frac{s . V_1}{F} + 1} \bar{T}_{1(s)} + \frac{\frac{1}{\rho . c_p . F}}{\frac{s . V_1}{F} + 1} . \bar{Q}_{1(s)}$$

Substituindo:

$$\bar{T}_{(s)} = \frac{1}{\frac{s . 0{,}075}{0{,}5 . 10^{-3}} + 1} . \bar{T}_{1(s)} + \frac{\frac{1}{995 . 4{,}175 . 0{,}5 . 10^{-3}}}{\frac{s . 0{,}075}{0{,}5 . 10^{-3}} + 1} . \bar{Q}_{1(s)}$$

$$\bar{T}_{(s)} = \frac{1}{150 . s + 1} . \bar{T}_{1(s)} + \frac{0{,}4814}{150 . s + 1} . \bar{Q}_{1(s)}$$

$$\begin{cases} K_{p1} = 1 & K_{p2} = 0{,}4814 \\ \tau_{p1} = 150 & \tau_{p2} = 150 \end{cases}$$

b) $T_2^* = \mu(t - t_D) . T_2(t)$

$$\bar{T}_2^*(s) = \frac{1 - \frac{t_D}{2}.s}{1 + \frac{t_D}{2}.s} . \bar{T}_2(s)$$

Função para o tanque 2

$$F.\rho_2.H_2 - F.\rho_3.H_3 - Q = \frac{dT}{dt}$$

$$\frac{F.T_2^*}{V_2} - \frac{F.T_3}{V_2} - \frac{Q}{\rho.V_2.c_p} = \frac{dT}{dt} \quad \text{EDO Linear}$$

$$\frac{F(T_2^* - T_2^*ss) - F(T_3 - T_{3ss})}{V_2} - \frac{Q - Q_{ss}}{\rho.V_2.c_p} = \frac{dT}{dt}$$

$$\frac{F.\bar{T}_2^*(s)}{V_2} - \frac{F.\bar{T}_3(s)}{V_2} - \frac{\bar{Q}(s)}{\rho.V_2.c_p} . \frac{V_2}{F} = \bar{T}_3(s)$$

$$\bar{T}_3(s) = \frac{1}{\frac{V_2}{F}.s + 1} . \frac{1 - \frac{t_D}{2}.s}{1 + \frac{t_D}{2}.s} . \bar{T}_2(s) - \frac{\frac{1}{\rho.c_p.F}}{\frac{s.V_2}{F} + 1} . \bar{Q}_2(s)$$

Substituindo

$$\frac{1}{\frac{0,04}{0,5.10^{-3}}.s + 1}\left(\frac{1 - \frac{30}{2}.s}{1 + \frac{30}{2}.s}\right).\bar{T}_2(s) - \frac{\frac{1}{995.4{,}175.0{,}5.10^{-3}}}{\frac{0,04}{0,5.10^{-3}}.s + 1}$$

$$\bar{T}_3(s) = \frac{1 - 15s}{(150s + 1)(1200s^2 + 95s + 1)} . \bar{T}_1(s) + \frac{1 - 15s}{(150s + 1)(1200.s^2 + 95s + 1)} . \bar{Q}_1(s) - \frac{0,4814}{80.s + 1} . \bar{Q}_2(s)$$

c)

$$\lim_{s \to 0} s.\bar{T}_3(s)$$

$$\lim_{s \to 0} s.\left[\frac{1 - 15s}{(150s + 1)(1200s^2 + 95s + 1)} . \frac{5}{s} + \frac{1 - 15s}{(150s + 1)(1200.s^2 + 95s + 1)} . \bar{Q}_1(s) - \frac{0,4814}{80.s + 1} . \bar{Q}_2(s)\right]$$

$$\bar{T}_3(s) = 5°C$$