9,5

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

Grupo: 8

Nomes: Carolina Conti	Isabela Mininncio	Isadora de castro
Maria eduarda Lima	Viviane Freitas	

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 ($V_1 = 0{,}075m^3$ e $V_2 = 0{,}040m^3$). 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

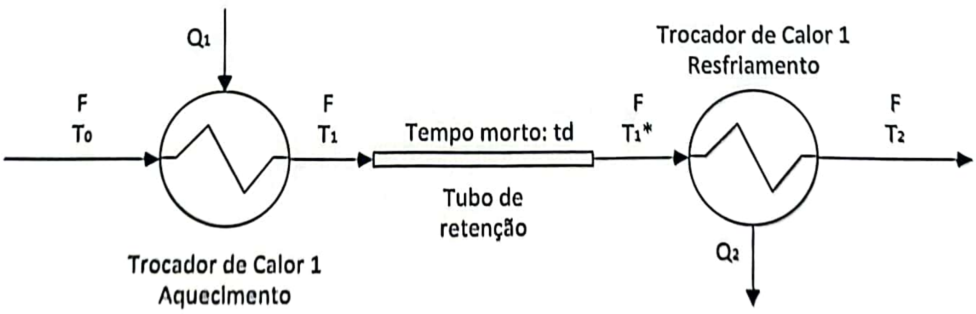
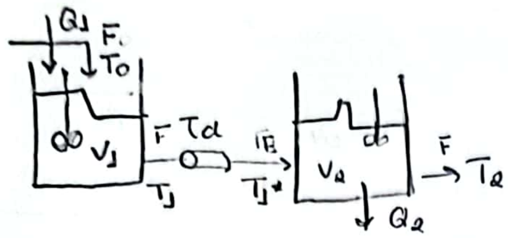


Figura 01: Esquema dos trocadores de calor.

TG7



Hipóteses

- Regime perfeitamente agitado
- c_p, ρ, V_1, V_2 => cte
- F => cte

Dados

$c_p = 4{,}175 \frac{kJ}{kg\,K}$

$\rho_m = 995\ kg/m^3$

$V_1 = 0{,}075\ m^3$

$V_2 = 0{,}040\ m^3$

a) função de transferência trocador de aquecimento 1

Balanço de energia p/ Tanque 1

$$H_0 . F . \rho_0 - H_1 F . \rho_1 + Q_1 = \frac{dE}{dt}$$

$$c_p . (T_0 - \cancel{T_R^{\circ}}) . F . \rho_0 - c_p (T_1 - \cancel{T_R^{\circ}}) . F . \rho_1 + Q = \frac{d\left(\rho . V_1 c_p (T_1 - \cancel{T_R^{\circ}})\right)}{dt}$$

$$c_p . F . \rho T_0 - c_p . F . \rho . T_1 + Q_{(t)} = \rho . V_1\, c_p \frac{dT}{dt}$$

$$\frac{F}{V_1} . T_{0(t)} - \frac{F}{V_1} . T_{1(t)} + \frac{1}{\rho . V_1 . c_p} . Q_{(t)} = \frac{dT}{dt} \quad \text{(E.D.O linear) (1)}$$

Estado estacionário

$$\frac{F}{V_1} . T_{0s} - \frac{F}{V_1} T_{1s} + \frac{1}{\rho . V . c_p} . Q_s = 0 \quad (2)$$

Subtraindo (2) de (1)

$$\frac{F}{V_1} (T_{0(t)} - T_{0s}) - \frac{F}{V_1} (T_{1(t)} - T_{1(s)}) - \frac{1}{\rho . V . c_p} . (Q_{(t)} - Q_s) = \frac{dT}{dt}$$

Formato variável desvio

$$\frac{F}{V_1} . T_0'(t) - \frac{F}{V_1} . T_1'(t) + \frac{1}{\rho . V . c_p} . Q'(t) = \frac{dT_1}{dt}$$

Aplicando a T. L

$$\frac{F}{V} . \bar{T}_{0(s)} - \frac{F}{V} . \bar{T}_{1(s)} + \frac{1}{\rho . V . c_p} \bar{Q}_{(s)} = S . \bar{T}_{1(s)}$$

Função de Transferência

$$\underbrace{\bar{T}_{1(s)} = \frac{1}{\frac{V_1}{F} . S + 1} . \bar{T}_{0(s)}}_{F.T.\ 1.1} + \underbrace{\frac{\frac{1}{\rho . c_p . F}}{\frac{V_1}{F} . S + 1} . \bar{Q}_{1(s)}}_{F.T.\ 2.1}$$

$$FT1.1 \Rightarrow \bar{T}_{1(s)} = \frac{1}{\frac{0{,}075}{0{,}5/1000} + 1} . \bar{T}_{0(s)} \Rightarrow \bar{T}_{1(s)} = \frac{1}{150 . S + 1} \bar{T}_{0(s)}$$

$\therefore K_p = 1$

$\tau_p = 150\ s$

10^{-3}

$$FT2.1 \Rightarrow \bar{T}_{1(s)} = \frac{\frac{1}{995 . 4{,}175 . 0{,}5}}{\frac{0{,}075}{\frac{0{,}5}{1000}} . S + 1} \bar{Q}_{1(s)} \Rightarrow \bar{T}_{1(s)} = \frac{0{,}00048}{150 . S + 1} . \bar{Q}_{1(s)}$$

$K_p = 0{,}00048$

$\tau_p = 150\ s$

Digitalizado com CamScanner

b) função de Transferência p/ Tanque 2 (resfriamento)
Seguindo o mesmo raciocínio utilizado p/ o Tanque 1, levando em consideração que o Tanque 2 é de resfriamento, que se retira o calor ($-Q_2$)

$$\underbrace{\bar{T}_2(s) = \frac{1}{\frac{V_2}{F}\cdot s+1}\cdot \bar{T}_1^*(s)}_{FT1.2} - \underbrace{\frac{\frac{1}{\rho . c_p . F}}{\frac{V_2}{F}\cdot s+1}\cdot \bar{Q}_2(s)}_{FT2.2}$$

Balanço de massa p/ Tubo

$$T_1^*(t) = T_1(t) . \mu . (t - \tau d)$$

$$\bar{T}_1^*(s) = \bar{T}_1(s) . e^{-\tau d . s}$$

aplicando a linearização p/ aproximação de Padé

$$\bar{T}_1^*(s) = \frac{\left(1 - \frac{\tau d . s}{2}\right)}{\left(1 + \frac{\tau d . s}{2}\right)} . \bar{T}_1(s) \quad \text{(substituindo valores)}$$

$$\bar{T}_1^*(s) = \frac{\left(1 - \frac{30}{2} . s\right)}{\left(1 + \frac{30}{2} s\right)} . \bar{T}_1(s) \Rightarrow \bar{T}_1^*(s) = \frac{1 - 15 . s}{1 + 15 . s} . \bar{T}_1(s)$$

Substituindo na FT p/ Tanques

$$\bar{T}_2(s) = \frac{1}{\frac{V_2}{F} . s + 1} . \frac{(1 - 15s)}{(1 + 15s)} . \bar{T}_1(s) - \frac{1/\rho . c_p . F}{\frac{V_2}{F} . s + 1} . \bar{Q}_2(s)$$

$$\bar{T}_2(s) = \frac{1}{\frac{0,04}{\frac{0,5}{1000}} . s+1} . \frac{(1 - 15s)}{1 + 15 . s)} . \bar{T}_1(s) - \frac{\frac{1}{995 . 4,175 . 0,5}}{\frac{0,04}{\frac{0,5}{1000}} . s + 1} . \bar{Q}_2(s)$$

$$\bar{T}_2(s) = \frac{1}{80 . s + 1} . \frac{(1 - 15s)}{(1 + 15s)} . \bar{T}_1(s) - \frac{0,00048}{150s + 1} . \bar{Q}_2(s)$$

Substituindo p/ FT1.1 e FT2.1

$$\bar{T}_2(s) = \frac{1}{80 . s + 1} . \frac{(1 - 15s)}{(1 + 15s)} . \frac{1}{150s + 1} . \bar{T}_0(s) - \frac{0,00048}{150 . s + 1} . \bar{Q}_2(s) + \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{1}{80 . s + 1} . \frac{(1 - 15s)}{(1 + 15s)} . \frac{0,00048}{150\ s + 1} . \bar{Q}_1(s)$$

c) s/ variação em Q_1 e Q_2

$$\bar{T}_2(s) = \frac{1}{80s+1}\cdot\frac{(1-15s)}{(1+15s)}\cdot\frac{1}{150s+1}\cdot\bar{T}_0(s) - \cancel{\frac{0{,}00058}{150s+1}\cdot\bar{Q}_2(s)} +$$

$$\cancel{\frac{1}{80s+1}\cdot\frac{(1-15s)}{(1+15s)}\cdot\frac{0{,}00058}{150s+1}\cdot\bar{Q}_1(s)}$$

$$\therefore\ \bar{T}_2(s) = \frac{1}{80s+1}\cdot\frac{(1-15s)}{(1+15s)}\cdot\frac{1}{150s+1}\cdot\bar{T}_0(s)$$

↳ variação na forma de degrau de amplitude 5 em T_0

$$\lim_{s\to 0} s\cdot\bar{T}_2(s)$$

$$\lim_{s\to 0} \cancel{s}\left[\frac{1}{80s+1}\cdot\frac{(1-\cancel{15s})}{(1+\cancel{15s})}\cdot\frac{1}{150s+1}\cdot\frac{5}{\cancel{s}}\right]$$

$$\lim_{s\to 0}\left[\frac{1}{1}\cdot\frac{1}{1}\cdot\frac{1}{1}\cdot 5\right] = 5\,^{\circ}C$$

$\therefore$ variação de $\bar{T}_2 = 5\,^{\circ}C$