

169536 - Tópicos em Controle e Automação:

Controle de Processos – 2S / 2012

Prof. Eduardo Stockler Tognetti

PROJETO COMPUTACIONAL 2

(Data de entrega: 12/02/2013)

Quanto a entrega do trabalho:

- O desenvolvimento matemático poderá ser entregue a mão ou em meio eletrônico;
- O material eletrônico não precisa ser impresso, poderá ser enviado para o e-mail do professor (estognetti@ene.unb.br);
- Os códigos dos programas deverão ser enviados para o e-mail do professor e deverão fornecer os mesmos resultados que os gráficos e valores constantes no relatório do projeto.

Seja o sistema de tanques mostrados na Figura 1. Os fluxos $f_3(t)$ e $f_4(t)$ são proporcionais às correspondentes pressões hidrostáticas sobre elas, ou seja,

$$f_3(t) = C_{v_3} f_a(a_3(t)) \sqrt{\frac{\Delta P_3(t)}{G_f}} \quad \text{e} \quad f_4(t) = C_{v_4} f_a(a_4(t)) \sqrt{\frac{\Delta P_4(t)}{G_f}}$$

em que $\Delta P_3(t)$ e $\Delta P_4(t)$ são as quedas de pressão nas válvulas e $f_a(a)$ é a função que descreve a característica de vazão inerente das válvulas em função da abertura da válvula a ($a \in [0, 1]$) e é dada por

$$f_a(a) = R^{a-1}, \quad R = 50;$$

Dados do processo:

- Densidade: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$
- Área do tanque 1: $A_1 = 4.XY \text{ m}^2$ (XY: dois últimos nos. da matrícula)
- Área do tanque 2: $A_2 = 2.XY \text{ m}^2$ (XY: dois últimos nos. da matrícula)
- Constante de vazão da válvula 3: $C_{v_3} = 6$

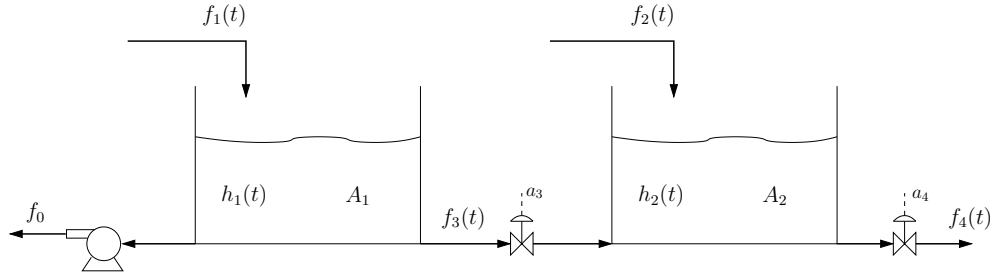


Figura 1: Tanques de nível em série.

- Constante de vazão da válvula 3: $C_{v_3} = 4$
- Gravidade: $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- Densidade relativa (gravidade específica) $G_f = \rho/1000$
- Fluxo da bomba: $f_0 = 5 \text{ m}^3/\text{h}$

Variáveis de estado:

- Nível do tanque 1: $h_1(t) \text{ [m]}$
- Nível do tanque 2: $h_2(t) \text{ [m]}$

Valores em regime permanente (condição inicial, $t = 0$):

- Abertura da válvula 3: $\bar{a}_3 = a_3(t = 0) = 0.6$ (60%)
- Abertura da válvula 4: $\bar{a}_4 = a_4(t = 0) = 0.4$ (40%)
- Vazão da corrente de entrada 1: $\bar{f}_1 = f_1(t = 0) = 20 \text{ m}^3/\text{h}$
- Vazão da corrente de entrada 2: $\bar{f}_2 = f_2(t = 0) = 10 \text{ m}^3/\text{h}$
- Obs.: Os valores em regime permanente de $h_1(t)$ (\bar{h}_1) e $h_2(t)$ (\bar{h}_2) devem ser calculados a partir dos valores de \bar{f}_1 , \bar{f}_2 , a_3 e a_4

Implemente no *Matlab* ou *Simulink*

(a) a equação diferencial não-linear do processo.

Simule o comportamento do tanque aquecido com agitação mostrado na Figura 1 à resposta a distúrbios de processo da seguinte forma:

1. Resposta de $h_1(t)$ à variação do fluxo $f_1(t)$: $\bar{f}_1 \xrightarrow{t=2} 1.2\bar{f}_1$ e $1.2\bar{f}_1 \xrightarrow{t=t^*} \bar{f}_1$;
2. Resposta de $h_1(t)$ à variação do fluxo $f_2(t)$: $\bar{f}_2 \xrightarrow{t=2} 1.2\bar{f}_2$ e $1.2\bar{f}_2 \xrightarrow{t=t^*} \bar{f}_2$;
3. Resposta de $h_2(t)$ à variação do fluxo $f_1(t)$: $\bar{f}_1 \xrightarrow{t=2} 1.2\bar{f}_1$ e $1.2\bar{f}_1 \xrightarrow{t=t^*} \bar{f}_1$;
4. Resposta de $h_2(t)$ à variação do fluxo $f_2(t)$: $\bar{f}_2 \xrightarrow{t=2} 1.2\bar{f}_2$ e $1.2\bar{f}_2 \xrightarrow{t=t^*} \bar{f}_2$;

5. Resposta de $h_1(t)$ à variação do fluxo $a_3(t)$: $\bar{a}_3 \xrightarrow{t=2} \bar{a}_3 + 20\%$ e $\bar{a}_3 + 20\% \xrightarrow{t=t^*} \bar{a}_3$;
6. Resposta de $h_1(t)$ à variação do fluxo $a_4(t)$: $\bar{a}_4 \xrightarrow{t=2} \bar{a}_4 - 20\%$ e $\bar{a}_4 - 20\% \xrightarrow{t=t^*} \bar{a}_4$;
7. Resposta de $h_2(t)$ à variação do fluxo $a_3(t)$: $\bar{a}_3 \xrightarrow{t=2} \bar{a}_3 + 20\%$ e $\bar{a}_3 + 20\% \xrightarrow{t=t^*} \bar{a}_3$;
8. Resposta de $h_2(t)$ à variação do fluxo $a_4(t)$: $\bar{a}_4 \xrightarrow{t=2} \bar{a}_4 - 20\%$ e $\bar{a}_4 - 20\% \xrightarrow{t=t^*} \bar{a}_4$;
9. Plote a curva do fluxo $f_3(t)$ em função da abertura da válvula a_3 , ou seja, a característica instalada da válvula 3 nas condições de regime permanente (dica: para um conjunto de valores de a_3 monte um vetor de conjunto de valores, em estado estacionário, de f_3)

Obs.: t^* é o tempo em que o sistema encontra-se em regime permanente após a aplicação do primeiro distúrbio.

A partir das funções de transferência relacionando o nível $\tilde{H}_2(s)$ com os fluxos de entrada $\tilde{F}_1(s)$ e $\tilde{F}_2(s)$ do sistema linearizado na condição de regime permanente calcule

- Um aproximação por um modelo de 1a ordem mais tempo morto

$$\frac{\tilde{H}_2(s)}{\tilde{F}_1(s)} \approx G_1(s) \frac{K_1 e^{-\theta_1 s}}{\tau_1 s + 1}$$

pelo método de Skogestad apresentado em sala de aula;

- Um aproximação por um sistema de 1a ordem com zero

$$\frac{\tilde{H}_2(s)}{\tilde{F}_1(s)} \approx G_2(s) \frac{K_2(b_0 s + 1)}{a_0 s + 1}$$

pela aproximação de Padé apresentado em sala de aula

A partir da resposta de $h_2(t)$ ao degrau de $f_1(t)$ no sistema não-linear obtenha (os degraus devem ter amplitude apropriada de forma que a resposta não seja contaminada pelas não-linearidades de processo)

- um modelo de 1a ordem mais tempo morto

$$\frac{\tilde{H}_2(s)}{\tilde{F}_1(s)} \approx G_3(s) \frac{K_3 e^{-\theta_3 s}}{\tau_3 s + 1}$$

através do método da reta tangente

- um modelo de 1a ordem mais tempo morto

$$\frac{\tilde{H}_2(s)}{\tilde{F}_1(s)} \approx G_4(s) \frac{K_4 e^{-\theta_4 s}}{\tau_4 s + 1}$$

através do método dos dois pontos ou Bróida

Plote a resposta ao degrau do sistema não-linear, do sistema linearizado e de $G_1(s)$, $G_2(s)$, $G_3(s)$ e $G_4(s)$

10. Para $a_3 = 0.6$ e $a_4 = 0.4$, de $h_2(t)$ à variação do fluxo $f_1(t)$: $\bar{f}_1 \xrightarrow{t=2} 1.2\bar{f}_1$ e $1.2\bar{f}_1 \xrightarrow{t=t^*} \bar{f}_1$ (todos os modelos num mesmo gráfico);
11. Para $a_3 = 0.3$ e $a_4 = 0.8$, de $h_2(t)$ à variação do fluxo $f_1(t)$: $\bar{f}_1 \xrightarrow{t=2} 1.2\bar{f}_1$ e $1.2\bar{f}_1 \xrightarrow{t=t^*} \bar{f}_1$ (todos os modelos num mesmo gráfico);