

Relatório Descritivo

Aplicação de modelagem Fuzzy Takagi-Sugeno à planta Quatro-Tanques multivariável

Jhonantans Moraes Rocha

Laboratório de Robótica e Automação (LARA)
Departamento de Engenharia Elétrica - FT - UnB
Caixa Postal 4.386 - Brasília - DF - Brasil

17 de agosto de 2016

Resumo

Realiza-se neste trabalho a modelagem não-linear, linearizada e fuzzy Takagi-Sugeno de uma planta quatro-tanques, como um exemplo geral de processos multivariáveis. Objetiva-se a comparação dos resultados obtidos, demonstrando a maior eficiência da abordagem fuzzy sobre a linearização simultaneamente à sua simplicidade.

1 Introdução

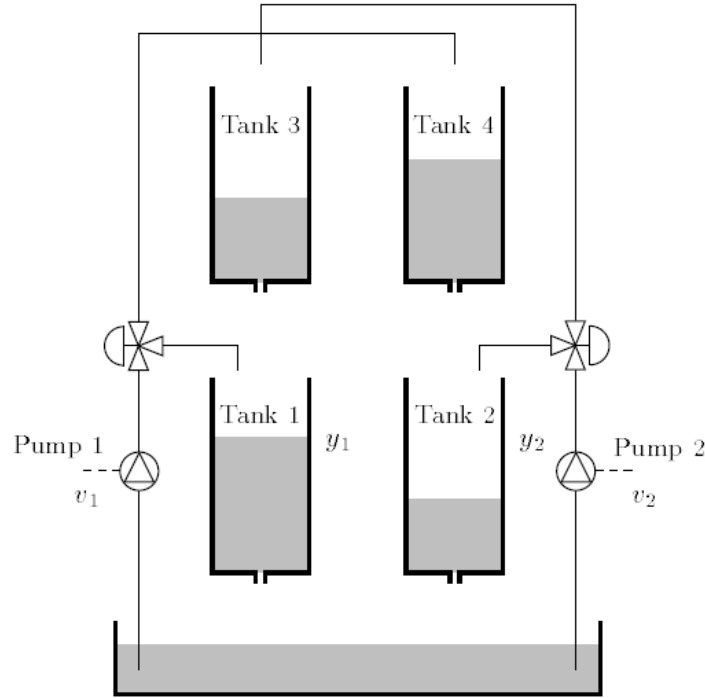


Figura 1: Diagrama esquemático do sistema de quatro tanques.

2 Modelagem da Planta

2.1 Modelo Não Linear

Observando o esquemático apresentado na Figura 1 e partindo das equações de Bernoulli para conservação de energia de fluidos incompressíveis, chega-se às seguintes equações não lineares:

$$\begin{cases} \dot{h}_1 = \frac{1}{A_1}(a_3\sqrt{2gh_3} + \gamma_1 k_1 v_1 - a_1\sqrt{2gh_1}) \\ \dot{h}_2 = \frac{1}{A_2}(a_4\sqrt{2gh_4} + \gamma_2 k_2 v_2 - a_2\sqrt{2gh_2}) \\ \dot{h}_3 = \frac{1}{A_3}((1 - \gamma_2)k_2 v_2 - a_3\sqrt{2gh_3}) \\ \dot{h}_4 = \frac{1}{A_4}((1 - \gamma_1)k_1 v_1 - a_4\sqrt{2gh_4}) \end{cases} \quad (1)$$

em que, h_i , A_i e a_i são o nível de água, a área da secção transversal e a área de secção transversal do orifício de saída do tanque i , $i = 1, 2, 3, 4$, respectivamente. A constante de fluxo e a tensão aplicada na bomba j são dadas respectivamente por k_j e v_j , $j = 1, 2$. O parâmetro γ_1 é a razão entre os fluxos para os tanques 1 e 4, γ_2 é a razão entre os fluxos para os tanques 2 e 3 e g é a aceleração da gravidade.

2.2 Linearização

Seja o ponto em regime permanente dado por $\bar{h} = (\bar{h}_1, \bar{h}_2, \bar{h}_3, \bar{h}_4)$ e $\bar{v} = (\bar{v}_1, \bar{v}_2)$, realiza-se a linearização, por expansão em série de Taylor, das equações 1. Chega-se a:

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{h}_1 \\ \Delta \dot{h}_2 \\ \Delta \dot{h}_3 \\ \Delta \dot{h}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-a_1\sqrt{2g}}{2A_1\sqrt{h_1}} & 0 & \frac{a_3\sqrt{2g}}{2A_1\sqrt{h_3}} & 0 \\ 0 & \frac{-a_2\sqrt{2g}}{2A_2\sqrt{h_2}} & 0 & \frac{a_4\sqrt{2g}}{2A_2\sqrt{h_4}} \\ 0 & 0 & \frac{-a_3\sqrt{2g}}{2A_3\sqrt{h_3}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{-a_4\sqrt{2g}}{2A_4\sqrt{h_4}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta h_1 \\ \Delta h_2 \\ \Delta h_3 \\ \Delta h_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\gamma_1 k_1}{A_1} & 0 \\ 0 & \frac{\gamma_2 k_2}{A_2} \\ 0 & \frac{(1-\gamma_2)k_2}{A_3} \\ \frac{(1-\gamma_1)k_1}{A_4} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta v_1 \\ \Delta v_2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = I \begin{bmatrix} \Delta h_1 \\ \Delta h_2 \\ \Delta h_3 \\ \Delta h_4 \end{bmatrix} \quad (3)$$

em que y_i são as saídas medidas do sistema, $\Delta h_i = h_i - \bar{h}_i$, $\Delta v_i = v_i - \bar{v}_i$, e $i = 1, 2, 3, 4$.

E por fim, a matriz função de transferência do sistema obtida é:

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{T_1 \gamma_1 k_1}{A_1(1+sT_1)} & \frac{T_1(1-\gamma_2)k_2}{A_1(1+sT_3)(1+sT_1)} \\ \frac{T_2(1-\gamma_1)k_1}{A_2(1+sT_4)(1+sT_2)} & \frac{T_2 \gamma_2 k_2}{A_2(1+sT_2)} \\ 0 & \frac{T_3(1-\gamma_2)k_2}{A_3(1+sT_3)} \\ \frac{T_4(1-\gamma_1)k_1}{A_4(1+sT_4)} & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

em que $G(s) = \frac{\Delta h(s)}{\Delta v(s)}$ e $T_i = \frac{2A_i\sqrt{h_i}}{a_i\sqrt{2g}}$, $i = 1, 2, 3, 4$.

3 Instalação e especificação do CLP

4 Conclusões

Neste trabalho foi realizada a implementação do CLP Rockwell 1756-L62, juntamente com o conjunto de módulos para seu funcionamento e comunicação com uma bancada de quatro tanques e com um microcomputador. Iniciou-se com o estudo e descrição da bancada, seguida da instalação do controlador bem como seus módulos de entrada e saídas de dados e de comunicação. Seguiu-se também o estudo das linguagens de programação disponíveis para os softwares proprietários da fornecedora do CLP e como aplicá-las ao controle desejado.

Referências

- [1] Allan-Bradley and Rocwell Automation. *User Manual - ControlLogix System*, 2014.
- [2] K. H. Johansson. The quadruple-tank process: A multivariable laboratory process with an adjustable zero. 2000.
- [3] Allan-Bradley and Rocwell Automation. *RSLinx Classic Getting Results Guide*, 2014.

- [4] Allan-Bradley and Rocwell Automation. *User Manual - EtherNet/IP Network Configuration*, 2014.
- [5] Allan-Bradley and Rocwell Automation. *Quick Start - Logix5000 Controllers*, 2014.
- [6] Allan-Bradley and Rocwell Automation. *User Manual - ControlLogix Analog I/O Modules*, 2014.