

Desenvolvimento de um sistema de controle inteligente aplicado em um processo de tanques acoplados

Mariana Carvalho de Freitas*, Flávio Vasconcelos da Silva

Resumo

O projeto consistiu na utilização de um software matemático (Matlab), de um Controlador Lógico-Programável e do padrão OPC de comunicação para o desenvolvimento de sistemas de controle em um protótipo experimental de tanques acoplados. Foram testados algoritmos de controle PID e Fuzzy e verificou-se as vantagens de cada método.

Palavras-chave

OPC, CLP, Controladores

Introdução

O objetivo do trabalho foi comparar os controles PID e Fuzzy para um sistema experimental instrumentado e com sistema de aquisição de dados (CLP). O Matlab permitiu a programação dos controladores, utilizando-se a teoria matemática por trás do PID e da lógica Fuzzy, através da ferramenta Simulink.

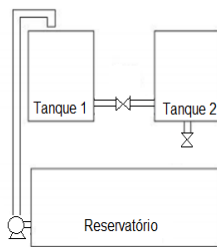


Figura 1. Esquema do protótipo experimental

Para efetuar esta comparação entre os controladores, utilizou-se dois parâmetros matemáticos, o ITAE (Equação 1) e o esforço de controle (Equação 2). O primeiro diz respeito ao tamanho do erro e à sua persistência no tempo. O segundo representa o esforço do atuador, neste caso a bomba centrífuga, para efetuar o controle.

$$ITAE = \int_0^{\infty} t \cdot |e(t)| dt \quad \text{Equação (1)}$$

$$J_{\Delta U} = \int_0^t \Delta u(t)^2 dt \quad \text{Equação (2)}$$

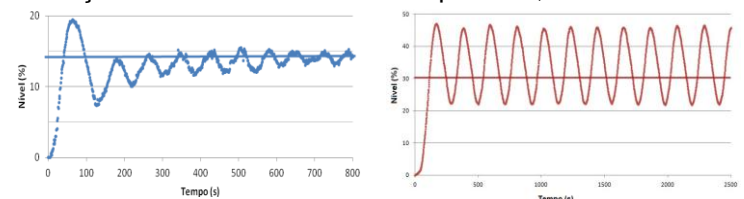
Resultados e Discussão

Desenvolveu-se os controladores PID e Fuzzy para o sistema de controle citado. O controlador PID apresentou uma oscilação constante em regime estacionário, para problema do tipo servo, como pode ser visto na Figura 2(a). Além disso, foi necessário ajustar um PID para cada faixa de trabalho de nível, pois o sistema se mostrou altamente não linear. Os dois sistemas Fuzzy testados foram capazes de trabalhar em todos os níveis do sistema, sendo neste sentido uma técnica mais flexível e eficiente do que o PID.

O primeiro sistema Fuzzy desenvolvido apresentava uma oscilação alta e constante em estado estacionário, como pode ser visto na Figura 2(b). O segundo sistema Fuzzy foi resultado da introdução de

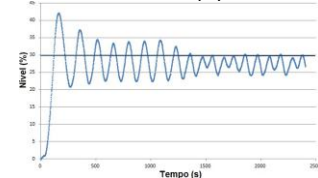
uma terceira variável de entrada: a diferença entre os níveis dos tanques 2 e 1. O resultado, apresentado na Figura 2(c), é a redução das oscilações em regime estacionário. A Tabela 1 apresenta os valores de ITAE e de esforço de controle para os três sistemas analisados.

Percebe-se que o sistema Fuzzy com três variáveis apresentou o menor valor de esforço de controle, porém todos os controladores apresentaram oscilação em estado estacionário e portanto, alto ITAE.



2(a) Controle PID

(b) Controle Fuzzy



(c) Controle fuzzy aprimorado

Figura 2: Resposta dinâmica do nível (variável controlada) frente a mudanças no valor do set point

Tabela 1. ITAE e Esforço de Controle por controlador

Controlador	ITAE (%nível.s)	Esforço de controle (%bomba ² .s)
PID	$3,07 \cdot 10^5$	$3,59 \cdot 10^6$
Fuzzy	$2,49 \cdot 10^7$	$9,24 \cdot 10^4$
Fuzzy aprimorado	$8,47 \cdot 10^6$	$6,90 \cdot 10^3$

Conclusões

Desenvolveu-se controladores PID e Fuzzy para um sistema altamente não linear e com alto tempo de resposta. Comparou-se o desempenho deles em termos de ITAE e esforço de controle, chegando-se a conclusão que o modelo Fuzzy Aprimorado é o mais interessante, embora ainda possua alto erro em estado estacionário.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Prof. Flávio pela oportunidade de aprendizado e crescimento e por todo o apoio intelectual durante esta jornada. Agradeço também ao PIBIC e ao SAE/Unicamp pelo apoio financeiro.