

PROJETO DE CONTROLE DE PROCESSOS UTILIZANDO SOFTWARE LIVRE

Alcino Antunes Da Silva Neto¹; Saulo Fernando dos Santos Vidal²; Lourinaldo Soares³; Raissa Costa de Oliveira⁴; Laisse Dias Ribeiro⁵

Resumo: Estudar a estabilidade de um sistema em malha fechada e obter a sintonia dos parâmetros dos controladores são etapas importantes na implementação de um controle. Neste trabalho, efetuou-se a análise da estabilidade de um sistema em malha fechada, partindo-se de um processo constituído por dois tanques de nível em série e interativos. Obteve-se também valores de trabalho para os parâmetros introduzidos pelos controladores através da realização de métodos de sintonia. A modelagem matemática foi realizada através de simulação utilizando-se o *toolbox* Xcos da ferramenta livre Scilab.

Palavras-chave: Estabilidade. Sintonia. Controlador Feedback. Xcos.

Introdução

Manter um sistema operando dentro de restrições operacionais/ambientais e de maneira estável são uns dos objetivos do controle. Uma malha de controle básica é composta por sensores e atuadores, além do controlador propriamente dito. A análise em malha fechada envolve, dentre outras, as etapas de verificação da estabilidade do sistema e a sintonia do controlador. As ações de controle existentes são: proporcional (P), integral (I) e derivativo (D), os quais dependendo das características do processo podem ser combinados entre si. Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo estudar, em malha fechada, um sistema composto por dois tanques interativos em série através da implementação dos controladores P, PI e PID. Este estudo se dá por meio da análise da estabilidade do sistema e da sintonia dos controladores, utilizando-se o *toolbox* Xcos da ferramenta livre Scilab, a fim de consolidar os conhecimentos teóricos de controle de processos.

Material e Métodos

As funções de transferência em malha fechada do sistema são obtidas através das funções de transferência do processo e do controlador, desprezando-se as dinâmicas associadas ao elemento de medição/transmissão e ao elemento final de

-
- 1 Acadêmico do curso de Engenharia Química do IFNMG, Campus Montes Claros. Email: alcinoeq@gmail.com
 - 2 Docente do IFNMG, Campus Montes Claros. Email: saulo.vidal@ifnmg.edu.br
 - 3 Acadêmico do curso de Engenharia Química do IFNMG, Campus Montes Claros. Email: lourinaldosoares@petrobras.com.br
 - 4 Acadêmica do curso de Engenharia Química do IFNMG, Campus Montes Claros. Email: raissac.oliveira@hotmail.com
 - 5 Acadêmica do curso de Engenharia Química do IFNMG, Campus Montes Claros. Email: laissedias_@hotmail.com

controle. A partir das funções de transferência em malha fechada, determina-se as equações características, as quais são usadas na análise da estabilidade do sistema por meio do método de Routh-Hurwitz. Em seguida, segundo Stephanopoulos (1984), aplica-se os métodos de sintonia Aström-Hägglund e o critério de integração do erro para realizar a sintonia fina do controle.

Resultados e Discussão

Para os estudos realizados nesse trabalho serão considerados as funções de transferência do processo mostradas na Tabela 01, sendo G_p a relação da saída em relação à variável manipulada e G_d a relação entre a saída e o distúrbio.

Tabela 01: Funções de transferência do sistema obtidas em malha aberta.

| G_p | G_d |
|-----------------------------------|---|
| $\frac{-2,675}{1,23 \cdot s + 1}$ | $\frac{0,3}{3,52 \cdot s + 1} \cdot e^{-0,169 \cdot s}$ |

Fonte: Próprio autor.

Desse modo, sendo as funções de transferência para os controladores P (K_c), PI ($K_c + K_c/\tau_I$) e PID ($K_c + K_c/\tau_I + K_c\tau_D$), obtêm-se, respectivamente, as seguintes equações características em malha fechada:

$$1,23s + (2,675K_c + 1) = 0 \quad (01)$$

$$1,23\tau_I s^2 + (\tau_I + 2,675K_c\tau_I)s + 2,675K_c = 0 \quad (02)$$

$$(1,23\tau_I + 2,675K_c\tau_I\tau_D)s^2 + (\tau_I + 1,23 + 2,675K_c\tau_I)s + 1 + 2,675K_c = 0 \quad (03)$$

Utilizando-se o método de Routh-Hurwitz, de acordo com Stephanopoulos (1984), determinou-se as condições de estabilidade do sistema, dadas pela Tabela 02.

Tabela 02: Condições de estabilidade do sistema em estudo.

| Controlador | Análise de Estabilidade | Condições |
|-------------|-------------------------|-----------------------------------|
| P | Estável | $K_c > 0$ |
| PI | Estável | $K_c > 0; \tau_I > 0$ |
| PID | Estável | $K_c > 0; \tau_I > 0; \tau_D > 0$ |

Fonte: Próprio autor.

Após a análise de estabilidade, aplicou-se os métodos de sintonia. O método de Aström-Hägglund determina os parâmetros através da realização de um teste na malha fechada, substituindo o controlador por um relé. Criando-se um diagrama de blocos no Xcos, obteve-se o gráfico de resposta da variável controlada frente a perturbação feita através do relé, apresentado pela Figura 01, do qual extraiu-se o período de oscilação e o ganho crítico, T_{critico} e K_{critico} . Os valores obtidos foram utilizados juntamente com a Tabela de Ziegler-Nichols (Stephanopoulos, 1984) para a determinação dos valores ajustados de K_c , τ_I e τ_D , os quais se encontram na Tabela 03.

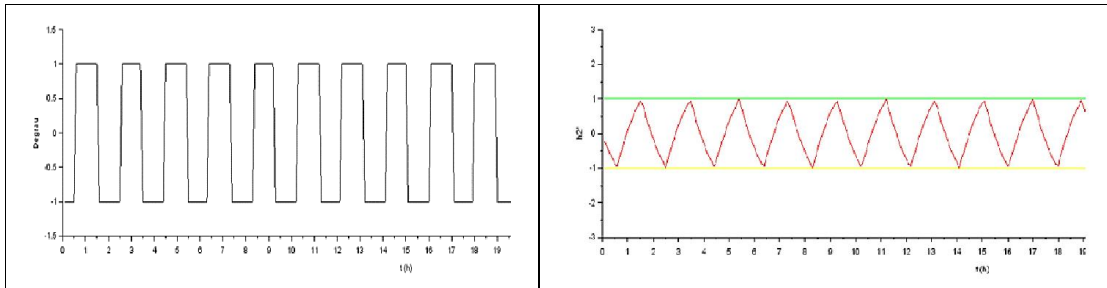


Figura 01: Resposta da variável controlada h_2' frente a ação do relé. Fonte: Próprio autor.

Tabela 03: Parâmetros de controle ajustados pelo método de Aström-Hägglund.

| Controladores | K_c | τ_I | τ_D |
|---------------|-------|----------|----------|
| P | 0,637 | - | - |
| PI | 0,573 | 0,936 | - |
| PID | 0,764 | 0,749 | 0,326 |

Fonte: Próprio autor.

O critério de integração do erro, ponderado no tempo, é dado pela Equação 04. Para utilização do mesmo, fez-se uma perturbação no *set point* do sistema. Através de um diagrama de blocos, criado com o auxílio do Xcos, efetuou-se uma integração numérica, partindo-se dos valores obtidos pelo método de Aström-Hägglund, Tabela 02. Assim, através de algumas variações nos próprios parâmetros, encontrou-se os valores que minimizam o critério, sendo então selecionados para utilização no controle.

$$ITAE = \int_0^{\infty} t|e(t)|dt \quad (04)$$

Dessa maneira, para o controlador P obteve-se $K_c = 1$, para o PI obteve-se o conjunto $K_c = 0,8$ e $\tau_I = 0,5$ e para o PID obteve-se $K_c = 1$, $\tau_I = 0,7$ e $\tau_D = 0,3$.

Conclusões

Este trabalho possibilitou analisar a estabilidade do sistema de interesse e efetuar sua sintonia frente à aplicação de diferentes controladores, utilizando-se o *toolbox* Xcos da ferramenta livre Scilab. Conclui-se que a ferramenta livre se mostrou de grande utilidade para estudo e implementação do controle de processos sem a necessidade de recursos financeiros.

Referências

STEPHANOPOULOS, G. **Chemical Process Control: An Introduction to Theory and Practice**. 1.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1984. 696p.

SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2016, Montes Claros.
 EVENTOS DO IFNMG, 2016, Montes Claros. Anais