

Projeto de Controle RST Adaptativo para Planta Variante no Tempo

Daniel Takashi Né do Nascimento Suzuki¹

Jean Chaves Batista²

João Victor Moura Silva³

Wendler Luis Nogueira Matos⁴

Orlando Fonseca Silva⁵

Programa de Educação Tutorial - Engenharia Elétrica, UFPA, Belém, PA

Algoritmos de controle são essenciais para aprimorar o desempenho de sistemas dinâmicos. O controle digital permite a criação de controladores que podem ter parâmetros redefinidos em tempo real. O trabalho se propõe a simular, na plataforma *Simulink* [3], um identificador discreto por Mínimos Quadrados Recursivos (MQR) [2], em conjunto com um controlador RST adaptativo, para planta de 1^a ordem variante no tempo, com desempenho em malha aberta indesejado, resposta lenta e com erro de regime não nulo.

A planta é, inicialmente, representada por G_1 , após 10 segundos sofre variação para a G_2 , Equação (1). Deseja-se que o controle RST garanta um desempenho em malha fechada que se aproxime do modelo da Equação (2). Para a discretização das plantas G_1 , G_2 e G_m usou-se o método ZOH (*Zero Order Hold*) com o período de amostragem, t_s , igual a 10% da menor constante de tempo da função de transferência de malha fechada [1], o que resulta em $t_s = 0,02$ segundos.

$$G_1 = \frac{0,5}{2,5 * s + 1} \equiv \frac{0,003984}{z - 0,992} = \frac{B_1(z)}{A_1(z)} \rightarrow G_2 = \frac{0,667}{1,67 * s + 1} \equiv \frac{0,007952}{z - 0,9881} = \frac{B_2(z)}{A_2(z)} \quad (1)$$

$$G_m(s) = \frac{1}{0,2 * s + 1} \equiv \frac{0,09516}{z - 0,9048} = \frac{Bm(z)}{Am(z)} \quad (2)$$

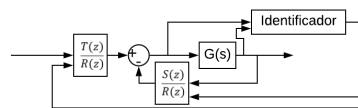


Figura 1: Diagrama do sistema.

A simulação foi realizada de acordo com a Figura 1. O sinal de entrada, contaminado com ruído branco de variância 0,01 a fim de excitar todas as faixas de frequências associadas aos polos do sistema, e o sinal de saída da planta $G(s)$ são enviados ao algoritmo de identificação, que calcula

¹daniel.suzuki@itec.ufpa.br

²jeanbatista8@gmail.com

³victormourasilva1@gmail.com

⁴wendler.matos@itec.ufpa.br

⁵orfosi@ufpa.br

pelos MQR os parâmetros da planta e em seguida determina os parâmetros dos polinômios $R(z)$, $S(z)$ e $T(z)$, tal que o sistema em malha fechada se comporte como G_m .

O identificador calcula θ recursivamente, pela Equação (6), a cada período de amostragem, de acordo com as Equações de (3) até (7) [2]. A identificação se inicia após 1 período de amostragem, para poder criar o vetor de medidas fi (3). Sendo θ inicializado com zero, calcula-se o erro de predição (4) [2]. Sendo p a matriz de covariância (7) diagonal, iniciada com valores elevados [2], calcula-se k , o ganho estimador (5), onde f_e é o fator de esquecimento que enfatiza mais os valores recentes [2]. Uma vez calculado θ , o vetor com os parâmetros discretos da planta, atualiza-se p [2].

$$fi(t) = [-y(t-1); u(t-1)] \quad (3) \quad erro(t+1) = y(t+1) - \theta(t)^T \cdot fi(t+1) \quad (4)$$

$$k(t+1) = \frac{p(t) \cdot fi(t+1)}{f_e + fi^T(t+1) \cdot p(t) \cdot fi(t+1)} \quad (5)$$

$$\theta(t+1) = \theta(t) + k(t+1) \cdot erro(t+1) \quad (6) \quad p(t+1) = \frac{p(t) - k(t+1) \cdot fi(t+1)^T \cdot p(t)}{f_e} \quad (7)$$

Após a identificação da planta calculam-se os coeficientes dos polinômios R e S , pela Equação (8) [1]. Como todos os polinômios possuem grau zero, a saída do bloco identificador corresponde à divisão dos coeficientes de R , S e T , conforme a Figura 1, que são definidos pelas Equações (9) e (10), sendo a_{m0} o coeficiente de grau zero de $A_m(z)$ e a_0 de $A_1(z)$ ou $A_2(z)$ [1].

$$AR' + SB^- = A_m \quad (8) \quad \frac{S}{R} = \frac{a_{m0} - a_0}{B} \quad (9) \quad \frac{T}{R} = \frac{B_m}{B} \quad (10)$$

Os resultados são exibidos nos gráficos da Figura 2:

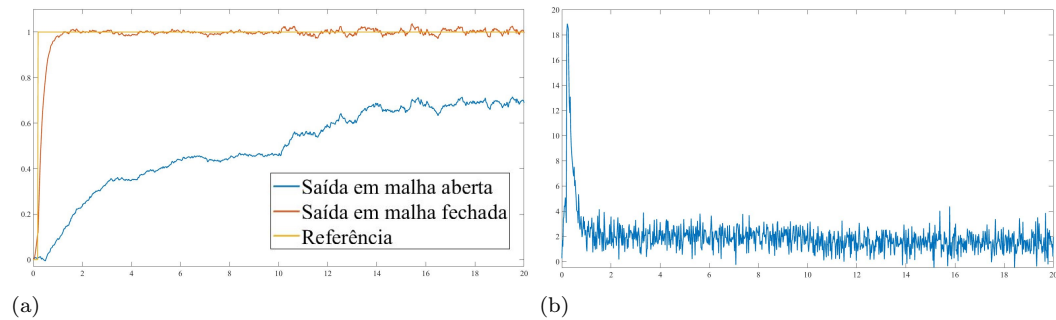


Figura 2: Saída da planta em malha aberta e fechada 2(a). Ação de controle 2(b)

O sinal de referência é um degrau unitário aplicado em 0,2 segundos. Com os resultados obtidos, é possível observar: erro de regime e tempo de subida ajustados, capacidade adaptativa do algoritmo à variação da planta no instante 10 segundos, erro médio quadrático igual a 0,0045. Isso traz projeções otimistas para o futuro visando sua implementação em planta real.

Referências

- [1] Aström, K. J. Wittenmark, B. *Computer-Controlled Systems: Theory and Design*, 3a. edição. DoverPublications, 2011.
- [2] Coelho, A. A. R.; Coelho, L. S. *Identificação de Sistemas Dinâmicos Lineares*. UFSC, Florianópolis, 2015.
- [3] MathWorks. *Software MATLAB*. [online]. Disponível em: <https://www.mathworks.com/>. Acesso em: 20, Janeiro. 2020.