

Aplicação de Controle RST Adaptativo para Planta Real Variante no Tempo

Daniel Takashi Né do Nascimento Suzuki¹

João Victor Moura Silva²

Wendler Luis Nogueira Matos³

Orlando Fonseca Silva⁴

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

A teoria de controle pode ser aplicada no aprimoramento do desempenho de sistemas dinâmicos. O controle digital permite a criação de controladores que se adaptam às variações paramétricas do sistema. O trabalho visa construir um sistema real de 1ª ordem variante no tempo e com desempenho em malha aberta indesejado, ou seja, lento e com erro de regime permanente não nulo. Também visa implementar e testar, através da plataforma Arduino [1], a identificação dos parâmetros do modelo discreto do sistema por Mínimos Quadrados Recursivos (MQR), em conjunto com um controlador RST adaptativo para aprimorar o desempenho do sistema em malha fechada.

A planta é representada pelo circuito da Figura 1(a), na qual a chave S é fechada 10 segundos após a inicialização. Deseja-se que o controle RST garanta um desempenho em malha fechada que se aproxime do modelo da Equação (1).

$$G_m(s) = \frac{1}{0.2 * s + 1} \equiv \frac{0.09516}{z - 0.9048} = \frac{Bm(z)}{Am(z)} \quad (1)$$

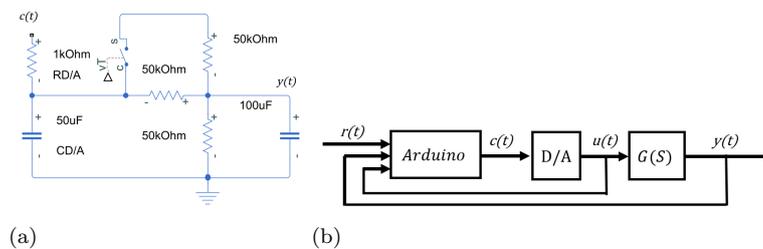


Figura 1: Circuito da planta 1(a). Diagrama do Sistema 1(b).

A implementação foi realizada de acordo com a Figura 1(b). Os sinais de entrada e de saída da planta $G(s)$ são enviados ao Arduino, que calcula pelos MQR os parâmetros do equivalente discreto ZOH (*Zero Order Hold*) da planta e, em seguida, determina o sinal de controle $c(t)$, tal que o sistema em malha fechada se comporte como a G_m . A fim de aproximar o sinal PWM (*Pulse-Width Modulation*) da saída do Arduino de um sinal DC (*Direct Current*), processo simbolizado

¹daniel.suzuki@itec.ufpa.br

²victormourasilva1@gmail.com

³wendler.matos@itec.ufpa.br

⁴orfosi@ufpa.br

pelo bloco D/A da Figura 1(b), utilizou-se um filtro formado pelo resistor RD/A e capacitor CD/A, Figura 1(a).

Na etapa de identificação, calcula-se de modo recursivo θ a cada período de amostragem de acordo com as equações de (2) até (6), nas quais f_i é o vetor de medidas (2), $erro$ é o erro de predição (3), p é a matriz de covariância (6), k o ganho estimador (4) e f_e o fator de esquecimento. Uma vez calculado θ , vetor com os parâmetros do sistema, atualiza-se p e segue-se com algoritmo de controle [3].

$$f_i = [-y(t-1); u(t-1)] \quad (2) \quad erro = y(t) - \theta^T \cdot f_i \quad (3) \quad k = \frac{p \cdot f_i}{f_e + f_i^T \cdot p \cdot f_i} \quad (4)$$

$$\theta = \theta + k \cdot erro \quad (5) \quad p = f_e^{-1} \cdot (p - k \cdot f_i^T \cdot p) \quad (6)$$

Após a identificação da planta calcula-se a sinal de controle $c(t)$ pela equação (7). Ao trabalhar com uma planta de 1ª ordem, o algoritmo de controle funciona modulando a entrada $u(t)$ da planta com base nas variáveis R, S e T pelas equações (8) e (9), sendo a_{m0} e a_0 os coeficientes de grau zero do denominador de G_m e da planta respectivamente [2].

$$c(t) = u(t) \cdot \frac{T}{R} - y(t) \cdot \frac{S}{R} \quad (7) \quad \frac{S}{R} = \frac{a_{m0} - a_0}{B} \quad (8) \quad \frac{T}{R} = \frac{B_m}{B} \quad (9)$$

O circuito com o controlador foi montado e os dados foram coletados pelo *Arduino* e plotados de acordo com a Figura 2.

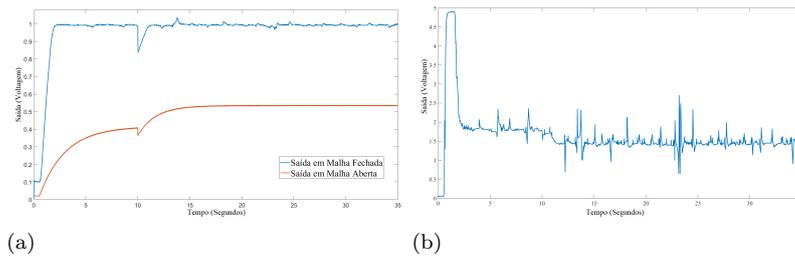


Figura 2: Saída da planta em malha aberta e fechada 2(a). Ação de controle 2(b)

O sinal de referência é um degrau unitário aplicado em 0.5 segundos. Com os resultados obtidos, é possível observar: a adaptação do algoritmo à variação dos parâmetros da planta no instante 10 segundos, erro médio quadrático igual a 0,0198, integral do erro quadrático igual a 0,4238 e integral do erro quadrático vezes o tempo igual a 0,4466. Dessa forma, a construção do sistema real e aplicação da identificação e do algoritmo de controle realizaram o objetivo, tendo desempenho satisfatório e adaptando-se as variações do sistema dinâmico descrito pelo circuito.

Referências

- [1] Arduino. *Software Arduino* [Online]. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 29, Mar. 2020.
- [2] Aström, K. J. Wittenmark, B. *Computer-Controlled Systems: Theory and Design*, 3a. edição. DoverPublications, 2011.
- [3] Coelho, A. A. R.; Coelho, L. S. *Identificação de Sistemas Dinâmicos Lineares..* UFSC, Florianópolis, 2015.