

Algoritmo preditivo por matriz dinâmica aplicado em conversor CC-CC de alto ganho

Robério Oliveira Rodrigues¹

UFPI, Teresina, PI

Otacílio da Mota Almeida²

UFPI, Teresina, PI

Fabio Rocha Barbosa³

UFPI, Teresina, PI

O controle preditivo baseado em modelo MPC (*Model Predictive Control*) surgiu por volta dos anos 70 e teve um forte desenvolvimento desde então [2]. Essa ferramenta possui diversos métodos de controle onde um modelo do sistema se faz necessário no cálculo das ações de incremento com o propósito de minimizar uma função custo, dada em sua forma escalar pela equação (1). Dentre esses métodos, a técnica DMC (*Dynamic Matrix Control*) utiliza a resposta ao degrau no modelo do sistema, tornando sua implementação mais acessível e, portanto, a mesma foi adotada neste trabalho com o objetivo de controlar a corrente de saída de um conversor CC-CC de alto ganho proposto por [1], utilizado em sistemas fotovoltaicos de energia.

$$J = \sum_{j=1}^N \delta(j) [\hat{y}(t+j|t) - w(t+j)]^2 + \sum_{j=1}^{Nu} \lambda(j) [\Delta u(t+j-1)]^2 \quad (1)$$

A função custo, onde $\hat{y}(t+j|t)$ é a saída predita no tempo $t+j$, $w(t+j)$ a referência do sistema, δ e λ respectivamente fatores de ponderação do erro e das ações de controle Δu , N o horizonte de predição e Nu o horizonte de controle, é dada na forma matricial, equação (2) para $\delta = 1$.

$$J = (\hat{\mathbf{y}} - \mathbf{w})^T (\hat{\mathbf{y}} - \mathbf{w}) + \lambda \Delta \mathbf{u}^T \Delta \mathbf{u} \quad (2)$$

A equação (3) mostra a relação entre os incrementos de entrada e as predições de saída.

$$\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{G} \Delta \mathbf{u} + \mathbf{f} \quad (3)$$

A matriz \mathbf{G} com dimensão $N \times Nu$, é composta pelos coeficientes de resposta ao degrau do sistema. Substituindo (3) em (2), tem-se um vetor de incrementos de controle $\Delta \mathbf{u}$, equação (4).

$$\Delta \mathbf{u} = (\mathbf{G}^T \mathbf{G} + \lambda \mathbf{I})^{-1} \mathbf{G}^T (\mathbf{w} - \mathbf{f}) \quad (4)$$

A metodologia para o desenvolvimento do algoritmo, consistiu em primeiro obter alguns pontos (coeficientes) do sinal de saída do conversor, no intervalo compreendido de um período de amostragem, mediante a aplicação de uma entrada em degrau. Após esta etapa, uma rotina em linguagem C foi desenvolvida com o intuito de gerar as matrizes intrínsecas à estratégia de controle adotada,

¹roberiofisica@gmail.com.

²otacilio@ufpi.edu.br.

³fabiorocha@ufpi.edu.br.

no caso, \mathbf{G} e sua transposta. No controle preditivo, o cálculo da matriz inversa é de fundamental importância na obtenção do sinal de controle conforme equação (4). Em C, a obtenção de rotinas que implementem cálculos relativos a inversa de matrizes nem sempre é uma tarefa simples. Com isso, tornou-se necessário desenvolver uma rotina para essa finalidade. Desta forma, adotou-se o Método de *Leverrier-Faddeev* por ser relativamente simples sua implementação. Uma vez calculada a inversa da matriz, o próximo passo foi a obtenção da lei de controle a ser aplicada em cada instante de amostragem. O vetor $\Delta \mathbf{u}$ mostra as ações de controle no momento atual e em momentos futuros, porém, somente o primeiro termo precisa ser calculado, $\Delta u(t)$. Assim da equação (4) obtém-se (5), sendo o vetor \mathbf{k} a primeira linha dos elementos da inversa por \mathbf{G} transposto.

$$\Delta u(t) = \mathbf{k}(\mathbf{w} - \mathbf{f}) \quad (5)$$

O termo \mathbf{f} representa a resposta livre do sistema, tal vetor compreende a dinâmica do processo e em seu cálculo se faz necessária a leitura da planta, no caso, corrente elétrica. Deste modo, um loop de controle foi definido com uma frequência de amostragem de 50kHz onde a cada período, o valor da planta era lido, calculado \mathbf{f} e executada a equação (5) para a obtenção do sinal de controle. Utilizando o software de simulação *PSIM* e sua ferramenta *Simplified C Block* para códigos em C, tem-se na Figura 1 os resultados de simulação para $\mathbf{w} = 1$ $\lambda = 3,5$ $N = 4$ e $N_u = 3$.

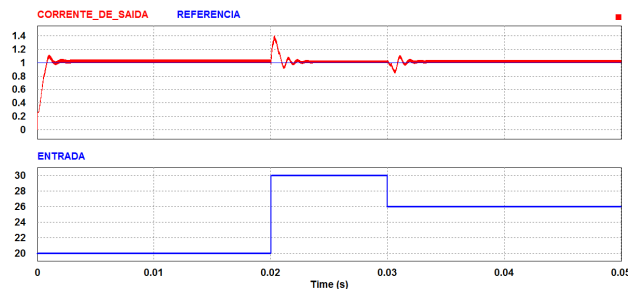


Figura 1: Simulação do conversor com variações na entrada.

Conclui-se, que o controle DMC apresentou uma boa regulação na corrente de saída, apesar das grandes variações de tensão na entrada. Embora os conversores de alto ganho sejam amplamente utilizados em sistemas fotovoltaicos, perturbações como sombreamento podem afetar o desempenho de diferentes sistemas de controle. O método adotado apresenta como vantagem a possibilidade de incluir no cálculo de suas predições a modelagem de tais perturbações, de forma a melhorar seu desempenho. Tal procedimento é sugerido como proposta para trabalhos futuros.

Agradecimentos

A CAPES-FAPEPI pelo apoio financeiro no programa de pós-graduação.

Referências

- [1] Araújo, C. F. Conversor cc-cc de alto ganho com característica de fonte de corrente na saída para aplicações em sistemas fotovoltaicos e injeção de corrente em nanoredes, Dissertação de Mestrado, UFC, 2017.
- [2] Camacho, E. F. and Bordons, C. *Model Predictive Control*, 2a. edição. Springer, London, 2007.