

Controle Adaptativo por Modelo de Referência Direto

Yago Pessanha Corrêa^{1*}; Mariana Abreu Gualhano²

¹Instituto Federal Fluminense; ²Instituto Federal Fluminense

*yago.correa@iff.edu.br

Resumo

Este trabalho possui como enfoque a análise sistemática de um controlador adaptativo que utiliza como esquema um modelo de referência, atualizado de forma direta. O objetivo é simular um processo de segunda ordem, sujeito à variações e incertezas, e observar a resposta da planta para verificar se a mesma foi capaz de seguir a resposta oriunda do modelo de referência. Para isto, diversas referências bibliográficas foram utilizadas a fim de fomentar a base teórica e matemática necessária para a construção deste algoritmo. Além disso, foi simulado um exemplo pelos autores, através de um software computacional, com o objetivo de mostrar a eficácia deste controlador. Concluiu-se a importância deste tipo de controlador no cenário atual e verificou-se a sua robustez e eficácia através dos gráficos gerados e suas respectivas análises.

Palavras-chave: Controle, Adaptativo, MRAC, Algoritmo

1. Introdução

Controle Adaptativo é uma área que lida na construção de sistemas de controle dinâmicos com incertezas associadas a estes, seja em forma de perturbação e/ou parâmetros desconhecidos do processo^[1].

A diferença básica entre um controlador que utiliza um esquema adaptativo e outro que seja linear é a capacidade intrínseca que o primeiro possui para resolver problemas que apresentem variações, podendo então ajustar-se, isto é, adaptar-se a cada situação^[2].

Neste sentido, alguns questionamentos são essenciais para guiar este trabalho:

- Qual o nível de robustez deste esquema de controle, ou seja, até que ponto os parâmetros podem ser modificados?
- Qual a relação entre estes parâmetros e suas variações?

Devido à sua importância, este tipo de controlador possui diversas aplicações nas mais distintas áreas da sociedade. Seus estudos iniciaram por volta de 1950, com o campo de estudo de pilotos automáticos, que estão sujeitos a diversas incertezas mecânicas, meteorológicas, dentre outras^[3].

Vários autores concordam em afirmar que o campo de atuação do controle adaptativo é novo, e desafiador ao mesmo tempo, por englobar aplicações avançadas nas mais diversas áreas de Engenharia.

Conforme tratado na literatura^[4], “o controle adaptativo enfrenta muitos desafios importantes, especialmente em aplicações não tradicionais, como sistemas em tempo real, que não possuem modelos clássicos precisos, admissíveis aos projetos de controle existentes.”

Neste sentido, o objetivo principal deste trabalho é analisar a formulação matemática deste tipo de controlador, à luz dos autores, e após isto, simular utilizando um software computacional (MatLab) um processo que utiliza em sua malha este controlador, com o objetivo de avaliar a sua resposta, com a variação dos parâmetros.

Como metodologia de pesquisa, artigos científicos e livros da área foram utilizados como fontes de pesquisa bibliográfica, além do desenvolvimento, por parte dos autores deste texto, de uma simulação computacional.

2. Desenvolvimento

O objetivo primordial do controle adaptativo é calcular uma lei de adaptação, conjuntamente com a lei de controle, para que o sinal de erro do sistema seja zero, isto é, a saída do sistema seja igual ao modelo de entrada.

Ao se tratar de Controle Adaptativo por Modelo de Referência (MRAC) duas configurações são usuais e conhecidas na literatura: a indireta e a direta. Na primeira, os parâmetros da planta são estimados em tempo real, e a partir destas estimativas encontradas, os parâmetros do controlador são então calculados.

A segunda configuração – estudada neste trabalho – é um método em que os parâmetros do controlador são atualizados diretamente através de uma lei de controle, sem a necessidade de cálculos intermediários^[5].

Neste trabalho será analisado um algoritmo capaz de realizar o controle de uma planta de qualquer ordem, considerando o grau relativo $n^* = 1$. O algoritmo será avaliado e simulado para uma planta de segunda ordem, ou seja, com número de parâmetros desconhecidos $n_p = 4$.

A Figura 1 mostra o diagrama de blocos da estrutura do Controle Adaptativo por Modelo de Referência, com utilização de filtros.

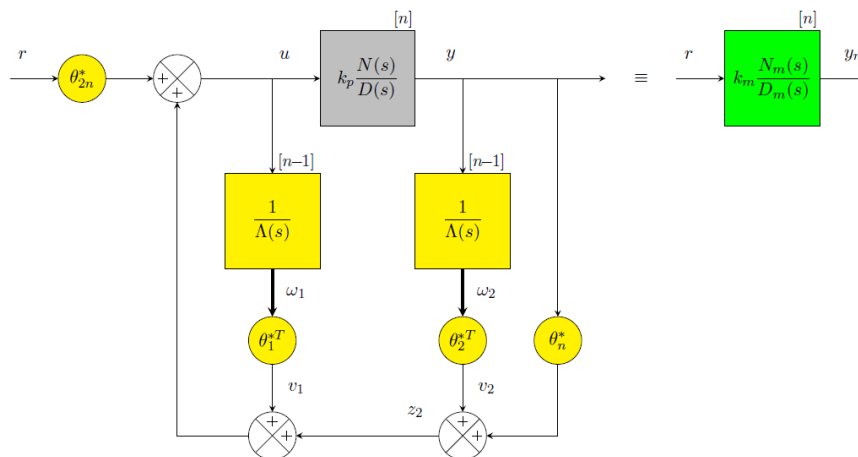


Figura 1. Diagrama de Blocos – MRAC

Para o caso analisado neste trabalho, algumas premissas da planta e modelo são utilizadas:

- A ordem da planta n é conhecida, para garantir a unicidade da solução;
- O grau relativo n^* é conhecido, neste caso igual a 1;
- $P(s)$ é de fase mínima;
- O sinal de k_p é conhecido.

Para gerar o sinal de controle são utilizados filtros, assim definidos nas Eq. (1) e (2):

$$\dot{\omega}_1 = A_f \omega_1 + b_f u \quad (1)$$

$$\dot{\omega}_2 = A_f \omega_2 + b_f y \quad (2)$$

A lei de controle é dada pela Eq. (3):

$$u = \theta(t) \omega \quad (3)$$

onde θ é a estimativa de θ^* , que é o vetor de parâmetros desejado na adaptação.

Por fim, a lei de adaptação pode ser calculada de acordo com a Eq. (4):

$$\theta = -\text{sign}(k_p)\Gamma\omega e_0 \quad (4)$$

Para este trabalho, uma planta de segunda ordem ($n = 2$) foi avaliada. Em cada uma das simulações, verificou-se o comportamento do algoritmo ao variar o ganho de adaptação e as condições iniciais. A função de transferência que representa a planta utilizada pode ser vista na Eq. (5), enquanto o modelo é observado na Eq. (6):

$$P(s) = \frac{s+3}{s^2-2s+1} \quad (5)$$

$$M(s) = \frac{2(s+2)}{s^2+6s+5} \quad (6)$$

Para as primeiras simulações (Figuras 2 e 3), analisou-se a convergência do vetor de parâmetros desejado na adaptação, além da dinâmica do erro, para dois casos: quando o ganho de adaptação é igual a 0,1 (Figura 2) e quando é cem vezes maior, isto é, igual a 10 (Figura 3). Estas simulações foram obtidas com as condições iniciais nulas.

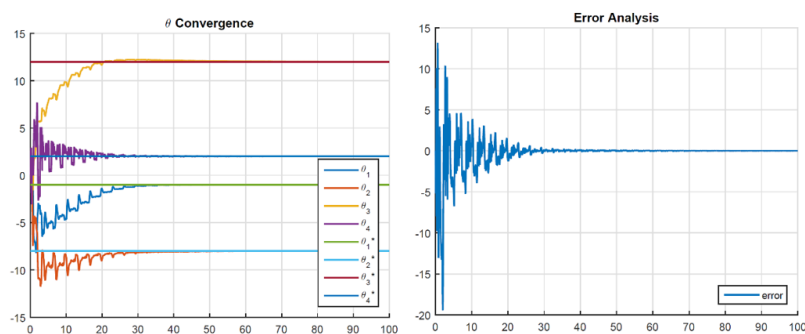


Figura 2. Comportamento para ganho de adaptação = 0,1

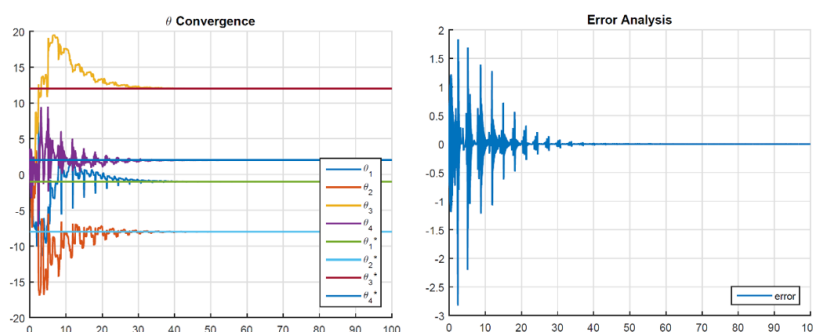


Figura 3. Comportamento para ganho de adaptação = 10

Em relação à variação do ganho de adaptação, nota-se que ambos os casos, o sistema comportou-se de maneira robusta, sem grandes diferenças. Nos dois casos apresentados θ convergiu para θ^* , sendo que quando o ganho de adaptação foi igual a 10 foram observadas maiores oscilações até a sua convergência. Neste caso, na análise de erro, percebeu-se que o tempo de convergência foi ligeiramente superior, justamente por causa de tais flutuações.

Para as próximas simulações, escolheu-se o valor do ganho de adaptação igual a 1, e as condições iniciais – do filtro, da planta, do modelo e de θ – foram escolhidas para serem iguais a 1 (Figura 4), ou iguais a 3 (Figura 5).



CONEPE 2019

VI CONGRESSO DE ENSINO,
PESQUISA E EXTENSÃO

Educação, ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável



INSTITUTO
FEDERAL
Fluminense
Campus
Campos Guarus

ISSN 2525-975X

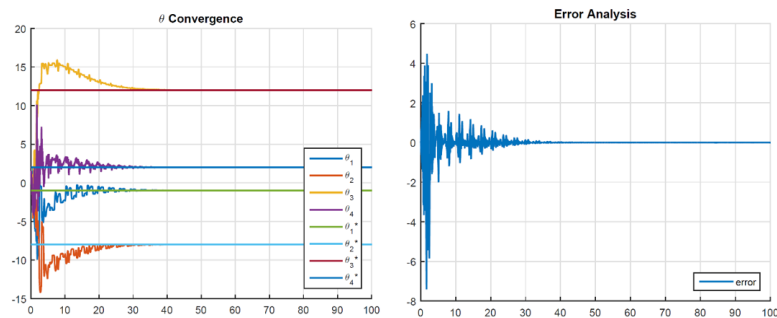


Figura 4. Comportamento para condições iniciais = 1

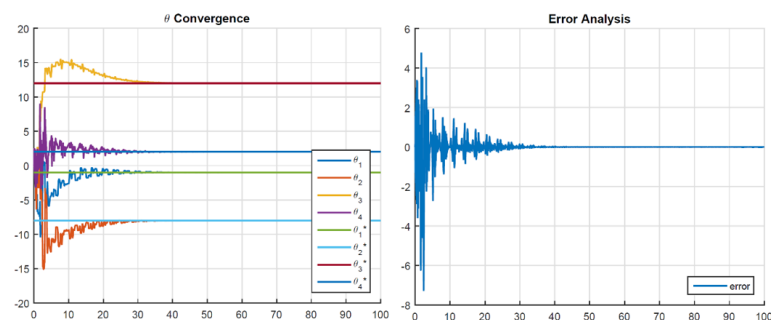


Figura 5. Comportamento para condições iniciais = 3

Ao analisar a variação das condições iniciais descritas nas Figuras 4 e 5, pode-se notar que não foram observadas mudanças significativas na análise do erro e de convergência de θ para θ^* , isto é, a adaptação se mostrou robusta suficiente para que ao se variar as condições iniciais, a resposta manteve-se praticamente inalterada.

3. Conclusão

Diante do analisado, conclui-se que o esquema Controle Adaptativo por Modelo de Referência direto é um método eficiente e de fácil utilização para diversos problemas de Engenharia. Neste método, conforme foi observado, um sinal de erro é gerado de acordo com a saída do sistema (planta), que é comparado com o modelo de referência. A partir deste sinal de erro, uma lei de adaptação é criada, e o controlador é esquematizado de maneira direta.

Dessa forma constatou-se que diante das simulações apresentadas, os parâmetros convergiram para o valor desejado, visto que a resposta da planta coincidiu com a resposta do modelo de referência, mesmo com a variação do ganho de adaptação e das condições iniciais.

Referências

- [1] CAO, Chengyu; MA, Lili; XU, Yunjun. **Adaptive Control Theory and Applications**. Journal of Control Science and Engineering. Hindawi Publishing Corporation, v. 2012, p. 01- 02, agosto 2012.
- [2] JÁCOME, Isael Calistrato. **Controle adaptativo por modelo de referência e estrutura variável discreto no tempo**. 2013. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Elétrica e da Computação, Natal.
- [3] ASTROM, K. J. **Theory and Applications of Adaptive Control – A Survey**. International Federation of Automatic Control IFAC. Pergamon Press Ltd., v. 19, p. 471-486, setembro 1983.
- [4] TAO, Gang. **Adaptive Control: Design and Analysis**. United States of America: Wiley-Interscience, 2003. 601 p.
- [5] IOANNOU, A. Petros; SUN, Jing. **Robust Adaptive Control**. Englewood Cliffs, 1996. 821 p.