

Proposta de Tema de Mestrado

Aplicação de técnicas de controle Fuzzy T-S em sistemas mecatrônicos

Orientador:

Eugênio B. Castelan

Local de desenvolvimento :

DAS / PPGEAS / UFSC ; Grupo de Controle de Sistemas em Rede

Objetivos :

1. aplicação de técnicas fuzzy Takagi-Sugeno (T-S) no controle de sistemas não-lineares ;
2. consideração de restrições na análise e projeto dos controladores: domínio de validade de modelos fuzzy T-S, não-linearidades dos atuadores (saturação / zona-morta), implementação digital (discretização do modelo, tempo de cálculo, quantização, atrasos);
3. implementação de controladores fuzzy em sistemas mecatrônicos: robôs móveis terrestres ou aéreos, levitação magnética, *ball and beam* ou atuador hidráulico.

Justificativa :

Neste tema, objetiva-se o estudo aprofundado e a aplicação prática em sistemas mecatrônicos das técnicas de controle fuzzy baseadas em modelos Takagi-Sugeno (T-S) desenvolvidas em [2, 3, 4, 5, 6], no quadro do doutoramento do Prof. Michael Klug (IFSC/Joinville).

Considera-se a classe de sistemas não-lineares cujo comportamento dinâmico pode ser descrito pelo seguinte modelo T-S defuzzificado:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= A(\alpha)x + G(\alpha)\varphi(z) + B(\alpha)\text{sat}(u) \\ z &= L(\alpha)x \quad \text{e} \quad y = C(\alpha)x \end{aligned} \quad (1)$$

o qual pode ser visto como um sistema a parâmetros variantes em conexão com uma não-linearidade de setor $\varphi(\cdot) \in [0, \Omega]$. O vetor de funções de pertinências $\alpha = \alpha(x(t))$, contém os parâmetros variantes, e é limitado em um conjunto \mathcal{X} que define a região de convexidade do modelo (1) no espaço de estados. Dessa forma, o conjunto \mathcal{X} define um conjunto de restrições no qual procura-se garantir que estejam contidas as trajetórias do sistema em malha-fechada.

Para o tratamento da saturação nos atuadores, representada por $\text{sat}(u)$, utiliza-se a condição de setor modificada proposta em [7]. A estabilidade do sistema em malha-fechada é garantida utilizando-se a teoria de estabilidade de Lyapunov e estabilidade absoluta [1]. Condições de tipo LMI são obtidas para a análise em tempo discreto do sistema em malha-fechada, bem como para a síntese dos ganhos dos controladores, via a utilização de problemas de otimização convexa (LMIs, do inglês *Linear Matrix Inequalities*). Tendo em vista as aplicações práticas, deve-se levar em conta que o sistema a controlar é de natureza contínua no

tempo mas que a lei de controle deverá ser implementada num processador digital, tornando-se necessário considerar os problemas relativos à discretização do modelo, tempo de cálculo e quantização da lei de controle, e eventuais atrasos induzidos no sistema de controle.

Ao final do desenvolvimento do tema, o mestrando deverá dominar as ferramentas teóricas utilizadas e as técnicas, estudadas ou propostas, para implementação digital dos controladores fuzzy em sistema(s) mecatrônico(s) de sua escolha.

Cronograma / Etapas

1. Revisão bibliográfica: Análise e projeto de sistemas de controle não-lineares via modelos fuzzy T-S ; Controle digital de sistemas não-lineares.
2. Modelagem de sistemas mecatrônicos não-lineares, obtenção de modelos fuzzy T-S, simulação e validação dos modelos.
3. Análise e projeto de controladores para sistemas mecatrônicos: aplicação e comparação das técnicas levando em conta o caráter híbrido (discreto / contínuo) no tempo do sistema de controle ; simulações, avaliação e análise dos resultados.
4. Elaboração de artigo técnico com os resultados do desenvolvimento. Redação da dissertação e defesa.

Referências

- [1] H. K. Khalil, *Nonlinear systems*, Prentice Hall, NJ.
- [2] Klug, M., Castelan, E. B. and Coutinho, D. *A T-S Fuzzy Approach to the Local Stabilization of Nonlinear Discrete-Time Systems Subject to Energy-Bounded Disturbances*. Journal of Control, Automation and Electrical Systems, v. 26, p. 191 – 200, 2015.
- [3] Klug, M., Castelan, E. B., Leite, V. J. S. and Silva, L. F. P. *Fuzzy Dynamic Output Feedback Control Through Nonlinear Takagi-Sugeno Models*. Fuzzy Sets and Systems, p. 1 – 20, 2014.
- [4] Klug, M., Castelan, E. B., Coutinho, D. and Silva, L. F. P. *Compensadores Dinâmicos para Sistemas Não Lineares Utilizando Modelos Fuzzy T-S: Estudo Comparativo e Implementação HIL*. Congresso Brasileiro de Automática, 2014.
- [5] Klug, M., Castelan, E. B. and Coutinho, D. *Control of Nonlinear Discrete-Time Systems Subject to Energy Bounded Disturbances Using Local T-S Fuzzy Models*. In: IEEE Conference on Decision and Control, 2013.
- [6] Klug, M. Dissertação de Mestrado: *Realimentação Dinâmica de Saídas com Parâmetros Variantes e Aplicação aos Sistemas Fuzzy Takagi-Sugeno*, UFSC, 2010.
- [7] J.M. Gomes da Silva Jr. and S. Tarbouriech, *Anti-windup with guaranteed regions of stability: an LMI-based approach*. Proceedings of CDC 2003.