Controle Preditivo de Sistemas HVAC com Garantia de Segurança de Memória para Aplicações em Tempo Real

Prof. Dr. Leandro Dias da Silva

Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (HVAC) são sistema muito comuns no ambiente industrial. Porém, apresentam desafios de controle devido à sua dinâmica complexa, não linearidades e, principalmente, à presença de longos e variáveis tempos de atraso (*dead-time*). Frequentemente, esses sistemas são modelados como processos de primeira ordem com tempo morto (FOPDT), nos quais controladores PI/PID convencionais apresentam desempenho limitado e baixa robustez a perturbações e variações nos parâmetros do processo.

Estratégias mais avançadas, como o Preditor de Smith (SP) e suas variações, foram desenvolvidas para compensar o tempo de atraso, mas sua performance se degrada quando há um descasamento entre o modelo e a planta real. Em contra partida, o Controle Preditivo Baseado em Modelo (MPC) consegue lidar intrinsecamente com tempo de atraso, sistemas multivariáveis e restrições operacionais.

A implementação de algoritmos de MPC em sistemas embarcados de tempo real exige não apenas eficiência computacional, mas também garantias de segurança e confiabilidade para evitar falhas críticas. Esta área de pesquisa tem como objetivo explorar o desenvolvimento e a implementação de um algoritmo de Controle Preditivo para sistemas HVAC, utilizando uma linguagem de programação que ofereça desempenho e segurança de memória, assim, aumentando a confiabilidade da aplicação em tempo real. A pesquisa irá comparar o desempenho do controlador proposto com abordagens clássicas (PID) e compensadores de tempo morto (DTCs), avaliando a robustez frente a descasamentos de modelo e a capacidade de rejeição a distúrbios, utilizando métricas como IAE, ISE, ITAE, entre outras. Para os experimentos, serão utilizados tanto sistemas simulados em ambientes como simulink/matlab como sistemas reais presentes em laboratório.

Referencial bibliográfico:

[1] BAHILL, A. T. A Simple Adaptive Smith-Predictor for Controlling Time-Delay Systems. **IEEE Control Systems Magazine**, 1983.

[2] BAI, J.; ZHANG, X. A new adaptive PI controller and its application in HVAC systems. **Energy Conversion and Management**, v. 48, p. 1043–1054, 2007.

[3] COELHO, A. A. R.; JERONYMO, D. C.; ARAÚJO, R. B. **Sistemas Dinâmicos: Controle Clássico e Preditivo Discreto**. Florianópolis: EdUFSC, 2019.

[4] DANIUN, M.; AWTONIUK, M.; SAŁAT, R. Implementation of PID autotuning procedure in PLC controller. In: **ITM Web of Conferences**. [s.l.] EDP Sciences, 2017. v. 15, p. 05009.

[5] INGIMUNDARSON, A.; HÄGGLUND, T. Performance comparison between PID and dead-time compensating controllers. **Journal of Process Control**, v. 12, n. 8, p. 887–895, dez. 2002.

[6] NORMEY-RICO, J. E.; CAMACHO, E. F. **Control of Dead-time Processes**. London: Springer, 2007.

[7] NORMEY-RICO, J. E.; CAMACHO, E. F. Dead-time compensators: A survey. **Control Engineering Practice**, v. 16, n. 4, p. 407–428, abr. 2008.

[8] NORMEY-RICO, J. E.; FLESCH, R. C. C.; LIMA, D. M.; PECCIN, V. B. **Controle Preditivo Baseado em Modelo: Uma introdução com aplicações em MATLAB – Volume 1**. São Paulo: Blucher, 2024.

[9] NORMEY-RICO, J. E.; FLESCH, R. C. C.; LIMA, D. M.; PECCIN, V. B. **Controle Preditivo Baseado em Modelo: Tópicos Avançados com aplicações em MATLAB – Volume 2**. São Paulo: Blucher, 2024.

[10] QU, G.; ZAHEERUDDIN, M. Real-time tuning of PI controllers in HVAC systems. **International Journal of Energy Research**, v. 28, n. 14, p. 1313–1327, 25 nov. 2004.

[11] REN, H.; CAO, X.; GUO, J. Modified Smith Predictor Design and Its Applications to Long Time Delay Systems. **International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition**, v. 8, n. 5, p. 151–160, 31 maio 2015.

[12] SÁ RODRIGUES, R. C. et al. Tuning rules for unstable dead-time processes. **European Journal of Control**, v. 59, p. 250–263, maio 2021.