

CONTROLADORES COM ESTRUTURA FUZZY PID APLICADOS A MALHA DE TEMPERATURA DE UMA INCUBADORA NEONATAL

José Borges do Carmo Neto (UFPI); jose.borges91@gmail.com, Luno Gomes de Oliveira(UFPI); lunoeste@gmail.com; Gabryel Figueiredo Soares(UFPI); gabryelfig18@gmail.com
Prof. Dr. Otacílio da Mota Almeida (Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI); otacilio@ufpi.edu.br

Introdução

Alguns autores declaram, por exemplo, que em aplicações de controle de processo, mais de 95% dos controladores implementados até hoje são do tipo PI ou PID (VILANOVA, 2012). Entretanto, no projeto de controladores convencionais, com os PI e PID, considera-se apenas as relações lineares entre as variáveis do processo controlado, o que impõe severas limitações na performance de controle, frente a sistemas que possuem modelagens complexas, não-linearidades ou incertezas (ASTROM, 2001). Em um estudo com cerca de 150,000 malhas de controle em 250 plantas industriais ao redor do mundo mostrou que 68% de todos os controladores têm performances inaceitáveis (VILANOVA, 2012).

No presente trabalho, lógica fuzzy é aplicada na sintonia de controladores com estrutura PID, com o objetivo de melhorar a performance do controlador e diminuir o esforço de controle sobre a malha.

Metodologia

ESTRUTURA DE CONTROLE PID

Este artigo teve sua estrutura inicial organizada na metodologia TDCA para elaboração de artigo científico de (DUARTE; OLIVEIRA, 2017). O controlador PID em malha fechada, tem a função de gerar o sinal de controle do processo, $u(t)$, que fará a diferenciação entre a referência, $r(t)$, e o sinal de saída da planta, $y(t)$ a ser corrigida, tomando-a nula. A lei de controle descrita pelo controlador PID é dada, no domínio da frequência, pela equação (1),

$$G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right), \quad (1)$$

onde K_c é o ganho proporcional, T_i é a constante integral do controlador e T_d é a constante derivativa do controlador.

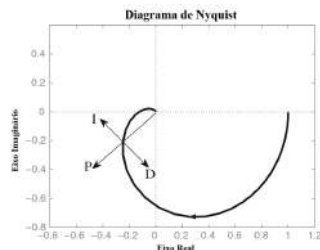


Figura 1: Ação do controlador PID ideal.
Fonte: Adaptado de Dormido S., Visioli A., 2014

CN-PID, BASEADO EM MARGENS DE FASE E DE GANHO

O controlador CN-PID funciona como uma estrutura que realiza uma sintonia on-line dos parâmetros K_c , T_i , e T_d , utilizando como um Sistema de Inferência Fuzzy (SIF), composto por um conjunto de regras como descrito em Almeida (2002), que relacionam o comportamento dinâmico do sistema com valores de margem de fase e de ganho do processo em malha fechada.

Para o SIF proposto, as variáveis de entrada são o erro $e(t)$ e a variação do erro $\Delta e(t)$, já a saída é o valor da margem de fase do processo, que é utilizada para aferir valores para K_c , T_i , e T_d , que atendam as especificações do projeto a cada período de amostragem.

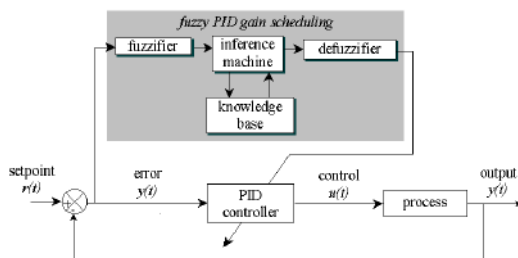


Figura 2: Estrutura CN-PID baseado em margens de ganho e de fase
Fonte: Almeida, 2002

Para aferir a melhoria introduzida pelo uso do Fuzzy na malha, os indicadores utilizados para avaliar o desempenho foram o erro quadrático do sistema e o esforço ponderado de controle.

$$I = \sum_{t=1}^H e(t)^2 + \sigma \sum_{t=1}^H \Delta u(t)^2 \quad (2)$$

Onde H é o horizonte de avaliação e o σ é o índice de ponderação do esforço de controle.

INCUBADORA NEONATAL

A incubadora neonatal possui duas malhas de controle, a primeira de temperatura e a segunda de umidade. Estas malhas podem ser modeladas tanto como sistemas SISO, ou como um sistema MIMO. É importante lembrar que mesmo quando modeladas como SISO as malhas ainda tem um forte acoplamento, o que pode fazer com que o modelo obtido não seja o ideal. Para este trabalho foi utilizada a planta como uma malha de controle de temperatura SISO. Nela foi inicialmente sintonizado um controlador PID pelo método de Astrom, utilizando um relé com histerese e em seguida aplicado o controlador CN-PID.



Figura 3: Incubadora Neonatal utilizada
Fonte: Próprio autor

Resultados e discussão

Tabela 1: Índices de desempenho

ÍNDICE DE DESEMPENHO	PID Astrom	PID Fuzzy
I ($\sigma=0,5$)	5,8875e+04	3,8616e+04

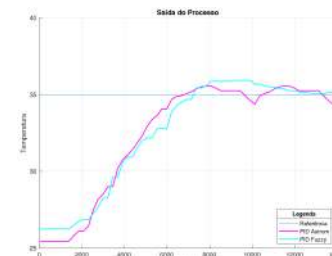


Figura 4 – Saída do processo
Fonte: Próprio autor

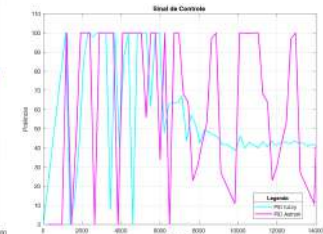


Figura 5 – Sinal de controle.
Fonte: Próprio autor

Conclusão

Pelos resultados obtidos, observa-se que é possível controlar um processo não linear com uma estrutura PID convencional. E que utilizando técnicas de inteligência computacional é possível melhorar a resposta deste controladores diminuindo o esforço de controle sobre o processo.

Agradecimento

Agradeço aos Colegas do Laboratório de Automação, Controle e Telecomunicações da Universidade Federal do Piauí.

Referências

- VILANOVA, R. & VISIOLI, A. PID control in the third millennium Springer, 2012.
ÅSTRÖM, K. J.; HAGGLUND, T. The future of PID control. Control engineering practice, v. 9, n. 11, p. 1163-1175, 2001.
DORMIDO, S.; VISIOLI, A. PID Control. Encyclopedia of Systems and Control, p. 1062-1071, 2015.
ÅSTRÖM, K. J.; HAGGLUND, T. Automatic tuning of simple regulators with specifications on phase and amplitude margins. Automatica, v. 20, n. 5, p. 645-651, 1984.
ALMEIDA, O. da M.; COELHO, A. A. A fuzzy logic method for autotuning a PID controller: SISO and MIMO systems. In: 15th IFAC World Congress on Automatic Control, 2002.
DUARTE, C. T. T.; OLIVEIRA, L. G. Metodologia TDCA: Uma ferramenta facilitadora na elaboração de artigo científico. In: 1º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO EM EDUCAÇÃO SUPERIOR (SIES), 1, 2017, São Luís. Anais ... São Luís: UEMA, período de 27 a 29 de junho de 2017. 8 p. Disponível em: <https://goo.gl/NqKbZ>. Acesso em 08/04/2019.