

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE SINTONIA DE CONTROLADOR TIPO PI TRADICIONAL E DO PI-FUZZY PARA UM SISTEMA DE EXAUSTÃO INDUSTRIAL

Camila Mendes Bandeira¹; Ronaldo Ribeiro Barbosa de Aquino²

¹Estudante do Curso de Engenharia Elétrica - CTG – UFPE; E-mail: bandeiramcamila@gmail.com,

²Docente/pesquisador do Depto de Engenharia Elétrica – CTG – UFPE. E-mail: rrba@ufpe.br.

Sumário: A utilização de sistemas motrizes no âmbito industrial é ampla e a necessidade de o sistema apresentar uma rápida resposta e ainda manter sua estabilidade é extremamente importante em um processo industrial. Devido às necessidades do Laboratório de Eficiência Energética e Qualidade de Energia - LEEQE, o foco deste trabalho é o estudo do método de controle BELBIC – Brain Emotional Learning Based Intelligent Controller - para o controle da velocidade de um sistema de exaustão industrial. A comparação com os antigos resultados já encontrados no laboratório com a utilização de métodos como controle tipo PI tradicional e do PI-Fuzzy também são realizadas. Os resultados mostram que o BELBIC apresenta uma ótima resposta para utilização em automação inteligente.

Palavras-chave: BELBIC; Controle e automação; Controle inteligente; Sistema de Exaustão Industrial;

INTRODUÇÃO

A necessidade da melhoria da automação para processos e sistemas industriais é cada dia mais atual [1, 2, 3]. A automação busca aumentar a eficiência do processo, maximizando a produção e ainda reduzindo o esforço e a interferência humana. Com o objetivo de suprir a essa demanda, várias técnicas e equipamentos relacionados à automação foram desenvolvidos. O controlador lógico programável - CLP, por exemplo, é um dos equipamentos que permite a implementação de várias opções de controle, atuando na máquina a ser controlada através de um computador. Fato este, que torna o controle do processo mais simples e rápido.

Um dos desafios dos processos automáticos é a realização do ajuste ou sintonia dos controladores, que em grande parte das situações são realizadas empiricamente e não garantem as melhores respostas. A implementação de inteligência artificial em processos pode ser uma solução para este problema, já que o próprio controlador ajusta seus ganhos em tempo real, com o objetivo de atingir uma resposta temporal satisfatória.

Neste trabalho, foi realizada a comparação entre um controle PID, que representa a sintonia por métodos empíricos, e os controles PI-Fuzzy e BELBIC, que são utilizados para melhorar a performance de um controle pré-inserido e representam uma automação inteligente e autoadaptativa.

O estudo, implementação e análise de métodos de controle aplicados em um sistema de exaustão industrial são os objetivos deste trabalho. O sistema em questão é um dos sistemas motrizes localizados no Laboratório de Otimização de Sistemas Motrizes (LAMOTRIZ) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

O estudo do BELBIC foi realizado de modo a comprovar seu melhor desempenho em comparação a outros métodos de controle já implementados no laboratório em projetos anteriores, como o PI e o PI-Fuzzy. A análise com relação ao desempenho dos sistemas, como tempo de subida, overshoot e tempo de estabilização serão levadas em consideração.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos desse trabalho foram realizados no sistema de exaustão industrial presente no LAMOTRIZ. O exaustor possui diversas opções de operação e controle e utiliza o software de supervisão WinCC Flexible® da SIEMENS como principal interface com o usuário. A função de transferência que rege o funcionamento da planta foi obtida através de um trabalho anterior realizado no LAMOTRIZ [2], em que aplicou-se o método do relé para modelar a bancada do exaustor.

Em projetos anteriores do Laboratório de Eficiência Energética e Qualidade de Energia, foi realizada a análise de métodos de controle como o PI e o PI-Fuzzy. Esses projetos anteriores foram estudados previamente para que se pudesse realizar a comparação com o novo método implementado, no caso, o BELBIC, com mais facilidade.

Recentemente, o BELBIC tem sido largamente utilizado em aplicações de controle [4, 5]. Motivado pelo sucesso do modelo funcional das emoções, este trabalho usa um modelo estrutural baseado no sistema límbico de cérebros de mamíferos para tomada de decisões e aplicações em engenharia de controle.

O BELBIC é uma composição simplificada do sistema límbico dos mamíferos, envolvendo o tálamo, a amígdala, o córtex sensorial e o córtex orbitofrontal. O tálamo pré-processa os sinais de estímulo, realizando redução e filtragem de ruídos. A avaliação emocional dos sinais de estímulo é levada à amígdala e ao córtex orbitofrontal. Esse mecanismo emocional é utilizado como base para estados e reações emocionais [6]. A partir do sistema límbico presente nos mamíferos, foi realizada uma modelagem matemática do processo e a partir disso, o método BELBIC foi implementado.

O Simulink® é uma ferramenta do MATLAB para a simulação de modelos dinâmicos. Utilizando essa ferramenta, foi possível simular o método de controle implementado na bancada do exaustor, utilizando a função transferência obtida do trabalho mencionado anteriormente. Em seguida foi realizada a implementação no CLP referente à bancada do exaustor do LAMOTRIZ para realizar os controles PI, PI-Fuzzy e BELBIC.

Os resultados obtidos tanto na simulação quanto na implementação na bancada do exaustor, serão comparados em função de índices de desempenho, como tempo de subida (rise time), o sobre sinal máximo (overshoot), e o tempo de estabilização (settling time).

RESULTADOS

A análise dos três controladores, PI, PI-Fuzzy e BELBIC, foi realizada. Primeiramente foi feita uma simulação no MATLAB Simulink e posteriormente foi realizado o experimento através da implementação no CLP. O resultado da simulação encontra-se na Figura 1. A variação de vazão partiu de um valor inicial de 400 m³/h e a partir desse ponto foram realizadas variações para 800, 400, 600 e 300 m³/h.

A análise dos índices de desempenho também foi realizada, tais como o tempo de subida, overshoot e tempo de estabilização, através da função *stepinfo*. O resultado dessa análise encontra-se na Tabela 1.

A Figura 2 mostra o resultado real do experimento implementado no CLP. Os mesmos critérios de desempenho foram utilizados na análise do primeiro step do experimento para realizar a comparação dos três métodos. A análise dos critérios de desempenho também foi realizada e está a mostra na Tabela 2.

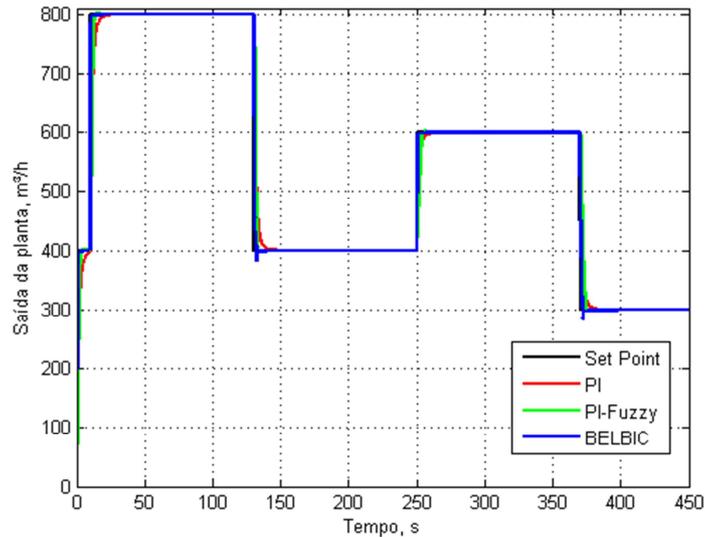


Figura 1- Saída da planta referente aos controlares PI, PI-Fuzzy e BELBIC.

Tabela 1- Critérios de Desempenho dos Controladores

Controlador	Tempo de subida (seg)	Overshoot (%)	Tempo de estabilização (seg)
PI	1,9886	0	12,7655
FUZZY	1,5583	0,3221	12,7379
BELBIC	0,2783	0	10,4008

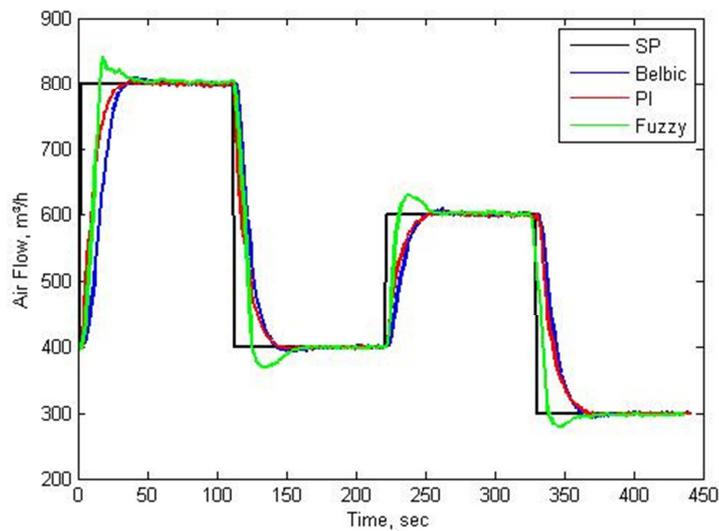


Figura 2- Saída da planta na bancada referente aos controladores

Tabela 2- Critérios de desempenho do experimento

Controlador	Tempo de subida (seg)	Overshoot (%)	Tempo de estabilização (seg)
PI	15.29	0.914	26.58
FUZZY	9.69	4.79	34.72
BELBIC	17.49	1.17	42.56

DISCUSSÃO

A partir da análise da Figura 1 nota-se que a saída do BELBIC é a que melhor acompanha o set point. Em relação aos critérios de desempenho da simulação, percebe-se que, o BELBIC é uma ótima opção de controlador. Ele apresenta os melhores tempo de subida e estabilização se comparado com os métodos anteriores sem apresentar sinal de overshoot.

Em relação ao experimento da bancada, a Tabela 2 mostra que o controlador BELBIC tem uma resposta satisfatória, mas que ainda pode ser aprimorada com uma reavaliação dos parâmetros.

CONCLUSÕES

Neste projeto, três tipos de controladores foram utilizados no controle da vazão de um sistema de ventilação industrial, PI, PI-Fuzzy e BELBIC. As performances desses sistemas foram comparadas e analisadas em relação aos critérios de desempenho como tempo de subida, overshoot e tempo de estabilização. O BELBIC apresenta um tempo de subida e de estabilização significativamente menores na simulação realizada do MATLAB e apesar de apresentar overshoot, ele é relativamente pequeno. Já no experimento na bancada o BELBIC apresenta um bom desempenho, mas não o mais desejável. Uma reavaliação dos parâmetros pode fornecer um melhor resultado para o sistema controlado pelo BELBIC. A implementação dos controladores no CLP demonstra que há muitas aplicações em sistemas industriais reais.

AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem ao CNPq e à PROPESQ UFPE (PIBIC) pelo suporte financeiro e ao integrantes de Laboratório de Eficiência Energética e Qualidade de Energia (LEEQE).

REFERÊNCIAS

- [1] R. R. B. Aquino, Z. D. Lins, P. A. C. Rosas, L. F. A. Cordeiro, J. R. C. Ribeiro, P. S. Amorim, I. A. Tavares, “Energy Efficiency in Automation and Control of Industrial Processes Using Artificial Neural Networks”, *Journal of Power Electronics*, Vol. 14, No. 2, May 2009.
- [2] R. R. B. Aquino, Z. D. Lins, L. F. A. Cordeiro, T. D. Cordeiro, D. C. Marques. “A PLC-based PI and PI-Fuzzy Logic Controller for an Industrial Fan System”. In: *IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, 2013, Manchester, Proceeding of IEEE SMC 2013 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN AND CYBERNETIC, 2013.*
- [3] L.F.A. Cordeiro, R.R.B. Aquino, Z. D. Lins, M. M. S. Lira, “An Artificial Intelligence Approach to the Energy Efficiency Improvement of a Pump System”. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ENERGY EFFICIENCY IN MOTOR DRIVEN SYSTEMS, 2013, Rio de Janeiro, INTERNATIONAL CONFERENCE ENERGY EFFICIENCY IN MOTOR DRIVEN SYSTEMS, 2013.*
- [4] Balkenius, C., &Moren, J. (2000). Emotional learning: a computational model of the amygdale. *Cybernetics and Systems*, 32 (6), 611-636.
- [5] Moren, J. (2002). *Emotion and Learning: a computational model of the amygdale*, PhD Thesis, Lund university, Lund, Sweden.
- [6] A. Shakilabanu, R. S. D. Wahidabanu. “Belbic High Performance IPMSM Drive For Traction”. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*.