



Implementação de controlador PID fuzzy para otimização do controle de posição de um servomotor DC

Ederson Costa dos Santos¹, Leandro Barjonas da Cruz Rodrigues¹, André Maurício Damasceno Ferreira²

¹Graduando em Engenharia de Controle e Automação – IFPA. e-mail: ederson_santos@live.com

¹Graduando em Engenharia de Controle e Automação – IFPA. e-mail: leandrobarjonas@gmail.com

²Professor Doutor - IFPA. e-mail: andré.ferreira@ifpa.edu.br

Resumo: O controle de posição de um servomotor, dependendo da aplicação, pode ser considerado crítico. A necessidade de precisão e resolução em alguns casos exige do projeto do controlador com grande robustez para atender a essas necessidades. O presente trabalho apresenta os resultados obtidos em um controlador PD fuzzy em conjunto PI fuzzy. Estes resultados são comparados com a implementação de um controlador PID clássico proposto por (MANDAL, A. K.).

Palavras-chave: CONTROLADOR FUZZY, PID CLÁSSICO, SERVO-MOTOR

1. INTRODUÇÃO

A evolução da Engenharia de Controle tem trazido, ao longo das últimas décadas, muitos avanços aos mais diversos setores da sociedade, principalmente ao setor industrial, onde as técnicas de controle desenvolvidas neste período vêm sendo implementadas a fim de aprimorar as especificações técnicas de desempenho de um determinado sistema e, conseqüentemente, otimizar processos de produção.

Técnicas de controle clássicas como PID são as mais utilizadas hoje por grande parte dos processos industriais que estão envolvidos, em função da grande confiabilidade deste tipo de sistema, já que se trata de uma técnica consolidada a muitos anos. Porém, a utilização de controladores clássicos, na maioria dos casos, não consegue atender as especificações de desempenho desejadas para um sistema não linear, o que motivou o estudo de técnicas de controle mais sofisticadas capazes de atender aos requisitos destes sistemas, chamadas de inteligência artificial.

O conceito de conjuntos fuzzy foi introduzido primeiramente por Zadeh (1965) em seu trabalho “fuzzy sets” onde diz que esses conjuntos, diferentemente dos conjuntos clássicos, são caracterizados por funções de pertinência que podem assumir qualquer valor entre zero e um.

Uma outra particularidade dos conjuntos fuzzy está na sua maneira de tratar as variáveis envolvidas no processo como variáveis linguísticas por exemplo: Frio, morno, quente. Esta forma de lidar com as variáveis demonstram que a teoria dos conjuntos fuzzy está intimamente ligada com o conhecimento humano, ou na forma como o mesmo vê o mundo ao seu redor.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Tendo como base a teoria dos conjuntos fuzzy, pode-se pensar na possibilidade de utilizar esta ferramenta para projetar controladores capazes de aliar as variáveis medidas através de sensores de um determinado sistema com a inserção do conhecimento humano como base de regras para determinação do sinal de controle adequado para um determinado ponto de operação.

Segundo WANG, L, o coração de um sistema fuzzy consiste na base do conhecimento, chamadas de regras fuzzy SE-ENTÃO. Um exemplo prático de uma regra fuzzy pode ser visualizado abaixo:

“SE o ambiente está quente, ENTÃO liga o ar condicionado”.

O mesmo autor diz ainda que um sistema fuzzy é construído através de um conjunto de regras SE-ENTÃO. Portanto, para projetar um controlador adequado deve-se primeiramente definir um conjunto de regras fuzzy consistentes de forma que este possa varrer todos os pontos de operação do sistema. A escolha de um sistema lógico fuzzy apropriado também deve ser feita de forma criteriosa entre os três tipos de sistemas fuzzy: Sistema fuzzy puro; sistema fuzzy de Takagi e Sugeno e; Sistema fuzzy com fuzzyficador e defuzzyficador, também chamado de sistema fuzzy de Mandani.

O diagrama de blocos de um sistema fuzzy puro pode ser visto através da Figura 1. Este tipo de sistema é o mais simples, onde tanto a variável de entrada quanto a variável de saída são conjuntos fuzzy.

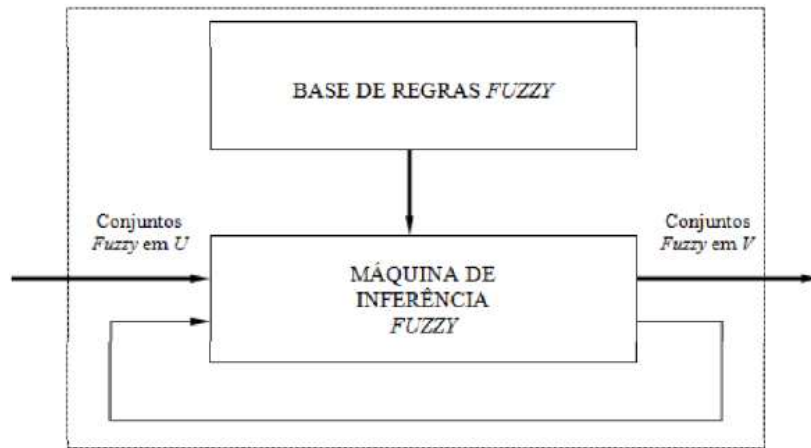


Figura 1 – Diagrama de blocos de um sistema fuzzy puro.

O sistema fuzzy de Takagi e Sugeno propõe que a parte ENTÃO da regra seja formada por variáveis reais ao invés de variáveis linguísticas, obtendo desta forma, um valor real na saída através de uma média ponderada dos valores reais da saída de cada regra. A Figura 2 mostra o diagrama de blocos deste sistema.

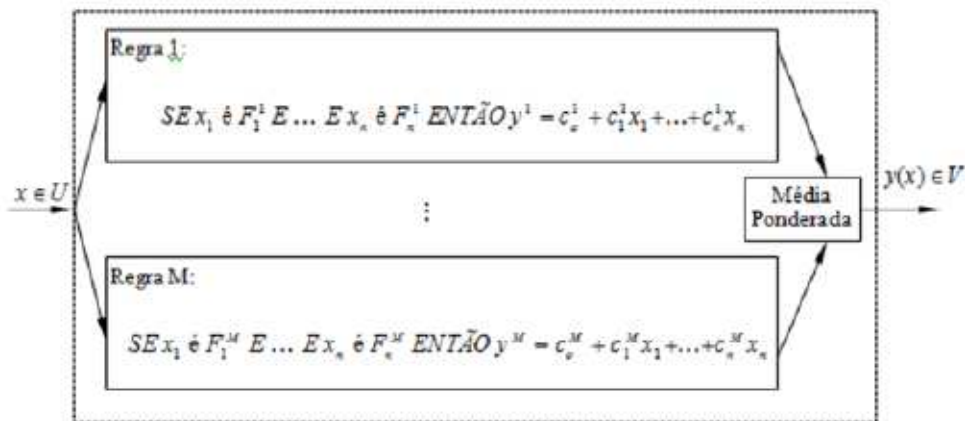


Figura 2 – Diagrama de blocos de um sistema fuzzy de Takagi e Sugeno.

O sistema fuzzy de Mandani é o mais utilizado dentre os anteriores para fins de controle por possuir blocos fuzzyficadores e defuzzyficadores na entrada e na saída do sistema respectivamente para que a entrada do controlador e o sinal de controle gerado possam trabalhar com valores reais ao invés de conjuntos fuzzy, facilitando desta forma os cálculos matemáticos necessários para solução do problema. A Figura 3 mostra o sistema fuzzy de Mandani através do diagrama de blocos.

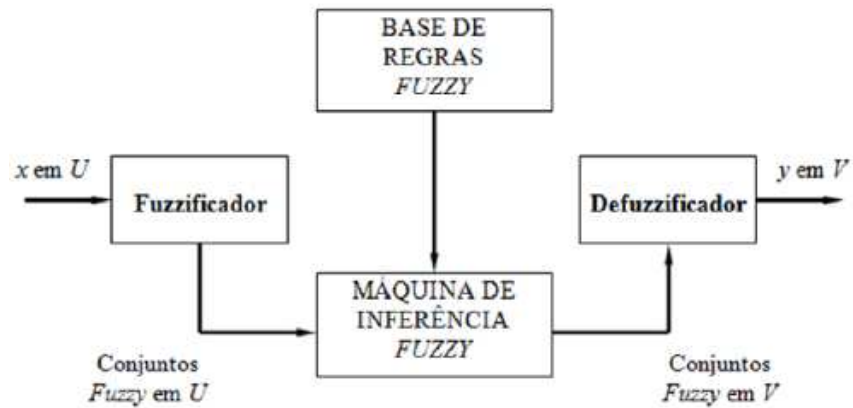


Figura 3 – Diagrama de blocos de um sistema fuzzy de Mandani.

Em sistemas que necessitam de um controle preciso de posição com velocidade e torque controlados e alto grau de repetibilidade como por exemplo, máquinas CNC, dispositivos autônomos e robôs, a utilização de servomotores é fundamental, pois são capazes de gerar movimento angular controlado por corrente, tensão ou frequência. Estes motores possuem sempre um mecanismo de realimentação de posição acoplado como um gerador de pulso, também chamado de Encoder para garantir o controle preciso do posicionamento. A figura tal mostra um diagrama de um servomotor.

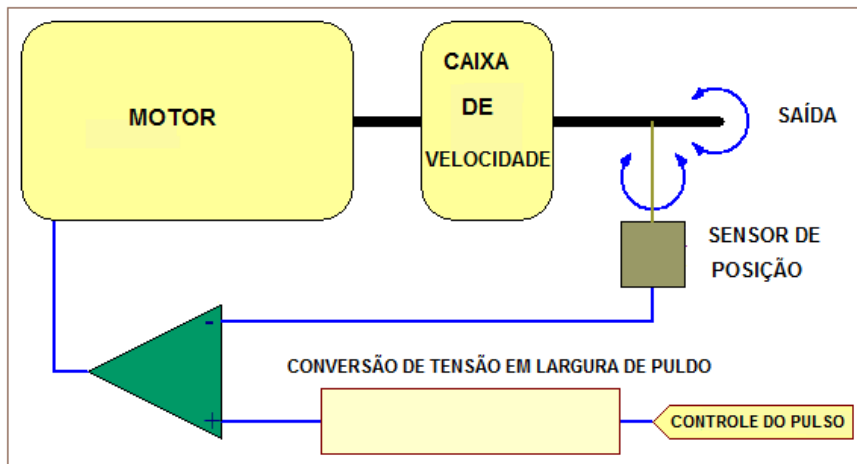


Figura 4 – Diagrama de blocos de um servomotor.

Em função da grande importância dos servomotores, é necessário projetar controladores adequados para gerar pulsos capazes de resultar em um sinal de saída (movimento angular) preciso para o perfeito funcionamento destes dispositivos.

Para realização deste trabalho, obteve-se primeiramente a função de transferência do servomotor de utilizado, levando em consideração seus parâmetros operacionais como mostram as equações 1 e 2.

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = G(s) = \frac{K_T}{JL_a s^3 + (R_a J + L_a B) s^2 + (R_a B + K_b K_t) s} \quad (1)$$

J = Momento de inércia total do rotor, juntamente com a carga refletida no lado do rotor.

B = Atrito viscoso total do rotor em conjunto com a da carga refletida no lado do rotor.

K_T = Constante de torque do motor.

K_b = Constante de resistência da força eletromotriz.

R_a = Resistência da armadura.

L_a = Indutância da armadura.

Em um motor com armadura controlado por corrente contínua, a indutância da armadura é tão pequena que comparada a sua resistência pode ser desprezada, nesse caso a função de transferência da equação 1 pode ser reescrita como:

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = G(s) = \frac{(K_T/R_a J)}{s^2 + (B/J + K_b K_T/R_a J)s} \quad (2)$$

O servomotor dc utilizado neste trabalho possui os seguintes parâmetros de operação:

$$\boxed{J = 5.0 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2/\text{s}^2; B = 6.0 \times 10^{-3} \text{ Nm/s}; K_T = 0.085 \text{ N.m}; K_b = 0.1 \text{ V/rad/s}; R_a = 5 \text{ ohm}}$$

Substituindo-se os valores dos parâmetros do servomotor, obtém-se a seguinte função de transferência:

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = G(s) = \frac{34}{s^2 + 15.4s} \quad (3)$$

Tendo em mãos a função de transferência do sistema, foram projetados dois tipos de controladores diferentes, um controlador PID clássico e um controlador PID fuzzy.

Para o projeto do controlador PID fuzzy utilizou-se o método de controle PD fuzzy em conjunto com PI fuzzy como mostrado na figura 5, sendo que para o primeiro, as entradas do controlador são o erro e a derivada do erro e como saída obtém-se o sinal de controle U_{PD} ; e para o segundo tem-se apenas o erro como entrada e como saída o sinal de controle U_{PI} . Somando-se os dois controladores fuzzy, obtém-se um controlador PID resultante para gerar o sinal de controle do servomotor.

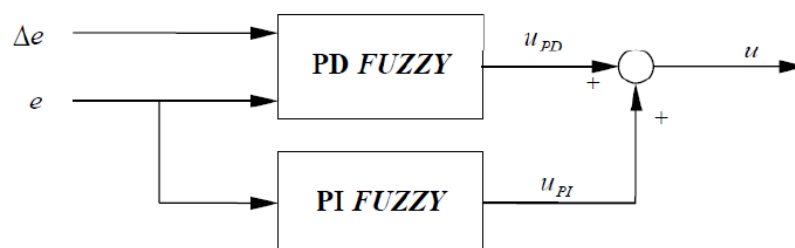


Figura 5 – Diagrama de blocos do sistema PD fuzzy em conjunto com PI fuzzy.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os controladores PID clássico e PI fuzzy em conjunto com PD fuzzy, foram implementados no software de cálculo computacional MATLAB®. Para os blocos de controle fuzzy foi utilizada a Fuzzy Logic Toolbox do referido software. As Figuras 6 e 7 mostram a implementação dos dois tipos de controladores utilizados na simulação do controle do servomotor, sendo as resposta dos referidos sistemas representados na Figura 8.

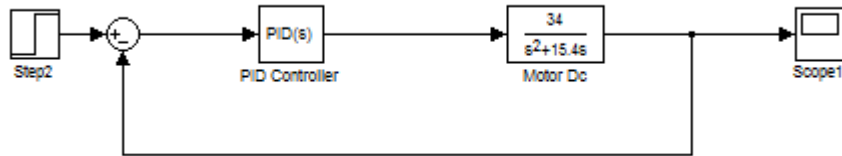


Figura 6 – Diagrama de blocos do controlador PID clássico implementado.

Os parâmetros do controlador PID obtidos são:

$$K_p = 10; K_d = 0.5; K_i = 0.01;$$

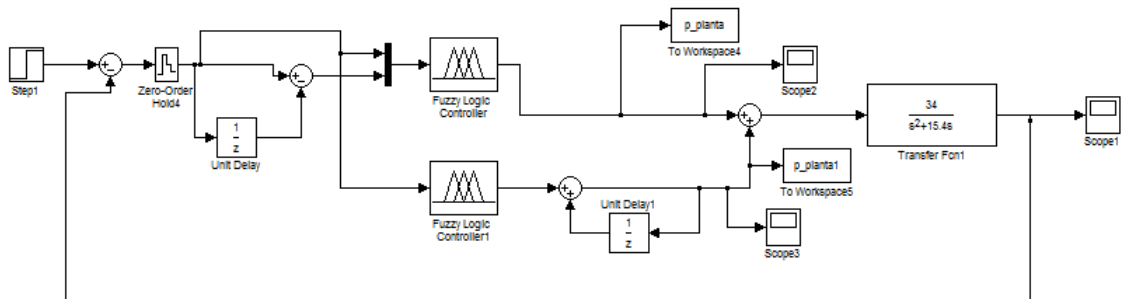


Figura 7 – Diagrama de blocos do controlador PID fuzzy implementado

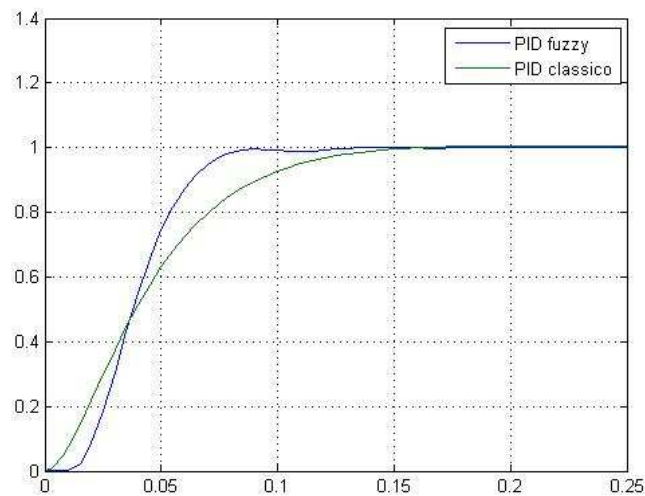


Figura 8 – Respostas ao degrau unitário do servomotor em conjunto com os controladores PID clássico e PID fuzzy.

Para os testes realizados os valores encontrados de tempo de subida, tempo de acomodação e overshoot, são apresentados na Tabela I.

Tabela I – Comparação entre desempenho dos controladores.

	Overshoot	Tempo de subida	Tempo de acomodação
PID Clássico	0%	0,0913s	0,1095s
PD fuzzy +PI fuzzy	0%	0,0635s	0,0705s

Os critérios utilizados foram de 5% para o tempo de acomodação e 10% a 90% para o tempo de subida.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através de simulações mostraram que o servomotor em conjunto com o controlador PID fuzzy mostrou um resultado mais satisfatório quando comparado com o desempenho do controlador PID clássico, pois mesmo que o ganho de desempenho do PID fuzzy pareça ser pequeno, para um servomotor que necessita de alta precisão no posicionamento com uma rápida resposta, esse pequeno ganho se torna muito útil e satisfatório. Em face à tudo isso, pode-se constatar também que a utilização dos sistemas fuzzy, em muitos casos, começa a se tornar uma alternativa viável como o estudado neste trabalho, bem como na maior parte dos sistemas não-lineares.

REFERÊNCIAS

- MANDAL, A. K. **Introduction to Control Engineering: Modeling, Analysis and Design**. Nova Delhi: New Age, 2006.
- WANG, L. **A Course in Fuzzy Systems and Control**, Prentice-Hall, 1997.
- ZADEH, L. A. **Fuzzy Sets. Information and Control**, v. 8, p. 338-353, 1965.
- ZUCATELLI, F. H. G, OLIVEIRA, M. A. V. **Controle de Servomotores CC**, Artigo científico apresentado à Faculdade de Tecnologia Termomecânica, São Bernardo do Campo, 2007.