

EFEITOS DOS TEMPOS DE ATUAÇÃO DE UM CONTROLADOR POR LÓGICA DIFUSA

CARLOS H. M. de AQUINO¹, EDUARDO M. BELO², MATEUS M. de SOUZA³

¹ Estudante do 2º ano do ensino médio técnico integrado, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus São Carlos, carlos.aquino@aluno.ifsp.edu.br.

² Professor sênior, USP, Escola de Engenharia de São Carlos, belo@sc.usp.br.

³ Professor EBTT, IFSP, Câmpus São Carlos, mateus.souza@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.04.07-4 Controle de sistemas mecânicos.

RESUMO: A pesquisa constitui em realizar ensaios dinâmicos em um simulador de um sistema variante de posição em tempo e, em seguida, observar suas características para que seja possível projetar e entender o funcionamento do controlador que utiliza a lógica difusa. Depois foram feitas mudanças neste controlador, alterando seu tempo de atuação e seu tempo entre sinais para que assim seja possível obter um controlador mais maleável que consiga se adaptar melhor a cada projeto, pois tendo em mente as características do sistema conforme as alterações feitas é possível alterá-las para outros projetos. Nessa pesquisa foram levadas em conta algumas figuras de mérito para a comparação das modificações do controlador, sendo elas o tempo necessário de acomodação e o sobressinal máximo atingido, para que assim seja possível uma comparação mais eficiente entre suas devidas mudanças. Foram testadas 8 configurações para esse controlador, que estão subdivididas em 3 outros grupos para que fosse realizada uma melhor análise. Foi observado que o sobressinal e o tempo de acomodação podem ser ajustados através da alteração dos tempos estudados.

PALAVRAS-CHAVE: controlador de lógica difusa, controle de posição.

EFFECTS OF THE ACTUATING TIMES OF A FUZZY LOGIC CONTROLLER

ABSTRACT: This paper consists in carrying out dynamic tests in a simulator of a position variant in time system and then observing its characteristics so that it is possible to design and understand the operation of a controller that uses fuzzy logic. Changes were made to this controller, changing its operating time and its time between signals so that it is possible to obtain a more flexible controller that can be adapt to each project. Some figures of merit were taken into account for the comparison of the modifications of the controller, which are the necessary accommodation time and the maximum overshoot achieved, so that a more efficient comparison between their due changes is possible. 8 configurations were tested for this controller, which are subdivided into 3 other groups for a better analysis. It was observed that overshoot and the setting time can be adjusted by changing the studied times.

KEYWORDS: fuzzy logic controller, position control.

INTRODUÇÃO

O controle de posição de atuadores lineares é amplamente utilizado para diferentes finalidades, entre elas o controle de simuladores de voo. Neste caso, quando utilizados as plataformas de Stewart, é realizado o controle de posição de 6 atuadores com o intuito de controlar a altitude e posição desta. (BREGANON, 2014).

Tendo em vista que tecnologias fuzzy vêm sendo usadas cada vez mais em várias áreas, como na computação, no desenvolvimento de redes neurais, no caso as redes neurofuzzy e também em controladores a fim de ter uma resposta mais dinâmica e abrangente, sendo um sistema de adaptação fácil para vários tipos de projetos (SIMÕES, SHAW IAN, 2007). Neste trabalho é proposto analisar os efeitos de variar o tempo de atuação e o tempo entre sinais de atuação de um simulador de controlador fuzzy utilizado para o controle da posição e altitude de uma plataforma de Stewart (SOUZA et al. 2013).

Uma vez que os efeitos de uma mudança em um controlador podem ser analisados em diferentes aspectos e domínios (MAYA, LEONARDI, 2011), este trabalho focou no sobressinal, pois ele faz com que a posição do atuador atinja valores além do esperado, o que pode causar danos ao equipamento, e

no tempo máximo de acomodação, com o intuito de desenvolver o controlador de forma que os movimentos do atuador possam ser concluídos de forma mais rápida.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar esta pesquisa utilizamos um simulador que tem como característica a variação da posição em questão ao tempo expressa pela equação matemática (1), sendo que este foi concebido utilizando a transformada de Laplace para solucionar a equação diferencial ordinária (MAYA, LEONARDI, 2011).

$$\ddot{y} + a\dot{y} = Ku \quad (1)$$

em que,

y - Posição do atuador;

u - Tensão do atuador, V;

Com este simulador foi possível realizar os demais testes e assim construir um controlador que utiliza a lógica difusa usando o aplicativo Microsoft Excel, fazendo assim com que este apresentasse as tabelas de variação de posição em questão do tempo criando a possibilidade de analisá-las. O simulador também foi criado no próprio Excel e tem como tempo base de atualização (o tempo em que ele receberia a tensão e a processasse em sua próxima posição) um décimo de segundo.

No projeto do controlador, foram consideradas entradas do tipo degrau com 3 valores específicos (-2,5V, 0 e 2,5V), e foram definidos o tempo entre dois sinais de controle (o tempo de reset), e também qual seria o tempo de ativação máximo que ele teria durante esse tempo entre sinais, e após definido esses tempos foi utilizado uma tabela que seria usada de base para este controlador, a Tabela 1. Ela consiste em tempos de ativação e seus resultados de posição ao final do tempo entre sinais.

TABELA 1. Correlações entre índices de tempo de ativação do controlador e posição ao final do tempo entre sinais. (Dados para 2,5 segundos de tempo máximo de ativação em 5 segundos em tempo entre sinais).

| | 2,5V | -2,5V |
|--------------|--------|---------|
| 0,1 Segundos | 0,2499 | -0,2499 |
| 1 Segundo | 1,3747 | -1,374 |
| 2 Segundos | 2,6231 | -2,623 |
| 2,5 Segundos | 3,2448 | -3,2448 |

Utilizando esta tabela como base para todo o controlador difuso, temos agora que descobrir qual será o valor variável (μ) para este controlador difuso de acordo com a referência (Δl) desejada. Este valor pode ser calculado utilizando a equação matemática (2) (SOUZA et al. 2013).

$$\mu_{ij}^t \begin{cases} \max\left(\frac{\Delta l_{i+1,j} - \Delta l}{\Delta l_{i+1,j} - \Delta l_{i,j}}, 0\right), i = 1, j = 1, 2 \\ \max\left(\min\left(\frac{\Delta l - \Delta l_{i-1,j}}{\Delta l_{i,j} - \Delta l_{i-1,j}} - \frac{\Delta l_{i+1,j} - \Delta l}{\Delta l_{i+1,j} - \Delta l_{i,j}}\right), 0\right), i = 2, 3, j = 1, 2 \\ \max\left(\frac{\Delta l - \Delta l_{i-1,j}}{\Delta l_{i,j} - \Delta l_{i-1,j}}, 0\right), i = 4, j = 1, 2 \end{cases} \quad (2)$$

em que,

μ_{ij}^t - Valor para o conjunto difuso;

Δl - Valor de entrada correspondente ao da tabela;

E logo depois de calcularmos o valor para o conjunto difuso, é utilizado o cálculo para descobrir o valor real necessário do tempo de ativação quando colocamos o valor de referência desejado, e para isso utilizaremos a Equação (3) (SOUZA et al. 2013).

$$t = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^2 \mu_{ij}^t * t_i \quad (3)$$

em que,

t - Tempo máximo de atuação, s;

t_i - Tempo na linha i da tabela 1, s;

Com isso é possível determinar o tempo de atuação e subtraindo este intervalo de tempo do intervalo de tempo entre sinais, é possível calcular o tempo sem atuação, intervalo este utilizado para reduzir a velocidade do atuador até sua parada na posição desejada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a apresentação dos resultados e afim de uma comparação melhor, 8 controladores foram divididos em três grupos de diferentes classificações quanto a suas alterações, sendo eles o grupo de alteração somente em seu tempo de ativação, o grupo de alteração somente em seu tempo entre sinais e por fim um grupo que altera as duas características, porém estas mantêm sua proporção.

Nesse primeiro grupo, foram testados sistemas com tempos máximo de ativação iguais à 5s, 4s e 2,5s, sendo representado na Tabela 2 o tempo máximo de acomodação e o sobressinal. Também para uma melhor visualização, a Figura 1 mostra a posição em questão do tempo e com isso se torna mais fácil observar o tempo de acomodação e o sobressinal dos controladores.

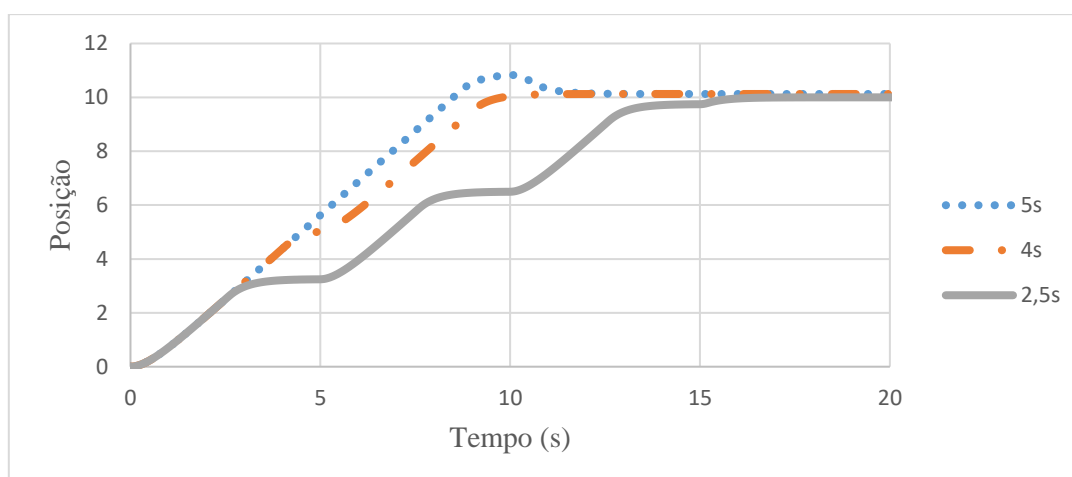


FIGURA 1. Gráfico da posição do atuador no tempo para os 3 controladores com mesmo valor para o tempo entre sinais sendo alterado o máximo tempo de atuação.

TABELA 2. Correlações entre o tempo de ativação do controlador e seus respectivos resultados de sobressinal e tempo de acomodação. O tempo de acomodação adota uma margem de 5%. Valores para a referência sendo 10.

| | Sobressinal Máximo | Tempo máximo de acomodação |
|--------------|--------------------|----------------------------|
| 5 Segundos | 8,28% | 10,7 segundos |
| 4 Segundos | 0,00% | 9 segundos |
| 2,5 Segundos | 0,00% | 13,1 segundos |

Podemos observar que com 5s de ativação, ou seja, com ele ativado em todo o seu tempo surge o sobressinal já que ele acaba não tendo tempo para desacelerar e por fim isso acarreta em um erro de posição que logo depois de passar sua referência, ele já é corrigido, porém essa ação extra acaba acarretando também em um tempo extra, o que faz com que ele perca alguns segundos para se acomodar em sua posição de referência. Já quando colocamos somente 2,5s para ele acionar, isso provoca um tempo de sobra e acabamos não colocando toda sua capacidade em prática, já que na verdade ele

consegue se manter ativo sem gerar sobressinal por um tempo muito maior do que o colocado, e por isso ele acaba demorando mais para chegar em sua posição.

Agora no segundo grupo foram testados controladores alterando somente seu tempo entre sinais, e mantendo seu tempo de ativação iguais. Foram testados conforme a Tabela 3 configurações de 5s, 4s, 3s e 2,5s de tempo entre sinais. Para todos, foi adotado o tempo de 2,5s de tempo máximo de ativação. Na figura 2 é possível observar essas características das respostas obtidas.

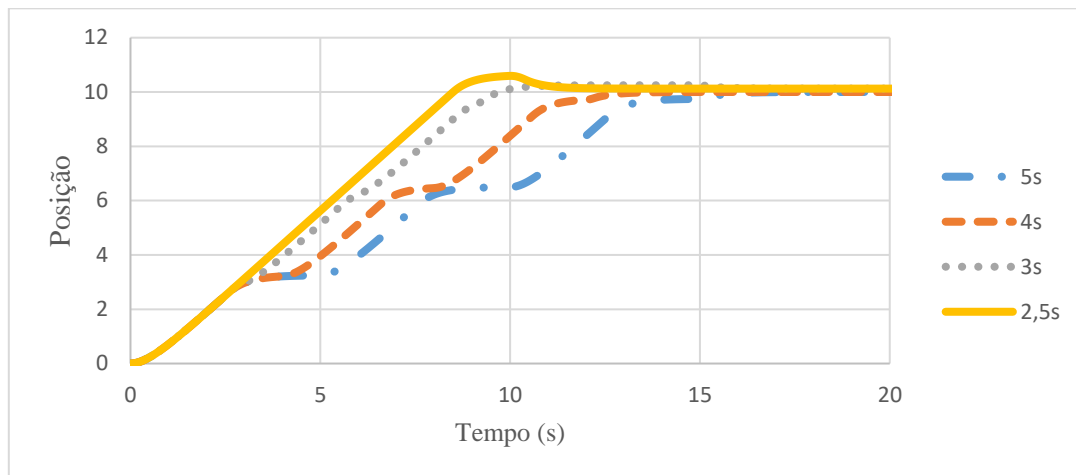


FIGURA 2. Gráfico da posição do atuador no tempo para os 4 controladores com mesmo valor para o máximo tempo de atuação sendo alterado o tempo entre sinais.

TABELA 3. Correlações entre o tempo de entre sinais do controlador e seus respectivos resultados de sobressinal e tempo de acomodação. O tempo de acomodação adota uma margem de 5%. Valores para a referência sendo 10.

| | Sobressinal Máximo | Tempo máximo de acomodação |
|--------------|--------------------|----------------------------|
| 5 Segundos | 0,00% | 13,1 segundos |
| 4 Segundos | 0,00% | 11,1 segundos |
| 3 Segundos | 2,49% | 9,1 segundos |
| 2,5 Segundos | 5,93% | 10,4 segundos |

Novamente vemos que quando o tempo de ativação se aproxima muito do tempo entre sinais o controlador começa a gerar sobressinal que tende a atrasar um pouco suas ações, porém mesmo assim o controlador com 3s de tempo entre sinais se mostrou o mais rápido, já que apesar do sobressinal ele ainda tinha uma certa margem de tempo em relação ao de 2,5s, porém ele não estava com tanto tempo de sobra como em relação ao de 4s.

Por fim no terceiro grupo, ambas as características mudaram, porém foi mantida uma proporção de 100% de tempo de ativação presente em todas as configurações do controlador. Conforme a Tabela 4, os valores testados são de 5s, 2,5s, 1,5s e 1s tempo de ativação e tempo entre sinais.

TABELA 4. Correlações entre o tempo de ativação e o tempo entre sinais do controlador e seus respectivos resultados de sobressinal e tempo de acomodação. O tempo de acomodação adota uma margem de 5%. Valores para a referência sendo 10.

| | Sobressinal Máximo | Tempo máximo de acomodação |
|--------------|--------------------|----------------------------|
| 5 Segundos | 8,28% | 10,7 segundos |
| 2,5 Segundos | 5,93% | 10,4 segundos |
| 1,5 Segundos | 7,51% | 10,7 segundos |
| 1 Segundo | 6,01% | 9,6 segundos |

Nessa tabela ocorre algo muito interessante, pois a ideia era de que conforme o tempo entre sinais e o tempo de ativação fossem descendo, o tempo de acomodação e o tempo de sobressinal seriam menores, mas o que ocorre é que durante o tempo de acomodação do controlador de um 2,5s e o

controlador de 1s, a inércia tende a deixar eles em movimento, porém ao invés de eles calcularem a inércia e inverter o sentido do controlador em um tempo entre sinais, ele na verdade usa esse tempo somente para remover a inércia, o que faz com que esses controladores demorem um pouco mais.

Analisando a Figura 3, isso se torna mais visível ainda, pois é possível ver que ao invés de ele descer de forma mais consistente, ele desce formando uma espécie de degrau, e isso ocorre pelo motivo de que ao invés de mudar o sentido do próprio controlador, ele usa o tempo entre sinais somente para desacelerar o sistema.

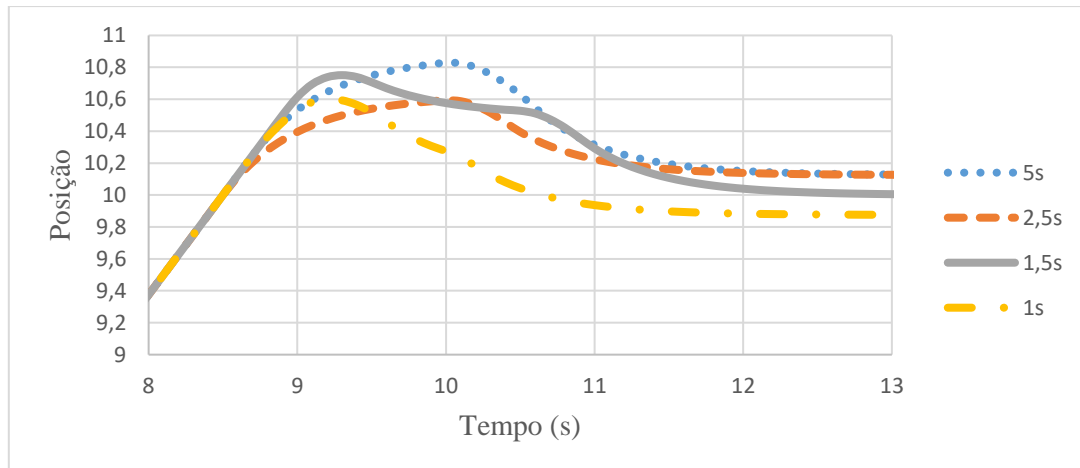


FIGURA 3. Gráfico da posição do atuador no tempo variando ambos os tempos.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foram analisados os efeitos do tempo entre sinais e o tempo máximo de ativação no sobressinal e no tempo de acomodação em um controlador difuso. Pode-se concluir que tanto o tempo máximo de ativação e o tempo entre sinais afetam diretamente o sobressinal e o tempo máximo de acomodação. Pode ser observado que quando os dois intervalos de tempo são iguais, o sobressinal ocorre, este fenômeno pode ser explicado pelo fato do controlador não utilizar a velocidade atual do atuador em consideração quando calcula o tempo de ativação, podendo ser prejudicial para alguns equipamentos.

Também é possível perceber que a diferença entre ambos os intervalos de tempo que definem o controlador afeta o tempo de acomodação. Esta diferença entre o tempo máximo de ativação e o tempo entre sinais deve ser ajustado para que se obtenha o menor tempo de acomodação possível, dentro dos limites de sobressinal desejados.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com o apoio do IFSP – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo.

REFERÊNCIAS

BREGANON, R. Análise, Desenvolvimento e Controle de uma Plataforma de Movimentos com 6 Graus de Liberdade. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

MAYA, Paulo Alvaro; LEONARDI, Fabrizio. Controle essencial. São Paulo: Pearson Prentice Hall, c2011. 344 p. ISBN 9788576057000.

SIMÕES, Marcelo Godoy; SHAW IAN S. Controle de modelagem Fuzzy. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2007. 186 p. ISBN 9788521204169.

SOUZA, M. M.; BREGANON, R.; LEMES, R. C.; SALVI, F. T. B.; CARLOS, S. R.; MOREIRA, E. E. T.; SCHWENING, G. S.; BELO, E. M. A Fuzzy Technique to Control Attitude and Position of a Stewart Platform. In: 22nd International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2013), 2013, Ribeirão Preto. COBEM 2013 - 22nd International Congress of Mechanical Engineering, 2013.