

PROJETO DE CONTROLADORES NÃO LINEARES EM UM SISTEMA PÊNDULO INVERTIDO SIMPLES

Renan Junior Balan¹; Otávio Rafael de Souza²; Felipe Jung³; Marina Padilha⁴; Rafael Garlet de Oliveira⁵

RESUMO

Modelos lineares são usados em várias áreas da ciência para representar um amplo espectro de sistemas. No entanto, sistemas reais podem apresentar algum tipo de não linearidade. Em muitos casos a faixa de operação fica limitada devido à linearização feita em torno de um ponto de operação do sistema, isso faz com que o efeito destas não linearidades altere o comportamento do sistema fora destes limites. O projeto de controladores para sistemas lineares é bastante consolidada, porém no caso de sistemas não lineares, os resultados são mais limitados. Uma das técnicas de linearização difundidas para controle não linear, é a linearização por realimentação. Esta consiste em o controlador conter a não linearidade do sistema e desta forma cancelar o seu efeito, permitindo que as técnicas de controle linear possam ser aplicadas sem perder a generalidade e sem limitar o ponto de operação do sistema real. Outra técnica de controle não linear é por estrutura variável, que neste caso ocorrem alterações abruptas intencionais da estrutura do sistema feitas para alcançar o comportamento desejado. Pretende-se implementar na planta pêndulo invertido simples as técnicas de controle apresentadas, pois esta combina não linearidade com ponto de equilíbrio instável. O pêndulo invertido simples é formado por um carro que se movimenta sobre uma guia linear, no qual, o encoder que mede a posição do pêndulo está fixo. O objetivo do controle é estabilizar o pêndulo no ponto de equilíbrio instável, ou seja, na posição vertical.

Palavras-chave: Não linear. Pêndulo invertido. Linearização por realimentação.

INTRODUÇÃO

O estudo realizado consiste na análise e teste de técnicas de controle linear e não linear em uma planta conhecida como pendulo invertido simples. Esta consiste em um carro, no qual um pendulo está fixo, que se desloca sobre uma guia linear pela ação de uma força. A força é gerada por um motor de corrente contínua e é transmitida por meio de correia.

Partindo da ideia de testar técnicas de controle não linear, foi necessário construir a planta mencionada a cima, o que demandou de conhecimentos da área mecânica para a estrutura e conhecimentos da área de eletrônica para a construção da parte do acionamento do motor de corrente continua.

Com a conclusão da parte física, foi iniciado o estudo das técnicas de controle linear para ser implementada na planta. Assim foi estabelecido que seria testado o controle tipo PI. A função do controlador PI foi escrita em código de programação e implementada em um microcontrolador, sendo os seu ganhos estabelecidos com simulações com a planta real. A técnica de controle não linear que utiliza a parcela não linear do modelo da planta. Assim o controle pode atuar em toda a faixa de trabalho, não limitado a uma pequena extensão próximo ao ponto de equilíbrio.

1 Estudante de Graduação em Eng. de Controle e Automação, Instituto Federal Catarinense câmpus Luzerna. E-mail: renanjrbalan@gmail.com.

2 Estudante de Graduação em Eng. de Controle e Automação, Instituto Federal Catarinense câmpus Luzerna. E-mail: otaviors.tt@gmail.com.

3 Estudante de Graduação em Eng. de Controle e Automação, Instituto Federal Catarinense câmpus Luzerna. E-mail: jung.flp@gmail.com.

4 Estudante de Graduação em Eng. de Controle e Automação, Instituto Federal Catarinense câmpus Luzerna. E-mail: padilha.marina@gmail.com.

5 Mestre em Automação e Sistemas, UFSC; Professor do Instituto Federal Catarinense câmpus Luzerna. E-mail: rafael.oliveira@luzerna.ifc.edu.br.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A princípio foi realizada uma análise sobre a planta pêndulo invertido, pois não existia a parte física, que em linguagem de controle é chamada de planta. Desta forma a planta que se desejava aplicar as técnicas de controle não linear precisava ser construída. Esta etapa envolveu estudo de estrutura mecânica e também da aquisição de equipamentos, tais com encoder para medir a posição do pendulo em relação a vertical.

Com a conclusão da parte física e também da parte do acionamento do motor que movimenta o carro sobre a guia linear, partiu-se para o estudo e teste de uma técnica de controle não linear, na qual se decidiu implementar um controlador PI. A função do controlador foi passada para a linguagem de programação do microcontrolador e os seus ganhos e constantes ajustados com a planta.

Pretende-se agora testar as técnicas de controle não linear citadas. A linearização por realimentação apresenta a característica de a lei de controle conter uma parcela que elimina o termo não linear do modelo da planta, assim pode-se projetar o controlador com técnicas clássicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para testar e estabelecer um comparativo entre as técnicas de controle, foi implementada uma técnica de controle linear com um controlador PI, em que os seu parâmetros foram ajustados em ensaios com a planta. Este primeiro teste apresentou resultados satisfatórios, que vão servir de comparativo com as técnicas de controle não linear que se pretende aplicar.

Como o projeto encontra-se em desenvolvimento, com a parte física do projeto pronta, as técnicas de controle não linear precisam apenas ser estudadas com foco na aplicação com a planta não pendulo invertido.

Após a especificação da lei de controle não linear, será esta transcrita e adaptada para código de programação para que o microcontrolador possa executar e obter o resultado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao projeto estar em fase de desenvolvimento as técnicas de controle não linear ainda não foram testadas e implementadas na planta, o que se pretende fazer nos próximos meses. Assim será possível, além de estabelecer um comparativo entre as estas e o controle com o PI, determinar o comportamento da planta com novas técnicas de controle. Portanto, devido as características da planta serem não lineares e de ponto de equilíbrio instável, este estudo se mostra relevante para difundir mais entre os universitários estas técnicas de controle.

REFERÊNCIAS

CASTRUCCI, P.L.; BITTAR, A. e SALES, R. M. **Controle Automático**. Editora GEN/LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

FURUTA, K., YAMAKITA, M. AND KOBAYASHI, S. **Swing-up control of inverted pendulum using pseudo-state feedback**, Journal of Systems and Control Engineering, vol. 206, nº 6. 1992.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**. 5ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2010.

XIMENES, R. L. **Controle Adaptativo de Sistemas Dinâmicos Não-Lineares: Controle de Pêndulo Invertido**. Relatório final, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.