

Plataforma aero-pêndulo invertido destinado a ensaios de Engenharia.

Kevin Santos dos Passos¹, Sofia Santos dos Passos¹, Kleber Willian Albino Junior¹ José Henrique Galeti¹

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – Três Lagoas – MS

kevin.passos@estudante.ifms.edu.br , jose.galeti@ifms.edu.br

Resumo

O princípio do pêndulo invertido pode ser aplicado em diversas coisas, desde a uma simples brincadeira de criança de manter uma vassoura erguida, quanto ao sistema de robôs avançados para que mantenham o equilíbrio assim como os corpos humanos o fazem. Esse projeto propõe a criação de uma bancada de ensaios de engenharia e controle composta por um pêndulo invertido capaz de equilibrar uma massa através de dois propulsores de ar para o estudo desse princípio. Usando um controlador geral, embarcado em uma plataforma de hardware multifuncional (MyRio). Com a programação sendo realizada em um software integrado ao hardware (LabView) e com o propósito de deixar a bancada disponibilizada para futuros testes e aprendizados na área de controle do sistema com múltiplas variáveis para se modificar.

Palavras-chave: Pendulo Invertido, bancada de ensaios, MyRio, LabView.

Introdução

Nem sempre a indústria e a sociedade se apropriam de todos benefícios trazidos pelos avanços na área de controle. Em particular, no contexto industrial local (MS/Brasil), existe um atraso considerável entre as propostas de controle pesquisadas nas áreas acadêmicas e sua efetiva aplicação industrial. Por outro lado, antagonicamente, este distanciamento é agravado pela visão de que os esforços no desenvolvimento de ferramentas laboratoriais didáticas não podem ser considerados pesquisa aplicada, o que, erroneamente, coloca a formação acadêmica em um plano inferior ao dos setores produtivos. No entanto, três fatores, preponderantemente, podem contribuir na diminuição deste distanciamento, em se tratando de controle automático de MITs ;

i) Modelos industriais de menor escala em ambiente acadêmico e na indústria, que permitam o teste das novas técnicas de controle antes da efetiva implementação no ambiente produtivo;

ii) Disponibilidade de pessoas com conhecimento teórico e prático das modernas técnicas de controle, desenvolvidas pelas pesquisas acadêmicas [1-7].

iii) Estimação adequada dos parâmetros do MIT, em ambiente laboratorial, pois estes variam de acordo com a operação causando desvios no sistema de controle, o que afeta a credibilidade das técnicas [1-4];

No entanto, muito já tem sido proposto nesta área de modelos dinâmicos destinados ao estudo de projetos de controle, e recentemente observa-se o interesse da comunidade científica no desenvolvimento de estratégias e modelos destinados à indústria e ao ensino presencial e remoto da engenharia de controle moderno [8].

Metodologia

A figura 1 mostra os estágios iniciais do protótipo, tendo se reaproveitado de um drone adquirido pelo Instituto para usar como suporte para os motores. Um potenciômetro foi usado como o sensor de ângulo que o pêndulo está no momento, com sua tensão variando de acordo com a posição do mesmo e a diferença entre a sua posição e o setpoint desejado seria o erro do sistema. No início tendo sido feito manualmente a variação de tensão que ia nos motores para tentar reduzir esse erro e chegar ao setpoint desejado.

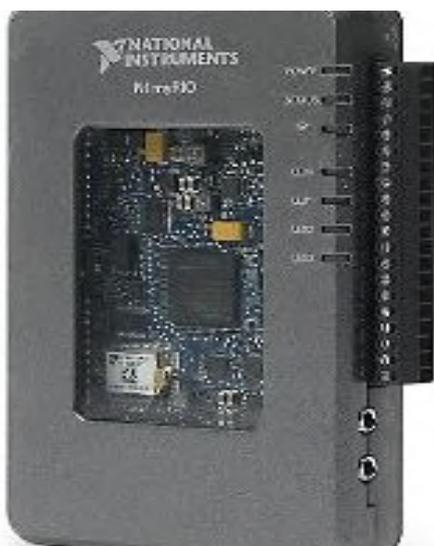
Figura 1. Pendulo Invertido com controle manual



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

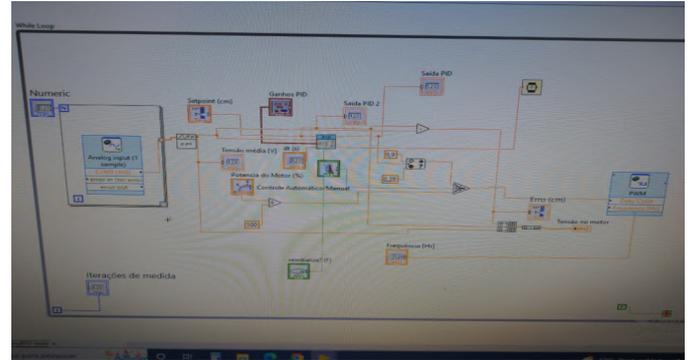
Com mais estudos no LabView e na interface que ele cria para se comunicar com o MyRio (Figura 2). Foi possível começar a implementar um controle sobre a tensão aplicada nos motores para que o sistema sozinho tente estabilizar a posição no setpoint definido. Usando um sistema de PID para ser o controlador. Figura 3, 4, 5. Com a programação permitindo o ajuste dos parâmetros PID, o uso manual no envio de potência ao motor, colocar qual o setpoint desejado e um gráfico demonstrando a diferença entre o setpoint e o valor atual mostrado pelo potenciômetro.

Figura 2. MyRio



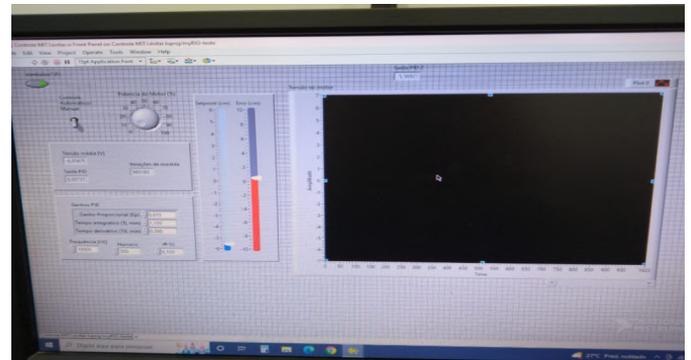
Fonte: (National Instrument)

Figura 3. Programação em Blocos feita pelo LabView



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Figura 4. Interface gráfica do programa no LabView



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Figura 5. Pendulo Invertido com controle automático.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Resultados e Discussão

Um dos objetivos do projeto foi alcançado, a criação de uma bancada de estudos sobre controle e PID que funciona. Porém devido a limitações não foi atingido o objetivo principal que se dá o nome do projeto, conseguir deixar o pêndulo em sua posição invertida, a 90° graus do eixo X e nem

deixar um controle 100% preciso, indo ser necessário mais estudos na área de controle para a aplicação de tal. Mas foi dado uma base para futuros testes e projetos para o aprimoramento do sistema de controle, o deixando mais preciso e também conhecimento para a criação de um novo modelo da bancada para a aplicação de todas as coisas aprendidas neste projeto e suas respectivas melhorias.

Considerações Finais

O projeto serviu ao seu propósito inicial que era a elaboração de uma bancada de trabalho de Engenharia e Controle para a realização de testes sobre controle e o uso da mesma para o aprendizado de futuros alunos assim como o aprendizado dos integrantes do grupo em sua montagem. Demonstrando resultados promissores e animadores para a continuidade do desenvolvimento do projeto para uma versão melhor de si mesmo tendo mostrado os pontos altos e baixos do projeto inicial e onde se pode melhorar o mesmo.

Agradecimentos

Agradeço ao IFMS/TL pelo incentivo financeiro de acordo

com o Edital nº 063/2020 – IFMS/PROEN.

Referências

- 1 F. Alonge, F. D'Ippolito, A. Sferlazza, "Sensorless control of induction-motor drive based on robust Kalman filter and adaptive speed estimation", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 61, no. 3, pp. 1444-1453, Mar. 2014.
- 2 N. Salvatore, A. Caponio, F. Neri, S. Stasi, G. L. Cascella, "Optimization of delayed-state Kalman-filter-based algorithm via differential evolution for sensorless control of induction motors", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 57, no. 1, pp. 385-394, Jan. 2010.
- 3 J. Yang, W. -H. Chen, S. Li, L. Guo, Y. Yan, "Disturbance/uncertainty estimation and attenuation techniques in PMSM drives—A survey", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 64, no. 4, pp. 3273-3285, Apr. 2017.
- 4 M. Siami, D. A. Khaburi, A. Abbaszadeh, J. Rodriguez, "Robustness improvement of predictive current control using prediction error correction for permanent-magnet synchronous machines", IEEE

Trans. Ind. Electron., vol. 63, no. 6, pp. 3458-3466, Jun. 2016

- 5 P. M. Wensing, S. Kim and J. J. E. Slotine, "Linear Matrix Inequalities for Physically Consistent Inertial Parameter Identification: A Statistical Perspective on the Mass Distribution," in IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 3, no. 1, pp. 60-67, Jan. 2018.
- 6 F.A.Faria, E. Assunção e M. C. M. Teixeira, Realimentação da Derivada dos Estados em Sistemas Multivariáveis Lineares Usando LMIs, CONTROLE & AUTOMAÇÃO, vol. 20, 83-93, (2009).
- 7 A. F. A. Furtunato, A. O. Salazar e O. S. Araújo, Controlador de velocidade usando modos deslizantes suaves para um motor de indução trifásico, CONTROLE & AUTOMAÇÃO, vol. 12, 148-155, (2001).
- 8 OGATA, K. **Modern control engineering**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2009.

TITLE IN ENGLISH

Abstract: *The inverted pendulum principle can be applied to many things, from simple child's play of holding a broom up, to advanced robots that maintain balance just as human bodies do. This project proposes the creation of an engineering and control test bench composed of an inverted pendulum capable of balancing a mass through two air thrusters for the study of this principle. Using a general controller, embedded in a multifunctional hardware platform (MyRio). With the programming being carried out in a software integrated to the hardware (LabView) and with the purpose of leaving the bench available for future tests and learning in the area of control of the system with multiple variables to be modified.*

Keywords: *Inverted Pendulum, test bench, LabView, MyRio.*