

Plataforma aero-pêndulo invertido destinado a ensaios de Engenharia.

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

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

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

Resumo

O conceito de pêndulo invertido é a base para conhecer melhor sobre princípios físicos e matemáticos de equilíbrio, utilizando-se de Controle PID (Proporcional, Integral e Derivativo) para manter a parte mais pesada do pêndulo em ângulos especificados por um potenciômetro, tendo como propósito ser posteriormente utilizado para o estudo de controle em bancadas de ensaio de instituições de ensino da área das engenharias e similares, onde seus valores serão alterados para simular situações de estresse que podem ocorrer, sendo utilizados materiais de custo baixo em sua confecção para aumentar a acessibilidade deste equipamento aos institutos, e conseqüentemente os alunos, sendo este modelo feito com materiais reaproveitados de um drone, adquirido pela instituição, e madeira de construção.

Palavras-chave: Pêndulo invertido, bancada de ensaios, materiais reaproveitados.

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

O primeiro modelo do aero-pêndulo foi construído com cano PVC para sua base, 2 (dois) pilares e o suporte para o motor, sendo o mesmo um reaproveitamento do braço de um drone (Figura 1) e 2 rolamentos para mobilidade da haste. Este modelo não possui a habilidade de estabilizar de acordo com os dados do potenciômetro, encontrado no topo de um dos pilares, pois o software que controla o pêndulo não havia sido finalizado e pois não havia o hardware necessário para isto.

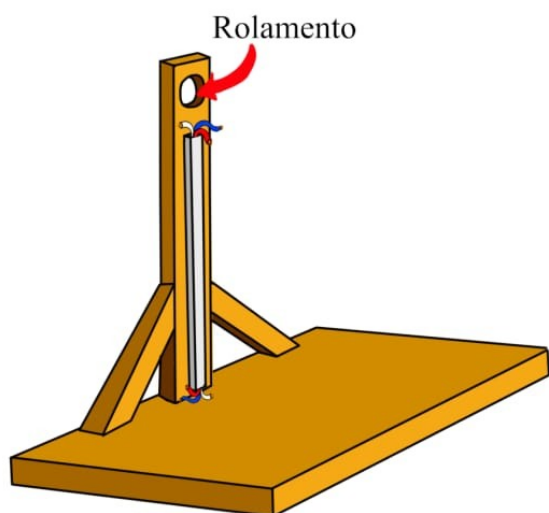
Figura 1. Primeiro modelo do aero-pêndulo.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Como este modelo era muito instável e difícil de controlar, pois possuía apenas 1 (um) motor na ponta da haste, foi criado o desenho de um modelo em madeira para suportar a haste do pêndulo com 2 motores com um rolamento para a mobilidade da mesma (Figura 2).

Figura 2. Desenho do modelo em madeira do aero-pêndulo

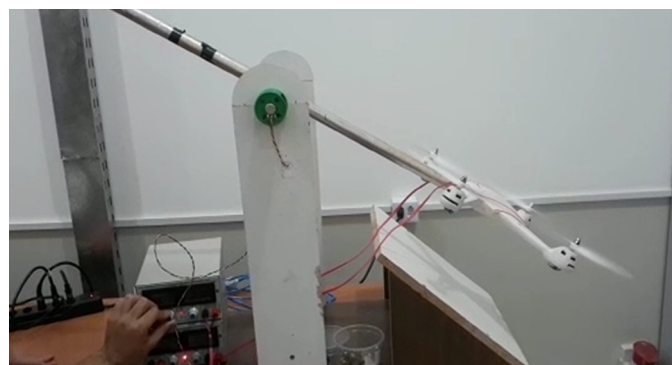


Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Utilizando o modelo da Figura 2 como base, foi criada a terceira e última versão do pêndulo (Figura 3), portando uma haste de alumínio como suporte para os motores, uma base e pilares feitos de madeira reaproveitada de construções, um potenciômetro para medições no MyRio (uma

plataforma de hardware multifuncional), que envia os dados para 2 controladores ponte H, que realizam o controle do pêndulo. O motor anterior foi substituído por um drone fornecido pela instituição para o reaproveitamento no projeto, onde os dois motores frontais erguem a haste e os dois motores inferiores descem o drone, garantindo que ele fique na posição desejada, mesmo que o ângulo seja obtuso, ou seja, maior de 90° , que é a posição invertida do pêndulo. Partes em 3D foram impressas para se ajustar à base de madeira, segurando o potenciômetro e 2 porcas que criam peso, fazendo com que o motor não exija tanta potência ao levantar voo. Uma plataforma de pouso foi adicionada para evitar a colisão das hélices do drone com a parte de baixo da base de madeira, também para diminuir a altura que os pilares deveriam ter facilitando o transporte da estrutura.

Figura 3. Modelo final do aero-pêndulo



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 ensaios da área das engenharias e similares 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.

INVERTED AERO-PENDULUM PLATFORM INTENDED FOR ENGINEERING TESTS

Abstract: *The inverted pendulum concept is the basis for a better understanding of the physical and mathematical principles of equilibrium, using PID Control (Proportional, Integral and Derivative) to keep the heaviest part of the pendulum at angles specified by a potentiometer, with the purpose of being later used for the study of control in test benches of teaching institutions in the area of engineering and similar, where their values will be changed to simulate situations of stress that may occur, using low-cost materials in their manufacture to increase accessibility of this equipment to the institutes, and consequently the students, being this model made with reused materials from a drone, acquired by the institution, and construction wood.*

Keywords: *Inverted pendulum, test bench, reused materials.*