



SISTEMAS EMBARCADOS 2

TRABALHO 1

Professor Dr. Éder Alves de Moura

Engenharia de controle e automação

Grupo:	Gustavo Pereira Marcos	Turma A	11521EAU012
	Igor Silva Zafalon	Turma A	11511EAU010
	Samuel Henrique Lima da Silva	Turma A3	11921EAU006

Objetivo

O objetivo deste trabalho, foi de utilização da linguagem python mais especificamente a biblioteca pygame para implementação da simulação de um aero pêndulo e seu controle dinâmico via software, com isso foi deduzido e efetuado a modelagem dinâmica de equações que regem o sistema físico, posteriormente implementado de forma computacional com a linguagem python.

Introdução

A implementação do projeto do aero pêndulo consistiu na implementação do controle proporcional integral derivativo via software matlab, para que a verificação da resposta do sistema seja satisfatória em tempo adequado e também utilizando o pygame foi feita a interface e estruturação do projeto.

Descrição de módulos/bibliotecas diferentes adotadas no desenvolvimento

- Pygame: Foi utilizada para fazer a interface no geral e dinâmica de funcionamento do pêndulo.
- Numpy: Biblioteca para processamento de matrizes e cálculos matemáticos com maior esforço computacional, sendo necessária para o desenvolvimento dos cálculos das posições do pêndulo.
- Math: Biblioteca muito utilizada também para cálculos mais complexos porém com padrão da linguagem c.
- A função plot também foi utilizada diversas vezes para gerar as curvas e exibir ao usuário.

Desenvolvimento

A proposta deste trabalho é a simulação em duas dimensões de um aero pêndulo, tendo um ponto fixo de apoio e na outra extremidade acoplado um motor com hélice, como ilustrado na figura 1.

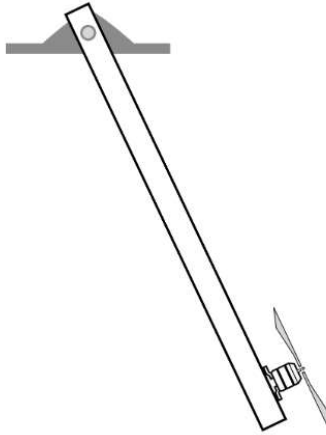


Figura 1 - Aero Pêndulo

O sistema desenvolvido tem como o atuador do movimento um motor DC acoplado com uma hélice, fazendo com que sua haste fixe movimento em torno do eixo, sendo esse motor produzindo uma força contrária à gravidade, é aplicado a um sistema de controle podendo determinar a intensidade dessa força produzida pelo motor para que o eixo assuma a posição desejada.

Para que tal simulação fosse possível, primeiro foi modelado o sistema, sendo assim, descobrindo a função de transferência do sistema que rege o movimento do aero pêndulo, sendo representada na figura 2 abaixo.

$$\frac{\theta(s)}{U(s)} = \frac{\frac{l_2}{J}}{s^2 + \frac{\mu_a}{J}s + \frac{mgl_1}{J}}$$

Figura 2 - Função de transferência linearizada aero pêndulo.

Após a modelagem do sistema, foi feito a representação desse sistema para espaço de estados, tendo como referência da simulação a seguintes matrizes do sistema:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{p \cdot l_1}{J} \cos x_1 & -\frac{\mu_a}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{l_2}{J} \end{bmatrix} T$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} T$$

Figura 3 - Representação espaço de estado aero pêndulo.

Com o sistema modelado, utilizamos a linguagem de programação Python para o desenvolvimento, e para a representação gráfica utilizamos uma biblioteca incorporada ao Python chamada Pygame, podendo assim desenvolver uma interface de simulação criando mecanismos parecido com de jogos, onde é representado o ponto fixo da haste, a haste e o motor de simulação do aero pêndulo, sendo possível ver a movimentação da haste.

Código para encontrar Kp, Ki, Kd.

Descrição da integração dos sistemas

Implementação do controle PID

%% Sistemas Embarcados II

% Trabalho prático 01

% Tema: Aero Pêndulo

% Professor Éder Alves de Moura

% Alunos: Gustavo Pereira Marcos 11521EAU012

% Samuel Henrique Lima da Silva 11921EAU006

% Igor Silva Zafalon 11511EAU010

%% Modelagem em laplace

%% Dados do problema

clc;

clear;

close all;

l1 = 0.75; %Centro de massa

l2 = 1.2; %Comprimento da corda

J = 1e-2;

```

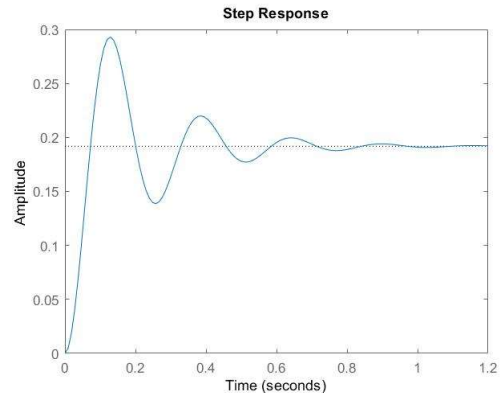
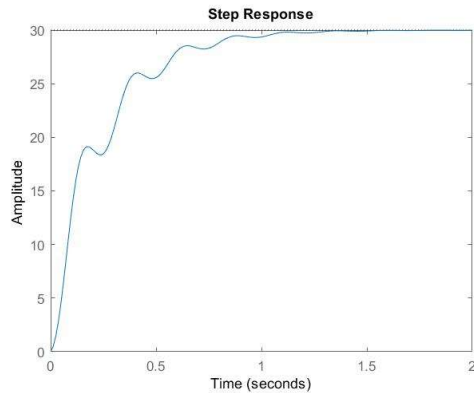
p = 0.85*9.81;
ua = 0.1;
%%% Sistema continuo
s = tf('s');
G = (l2/J)/(s^2+((ua/J)*s)+(p*11)/J);
figure(1)
step(G)
hold on;
figure(2)
rlocus(G)
hold on;
%%% Sistema discreto
T = 1; % Período de Amostragem
z = tf('z',T);
%GZ = c2d(G,T,'tustin');
GZ2 = c2d(G,T,'matched');
%%% Projetando o controlador PID

%pidTuner(G);
kp = 0.800790963328250;
ki = 23.210845838850050;
kd = 0.006906966805523;
%%% Discretização
% Sistema discreto
% T = 1; % Período de Amostragem
% z = tf('z',T);
%
% hd = c2d(ctrl,1);
% PID(z)= kp+(ki*z/z-1);
%
% PID(z)=Kp+((Ki*Ts*z)/(z-1))+(Kd*(z-1))/Ts*z;
%%% Verificando o controlador
figure(3)
ctrl = pid(kp,ki,kd);

```

```
pid_fb = feedback(ctrl*G,1);  
opt = stepDataOptions('StepAmplitude',30);  
step(pid_fb,opt)  
hold on
```

Saídas



Conclusão

Temos como conclusão a importância da teoria de controle tanto para o desenvolvimento do protótipo proposto, e em primeiro momento a necessidade da modelagem do sistema, e depois aplicando a dinâmica do sistema e suas variáveis físicas para proporcionar um movimento adequado e preciso e aplicando.

E com o aprendizado e atividades desenvolvidas durante a disciplina de sistema embarcados II de linguagem de programação Python integrada a biblioteca Pygame, possibilitando a criação de uma aplicação visual praticamente real do sistema e seu perfeito funcionamento.

Referências:

<https://www.youtube.com/watch?v=FfWpgLFMI7w>

<https://www.youtube.com/watch?v=t5uxBACjp8Y>

<https://www.youtube.com/watch?v=BT2cjrXGpWo&list=PLJ8PYFcmwFOxtJS4EZTGEPxMEo4YdbxdQ&index=2>

<https://www.youtube.com/watch?v=H4TXHI9BRCQ>