



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA



Trabalho final 2

Controlador PID

Ana Júlia Santana
Getúlio Martins Resende
Guilherme Ferreira
Henrique Santos de Lima

Uberlândia
17/06/2021

Sumário

Requisitos do projeto	3
Diagrama lógico do projeto	3
Modelagem	3
Desenvolvimento	5
Controlador	5
Comunicação	5
Planta	6
Referências	7

Requisitos do projeto

O objetivo do projeto é implementar um controlador PID, proporcional integral derivativo, para controlar uma posição determinada na escala. Para isso foram implementados dois programas: um responsável pela simulação da dinâmica do movimento, e outro responsável pelas ações de controle. A comunicação realizada entre os dois programas é feita via Socket. No final o programa deve ser capaz de mostrar um gráfico, com a entrada de controle e a posição da esfera, em função do tempo.

Diagrama lógico do projeto

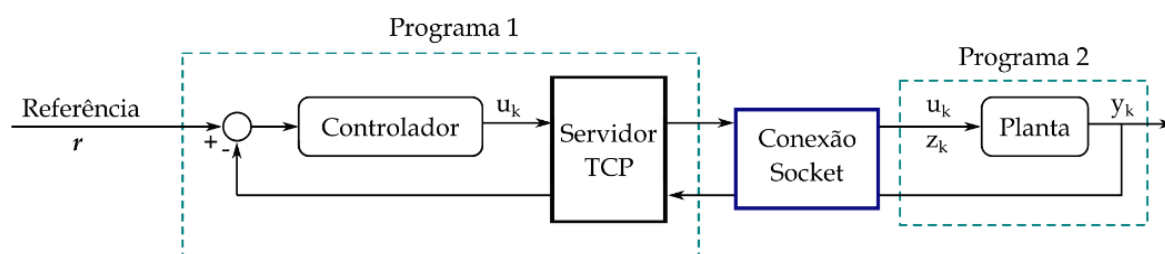


Figura 1 - Representação Esquemática do Sistema a ser Desenvolvido

Modelagem

A planta a ser controlada é composta por dois subsistemas: 1) a relação entre a tensão de entrada e a velocidade do ar v_a que será aplicada ao duto; 2) a relação entre a velocidade do ar aplicada e da dinâmica do sistema (posição e velocidade da esfera) e a posição da esfera.

No primeiro sistema a resposta do sistema da ventoinha é modelada por uma função de transferência de primeira ordem modelada por:

$$\frac{v_a(s)}{U(s)} = \frac{k_m}{\tau s + 1}$$

(1)

Onde τ é a constante de tempo da resposta e k_m uma constante de proporcionalidade entre a tensão aplicada $u(t)$ e $v_a(t)$ é a velocidade do ar.

No segundo sistema a movimentação da esfera é modelada pela segunda Lei de Newton, na qual são aplicadas duas forças : a força peso da esfera F_g , devido à gravidade, e a força de arraste do ar F_{ar} , modeladas por:

$$F_g = m \cdot g \quad (2)$$

$$F_{ar} = \frac{1}{2} C_a \cdot \rho \cdot A \cdot (v_a - \dot{z})^2$$

(3)

onde:

m → Massa da bolinha de isopor que será levitada;

g → Aceleração da gravidade considera;

C_a → Coeficiente de arrasto;

ρ → Densidade do fluido(Ar);

A → Área da seção transversal do objeto (bola) voltada para o fluxo de ar;

v_a → Velocidade do ar no interior do tubo;

$\dot{z} = v_e$ → Velocidade vertical da esfera

Considerando que $m \cdot a = \sum_i F_i$, logo $F_r = F_{ar} - F_g$. Equacionando, e fazendo $\alpha = \frac{C_a \cdot \rho \cdot A}{2 \cdot m}$:

$$\ddot{z} = \alpha \cdot (v_a - \dot{z})^2 - g$$

(4)

A dinâmica da planta pode ser descrita como um sistema de equações diferenciais não linear. Para projetar um controlador para um sistema não linear, adota-se um ponto de operação (equilíbrio) e linearizar o sistema nesse ponto. Se o

sistema linearizado estiver estável neste ponto, é possível projetar um controlador linear para corrigir pequenas variações em torno desse ponto.

Para este projeto foram disponibilizados os parâmetros abaixo:

- $m = 0,150 [kg]$;
- $g = 9,81[m/s^2]$;
- $\varrho = 1$;
- $C_a = 0,5$;
- $A = \pi \cdot 0,1^2$;
- $\alpha = 0,0524$;
- $v_a^e = 13,6878 [m/s^2]$;
- $k_m = 0,5$;
- $\tau = 0,01$;

Desenvolvimento

Conforme solicitado o projeto [1] foi dividido em duas partes, controlador e planta. O primeiro, sendo responsável pelo processo de controle, com a implementação do PID, recebendo os dados da planta. O segundo, responsável pela simulação e a visualização gráfica. Ambos são conectados por meio do protocolo tcp, onde o cliente (Planta) comunica com o servidor (Controlador).

Controlador

O controlador usado é um PID, nele é configurado um *setpoint*, que pode ser alterado, que define a posição da bola no levitador. O usuário poderá, então, escolher a altura da bolinha presente no duto com auxílio deste controlador que, de fato, controla a velocidade da ventoinha, enviando pacotes via tcp, que por sua vez promove uma espécie de “flutuação” do objeto em questão.

Vale pontuar que os parâmetros de entrada do atuador (a ventoinha) é estritamente elétrico, ou seja, o atuador responde de acordo com a tensão aplicada nele e este controlador foi projetado justamente para mapear a altura desejada e a tensão necessária para tal, porém isto não é feito diretamente, visto que a conexão entre o controlador e a planta é feita por meio de tcp.

Comunicação

A comunicação entre os dois programas é feita por meio de uma conexão TCP, utilizando uma conexão socket, o protocolo TCP é utilizado por ser mais confiável, e entregar os dados ordenadamente.

Um socket de escuta “ouve” conexões de clientes, neste caso a planta, e o servidor aceita ou nega esta conexão. Com o cliente se conectando ocorre o processo de *handshake* que permite que cada lado da conexão seja alcançável na rede, ou seja, que o cliente possa chegar ao servidor e vice-versa.

Para esta aplicação o envio de informações consiste em transferência de vetores do tipo numpy.

Planta

Conforme o anexo A do Roteiro [2], os sistemas que compõem a planta foram linearizados, de forma que a função de transferência no ponto de equilíbrio seja:

$$G_E(s) = \frac{2 \cdot \alpha \cdot v_a^e}{s^2} \quad (5)$$

E a função entre a tensão de alimentação entre a tensão de alimentação do motor CC e a velocidade do ar é dada por:

$$G_M = \frac{\Delta v_a(s)}{U(s)} = \frac{k_m}{(\tau \cdot s + 1)} \quad (6)$$

A planta a ser controlada é representada pela função de transferência, tendo a tensão de alimentação da ventoinha como entrada e a altura vertical do objeto como saída é dada por:

$$G_E(s) * G_M = \frac{\Delta v_a(s)}{U(s)} \cdot \frac{2 \cdot \alpha \cdot v_a^e}{s^2} = \frac{2 \cdot \alpha \cdot v_a^e \cdot k_m}{s^2(\tau \cdot s + 1)} \quad (7)$$

E essa é a função usada para projetar o controlador. Nesta etapa no programa são inseridos os parâmetros do projeto para a planta.

A planta se conecta ao Controlador, e envia para ele a posição na qual a bola se encontra no levitador, a cada intervalo de amostragem, e para isso é usado um quantizador. Ele por sua vez recebe a tensão de saída do motor, conforme indicado pelo controlador. Ela então responde de acordo com o controle do servidor, energizando o atuador para haver a flutuação da bolinha, pois essa tensão recebida é usada como a entrada atual na planta.

Referências

[1]O repositório do projeto se encontra em:

<https://github.com/GUI-FERREIRA/Projetos_SEMB/tree/main/Controlador>

[2]MOURA, Éder Alves. Roteiro. Disponível em: <[Teams](#)>. Acesso em: 7 de junho, 2021

[3]NumPy. Disponível em: <<https://numpy.org/doc/stable/>>. Acesso em: 11 de junho, 2021.

[4] Control. Disponível em: <<https://python-control.readthedocs.io/en/0.9.0/>>. Acesso em: 11 de junho, 2021.

[5]Socket Programming in Python. Disponível em: <<https://realpython.com/python-sockets/>>. Acesso em: 13 de junho, 2021.

