

Modelagem de Sistemas Dinâmicos - Trabalho N^o4

Leonardo Soares da Costa Tanaka - DRE: 121067652

Engenharia de Controle e Automação/UFRJ

Rio de Janeiro, Brasil

Julho de 2023

Para este trabalho, vamos utilizar o arquivo “trabalho4-2023-1.mat” que tem os sinais de entrada $u(t)$ e de saída $y(t)$ de um sistema linear contínuo com função de transferência $G(s)$. Os sinais u e y foram aplicados e aquisitados com uma frequência de amostragem $f_s = 2\text{Hz}$ (período de amostragem $T = 0.5\text{s}$). A variável independente tempo t é o vetor com os instantes que foram realizadas as amostragens dos sinais $u(t)$ e $y(t)$.

Vale notar que o sinal de saída $y(t)$ está quantizado e contaminado com ruído.

1 FFT

Determinando, utilizando a FFT (Fast Fourier Transform), o espectro do sinal de entrada (módulo e fase) em função da frequência em Hz. Utilizando o Matlab para coletar os dados, utilizar a FFT, calcular os espectros do sinal de entrada e plotar o gráfico.

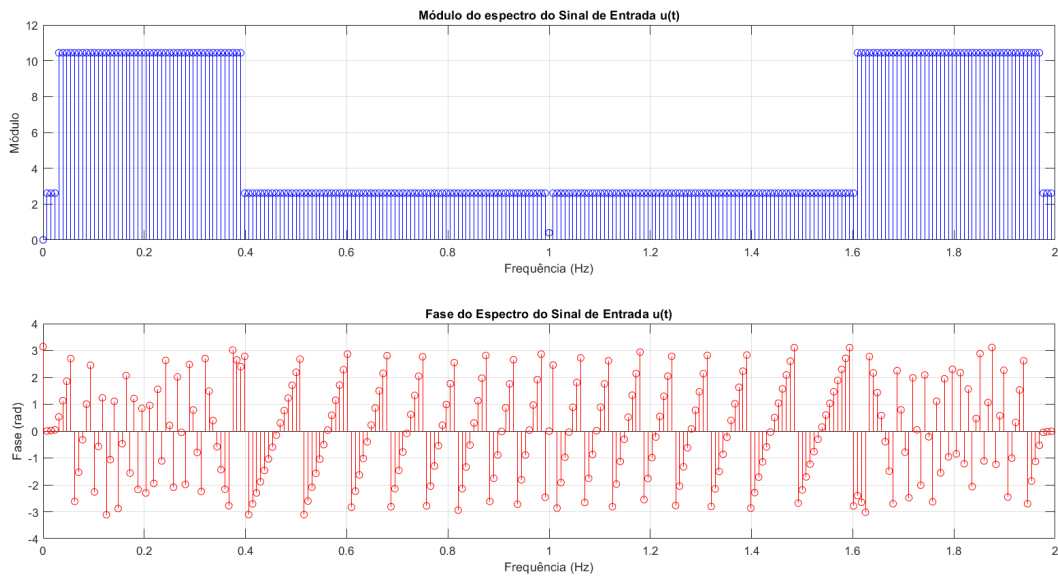


Figura 1: Espectros dos sinais da entrada

É possível observar uma simetria no gráfico da magnitude em torno de 1 com uma parte central com valores iguais a 2.61115 entre 0.4 e 1.6, duas partes seguintes com valores iguais a 10.4446 entre (0.03 e 0.4) e (1.6 e 1.96) e duas partes extremas com os mesmos valores que a parte central. Já no gráfico de fase, é possível observar uma oscilação bem similar entre 0.4 e 1.6 e outras oscilações similares entre (0.03 e 0.4) e (1.6 e 1.96) com valores entre $-\pi$ e π .

2 Resposta em frequência do sistema $G(j\omega)$

Estimando a resposta em frequência do sistema $G(j\omega)$ utilizando os espectros dos sinais de entrada $U(j\omega)$ e de saída $Y(j\omega)$:

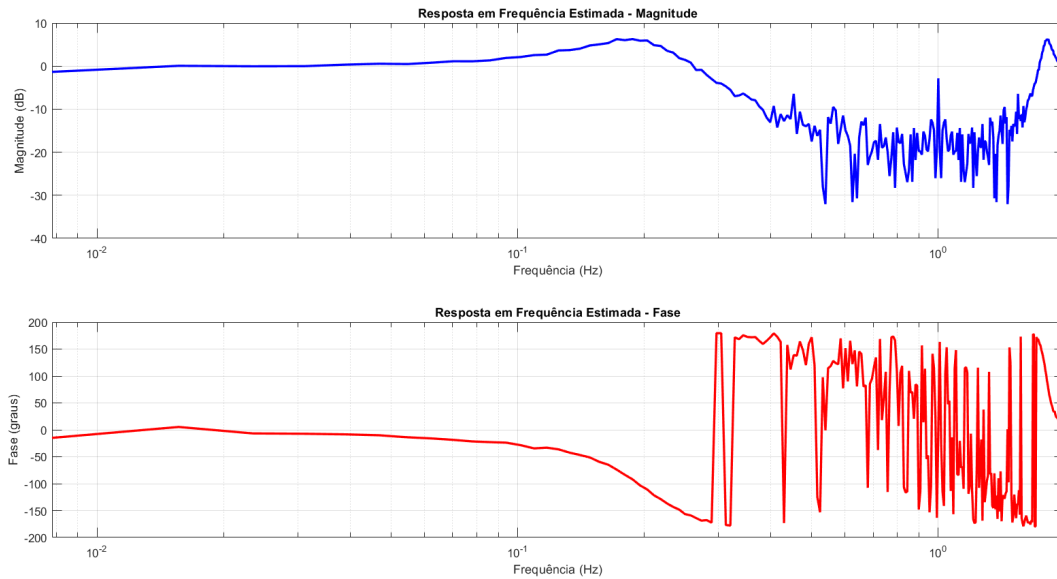


Figura 2: Resposta em frequência do sistema $G(j\omega)$

3 Principais características da resposta em frequência

4 Determinação do sistema de 2ª ordem

Para determinar o sistema de 2ª ordem que tem resposta em frequência mais próxima com a estimada, foi feito diversos testes trocando as constantes ζ e w_n até chegar numa visualização bem próxima entre as duas respostas em frequência.

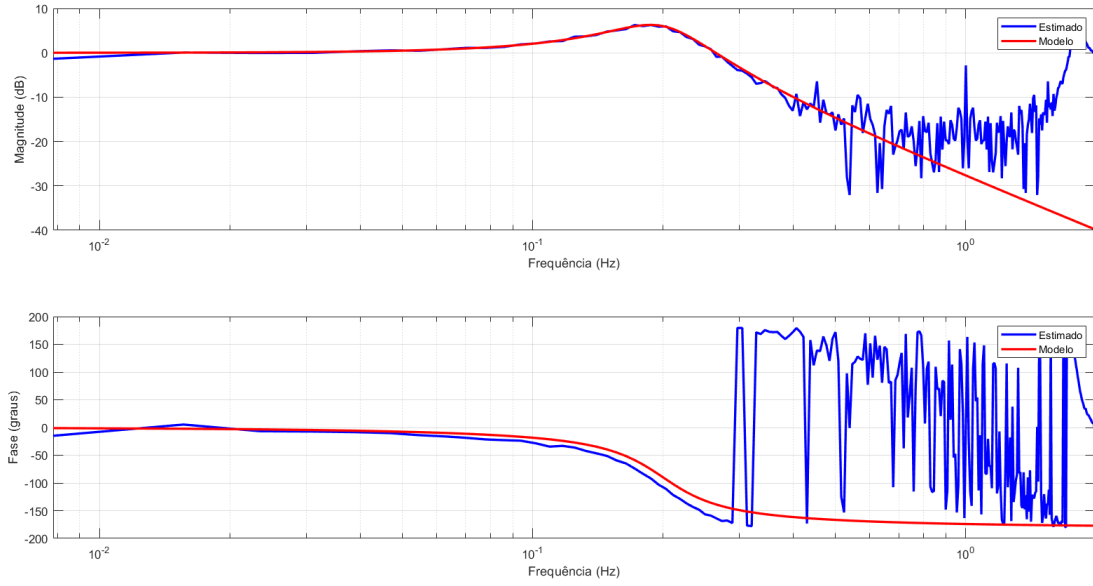


Figura 3: Resposta em frequência

Foi utilizada a seguinte fórmula que representa a função de transferência de um sistema de 2ª ordem:

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} \quad (1)$$

Os valores obtidos foram:

$$w_n = 0.2 \text{ e } \zeta = 0.25 \quad (2)$$

5 System Identification Apps

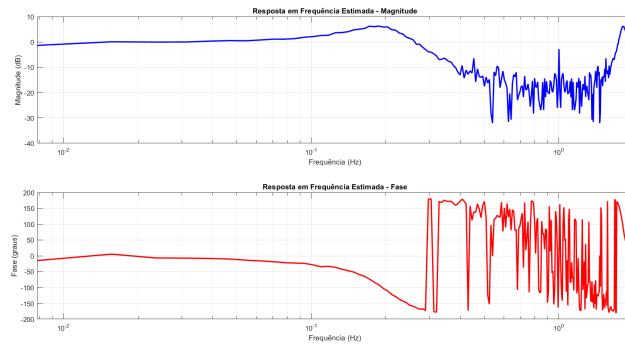


Figura 4: Resposta em frequência do sistema $G(j\omega)$

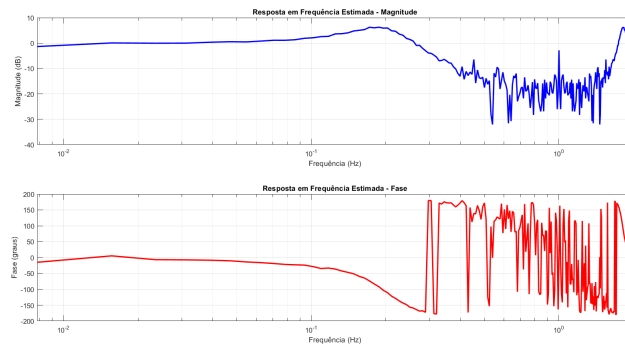


Figura 5: Resposta em frequência do sistema $G(j\omega)$

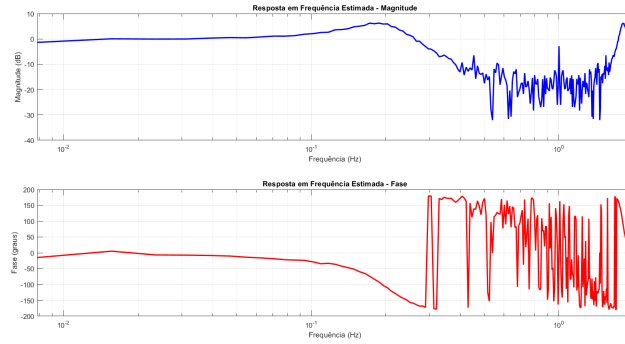


Figura 6: Resposta em frequência do sistema $G(j\omega)$

A Código 1

```
data = load('trabalho4-2023-1.mat'); % Carregar os dados do arquivo
u = data.u;
t = data.t;
fs = 2; % Hz % Frequência de amostragem (fs) e período de amostragem (T)
T = 1 / fs;
U = fft(u); % Calcula o espectro do sinal de entrada u(t) usando a FFT
frequencies = (0:length(U) - 1) * (fs / length(U)); % Vetor de frequências para o eixo x
modulo_U = abs(U); % Módulo do espectro do sinal de entrada
fase_U = angle(U); % Fase do espectro do sinal de entrada
% Cores para os plots
cor_modulo = 'b'; % Azul
cor_fase = 'r'; % Vermelho
figure; % Plot do espectro do sinal de entrada (módulo e fase)
subplot(2, 1, 1); % Plot do módulo do espectro
stem(frequencies, modulo_U, 'Color', cor_modulo);
xlabel('Frequência (Hz)');
ylabel('Módulo');
title('Módulo do espectro do Sinal de Entrada u(t)');
grid on;
subplot(2, 1, 2); % Plot da fase do espectro
stem(frequencies, fase_U, 'Color', cor_fase);
xlabel('Frequência (Hz)');
ylabel('Fase (rad)');
title('Fase do Espectro do Sinal de Entrada u(t)');
grid on;
```

B Código 2

```
load('trabalho4-2023-1.mat'); % Carregar o arquivo 'trabalho4-2023-1.mat'
fs = 2; % Hz % Frequência de amostragem
U = fft(u); % Realizar a FFT do sinal de entrada 'u'
Y = fft(y); % Realizar a FFT do sinal de saída 'y'
G_estimated = Y ./ U; % Estimar a resposta em frequência do sistema  $G(j\omega)$ 
G_mag_dB = 20*log10(abs(G_estimated));
G_phase_deg = rad2deg(angle(G_estimated));
N = length(u);
frequencies = (0:N-1) * (fs/N); % Frequências correspondentes
figure; % Plotar o módulo e fase da resposta em frequência estimada na mesma figura em escala logarítmica
subplot(2, 1, 1);
semilogx(frequencies, G_mag_dB, 'b', 'LineWidth', 2);
title('Resposta em Frequência Estimada - Magnitude');
xlabel('Frequência (Hz)');
ylabel('Magnitude (dB)');
grid on;
subplot(2, 1, 2);
semilogx(frequencies, G_phase_deg, 'r', 'LineWidth', 2);
title('Resposta em Frequência Estimada - Fase');
xlabel('Frequência (Hz)');
ylabel('Fase (graus)');
grid on;
```

C Código 4

```

load('trabalho4-2023-1.mat'); % Carregamento dos dados (substitua 'trabalho4-2023-1.mat' pelo nome correto)
fs = 2; % Frequência de amostragem em Hz
freq = (0:length(u)-1) * fs / length(u); % Vetor de frequências em Hz
U = fft(u); % Cálculo do espectro de entrada e saída
Y = fft(y);
H_estimado = Y ./ U; % Estimativa da resposta em frequência
% Inicialização dos parâmetros para ajuste manual
wn_guess = 0.2;
zeta_guess = 0.25;
% Calcula a resposta em frequência para os valores iniciais dos parâmetros
sistema = tf(wn_guess^2, [1, 2 * zeta_guess * wn_guess, wn_guess^2]);
H_modelo = freqresp(sistema, freq);
figure; % Plota a resposta em frequência estimada e do modelo inicial (magnitude)
subplot(2, 1, 1);
semilogx(freq, 20 * log10(abs(H_estimado)), 'b', 'LineWidth', 2);
hold on;
semilogx(freq, 20 * log10(abs(squeeze(H_modelo))), 'r', 'LineWidth', 2);
xlabel('Frequência (Hz)');
ylabel('Magnitude (dB)');
legend('Estimado', 'Modelo');
grid on;
subplot(2, 1, 2); % Plota a resposta em frequência do modelo inicial (fase em graus)
semilogx(freq, rad2deg(angle(H_estimado)), 'b', 'LineWidth', 2);
hold on;
semilogx(freq, rad2deg(angle(squeeze(H_modelo))), 'r', 'LineWidth', 2);
xlabel('Frequência (Hz)');
ylabel('Fase (graus)');
legend('Estimado', 'Modelo');
grid on;

```