ATIVIDADE 1 - CONTROLE 1

Aluno: Vitor de Sousa França
Matrícula: 20180041455
27 de Outubro de 2021

Problemas PID:

Considerando-se o sistema:

$$G = \frac{0.25(K_d s^2 + K_p s + K_i)}{s(s+1)(s+5)}$$

Em que $K_d = 150.88$, $K_p = 1373.92$ e $K_i = 5000$

a) Utilize o MATLAB e realize as simulações do sistema em malha fechada no domínio do tempo contínuo.

Primeiro, foram definidas as funções de transferência (FT) da planta, do controlador e então obteve-se o ganho em malha aberta (MA) e em malha fechada (MF), posto que esse conjunto de FT serão utilizados por várias questões. O bloco de código 1 apresenta

Código 1: Definindo FTs

```
%Planta
Nump = 0.25;
Denp = conv([1 1], [1 5]);
H = tf(Nump, Denp);

%Controlador
Kp = 1373.92;
Ki = 5e3;
Kd = 150.88;

Numc = [Kd Kp Ki];
Denc = [1 0];
Gc =  tf(Numc, Denc);

%Ganho em Malha Aberta
Gma = H*Gc;

%Ganho em Malha Fechada
Gmf = Gma/(1+Gma);
```

Para observar o comportamento do sistema em MF, utilizou-se da entrada a degrau, como mostrado no bloco de código 2.

Código 2: Resposta ao degrau

```
%% Q a)
[y,t] = step(Gmf, 0.35);
figure
plot(t, y, 'LineWidth', 2);
legend('c(t)')
grid
```

Ao utilizar `[y,t] = step(Gmf)` a função `step` não gera um gráfico mas sim, retorna vetores "`y`" e "`t`" referentes às posição dos pontos. Essa abordagem foi utilizada nesse e nos próximos códigos com a finalidade de realizar ajustes no gráfico como o de adicionar legenda e o de aumentar a espessura da curva. O resultado obtido pode ser visto na Figura 1.

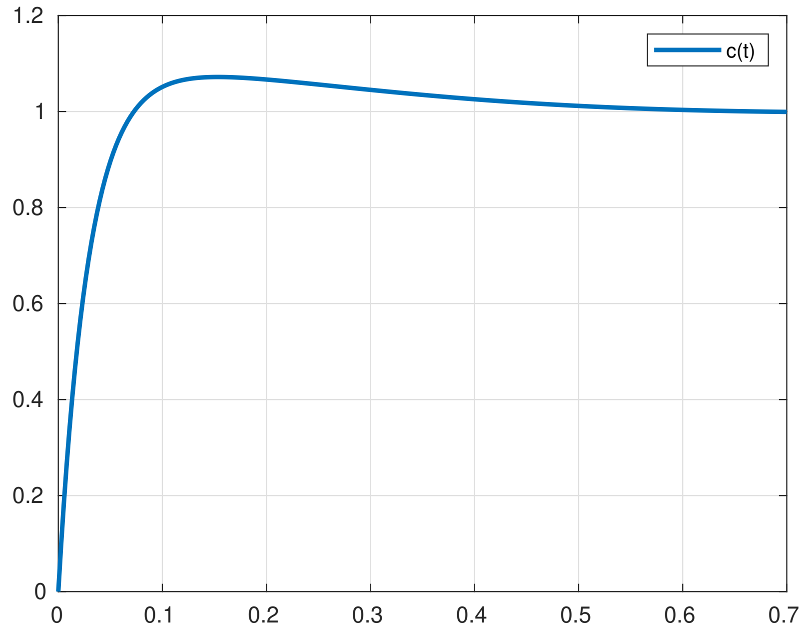

Figura 1: Gráfico da resposta ao degrau do sistema

b) Determine o LGR sem e com controlador

O lugar geométrico das raízes (LGR) pode ser facilmente obtido através da função `rlocus` nativa do matlab. O sistema sem o controlador é constituido unicamente da planta do sistema. O LGR do sistema com o controlador, por outro lado, é o produto no domínio "s", da FT do controlador com a FT da planta. O bloco de código 3, apresenta o script desenvolvido para obtenção dos gráficos.

Código 3: LGRs do sistema

```
%% Q b)
%LGR sem controlador
figure
rlocus(H)
title('LGR sem controlador')
axis([-6 0.1 -5 5])
grid
%LGR com controlador
figure
rlocus(Gma)
axis([-6 0.1 -5 5])
title('LGR com controlador')
grid
```

A Figura 2 apresenta o LGR do sistema sem o controlador e a Figura 3 apresenta o LGR do sistema com o controlador.

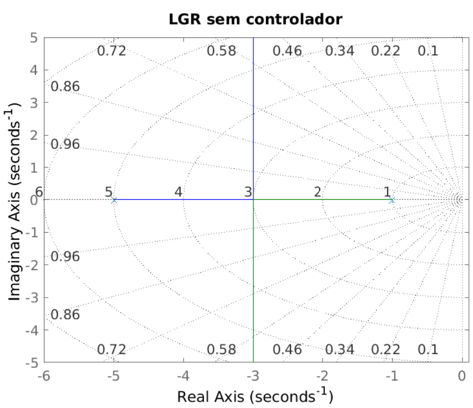

Figura 2: LGR do sistema sem o controlador

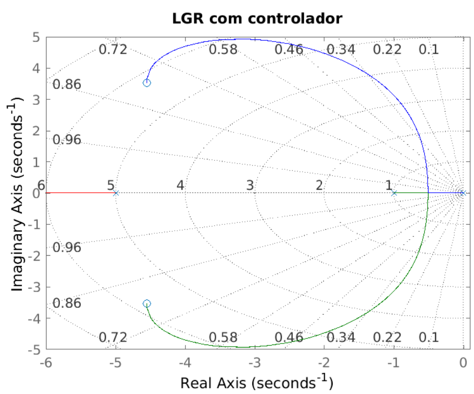

Figura 3: LGR do sistema com o controlador

c) Determine o tempo de amostragem.

O tempo de amostragem pode ser determinado de diferentes formas, desde que seja suficiente para não ocasionar problemas de *aliasing*, ou seja, sobreposição dos espectros. Para isso, sabe-se pelo Teorema de Nyquist que o período de amostragem "T_s" deve ser tal que a frequência de amostragem "f_s" seja o dobro da frequência de corte "f_c" do sistema, $\frac{1}{T_s} = f_s \geq f_c$.

O Teorema de Nyquist é bem fundamentado e pode ser amplamente utilizado, porém outra abordagem é amplamente utilizada no ambiente prático, dado a não trivialidade da obtenção da frequência de corte do sistema. Sob essa abordagem é feita uma aproximação de que o tempo de amostragem deve ser menor ou igual ao tempo de subida da resposta ao degrau do sistema "T_r", dividido por dez: $T_s = \frac{T_r}{10}$. Essa será a abordagem utilizada para todas as questões.

O bloco de código 4, apresenta a obtenção do tempo de amostragem. Nesse primeiro momento, verificou-se além do tempo de subida, a frequência de corte do sistema, para corroborar o fato de que o Teorema de Nyquist está sendo cumprido.

Código 4: Tempo de amostragem

```
%% Q c)
figure
bode(Gmf)
set(findall(gcf,'type','line'), 'linewidth', 2)
grid
% Tempo de amostragem
Ts = stepinfo(Gmf).RiseTime/10;
```

O tempo de amostragem é um atributo de nome `RiseTime` do método nativo `stepinfo(Gmf)`, dessa forma, pode-se obté-lo utilizando `stepinfo(Gmf).RiseTime`. O tempo de subida da resposta ao degrau foi de $T_r = 48$ ms, então, o tempo de amostragem foi $T_s = 4,8$ ms e a frequência de amostragem $f_s = 209.1734$ Hz. Ao verificar o diagrama de bode, Figura 4, será possível determinar a frequência de corte do sistema.

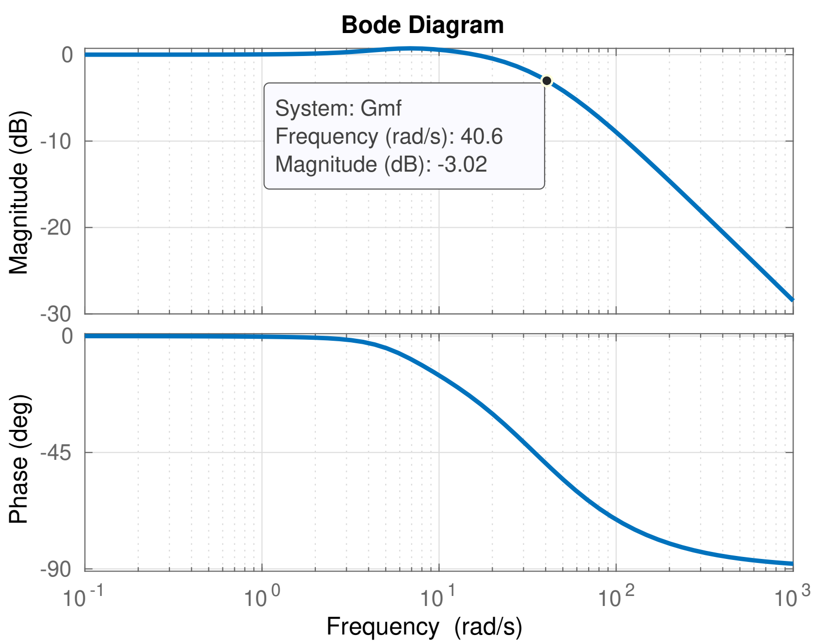

Figura 4: Diagrama de Bode

A frequência de corte é aquela no qual o ganho do sistema é de -3 dB. Pelo gráfico, o ponto está aproximadamente na frequência de corte do sistema $f_c = \frac{\omega_c}{2\pi} = \frac{40.6}{2\pi} = 6.4617$ Hz.

Podemos verificar que a técnica amplamente utilizada em ambientes práticos nos retorna frequências de amostragens muito maiores que a frequência de corte e garantem assim que a discretização esteja satisfazendo ao Teorema de Nyquist. De toda forma, é interessante perceber que ao utilizar a aproximação dada por esse método o nosso resultado não será o mais otimizado e poderá pecar em termos de custo de projeto.