Estabilidade de Nyquist

Aluno: David Maykon Krepsky Silva
Disciplina: Controle e Automação Industrial
Professor: Dr. Ruberlei Gaino

11 de dezembro de 2015

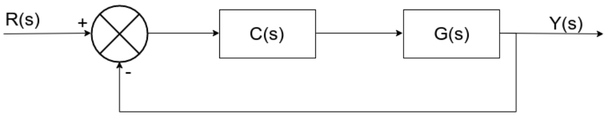
Exercício 1

Estude a estabilidade de Nyquist de:

$$G(s) = \frac{K}{s^2(s+1)}; \qquad Z = P + N. \tag{1}$$

Após determinar o intervalo, determine um K estável. A seguir, projete um controle avanço de fase:

Figura 1: *Controlador em malha fechada.*



com $C(s) = K_c\left(\frac{s+Z_0}{s+P_0}\right)$ *para* $mp \leq 5\,\%$ *e* $t_s \leq 1\,s$.

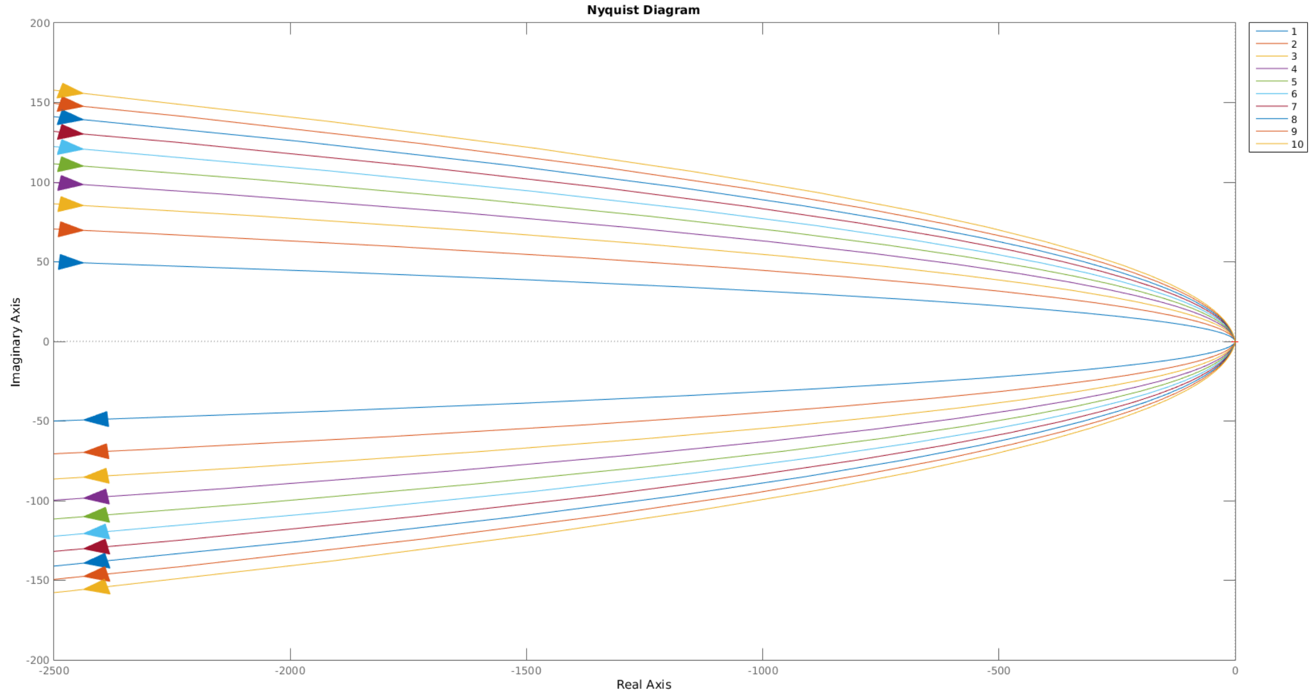
Análise da estabilidade

O sistema dado possui dois polos na origem, o que fará com que o diagrama de Nyquist possua dois círculos de raio infinito. O valor de K não interfere no deslocamento do gráfico, sendo assim, o sistema é instável para qualquer valor de K. O código 1 pode ser utilizado para verificar a variação no diagrama de Nyquist.

Código 1: Código para gerar o diagrama de Nyquist, variando K, com o MATLAB.

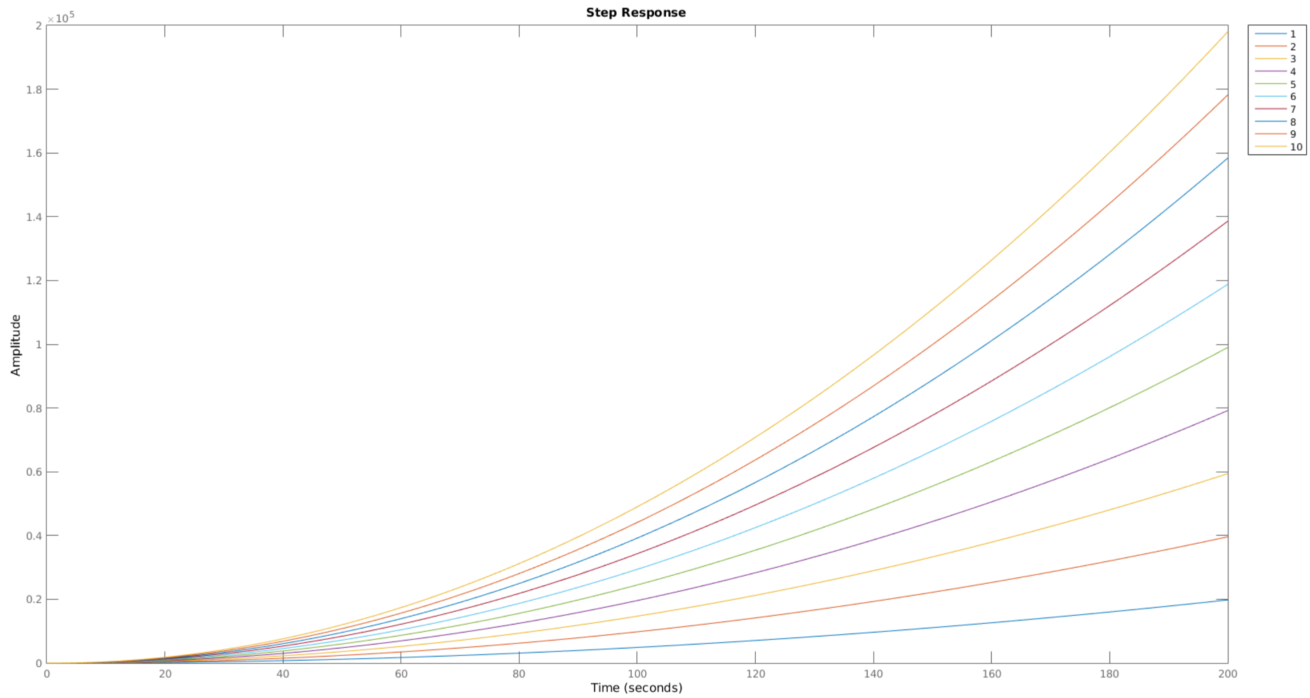
```
% Analise da estabilidade de G(s) variando K.
clear all
close all
clc

s = tf([1 0] , [1]);

% Vetor com os valores de K.
K = 1:1:10;

% Funcao de transferencia da planta.
G = 1/(s^2*(s+1));

% Diagramas de Nyquist para os diversos valores de K
hold on
for i=1:length(K)
   nyquistplot(G*K(i));
end
legend('1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '10', ...
'Location','NorthEastOutside');

% Plota a resposta ao degrau do sistema para os valores de K
figure
hold on
for i=1:length(K)
   step(G*K(i))
end
legend('1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '10', ...
'Location','NorthEastOutside');
```

Figura 2: Diagrama de Nyquist para $1 \leq K \leq 10$.



Como pode ser observado na figura 2 (gerada a partir do código 1), o valor de K não desloca o gráfico. Analisando a resposta ao degrau do sistema (figura 3), é possível observar o mesmo se mantem instável independente do valor de K.

Figura 3: Resposta ao degrau para $1 \leq K \leq 10$.



Projeto do controlador

Para $mp \leq 5\,\%$, $\zeta \geq 0,7$ e para $t_s \leq 1\,s$, $\omega_n \geq 4$ (aproximação de 2%). Assim, os polos desejados são:

$$p = 6,3 \pm j6,3.$$

O ângulo é:

$$\theta = tg^{-1}\left(\frac{6,3}{6,3}\right) \cong 45^{\circ}$$

A contribuição angular do controlador é:

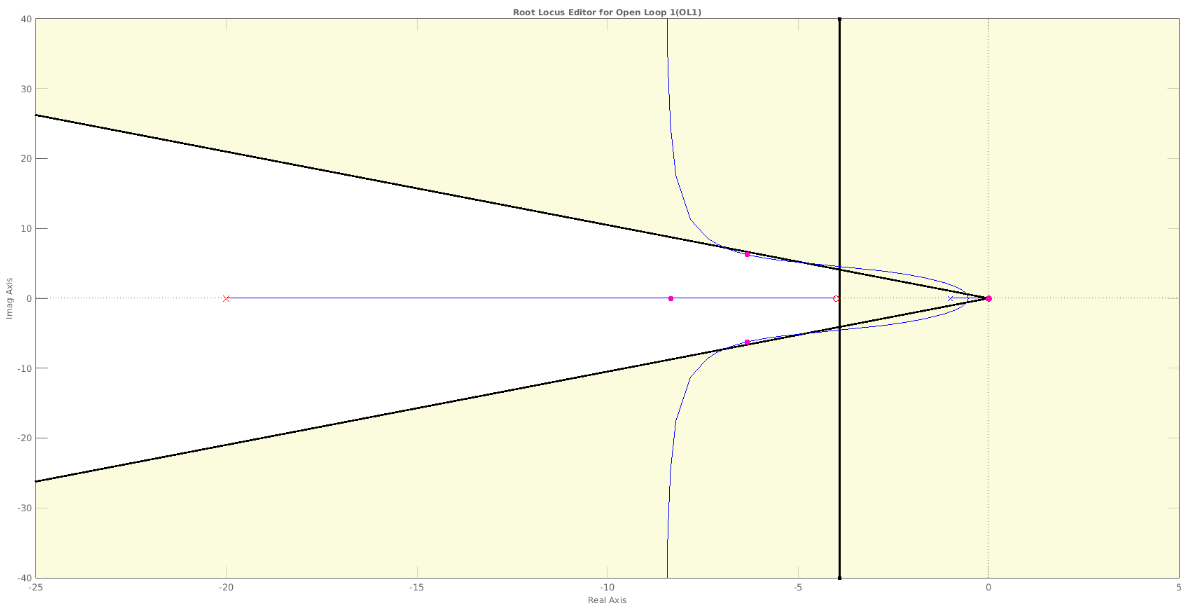
$$\beta = -180^{\circ} + 225^{\circ} = 45^{\circ}$$

Devemos também adicionar um zero na origem, para poder utilizar o controlador de avanço de fase, assim, o controlador será:

$$C(s) = K_c s\left(\frac{s+4}{s+20}\right)$$

O ganho K_c foi determinado com o uso do recurso *rctool* do matlab, sendo $K_c = 32.9$. A imagem 4 mostra o *root locus* do sistema, sendo que, a região em branco é a região que atende as especificações.

Figura 4: *Root Locus* para a planta $G(s)$ com o controlador $C(s)$.



Análise da estabilidade com o controlador

Para confirmar a estabilidade do sistema, a figura 5 mostra que o sistema a resposta do sistema ao impulso unitário tende a zero e a figura 6 mostra que o sistema é de fato estável para a entrada degrau.

Figura 5: Resposta ao impulso do sistema.

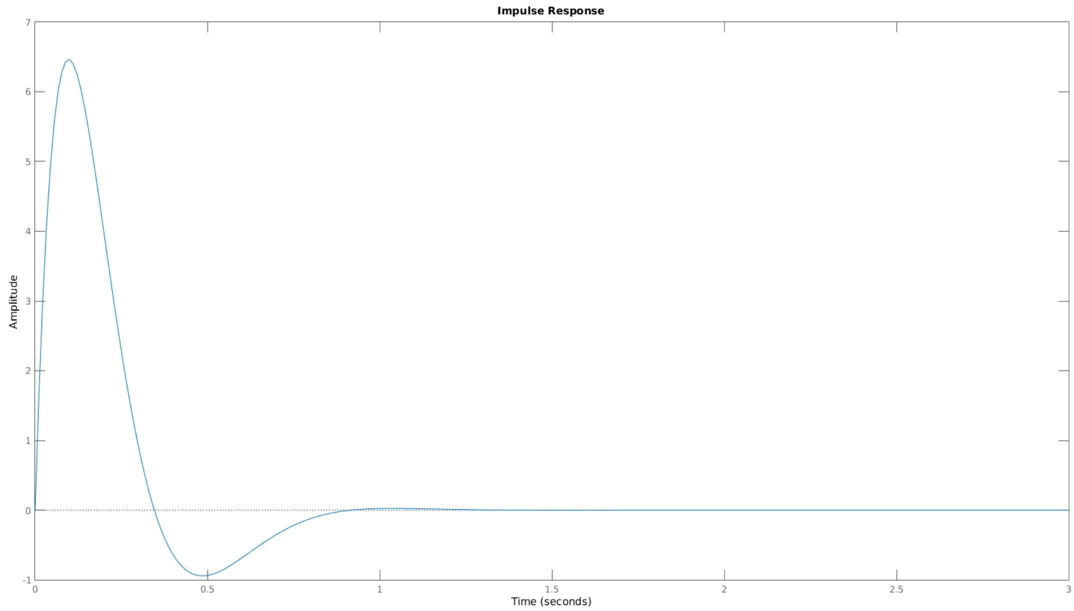
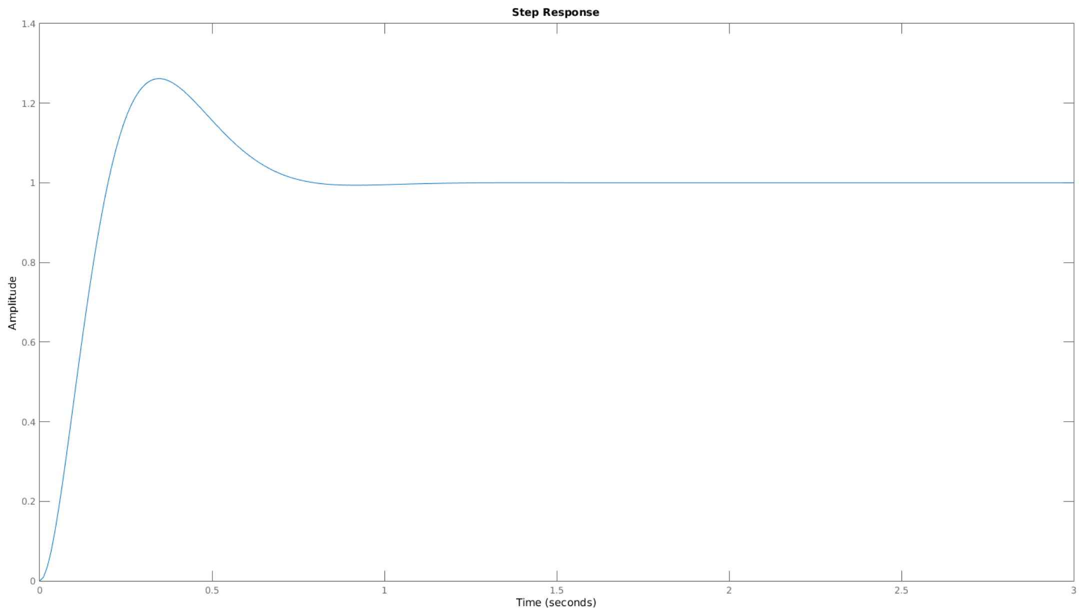


Figura 6: Resposta ao degrau do sistema.



Por ultimo, o diagrama de Nyquist, figura 7, também mostra que o sistema é estável.

Figura 7: Diagrama de Nyquist para o sistema.