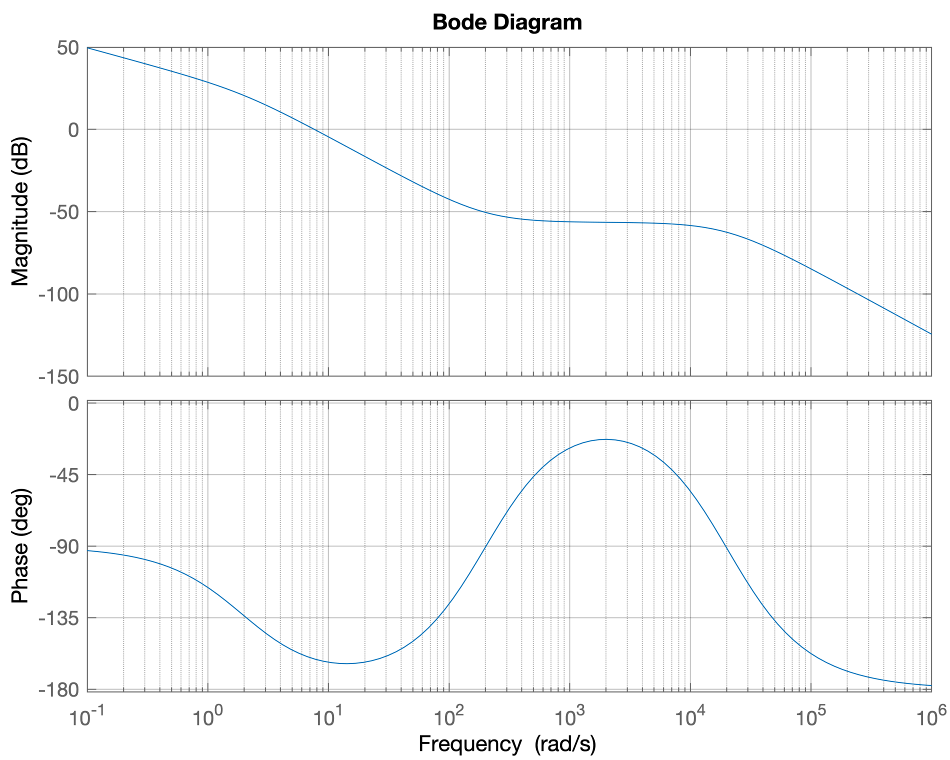
Prova 2 de SR

Questão 1: Seja o gráfico de Bode de G(s) mostrado abaixo.

```
figure;
bode(g1);grid;
```



a) Qual foi a FT geradora?

```
pole(g1)
```

```
ans = 4×1
10^4 ×
         0
   -2.0000
   -2.0000
   -0.0002
```

```
zero(g1)
```

```
ans = 2×1
 -200.0000
 -200.0000
```

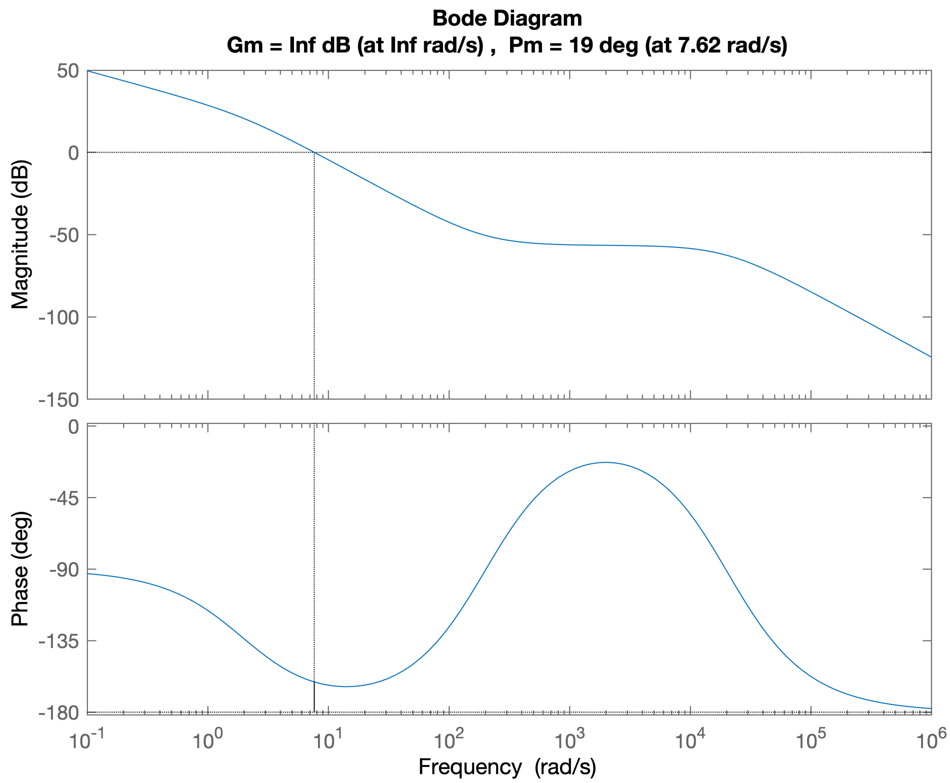
```
K=5.9941e+05
```

```
K = 599410
```

O ganho K é calculado na frequência 0.1rad/s, na qual apenas o polo na origem contribui com o módulo em 20dB.

b) Mostre no gráfico e informe aproximadamente os valores de margem de ganho e de fase

```
figure;margin(g1)
```



c) Obtenha o ganho a partir do qual este sistema se torna instável?

Como a margem de ganho em infinita, o sistema é estável para qualquer K>0

d) Para que faixa de frequência o ganho é pouco afetado pela variação da frequência?

De 500 rad/s a 10.000rad/s o módulo quase não muda no gráfico de Bode.

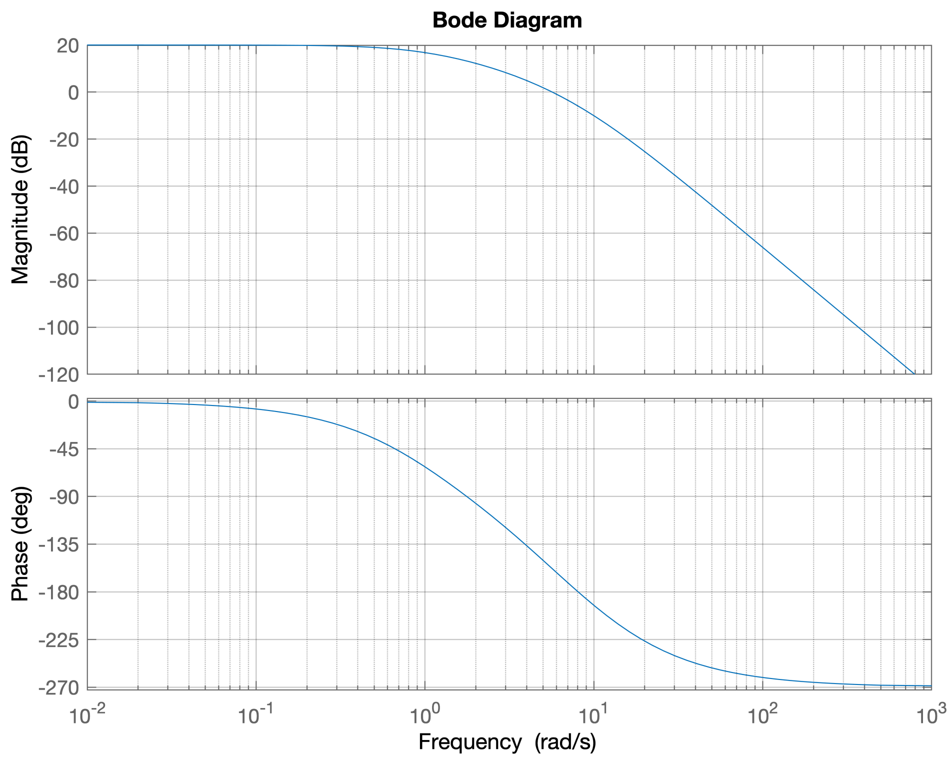
e) Obtenha o atraso de tempo a partir do qual este sistema se torna instável.

Como a margem de fase é 19 graus em w=7.62rad/s, para estabilidade, o atraso d deve satisfazer

$7.62d(180/\pi) < 19$ graus, ou seja, $d < 0.0435$ segundos.

Questão 2) Seja o gráfico de Bode de $G(s) = \dfrac{500}{s^3 + 16s^2 + 65s + 50}$ mostrado abaixo. Projete um controlador que atenda as seguintes especificações: erro em regime ao degrau <2% e margem de fase $\geq 45^o$.

```
figure;
g=tf(500,[1 16 65 50]);
bode(g);grid;
```



Solução: O erro em regime é dado por $e = \dfrac{1}{1 + KG(0)} = \dfrac{1}{1 + 10K}$. Logo, um ganho $K > 5$ atende a condição de erro em regime, caso não se use o PI.

Projeto do PI: atende erro em regime e precisa reduzir a curva de módulo em 6dB no gráfico de Bode de G(s), próximo a w=3rad/s.

```
Kp=10^(-6/20)
```

```
Kp = 0.5012
```

```
Ki=Kp*3/10
```

```
Ki = 0.1504
```

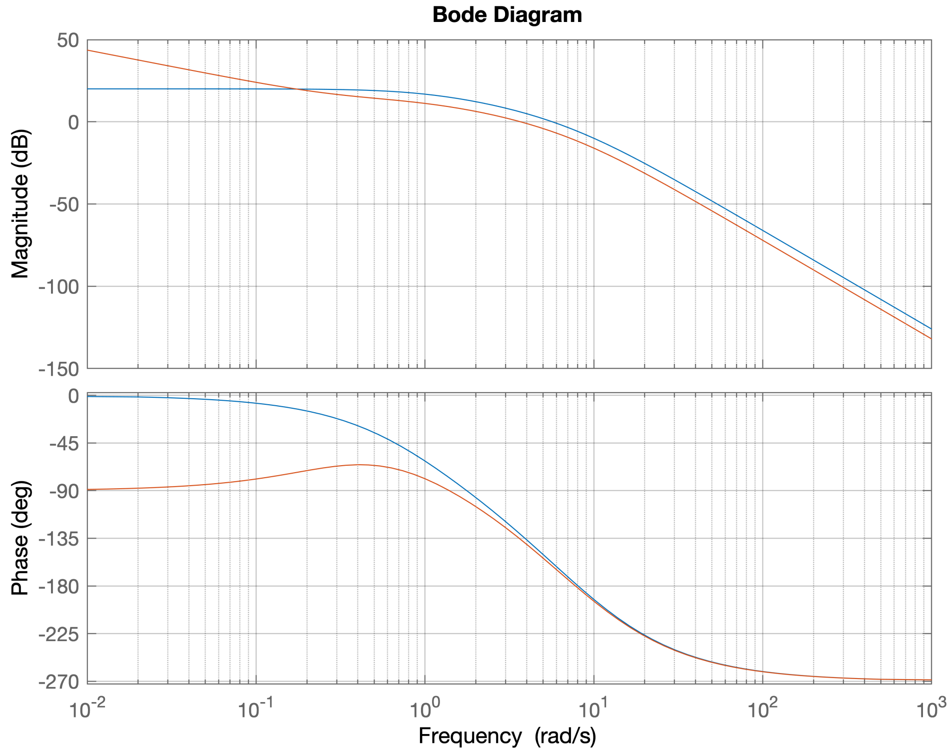
```
c=tf([Kp Ki],[1 0])
```

```
c =
 
  0.5012 s + 0.1504
```

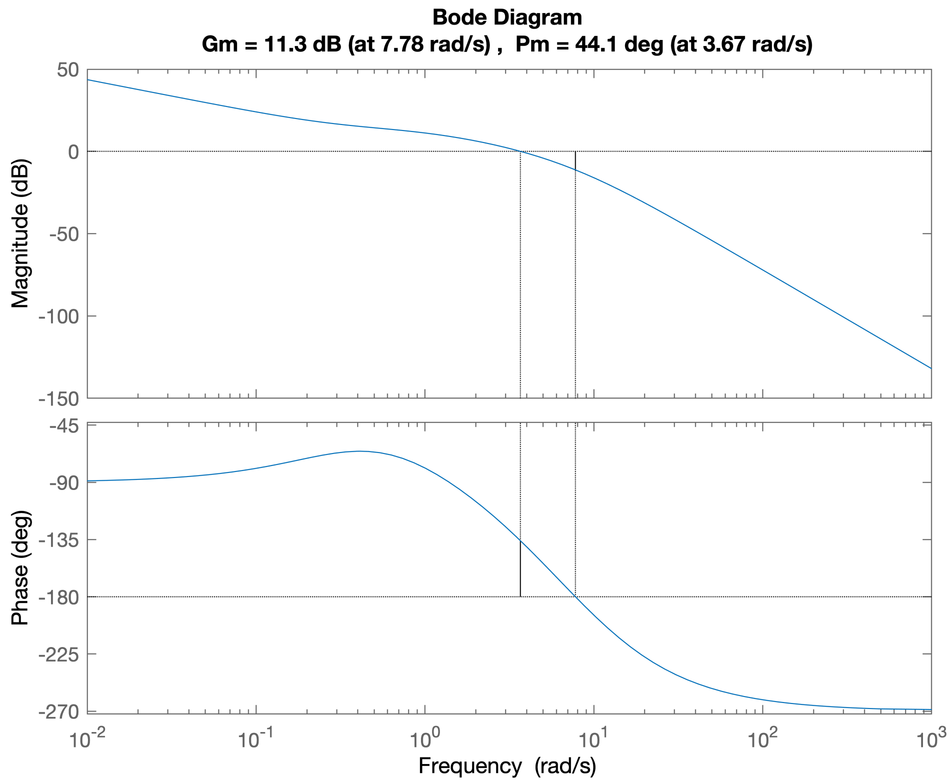
```
  -----------------
          s

Continuous-time transfer function.
```

```
figure;
bode(g,c*g);grid;
```

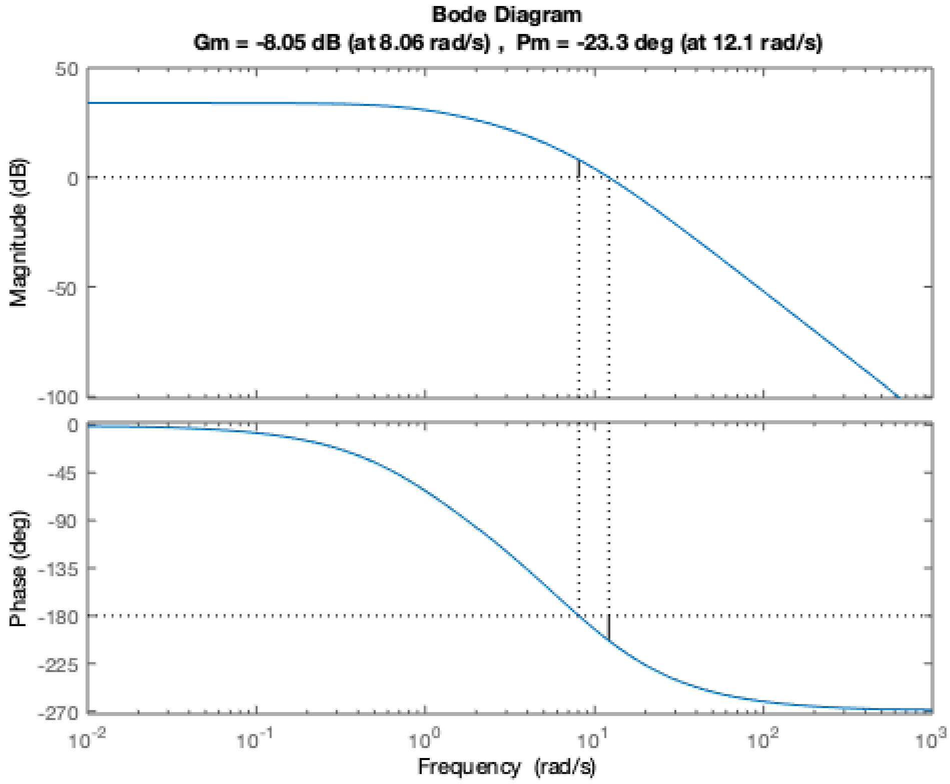



```
figure;
margin(c*g)
```



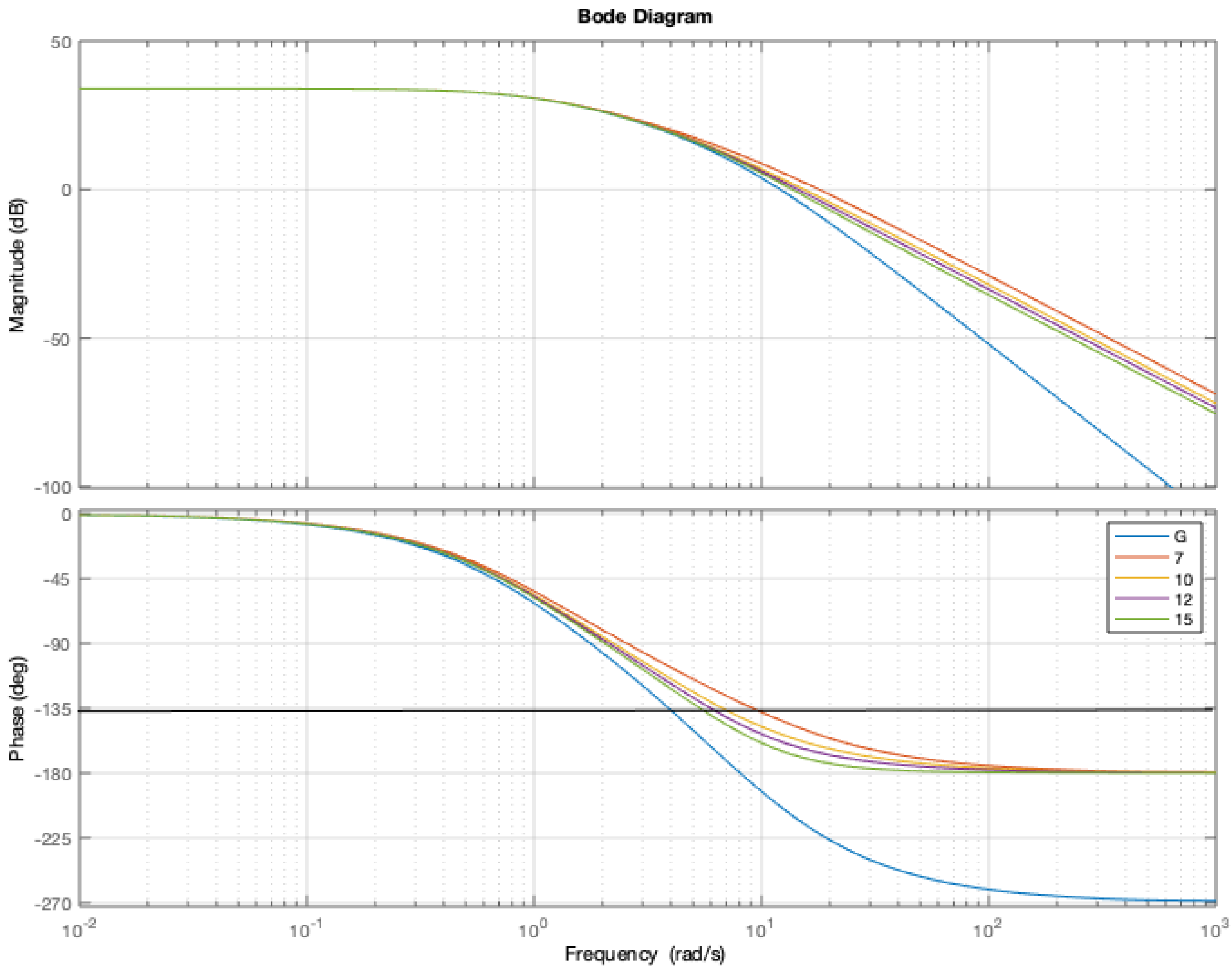
Projeto do PD: não atende, pois o gráfico de Bode com ganho 5, para atender erro em regime, fica conforme abaixo, com MF=-23, em torno de w=12rad/s

```
g1=5*g;
figure;
margin(g1)
```



O gráfico de Bode abaixo mostra várias tentativas de alocar o zero do PD, todas com margem de fase baixa, pois a curva de módulo sobe um pouco e diminui a MF.

Isso fica claro quando se observa a margem de fase de -23 graus com o ganho K=5.



Projeto do avanço: Também não funciona pois é preciso adicionar muita fase o que faz a curva de modo subir inviabilizando o projeto.

É preciso adicionar 70 graus para obter os 45 graus desejados. Com isto

```
a=(1+sind(70))/(1-sind(70))
```

```
a = 32.1634
```

O módulo adicionado é

```
10*log10(a)
```

```
ans = 15.0736
```

que vai elevar a curva de módulo e enviabilizar o projeto. (ver gráfico de Bode)

Projeto do atraso de fase: Neste caso, a margem de fase é atendida, sendo necessário reduzir o módulo em -20dB (20log10(a)) em torno de 3rad/s

```
wg=3
```

```
wg = 3
```

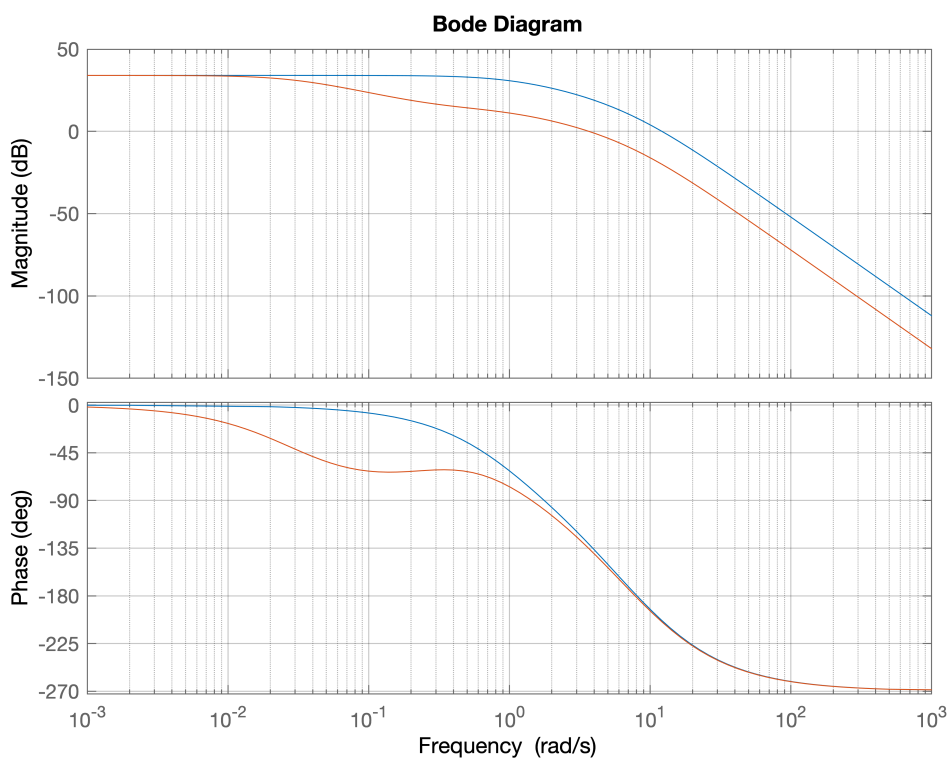
```
a=10^(-20/20)
```

```
a = 0.1000
```

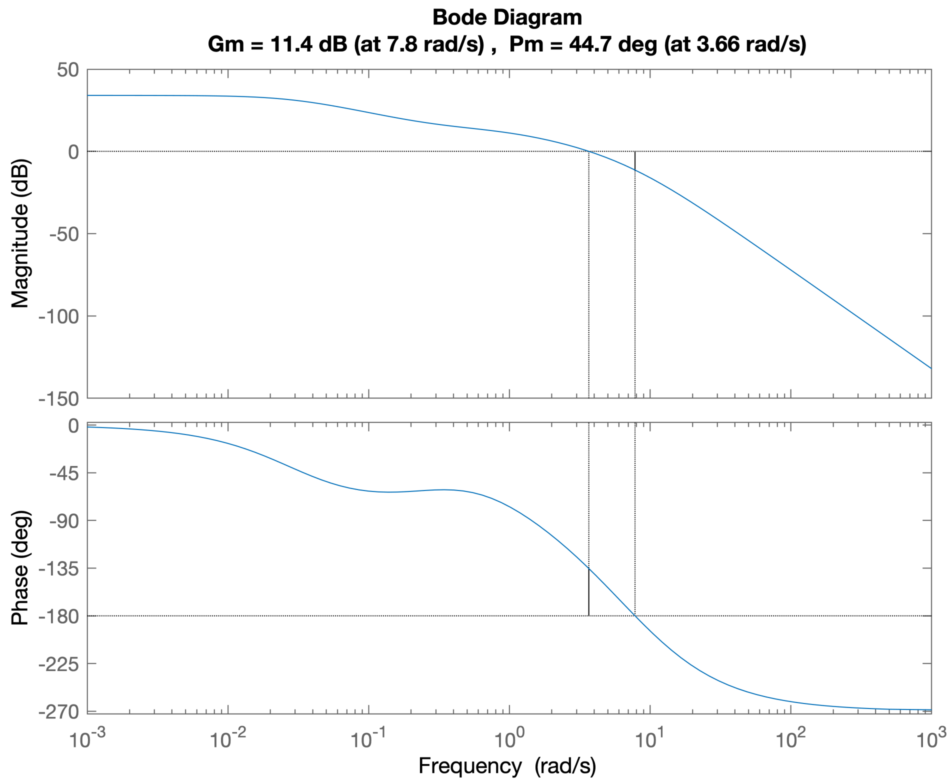
```
T=10/(a*wg);
c=5*tf([a*T 1],[T 1]);
20*log10(a)
```

```
ans = -20
```

```
figure;
bode(5*g,c*g);grid
```




```
figure;margin(c*g);
```



Questão 3) Para o sistema com a FTMA e diagrama de Nyquist desenhado abaixo para K=1, mostre qual a faixa de valores de K para o qual o sistema é estável, $G(s)H(s) = \dfrac{K(3-2s)}{s^2+s+1}$

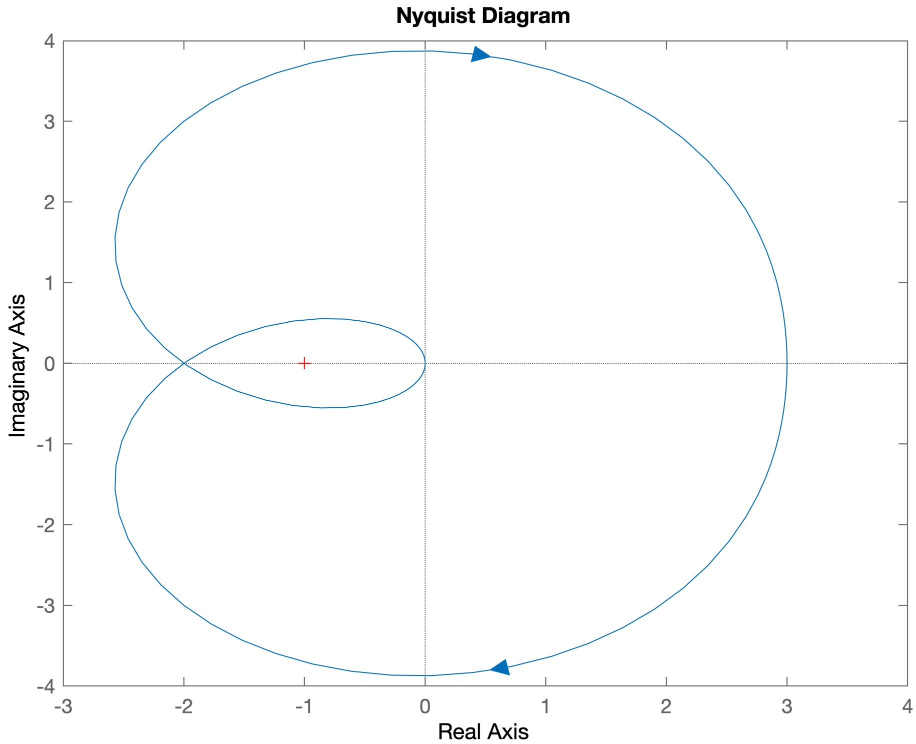
```
g=tf([-2 3],[1 1 1])
```

```
g =

   -2 s + 3
  -----------
  s^2 + s + 1

Continuous-time transfer function.
```

```
figure;nyquist(g)
```



Solução:

Pelo critério de Nyquist, o sistema é estável se na equação

$\phi = (Z_d - P_\omega/2 - P_D)180^o$

o número de polos de malha fechada no semiplano direito, dado por Z_d, for igual a zero.

Como G(s)H(s) não tem polos sobre o eixo jw, $P_\omega = 0$.

Como G(s)H(s) não tem polos no semiplano direito, $P_d = 0$.

Logo, para que o sistema seja estável ($Z_d = 0$) o ângulo ϕ deve ser igual a zero.

No gráfico polar, vemos que em $\omega = 0$, $G(s)H(s) = 3$.

Quando $\omega \to \infty$, $G(s)H(s)$ tende a zero.

Se o ponto -1 não for envolvido por este gráfico, teremos $\phi = 0$ graus.

Como o gráfico de $G(s)H(s)$ cruza o eixo real no ponto -2, basta que o ganho K seja escolhido de modo que $2K < 1$, ou seja, $K < 0.5$.