

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEL
ELT331 – Sistemas de Controle II
Prof. Tarcísio Pizzolo

2ª Lista de Exercícios – Resposta em Frequência

1) Traçar o Diagrama de Bode da função de transferência da malha aberta mostrada a seguir e, utilizando-o verifique se o sistema de malha fechada é estável, com $K = 2$. Justifique a sua resposta.

$$G(s)H(s) = \frac{K}{s(s+1)(2s+1)}$$

2) Considere um sistema com realimentação unitária negativa cuja função de transferência de malha aberta é:

$$G(s)H(s) = \frac{10}{(s+0,5)}$$

Utilizando o Diagrama de Bode, obtenha a resposta em regime estacionário desse sistema quando ele for submetido aos seguintes sinais de entrada.

a) $r(t) = \sin(2t)$

b) $r(t) = 2\sin(5t + 30^\circ)$

3) Para a FTMA apresentada na equação 1, trace o Diagrama de Bode e determine as Margens de Ganho e de Fase. Na equação 2, substitua o numerador por um ganho K e determine o valor de K para que a Margem de Fase seja 30° .

$$G(s)H(s) = \frac{1}{(s+2)(s+1)(s+0,5)} \quad \text{equação 1}$$

$$G(s)H(s) = \frac{K}{(s+2)(s+1)(s+0,5)} \quad \text{equação 2}$$

4) Considere a seguinte FTMA:

$$G(s)H(s) = \frac{s+0,1}{s(s+0,5)(s+1)}$$

Desenhe o Diagrama de Bode da malha aberta e determine o valor do ganho K para que a Margem de Fase seja de 50° . Qual é a Margem de Ganho desse sistema com esse valor de K ?

5) Use o critério de *Nyquist* para determinar a estabilidade de sistemas com realimentação unitária negativa com Função de Transferência em Malha Aberta dadas a seguir.

a) $G(s)H(s) = \frac{1}{(s+1)}$

b) $G(s)H(s) = \frac{1}{s(s+2)}$

c) $G(s)H(s) = \frac{30}{(s+2)(s+10)}$

d) $G(s)H(s) = \frac{100}{s(s+3)(s+6)}$

e) $G(s)H(s) = \frac{10}{(s+1)(s+2)(s+3)}$

6) Para o sistema abaixo, deseja-se $MF \geq 50^\circ$, $MG \geq 10$ dB e $K_p = 40 \text{ s}^{-1}$. Determine um compensador de avanço de fase para tanto.

$$G(s)H(s) = \frac{K}{(s+1)(s+2)}$$

7) Para o sistema abaixo, deseja-se $MF \geq 50^\circ$, $MG \geq 10$ dB e $K_p = 60 \text{ s}^{-1}$. Determine um compensador de avanço de fase para tanto.

$$G(s)H(s) = \frac{K}{(s+1)(s+2)(s+4)}$$

8) Dada a FT do ramo direto de um sistema com realimentação unitária negativa,

$$G(s)H(s) = \frac{K}{(s+6)(s+21)}$$

Projete um controlador em atraso de fase para fazer com que o sistema tenha um erro estacionário de posição de $e = 1/26$ e $MF = 60^\circ$.

9) Considerando o seguinte sistema dotado de realimentação unitária negativa

$$G(s)H(s) = \frac{120.000}{s(s+10)(s+60)}$$

a) Determine a constante de ganho de baixa frequência K_g e as Margens de Fase e de Ganho. Verifique a estabilidade do sistema.

b) Calcule um controlador por atraso de fase de modo a obter $MF = 40^\circ$.

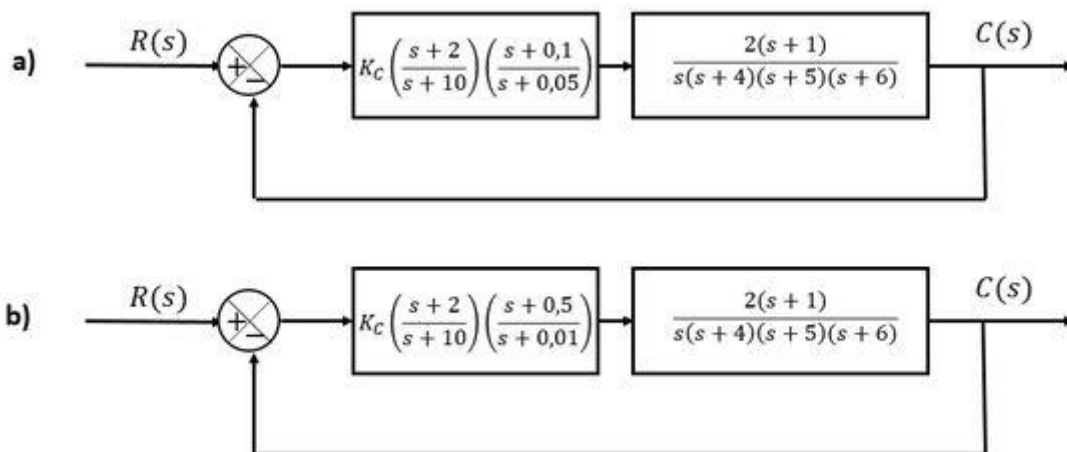
c) Determine a resposta em frequência (Diagrama de Bode) do sistema controlado, bem como as Margens de Fase e de Ganho resultantes.

d) Determine a FT do sistema em malha fechada e verifique as respostas a uma entrada Degrau Unitário sem e com o controlador.

10) Para o sistema do exercício 7), deseja-se $MF \geq 50^\circ$, $MG \geq 10$ dB e $K_p = 100$ s⁻¹. Determine um compensador de atraso-avanço de fase para tanto.

11) Dados os dois sistemas compensados abaixo. Responda qual dos dois controladores será mais efetivo em diminuir o erro em estado estacionário e qual dos dois irá afetar mais significativamente a resposta transitória.

Levando em consideração ambos os fatores, qual você acredita que seja o melhor controlador?



12) Com relação as técnicas de projeto de controladores para os diferentes sistemas, é CORRETO afirmar:

- a) o compensador avanço de fase é empregado quando deseja-se diminuir o sobressinal da resposta temporal.
- b) o compensador de avanço de fase atua na compensação nas altas frequências.
- c) o compensador atraso de fase é empregado quando deseja-se diminuir o erro de regime permanente.
- d) o LGR não pode ser utilizado como uma técnica de projeto de um compensador de avanço de fase.
- e) no compensador avanço de fase, o valor do zero da função de transferência do controlador é maior que o valor do polo.

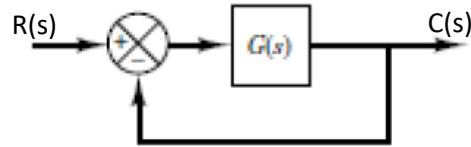
13) Considere o sistema em malha fechada com a seguinte FT em malha aberta.

$$G(s)H(s) = \frac{10K(s+0,5)}{s^2(s+2)(s+10)}$$

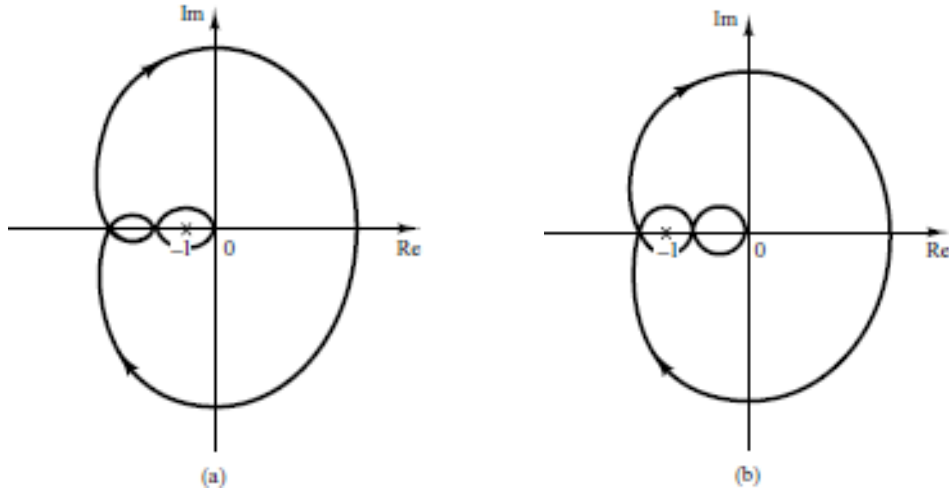
Trace o Gráfico Polar de $G(s)H(s)$ para $K = 1$ e $K = 10$.

Aplique o Critério de Estabilidade de *Nyquist* e determine a estabilidade deste sistema com os valores de $K = 1$ e $K = 10$.

14) Seja o sistema em malha fechada sendo que $G(s)$ não possui polo no semiplano direito do plano s .

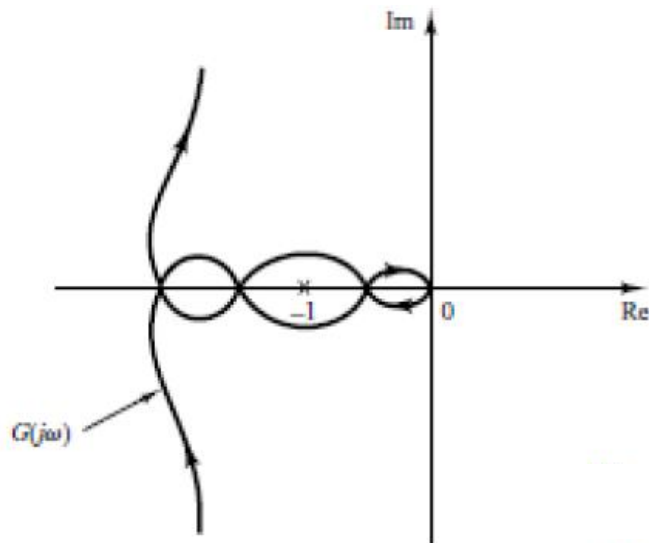


Sejam os gráficos de *Nyquist* de $G(s)$:



- a) Para o gráfico da letra a) o sistema é estável?
- b) Para o gráfico da letra b) o sistema é estável?

15) Seja o gráfico de *Nyquist* de um sistema com realimentação unitária negativa com FT de malha aberta $G(s)$.



- a) Se $G(s)$ não possui polos no semiplano direito do plano s o sistema é estável?
- b) Se $G(s)$ não possui polos no semiplano direito do plano s , mas possui um zero no semiplano direito do plano s o sistema é estável?

16) Considere o sistema de controle com realimentação unitária negativa com a seguinte FT de malha aberta $G(s)$:

$$G(s)H(s) = \frac{K(s + 2)}{s(s + 1)(s + 10)}$$

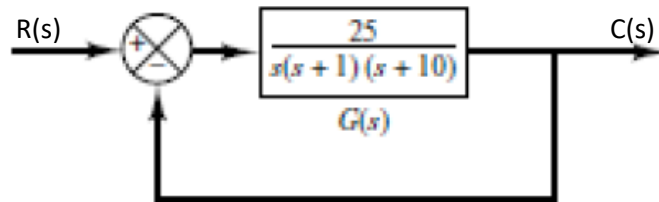
Trace o Diagrama de *Nyquist* de $G(s)$ para $K = 1$, $K = 10$ e $K = 100$.

17) Em um sistema de controle com realimentação unitária negativa a FT $G(s)$ de malha aberta é:

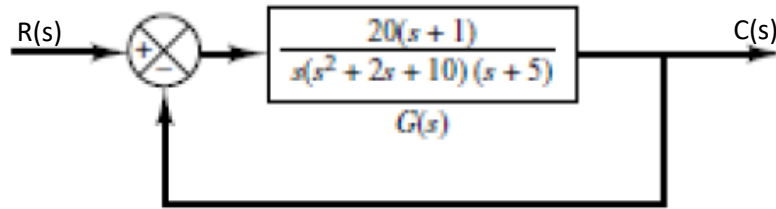
$$G(s) = \frac{as + 1}{s^2}$$

Determine o valor do coeficiente a tal que a Margem de Fase seja igual a 50° .

18) Determine a Margem de Fase e a Margem de Ganho dos sistemas de controle dados.



(a)



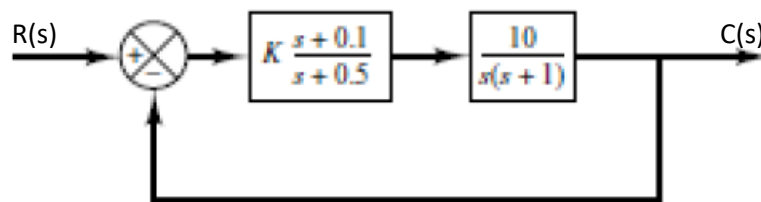
(b)

19) Sejam os sistemas de controle dados nas figuras a) e b) a seguir.



$$G(s) = \frac{K}{s(s^2 + s + 4)}$$

(a)

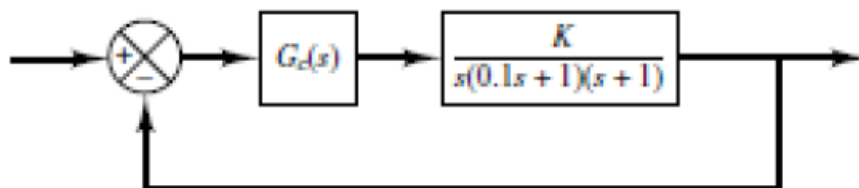


(b)

a) Determine os valores dos ganhos K para uma Margem de Fase igual a 50° para estes sistemas de controle.

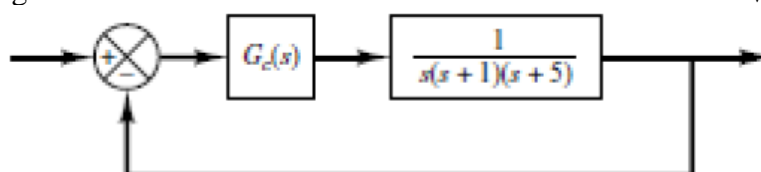
b) Qual é a Margem de Ganho para estes valores dos ganhos K?

20) Projetar um controlador em avanço de fase $G_c(s)$ tal que a Margem de Fase seja igual a 45° , a Margem de Ganho igual a 8 dB e a constante de erro de velocidade estático $K_v = 4 \text{ s}^{-1}$.



Plotar as curvas de respostas sem e com o controlador $G_c(s)$ para uma entrada Rampa Unitária.

21) Projetar um controlador em atraso e avanço de fase $G_c(s)$ tal que a Margem de Fase seja igual a 60° , a Margem de Ganho igual a 8 dB e a constante de erro de velocidade estático $K_v = 20 \text{ s}^{-1}$.



Plotar as curvas de respostas sem e com o controlador $G_c(s)$ para:

a) uma entrada Degrau Unitário

b) uma entrada Rampa Unitária.