Lista de Exercícios 05

Disciplina: EES-10/EES-22 – Controle Clássico I

Professora: Gabriela W. Gabriel

1. Um sistema a tempo contínuo de fase mínima apresenta o diagrama de Bode assintótico de módulo segundo a Figura 1, sendo que todos os seus polos e zeros são reais. Determine a função de transferência $G(s)$ do sistema e esboce seu Diagrama de Bode de fase. Se este sistema for excitado com uma função senoidal de frequência 4 [rad/s], calcule sua saída em regime permanente, utilizando as informações do Diagrama de Bode aproximado. Plote o diagrama real no MATLAB, utilizando a função $\mathrm{bode}(G)$.

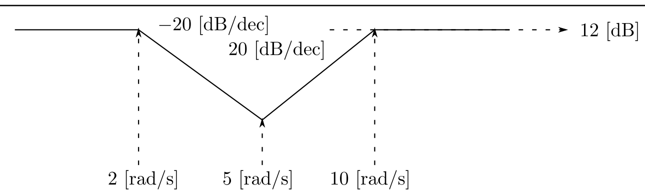

Figura 1 – Diagrama de Bode assintótico.

2. Para as funções de transferência abaixo, esboce seus respectivos diagramas de Bode de módulo e fase e calcule, para cada caso, sua faixa de passagem.
   a) $\mathrm{G(s)} = 13/(\mathrm{s}^2 + 4\mathrm{s} + 13)$
   b) $\mathrm{G(s)} = 130/[(\mathrm{s} + 10)(\mathrm{s}^2 + 4\mathrm{S} + 13)]$
   c) $\mathrm{G(s)} = 39/[(\mathrm{s} + 3)(\mathrm{s}^2 + 4\mathrm{s} + 13)]$
   d) $\mathrm{G(s)} = 340(\mathrm{s} + 1)/[(\mathrm{s} + 10)(\mathrm{s}^2 + 10\mathrm{s} + 34)]$
   e) $\mathrm{G(s)} = 50(\mathrm{s} + 4)/[(\mathrm{s}^2 + 4\mathrm{s} + 20)(\mathrm{s}^2 + 6\mathrm{s} + 10)]$
   f) $\mathrm{G(s)} = 50[(\mathrm{s} + 1)(\mathrm{s} + 5)]/[(\mathrm{s} + 2)(\mathrm{s}^2 + 8\mathrm{s} + 25)]$
   g) $\mathrm{G(s)} = \left(\frac{1632}{25}\right)(\mathrm{s}^2 + 8\mathrm{s} + 25)/[(\mathrm{s} + 3)(\mathrm{s} + 4)(\mathrm{s}^2 + 12\mathrm{s} + 136)]$
   h) $\mathrm{G(s)} = -\left(\frac{13}{4}\right)[(\mathrm{s} - 1)(\mathrm{s} + 4)]/[(\mathrm{s} + 1)(\mathrm{s}^2 + 6\mathrm{s} + 13)]$

3. A Figura 2 representa um diagrama de Bode de módulo assintótico de uma função de transferência estável de um sistema dinâmico de fase mínima, cujos polos complexos têm fator de amortecimento $\xi = 1/4$.

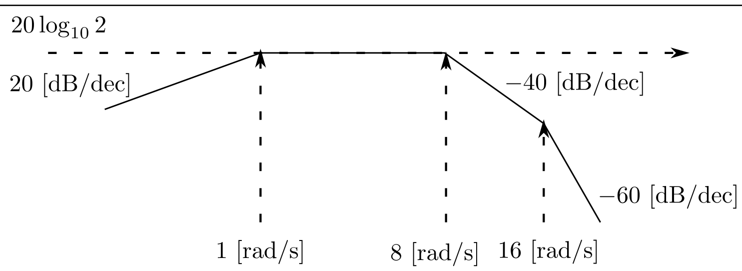

Figura 2 – Diagrama assintótico de módulo.

a) A partir do seu diagrama assintótico de módulo, determine a TF $G(s)$.
b) Escreva a expressão para a saída em regime permanente deste sistema para uma entrada rampa unitária.
c) Esboce o diagrama de Bode de fase de $G(s)$.
d) Calcule, aproximadamente, via diagrama assintótico de módulo, o módulo da saída do sistema para uma entrada do tipo $u(t) = \cos(12t)$.
e) Considerando o sistema com realimentação da Figura 3 e a TF determinada no item a), estude sua estabilidade utilizando o critério de Routh-Hurwitz.

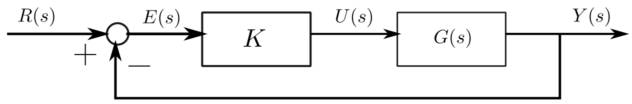

Figura 3 – Malha de controle.

4. Um servomecanismo tem função de transferência de malha aberta

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

Sabendo-se que o ganho κ é ajustado para que a margem de fase seja de 45^o, determine a margem de ganho.

5. Considere o sistema da Figura 3, onde

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

a) Determine o valor do controlador proporcional K para que a margem de ganho seja de 20 dB.
b) Determine a margem de fase para o valor de K calculado no item anterior

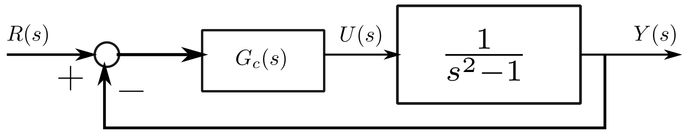

Figura 4 – Malha fechada com compensador.

6. Projete um compensador $G_c(s)$ de avanço de fase para o sistema da Figura 7, de forma que as seguintes condições sejam satisfeitas:
   a. erro estacionário de $-0{,}1$ para entrada de referência do tipo degrau unitário;
   b. margem de fase de 50^o.

7. Projete um compensador $G_c(s)$ de atraso de fase para o sistema da Figura 5, de forma que a resposta a entrada do tipo rampa unitária $u(t) = t$ apresente erro estacionário de 0,05 sem alterar o valor da margem de fase.

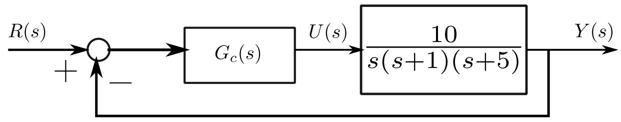

Figura 5 - Realimentação unitária negativa com compensador.

8. Projete um compensador $G_c(s)$ de avanço e atraso de fase para o sistema da Figura 5, de modo que as seguintes especificações sejam satisfeitas:
   a. erro estacionário de 0,05 para entrada de referência do tipo rampa unitária;
   b. margem de fase de 50^o.

9. Determine o conjunto de valores de K para os quais o sistema de malha fechada (realimentação unitária negativa), com TF de malha direta dada por

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

seja estável.

10. Considere o sistema da Figura 6. Sendo a entrada uma rampa do tipo $\mathrm{r(t)} = \mathrm{at}$, $\forall\ \mathrm{t} \geq 0$, com a uma constante arbitrária, mostre que ajustando adequadamente o valor de K_i o erro estacionário a entrada rampa pode ser feito nulo.

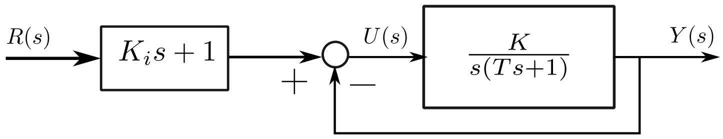

Figura 6 - Sistema de controle.

(Observação – exercício teórico, pois o controlador não é realizável)

11. Esboce os diagramas de Bode de módulo e fase para as TF apresentadas a seguir.
    a) $G(s) = (s-1)/[s(s+2)(s^2+9)]$
    b) $G(s) = [s(s+1)]/[(s-1)(s+2)(s-3)]$