Universidade Federal do Espírito Santo – UFES
Departamento de Engenharia Elétrica
Segunda Prova de Controle Automático II –27/05/2010

Aluno: Aldemar Rodrigues de Oliveira Junior

1 - (3 ptos) Seja a FTMA : $G(s)=\dfrac{K(s+1)}{(s-3)(s-1)}$

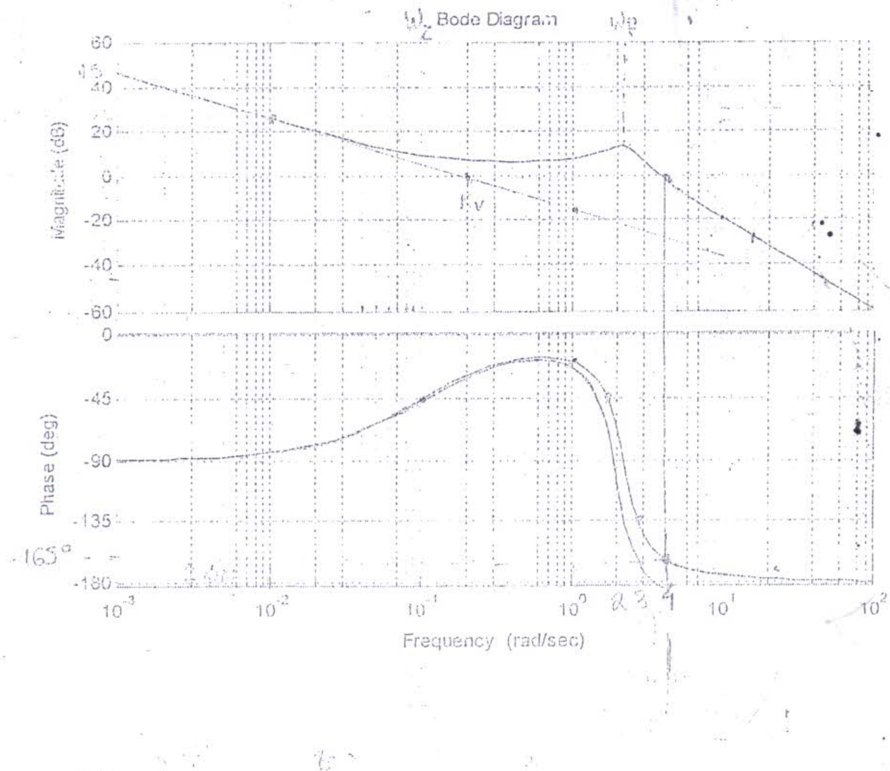
1.a – Sem usar o Gráfico de Bode, desenhe o gráfico polar de G(jw), o qual deve conter:

- Módulo de $G(j\omega)$ e a freqüência onde ocorre cruzamento com o eixo real
- módulo e ângulo da FTMA para $\omega \to 0$ e $\omega \to \infty$

1.b - Usando o critério de Nyquist simplificado, determine a faixa do ganho $K \in [0,\infty]$ para que o sistema seja estável.

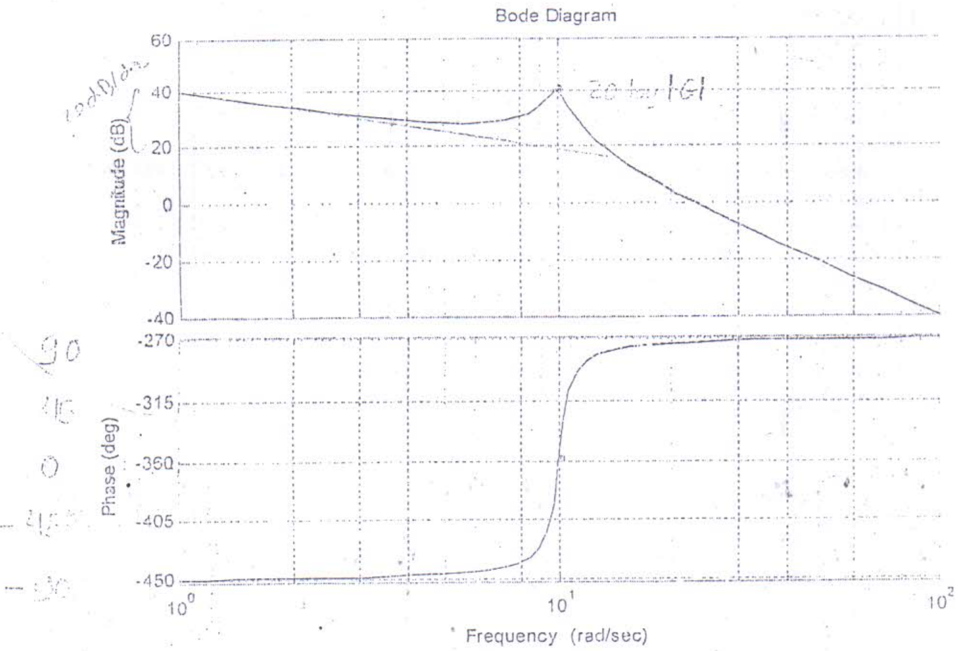
2 – (4 ptos) Considere o Diagrama de Bode mostrado abaixo:

2.a – Quantos pólos e zeros possui a FTMA? Determine as freqüência de corte dos respectivos pólos e zeros.
2.b – Determine as freqüências de cruzamento de ganho e de fase, e as margens de ganho e de fase deste sistema. Este sistema é estável?
2.c – Calcule os respectivos erros em regime às entradas degrau, rampa e parábola.
2.d– Faça um esboço do Gráfico de Bode resultante ao se aplicar um atraso d=0,05 seg na FTMA



3 – (3 ptos) Dado o gráfico de bode do sistema mostrado abaixo:

3.a - Faça um esboço do gráfico polar (sem obter a FTMA) que represente este sistema;
3.b – Analise a estabilidade usando o critério de Nyquist simplificado.
3.c - Caso o sistema não seja estável, é possível encontrar o ganho $K \in [0,\infty]$ que estabiliza este sistema? Caso o sistema seja estável qual é o ganho $K \in [0,\infty]$ que desestabiliza este sistema ? Justifique sua resposta.



1 - 3,0
2 - 4,0
3 - 3,0

$\boxed{10}$

Aldemar Rodrigues de Oliveira Junior

(1) $G(jw) = \dfrac{K(jw+1)}{(jw-3)(jw-1)} = \dfrac{K(jw+1)}{-w^2-4jw+3}$

$= \dfrac{K(jw+1)}{3-w^2-4jw}$

$= \dfrac{K(jw+1)(3-w^2+4jw)}{(3-w^2)^2+16w^2}$

$= \dfrac{K(3jw+3-jw^3-w^2-4w^2+4jw)}{9+10w^2+w^4}$

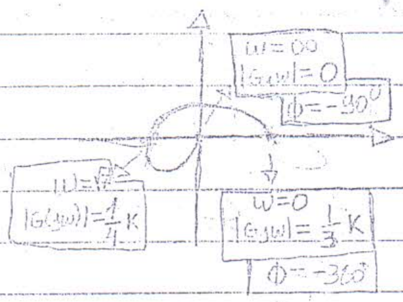
$= \dfrac{K(7jw+3-jw^3-5w^2)}{(w^2+9)(w^2+1)}$

$G(jw) = -\dfrac{K(5w^2-3)}{(w^2+9)(w^2+1)} - \dfrac{Kj(w^3-7w)}{(w^2+9)(w^2+1)}$

a)

$w = \sqrt{\tfrac{3}{5}}$, $Re = 0$

$w = \sqrt{7}$, $Im = 0$



$w \to 0 \quad G(0) = \tfrac{1}{3}K + 0j$

$w \to \infty \quad G(\infty j) = 0 + 0j$

← Gráfico polar para $K>0$.

b) $\phi_{\infty}^{o} = (zd - \tfrac{Pw}{2} - Pd) \cdot 180$

se $\tfrac{1}{4}K > 1$

$\phi_{\infty}^{o} = -360^{o} = (zd - 0 - 2) \cdot 180$

$-2 = zd - 2$

$zd = 0$ estável

se $\tfrac{1}{4}K < 1$

$\phi = 0 = (zd - 0 - 2) \cdot 180$

$zd = 2$ instável

$\boxed{K > 4}$

1,0

2- 1 pólo na origem ⇒ -20 dB por década em baixa freqüência.
0 pólos ou zeros a direita, Fase começa em -90°

Primeira freqüência de corte é um zero, depois dois pólos, por isso em alta freqüência Fase = -180°. Como ocorre um pico, esse pólos são complexos

1,0 a) 3 pólos, sendo um na origem e o outro um par complexo, e 1 zero.

$\omega_z \simeq 0,1$ rad/s ⇐ zero

$\omega_{p_1} \simeq 2$ rad/s ⇐ pólos

1,0 b) $\omega_G \simeq 4$ rad/s ⇒ $\omega_F \simeq \infty$ ⇒ * freqüências de cruzamento.

$|G(j\omega_G)| = 1$ 0 dB $\Phi_{\omega_F} = -180°$

Margem de fase: $\Phi_M = -165 + 180 = 15°$

Margem de ganho: $G_M = \infty$

É estável, pois as margens de ganho e fase são positivas, e como o sistema não possui pólos e zeros à direita, isso é suficiente para garantir a estabilidade.

1,0 c) Sistema Tipo 1 Da curva de amplitude:

erro degrau = 0 $K_v \simeq 0.2$

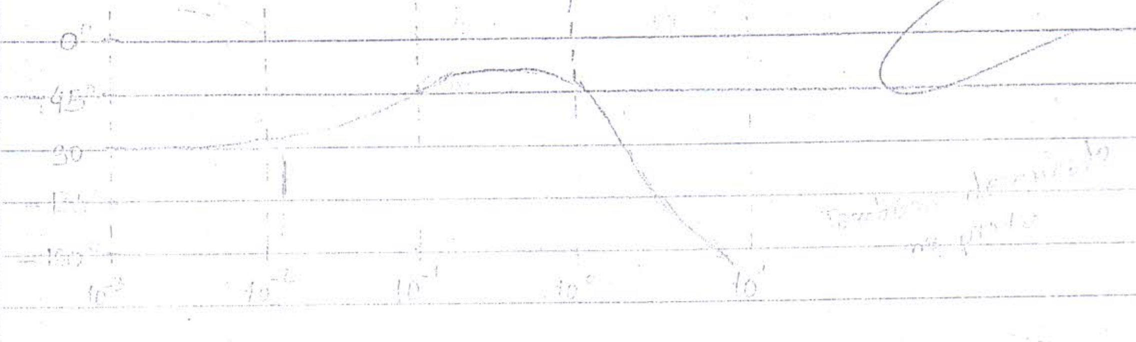
erro rampa $= \frac{1}{K_v} = 5$

erro parábola $= \infty$

d) O Gráfico de amplitude permanece o mesmo.

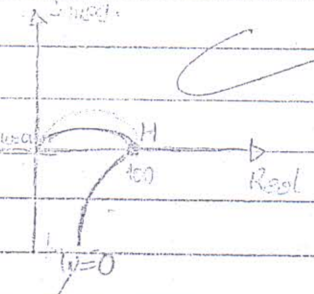
1,0 $\Phi = \omega \cdot 1 \cdot \frac{180}{\pi} = 2,86\,\omega$ [°]

Os valores do gráfico de fase devem ser decrescidos de 2,86 ω.



3,0

3) a)



$w=0 \quad |G(jw)| = \infty$

$\phi = -450°$

$w=\infty \quad |G(jw)| = 0$

$\phi = -270°$

b) $\phi^{0}_{\infty} = (z_d - \frac{P_W}{2} - P_d) \cdot 180$

$-90° = (zd - \frac{1}{2} - 2) \cdot 180$

$-\frac{1}{2} = zd - \frac{1}{2} - 2$

$\boxed{zd = 2}$ sistema instável.

$P_W = 1 \Rightarrow$ 20dB/década em BF_{eq}.

$P_d = 2 \Rightarrow$ Fase = −450 em BF

$\underset{P_d}{-180} - \underset{P_d}{180} - \underset{P_W}{90} = -450$

c) O ganho K iria alterar a posição do ponto H, mas ele continuaria do lado direito e como ϕ^{0}_{∞} é em relação ao ponto −1+0j, ele permaneceria com o mesmo valor.