Universidade Federal do Espírito Santo

Departamento de Engenharia Elétrica

Sistemas Realimentados – Prova 2 - 24/04/2018

8,3

Nome: LUCAS SOARES PESSINI

2,8 4 **1.** (Peso 3) Seja a FT $G(s) = \frac{10(s+1)}{s^2(s+100)}$. Desenhe os gráficos de Nyquist (peso 1) e de Bode (peso 2). Use a Figura 1 para desenhar o gráfico de Bode. → Está desenhado na ~~parte~~ folha

2. (Peso 3) Para os gráficos de Nyquist mostrados na Figura 2, use o critério simplificado de Nyquist para verificar se são estáveis em malha fechada. Nos casos de instabilidade, informar o número de polos no SPD.

1,5 4 **3.** (Peso 3) Sejam o gráfico de Bode e a carta de Nichols de $G_3(s)$ mostrados na Figura 3. Marque sobre o gráfico de Bode as frequências de cruzamento de ganho e de fase, a largura de faixa (BW) e as margens de ganho e de fase. Marque sobre a carta de Nichols a margem de ganho e de fase e o módulo máximo da FT em malha fechada (Mr). Informar os valores numéricos de todas estas medidas. $\frac{3}{6}$ valores $\frac{4}{8}$ mostrar

4. (Peso 1) Seja o gráfico de Bode de $G_4(s)$ mostrado na Figura 3. Obtenha o máximo atraso de tempo que não instabiliza o sistema.

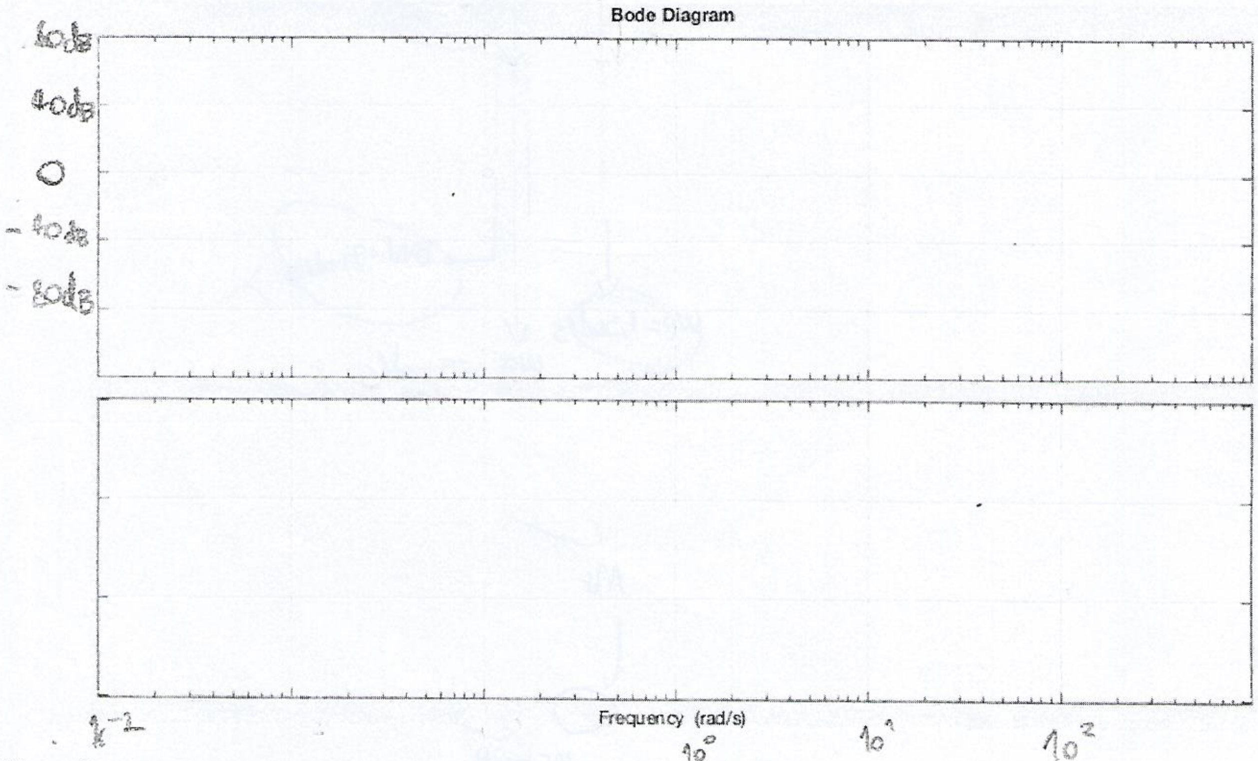


Figura 1

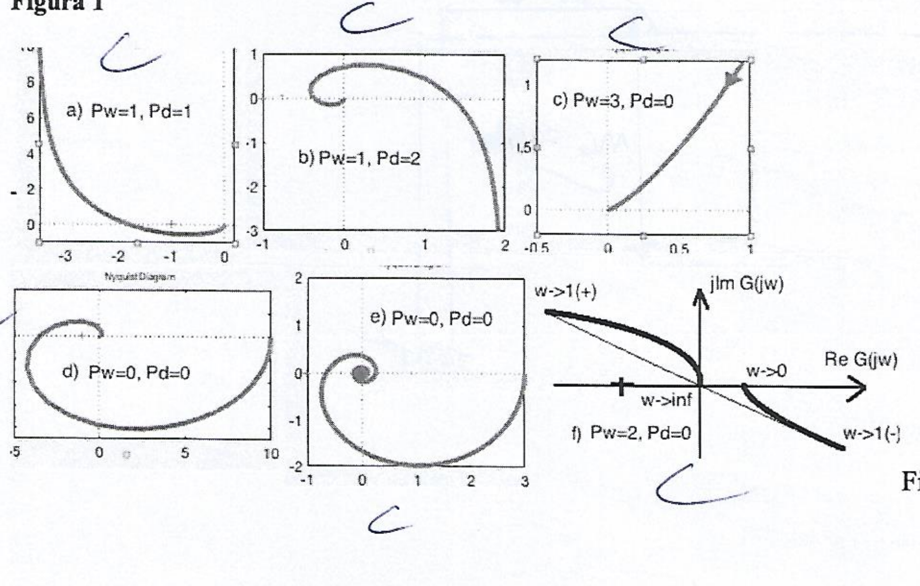


Figura 2

Universidade Federal do Espírito Santo

Departamento de Engenharia Elétrica

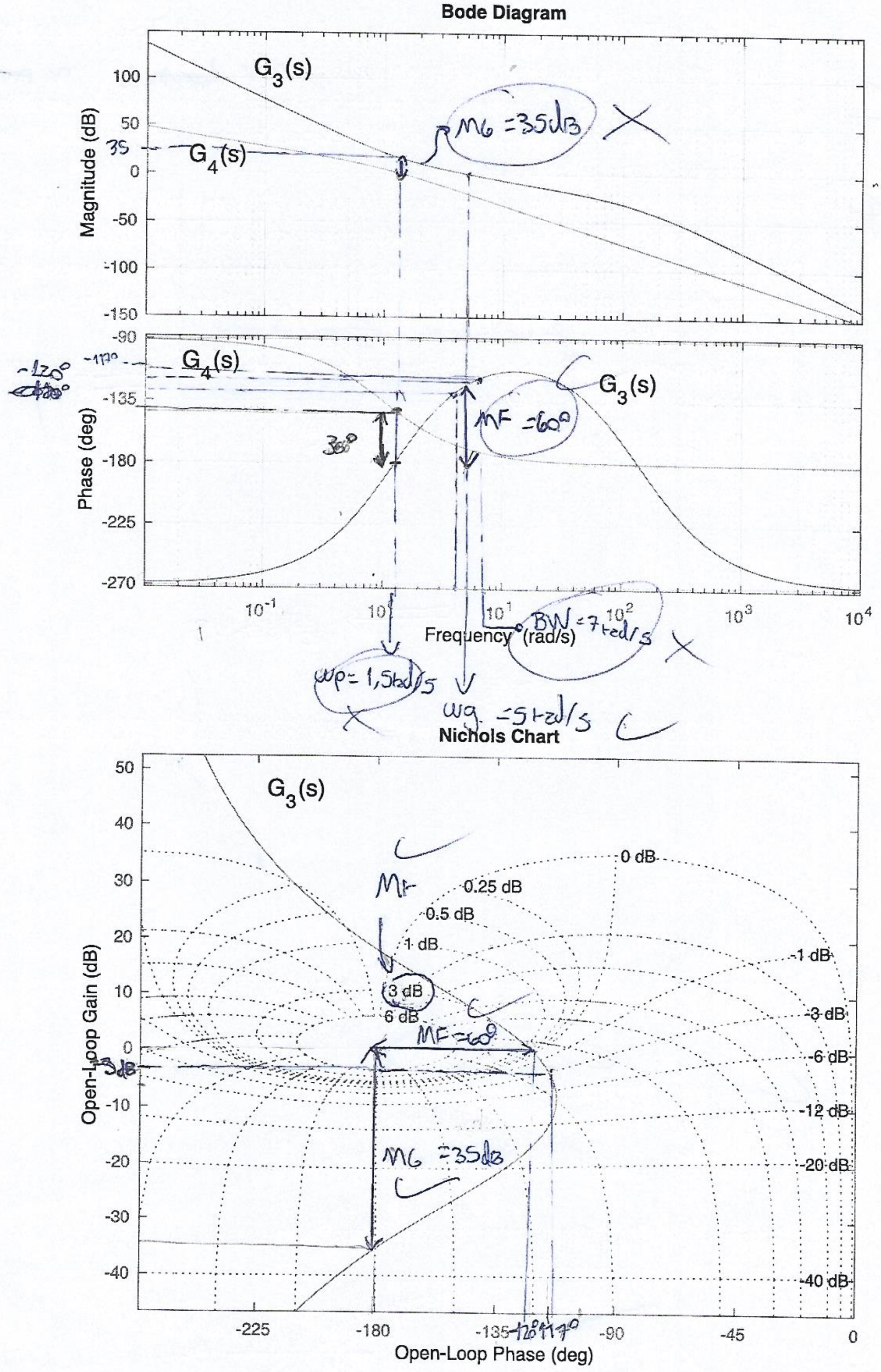


Figura 3.

ϕ_{∞} · $2d$ $-\frac{P\omega}{2}$ $-Pd$

NOME: LUCAS SOARES PESSINI

DATA: 24/04/2018

1) Para o gráfico de Nyquist, temos que:

$$|G(j\omega)| = \frac{10\sqrt{\omega^2+1^2}}{\omega^2\sqrt{\omega^2+100^2}}$$

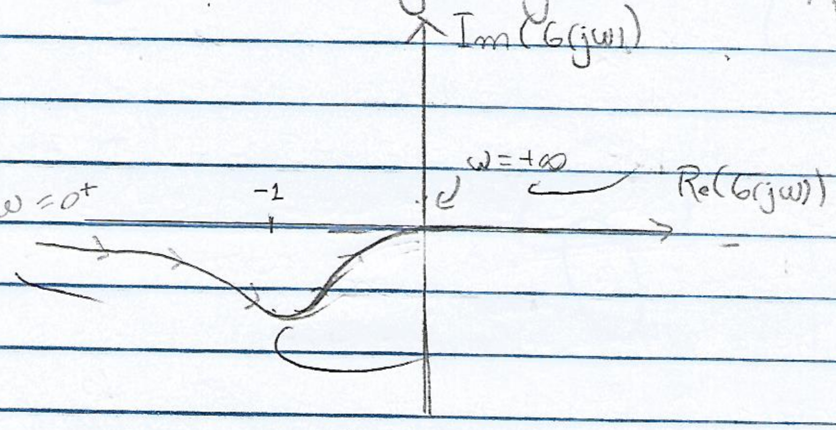
$$\angle G(j\omega) = 0^\circ + tg^{-1}\,\omega - 2\angle j\omega - tg^{-1}\frac{\omega}{100} =$$
$$= -180^\circ + tg^{-1}\omega - tg^{-1}\frac{\omega}{100}$$

Assim temos que:

$\omega \to 0^+ \to |G(j\omega)| \to \infty \to \angle G(j\omega) = -180^\circ$

$\omega \to +\infty \to |G(j\omega)| \to 0 \to \angle G(j\omega) = -180^\circ$

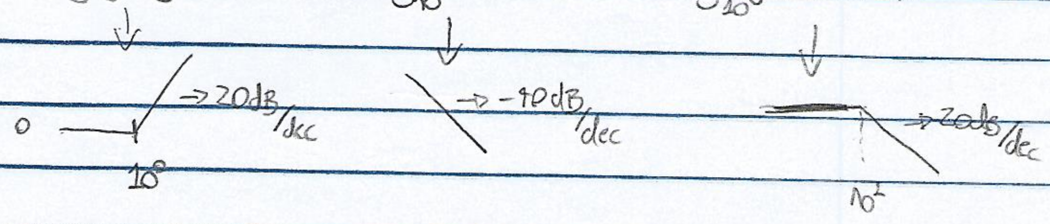
Assim temos o seguinte gráfico de Nyquist:



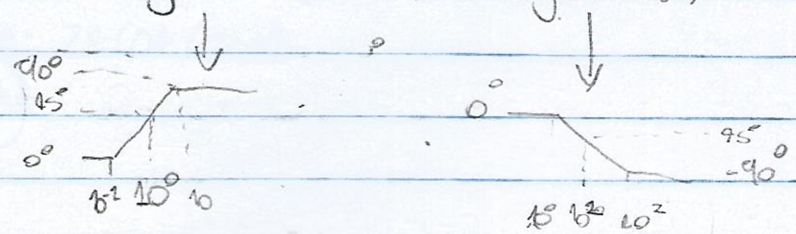
Para o gráfico de Bode, temos o seguinte

$$G(s) = \frac{10(s+1)}{s^2(s+10)} = \frac{\cancel{10}(s+1)}{\cancel{10}s^2(\frac{s}{10}+1)} = \frac{s+1}{s^2(s/10+1)}$$

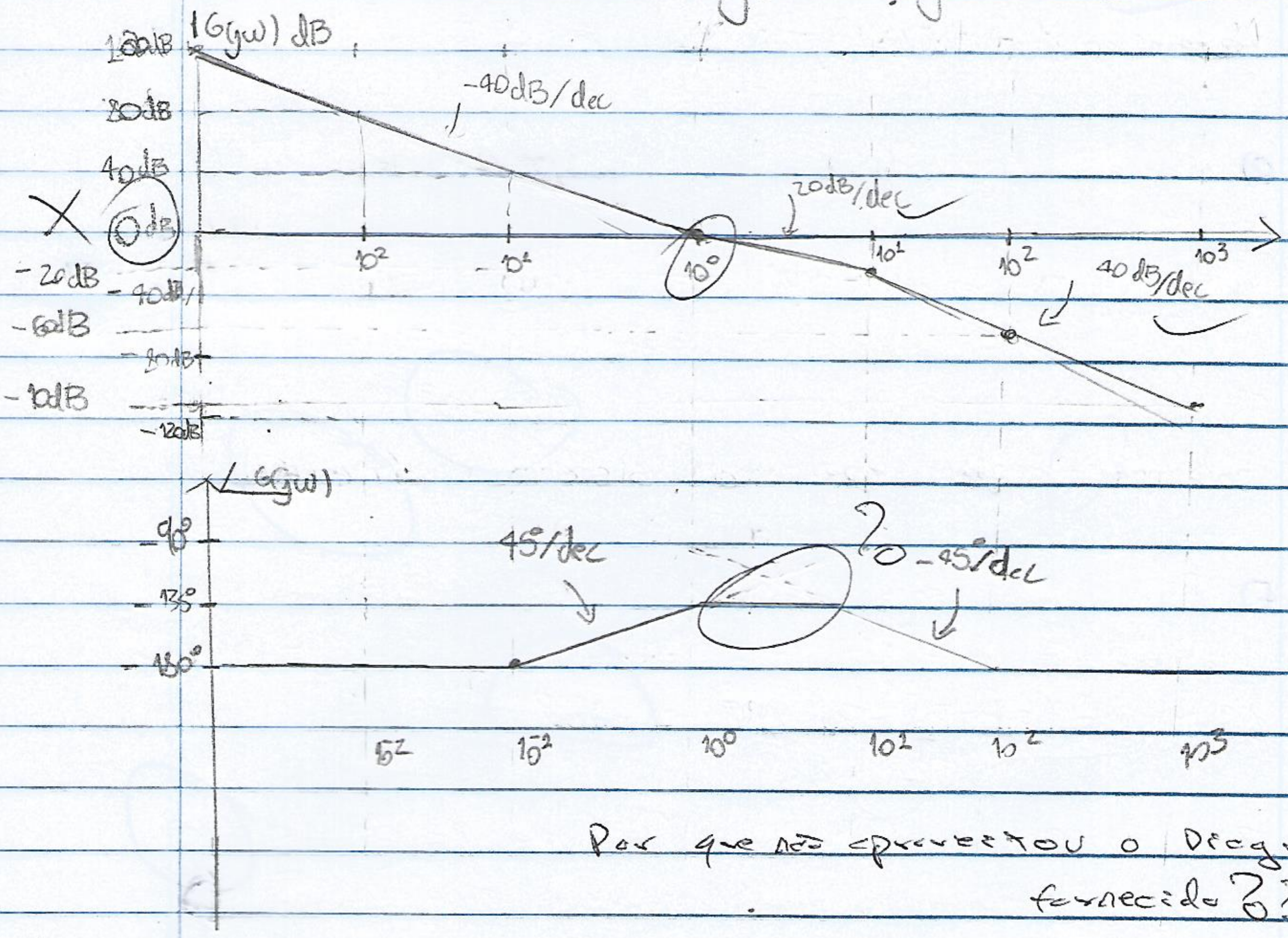
$$|G(j\omega)|_{dB} = 20\log_{10}|\omega j+1| - 40\log_{10}|\omega| - 20\log_{10}|j\omega/10+1|$$



$$\angle G(j\omega) = tg^{-1}(\omega) - 180^\circ - tg^{-1}\left(\frac{\omega}{10}\right)$$



Assim temos o seguinte gráfico de Bode



Por que não aproveitou o Diagrama fornecido???

2)

NOME: LUCAS SOARES PESSINI

DATA: 24/04/2018

2) a) O ângulo de estabilidade para este caso é:

$$\phi_{\infty-\text{estável}} = \left(Zd - \frac{P\omega}{2} - Pd\right).180 = \left(0 - \frac{1}{2} - 1\right) 180 = -270^o$$

No gráfico de Nyquist vemos que o sistema é estável porque $\phi^o_\infty = -270^o = \phi^o_{\infty-\text{estável}}$

b) Para que seja estável, o ângulo ϕ^o_∞ tem que ser:

$$\phi^o_{\infty-\text{estável}} = \left(Zd - \frac{P\omega}{2} - Pd\right) 180 = \left(0 - \frac{1}{2} - 2\right).180 = -360^o - 90^o = -450^o$$

Porém no gráfico vemos que $\phi^o_\infty = -90^o$, ou seja, é instável. O números de pólos no semi-plano direito é:

$$\left(Zd - \frac{1}{2} - 2\right).180^o = -90^o = Zd - \frac{5}{2} = -\frac{1}{2} \Rightarrow Zd = \frac{5}{2} - \frac{1}{2} = 2$$

Assim temos 2 polos no SPD.

c) Para que seja estável, o ângulo ϕ^o_∞ tem que ser:

$$\phi^o_{\infty-\text{estável}} = \left(Zd - \frac{P\omega}{2} - Pd\right).180 = \left(0 - \frac{3}{2} - 0\right) 180 = -270^o$$

Porém no gráfico vemos que $\phi^o_\infty = 90^o$. Assim:

$$\left(Zd - \frac{3}{2} - 0\right).180 = 90^o \rightarrow Zd - \frac{3}{2} = \frac{1}{2} \rightarrow Zd = \frac{4}{2} = 2$$

Assim sabemos que o sistema tem 2 pólos no SPD, tornando-o instável.

CONTINUAÇÃO ②

2) d) Para que seja estável, o ângulo ϕ^{o}_{∞} tem que ser:

$$\phi^{o}_{\infty - estável} = \left(Zd - \frac{P_{\omega}}{2} - Pd\right) \cdot 180^{o} = \left(0 - \frac{0}{2} - 0\right) = 0^{o}$$

Mas vemos pelo gráfico que $\phi^{o}_{\infty} = 360^{o}$, assim:

$$\left(Zd - \frac{P_{\omega}}{2} - Pd\right) \cdot 180^{o} = 360^{o} \Rightarrow Zd = 2$$

Neste caso instável, temos 2 pólos no SPD.

e) Para que seja estável, o ângulo ϕ^{o}_{∞} tem que ser:

$$\phi^{o}_{\infty - estável} = \left(Zd - \frac{P_{\omega}}{2} - Pd\right) \cdot 180^{o} = \left(0 - \frac{0}{2} - 0\right) = 0^{o}$$

Pelo gráfico vemos que $\phi^{o}_{\infty} = 0^{o}$, o que podemos dizer que o sistema é estável

F) Para que seja estável, o ângulo ϕ^{o}_{∞} tem que ser

$$\phi^{o}_{\infty - estável} = \left(Zd - \frac{P_{\omega}}{2} - Pd\right) \cdot 180^{o} = -180^{o}$$

Pelo gráfico podemos ver que $\phi = 135^{o} + 45^{o} = 180^{o}$, ou seja, é um sistema instável. O número de pólos no semi-plano direito é dado por:

$$Zd - \frac{2}{2} = 1 \Rightarrow Zd = 2$$

Assim tinhamos 2 pólos no SPD.

NOME: LUCAS SOARES PESSINI

3) Temos pelo gráfico que:

C $MF = 60^\circ$ → Margem de Fase

X $MG = 35 dB$ → Margem de Ganho

X $BW = 7 rad/s$ → Largura de Faixa

C $|Mr|dB = 3 dB$ → Módulo máximo de Malha Fechada

C $\omega_g = 5 rad/s$ → Frequência de Cruzamento de Fase

X $\omega_p = 1,5 rad/s$ → Frequência de Cruzamento de Ganho

↳ Valores marcados no gráfico.

4) Pelo gráfico vemos que $MF = +36^\circ$. Assim a de fasagem é:

$$t_m \cdot \frac{360^\circ}{2\pi} \cdot \omega_g < 36^\circ$$

tendo $\omega_g = 1,5 rad/s$, podemos escrever que:

$$t_m \cdot \frac{360^\circ}{2\pi} \cdot 1,5 < 36^\circ$$

$$t_m < \frac{36^\circ \cdot 2\pi}{360^\circ \cdot 1,5}$$

$$t_m < 0,418879 s$$

Assim o tempo morto