



ENE/FT/UnB

Departamento de Engenharia Elétrica
Faculdade de Tecnologia
Universidade de Brasília
Prof. Adolfo Bauchspiess

Prova individual, sem consulta.
Só é permitido o uso de *calculadora científica básica*.
(Números complexos & funções trigonométricas)
BT-25/15, 15/12/2023, 7⁰⁰-10⁰⁰

$Z = N + P$ $N_{\text{inv}}: Z = P - N$

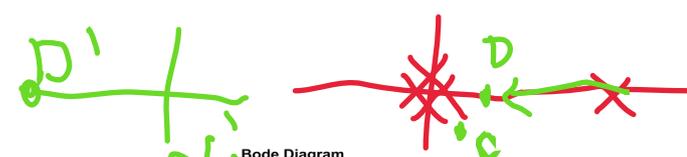
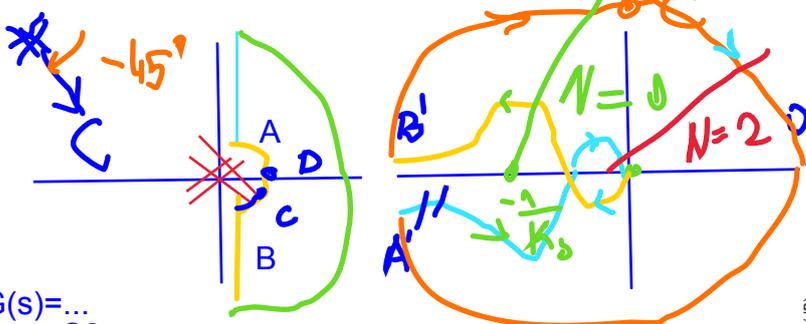
Exercícios preparação 3ª Prova – ENE0077 CONTROLE DE SISTEMAS DINÂMICOS – 2023.2

Exercício 1 $G(j\omega)$ Não tem polos no semi-plano direito. $(G_1(s) = \text{zpk}([-0.1], [0, 0, -1 - 10], 50))$

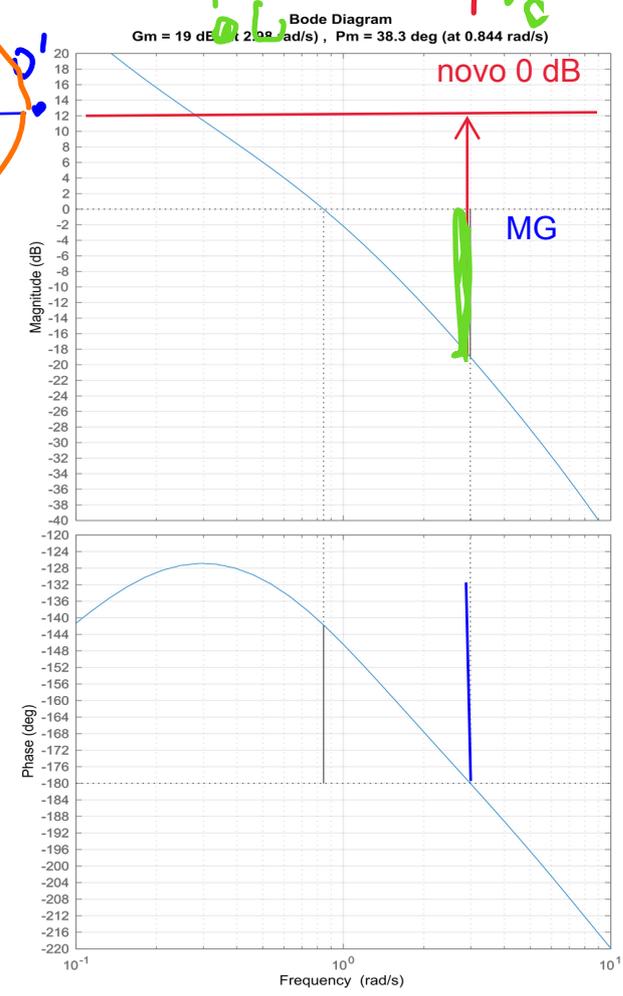
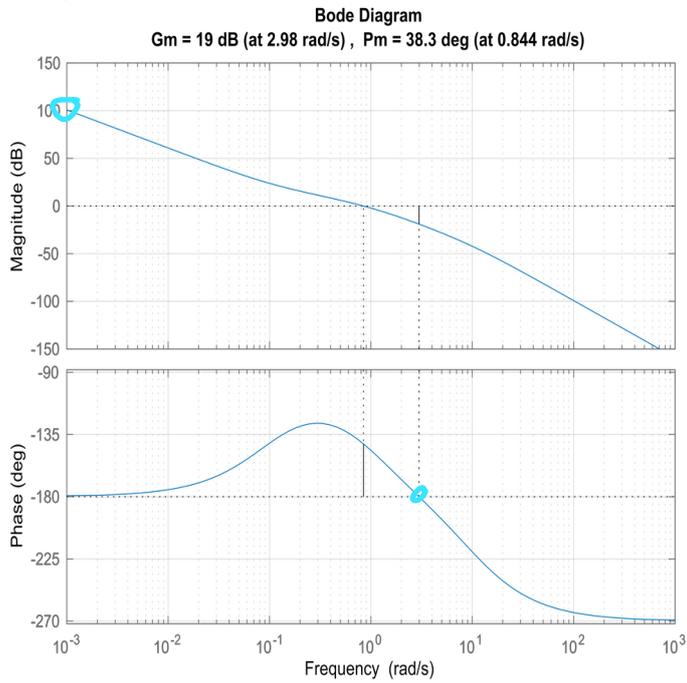
- a) Estabilidade em Malha Fechada com realimentação unitária: $-\infty \leq K \leq \infty$?
- b) Controle proporcional. K_m , tal que se tenha a maior Margem de Fase possível?
- c) Margem de Ganho correspondente?
- d) Erro a uma referência parábola unitária, $1/s^2$, correspondente?

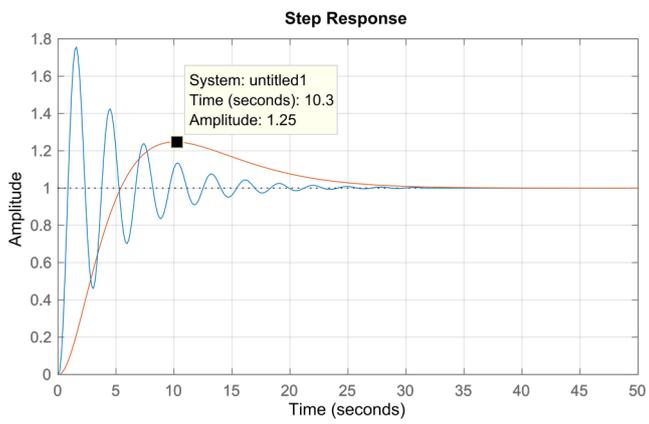
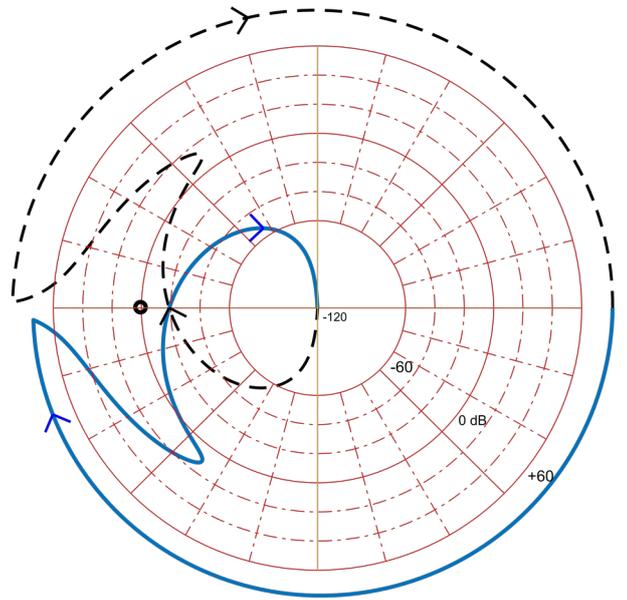
$D=0$

step(feedback(g,1),feedback(g/16.9824,1))
MF = 53° em 0.297 rad/s – ganho 24.6 dB = 16.9824



$G(s) = \dots / s^2$



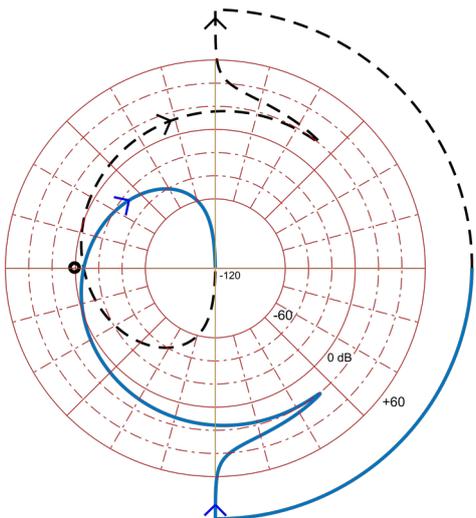
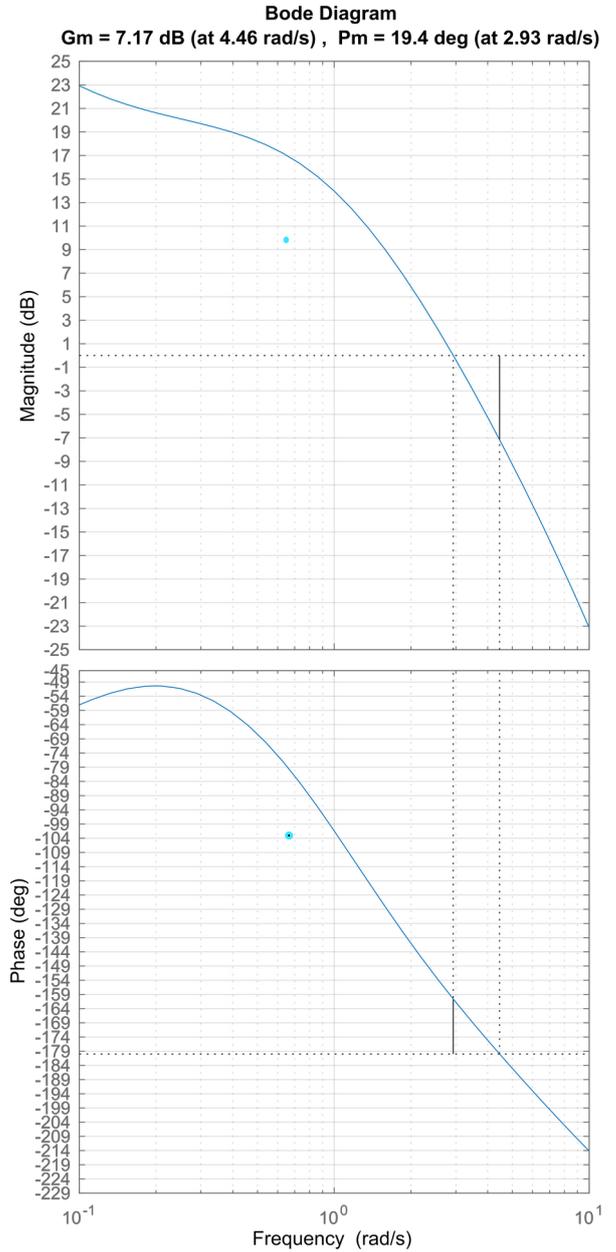
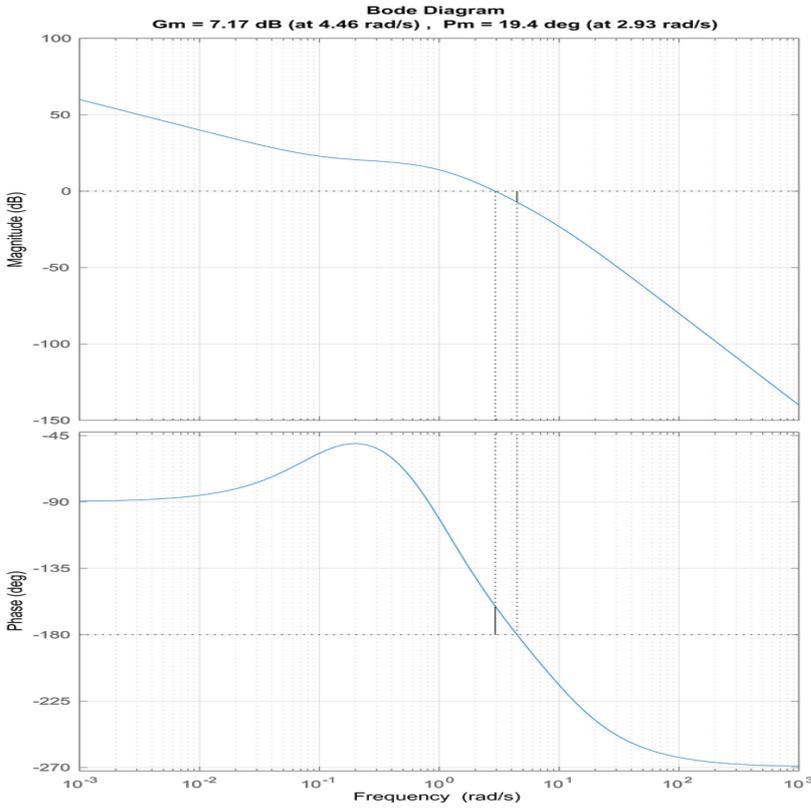


Exercício 2: Bode sem polos no SPD. Controlador por **atraso de fase**, realimentação unitária.

- Erro a uma rampa unitário, em regime permanente, $|e_{ss}| \leq 0,01$;
- Sobrepasso percentual da resposta ao degrau, $M_p \leq 20\%$;

- a) Estabilidade – $-\infty \leq K \leq \infty$?
- b) K_{at} , para atender a especificação de erro.
- c) Para obter a Margem de Fase especificada, acrescente um compensador em atraso.
- d) Qual Margem de Ganho obtida com o projeto, $D_{at}(s) = K_{at}(s+z)/(s+p)$?

```
g1=zpk([-0.1],[0 -1 -1 -10],100),figure(1),margin(g1),figure(2),nyqlog(g1),grid
```



Exercício 3: $G(j\omega)$ 2ª questão, banda passante pode ser aumentada. Controlador por **avanço de fase**, $D(s)$,

- a) Ganho, K_{av} , para atender a especificação de erro (baixas frequências).
- b) Calcule o avanço de fase necessário ϕ_{av} , considerando uma tolerância de 20° .
- c) Obtenha ω_m , a frequência central de $D(s)$, tal que $\left|D(j\omega_m)\right|_{dB} = -\left|KG(j\omega_m)\right|_{dB}$.
- d) Complete o projeto, calculando K , z e p . $D(s) = \frac{K(s+z)}{s+p}$.
- e) Qual a Margem de Fase efetivamente obtida?
- f) Qual a Margem de Ganho obtida (procedimento iterativo de busca do novo ponto de -180°)?

FORMULÁRIO

$MF \cong 100 \zeta \quad Z = N + P \quad (N: \text{Envolvimentos Horários})$

$$D(s) = K \frac{Ts+1}{\alpha Ts+1} = K' \frac{s+z}{s+p}$$

fator de avanço: $\frac{1}{\alpha} = \frac{p}{z} = \frac{1 + \text{sen } \phi_m}{1 - \text{sen } \phi_m} \quad \max \angle D(j\omega) = \angle D(j\omega_m) = \phi_m$

$\omega_m = \sqrt{pz} = \frac{1}{\sqrt{\alpha} T}; |D(j\omega_m)| = \sqrt{p/z}$

