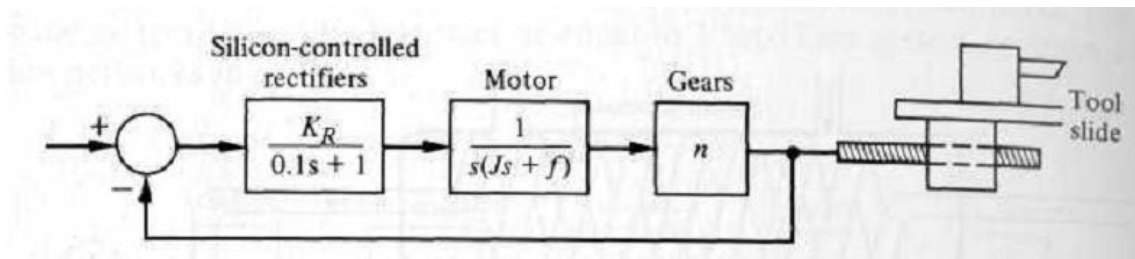


Nome_ GABARITO __ NUSP _____

1) (3,5) Considere um sistema cuja dinâmica em malha aberta é dada por $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{40}{60s^2 + 20s}$.

Pelo método do lugar das raízes, projete um compensador de avanço para que o sistema em malha fechada apresente fator de amortecimento de 0,7 e tempo de estabilização 2% de 2seg. Ao final, verifique o erro em regime para entrada rampa unitária.

2) (3,5) Uma máquina de comando numérico demanda uma precisão para acompanhamento de referência em rampa de 3% e uma margem de fase de 35° . A taxa de redução da caixa de engrenagens é $n=0,1$, o momento de inércia das partes girantes é $J=10^{-3}$ e o atrito é $f=10^{-2}$. O ganho dos retificadores é $K_R=5$. Projete um controlador por atraso de fase a ser colocado em série ao retificador para atender aos requisitos. O formato do controlador é $G_c(s) = K_c \frac{Ts+1}{\beta Ts+1}$.



gabando 22)

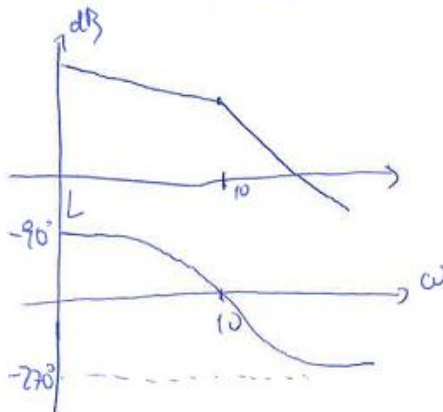
$$G(s) = \frac{5}{0,1s+1} \cdot \frac{1}{s(10^{-3}s+10^{-2})} \cdot 0,1 = \frac{5000}{s(s+10)^2}$$

erro relativa: $K_v > \frac{1}{0,03} = 33$

$$\Rightarrow \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot G(s) = 50 \cdot K_c = 33 \Rightarrow \underline{K_c = 0,66}$$

Bode Sist. não compensado $G \times K_c$

na fase = -140° e ganho de 6,6 K_c
deixa ser 1
 $-180^\circ + 35^\circ + 5^\circ$
fase



ganho atual de $G \times 0,66$ p/w = ω_c

$$\left| \frac{5000}{4,66j(4,66j+10)^2} \times 0,66 \right| = 5,8$$

$$\Rightarrow -90^\circ - 2 \times \arctan\left(\frac{\omega_c}{10}\right) = -140^\circ$$

$$- \arctan\left(\frac{\omega_c}{10}\right) = 25^\circ \Rightarrow \omega_c = 4,66 \text{ rad/s}$$

$$\beta = 5,8$$

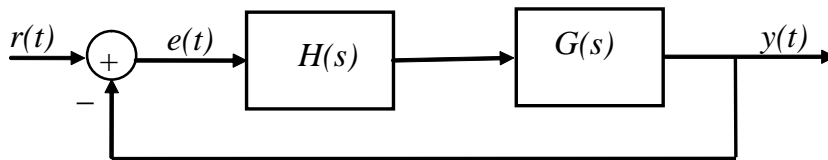
$$T \Rightarrow \frac{1}{T} = \frac{1}{10} \times 4,66 \Rightarrow T = 2,1$$

$$G_c = \frac{2,1s+1}{2,1 \times 5,8s+1}$$

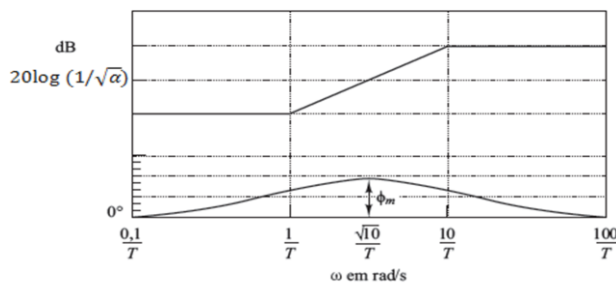
$$K_c = 0,66$$

3) (3.0) Um sistema de controle de malha fechada como indicado abaixo é dado por:

$$H(s) = K \frac{1+Ts}{1+\alpha Ts} \text{ e } G(s) = \frac{1}{s(s+1)}$$



Projete $H(s)$ tal que o erro estático do sistema seja $50s^{-1}$, a margem de fase seja 50° e a margem de ganho seja no mínimo 8dB. Formulário: Bode de G_c :



$$\sin \phi_m = \frac{\frac{1-\alpha}{2}}{\frac{1+\alpha}{2}} = \frac{1-\alpha}{1+\alpha}$$

1) (K)

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} K \cdot \frac{1+Ts}{1+\alpha Ts} \cdot \frac{1}{s(s+1)} = 50 \Rightarrow \boxed{K=50}$$

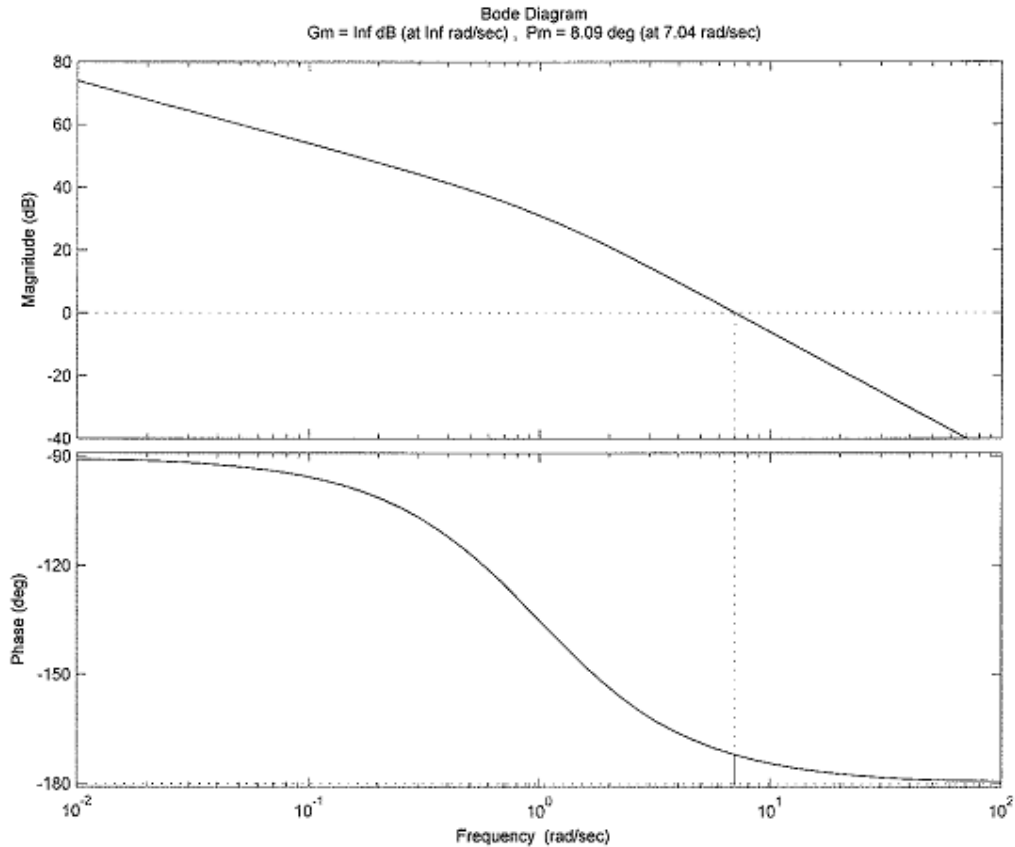
2) Sistema não compensado

$$\frac{50 \cdot (1+Ts)}{s(s+1)}$$

MF: 80°

$\omega_c = 7 \text{ rad/s}$

Bode de $\frac{50}{s(s+1)}$ (SIST. NÃO COMPENSADO)



- $\phi_m = 42.5 = 47^\circ \Rightarrow \sin 47^\circ = \frac{1-k}{1+k} \Rightarrow \alpha = 0.155$

- no ponto de avanço mantém o momento de ganho está

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{0.155} = 2.53 = 8.09 \text{ dB}$$

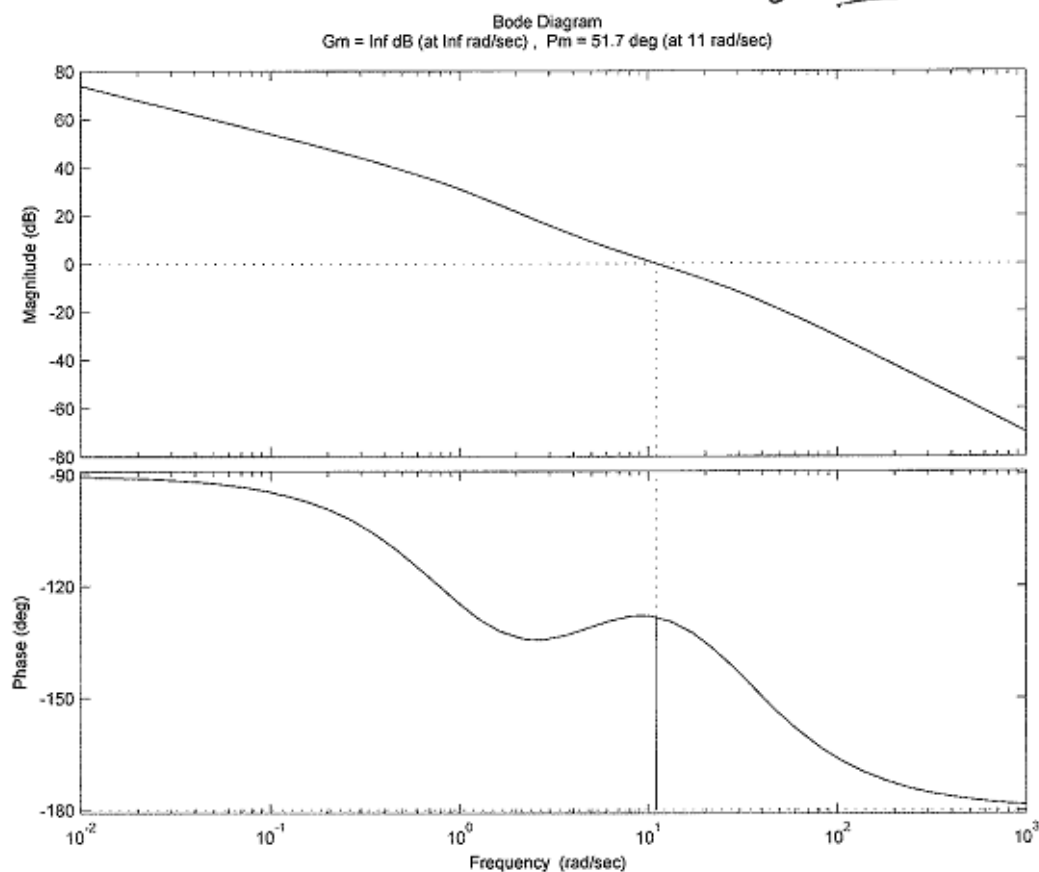
logo, a nova cc será o ponto que possui ganho -8.09 dB

$$\hookrightarrow \left| \frac{50}{i\omega(i\omega+1)} \right| = \frac{1}{2.53} \Rightarrow \omega = 11.22 \text{ rad/s}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{K \cdot T} = 11,22 \Rightarrow \frac{1}{T} = 4,42, T = 0,225$$

$$G_c = 50 \cdot \frac{0,225s+1}{0,035s+1}$$

Bode Syst.
COMPENSADO



Note que $M_G = \infty$
 $M_F \approx 52^\circ$