

< não retirar o grampo

RA: \_\_\_\_\_



**PUC**  
CAMPINAS  
UNIVERSIDADE CATÓLICA

### Sistemas de Controle e Servomecanismos

Prof. Salles  
4º noturno

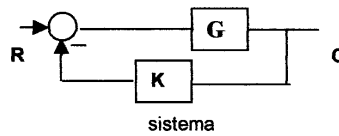
Nome \_\_\_\_\_ RA \_\_\_\_\_ 06/06/2004

Leia a prova inteira. Sem consulta. Duração: 1h30min. Boa sorte!  
Permitido o uso de calculadora. Dar as respostas com duas casas depois da vírgula.

**Escrever com caneta a resposta final.**

1. Entrada Senoidal. Para o sistema abaixo, pede-se/ pergunta-se: (4,5 pontos)
- o sistema é estável para  $K=15$  ? (justifique sua resposta)
  - para  $K=2$ , determine a resposta  $c(t)$  em regime permanente para uma entrada  $r(t) = 100 \sin(10t + 20^\circ)$

$$G(s) = 1/(s*(s+1)*(s+3))$$



$$\begin{array}{r} s+1 \\ s+3 \\ \hline s^2+3s+3 \\ s^2+4s+3 \end{array}$$

$$a) \frac{1}{(s)} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{(s)} \cdot K} = \frac{1}{s^3 + 4s^2 + 3s + K}$$

1	3
4	K

$$b_1 = \frac{|1 \ 3|}{3}$$

$$12 > K$$

$K=15$   
instável

$$b) \frac{1}{-j\omega^3 - 4\omega^2 + 3j\omega + 2} \Big|_{\omega=10} = \frac{1}{-1000j - 400 + j30 + 2} = \frac{1}{-970j - 398}$$

$$1048,5 \angle -112,3^\circ$$

$$c(t) = 0,095 \sin(10t + 132,3^\circ)$$

respostas

a)	b)
----	----

Routh polinômio com coeficientes: " a0 a1 a2 a3 a4 a5 a6 .... "  
 $b1 = -(a0a3 - a1a2)/a1$   $b2 = -(a0a5 - a1a4)/a1$  .....  $c1 = -(a1b2 - b1a3)/b1$  .....

Malha aberta  $\rightarrow G$  Malha fechada com realimentação  $H \rightarrow " G/(1 + GH) "$

Bode: Modulo em dB =  $20 \log [módulo de G(j\omega)]$

2. Entrada Senoidal. Para o sistema  $G(s)$  abaixo, (5,5 pontos)
- determine o valor de  $K$  e de  $\omega$  para que o sistema seja criticamente estável (NYQUIST) (módulo = 1 para  $-180^\circ$ ) em malha fechada com realimentação unitária
  - Para  $K=3$ , para o sistema em malha aberta, determine os pontos (complete a tabela) para o traçado do diagrama de bode

$G(s) = K/(s+1)(3s+2)(s+5)$

Complete a tabela: Para o diagrama de Bode

$\omega$ (rad/s)	10	100
Módulo de $G(j\omega)$ em dB	-61,03	-120,01
fase	-233,9°	-266,18°

obs.:  $s = j\omega$

$$\frac{s+1}{3s+2} \cdot \frac{1}{3s^2+5s+2}$$

$$\frac{15s^2+25s+10}{3s^3+20s^2+27s+10}$$

$G = \frac{K}{(s+1)(3s+2)(s+5)}$

$G = -1$

$\frac{K}{(s+1)(3s+2)(s+5)} = -1$

malha

$G = \frac{K}{j\omega(25-3\omega^2)+10(2-\omega^2)}$

módulo  $|G(j\omega)| = \frac{K}{\sqrt{\omega^2(25-3\omega^2)^2+10^2(2-\omega^2)^2}}$

$\frac{K}{10(2-\omega^2)} = 1$

fase  $\phi = 0$  - arctang  $\frac{\omega(25-3\omega^2)}{10(2-\omega^2)}$

$25-3\omega^2 = 0$

$\omega^2 = \frac{25}{3}$

$\omega = 3$

Routh

$\frac{G}{1+G} \rightarrow \frac{K}{3s^3+20s^2+27s+10+K}$

$b_1 = -\frac{3 \cdot 27}{20(10+K)} = \frac{-3(10+K)+20 \cdot 27}{20}$

$\frac{20 \cdot 27 - 10}{3} > K$

$170 > K$

resposta

a)

$G(j\omega) = 3 \cdot \frac{1}{1+j\omega} \cdot \frac{1}{2+j3\omega} \cdot \frac{1}{5+j\omega}$

$G(j10) = \frac{3}{1+j10} \cdot \frac{1}{2+j30} \cdot \frac{1}{5+j10}$

$\omega = 100 \quad G(j100) = \frac{3}{1+j100} \cdot \frac{1}{2+j300} + \frac{1}{5+j100}$