



PUC
CAMPINAS
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA

Sistemas de Controle e Servomecanismos

Prof. Salles
4º noturno

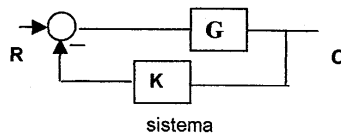
Nome _____ RA _____ 06/06/2004

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)
- a) o sistema é estável para $K=15$? (justifique sua resposta)
 - b) para $K=2$, determine a resposta $c(t)$ em regime permanente para uma entrada $r(t) = 100 \sin(10t + 20^\circ)$

$G(s) = 1/(s*(s+1)*(s+4))$



$$\frac{s+1}{s+4}$$

$$\frac{4s+4}{s^2+s}$$

$$\frac{s^2+s+4s+4}{s^2+5s+4}$$

$$\frac{\frac{K \cdot 1}{()}}{() + K} = \frac{K \cdot 1}{() + K} = \frac{K \cdot 1}{s^3 + 5s^2 + 4s + K}$$

1	4
5	K
b1	

$$b_1 = \frac{-1 \cdot 4}{5K} = \frac{-k + 20}{5} > 0$$

$20 > K$
ESTÁVEL
 $K=15$

$$\frac{1}{-j\omega^3 - 5\omega^2 + 4j\omega + K} = \frac{1}{j1000 - 500 + 40j + 2 - j960 - 498 = 1081,5 \angle -117,4^\circ}$$

$c(t) = \frac{0,185}{0,09} \sin(10t + 20^\circ + 137,4^\circ)$

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 → G Malha fechada com realimentação H → " G/(1 + GH) "

Bode: Modulo em dB = 20 log [módulo de G(jω)]

$+137,4^\circ - 222,58^\circ$

2. Entrada Senoidal. Para o sistema $G(s)$ abaixo, (5,5 pontos)
- a) determine o valor de K e de ω para que o sistema seja criticamente estável (NYQUIST) (módulo = 1 para -180°) em malha fechada com realimentação unitária
 - b) Para $K = 3$, para o sistema em malha aberta, determine os pontos (complete a tabela) para o traçado do diagrama de bode
- $G(s) = K/(s+1)(3s+2)(s+6)$ obs.: $s = j\omega$

Complete a tabela: Para o diagrama de Bode

ω (rad/s)	10	100
Módulo de $G(j\omega)$ em dB	-61,4	-120,02
fase	-229,5°	-265,6°

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

$$\frac{3s^2 + 2s + 2}{3s^2 + 5s + 2} \cdot \frac{s+6}{s+1} = \frac{3s^3 + 23s^2 + 32s + 12}{3s^3 + 23s^2 + 32s + 12}$$

$\frac{G}{1+G} = 0 \Rightarrow G = -1$

$$\frac{K}{(s+1)(3s+2)(s+6)} = -1$$

$$G(j\omega) = \frac{K}{-3j\omega^3 - 23j\omega^2 + 32j\omega + 12} = \frac{K}{j\omega(32 - 3\omega^2) + 12 - 23\omega^2}$$

módulo $|G(j\omega)| = 1 \Rightarrow \frac{K}{|12 - 23\omega^2|} = 1 \Rightarrow K = 233,33$

ROUT4

3	32
23	12+K
b1	

$$b1 = \frac{3 \cdot 32}{23 \cdot 12 + K}$$

$\omega = \sqrt{\frac{32}{3}}$
 $\omega = 3,27 \text{ rad/s}$

$$-3(12+K) + 32 \cdot 23 > 0$$

$K = 233,33 > K$

$$G(j\omega) = \frac{K}{s+1} \cdot \frac{1}{3s+2} \cdot \frac{1}{s+6} = \frac{3}{1+j\omega} \cdot \frac{1}{2+3j\omega} \cdot \frac{1}{6+j\omega}$$

$\omega = 10 \Rightarrow \frac{3}{1+j10} \cdot \frac{1}{2+j30} \cdot \frac{1}{6+j10}$

Mrd em dB = -61,4 dB
 $\phi = -229,5^\circ$

resposta
 a) $K = 233,33$
 $\omega = 100$

$\frac{3}{1+j100} \cdot \frac{1}{2+j300} \cdot \frac{1}{6+j100}$

Mrd em dB = -120,02 dB
 $\phi = -265,6^\circ$