

## EA721 – Princípios de Controle e Servomecanismos

1º Semestre de 2006 – 2ª Prova – Prof. Renato Lopes

RA: Nome:

Ass.:

### QUESTÃO 1 (2.0 PONTOS):

Seja

$$P(s) = \frac{s + 2}{s(s + 1)(s + p)}.$$

Os lugares das raízes de  $P(s)$  para  $p = 16$  e  $p = 10$  estão mostrados na figura 1. É importante notar que essas figuras não mostram o polo em  $p$ .

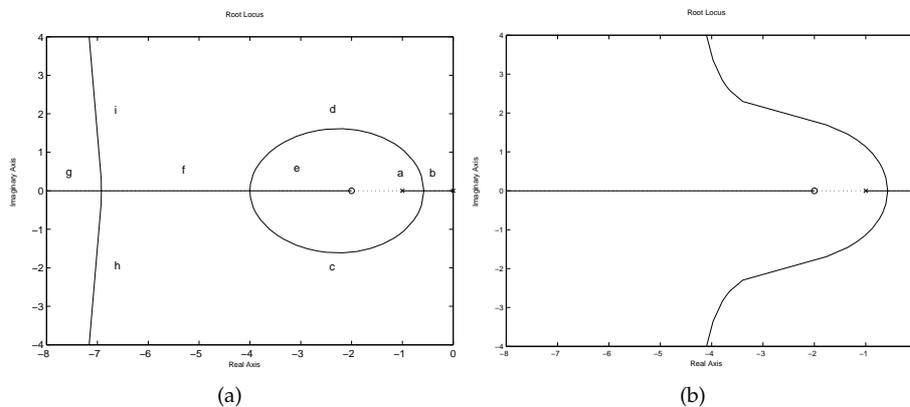


Figura 1: Lugar das raízes para a questão 1. Note que o polo em  $p$  não está mostrado.

- Determine qual figura corresponde a qual valor de  $p$ . Como você chegou a essa conclusão?
- Considere a figura 1(a). Assuma que o valor de  $k$  é tal que o sistema em malha fechada tem um polo no trecho f. Onde estão os outros polos do sistema? Como você chegou a essa conclusão?

### QUESTÃO 2 (1.0 PONTOS):

Você quer controlar uma planta cuja função de transferência é dada por

$$P(s) = \frac{1}{s(s + 2)}.$$

Dadas as especificações do sistema de controle, é necessário colocar os polos dominantes do sistema em malha fechada em  $-1 \pm j$ . Use o método do lugar das raízes para projetar um controlador que atinja este objetivo.

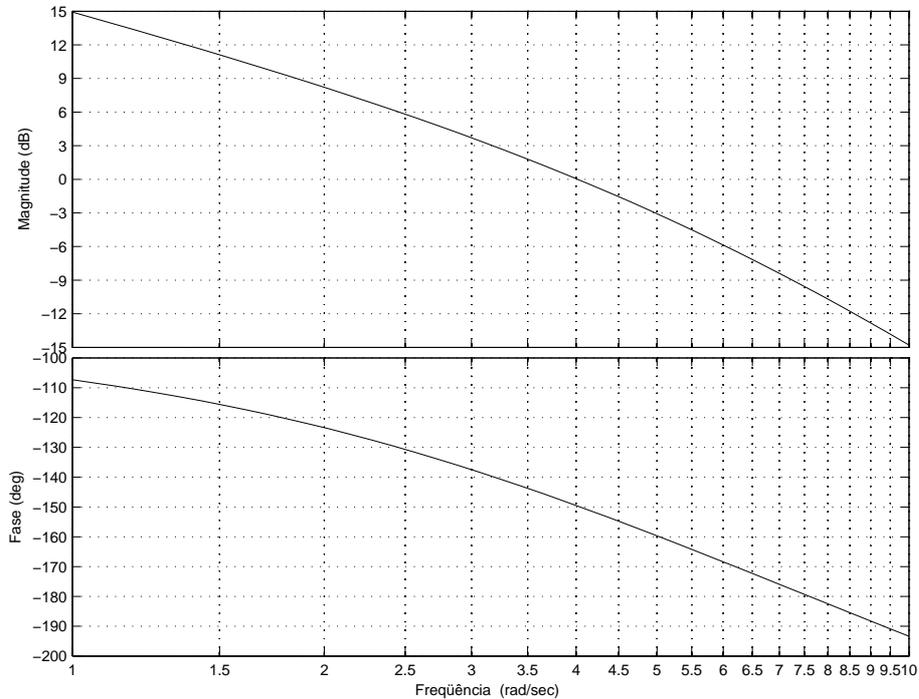


Figura 2: Diagrama de Bode do sistema referente às questões 3, 4 e 5.

**QUESTÃO 3 (1.0 PONTOS):**

Qual a margem de fase do sistema cujo diagrama de Bode está mostrado na figura 2? Imagine agora que um atraso seja introduzido: qual o menor valor do atraso que leva o sistema à instabilidade?

**QUESTÃO 4 (2.0 PONTOS):**

Você quer projetar um compensador de avanço para um dado sistema. Ou seja, seu compensador é dado por

$$C(s) = k_c \alpha \frac{Ts + 1}{\alpha Ts + 1} = k C_1(s),$$

onde  $k = k_c \alpha$ . Suponha que o sistema a ser controlado já atinge o erro em regime desejado. Assim, temos que o valor de  $k$  tem que ser igual a 1. Usando  $k = 1$ , você obtém o diagrama de Bode da figura 2. Ignore a margem de ganho.

- Se  $\alpha = 0.25$ , qual o ganho de fase máximo que o compensador pode

prover? Qual será aproximadamente a margem de fase do sistema compensado?

- Usando  $\alpha = 0.25$ , qual deve ser a frequência de crossover do sistema compensado? Qual deve ser o valor de  $T$  para esta frequência?
- Qual a margem de fase resultante?

Dica:  $20 \log_{10} 2 = 6 \text{ dB}$ .

#### QUESTÃO 5 (2.0 PONTOS):

Suponha agora que você quer usar um compensador de atraso para o sistema da figura 2. Você quer agora uma margem de fase de cerca de  $42^\circ$ . Ignore a margem de ganho. O compensador de atraso é dado por

$$C(s) = k_c \beta \frac{Ts + 1}{\beta Ts + 1} = k C_2(s),$$

onde  $k = k_c \beta$ . Como na questão 4, escolha-se o ganho  $k$  igual a 1.

- Determine a frequência de crossover do sistema compensado. Lembre-se de dar uma margem de segurança, e escolha essa margem de segurança de forma a facilitar a leitura de valores no gráfico.
- Qual valor de  $\beta$  resulta neste crossover?
- Assumindo que o zero do compensador está uma década abaixo da frequência de crossover, qual o valor de  $T$ ?

Dica:  $20 \log_{10} 2 = 6 \text{ dB}$ .

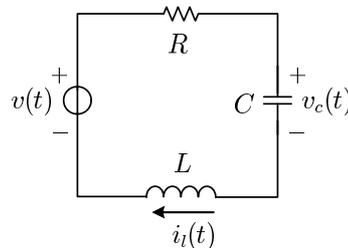


Figura 3: Circuito para a questão 6.

#### QUESTÃO 6 (2.0 PONTOS):

Determine as equações de estado do sistema mostrado na figura 3. Considere que seus estados são a corrente no indutor e a tensão no capacitor, e que a observação é a tensão no resistor. Dica:

$$\frac{dv_c}{dt} = \frac{i_c}{C} \quad \text{e} \quad \frac{di_l}{dt} = \frac{v_l}{L}$$