INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

CONTROLO

4^a **Série**

- **As questões assinaladas com * serão abordadas na correspondente aula de apoio.**
- **Os alunos devem procurar resolver as referidas questões antes das aulas. Nas aulas de apoio, a discussão dos problemas vai ser feita a partir das dúvidas surgidas nas resoluções previamente feitas pelos alunos.**
- **Para o seu estudo individual sugere-se ainda que os alunos procurem resolver mais problemas que podem ser encontrados nos livros apontados na bibliografia recomendada da cadeira.**

*** 1.** (E.Morgado, Controlo-problemas, 2001) Considere o sistema da Figura 1 que representa um sistema de controlo de posição angular de uma antena utilizando um motor D.C.-controlo de campo.

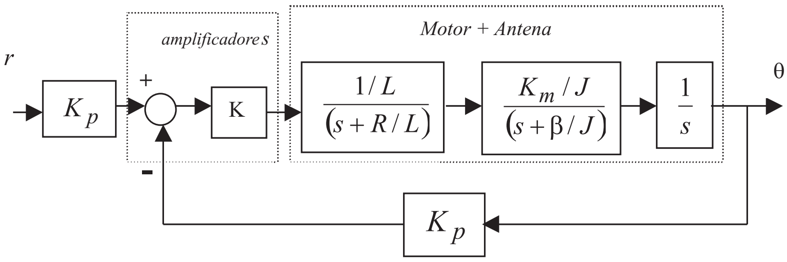

Figure 1:

$$K_p = 2V/rad,\ R = 3\Omega,\ L = 0.5H,\ J = 0.1Kgm^2,\ \beta = 0.2Nms,\ K_m = 0.1NmA^{-1}.$$

a) Determine os valores de K para os quais o sistema é estável.

b) Esboce o lugar geométrico das raízes da equação característica ("root-locus") para K positivo, determinando os ângulos e pontos notáveis.

c) Considere agora retroacção positiva. Esboce o "root-locus" para K positivo.

*** 2.** (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 8, problema 2) Esboce a forma do "root-locus" para cada um dos sistemas com diagrama de polos-zeros apresentado na Figura 2.

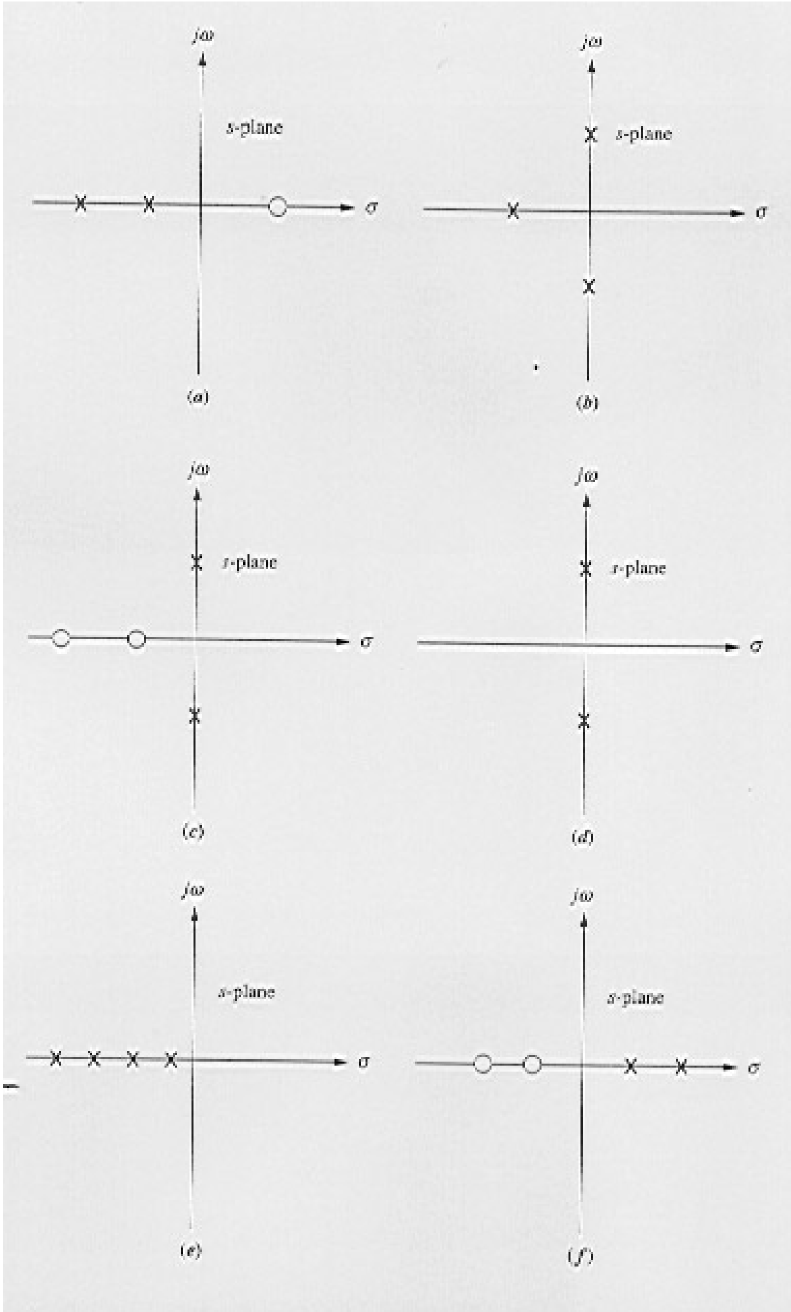

Figure 2:

3. (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 8, problema 16) Dado o "root-locus" da Figura 3,

a) Determine o valor de ganho que torna o sistema marginalmente estável.

b) Determine o valor de ganho para o qual a função de transferência em cadeia fechada tem um polo no eixo real em -10.

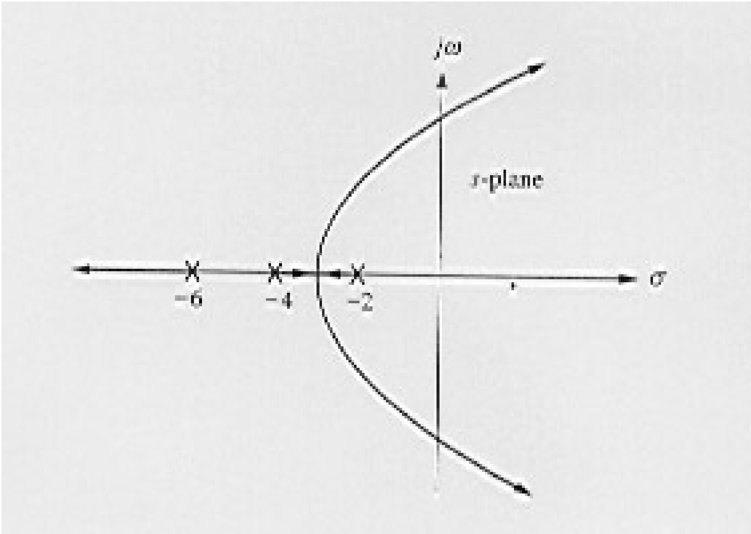

Figure 3:

* **4.** (E. Morgado, Controlo-problemas, 1999) Considere o sistema da Figura 4

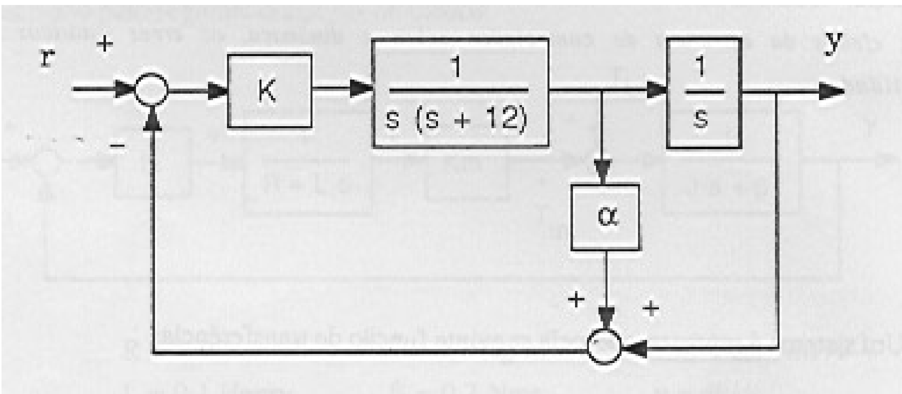

Figure 4:

Para $\alpha = 0$,

a) Esboce o "root-locus" em função de K positivo. Conclua sobre a estabilidade do sistema em cadeia fechada para $K > 0$.

Para estabilizar o sistema vamos utilizar o que é habitualmente chamado de "retroacção de velocidade". Para $\alpha = 0.2$,

b) Esboce o "root-locus" em função de K positivo.

Para $\alpha = 1$,

c) Esboce o "root-locus" em função de K positivo.

d) Determine os valores de K para os quais a função de transferência em cadeia fechada tem um polo duplo. Para esses valores de K indique o valor de todos os polos e zeros da cadeia fechada.

5. (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 8, problema 43) Durante a descida, o programa automático de condução do "space shuttle" faz a interface entre o processamento a baixo ritmo dos sinais de comando e o processamento a alto ritmo do controlo de vôo. A sua função é basicamente de suavização. Na Figura 5 representa-se de forma simplificada um sistema suavizador de manobras linearizado para manobras coplanares. $\Theta_{CB}(s)$ é o ângulo proveniente do sistema de comando e $\Theta_{DB}(s)$ é o ângulo desejado enviado para o sistema de controlo de vôo depois de suavizado. Para o sistema representado na Figura 5:

a) Esboce um "root-locus" onde a localização das raízes varia como função de K_3.

b) Determine a localização dos zeros em cadeia fechada.

c) Repita a) e b) para um "root-locus" em função de K_2.

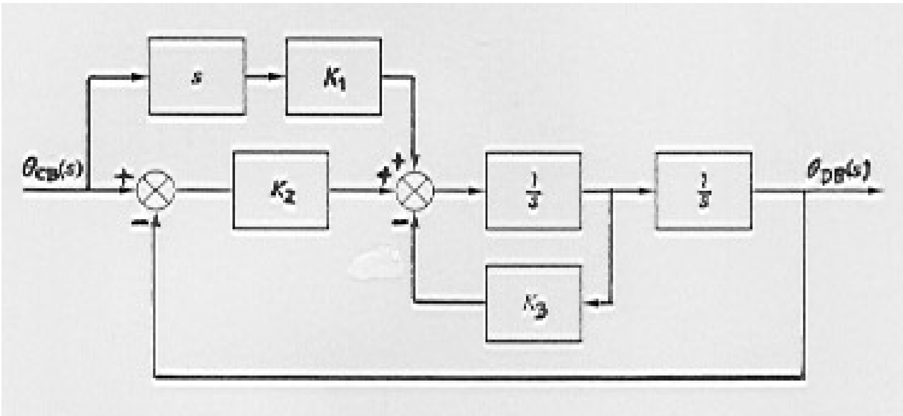

Figure 5:

6. (N. S. Nise, "Control Systems Engineering", capítulo 9, problema 8) Projecte um controlador PD para o sistema de retroacção unitária ilustrado na Figura 6, onde

$$G(s) = \frac{K}{s(s+5)(s+15)}.$$

Pretende-se reduzir o tempo de estabelecimento de um factor de 4 sem alterar a sobreelevação de 20%.

Figure 6:

*** 7.** (E. Morgado, Controlo-problemas, 1999) Considere o sistema da Figura 7.

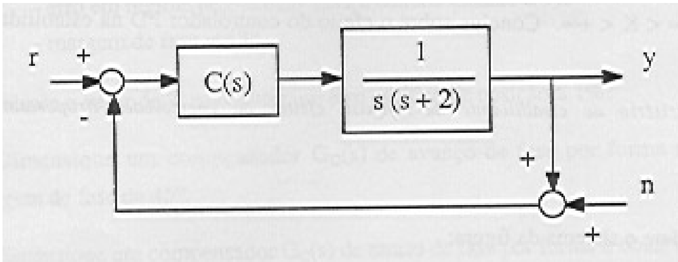

Figure 7:

Dimensione o controlador $C(s)$ de modo a que a resposta no tempo $y(t)$ satisfaça as seguintes especificações:

- para uma entrada escalão $r(t) = u(t)$:
  - factor de amortecimento $\xi = 0.45$ (sobreelevação= 20.5%)
  - tempo de estabelecimento (5%) = 0.75s
- para uma entrada rampa $r(t) = tu(t)$:
  - erro em regime permanente (erro estático de velocidade) $e_v \leq 0.05$.

Analise as opções:

a) Controlador Proporcional

$$C(s) = K$$

b) Controlador Proporcional Integral

$$C(s) = K\left(1 + \frac{1}{T_i s}\right)$$

c) Compensador de fase

$$C(s) = K\frac{s+z}{s+p}$$

Dimensione este controlador para os seguintes casos particulares:

i) $z = 4$.

ii) $p = \infty$ (Proporcional Derivativo ideal).

No projecto utilize técnicas de "root-locus" e faça uma análise crítica das soluções no que se refere a:

- cumprimento das especificações da resposta temporal
- atenuação do ruído $n(t) = A\sin(100t)$ na saída $y(t)$

Apoie a sua análise com simulação em MATLAB.