Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

CONTROLO – 2002/2003 – 2º semestre

1º Exame – 25 Junho 2003

- ***Identifique com nome e número*** todas as folhas do exame
- ***Resolva problemas distintos em folhas separadas***
- ***Justifique*** os seus cálculos e respostas
- Duração: 3 horas

Problema 1

Considere o sistema de controlo de posição descrito pelo diagrama de blocos da figura 1, em que o bloco α representa um sensor de velocidade.

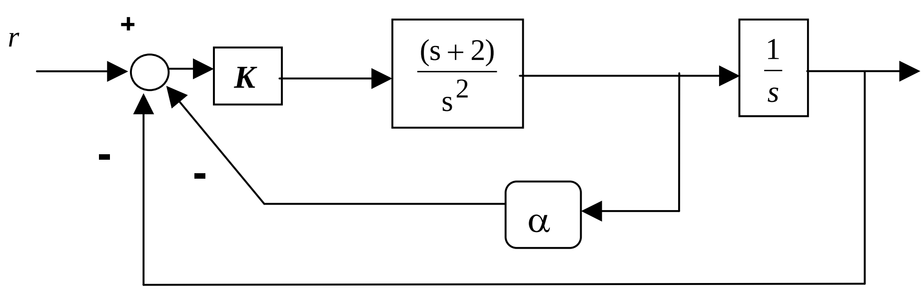

Figura 1

1.a) Para **α = 1** analise a estabilidade do sistema em malha fechada em função de $-\infty < K < +\infty$ utilizando o critério de Routh-Hurwitz.

1.b) Para **α = 1** trace o "root-locus" em função de K > 0, determinando os pontos e ângulos relevantes.

1.c) Para **α = - 1** (inversão da polaridade do sensor)

i) Trace o "root-locus" em função de K > 0, determinando os pontos e ângulos relevantes

ii) Para K = 1, nesta configuração, determine o erro em regime permanente para um escalão unitário na referência r(t)=u(t).

Problema 2

Considere o sistema da Figura 2

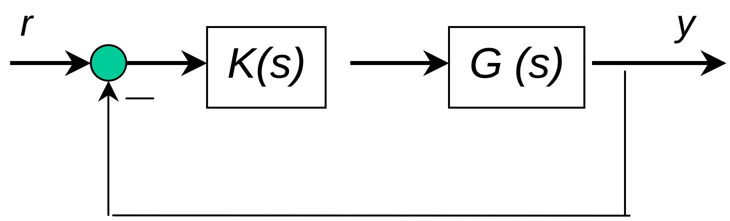

Figura 2

onde $G(s) = \dfrac{1}{s(s+1)}$

Pretende-se que o sistema em malha fechada seja estável e que a resposta y(t) a um *escalão unitário* em r(t) tenha as seguintes especificações:

Tempo de subida menor ou igual a 0.25 seg.

Sobreelevação menor ou igual a 20%

2.1 Projecte um controlador tipo por avanço de fase com função de transferência

$$K(s) = k\frac{s+z}{s+p};\ p, z > 0$$

de modo a satisfazer os requisitos enunciados. Faça $p=10 rad\ s^{-1}$.

2.2) Se utilizar o controlador dimensionado em a), quais as diferenças qualitativas que espera encontrar entre a resposta resultante e a resposta desejada do sistema ? Justifique cuidadosamente.

Problema 3

Considere o sistema de controlo da Figura 3

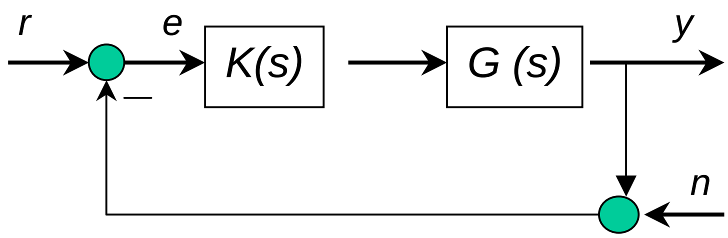

Figura 3

onde $G(s) = \dfrac{1}{s(s-1)}$

Atenção: o sistema a controlar é instável em malha aberta!

3.a) Verifique que existe um controlador de avanço de fase tipo proporcional+derivativo

$$K(s) = k(s+a); k,a \succ 0$$

com *k* e *a* a determinar, tal que

i) o sistema em malha fechada é estável

e satisfaz os seguintes requisitos:

ii) Seguimento de sinais de referência *r(.)* na gama de frequências *[0, 1] rad* s^{-1} com erro menor ou igual a *-40 db.*

iii) Margem de fase P_M maior ou igual a 45^o

iv) Margem de ganho G_M positiva maior ou igual a +40 db.

Sugestões: Começe por traçar o diagrama de Bode do ganho de malha *L(s)=G(s)K(s)* com *K(s)=1* (hipótese de controlador o mais simples possível) e marque no diagrama de amplitude a constrição geométrica imposta pelo requisito *i).* Verifique que o controlador simples *K(s)=1* não permite atingir os objectivos exigidos. Determine agora valores de *k* e *a* que permitam atingir esses objectivos. Justifique detalhadamente a escolha dos valores obtidos utilizando simultâneamente os diagramas de Bode e de Nyquist.

3.b) Considere o sistema de controlo em malha fechada com o controlador determinado na alínea 3.a. Determine qual a atenuação garantida a sinais de ruído no sensor da variável y na gama de frequências *[100, 1000] rad* s^{-1}

3.c) Considere o sistema de controlo em malha fechada com o controlador determinado na alínea 3.a. Calcule a margem de ganho negativa desse sistema e interprete qualitativamente o resultado.

3.d) Suponha que existe um atraso $\tau>0$ na transimissão de informação entre o controlador *K(s)* e o sistema a controlar *G(s).* Para o sistema de controlo determinado em 3.a, determine o atraso máximo tolerado a partir do qual o sistema se torna instável. Sugestão: note que a função de transferência de um atraso puro é $exp(-\tau s)$ e que quando *s=jw* este factor se traduz num atraso de fase que varia linearmente com a frequência. Utilize o critério de Nyquist.