TSIST – SEE (2004/2005)
Plano de Exercícios das aulas TP

11/04/2005 – Estabilidade

Problema 1 – Caracterize quanto à estabilidade, cada um dos sistemas abaixo :

a) $G(s)=\frac{1}{s+1}$ b) $G(s)=\frac{1}{s-1}$ c) $G(s)=\frac{s-1}{s+1}$

d) $G(s)=\frac{1}{(s-1)(s+1)}$ e) $G(s)=\frac{1}{(s-1)(s+1)(s+10)}$ f) $G(s)=\frac{s-2}{(s+1)(s+10)}$

g) $G(s)=\frac{-10}{s^2+11s+10}$ h) $G(s)=\frac{s^3+s^2+s+1}{(s^4+11s^3+10)(s-10)}$ i) $G(s)=\frac{-(s-5)}{(s^2-2s+2)}$

Problema 2 – Verifique através do critério Routh-Hurwitz se o sistema abaixo é estável. (resolução de exercício semelhante em apontamentos de TSIST-2000)

$$G(s)=\frac{10(s+1)}{s^6+4s^5+3s^4+2s^3+s^2+4s+4}$$

Problema 3 – Verifique através do critério Routh-Hurwitz se o sistema abaixo é estável. (resolução de exercício semelhante em apontamentos de TSIST-2000)

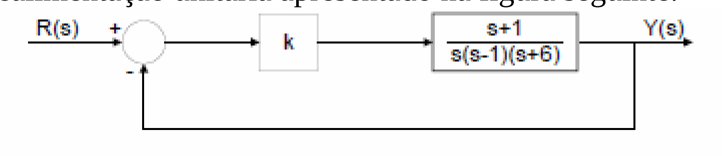
$$G(s)=\frac{1}{s^4+2s^3+3s^2+4s+5}$$

Problema 4 – Verifique através do critério Routh-Hurwitz se o sistema abaixo é estável. (resolução de exercício semelhante em apontamentos de TSIST-2000)

$$G(s)=\frac{1}{s^4+s^3+3s^2+3s+2}$$

Problema 5 (Enunciado e resolução da alínea b) em apontamentos de TSIST-2000)

Considere o sistema de realimentação unitária apresentado na figura seguinte.



a) Qual o polinómio característico do sistema?
b) Determine a gama de valores de k para os quais o sistema permanece estável.
c) Indique o valor do ganho para o qual o sistema tem pólos sobre o eixo jw. Indique a localização desses pólos.

Problema 6 (Enunciado e resolução em apontamentos de TSIST-2000)

Considere um sistema com a seguinte função de transferência em malha aberta :

$$G(s) = K\frac{2(s+4)}{s^2(s+1)}$$

Verifique para que valores de K o sistema em malha fechada é estável.

18/04/2005 – Método do Lugar de Raízes

Problema 1 - Esboce o Lugar de Raízes para o sistema cuja Função de Transferência em malha aberta é:

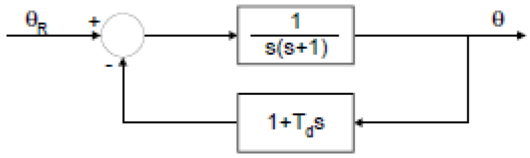
$$GH = \frac{K}{(s+1)(s+2)}$$

Problema 2 - Esboce o Lugar de Raízes para o sistema cuja Função de Transferência em malha aberta é:

$$GH(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+2)}$$

Problema 3 – (Enunciado e resolução em apontamentos de TSIST-2000)

Um sistema de controlo de posição apresenta o seguinte diagrama de blocos equivalente:



a) Esboce o Lugar Geométrico de Raízes Directo para este sistema, considerado em função de T_d.

b) Para que valores do ganho de realimentação de velocidade (T_d) o sistema apresenta uma saída não oscilatória?

c) Existe algum valor do ganho k para o qual o sistema apresente o seguinte par de pólos em malha fechada: $s_{1,2} = -3 \pm j3$?

Problema 4 - Considere um sistema de controlo na forma canónica com uma FT de malha aberta GH(s). Esboce o lugar de raízes para cada um dos casos abaixo, sem calcular os pontos de quebra e intersecções com o eixo imaginário. (resolução detalhada, diferente do que é pedido neste enunciado, em apontamentos de TSIST-2000)

$$GH(s) = k\frac{3s}{(s+2)(s^2+6s+18)} \qquad GH(s) = k\frac{(s+1)}{s(s+2)(s+4)^2}$$

$$GH(s) = k\frac{(s+3)}{s(s+1)(s+2)(s+4)} \qquad GH(s) = \frac{k}{s(s^2+2s+5)}$$

25/04/2005 –Afinação de sistemas baseada no Lugar de Raízes

Problema 1 - Considere o lugar de raízes (LR) apresentado abaixo.

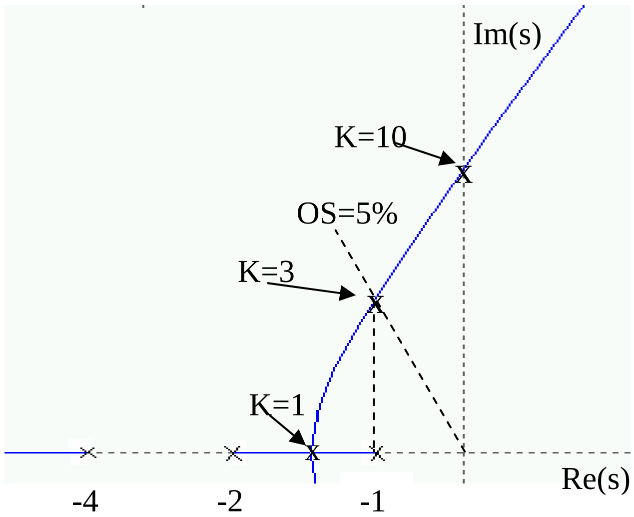
a) Indique, para cada um dos casos, se é possível obter a especificação pretendida:

i) t_s=4s ii) t_s=4/3s iii) OS=60% iv) t_s=8s, OS<5%

b) Indique para que valores de K (parâmetro em função do qual foi obtido o LR) o sistema é sub-amortecido.

c) Indique qual das expressões abaixo seria uma possível representação da resposta do sistema ao degrau unitário, para K=3:

i) $y(t)=e^{-t}$ ii) $y(t)=\sin(t)$ iii) $y(t)=e^{-t}\sin(t) + 0{,}1e^{-6t}$ iv) $y(t)=e^{-t}\sin(t)$



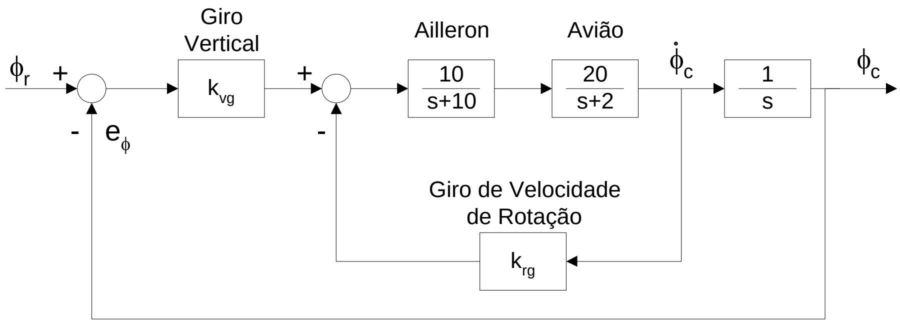
$$t_s \approx \frac{4}{-\operatorname{Re}(p)}$$

$$OS = e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} = e^{-\frac{|\operatorname{Re}(p)|}{|\operatorname{Im}(p)|}\pi}$$

Problema 2 - (ITSI – JTV) - No seguinte sistema de controlo do movimento de rotação de um avião determinar:

a) K_{rg}, de forma a obter ζ=0.8 para o anel interior. (sol: 36.25/200)

b) K_{vg}, de forma a obter ζ=0.7 para o anel exterior. (sol: 0.57)



Problema 4 (ITSI-JTV) - De forma a compensar um sistema com função de transferência G(s) optou-se por utilizar, em série com G(s), um compensador em avanço C(s) numa configuração de realimentação unitária negativa. O valor escolhido para o zero do compensador foi -2.5.

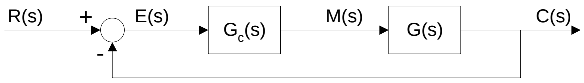
$$C(s)=\frac{s+2.5}{s+\delta} \qquad G(s)=\frac{K}{s(s+1)}$$

Determine δ e K de modo que -1.6±j4 sejam pólos do sistema.

Problema 5 (ITSI-JTV) - Uma máquina de controlo numérico apresenta a seguinte Função de Transferência:

$$G(s)=\frac{1}{s(s+1)}$$

As especificações de performance exigem que, na configuração de "*feedback*" unitário da figura seguinte, o sistema apresente um "*Overshoot*" percentual máximo inferior a 2,5 % e um tempo de estabelecimento inferior a 1 seg.



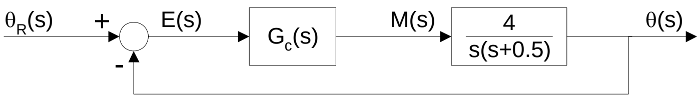
a) Mostre que esta especificação não pode ser alcançada recorrendo a um controlador de acção unicamente proporcional.

b) Para que valores do ganho proporcional é que o sistema não apresenta oscilação à sua saída.

c) Projecte um compensador que permita cumprir estas especificações.

Forma do compensador***:*** $G_c(s)=A\dfrac{s+z_c}{s+p_c}$

Problema 6 (ITSI-JTV) - Um sistema de controlo de posição angular pode ser representado pelo seguinte diagrama de blocos:



Pretende-se que este sistema apresente as seguintes especificações:

- "*Overshoot*" percentual máximo inferior a 16,32 %;
- tempo de estabelecimento inferior a 1,6 seg.

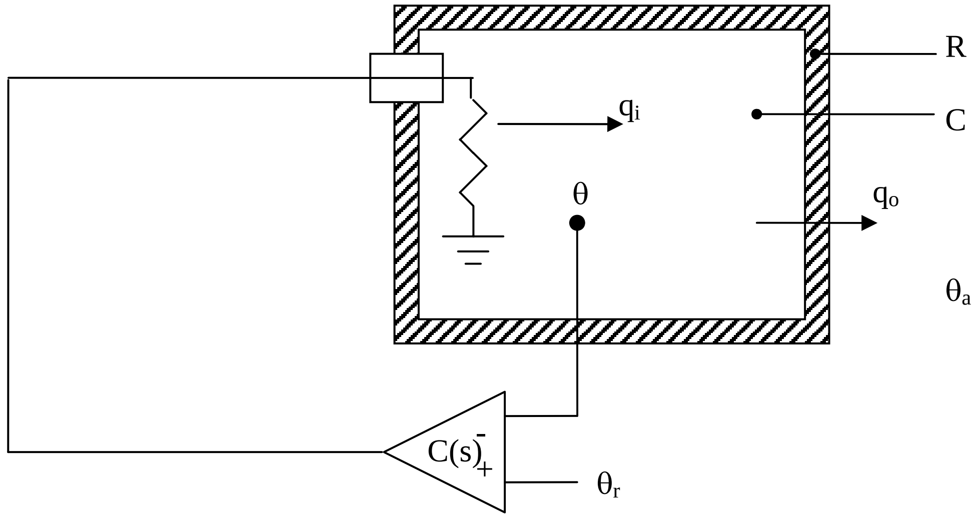
a) Mostre que estas especificações não podem ser alcançadas recorrendo a um controlador de acção unicamente proporcional.

d) Projecte um compensador que permita cumprir as especificações pretendidas para o sistema.

Forma do compensador***:*** $G_c(s)=A\dfrac{s+z_c}{s+p_c}$

16/05/2005 – Controlo PID

Problema 1 – Controlo da temperatura de um forno com e sem acção integral. Considere o sistema abaixo onde Qi(s)=C(s).(θr(s)- θ(s))



a) Apresente o diagrama de blocos do sistema.

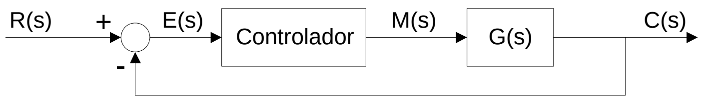
b) Considere C(s)=Kp. Esboce o LR de raízes em função de Kp e calcule o erro em regime permanente.

c) Considere C(s)=Ki/s. Esboce o LR de raízes em função de Ki e calcule o erro em regime permanente.

d) Considere um controlador PI, ou seja, C(s)=Kp+Ki/s=Kp(s+Ki/Kp)/s. Considere também C=1 e R=1. Calcule o valor dos parâmetros do controlador de forma a ter um tempo de estabelecimento de 1s e um OS de aproximadamente 5%.

e) Esboce o lugar de raízes em função de Ki, usando o valor de Kp calculado na alínea anterior. Qual poderá ser o interesse prático deste LR.

Problema 2 – (resolução parcial em apontamentos TSIST 2000) Considere o sistema representado pelo diagram de blocos abaixo**:**



com $G(s) = \dfrac{40}{10s^2 + 80s + 800}$,

sendo o controlador do tipo:

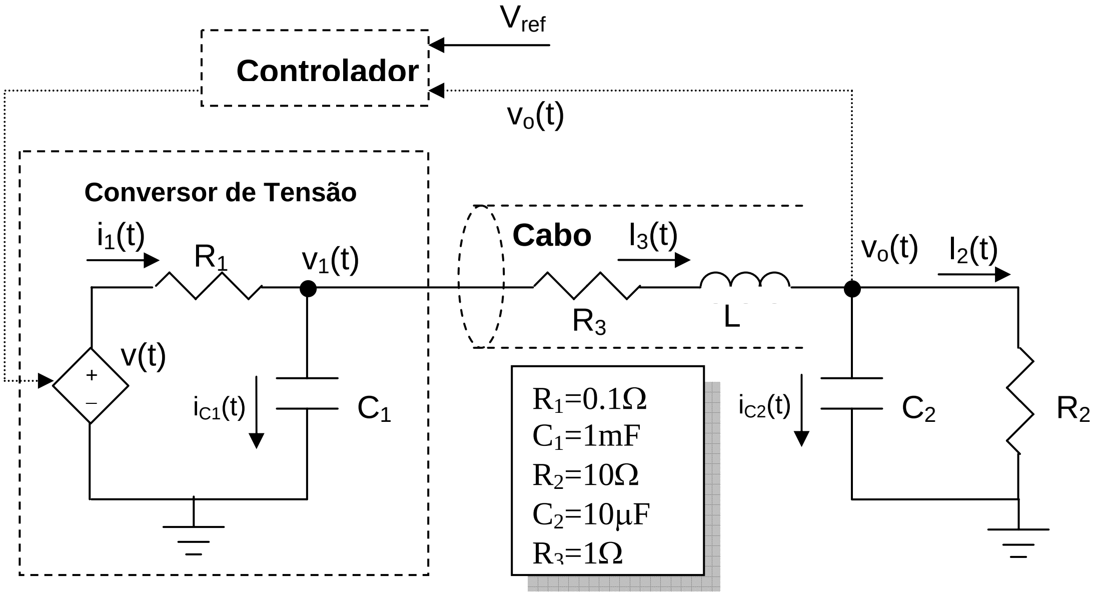
$$m(t) = 20\left[e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

a) Admitindo que não existe acção integral (k_i=0), calcular T_d de modo que o amortecimento do sistema realimentado seja unitário.

b) Para o valor de T_d calculado, determinar o valor máximo de k_i de modo a manter o sistema estável. Com base no lugar de raízes, analise o comportamento do sistema para diferentes alores de Ki.

Problema 3 - Pretende-se regular o nível de tensão aplicado a uma carga eléctrica resistiva R_2, tal como representado na figura abaixo. A energia eléctrica é transmitida de um conversor de tensão para a carga através de um cabo de impedância não desprezável. O cabo é modelizado como uma associação RL série. O condensador C_2 é colocado em paralelo com a carga de forma a reduzir os "picos" de tensão durante comutações. O nível da tensão medido na carga, $v_o(t)$, é comparado com o valor desejado, v_{ref}, sendo o valor da fonte de tensão controlada $v(t)$ estabelecido em função desses sinais, de acordo com a equação do controlador:

$v(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t')dt'$, sendo $e(t) = v_{ref}(t) - v_o(t)$.



Use a seguinte função de transferência da forma que considerar mais adequada:

$$\frac{V_o(s)}{V(s)} = \frac{10}{1\times10^{-11}\cdot s^3 + 21\times10^{-8}\cdot s^2 + 22\times10^{-4}\cdot s + 11.1}$$

1. Considere *Ki* = *constante* = 0 e *Kp* um parâmetro ajustável.

1a) Calcule o valor de *Kp* de modo a obter um tempo de estabelecimento de 0.8ms.

1b) Para *Kp=0.1*, apresente o esboço da resposta temporal de $v_o(t)$, para uma entrada (v_{ref}) em degrau unitário.

2. Pretende-se agora estudar o efeito da componente integrativa (parâmetro *Ki*). Concluiu-se que seria adequado fazer *Kp* = 0 (deverá utilizar esse valor nos seus cálculos).

2a) Recorrendo ao método do lugar de raízes, escolha o valor de K_i de forma a obter o menor tempo de estabelecimento possível e de tal modo que os pólos dominantes não tenham componente oscilatória.

2b) Para $K_i=2000$, obtenha o esboço da resposta temporal de $v_o(t)$, para uma entrada (v_{ref}) em degrau unitário. Compare com a resposta obtida em 1b) e comente.

2c) Calcule Ki e Kp pelo método de Ziegler-Nichols. Compare a resposta com os casos anteriores.