EES-51/2011 – Série 5

1) Escreva scripts (.m) em Matlab que possam ser utilizados com a função "fminsearch" para determinar os pontos de mínimo das seguintes funções:

a) $J(w) = (w_1^2 + w_2 - 11)^2 + (w_1 + w_2^2 - 7)^2$

b) $J(w) = (w_1 - 2)^2 + (w_2 - 1)^2 + \dfrac{0.04}{1 - 0.25w_1^2 - w_2^2} + 5(1 + w_1 - 2w_2)^2$

c) $J(w) = \left(\sum_{k=1}^{5} k.\cos[(k+1)w_1 + k]\right)\left(\sum_{j=1}^{5} j.\cos[(j+1)w_2 + j]\right)$

Determine os pontos de mínimos usando diferentes valores iniciais de w e verifique qual o valor da respectiva função no ponto de mínimo.

2) O seguinte script Matlab pode ser usado com a função "fminsearch" para obter os ganhos de realimentação de estado para o sistema "servo" de modo que sua dinâmica se aproxime da dinâmica do modelo de referência "sys_m":

```
function [ func ] = desempmk1( k )
servo=zpk([], [-1 -2 -3], 1); sss=ss(servo);
sys_m=zpk([],[-0.5000+1i -0.5000-1i],1/0.8);
N=-1/(sss.C*inv(sss.A-sss.B*k)*sss.B);
servo_mf=ss(sss.A-sss.B*k,sss.B*N,sss.C, sss.D);
y=step(servo_mf,0:.1:10);
ym=step(sys_m,0:.1:10);
E=0;
for ii=1:size(y,1)
    E=E+abs(ym(ii)-y(ii));
end;
func=E+norm(k);
```

a) Obtenha os ganhos de realimentação de estado usando o script acima e "fminsearch". Com esses ganhos, onde estão localizados os pólos do sistema em malha fechada?
b) Obtenha os ganhos de realimentação necessários para alocar dois pólos do sistema no mesmo local dos pólos do modelo de referência e o terceiro pólo em -5. Pode usar o comando "place".
c) Compare a resposta ao degrau unitário do sistema em malha fechada com a realimentação obtida em (a) e com a realimentação obtida em (b). Verifique o tempo de subida e o sobressinal.

3) Por motivos práticos o ganho de realimentação K_2 não pode ser maior que 1 (em módulo).
a) Modifique o script do exercício 2 para que essa restrição seja levada em conta.
b) Repita o item (a) do exercício anterior com o novo script e compare a resposta com a do exercício anterior.

4) Seja agora o servo dado por: servo=zpk([], [-1 -2 -3 -4], 1); sss=ss(servo);
Modifique o script do exercício 2, obtenha os ganhos de realimentação de estado e compare a saída do sistema realimentado com a do modelo de referência (entrada degrau).

5) Seja agora o modelo de referência: sys_m=zpk([],[-1+2i -1-2i],4/0.8);
Modifique o script do exercício 2, obtenha os ganhos e compare a resposta do sistema realimentado com a do modelo de referência. O que pode ser modificado no script para que o resultado obtido seja ainda mais próximo do modelo de referência? Faça essa modificação e compare a resposta do novo sistema obtido com a do modelo de referência.

6) (a) Empregando a metodologia LQR, projete um regulador para o seguinte sistema:

$$\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix}\mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}u$$

b) Simule a resposta do sistema em malha fechada partindo de uma condição inicial $\mathbf{x}(0) = [1 \;\; 1]^T$.

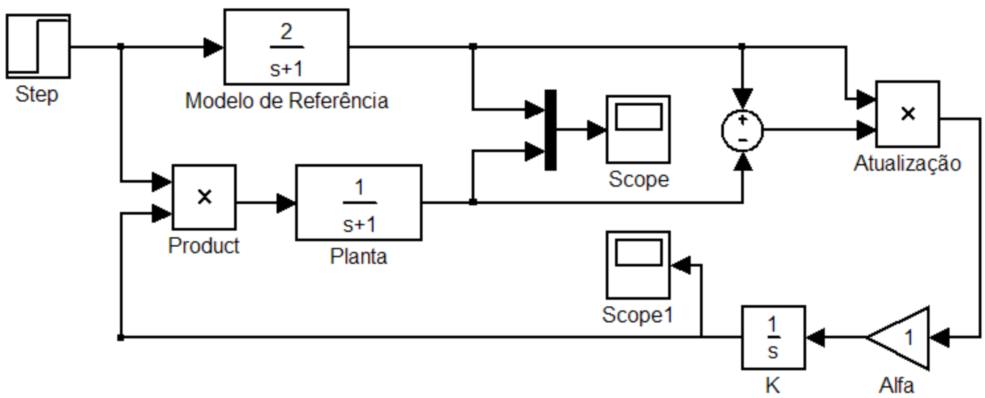
7) Considere a função de transferência a seguir, que representa a dinâmica linearizada de um sistema de levitação magnética:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = -\frac{1000}{s^2 - 900}$$

a) Obtenha um modelo no espaço de estados adotando $x_1 = y$ e $x_2 = dy/dt$.

b) Empregando a metodologia de projeto LQR, projete um sistema com ação de controle integral de modo a rastrear uma referência degrau com sobressinal menor que 15% e tempo de subida (0 – 100%) menor que 100ms. Observe que, para realizar o ajuste das matrizes Q e R, pode ser necessário efetuar algumas iterações de simulação.

8) Prepare o seguinte diagrama de simulação no Simulink:



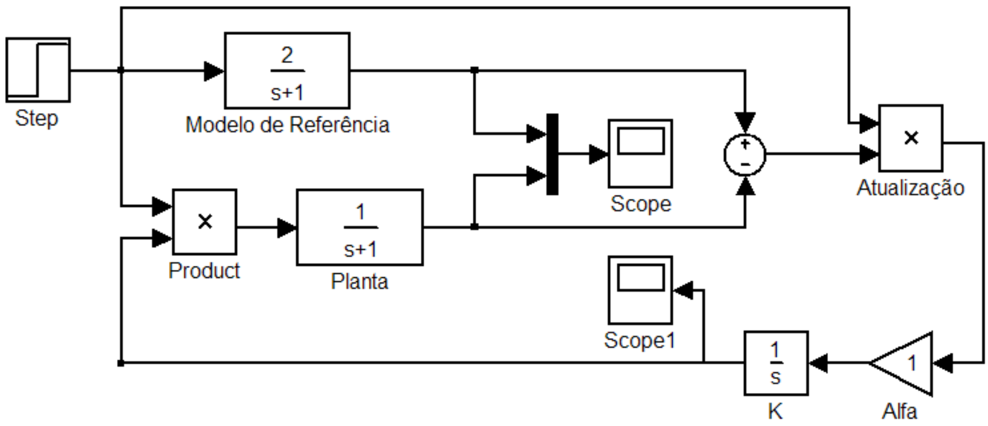
Este diagrama simula o controle adaptativo com modelo de referência de uma planta simples, onde o único parâmetro a ser ajustado é o ganho em malha aberta, *K*.

a) Simule o sistema com *alfa* = 1; 0.1 e 10. Verifique a saída e a estimação de *K*.

b) Altere a entrada para uma senoide de frequencia 2**pi* e teste o sistema para *alfa* = 10; 30 e 50.

c) Altere a entrada para uma senoide de frequencia 0.5**pi* e teste o sistema para *alfa* = 5; 10 e 20. Talvez seja interessante aumentar o tempo de simulação.

9) Altere agora o diagrama de simulação para:



E teste as mesmas situações dos Itens 8a, 8b e 8c. Teste também valores maiores de *alfa*.

10) Obtenha as regras de atualização, utilizando a regra do MIT (gradiente), para um sistema de controle adaptativo com modelo de referência, onde a planta é dada por: $G(s) = \frac{b}{s+a}$; o modelo de referência por: $G_m(s) = \frac{b_m}{s+a_m}$ e o sinal de controle por $u(t) = \alpha\, r(t) - \beta\, y(t)$; $r(t)$ é a entrada de referência e $y(t)$ é a saída da planta, $G(s)$. O erro é definido como $e(t) = y_m(t) - y(t)$. Simule o sistema com $a_m = 20$, $b_m = 20$, $a = 10$ e $b = 5$ para diferentes entradas, diferentes ganhos de adaptação e diferentes estimativas iniciais para α e β.