**1) Projeto LQG**

clear all

clc

close all

%% 1) Create the state space system by typing the following in the MATLAB Command Window:

A = [0 1 0 0; -2 -2 1 1; 0 0 0 1; 1 1 -1 -1]

B = [0 1 0 0]'

C = [0 0 1 0]

D = [0]

%% AlgorÃtmo GenÃ©tico - NÂº de GeraÃ§Ãµes: 500

% Q = [0.7353 2.5195 2.4865 2.4677;

% 2.5195 44.7873 5.0790 5.1887;

% 2.4865 5.0790 28.9306 4.9690;

% 2.4677 5.1887 4.9690 26.7117]

% %Q = real(jordan(Q))

%

% R = [17.5211]

Q = [ 16.7449 2.0101 2.5171 2.6623;

2.0101 45.0012 5.3850 5.5377;

2.5171 5.3850 37.6232 4.0802;

2.6623 5.5377 4.0802 23.8086]

R = 14.4476;

% Q = [ 0.9745 2.4628 2.5202 2.7828;

% 2.4628 45.0011 5.3850 5.5377;

% 2.5202 5.3850 37.6231 4.0802;

% 2.7828 5.5377 4.0802 23.8086]

%

% R = 14.4476;

[K,P,e] = lqr(A,B,Q,R)

% Modelo no espaÃ§o de estados para o Projeto LQR considerando condiÃ§Ãµes

% iniciais

sys = ss(A-B\*K, eye(4), eye(4), eye(4));

%% Plot do Projeto LQR

t = 0:0.01:20;

x = initial(sys,[1;0;0;0],t);

x1 = [1 0 0 0]\*x';

x2 = [0 1 0 0]\*x';

x3 = [0 0 1 0]\*x';

x4 = [0 0 0 1]\*x';

figure(1);

title('Resposta projeto LQR para condicoes iniciais')

subplot(1,4,1); plot(t,x1), grid

title('Resposta projeto LQR para condicoes iniciais')

ylabel('state variable x1')

subplot(1,4,2); plot(t,x2),grid

title('Resposta projeto LQR para condicoes iniciais')

ylabel('state variable x2')

subplot(1,4,3); plot(t,x3),grid

title('Resposta projeto LQR para condicoes iniciais')

ylabel('state variable x3')

subplot(1,4,4); plot(t,x4),grid

title('Resposta projeto LQR para condicoes iniciais')

ylabel('state variable x4')

xlabel('t (sec)')

%% Filtro de Kalman

Xi=7e-4; % ruÃdo aleatÃ³rio na Eq. de estados

Theta=1e-8; % ruÃdo aleatÃ³rio na mediÃ§Ã£o de saÃda

G = ss(A, [B, B], C, [D, D]);

[Gk,Ke,Pf]=kalman(G,Xi,Theta) % Filtro de Kalma

%P = eig(A-B\*K)

%--- Entrar com a matriz de observabilidade N e testar seu posto

%N = [C' A'\*C' ((A')^2)\*C' ((A')^3)\*C'];

%Ke = acker(A,B,P)'

AA\_e = A-Ke\*C-B\*K;

BB\_e = Ke;

CC\_e = K;

DD\_e = 0;

[num\_e,den\_e] = ss2tf(AA\_e,BB\_e,CC\_e,DD\_e)

AA\_e

%% Modelo no espaÃ§o de estados para o projeto LQG para condiÃ§Ãµes iniciais

sys\_e = ss([A-B\*K B\*K; zeros(4,4) A-Ke\*C],eye(8),eye(8),eye(8));

t = 0:0.01:20;

z = initial(sys\_e,[1;0;0;0;1;0;0;0],t);

x1\_ = [1 0 0 0 0 0 0 0]\*z';

x2\_ = [0 1 0 0 0 0 0 0]\*z';

x3\_ = [0 0 1 0 0 0 0 0]\*z';

x4\_ = [0 0 0 1 0 0 0 0]\*z';

e1 = [0 0 0 0 1 0 0 0]\*z';

e2 = [0 0 0 0 0 1 0 0]\*z';

e3 = [0 0 0 0 0 0 1 0]\*z';

e4 = [0 0 0 0 0 0 0 1]\*z';

figure(2);

% title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

% subplot(2,4,1); plot(t,x1), grid

% ylabel('state variable x1')

% title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

% subplot(2,4,2); plot(t,x2),grid

% ylabel('state variable x2')

% title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

% subplot(2,4,3); plot(t,x3),grid

% ylabel('state variable x3')

% title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

% subplot(2,4,4); plot(t,x4),grid

% ylabel('state variable x4')

% title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

% subplot(2,4,5); plot(t,e1),grid

% ylabel('error state variable e1')

% title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

% subplot(2,4,6); plot(t,e2),grid

% ylabel('error state variable e2')

% title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

% subplot(2,4,7); plot(t,e3),grid

% ylabel('error state variable e3')

% title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

% subplot(2,4,8); plot(t,e4),grid

% ylabel('error state variable e4')

subplot(2,2,1); p=plot(t,e1),set(p,'Color','blue','LineWidth',2),grid

ylabel('error state variable e1')

title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

subplot(2,2,2); p=plot(t,e2),set(p,'Color','blue','LineWidth',2),grid

ylabel('error state variable e2')

title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

subplot(2,2,3); p=plot(t,e3),set(p,'Color','blue','LineWidth',2),grid

ylabel('error state variable e3')

title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

subplot(2,2,4); p=plot(t,e4),set(p,'Color','blue','LineWidth',2),grid

ylabel('error state variable e4')

title('Resposta projeto LQG a Condicao inicial')

xlabel('t (sec)')

%% Plot da trajetoria real X trajetoria estimada

figure(3);

title('trajetoria real X trajetoria estimada')

subplot(1,4,1); p=plot(t,x1), set(p,'Color','blue','LineWidth',2),hold on,

plot(t,x1\_,'--r','LineWidth',2,...

'MarkerSize',10), grid

legend('variavel de estado x1','estado estimado e1')

%title('Response to Initial Condition')

title('Resposta: trajetoria real X trajetoria estimada')

ylabel('state variable x1')

subplot(1,4,2); p=plot(t,x2), set(p,'Color','blue','LineWidth',2), hold on,

plot(t,x2\_,'--r','LineWidth',2,...

'MarkerSize',10), grid

legend('variavel de estado x2','estado estimado e2')

%title('Response to Initial Condition')

title('trajetoria real X trajetoria estimada')

ylabel('state variable x2')

subplot(1,4,3); p=plot(t,x3), set(p,'Color','blue','LineWidth',2), hold on,

plot(t,x3\_,'--r','LineWidth',2,...

'MarkerSize',10), grid

legend('variavel de estado x3','estado estimado e3')

%title('Response to Initial Condition')

title('trajetoria real X trajetoria estimada')

ylabel('state variable x3')

subplot(1,4,4); p=plot(t,x4), set(p,'Color','blue','LineWidth',2), hold on,

plot(t,x4\_,'--r','LineWidth',2,...

'MarkerSize',10), grid

legend('variavel de estado x4','estado estimado e4')

%title('Response to Initial Condition')

title('trajetoria real X trajetoria estimada')

ylabel('state variable x4')

xlabel('t (sec)')

figure(4),

p=plot(t,x1), set(p,'Color','blue','LineWidth',2), hold on,

plot(t,x1\_,'--r','LineWidth',2,...

'MarkerSize',10), grid

legend('variavel de estado x1','estado estimado e1')

%title('Response to Initial Condition')

title('trajetoria real X trajetoria estimada')

ylabel('state variable x2')

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% Plote da resposta Real x resposta com LQG

figure(5);

%% Sistema inicial

[num,den] = ss2tf(A,B,C,D)

G = tf(num,den);

impulse(feedback(G,1),'b')

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

hold on

%% LQG

AA = A - Ke\*C - B\*K;

BB = Ke;

CC = K;

DD = D;

[numc,denc] = ss2tf(AA,BB,CC,DD)

GcG = tf(numc,denc)

Gcomp = GcG\*G

% % Controlador LQG

% %Gc = [A-Ke'\*C - B\*K + (Ke\*B\*K)', Ke; K ,zeros(1,1)];

% Gamma = [ -1;

% 0;

% 0;

% 0]

% W = [jordan(Q),zeros(4,1); zeros(1,4),R]

% V = [Xi\*Gamma\*Gamma', zeros(4,1); zeros(1,4), Theta]

% % V Ã© a matriz que Ã© em fato a joint correlation function of signals Î¾ (t) and Î¸ with

% % Xi is the covariance of Î¾ (t).

% [Af,Bf,Cf,Df] = lqg(A,B,C,D,W,V);

% Gc=ss(Af,Bf,Cf,Df)

impulse(feedback(ss(Gcomp),1),'r--')

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

hold on

%step(AA,BB,CC,DD)

legend('sistema sem compensacao','sistema com LQG')

grid on

title('Resposta do Sistema ao Impulso')

figure(6),

P = bodeoptions;

P.Grid = 'on';

P.PhaseUnits = 'deg';

P.FreqScale = 'log';

P.MagUnits = 'dB';

P.MagScale = 'log';

bodemag(G,'b')

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

hold on

%bode(feedback(GF,1),'r')

bodemag(Gcomp,'--r')

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

w=logspace(-2,2,4000); % Gera 200 pontos de 0.1 Ã  100

%plot(w,-3,'--') %linha para frequencia de corte

hold on

plot(0.958,-3,'\*')

plot(1.258,-3,'\*')

hold off

legend('sistema sem compensacao','sistema com LQG')

grid on

figure(7),

P = bodeoptions;

P.Grid = 'on';

P.PhaseUnits = 'deg';

P.FreqScale = 'log';

P.MagUnits = 'dB';

P.MagScale = 'log';

bodemag(G,'b')

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

hold on

bodemag(Gcomp,'r--')

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

w=logspace(-2,2,4000); % Gera 200 pontos de 0.1 Ã  100

%plot(w,-3,'--') %linha para frequencia de corte

grid on

legend('sistema sem compensacao','sistema com LQG')

%figure, bode(Sys,Gc\*Sys,'g')

%title('Diagrama de Bode para Sistemas de Malha Fechada')

[Gm,Pm,Wcg,Wcp]=margin(Gcomp)

% Gm = margem de ganho

% Pm = Margem de fase

% Wcg = frequÃªncias critica de ganho

% Wcp = frequÃªncias critica da fase

%largura de banda

larg\_banda\_sys = bandwidth(G)

larg\_banda\_sys\_lqg = bandwidth(Gcomp)

auto\_valores\_sys = eig(G)

auto\_valores\_sys\_lqg = eig(Gcomp)

[Wn,zeta,P] = damp(G)

[Wn\_c,zeta\_c,P\_c] = damp(Gcomp)

%load\_system('manipulador\_LQG')

%open\_system('manipulador\_LQG')

%bdclose\_all

% figure(7),

% plot(simout.Time,simout.Data)

% grid on

% hold on

% plot(simout1.Time,simout1.Data,'r')

%Uma vez que os autovalores do sistema compensado possui parte real mais deslocada para esquerda no semi-plano esquerdo complexo

% isso mostra que a resposta ao impulso do sistema compensado Ã© mais rÃ¡pido

% do que com o sistema sem o controlador. isso pode ser confirmado por meio

% banda passante do sistema compensado que Ã© maior que do sistema sem

% compensaÃ§Ã£o.

2) Barreiras de desempenho e estabilidade Robustas

Aux = ss(Gcomp)

A = Aux.a; B = Aux.b; C = Aux.c; D=Aux.d;

sysG=ss(A,B,C,D);

w=logspace(-2,3,100);

alfar = 20\*log10(1/0.10);

alfad = 20\*log10(1/0.10);

alfas = 20\*log10(1/0.15);

aux=[0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0];

b=0;

w\_=i\*w;

for j=1:100,

inverro(j)= 100000;

for i=1:10

gr=tf(625, [1 50\*aux(i) 625]);

%gr=tf(9, [1 6\*aux(i) 9]);

sysGr=series(gr,eye(1));

sysGR=series(sysG,sysGr);

[AR,BR,CR,DR]=ssdata(sysGR);

G = C\*inv(w\_(j)\*eye(size(A))-A)\*B-D;

GR = CR\*inv(w\_(j)\*eye(size(AR))-AR)\*BR-DR;

E = (GR - G)\*inv(G);

S = svd(E);

aux3= 1/(S(1));

if aux3 <= inverro(j),

inverro(j) = aux3;

end;

end;

end;

figure(8)

semilogx(w,20\*log10(inverro),'r');

hold on;

w=linspace(0.01,0.5,1000);

semilogx(w,alfar,'r');

t=linspace(-10,alfar);

semilogx(0.5,t,'r');

w=linspace(0.01,0.7,1000);

semilogx(w,alfas,'r');

t=linspace(-10,alfas);

semilogx(0.7,t,'r');

grid;

title('Barreiras de desempenho e estabilidade');

xlabel('frequï¿½ncia');

ylabel('dB');

save barreira inverro

% %Determinaï¿½ï¿½o da barreira de estabilidade e da barreira de desempenho

figure(9);

alfar=20\*log10(0.10); %sinal de referï¿½ncia

alfad=20\*log10(0.10); %rejeiï¿½ï¿½o de perturbaï¿½ï¿½es

alfas=20\*log10(0.15); %sensibilidade a variaï¿½ï¿½es da planta

w=linspace(0.01,0.5,1000);

semilogx(w,alfar,'r--\*');%barreira do desempenho

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

d1 = semilogx(w,alfar,'r--\*');

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

hold on;

t=linspace(-50,alfar);

semilogx(0.5,t,'r--\*');

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

w=linspace(0.01,0.7,1000);

semilogx(w,alfas,'r--\*');%barreira do desempenho

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

t=linspace(-50,alfas);

semilogx(0.7,t,'r--\*');

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

sysG=ss(A,B,C,D);

w=logspace(-2,3,100);

[sv,w]=sigma(sysG,w); %valores singulares da planta nominal.

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2);

semilogx(w,20\*log10(sv));

load barreira inverro; %inverso do erro

semilogx(w,20\*log10(inverro),'black--\*');%barreira da estabilidade

h = findobj(gcf,'type','line');

set(h,'linewidth',2.5);

e = semilogx(w,20\*log10(inverro),'black--\*');%barreira da estabilidade

title('Sistema com LQG e barreiras de desempenho e estabilidade');

xlabel('frequï¿½ncia');

ylabel('dB');

legend('Desempenho robusto','Sistema com LQG','Estabilidade Robusta')

grid on;