به نام آنکه جان را فکرت آموخت

- جزوه درس آزمایشگاه کنترل خطی

مهندس شفیعی

P_SHAFIEI@ROCKETMAIL.COM

www.Jozve.org

Control lesson

فهرست مطالب

- انجام اعمال ریاضی در matlab
- بسط به کسر های جزئی
- یافتن صفرها،قطبها و بهره سیستم
- محاسبه عکس تبدیل لاپلاس
- تبدیل مدلهای ریاضی
- یافتن تابع تبدیل سیستمهای سری موازی و فیدبک
- تحلیل پاسخ گذرا
- رسم نمودار مکان هندسی ریشه ها،یافتن بهره در نقطه خاصی از مکان هندسی ریشه ها و محاسبه قطبهای تابع تبدیل حلقه بسته
- رسم نمودارهای بودی و محاسبه حدفاز حدبهره فرکانس عبور فاز و فرکانس عبور بهره و بررسی پایداری
- رسم منحنی نایکوئیست و بررسی پایداری

www.Jozve.org

عملگرهای ماتریسی

+	جمع
-	تفریق
*	ضرب
^	توان
/یا \	تقسیم

عملگرهای آرایه ای

.+	جمع آرایه ای
.-	تفریق آرایه ای
.*	ضرب آرایه ای
./ یا .\	تقسیم آرایه ای
.^	توان آرایه ای

عملگر رابطه ای

<	کوچکتر
=<	کوچکتر یا مساوی
>	بزرگتر
>=	بزرگتر یا مساوی
==	برابری را بررسی می نماید
~=	نابرابری را بررسی می نماید
=	جهت نسبت دادن بکار می رود

www.Jozve.org

عملگرهای منطقی

and	&
or	|
not	~

www.Jozve.org

کاراکترهای ویژه

تشکیل بردار یا ماتریس [ ]

تعیین الویت عملگرهای ریاضی ( )

جداکردن درایه های بردار ,

در نوشتن ماتریس در انتهای هر ردیف بجز ردیف آخر قرار می گیرد و قرار گرفتن آن در انتهای هر سطر باعث می گردد که نتیجه دستور را نشان نمی دهد ;

جداکردن سطر یا ستون در یک ماتریس و تولید بردار :

جهت توضیح یک دستور در برنامه %

www.Jozve.org

نمایش ماتریس در MATLAB

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

```
A=[1   2   3;4   5   6;7   8   9]
```

مثال

$$C=\begin{bmatrix} 1 & e^{-0.02} \\ \sqrt{2} & 3 \end{bmatrix}$$

```
C=[1   exp(-0.02);sqrt(2)    3];
```

نتیجه:

```
1     0.9802
1.4142     3
```

جمع،تفریق،ضرب و تقسیم

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 4 & 5 \\ 6 & 7 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 3 \\ 0 & 4 \end{bmatrix}$$

```
A=[2 3;4 5;6 7]
B=[1 0;2 3;0 4]
A+B
A-B
A.*B
A/B
A./B
```

مثال

x=[5;4;6]

y=x-1

z=5*x

نمایش بردار در مطلب

ماتریسی که یک سطر یا یک ستون داشته باشد بردار نام دارد.

X=[1 2 3 4 5 6];(ماتریس سطری)

یا

X=[1,2,3,4,5,6];

X=[1;2;3;4;5;6] (ماتریس ستونی)

مثال(ایجاد بردار با استفاده از:)

تولید بردار زمان از 1 تا 5 ثانیه با فاصله 1 ثانیه

t=0:1:5

تولید بردار زمان از 1 تا 3 ثانیه با فاصله زمانی 0.5 ثانیه

t=1:0.5:3

تولید بردار زمان از 5 تا 2 با گام حرکت 1-

t=5:-1:2

www.Jozve.org

ایجاد بردار با دستور(linspace , logspace

x=linspace(n1,n2,n) تولید برداری می نماید که نقطه شروع آن n1 و نقطه پایان آن n2 و تعداد درایه های بردار n می باشد.

x=logspace(d1,d2,n) تولید برداری می نماید که نقطه شروع آن 10^d1 و نقطه پایان آن 10^d2 می باشد و تعداد درایه های بردار n می باش.(درایه ها با مقیاس لگاریتمی محاسبه می گردند.)

مثال

x=linspace(-10,10,5)

x=logspace(-1,1,10)

جدانمودن سطر یا ستون از یک ماتریس یا بردار

A(:,j) عناصر ستون j ام از ماتریس A را نمایش می دهد.

A(i,:) عناصر سطر i ام از ماتریس A را نمایش می دهد.

```
A=[1  2  3; 4 5  6;7  8  9];
A(:,3)
```

نتیجه:

3

6

9

```
A(2,:)
```

نتیجه:

4 5 6

مثال 2

A(:) بردار ستونی تشکیل می دهد که از تمام عناصر ستون اول ،دوم تا آخرین ستون ماتریس A تشکیل شده است.

نتیجه:

1

4

7

2

5

8

3

6

9

مثال 3

A(2,3) عنصر موجود در سطر دوم و ستون سوم از ماتریس A را نمایش می دهد.

نتیجه:

6

مثال 4(جدا نمودن یک عنصر از بردار)

```
x=[2  4  6  8  10]
x(3)
```

نتیجه:

```
6
x([1  2  3])
```

نتیجه:

```
2  4  6
```

محاسبه ترانهاده ماتریس

A’ ترانهاده و مزدوج ماتریس را محاسبه می نماید.یعنی علاوه بر جابجایی سطرها و ستونهای ماتریس مزدوج آنها را نیز محاسبه می نماید.

A=[1.2 10 15;3 5.5 2;4 6.8 7];

A’

نتیجه:

1.2 3 4

10 5.5 6.8

15 2 7

www.Jozve.org

محاسبه اندازه و فاز و مزدوج اعداد مختلط

محاسبه اندازه	abs(z)
محاسبه فاز	angle(z)
مزدوج	conj(z)

مثال

محاسبه اندازه و فاز و مزدوج عدد مختلط A

$$A = 1 + j\sqrt{2}$$

```
A=1+j*sqrt(2)
abs(A)
angle(A)
```

مثال (نمایش ماتریس مختلط)

$$A=\begin{bmatrix} 1 & j \\ -5j & 2 \end{bmatrix}$$

```
A=[1   j;-5*j   2]
```

محاسبه ترانهاده مزدوج شده ماتریس مختلط

$$A=\begin{bmatrix} 1 & j \\ -5j & 2 \end{bmatrix}$$

```
A=[1   j;-5*j   2]
```

$$B = A'$$

نتیجه:

```
B =

   1.0000                  0 + 5.0000i
   0 - 1.0000i             2.0000
```

www.Jozve.org

محاسبه ترانهاده مزدوج نشده ماتریس مختلط

$$A=\begin{bmatrix} 1 & j \\ -5j & 2 \end{bmatrix}$$

```
A=[1   j;-5*j   2]
B=conj(A')  یا  B=A.'
```

نتیجه:

```
B =

   1.0000                  0 - 5.0000i
   0 + 1.0000i             2.0000
```

www.Jozve.org

تولید ماتریسهای ویژه

A=ones(m,n)	ماتریس m*n تولید می نماید که تمامی درایه های آن 1 می باشد.
A=ones(n)	ماتریس n*n تولید می نماید که تمامی درایه های آن 1 می باشد.
A=zeros(m,n)	ماتریس m*n تولید می نماید که تمامی درایه های آن 0 می باشند.
A=zeros(n)	ماتریس n*n تولید می نماید که تمامی درایه های آن 0 می باشند.

ماتریس واحد

I=eye(n) ماتریس n*n تولید می نماید که عناصر روی قطر اصلی 1 و عناصر روی قطر فرعی 0 می باشند.بعبارت دیگر ماتریس واحد تولید می نماید.

مثال

تولید ماتریس 3*3 واحد

A=eye(3)

تولید ماتریس 1 با ابعاد 3*5

B=ones(3,5)

تولید ماتریس 0 با ابعاد 3*5

C=zeros(3,5)

تولید ماتریس قطری

اگر X یک بردار باشد، diag(X) ماتریس قطری تولید می نماید که عناصر روی قطر اصلی آن عناصر بردار می باشند.

اگر X یک ماتریس قطری باشد، diag(X) برداری تولید می نماید که درایه های آن عناصر روی قطر اصلی ماتریس می باشند.

مثال

عناصر روی قطر اصلی ماتریس A را نمایش دهید.

$$A=\begin{bmatrix}1 & 2 & 3\\ 4 & 5 & 6\\ 7 & 8 & 9\end{bmatrix}$$

```
A=[1  2  3;4  5  6;7 8 9]
diag(A)
```

مثال

ماتریسی5*5 را نمایش دهید که عناصر روی قطر اصلی آن 1و بقیه عناصر 0 باشند.

```
A=ones(1,5)
C=diag(A)
```

یا

```
C=eye(5)
```

محاسبه ریشه های چند جمله ای

$$s^3+6s^2+11s+6=0$$

```
roots([1  6  11  6])
```

بدست آوردن معادله مشخصه از روی ریشه ها

r=[-3 -2 -1]

q=poly(r)

نتیجه:

q=1 6 11 6

ضرب چندجمله ایها

$$a = 3s^4 + 10s^3 + 25s^2 + 36s + 50$$

$$b = s^2 + 2s + 10$$

```
a=[3   10   25   36   50];
b=[1   2   10];
c=conv(a,b)
```

نتیجه:

```
c=3    16   75   186  372  460  500
```

تقسیم دو چندجمله ای

```
a=[3   10  25 36  50];
b=[1 2  10];
[q,r]=deconv(a,b) (q خارج قسمت و r  باقیمانده)
```

نتیجه:

```
q=3  4   -13
r=0   0   0   22   180
```

رسم منحنی 2 بعدی

plot(x,y) مقادیر y را بر حسب مقادیر x رسم می نماید.

plot(x,y,’ ‘) نوع خط را مشخص می نماید.

. نقطه + علامت جمع *ستاره o دایره - توپر -- خط چین

: نقطه چین .- خط نقطه

رنگهای قابل استفاده

r قرمز g سبز b آبی w سفید y زرد m ارغوانی c آبی آسمانی

مثال

```
t=0:0.1:5;
y=sin(2*t);
plot(t,y)
```

رسم چند منحنی بر روی یک نمودار

plot(x1,y1,x2,y2,x3,y3,.....,xn,yn)

یا استفاده از دستور hold on یا hold

```
t=0:0.1:5;
y1=sin(t);
y2=sin(2*t)
plot(t,y1,t,y2)
```

یا

```
plot(t,y1)
hold on
plot(t,y2)
```

www.Jozve.org

شبکه ای کردن شکل grid

عنوان دادن به شکل title

عنوان دادن به محور x xlabel(‘ ‘)

عنوان دادن به محور y ylabel(‘ ‘)

نوشتن متن در مختصات (x,y)بر روی منحنی text(x,y,’ ‘)
یا gtext(‘ ‘)

اگر بخواهیم منحنی در ناحیه مشخص شده رسم شود.

v=[xmin xmax ymin ymax];
axis(v)

رسم منحنی 3 بعدی

```
plot3(x,y,z)

t=0:0.1*pi:6*pi;
x=cos(t);
y=sin(t);
z=t;
plot3(x,y,z)
xlabel('cos')
ylabel('sin')
zlabel('time')
```

بسط به کسر های جزئی

$$\frac{B(s)}{A(s)} = \frac{num}{den} = \frac{b_0 s^n + b_1 s^{n-1} + \ldots\ldots + b_n}{a_0 s^m + a_1 s^{m-1} + \ldots\ldots + a_m}$$

num=[bo b1 ..... bn];

den=[ao a1 .....am];

[r,p,k]=residue(num,den) r صورت کسر ها p قطبها وk خارج قسمت

مثال

$$\frac{B(s)}{A(s)} = \frac{2s^3 + 5s^2 + 3s + 6}{s^3 + 6s^2 + 11s + 6}$$

```
num=[2 5 3 6];
den=[1 6 11 6];
[r,p,k]=residue(num,den)
```

www.Jozve.org

مثال

$$\frac{B(s)}{A(s)} = \frac{s^2+2s+3}{s^3+3s^2+3s+1}$$

```
num=[1   2   3];
den=[1   3   3   1];
[r,p,k]=residue(num,den)
```

بدست آوردن تابع تبدیل از روی ضرایب کسرهای جزئی

[num,den]=residue(r,p,k)

printsys(num,den) یا tf(num,den)

مثال

```
r=[1;0;2];
p=[-1;-1;-1];
k=0;
[num,den]=residue(r,p,k)
tf(num,den)
```

یافتن صفرها و قطبها

[z,p,k]=tf2zp(num,den)

صفرها: z

قطبها: p

بهره: k

مثال

$$\frac{B(s)}{A(s)} = \frac{4s^2+16s+12}{s^4+12s^3+44s^2+48s}$$

```
num=[4  16  12];
den=[1  12  44  48];
[z,p,k]=tf2zp(num,den)
```

www.Jozve.org

مثال

$$\frac{B(s)}{A(s)} = \frac{5s^3 + 30s^2 + 55s + 30}{s^3 + 9s^2 + 33s + 65}$$

```
num=[5  30  55 30];
den=[1  9  33  65];
[z,p,k]=tf2zp(num,den)
```

www.Jozve.org

بدست آوردن تابع تبدیل از روی صفرها،قطبها و بهره

[num,den]=zp2tf(z,p,k)

printsys(num,den) یا tf(num,den)

مثال

```
z=[-1;-3];
p=[0;-2;-4;-6];
k=4;
[num,den]=zp2tf(z,p,k)
tf(num,den)
```

مثال

```
z=[-1;-2;-3];
p=[-2+3*j;-2-3*j;-5];
k=5;
[num,den]=zp2tf(z,p,k)
tf(num,den)
```

مثال(بدست آوردن تابع تبدیل از روی صفرها ،قطبها و بهره)

الف)صفر نداریم.قطبها در -1+2j,-1-2j قرار دارند.k=10

ب)یک صفر در 0 داریم.قطبها در -1+2j,-1-2j قرار دارند.k=10

ج)یک صفر در -1 داریم.قطبها در -2,-4,-8 قرار دارند.k=12

```
p=[-1-2*j;-1+2*j];
z=[];
k=[10]
[num,den]=zp2tf(z,p,k)
```

بدست آوردن عکس تبدیل لاپلاس

$$\frac{B(s)}{A(s)} = \frac{s^5 + 8s^4 + 23s^3 + 35s^2 + 28s + 3}{s^3 + 6s^2 + 8s}$$

```
syms  s

x=(s^5+8*s^4+23*s^3+35*s^2+28*s+3)/(s^3+6*s^2+8*s)

ilaplace(x)
```

نتیجه:

```
ans =

1/(4*exp(2*t)) + 3/(8*exp(4*t)) + 3*dirac(t) + 2*dirac(t, 1) + dirac(t, 2) +
3/8
```

مثال(عکس تبدیل لاپلاس)

$$\frac{B(s)}{A(s)} = \frac{2}{s^5 + 2s^4 + 10s^3}$$

```
syms s
x=2/(s^5+2*s^4+10*s^3)
ilaplace(x)
```

تبدیل مدلهای ریاضی

[a,b,c,d]=tf2ss(num,den) تبدیل تابع تبدیل به فضای حالت

[num,den]=ss2tf(a,b,c,d) تبدیل فضای حالت به تابع تبدیل در سیستمهای تک ورودی

[num,den]=ss2tf(a,b,c,d,iu) تبدیل فضای حالت به تابع تبدیل در سیستمهای چند ورودی (iuشماره ورودی مورد نظر رابیان می نماید)

مثال(تبدیل تابع تبدیل به فضای حالت)

$$x = \frac{10\,s + 10}{s^3 + 6\,s^2 + 5\,s + 10}$$

```
num=[10  10];
den=[1   6   5  10];
[a,b,c,d]=tf2ss(num,den)
ss(a,b,c,d)
```

مثال(تبدیل فضای حالت به تابع تبدیل)

$$\begin{bmatrix} x_1' \\ x_2' \\ x_3' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -5/008 & -25/1026 & -5/03247 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 25/04 \\ -121/005 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

```
a=[0  1  0;0  0  1;-5.008 -25.1026  -5.03247];
b=[0;25.04;-121.005];
c=[1 0 0];
d=[0];
[num,den]=ss2tf(a,b,c,d)
tf(num,den)
```

مثال (بدست آوردن تابع تبدیل از روی فضای حالت در سیستم چندورودی)

$$\begin{bmatrix} x_1' \\ x_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

```
a=[0  1;-2  -3];
b=[1  0;0  1];
c=[1   0];
d=[0   0];
[num,den]=ss2tf(a,b,c,d,1)
tf(num,den)
[num,den]=ss2tf(a,b,c,d,2)
tf(num,den)
```

www.Jozve.org

مثال

$$\begin{bmatrix} x_1' \\ x_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -25 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

```
a=[0  1;-25  -4];
b=[1  1;0   1];
c=[1   0;0   1];
d=[0   0;0   0];
[num,den]=ss2tf(a,b,c,d,1)
printsys(num,den)
[num,den]=ss2tf(a,b,c,d,2)
printsys(num,den)
```

www.Jozve.org

یافتن تابع تبدیل سری موازی و فیدبک داربر حسب تابع تبدیل

اتصال سری

```
[nums,dens]=series(num1,den1,num2,den2)
```

اتصال موازی

```
[nump,denp]=parallel(num1,den1,num2,den2)
```

تفریق کننده

```
[nump,denp]=parallel(num1,den1,-num2,den2)
```

اتصال فیدبک منفی

```
[numf,denf]=feedback(num1,den1,num2,den2);
```

اتصال فیدبک مثبت

```
[numf,denf]=feedback(num1,den1,num2,den2,+1);
```

یافتن فضای حالت و تابع تبدیل سری موازی و فیدبک داربر حسب فضای حالت

اتصال سری

```
sys1=ss(A1,B1,C1,D1);
sys2=ss(A2,B2,C2,D2);
syss=series(sys1,sys2)
tf(syss)
```

اتصال موازی

```
sysp=parallel(sys1,sys2)
tf(sysp)
```

تفریق کننده

```
sysp=parallel(sys1,-sys2)

tf(sysp)
```

اتصال فیدبک منفی

```
sysf=feedback(sys1,sys2);
tf(sysp)
```

اتصال فیدبک مثبت

```
sysf=feedback(sys1,sys2,+1);
tf(sysf)
```

example

- تابع تبدیل سری موازی فیدبک دار

$$G_1(s) = \frac{10}{s^2 + 2s + 10}$$

$$G_2(s) = \frac{5}{s + 5}$$

```
num1=[10];
den1=[1 2 10];
num2=[5];
den2=[1  5];
[nums,dens]=series(num1,den1,num2,den2);
tf(nums,dens)
[nump,denp]=parallel(num1,den1,num2,den2);
tf(nump,denp)
[numf,denf]=feedback(num1,den1,num2,den2);
tf(numf,denf)
```

www.Jozve.org

Example(یافتن فضای حالت سری موازی و فیدبک)

```
A1=[-2  -10;1  0];
B1=[1;0];
C1=[0    1];
D1=[0];
A2=[-5];
B2=[1];
C2=[5];
D2=[0];
sys1=ss(A1,B1,C1,D1);
sys2=ss(A2,B2,C2,D2);
syss=series(sys1,sys2);
tf(syss)
sysp=parallel(sys1,sys2);
tf(sysp)
Sysf=feedback(sys1,sys2);
tf(sysf)
```

تبدیل مدلهای ریاضی با matlab

- تابع تبدیل به فضای حالت
- [A,B,C,D]=tf2ss(num,den);
- فضای حالت به تابع تبدیل
- [num,den]=ss2tf(A,B,C,D);
- فضای حالت به تابع تبدیل در سیستم های چند ورودی
- [num,den]=ss2tf(A,B,C,D,iu);

شماره ورودی:iu

example1

- فضای حالت مربوط به سیستم زیر را بدست آورید؟

$$\frac{C(S)}{R(S)} = \frac{s}{s^3 + 14s^2 + 56s + 160}$$

```
num=[1 0];
den=[1 14 56 160]
[A,B,C,D]=tf2ss(num,den);
 ss(A,B,C,D)
```

Example 2

- تابع تبدیل مربوط به سیستم زیر را بدست آورید؟

$$\begin{bmatrix} x_1' \\ x_2' \\ x_3' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -5 & -25 & -5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 25 \\ -120 \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

www.Jozve.org

```
A=[0 1 0;0 0 1;-5 -25 -5];
B=[0;25;-120];
C=[1 0 0];
D=[0];
[num,den]=ss2tf(A,B,C,D);
 tf(num,den)
```

Example 3

تبدیل فضای حالت به تابع تبدیل
تعداد ستونهای B:تعداد ورودی
تعداد سطرهای C:تعداد خروجی

```
A=[0 1;-25 -4];
B=[1 1;0 1];
C=[1 0;0 1];
D=[0 0;0 0];
[num,den]=ss2tf(A,B,C,D,1);
Printsys(num,den)
[num,den]=ss2tf(A,B,C,D,2);
Printsys(num,den)
```

تحلیل پاسخ گذرا(پاسخ به ورودی پله)

در تابع تبدیل

step(num,den)

step(num,den,t)

[y,x,t]=step(num,den),plot(t,y)

[y,x,t]=step(num,den,t),plot(t,y)

پاسخ به ورودی پله در فضای حالت

step(A,B,C,D)

step(A,B,C,D,iu)

step(A,B,C,D,iu,t)

[y,x,t]=Step(A,B,C,D),plot(t,y)

[y,x,t]= Step(A,B,C,D,iu),plot(t,y)

[y,x,t]= Step(A,B,C,D,iu,t),plot(t,y)

example4

پاسخ به ورودی پله

```
A=[-1 -1;6.5 0];
B=[1 1;1 0];
C=[1 0;0 1];
D=[0 0;0 0];
Step(A,B,C,D)
Step(A,B,C,D,1)
```

توصیف سیستم مرتبه دوم

$$\frac{C(S)}{R(S)} = \frac{1}{s^2 + 2\varepsilon\omega s + \omega^2}$$

$$[num, den] = ord2(\omega, \varepsilon)$$

Example 5

- پاسخ به ورودی پله در سیستم مرتبه دوم استاندارد با $\varepsilon = 0.4\ \omega = 5$

```
[num,den]=ord2(5,0.4);
num1=25*num;
Step(num1,den)
```

example6

پاسخ پله

به ازای مقادیر مختلف

$$\frac{C(S)}{R(S)} = \frac{1}{s^2 + 2\varepsilon\omega s + \omega^2}$$

$$\varepsilon = 0,0.2,0.4,0.6,0.8,1$$

$$\omega = 1$$

```
t=0:0.2:10;
zeta=[0  0.2  0.4  0.6  0.8  1];
for  i=1:6
[num,den]=ord2(1,zeta(i));
 [y(:,i),x,t]=step(num,den,t)
end
plot(t,y)
Xlabel('time'),ylabel('response'),gtext('\zeta=0'),gtext('0.2'
),gtext('0.4'),gtext('0.6'),gtext('0.8'),gtext('1');
Mesh(t,zeta,y');
Xlabel('time'), ylabel('\zeta'),zlabel('response');
```

Example(محاسبه زمان صعود،اوج،نشست و فراجهش)

```
num=[25];
den=[1   6   25];
t=0:0.005:5;
[y,x,t]=step(num,den,t);plot(t,y);
r=1;while   y(r)<=1
r=r+1;
end
rise_time=(r-1)*0.005
[ymax,g]=max(y);
overshoot=ymax-1
Peak_time=(g-1)*0.005;
s=1001;
while     y(s)>0.98 & y(s)<1.02
s=s-1;
end
Settling_time=(s-1)*0.005
```

پاسخ ضربه

در تابع تبدیل

```
impulse(num,den)
impulse(num,den,t)
[y,x,t]=impulse(num,den),plot(t,y)
[y,x,t]=impulse(num,den,t),plot(t,y)
```

در فضای حالت

```
impulse(A,B,C,D)
impulse(A,B,C,D,iu)
impulse(A,B,C,D,iu,t)
[y,x,t]=impulse(A,B,C,D),plot(t,y)
[y,x,t]=impulse(A,B,C,D,iu),plot(t,y)
[y,x,t]=impulse(A,B,C,D,iu,t),plot(t,y)
```

Example(پاسخ ضربه سیستم در فضای حالت)

```
A=[0 1;-1 -1];
B=[0;1];
C=[1 0];
D=[0];
impulse(A,B,C,D);
grid
title('unit impulse response')
```

Example(پاسخ ضربه در تابع تبدیل)

```
num=[1];
den=[1 0.2 1];
t=0:0.1:5;
impulse(num,den,t)
grid
title('unit impulse response')
```

پاسخ به ورودی دلخواه

تابع تبدیل

```
lsim(num,den,r,t)
y=lsim(num,den,r,t),plot(t,y)
```

فضای حالت

```
lsim(A,B,C,D,r,t)
y=lsim(A,B,C,D,r,t),plot(t,y)
```

Example(پاسخ به ورودی شیب)

```
num=[1];
den=[1   1   1];
t=0:0. 1:10;
r=t;
y=lsim(num,den,r,t);
plot(t,r,'o',t,y,'.-');
xlabel('time');
ylabel('ramp response');
title('unit ramp response')
```

example

- پاسخ به ورودی exp(-t)

```
A=[-1  0.5;-1   0];
B=[0;1];
C=[1    0];
D=[0];
t=0:0. 1:10;
r=exp(-t);
y=lsim(A,B,C,D,r,t);
plot(t,y,'*',t,r,':');
grid
title('exponential response');
xlabel('time');
ylabel('response')
```

uâU ?? k??âa? ? ??U ? ?â? ? ??G
simulink

?â??t A??t

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

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

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

?â Ø? ?â?? Ât ? ??ø i ??âg ?? ??â? ?? k??? ??G ? â? k

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

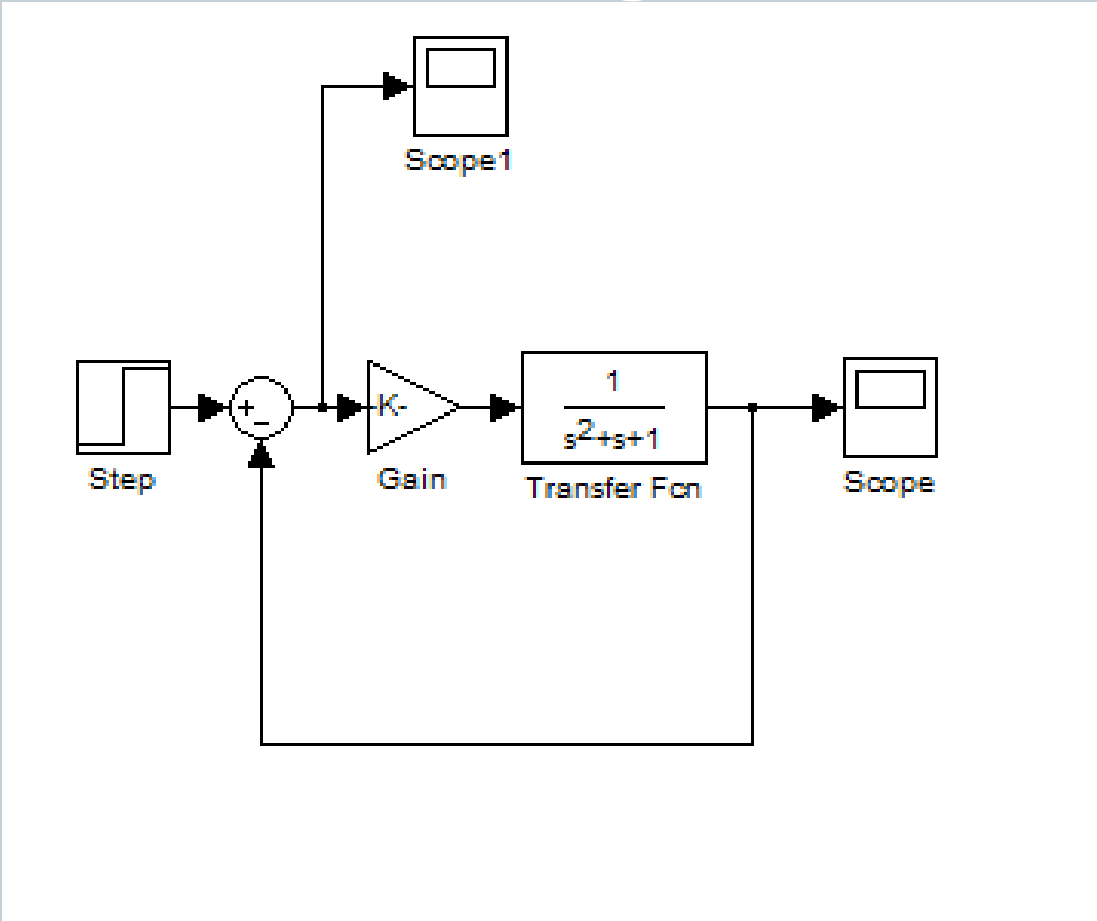
$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)}$$

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

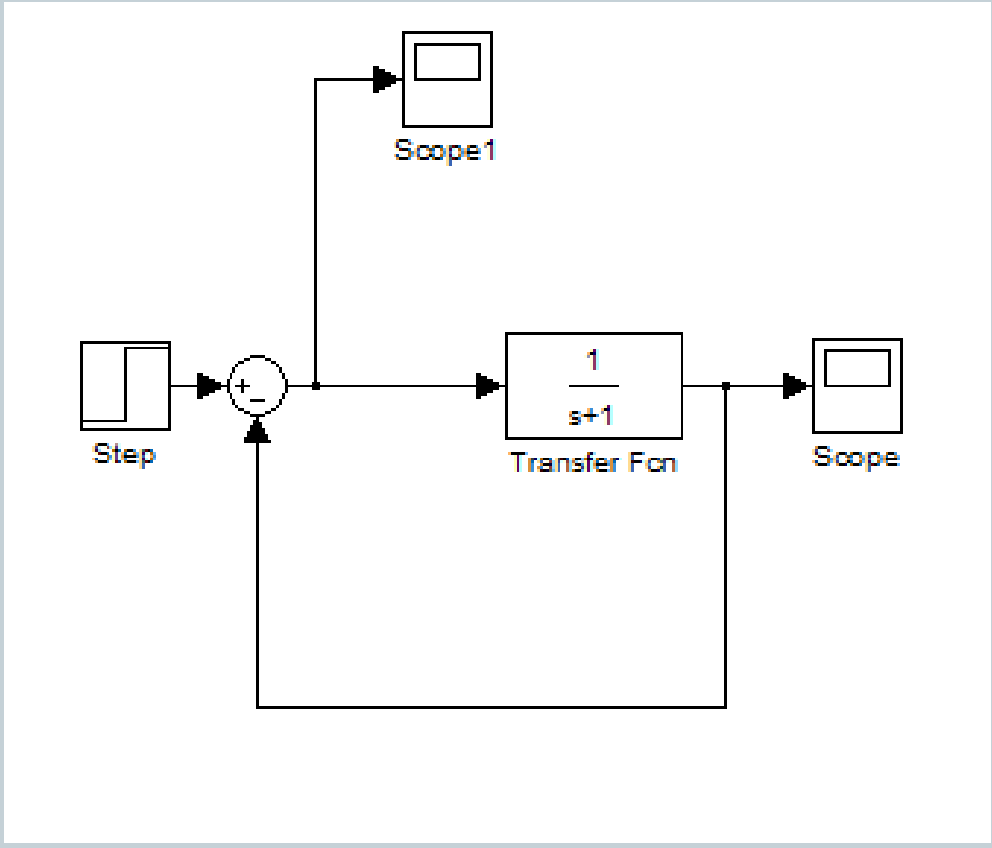
$$G(s) = \frac{1}{s^3(s+1)}$$

www.Jozve.org

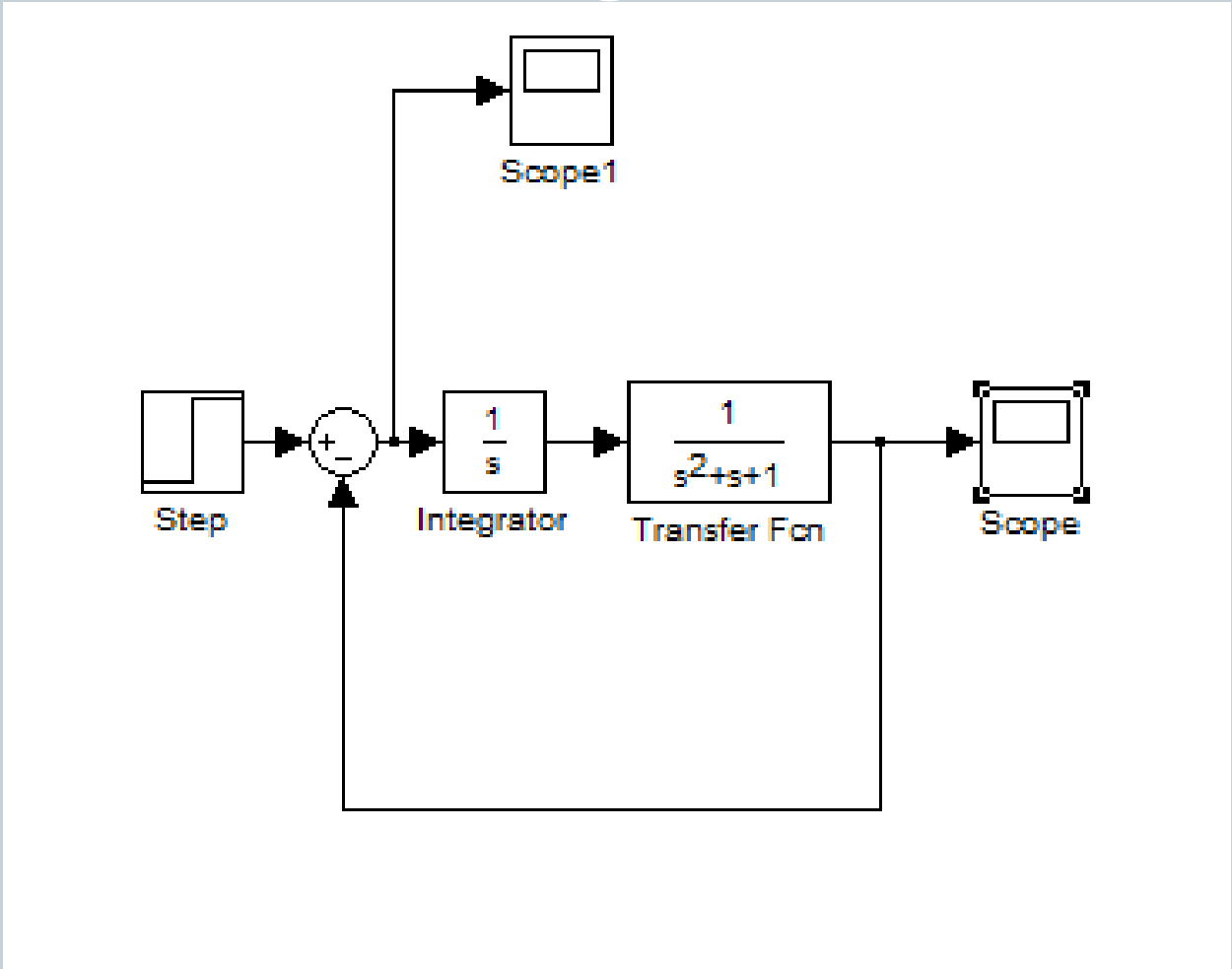
تاثیر بهره در تحلیل خطا(کنترل کننده تناسبی)باعث کاهش خطا(صفر نمی گردد) و افزایش سرعت و اورشوت و در پایداری بی تاثیر



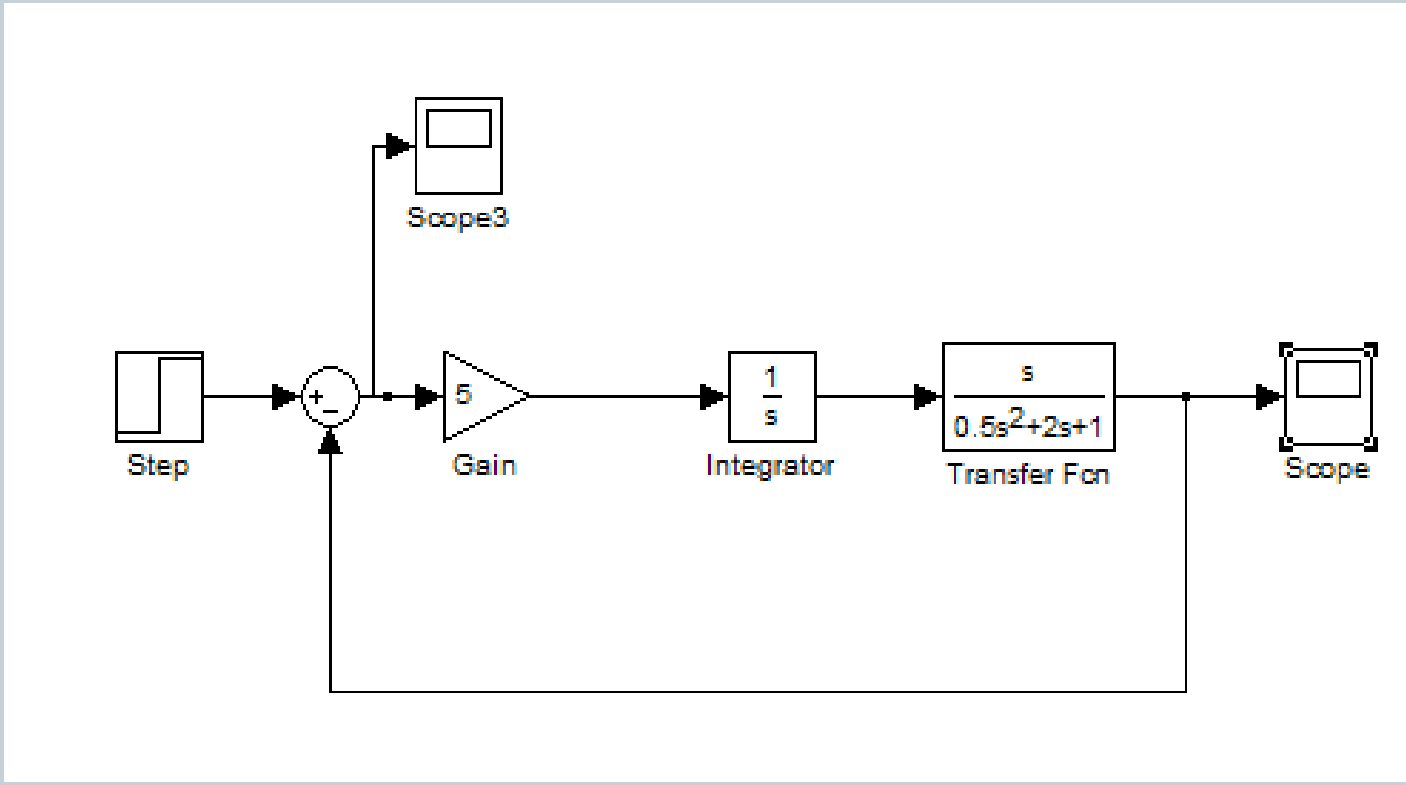
تاثیر انتگرالگیر در پاسخ به ورودی پله (کاهش خطاو کاهش سرعت و افزایش اورشوت و نوسانی شدن و ناپایداری سیستم)



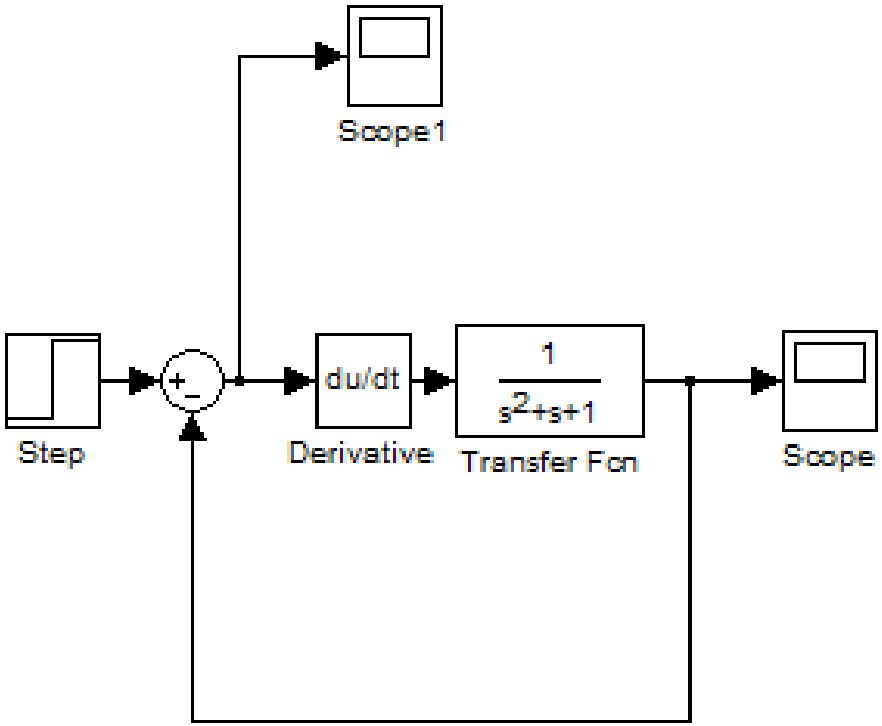
تاثیر انتگرالگیر در پاسخ به ورودی پله (**کاهش خطا** و افزایش اورشوت و **نوسانی شدن و ناپایداری سیستم**)



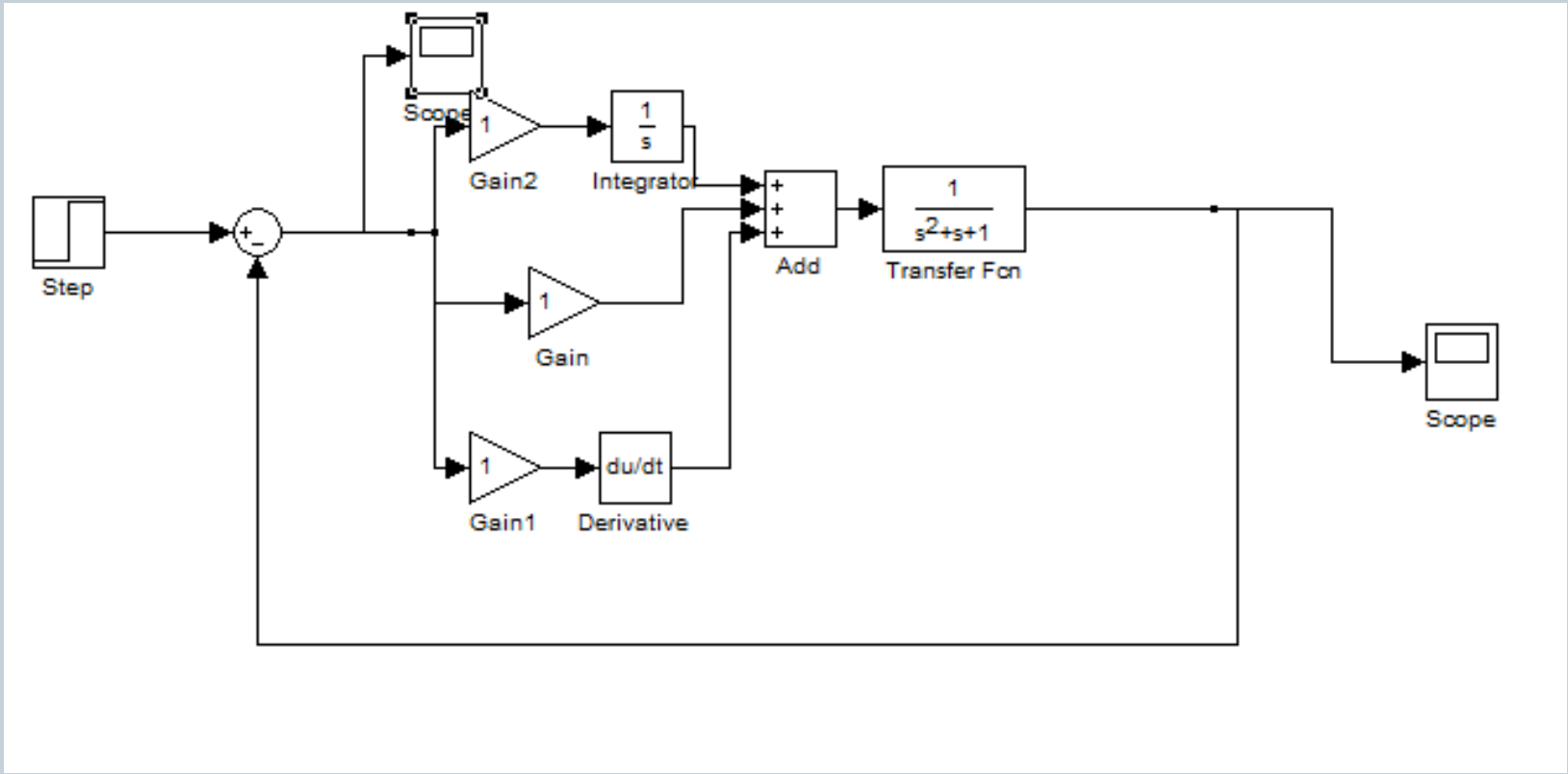
تاثیر کنترلر PIبا افزایش p
افزایش نوسانات و کاهش سرعت و افزایش اورشوت و مرز ناپایداری



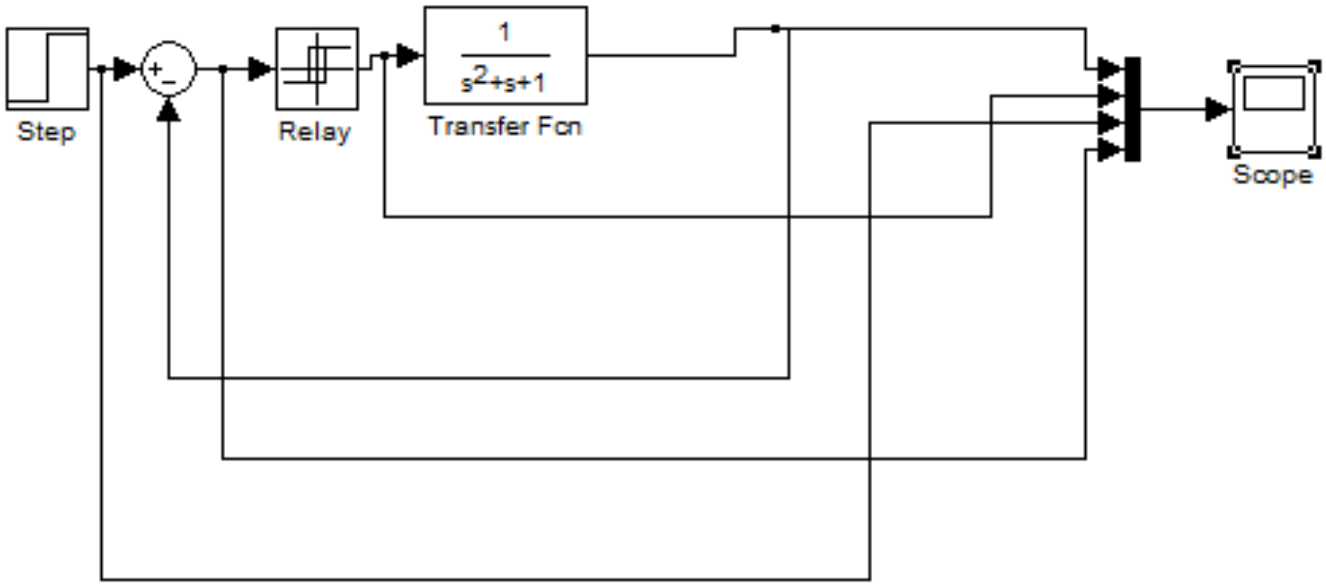
تاثیر مشتق گیر در پاسخ به ورودی پله (**افزایش خطا** و کاهش اورشوت و **افزایش سرعت و پایداری سیستم**)



تاثیر کنترلر PID



کنترل کننده سیستم درجه 2 با استفاده از رله



پاسخ به شرایط اولیه رهیافت فضای حالت

- [y,x]=initial(A,B,C,D,[initial condition],t),plot(t,y)

example

```
t=0:0.1:10;
A=[0   1   0;0   0   1;-10   -17  -8];
B=[0;0;0];
C=[1   0  0];
D=[0];
[y,x]=initial(A,B,C,D,[2;1;0.5],t)
plot(t,y)
```

رسم مکان هندسی ریشه ها

تابع تبدیل

rlocus(num,den)

rlocus(num,den,k)

فضای حالت

rlocus(A,B,C,D)

rlocus(A,B,C,D,k)

example

مکان هندسی ریشه ها

$$\frac{s+3}{s(s+1)(s^2+4s+16)}$$

```
num=[1  3];
den=conv([1 1 0],[1 4 16]);
roots(den)
rlocus(num,den);
v=[-6  6 -6  6];
axis(v)
```

یافتن بهره در نقطه خاصی از مکان هندسی ریشه ها

```
num=[1];
den=conv([1  0.5],[1  0.6  10]);
roots(den);
rlocus(num,den)
v=[-6  6 -6   6];
axis(v)
[k,r]=rlocfind(num,den)
```

مکان هندسی ω , ζ ثابت

sgrid([zeta],[wn])

example

```
num=[1];
den=[ 1   4   5  0];
rlocus(num,den);
v=[-6   6   -6   6];
axis(v);
sgrid([0.5 ,0,0.707],[0.5,1,2]);
```

یافتن قطبهای حلقه بسته با نسبت میرایی0.5و محاسبه بهره در آنها

```
clc
clear all
close all
num=[1];
den=conv([1 0],[1 4 5]);
rlocus(num,den);
v=[-6 6 -6 6];
axis(v);
sgrid([0.5],[]);
[k,r]=rlocfind(num,den)
```

رسم نمودارهای بوده با matlab

در تابع تبدیل

```
bode(num,den)
bode(num,den,w)
w=logspace(d1,d2,n);
[mag,phase,w]= bode(num,den)
[mag,phase,w]=bode(num,den,w)
magdb=20*log10(mag)
Semilogx(w,magdb)
```

رسم نمودارهای بوده با matlab

در فضای حالت

```
bode(A,B,C,D)
bode(A,B,C,D,w)
bode(A,B,C,D,iu,w)
w=logspace(d1,d2,n);
[mag,phase,w]= bode(A,B,C,D)
[mag,phase,w]=bode(A,B,C,D,w)
[mag,phase,w]=bode(A,B,C,D,iu,w)
magdb=20*log10(mag)
Semilogx(w,magdb)
```

محاسبه حدفاز،حد بهره،فرکانس عبور بهره و فرکانس عبور فاز

[Gm,Pm,Wp,Wg] = margin(sys)

Gm:حدبهره

Pm=حدفاز

Wg=فرکانس عبور بهره

Wp=فرکانس عبور فاز

example(دیاگرام بودی)

```
num=[25];
den=[1 4 25];
w=logspace(-1,2,50);
[mag,phase,w]=bode(num,den,w);
magdb=20*log10(mag);
subplot(1,2,1),semilogx(w,magdb);
grid
Subplot(1,2,2),semilogx(w,phase);
grid
title('bode diagram');
[gm,pm,wp,wg]=margin(num,den)
```

رسم دیاگرام نایکوئیست

درتابع تبدیل

nyquist(num,den)

nyquist(num,den,w)

در فضای حالت

nyquist(a,b,c,d)

nyquist(a,b,c,d,w)

nyquist(a,b,c,d,iu,w)

(رسم دیاگرام نایکوئیست)example

```
num=[1];
den=[1   0.8    1];
roots(den)
nyquist(num,den)
```

Example(رسم دیاگرام نایکوئیست در فیدبک مثبت)

```
num=[-1 -4 -6];
den=[1  5   4];
roots(den)
nyquist(num,den)
```