پروژه پایانی

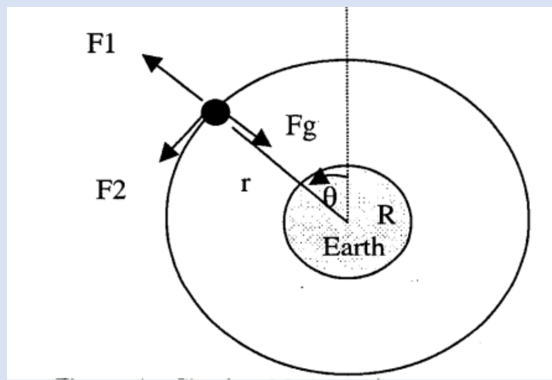
کنترل مدرن

Mohammad Ali Amiri

Student Number: 97411126

خلاصه مقاله

کنترل کننده مدار برای ماهواره ارتباطی، این مقاله تلاش دارد کنترل ارتفاع ماهواره به ویژه ماهواره ای که برای ارتباطات جهانی در مدار ثابت زمین از آن استفاده می شود را بررسی کند. هدف از این کار تکامل یک طرح مبتنی بر مدل سازی و شبیه سازی کنترل کننده مدار برای ماهواره ای است که به مدار دایره ای می چرخد. برای این کار به درک مکانیکی سیستم احتیاج داریم.



بر اساس شکل بالا داریم که

$$F_1 + F_2 + F_g = \mathrm{Md}r^2/\mathrm{d}t^2 = \mathrm{M}d^2/\mathrm{d}t^2\left[r(t)re^{j\theta(t)}\right]$$

که ازین معادله نهایت چنین در می آید که

$$F_1 = M\ddot{r} - Mr\dot{\theta}^2 + \frac{gMR^۲}{r^۲}$$

$$F_2 = 2M\dot{r}\dot{\theta} + Mr\dot{\theta}$$

و با تغییر متغیر های زیر

$$\tau = t / (R/g)^{1/2};\ \ \rho = r / R;\ \ u_1 = F_1 / (Mg);$$
$$u_2 = F_2 / (Mg)$$

به فضای حالت زیر میرسیم.

$$x_1' = x_۳$$

$$x_2{}' = x_۴$$

$$x_3' = x_1 x_4^2 - \frac{1}{x_1^{۲}} + u_۱$$

$$x_4' = -\frac{2x_3 x_۴}{x_۱} + \frac{1}{x_۱} u_۲$$

و پس از خطی سازی به ماتریس زیر میرسیم.

$$\begin{bmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \bar{x}_4^2 + 2/\bar{x}_1^3 & 0 & 0 & 2\bar{x}_1\bar{x}_4 \\ 0 & 0 & 2\bar{x}_4/\bar{x}_1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1/x_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u1 \\ u2 \end{bmatrix}$$

که مقادیر $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{x}_4$ مقادیر حالت تعادل هستند که x2 = x3 = 0 میباشد و x4 = 0.05873 و x1 بستگی به فاصله مدار از زمین دارد. که در اینجا برای راحتی آن را 1 فرض میکنیم.

سوال ۲:

در خلاصه آمده

سوال ۳ و ۴:

خطی سازی در خلاصه آمده و معادلات فضای حالت به صورت زیر می باشد

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2.0587 & 0 & 0 & 0.1175 \\ 0 & 0 & 0.1175 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

و جون هدف کنترل r فاصله از زمین است y = p*R = x1*R که R شعاع کره زمین است و برابر با 6376km میباشد.

$$y = c\begin{bmatrix} 6376 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} X$$

```
r_A =

     4


r_B =

     3
```

که همانطور که مشاهده می کنید این سیستم کنترل پذیر می باشد و قابلیت طراحی فیدبک حالت را دارد، اما مشاهده پذیر نمی باشد و نمی توان تخمین گر حالت کامل برای آن طراحی کرد.

مشخصات ماتریس تفکیک شده رویت پذیر و ناپذیر به صورت زیر است.

```
Abar =

         0    1.0000         0         0
         0         0    0.1175         0
         0    0.1175         0    2.0587
         0         0    1.0000         0
```

```
Bbar =

     0     0
     0     1
     1     0
     0     0
```

```
Cbar =

           0           0           0        6378
```

```
T =

     0     1     0     0
     0     0     0     1
     0     0     1     0
     1     0     0     0
```

قطب های سیستم به صورت زیر میباشند.

```
ans =

         0
   -1.4396
    1.4396
    0.0000
```

سوال ۵:

چون قطب مشاهده ناپذبر داریم، در نتیجه سیستم مینیمال نیست.

سیستم مینیمال ماتریسی به صورت زیر میشود.

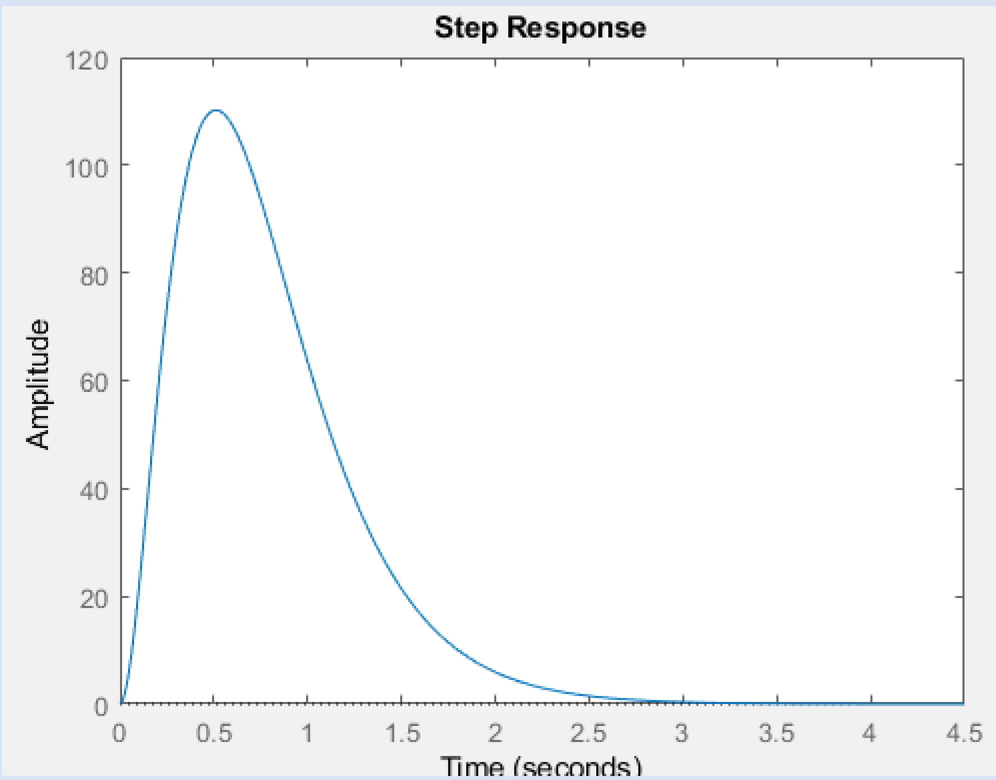
```
A_m =

         0    0.1175         0
    0.1175         0    2.0587
         0    1.0000         0


B_m =

     0     1     0
```

```
C_m =

           0           0        6378
```

سوال ۶:

فیدبک حالت را به گونه ای تعریف می کنیم که قطب ها را در [-5,-3,-4] قرار دهد.(S6.m)

سیگنال خروجی به صورت زیر می شود.



ضریب k به صورت زیر میباشد

```
k =

 -510.5208    13.0000   122.0587
```

صورت یک ریشه صفر دارد و مخرج

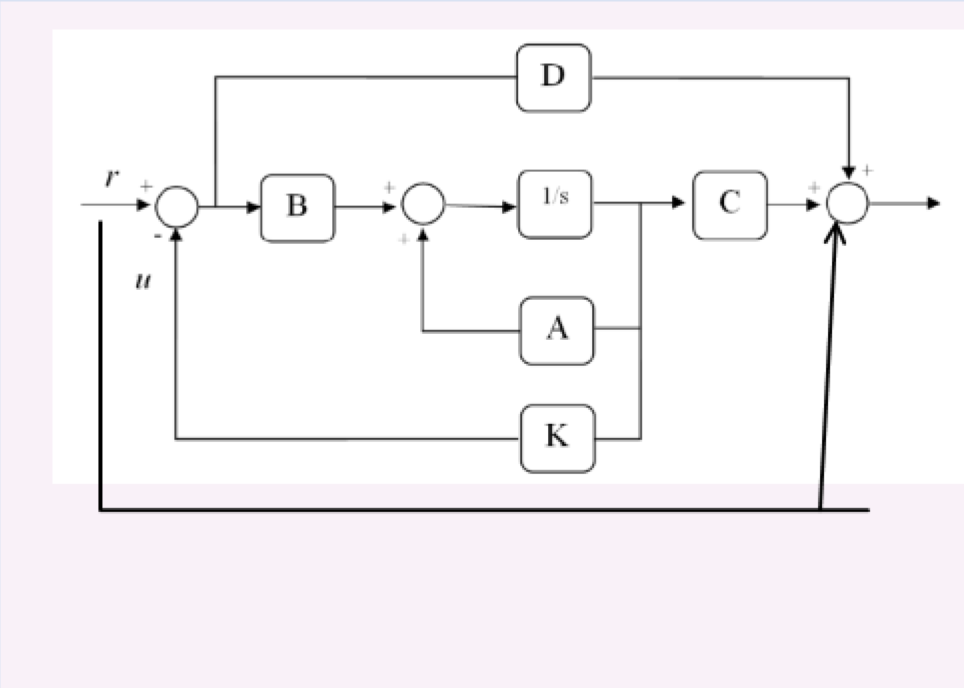
```
ans =

   -5.0000
   -4.0000
   -3.0000
```

سوال ۷:

در این سیستم با توجه به اینکه صورت فقط یک عبارت دارد و آن هم 6347s است، قابلیت طراحی ردیاب استاتیک وجود ندارد و با هر ضریب p سیستم به صفر میل میکند.

```
n_d =

   1.0e+03  *

         0          0     6.3780          0


d_d =

    1.0000     9.0000    20.0000    12.0000
```

که راه کار آن بسیار ساده است. جکع کردن مستقیم ورودی به خرووجی



و خروجی ، ورودی را دنبال می کند.

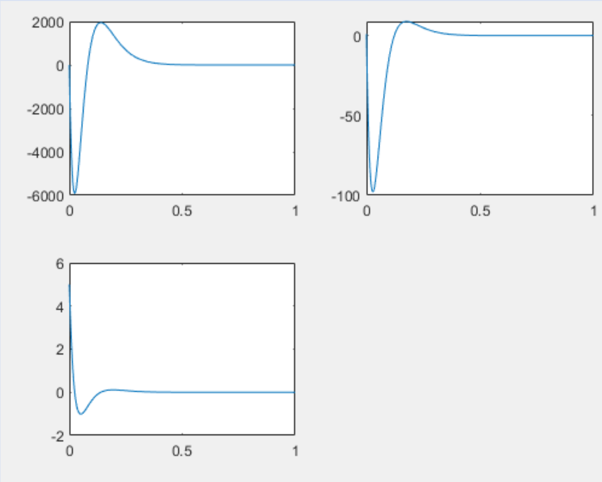
سوال ۸:

به علت مشکل سوال قبل در این سوال نیز امکان طراحی وجود ندارد

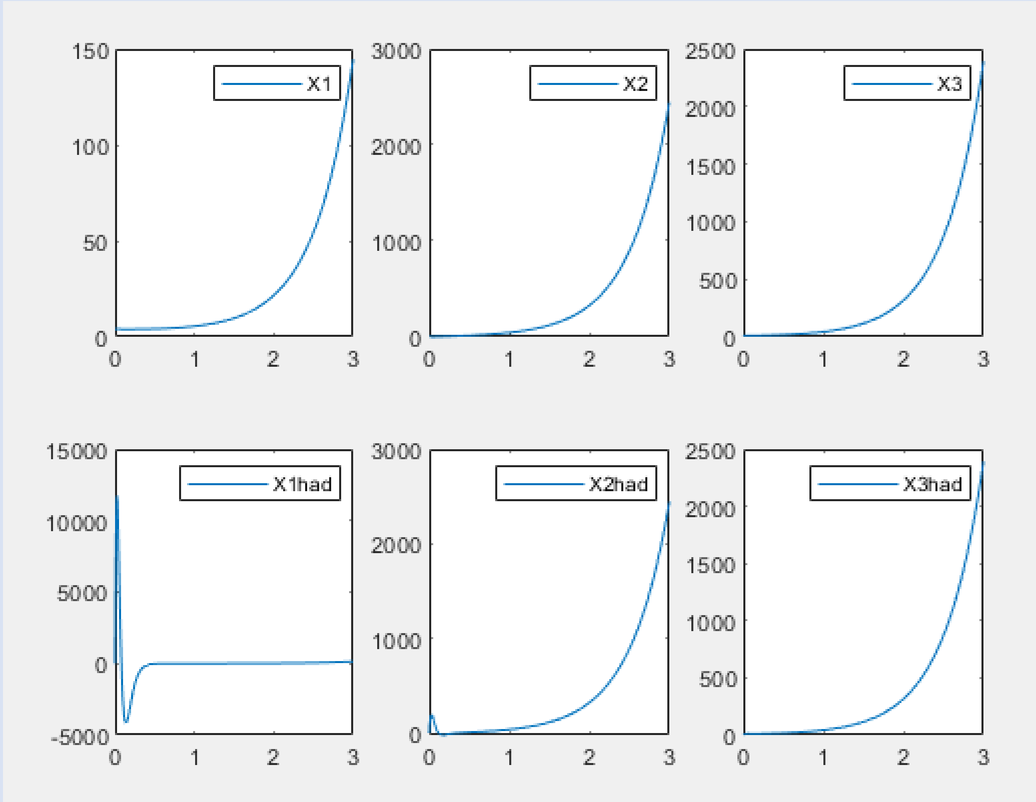
سوال ۹:

قطب های تخمین گر را ۵ برابر دورتر قرار میدهیم زیرا که بعد از آن با همینا فیدبک حالت میسازیم نیازی نباشه کد تغییر بدیم.

و قطب ها را در [20,-30,-25-] قرار میدهیم.



فضای حالت رسم شده(S9.m , FS9.m) در این شبیه سازی از حل ode45 استفاده کرده ام



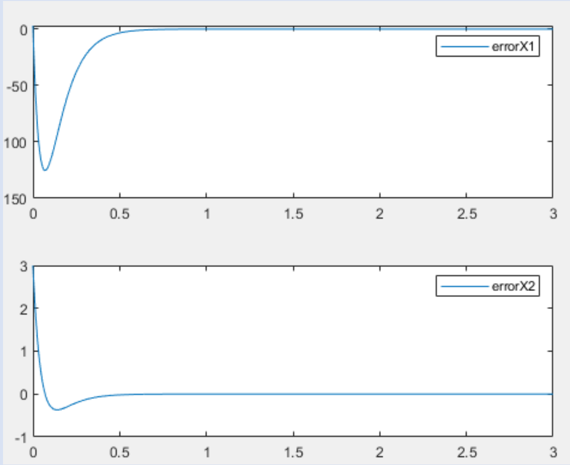
و این نیز متغیر های حالت آن میباشد

نکته ای که وجود دارد اینست که X1had اشتباه تخمین زده است و البته بنده هم علت آن را متوجه نشده ام.

(S9b.m , FS9b.m)

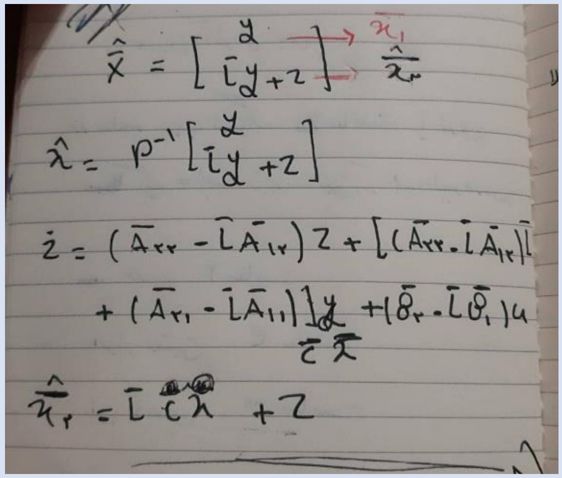
سوال ۱۰:

شبیه سازی در فایل (S10.m , FS10.m) قرار دارد در این فایل میزان خطا به دست آمده.



و در فایل S10b.m , FS10b.m مقادیر فضای حالت ها قرار دارد.

و حال می بایست متغیر های تخمیم زده شده را رسم کنیم. برای این کار از روابط زیر استفاده میکنیم



برای به دست آوردن مقادر تخمین زده شده باید چند مرحله را انجام دهیم.

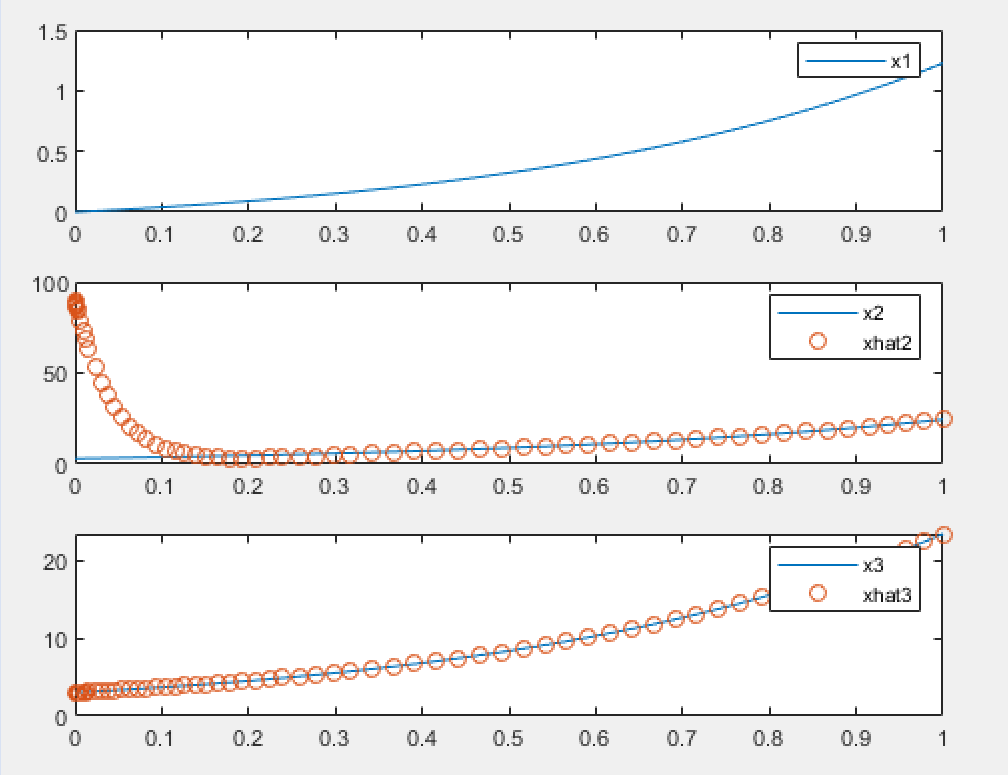
۱- به دست آوردن z و x

۲- به دست آوردن x2_bar

نکته: شاید فکر کنید در صورتی که ما به مقادیر x دسترسی داریم، چرا باید x_bar به دست بیاریم. توجه به این نکته مهم است که در مسائل راقعی ما به y دسترسی داریم.(از طریق سنسور) و اینجا به دست اوردن x صرفا برای بدست آوردن y است(y = cx)

برای این کار x,z را از طریق ode45 بدست می آوریم.برای این کار باید از طریق ماتریس زیر را وارد متلب کنیم.

$$\begin{bmatrix}\dot{z}\\ \dot{x}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\bar{A}_{22}-\bar{L}\bar{A}_{12} & ((\bar{A}_{22}-\bar{L}\bar{A}_{12})\bar{L}+\bar{A}_{12}-\bar{L}\bar{A}_{11})c\\ A & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}z\\ x\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}\bar{B}_2-\bar{L}\bar{B}_1\\ B\end{bmatrix}$$



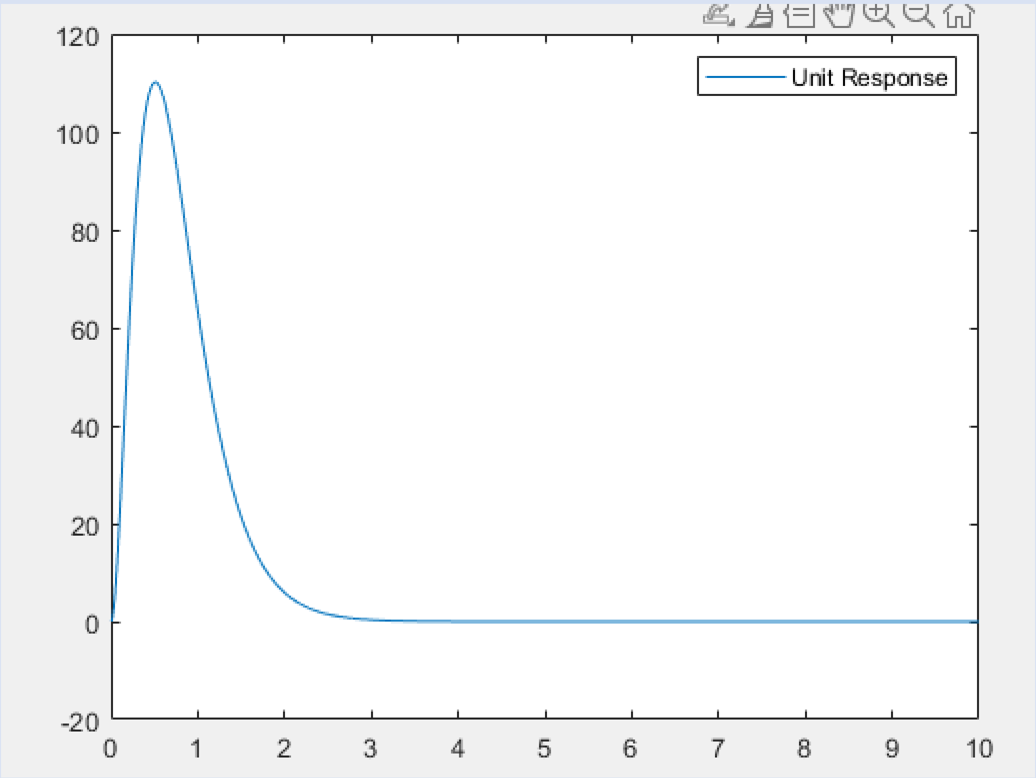
که همانطور که میبیند به خوبی دنبال میکند.

سوال ۱۱:

های تخمین گر کاهش یافته را در [-۴۰ -۳۰ -۳۵] و برای حل ماتریس ode از سیستم زیر استفاده می کنیم(S16.m).

$$\begin{bmatrix}\dot{X}\\ \dot{Z}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix} A-BKP^{-1}\begin{bmatrix}C\\ \bar{L}C\end{bmatrix} & -BKP^{-1}\begin{bmatrix}0\\ I\end{bmatrix} \\ (\bar{A}_{22}-\bar{L}\bar{A}_{21})L+(\bar{A}_{21}-\bar{L}\bar{A}_{11})]C-(\bar{B}_{2}-\bar{L}\bar{B}_{1})KP^{-1}\begin{bmatrix}C\\ \bar{L}C\end{bmatrix} & \bar{A}_{22}-\bar{L}\bar{A}_{12}-(\bar{B}_{2}-\bar{L}\bar{B}_{1})KP^{-1}\begin{bmatrix}0\\ I\end{bmatrix}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}X\\ Z\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}B\\ \bar{B}_{2}-\bar{L}\bar{B}_{1}\end{bmatrix}r(t)$$

و حروجی به صورت زیر میباشد


Unit Response
120
100
80
60
40
20
0
-20
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10