



به نام خدا
دانشگاه تهران
دانشکده مهندسی
برق و کامپیوتر



درس کنترل پیشرفته
فاز دوم پروژه

نام و نام خانوادگی	فاطمه نائینیان
شماره دانشجویی	810198479

فهرست

- پاسخ 1:** دو دسته قطب سریع و کند برای سیستم در نظر بگیرید. برای هر دسته از قطب ها يك فیدبك حالت طراحی کنید. با شبیه سازی پاسخ هر سیستم را بررسی و مقایسه کنید. یکی از شاخص های عملکرد سیستم سرعت آن است. بر اساس شبیه سازی نشان دهید چه هزینه ای برای سریع تر شدن قطب ها پرداخته شده است؟ 3
- پاسخ 2:** سوال قبل را در حضور اغتشاش جمع شونده با متغیر های حالت تکرار کرده و نتایج خود را گزارش کنید. (از اغتشاشی با دامنه محدود و متغیر با زمان استفاده کنید). 4
- پاسخ 3:** کنترل پذیری سیستم ردياب با فیدبك حالت و کنترل انتگرالی را بررسی کنید. در صورت کنترل پذیر بودن، ردياب با فیدبك حالت و کنترل انتگرالی را طراحی و به وسیله شبیه سازی مقاومت سیستم و کنترلر به اغتشاش را نشان دهید. نتایج را با نتایج کنترل کننده PID در فاز قبل مقایسه کنید. 6
- پاسخ 4:** تخمینگر لیونبرگر مرتبه کامل برای سیستم طراحی کرده و سوال ۱ را در حضور تخمینگر تکرار کنید. 8
- پاسخ 5:** يك کنترلر همراه با تخمینگر کاهش مرتبه یافته برای سیستم طراحی و شبیه سازی کنید. 10
- پاسخ 6:** به انتخاب خود یکی از کنترلر و تخمینگر سوال ۴ یا ۵ را برای سیستم غیرخطی شبیه سازی کنید. ناحیه ی اعتبار سیستم خطی (ناحیه ای که پاسخ سیستم خطی و غیرخطی مشابه است و سیستم غیرخطی پایدار است) را تعیین کنید. 12

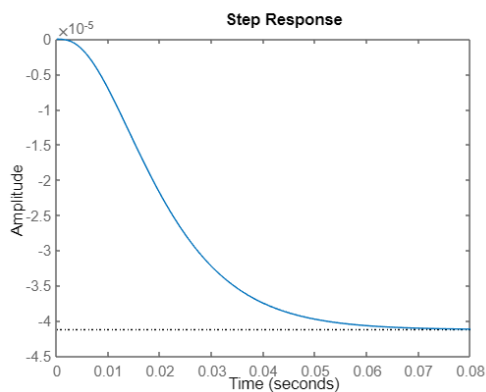
پاسخ ۱: دو دسته قطب سریع و کند برای سیستم در نظر بگیرید. برای هر دسته از قطب ها يك فیدبك حالت طراحی کنید. با شبیه سازی پاسخ هر سیستم را بررسی و مقایسه کنید. یکی از شاخص های عملکرد سیستم سرعت آن است. بر اساس شبیه سازی نشان دهید چه هزینه ای برای سریع تر شدن قطب ها پرداخته شده است؟

میخواهیم با جابجایی دو دسته قطب سریع و کند برای سیستم پیدا کنیم. سپس با شبیه سازی بینیم پاسخ ها چگونه است. دو دسته قطب در نظر میگیریم و با دستور place مقادیر بهره های هر حالت را به دست می آوریم. قطب های کند [-10 -7 -5] و قطب های سریع [-200 -150 -100] نتایج زیر را میدهد.

```
p1 = [-100 -150 -200];
K1 = place(A,B,p1)
```

```
K1 = 1×3
104 ×
-2.5108 -0.0526 0.0040
```

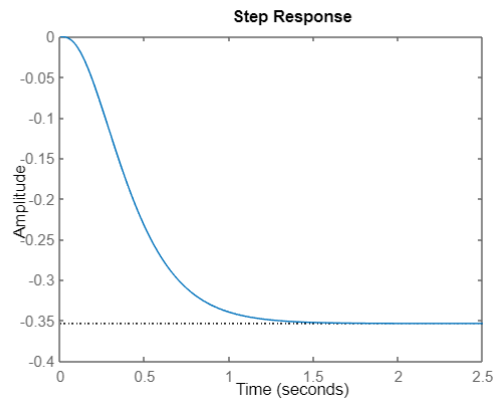
```
A3 = A - B * K1;
sys3 = ss(A3,B,C,D);
step(sys3)
```



```
p = [-5 -7 -10];
K = place(A,B,p)
```

```
K = 1×3
-46.1727 -3.2143 -45.6167
```

```
A2 = A - B * K;
sys2 = ss(A2,B,C,D);
step(sys2)
```

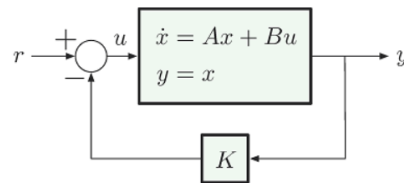


سیستم برای قطب های سریع بسیار سریعتر عمل میکند اما هزینه ای که سیستم برای سریع تر شدن پرداخته، پیاده سازی بهره های بسیار بزرگ است که در عمل کار مشکلی است و کنترل کننده را پیچیده و پرهزینه میکند.

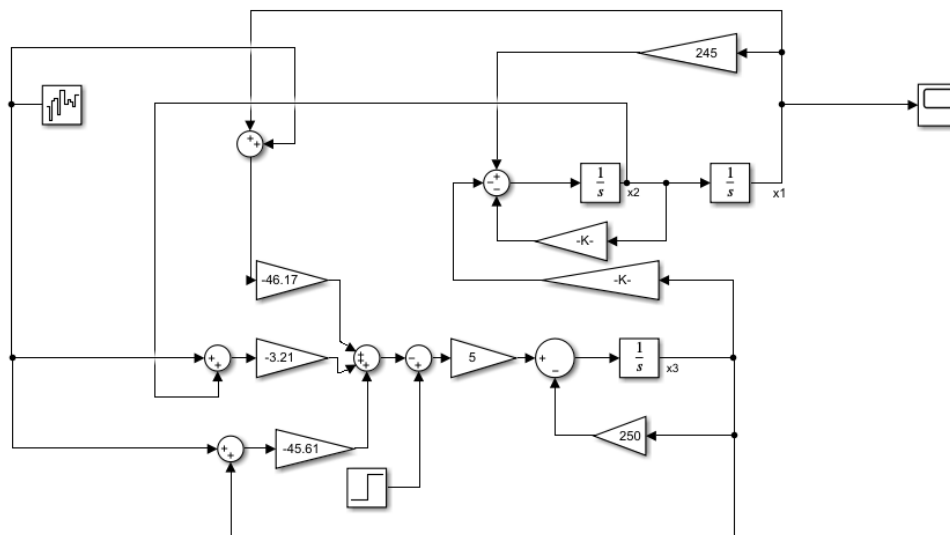
اگر بخواهیم مراحل بالا را به صورت دستی انجام دهیم $a(s)$ فعلی و مطلوب را پیدا میکنیم و سپس با روش بس و گیورا ادامه میدهیم که به همین نتایج بالا منتهی می شود.

پاسخ ۲: سوال قبل را در حضور اغتشاش جمع شونده با متغیر های حالت تکرار کرده و نتایج خود را گزارش کنید. (از اغتشاشی با دامنه محدود و متغیر با زمان استفاده کنید).

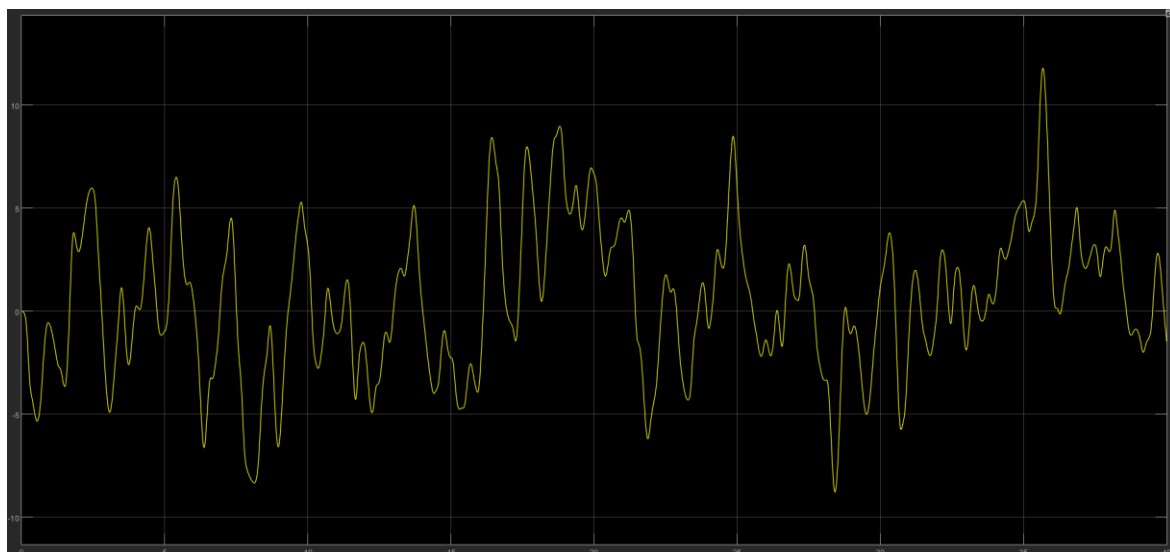
باید یک مدل به شکل زیر شبیه سازی کنیم. سپس هر متغیر حالت را با یک نویز سفید گوسی جمع میکنیم.



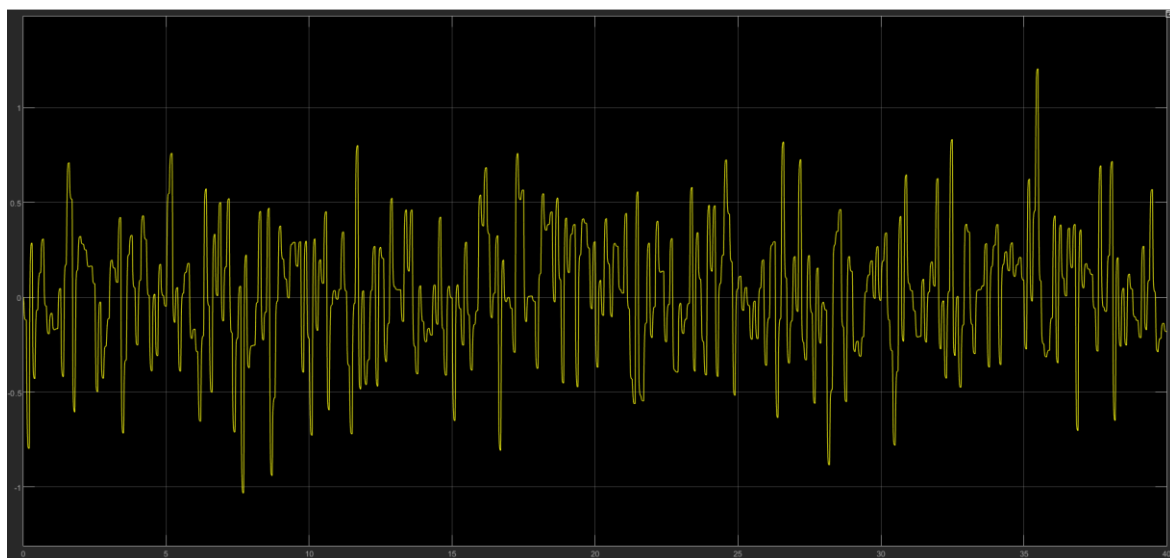
مدل شبیه سازی شده در سیمولینک به شکل زیر می شود.



نتایج قطب کند:



نتایج قطب سریع:



بهره سریع نه تنها باعث تقویت نویز ها شده بلکه این سریع بودن قطب ها باعث می شود تا سیستم در مدت زمان کوتاهی تغییرات ناگهانی داشته باشد که برای سیستم مشکل ساز می شود.

پاسخ ۳: کنترل پذیری سیستم ردياب با فيدبك حالت و کنترل انتگرالي را بررسی کنید. در صورت کنترل پذیر بودن، ردياب با فيدبك حالت و کنترل انتگرالي را طراحی و به وسیله شبیه سازی مقاومت سیستم و کنترلر به اغتشاش را نشان دهید. نتایج را با نتایج کنترل کننده PID در فاز قبل مقایسه کنید.

ابتدا با تشکیل ماتریس A_{bar} و B_{bar} کنترل پذیری آن را چک میکنیم و میبینیم کنترل پذیر است و ماتریس کنترل پذیری فول رنک است. حال میخواهیم بهره فیدبکی را پیدا کنیم که با کمک آن سیستم در $[-10 -16 -22 -27]$ قطب پایدار داشته باشد. بنابراین کد زیر را اجرا میکنیم و بهره ها را پیدا میکنیم.

$$A_{bar} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ -c & 0 \end{bmatrix} \quad B_{bar} = \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix}$$

```
eig(A)
```

```
ans = 3x1
    15.6108
   -15.6943
  -250.0000
```

```
A_bar = [0, 1, 0, 0;
          c/M*x3star^2/(0.1-x1star)^2, -fv/M, -c/M*x3star^2/(0.1-x1star), 0;
          0, 0, -R/L, 0;
          1, 0, 0, 0];
```

```
B_bar = [0 0, 1/L 0]';
```

```
Co = ctrb(A_bar, B_bar);
rank_Co = rank (Co)
```

```
rank_Co = 4
```

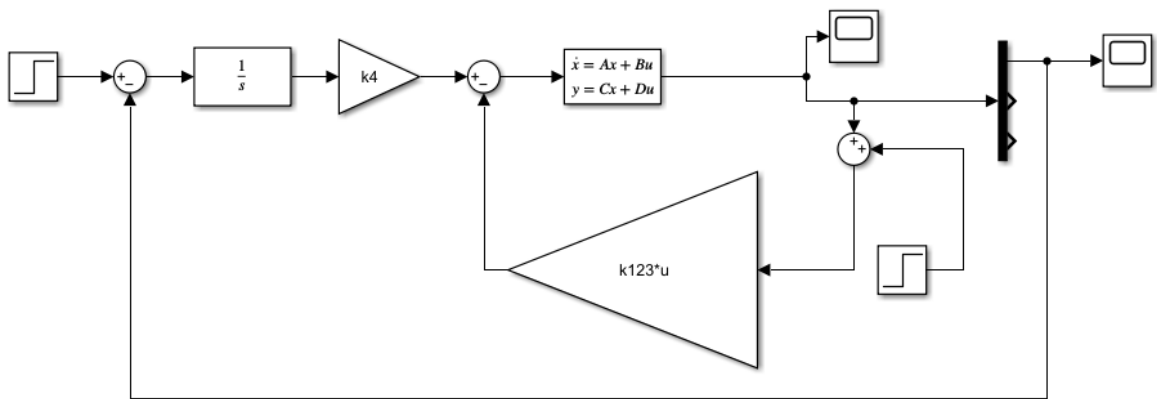
```
pp = [-10 , -16 , -22 , -27];
K2 = place(A_bar,B_bar,pp)
```

```
K2 = 1x4
   -336.1395   -18.2990   -35.0167   -767.2387
```

```
k1=K2(1);k2=K2(2);k3=K2(3);k4=K2(4);
k123=[k1,k2,k3]
```

```
k123 = 1x3
   -336.1395   -18.2990   -35.0167
```

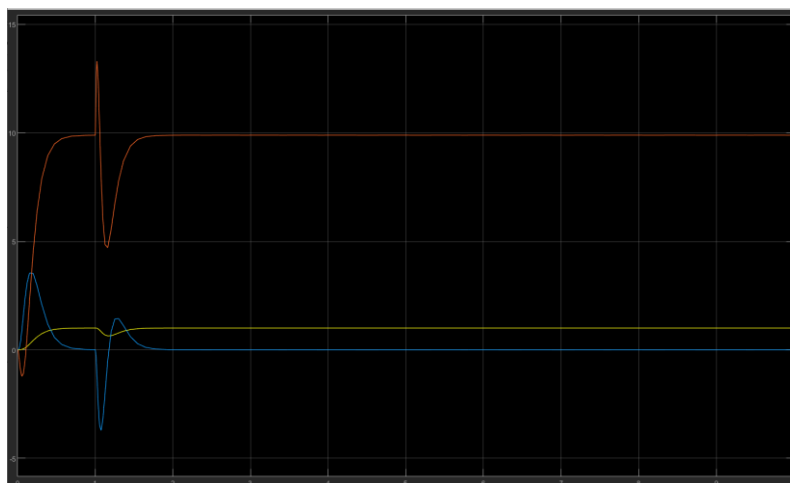
حال مدل زیر را در سیمولینک تشکیل میدهم تا خروجی ها را نمایش دهیم.



خروجی سیستم:



معادلات حالت:



در فاز قبل دیدیم PID میتواند اغتشاش را حذف کند اما فراجش و فروجهش زیادی داشت و بهره بسیار زیاد داشت که پیاده سازی همچین کنترل کننده ای در عمل ناممکن بود. اما در این

بخش دیدیم بهره ها مقادیر معقول و قابل اجرایی داشتند که سبب کاهش پیچیدگی سیستم می شود و از طرفی سیستم در مدت زمان کمی اغتشاش را جبران میکند و با دامنه کمی آن را از بین میبرد و تغییر شاری در خروجی و معادلات حالت رخ نمیدهد.

پاسخ ۴: تخمینگر لیونبرگر مرتبه کامل برای سیستم طراحی کرده و سوال ۱ را در حضور تخمینگر تکرار کنید.

برای طراحی تخمینگر لیونبرگر باید کنترلپذیری A' و C' را بررسی کنیم یا طبق دوگانی A و C باید رویت پذیر باشند. طبق بررسی ها سیستم رویت پذیر است. میخواهیم قطب های سیستم در $[-5 -7 -10]$ قرار گیرد پس مقادیر L را با دستور `palce` پیدا میکنیم.

```
Ob = obsv(A, C);
rank_ob = rank (Ob)
```

```
rank_ob = 3
```

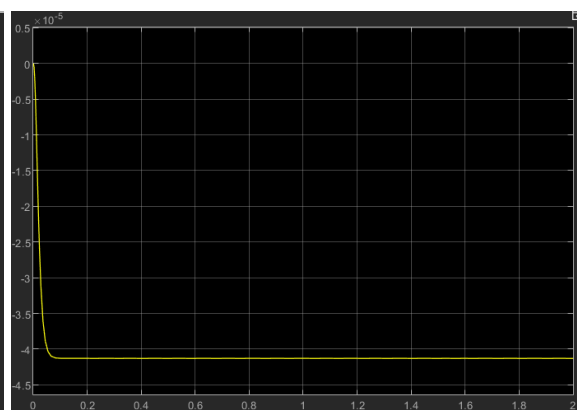
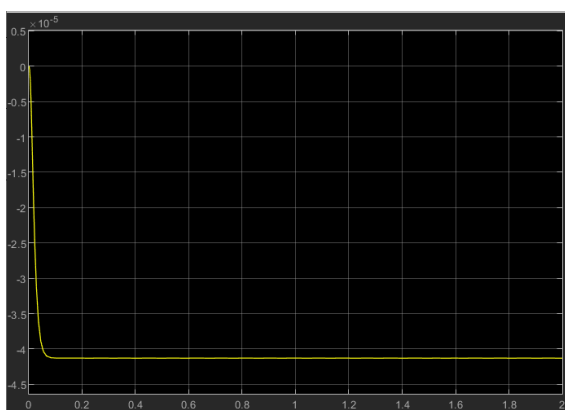
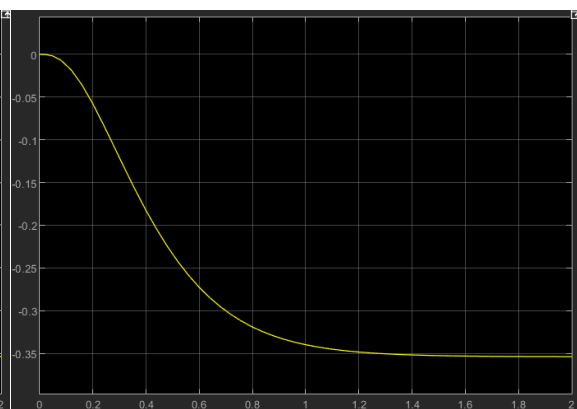
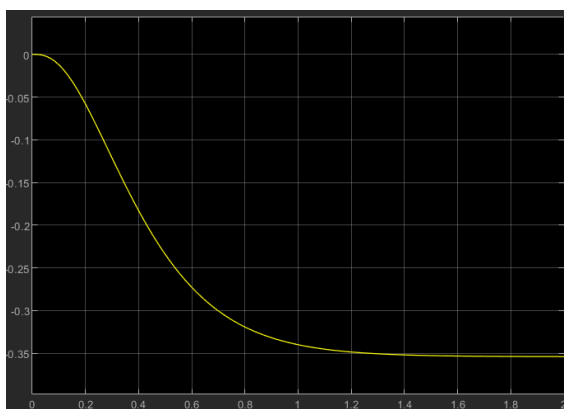
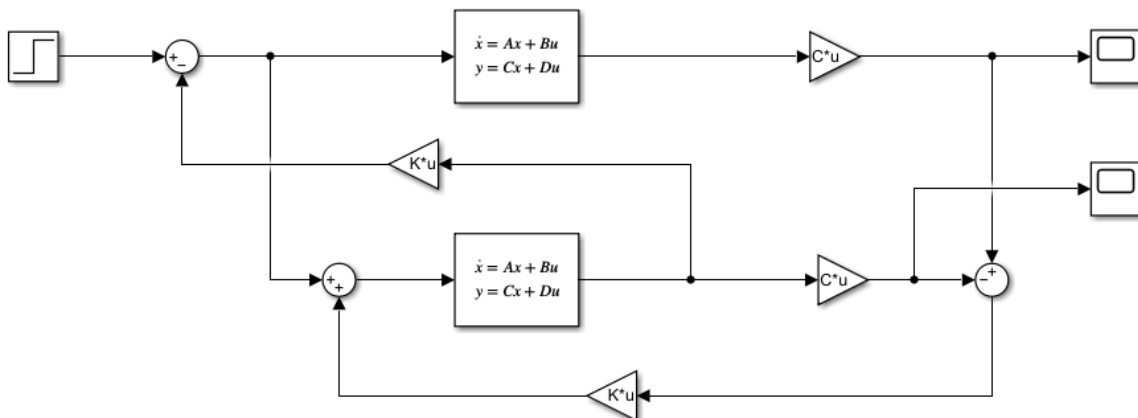
```
%%
ppp=[-5 , -7 , -10 ];
K4 =place(A' , C' , ppp);
L1 = K4'
```

```
L1 = 3x1
105 x
-0.0023
0.5742
5.7674
```

```
A1 = A - L1*C
```

```
A1 = 3x3
105 x
0.0023 0.0000 0
-0.5717 -0.0000 -0.0002
-5.7674 0 -0.0025
```

حال در فایل سیمولینک مدل زیر را رسم میکنیم و برای بهره های سریع و کند خروجی را محاسبه میکنیم.



شکل های راست خروجی اصلی و شکل های چپ خروجی تخمین زده و شکل های بالا در حالت کند و شکل های پایین در حالت سریع است. مشاهده می شود که رویتر به درستی کار میکند.

پاسخ ۵: يك كنترلر همراه با تخمينگر کاهش مرتبه يافته براي سيستم طراحي و شبیه سازي كنيد.

برای طراحی یک رویتر کاهش مرتبه یافته با کمک معادله لیاپانوف و جایگذاری F و L دلخواه که شرایط لازم را داشته باشند، T را به دست می آوریم. (شرایط لازم شامل اینکه F مقدار ویژه مشترک با A نداشته باشد و F و L کنترل پذیر باشند.)

```
F = [1 2 ; -3 -4];  
l=[6 ; 9];  
rank_c = rank(ctrb(F , l))
```

```
rank_c = 2
```

```
A1 = -F;  
T = lyap(A1 , A , -l*C)
```

```
T = 2x3  
    0.1032    0.0231   -0.0022  
   -0.2224    0.0391   -0.0040
```

```
P=[C;T];  
P_inv = inv(P)
```

```
P_inv = 3x3  
104 x  
    0.0001         0         0  
   -0.0247    0.1077   -0.0611  
   -0.2493    1.0625   -0.6275
```

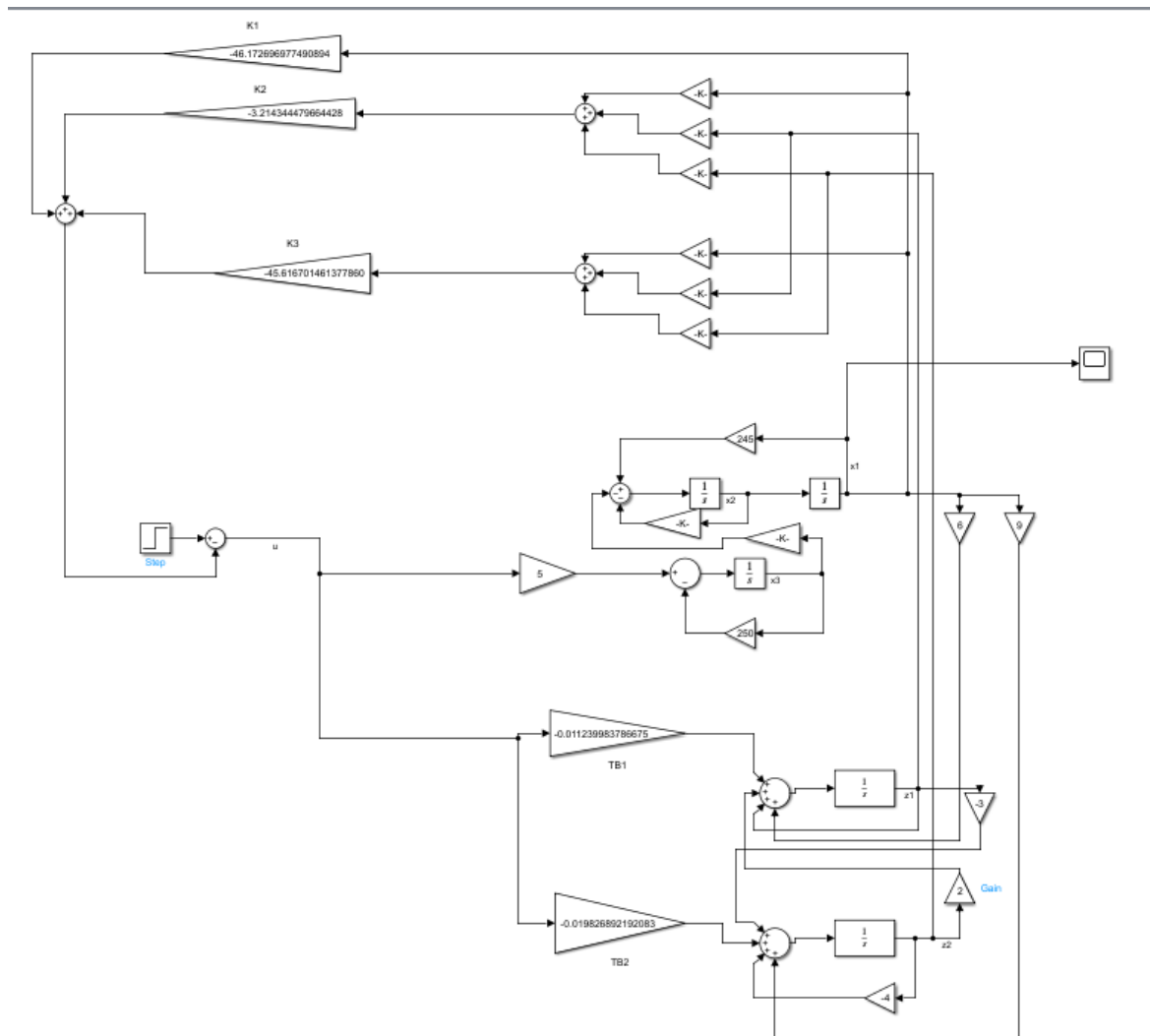
```
rank_p = rank(P)
```

```
rank_p = 3
```

```
TB = T*B
```

```
TB = 2x1  
   -0.0112  
   -0.0198
```

می بینیم همه شرایط برقرار است پس به سراغ پیاده سازی در سیمولینک می رویم.



خروجی ان به شکل زیر می شود:



مشاهده می شود با تخمین متغیرهای حالت پاسخ پله ی سیستم پایدار می شود. پس طراحی سیستم درست بوده است.

پاسخ ۶: به انتخاب خود یکی از کنترلر و تخمینگر سوال ۴ یا ۵ را برای سیستم غیرخطی شبیه سازی کنید. ناحیه ی اعتبار سیستم خطی (ناحیه ای که پاسخ سیستم خطی و غیرخطی مشابه است و سیستم غیرخطی پایدار است) را تعیین کنید.

با پیاده سازی سوال 4 برای سیستم غیر خطی میبینیم سیستم تا حدود زمان 0.003 به شکل زیر رفتار میکند اما همچنان در مرز ناپایداریست و سیستم غیر خطی تا محدوده ای مانند سیستم خطی عمل میکند.

