



## دانشگاه صنعتی شریز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک

## گزارش کار پروژه درس کنترل مدرن

دانشجو:

نیما جهان بازفرد (400113020)

استاد درس:

جناب آقای دکتر جعفر زارعی

1403 دی

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

# فهرست مطالب

عنوان	صفحه
بخش اول(طراحی رویتگر مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته)	
۱-۱ تعریف سیستم و تحقیق سیستم	۲
۱-۲ بررسی رویت پذیری و آشکار پذیری	۱۰
۱-۳ طراحی رویت گر مرتبه کامل برای دو دسته قطب تعریف شده	۱۹
۱-۴ طراحی رویت گر کاهش مرتبه یافته برای دو دسته قطب تعریف شده	۲۹
۱-۵ شبیه سازی قسمت های ۳ و ۴ و مقایسه و تحلیل state ها	۲۹
بخش دوم(طراحی کنترل کننده رگولاتور با تخمین گر مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته )	
۲-۱ طراحی کنترل کننده رگولاتور با تخمین گر مرتبه کامل و تخمین گر کاهش مرتبه یافته	۳۹
۲-۲ شبیه سازی قسمت ۱ و مقایسه و تحلیل خروجی ها (پاسخ ، state ها و سیگنال کنترل)	۴۹
بخش سوم(طراحی کنترل کننده ردیاب با تخمین گر مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته )	
۳-۱ طراحی ردیاب با تخمین گر مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته با روش پیش جبران ساز استاتیکی	۷۹
۳-۲ طراحی ردیاب با تخمین گر مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته با روش انگرالی	۹۸
۳-۳ شبیه سازی قسمت های ۱ تا ۴ و بررسی عملکرد ردیابی ، در برابر اغتشاش ثابت و در برابر تغییر پارامتر	۹۸

## بخش اول

طراحی رویتگر مرتبه کامل و کاهش مرتبه

یافته

## 1-1 تعریف سیستم و تحقیق سیستم

با انتخاب سیستم:

$$G(s) = \frac{s^2 + 0.6s - 9.6}{s^4 + 3.5s^2 + 4s + 1.062}$$

و با تحقیق زیر:(تحقیق رویت پذیری)

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1.062 & -4 & -3.5 & 0 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0.6 \\ -13.1 \end{pmatrix} \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

\*با توجه به اینکه در این سیستم حذف و صفری صورت نمی گیرد پس تحقیق داده شده ، تحقیقی مینیمال می باشد.

## 2-1 بررسی رویت پذیری و آشکار پذیری

برای چک کردن رویت پذیری سیستم با تشکیل ماتریس رویت پذیری داریم:

$$\varphi o = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ CA^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \text{rank}(\varphi o) = 4$$

مرتبه ماتریس رویت پذیری کامل است یعنی سیستم کاملا رویت پذیر می باشد و نیازی به بررسی آشکار پذیری سیستم نمی باشد.

کد مربوطه:

```
%determining the stability and controllability of the system
clc;
clear all;
```

```
num=[0 0 1 0.6 -9.6];
den=[1 0 3.5 4 1.062];
```

```
A=[0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1;-1.062 -4 -3.5 0];
```

```
B=inv([1 0 0 0;0 1 0 0;3.5 0 1 0;4 3.5 0 1])*[0;1;0.6;-9.6];
C=[1 0 0 0];
```

```
phi_o=obsv(A,C);
n = rank(phi_o);
if (n==size(A))
    disp('this system is observabel');
else
    disp('this system is not observabel');
end
```

### 3-1 طراحی رویت گر مرتبه کامل برای دو دسته قطب تعریف شده

اکنون که پی بردیم سیستم رویت پذیر است می توانیم برای آن رویتکر مرتبه کامل طراحی کنیم.

در ابتدای امر با محاسبه  $A^T, C^T$  داریم:

$$A^T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -1.062 \\ 1 & 0 & 0 & -4 \\ 0 & 1 & 0 & -3.5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, C^T = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

با بدست آوردن مود های سیستم داریم:

$$s1 = 0.5 + j2 \quad s2 = 0.5 - j2 \quad s3 = -0.51 \quad s4 = -0.49$$

قطب های  $s1$  و  $s2$  در سمت راست محور قرار دارند پس سیستم ناپایدار می باشد.

با تعریف دو دسته قطب مطلوب داریم:

دسته قطب اول:

$$P1 = [-3+i \quad -3-i \quad -2 \quad -3]$$

دسته قطب دوم:

$$P2 = [-4.5+1.5i \quad -4.5-1.5i \quad -3.5 \quad -4.5]$$

در ابتدای امر بردار های فیدبک حالت را با استفاده از  $A^T$ ,  $C^T$  بدست می آوریم با روش هایی مانند Bass & Ackerman و سپس با رابطه‌ی زیر بهره‌ی تخمین گر را بدست می آوریم:

$$L = K^T$$

کد مربوطه:

```
%determining the stability and controllability of the system
clc;
clear all;

num=[0 0 1 0.6 -9.6];
den=[1 0 3.5 4 1.062];

A=[0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1;-1.062 -4 -3.5 0];
B=inv([1 0 0 0;0 1 0 0;3.5 0 1 0;4 3.5 0 1])*[0;1;0.6;-9.6];
C=[1 0 0 0];

phi_o=obsv(A,C);
n = rank(phi_o);
if (n==size(A))
    disp('this system is observable');
else
    disp('this system is not observable');
end

%two desired poles
p1=[-3+1i -3-1i -2 -3];
p2=[-4.5+1.5i -4.5-1.5i -3.5 -4.5];

%calculating L
AT=transpose(A);
CT=transpose(C);

%ackerman
Ka1=acker(AT,CT,p1);
La1=1.*transpose(Ka1);

Ka2=acker(AT,CT,p2);
La2=1.*transpose(Ka2);

%bass_gura
Kbg1=Bass_Gura(AT,CT,p1);
```

```

Lbg1=transpose(Kbg1);

Kbg2=Bass_Gura(AT,CT,p2);
Lbg2=transpose(Kbg2);

%equivalency
Ke1=place(AT,CT,p1);
Le1=transpose(Ke1);

Ke2=place(AT,CT,p2);
Le2=transpose(Ke2);
%in total we have
L1=Le1;
L2=Le2;

```

```

function k = Bass_Gura(A,B,pd)
phi_c = ctrb(A,B);
alpha = poly(pd);
alpha = alpha(1,2:end);
n = length(A);
e = eig(A);
a = poly(e);
a = a(1,2:end);
si=eye(n);
for i = 2:n
    si = si+diag(a(i-1)*ones(1,n-i+1),i-1);
end
k = (alpha -a)*inv(si)*inv(phi_c);
end

```

در کل بھرہ های رویتگر کامل اینگونه به دست می آیند:

برای دسته قطب اول:

$$L1 = \begin{bmatrix} 11 \\ 42.5 \\ 43.5 \\ -133.8120 \end{bmatrix}$$

برای دسته قطب دوم:

$$L2 = \begin{bmatrix} 17 \\ 106.75 \\ 258.25 \\ -88.3120 \end{bmatrix}$$

و برای شبیه سازی رویتگر مرتبه کامل از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

$$\dot{\hat{x}} = (A - LC)\hat{x} + Bu + LY$$

$$\hat{Y} = C\hat{x}$$

#### 4-1 طراحی رویتگر کاهش مرتبه برای دو دسته قطب تعریف شده

برای تشکیل رویتگر کاهش مرتبه یافته در ابتدای امر باید ماتریس مقابله را تشکیل دهیم:

$$P = \begin{bmatrix} C \\ R \end{bmatrix}_{4 \times 4} \rightarrow C_{1 \times 4}, R_{3 \times 4}$$

ماتریس R ماتریسی دلخواه می‌باشد و تنها شرط انتخاب آن این است که دترمینان ماتریس P صفر

نشود. در کل با نتایج ماتریس R ماتریس P را اینگونه تشکیل می‌دهیم:

$$P = \begin{bmatrix} C \\ R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, Q = P^{-1}$$

$$Q = [Q1 \quad Q2] \rightarrow Q1_{4 \times 1}, Q2_{4 \times 3}$$

با محاسبه‌ی ماتریس‌های تبدیل شده توسط ماتریس P داریم:

$$At = PAQ, Bt = PB, Ct = CQ$$

و با جدا سازی و تفکیک این ماتریس‌ها به شکل زیر:

$$At = PAQ = \begin{bmatrix} A11 & A12 \\ A21 & A22 \end{bmatrix} \rightarrow A11_{1 \times 1}, A12_{1 \times 3}, A21_{3 \times 1}, A22_{3 \times 3}$$

$$Bt = \begin{bmatrix} B1 \\ B2 \end{bmatrix} \rightarrow B1_{1 \times 1}, B2_{3 \times 1}$$

در ادامه‌ی روند کار برای اینکه مطمین شویم برای سیستم می‌توانیم رویتگر مرتبه کاهش یافته طراحی کنیم، باید جفت A22,A21 رویت پزیر باشند.

$$\varphi o(A22, A12) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow rank(\varphi o) = 3$$

مرتبه کامل می‌باشد پس رویت پذیر می‌باشد.

در ادامه با داشتن دو دسته قطب زیر:

$$P1 = [-3+i \quad -3-i \quad -2]$$

$$P2 = [-4.5+1.5i \quad -4.5-1.5i \quad -3.5]$$

و با بدست آوردن  $A22^T, A12^T$  بهره‌های فیدبک را با روش‌های گفته شده بدست می‌آوریم و سپس با رابطه‌ی  $\bar{L} = \bar{K}^T \rightarrow \bar{L}_{3 \times 1}$  مشاهده گر کاهش مرتبه یافته را بدست می‌آوریم. بدهست می‌آوریم. که

برای دسته قطب اول داریم:

$$\bar{L}1 = \begin{bmatrix} -12 \\ 8 \\ 18.5 \end{bmatrix}$$

برای دسته قطب دوم داریم:

$$\bar{L}2 = \begin{bmatrix} 31 \\ 12.5 \\ 50.5 \end{bmatrix}$$

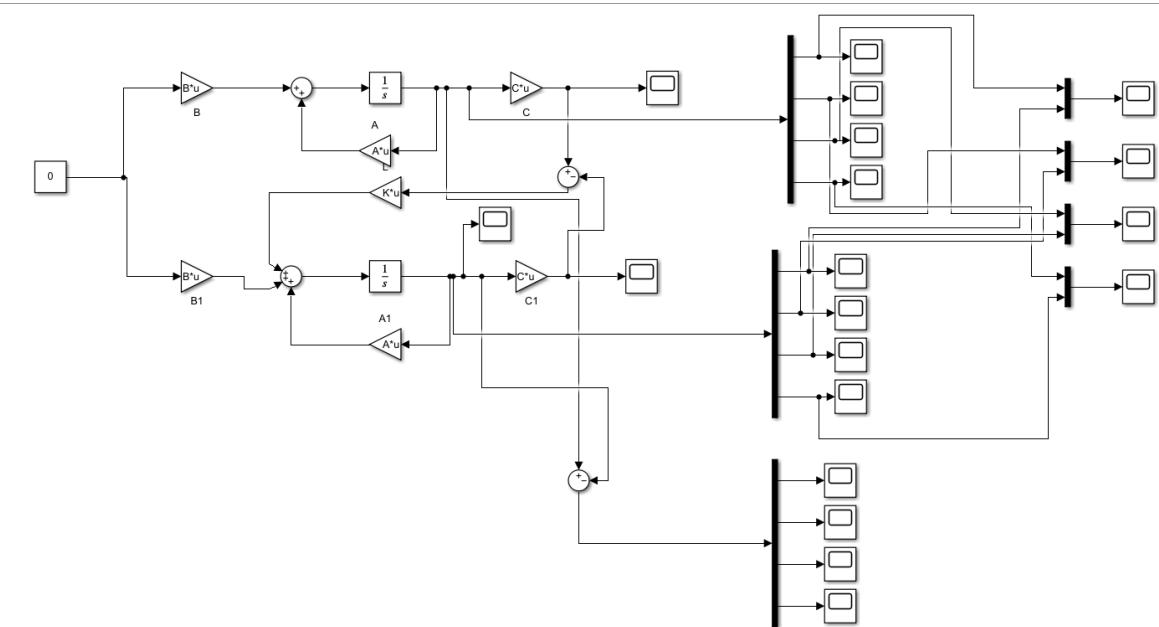
که با رابطه‌ی زیر می‌توانیم عملکرد تخمینگر کاهش مرتبه یافته را پیاده سازی کنیم:

$$\dot{Z} = (A22 - \bar{L}A12)Z + [(A22 - \bar{L}A12) + (A21 - \bar{L}A11)]y + (B2 - \bar{L}B1)u$$

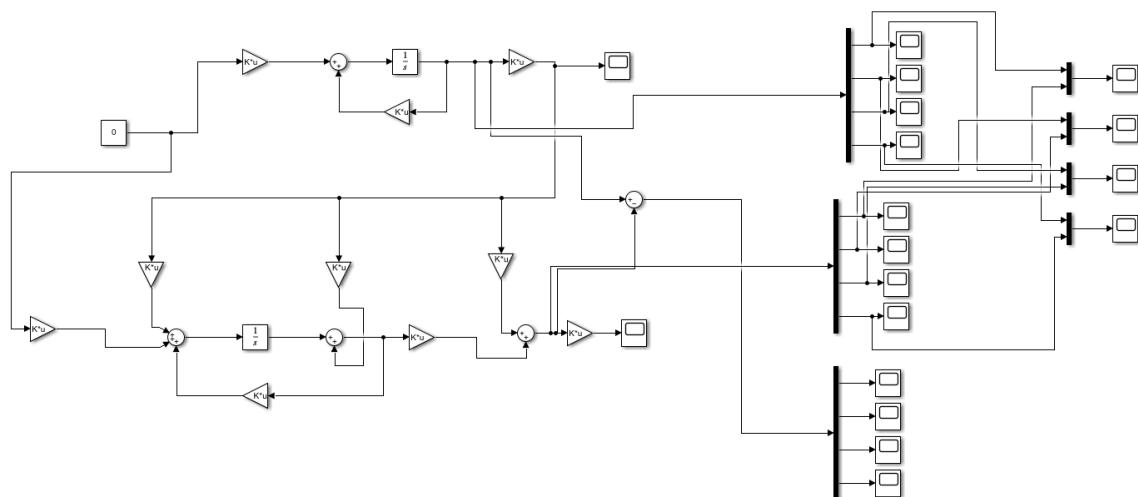
## 5-1 شبیه سازی قسمت های 3 و 4 و مقایسه و تحلیل خروجی ها (پاسخ ، state ها و سیگنال کنترل)

با داشتن نمایی از سیمولینک برای مشاهده گر مرتبه کامل: (که در آن شرایط اولیه حالت های سیستم

$$[1 \ 0.5 \ -1 \ 2] \text{ و شرایط اولیه ای حالت های تخمین گر } [-2 \ 3 \ -2 \ 1]$$



با داشتن نمایی از سیمولینک برای مشاهده گر کاهش مرتبه یافته: (که در آن شرایط اولیه حالت های سیستم  $[1 \ 0.5 \ -1 \ 2]$  و شرایط اولیه ای حالت های تخمین گر  $[-2 \ 3 \ -2 \ 1]$  می باشد).



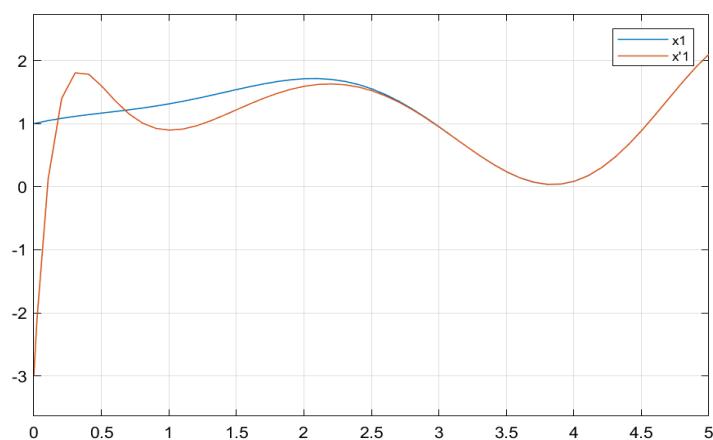
\* در ادامه برای نمایش حالت های اصلی سیستم و حالت های تخمین زده داریم:

حالت اصلی: رنگ آبی

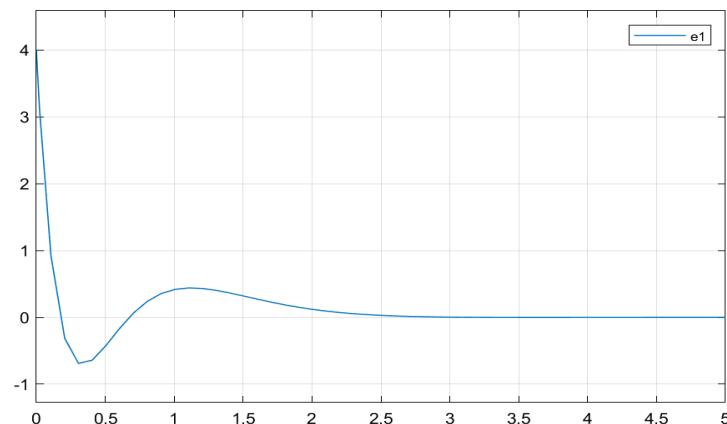
حالت تخمین زده شده: رنگ قرمز

رویتگر مرتبه کامل برای دسته قطب اول:

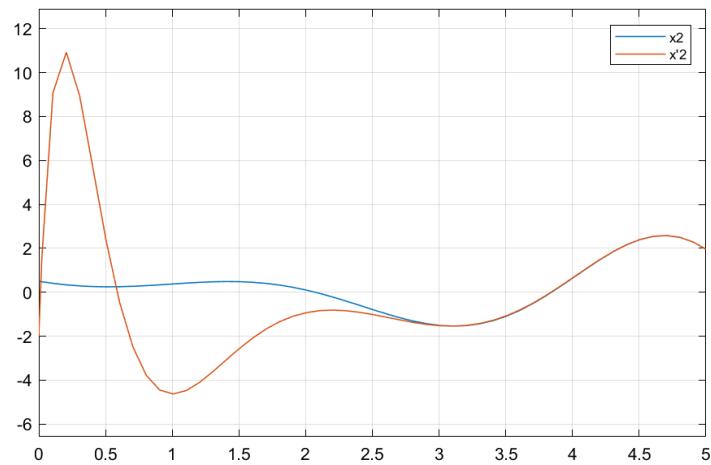
حالت اول:



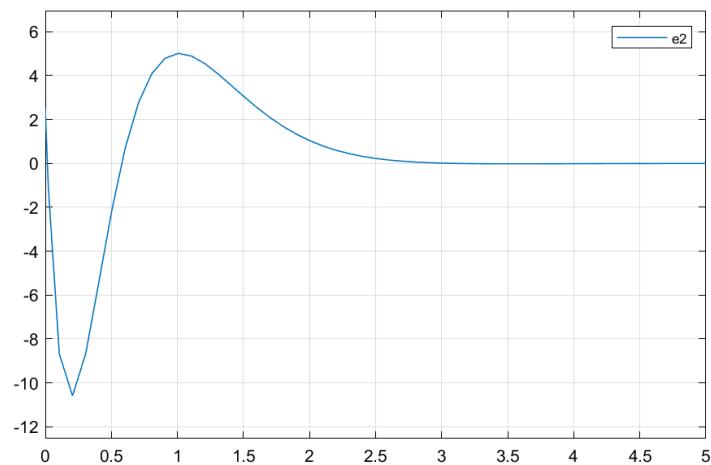
-خطای تخمین حالت اول:



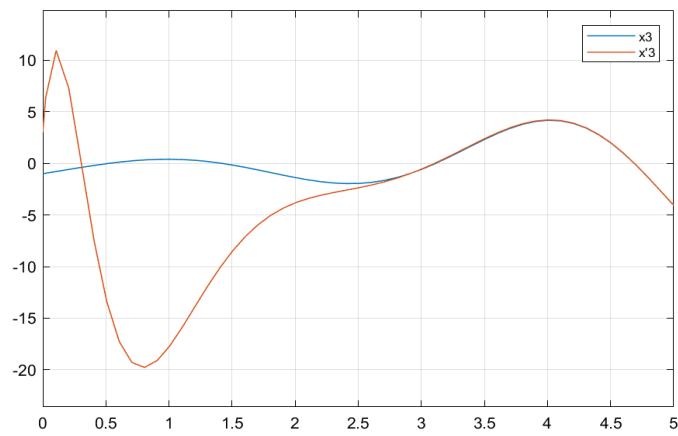
حالت دوم:



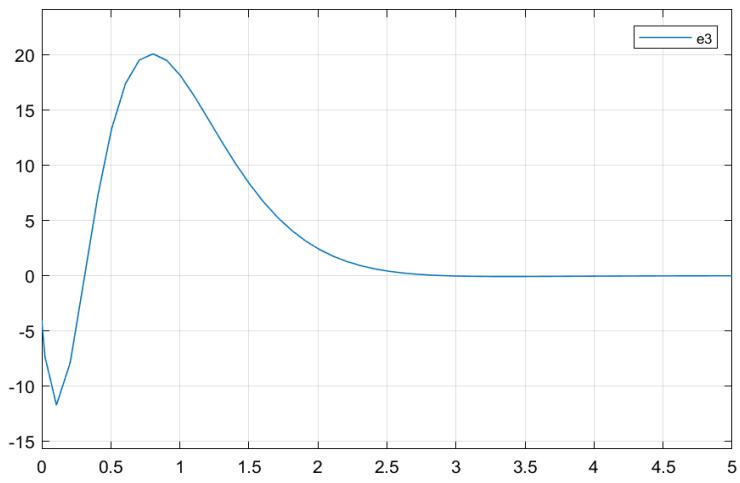
خطای تخمین حالت دوم:



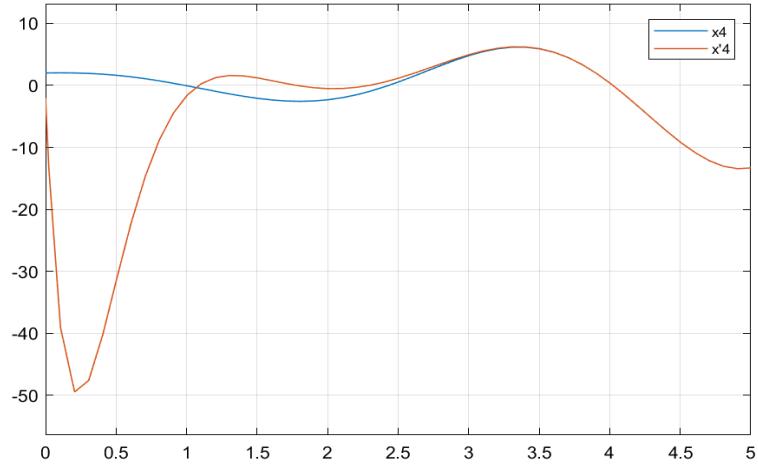
حالت سوم:



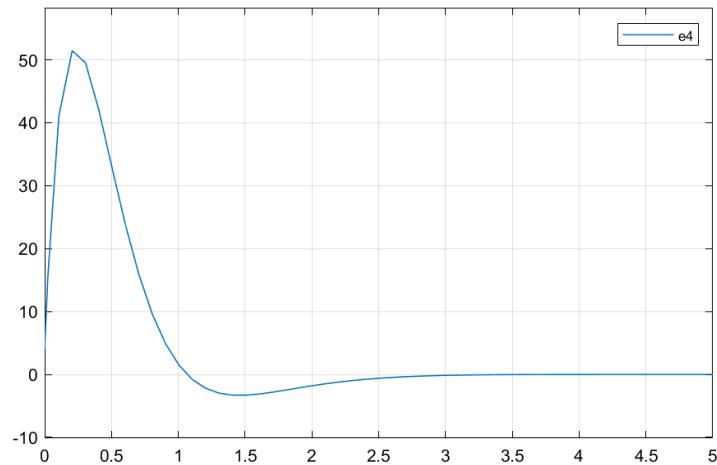
خطای تخمین حالت سوم:



حالت چهارم:

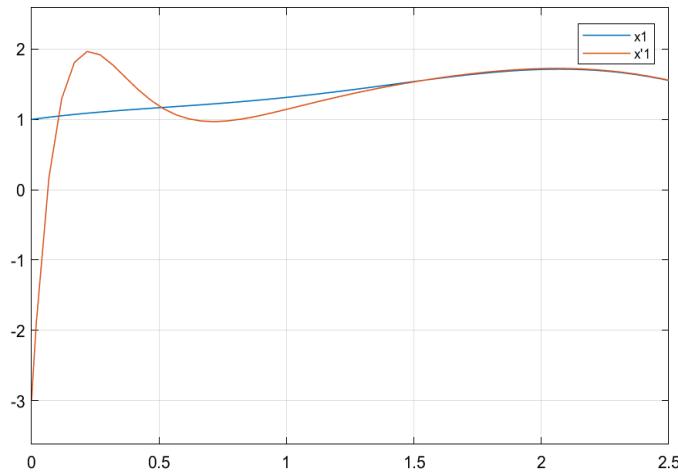


خطای تخمین حالت چهارم:

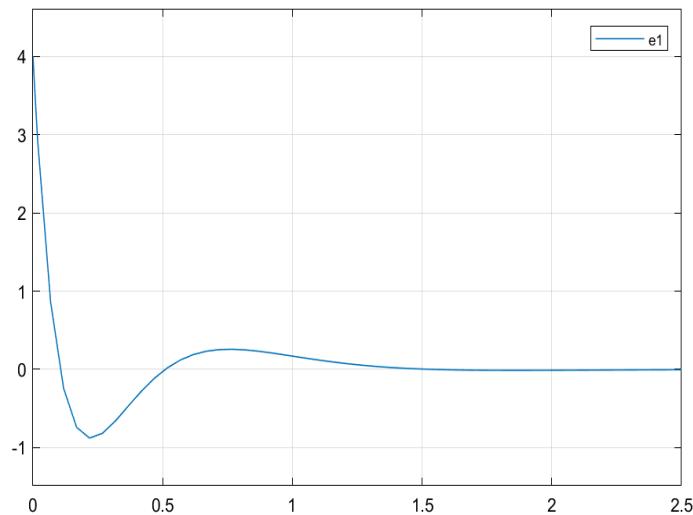


رویتگر مرتبه کامل برای دسته قطب دوم:

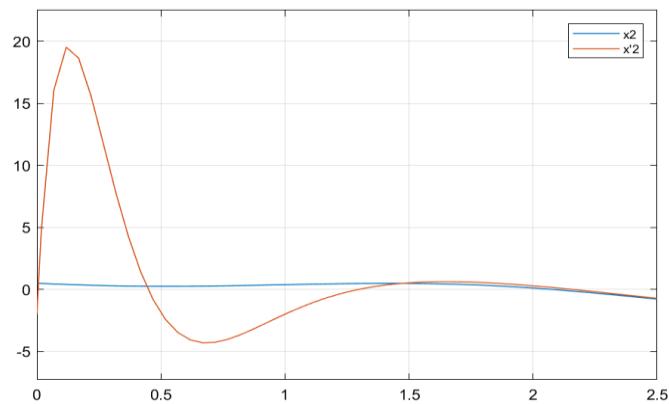
حالت اول:



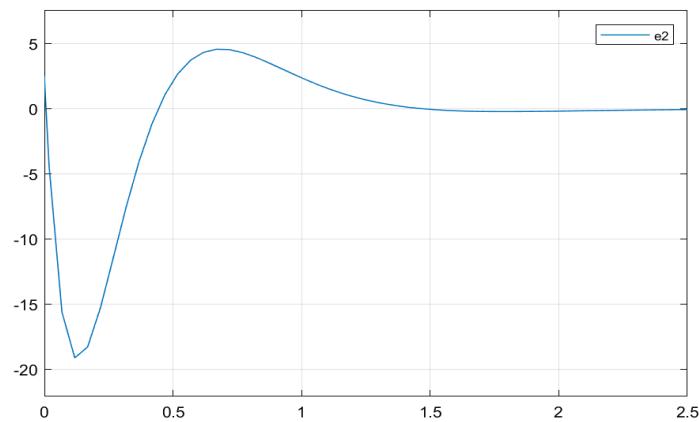
-خطای تخمین حالت اول:



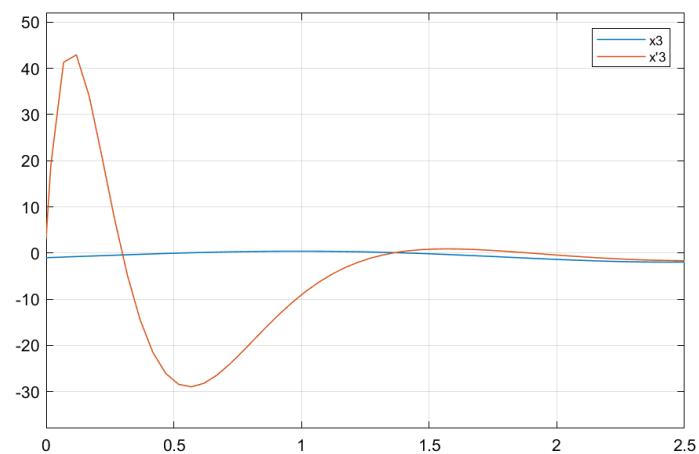
حالت دوم:



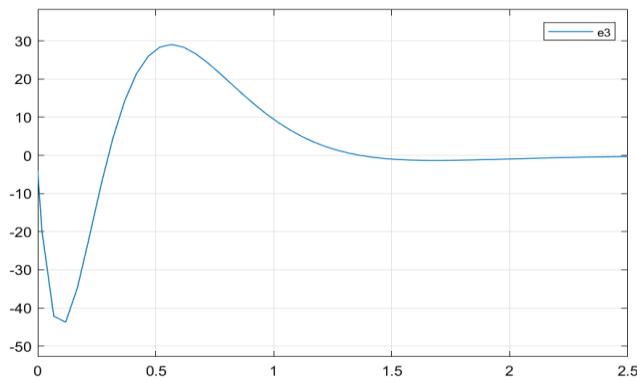
خطای تخمین حالت دوم:



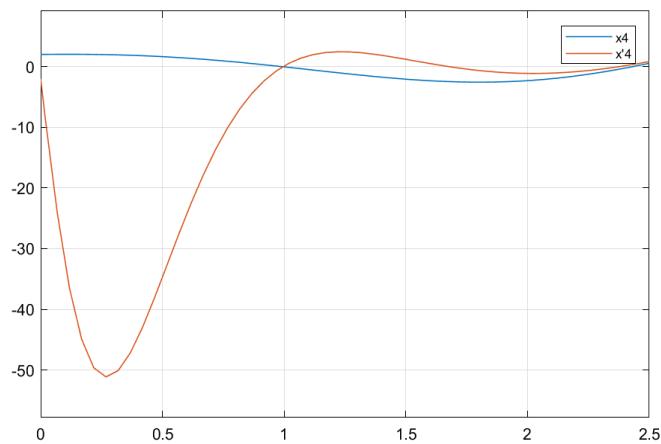
حالت سوم:



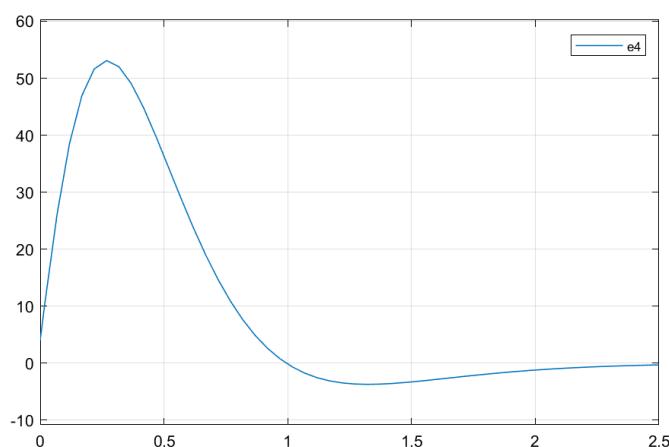
خطای تخمین حالت سوم:



حالت چهارم:



خطای تخمین حالت چهارم:

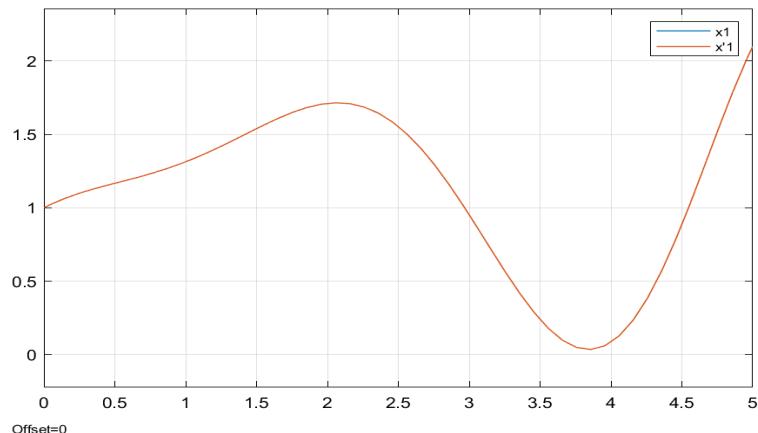


## تحلیل طراحی رویتگر برای دو دسته قطب:

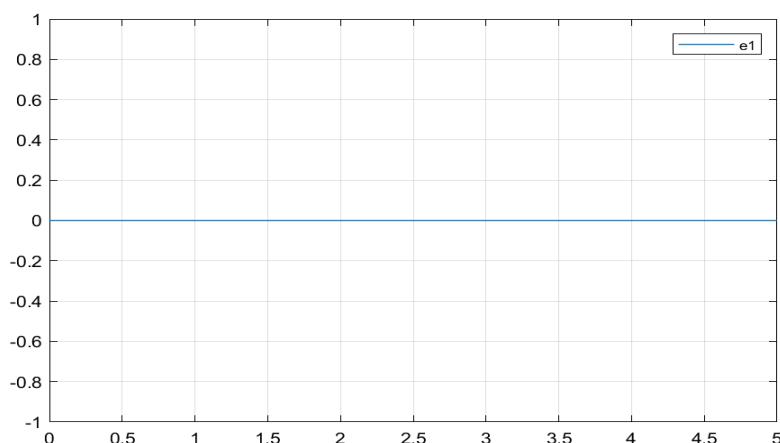
کاملا مشخص است که با دور شدن قطب ها از محور موهومی باعث افزایش سرعت تخمین زدن می شود ولی باعث افزایش مقدار جهش در ابتدای تخمین زدن می شود در حالی که قطب های نزدیک تر به محور موهومی دیر تر عمل تخمین را انجام می دهند در حالی که مقدار جهش آنها کمتر می باشد.

## رویتگر کاهش مرتبه یافته برای دسته قطب اول:

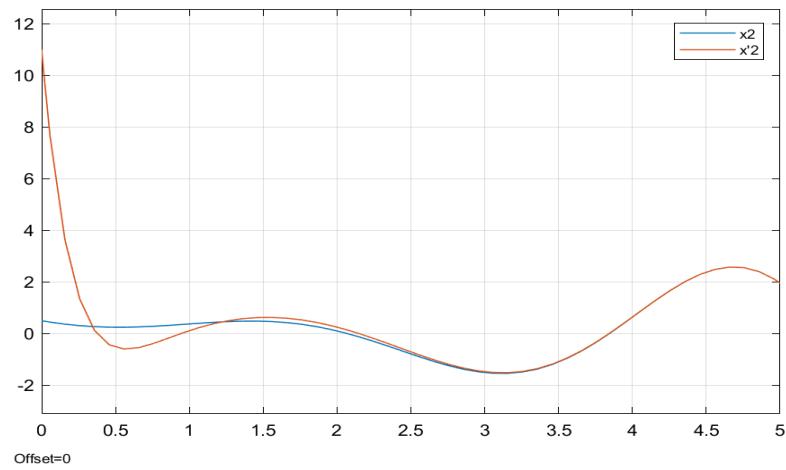
حالت اول:



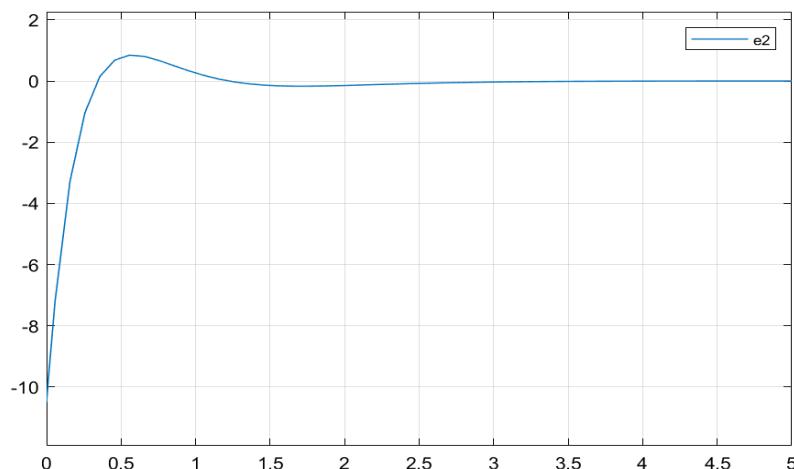
خطای تخمین حالت اول:



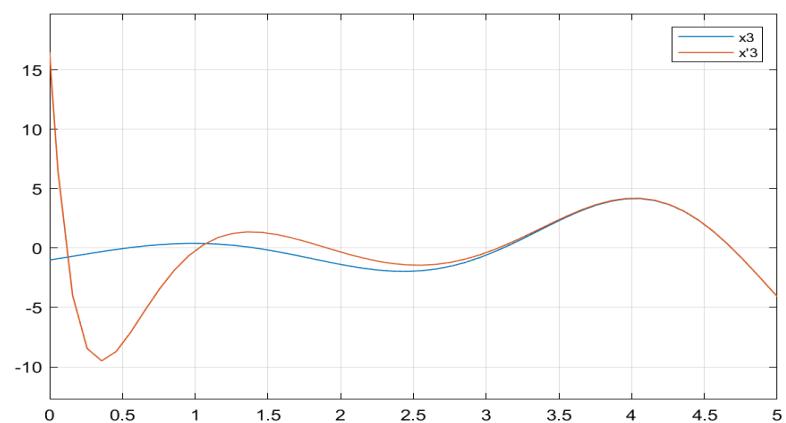
حالت دوم:



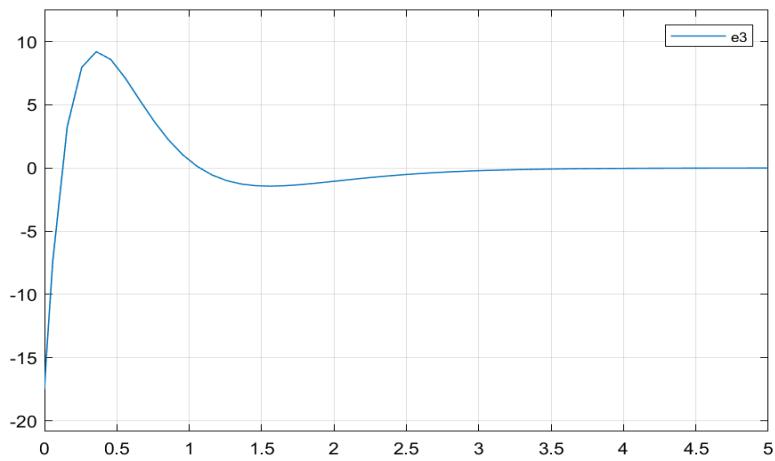
خطای تخمین حالت دوم:



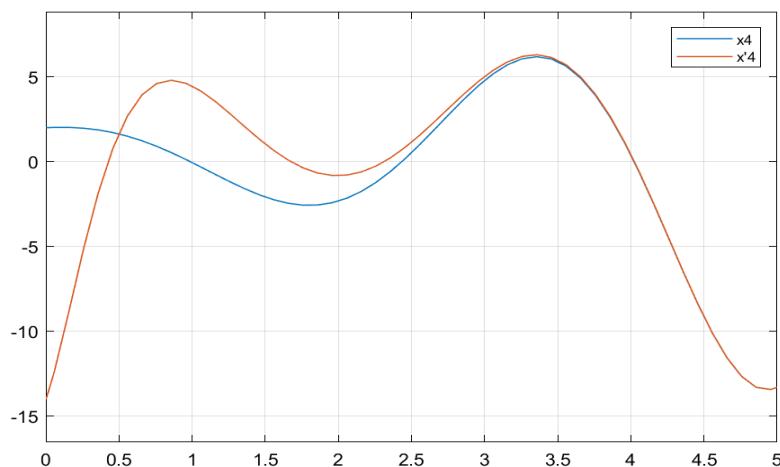
حالت سوم:



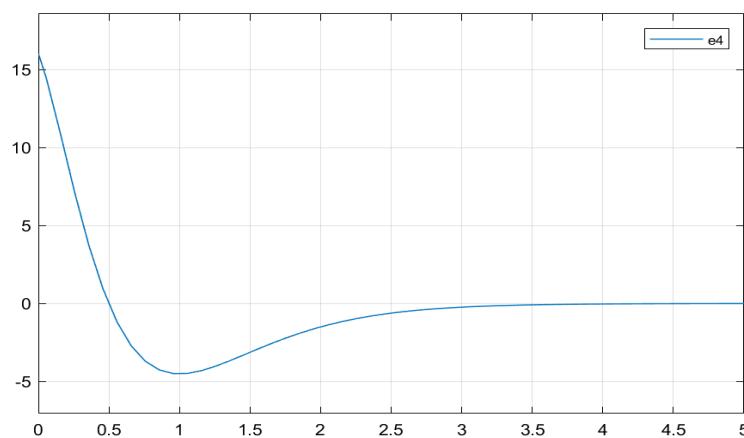
خطای تخمین حالت سوم:



حالت چهارم:

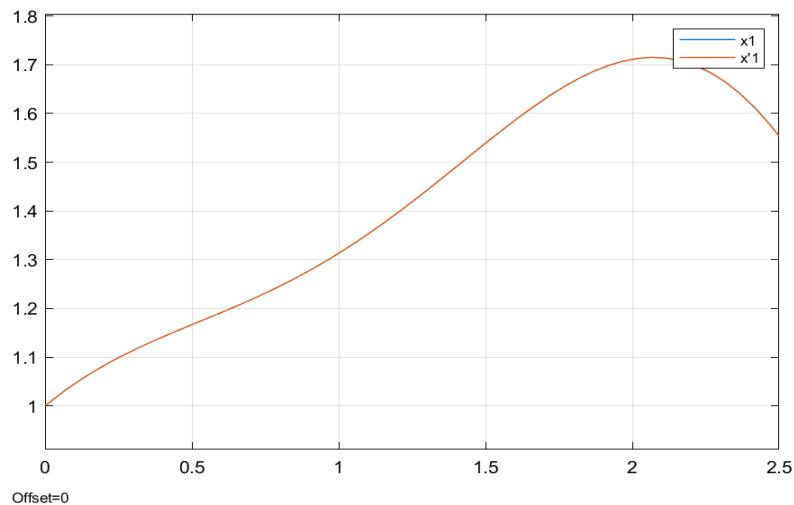


خطای تخمین حالت چهارم:

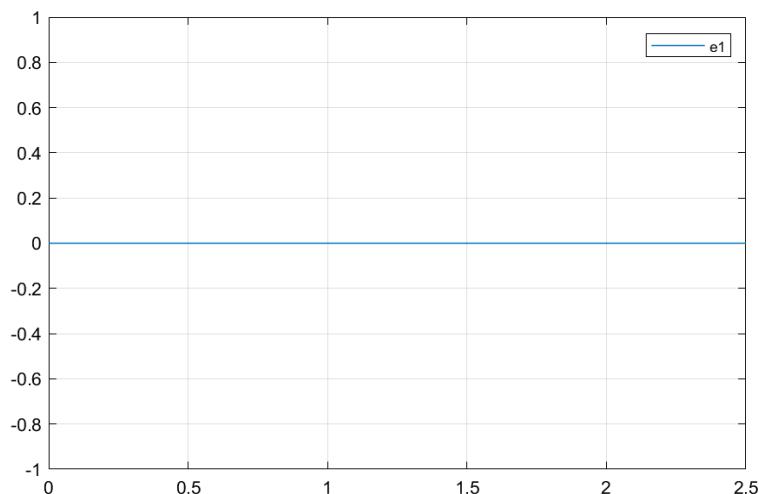


رویتگر کاهش مرتبه یافته برای دسته قطب دوم:

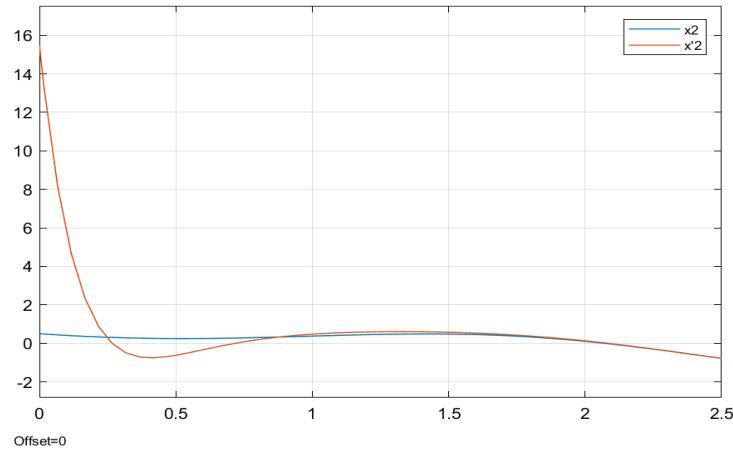
حالت اول:



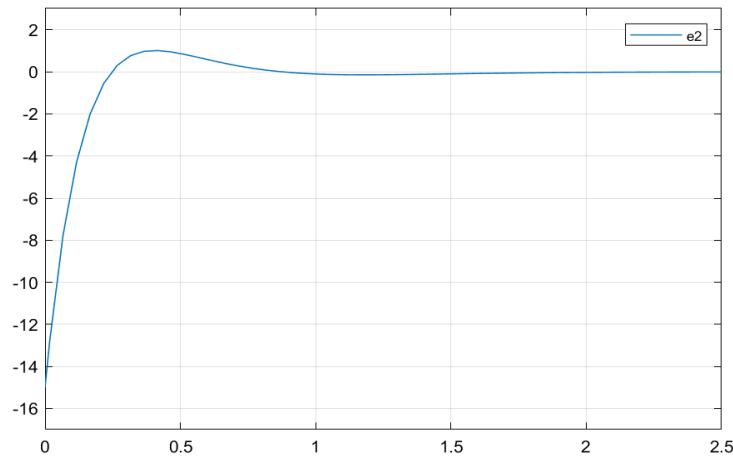
خطای تخمین حالت اول:



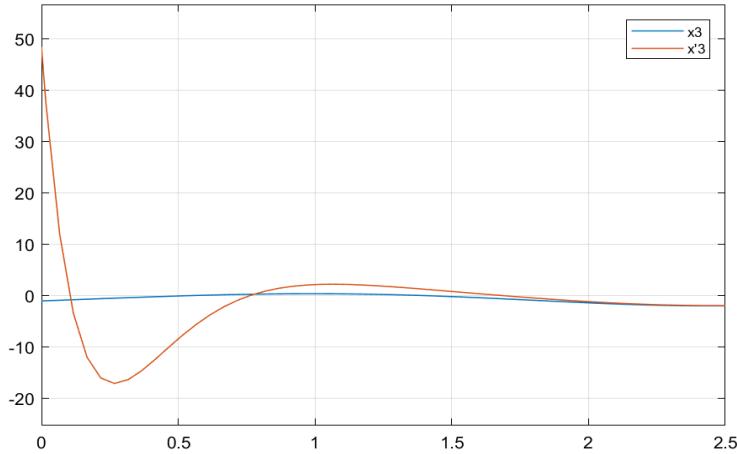
حالت دوم:



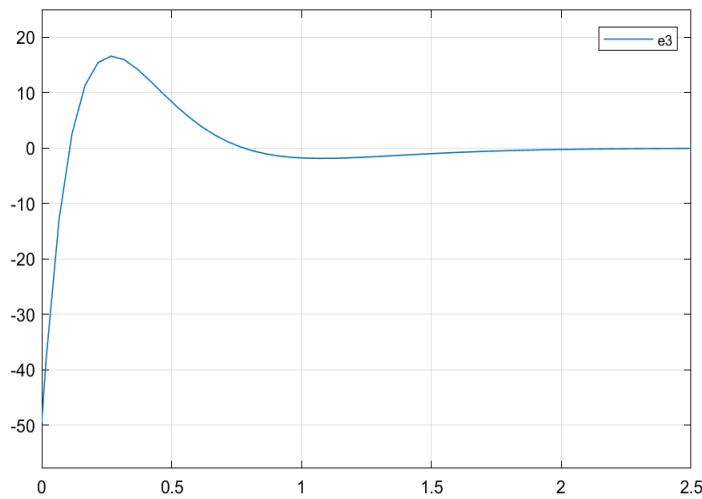
خطای تخمین حالت دوم:



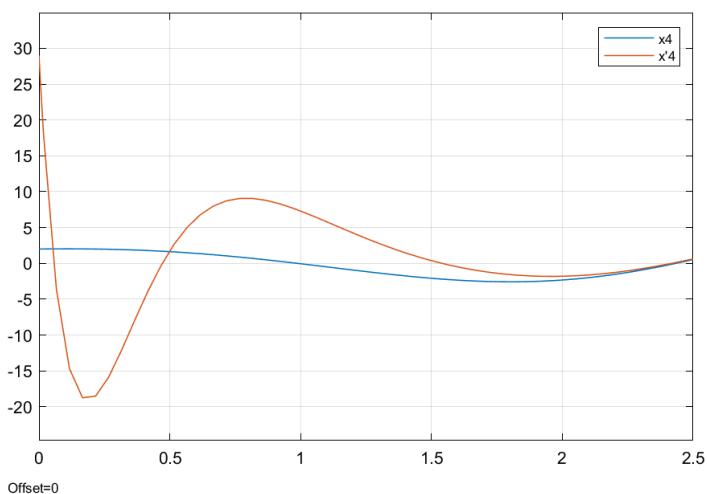
حالت سوم:



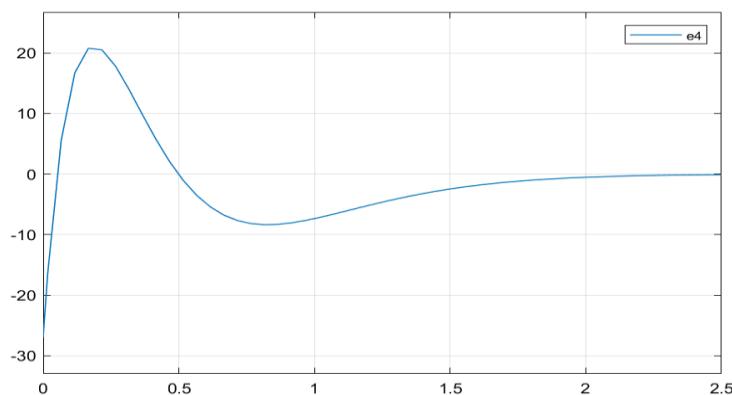
خطای تخمین حالت سوم:



حالت چهارم:



خطای تخمین حالت چهارم:



### **تحلیل رویتگر کاهش مرتبه یافته برای دو دسته قطب:**

همانطور که مشخص است رویتگر طراحی شده برای هر دو دسته قطب تخمینی از حالت اول نمی زند در اصل حالت اول در خروجی پدیدار شده است یعنی اینکه حالت اول اندازه گیری می شود و در کل خطای ناشی از آن صفر می باشد. در بقیه ای حالت ها که تخمین انجام می شود، برای دست قطب دوم سرعت تخمین بیشتر می شود ولی جهش های اولیه آن برای انجام عمل تخمین نیز بیشتر می شود، در حالی که برای قطب های نزدیک محور موهومی یا همان دسته قطب اول، عمل تخمین کمی دیرتر صورت می گرد ولی خطای ناشی از مقدار جهش ها آن بسیار کمتر می باشد.

### **مقایسه ای رویتگر مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته:**

در رویت گر کاهش مرتبه یافته دیگر تخمینی از حالت هایی که اندازه گیری می شوند زده نمی شود در حالی که در مرتبه کامل خلاف این موضوع است. همانطور که مشخص است خطای ناشی از عمل تخمین در رویتگر کاهش مرتبه یافته خیلی کمتر است نسبت به مرتبه کامل و این مورد نشان دهنده عملکرد بهتر این رویتگر می باشد.

## بخش دوم

طراحی کنترل کننده رگولاتور با تخمین گر  
مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته

## 1-2 طراحی کنترل کننده رگولاتور با تخمین گر مرتبه کامل و تخمین گر کاهش مرتبه یافته

پس از طراحی هر دو نوع رویتگر می توان به صورت مجزا رگولاتور را طراحی کرد و همراه با تخمین گرها از آن استفاده کرد. نکته‌ی مهم در این مورد تعیین محل قطب‌های کنترل کننده می‌باشد که باید کند تراز قطب‌های رویتگر باشند تا عمل تخمین زودتر از عمل کنترل کردن اتفاق بیفتد. در ادامه بردارهای فیدبک حالت برای طراحی رگولاتور پس از بررسی کنترل پذیری جفت ماتریس  $A, B$  با روش‌های متفاوت بدست آورده می‌شوند.

بررسی کنترل پذیری:

با تشکیل ماتریس کنترل پذیری برای تحقق گفته شده داریم:

$$\varphi c = \begin{pmatrix} B & AB & A^2B & A^3B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0.6 & -13.1 \\ 1 & 0.6 & -13.1 & -6.1 \\ 0.6 & -13.1 & -6.1 & 42.388 \\ -13.1 & -6.1 & 42.388 & 73.1128 \end{pmatrix} \quad \text{rank}(\varphi c) = 4$$

مرتبه ماتریس کنترل پذیری کامل است پس میتوان در نظر گرفت که سیستم کنترل پذیر حالت می‌باشد.

تعریف دو دسته قطب مطلوب برای طراحی رگولاتور(کندتر از قطب‌های تعریف شده برای رویتگرها):

دسته قطب اول:

$$P1 = \begin{bmatrix} -1 - 0.3i & -1 + 0.3i & -0.7 & -1 \end{bmatrix}$$

دسته قطب دوم:

$$P2 = \begin{bmatrix} -1.5 - 0.5i & -1.5 + 0.5i & -1.15 & -1.5 \end{bmatrix}$$

در ادامه با روش‌های Bass & Gura، هم ارزی و... بردارهای فیدبک حالت برای طراحی رگولاتور برای جفت تخمین گر مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته محاسبه می‌شوند.

کد مربوطه:

```

clc;
clear all;

num=[0 0 1 0.6 -9.6];
den=[1 0 3.5 4 1.062];

A=[0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1;-1.062 -4 -3.5 0];
B=inv([1 0 0 0;0 1 0 0;3.5 0 1 0;4 3.5 0 1])*[0;1;0.6;-9.6];
C=[1 0 0 0];
%Regulator

%determining the stability and controllability of the system
phi_c = ctrb(A,B);

if(rank(phi_c) == length(A))
    display('phi_c is full rank so this system is controllable');
end

eigen = eig(A);
unstable_poles=eigen(real(eigen)>=0)
stable_poles=eigen(real(eigen)<0)
if isempty(unstable_poles)
    disp('this system is stable');
else
    disp('this system is not stable');
end

%finding state feedback :
% 1-equivalency 2-Bass and Gura 3-Ackerman 4-canonical controller

%desired poles
desired_poles1 = [-1-0.3i -1+0.3i -0.7 -1];
desired_poles2 = [-1.5-0.5i -1.5+0.5i -1.15 -1.5];

%equivalency
Ke1 = place(A, B, desired_poles1);
Ke2 = place(A, B, desired_poles2);

%Bass and Gura:the function of Bass_Gura is end of the code
Kbg1=Bass_Gura(A,B,desired_poles1);
Kbg2=Bass_Gura(A,B,desired_poles2);

%Ackerman

```

```

Ka1 = acker(A, B, desired_poles1);
Ka2 = acker(A, B, desired_poles2);

%canonical controller
Ac=[0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1; -1.062 -4 -3.5 0 ];
Bc=[0;0;0;1];
Cc=[-9.6 0.6 1 0];
Dc=0;
m=[0 0 0 1];
a1=m*(-1.*Ac);
s=tf('s');
delta_s_desired1=(s+1+0.3i)*(s+1-0.3i)*(s+0.7)*(s+1);
a2=[0.763 3.253 5.19 3.7];
delta_s_desired2=(s+1.5+0.5i)*(s+1.5-0.5i)*(s+1.15)*(s+1.5);
a3=[4.312 11.8 12.18 5.65];
Kc1=a2-a1;
Kc2=a3-a1;
phi_c_Ac=ctrb(Ac,Bc);
inv_phi_c=inv(phi_c);
Kcc1=Kc1*phi_c_Ac*inv_phi_c;
Kcc2=Kc2*phi_c_Ac*inv_phi_c;

```

%in total we have state feedbacks

```

%state feedback for desierd poles 1
K1=Ka1;
%state feedback for desierd poles 2
K2=Ka2;

function k = Bass_Gura(A,B,pd)
phi_c = ctrb(A,B);
alpha = poly(pd);
alpha = alpha(1,2:end);
n = length(A);
e = eig(A);
a = poly(e);
a = a(1,2:end);
si=eye(n);
for i = 2:n
    si = si+diag(a(i-1)*ones(1,n-i+1),i-1);
end
k = (alpha -a)*inv(si)*inv(phi_c);
end

```

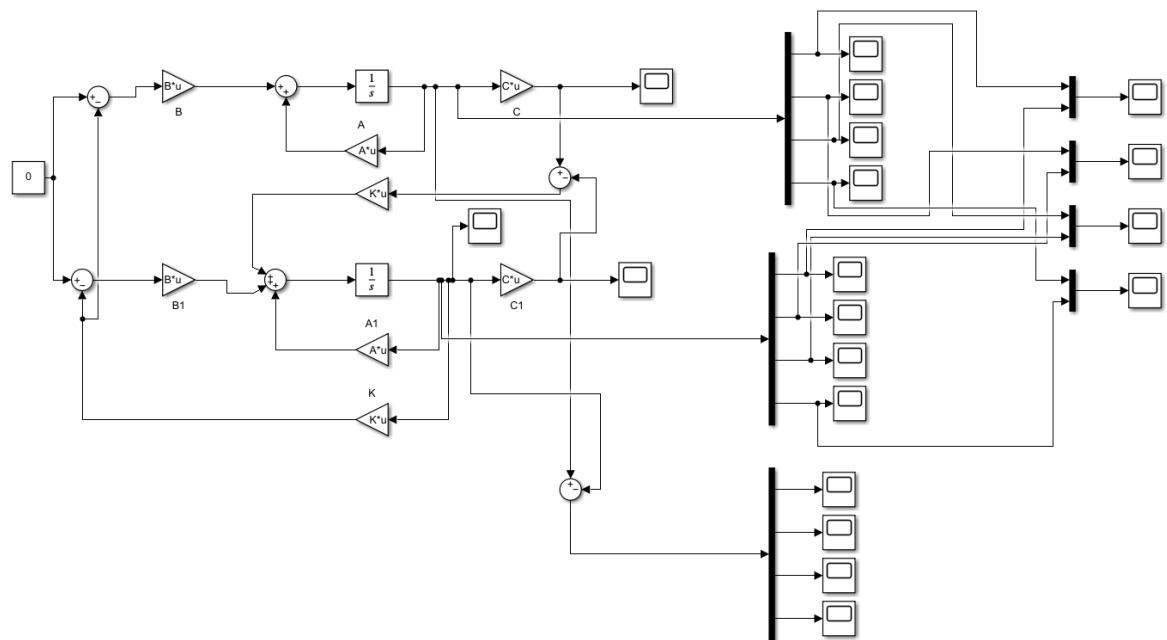
بردار فیدبک به دست آمده برای دسته قطب اول:

$$K1 = [0.0481 \quad 0.1745 \quad 0.0078 \quad -0.2688]$$

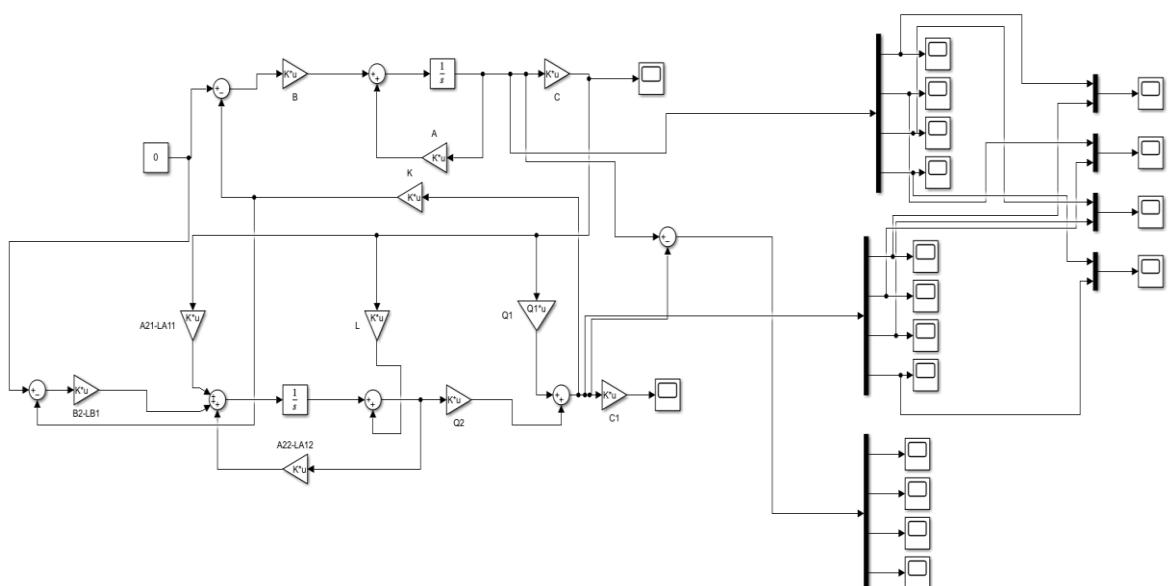
بردار فیدبک به دست آمده برای دسته قطب دوم:

$$K2 = [-0.2536 \quad -0.4544 \quad -0.4753 \quad -0.4878]$$

با داشتن نمای سیمولینک برای کنترل کننده رگولاتور با رویت گر مرتبه کامل:



با داشتن نمای سیمولینک برای کنترل کننده رگولاتور با رویت گر کاهش مرتبه یافته:

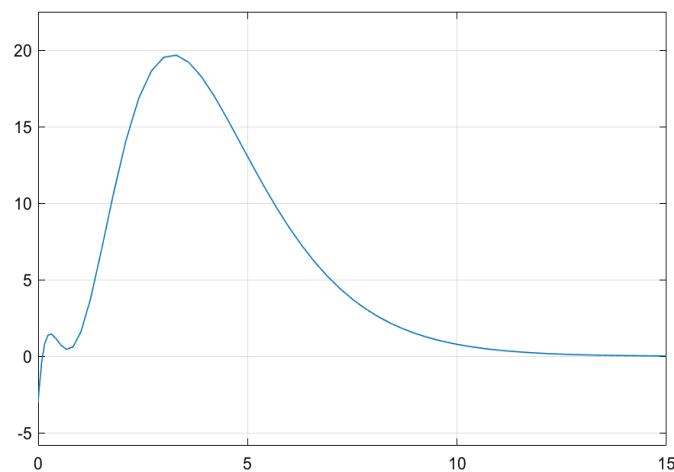


## 2-2 شبیه سازی قسمت 1 و مقایسه و تحلیل خروجی ها (پاسخ ، state ها و سیگنال کنترل)

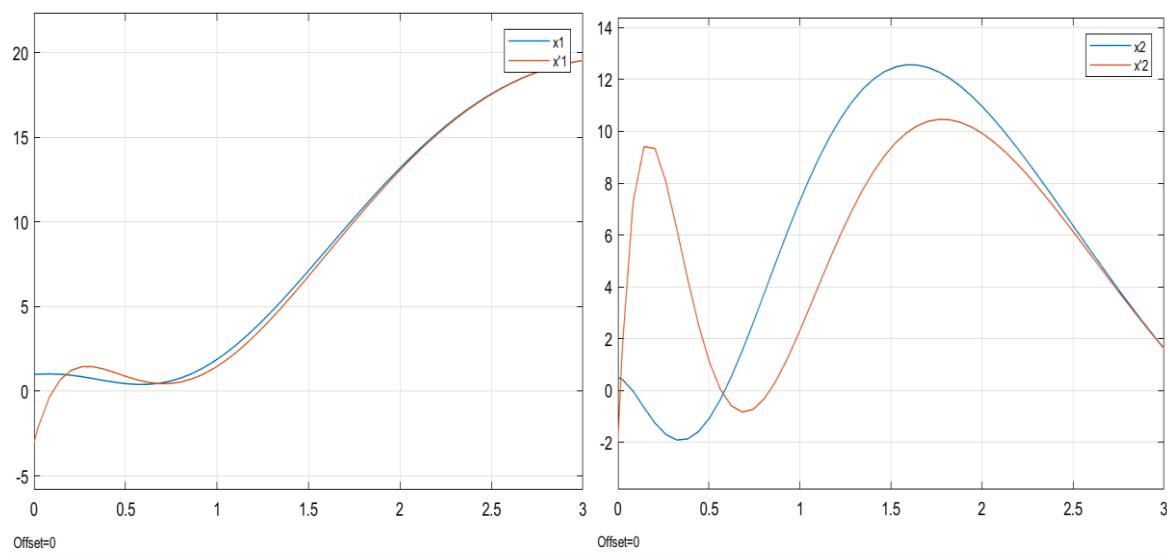
در ادامه به شبیه سازی قسمت قبل در سیمولینک می پردازیم و با خروجی ها داریم:

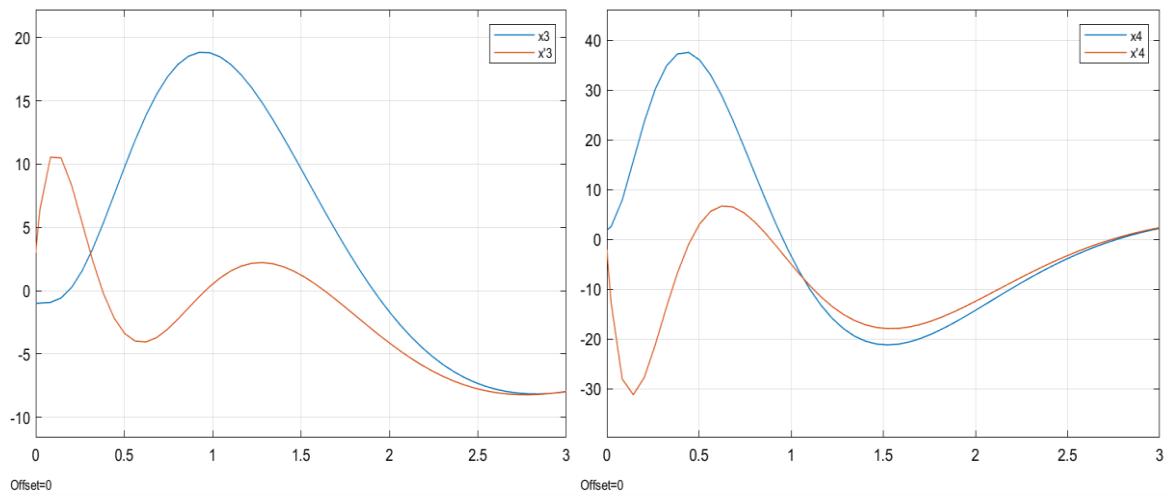
رویتگر مرتبه کامل(دسته قطب اول) و رگولاتور برای دسته قطب اول:

پاسخ خروجی:

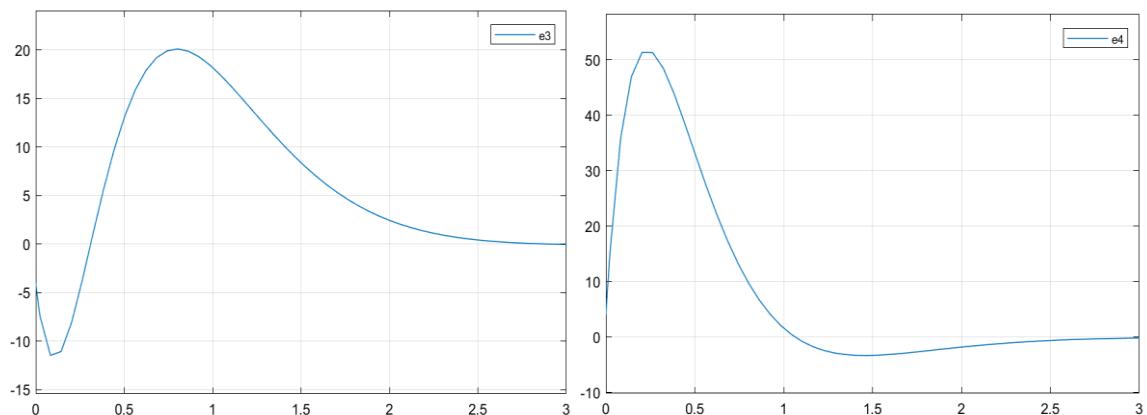
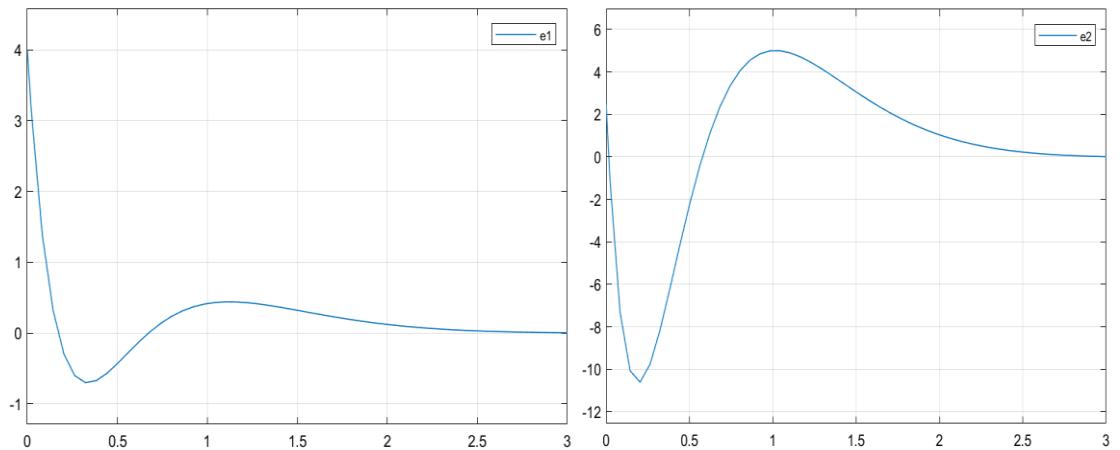


حالت ها و تخمین حالت ها:

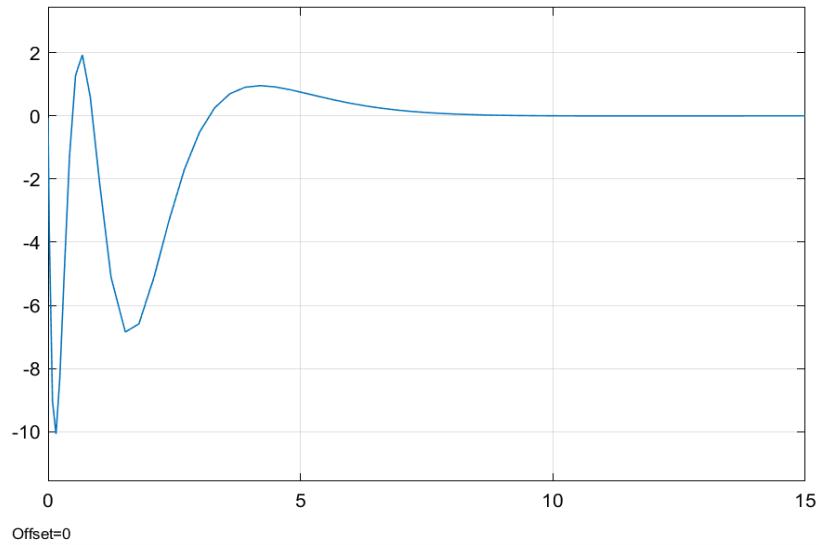




خطا تخمين حالت ها:

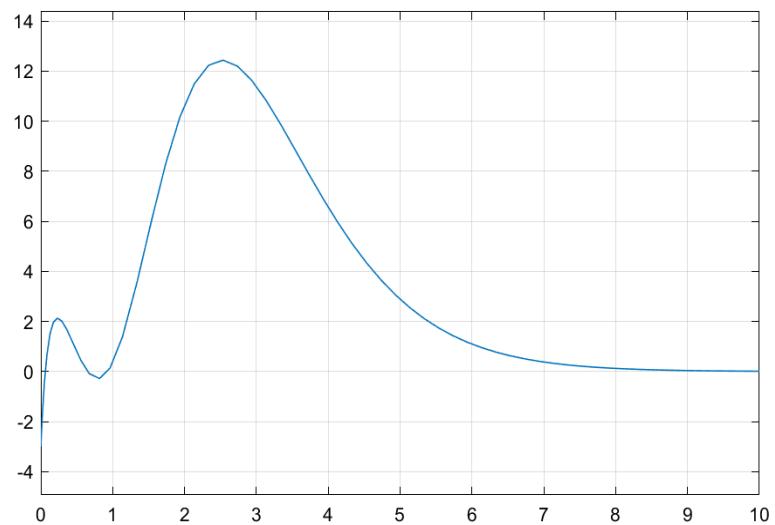


سیگنال فرمان:

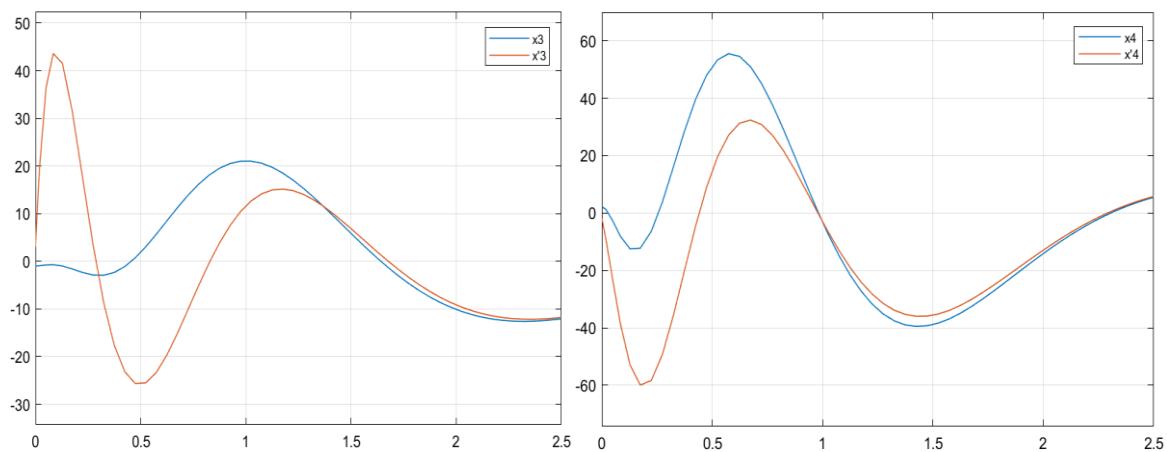
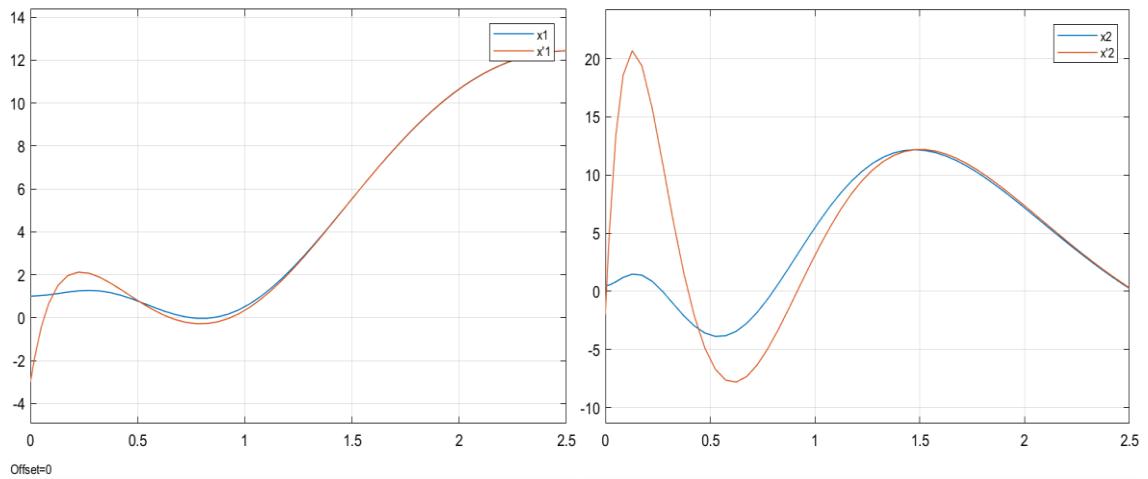


رویتگر مرتبه کامل(دسته قطب دوم) و رگولاتور برای دسته قطب دوم:

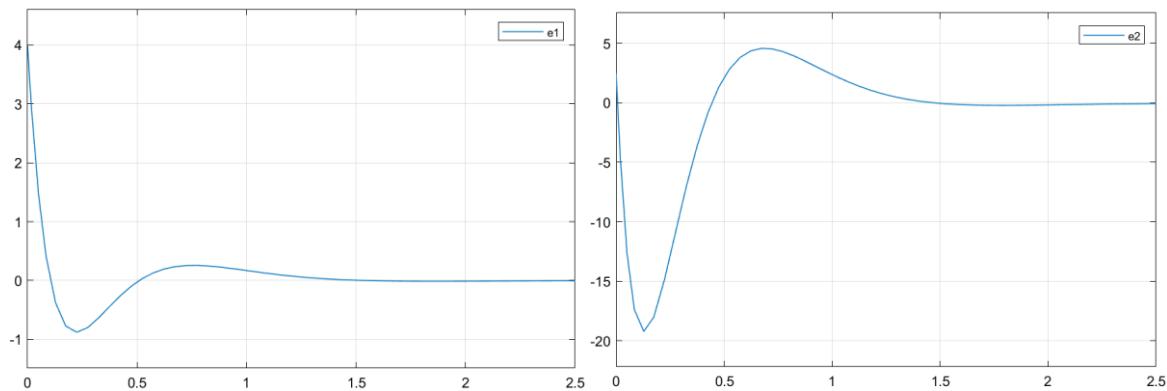
پاسخ خروجی:

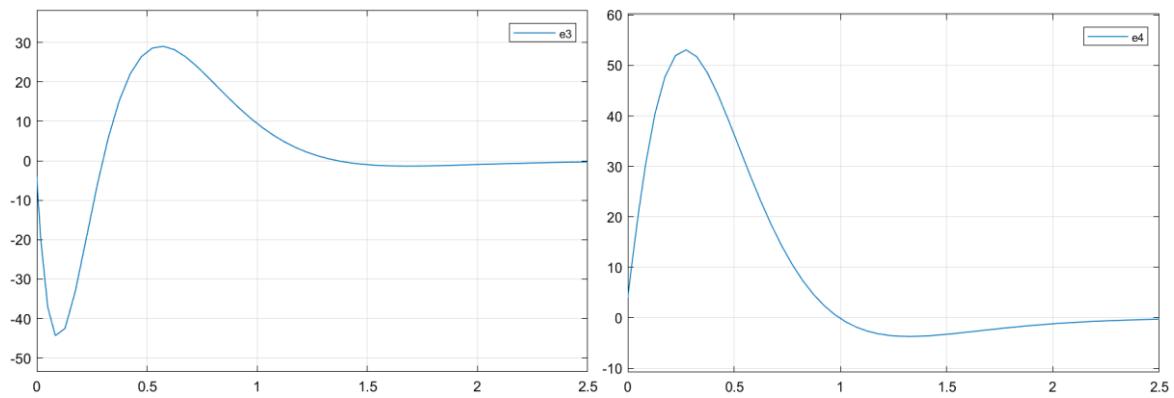


حالت ها و تخمین حالت ها:

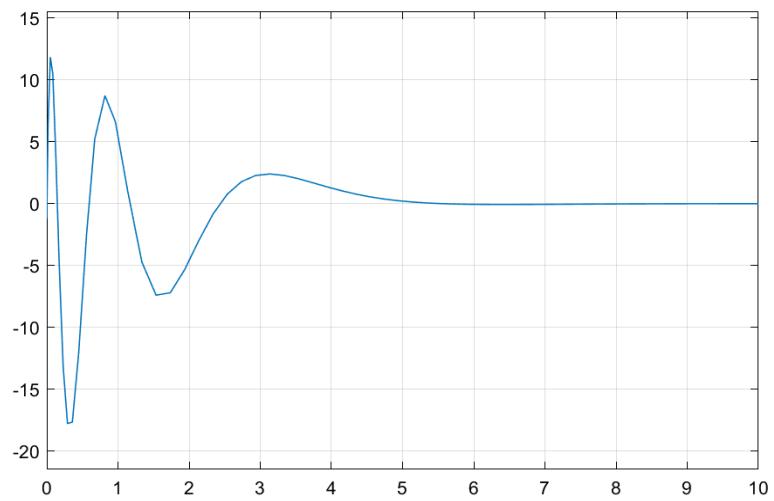


خطا تخمين حالت ها:



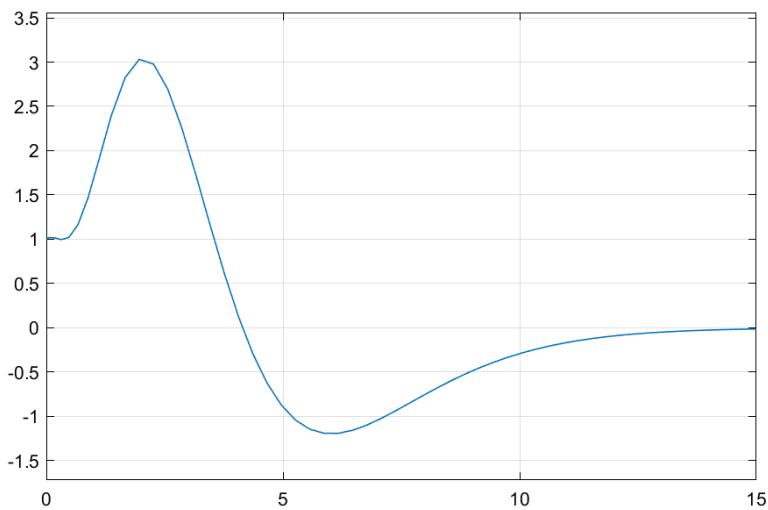


سیگنال فرمان:

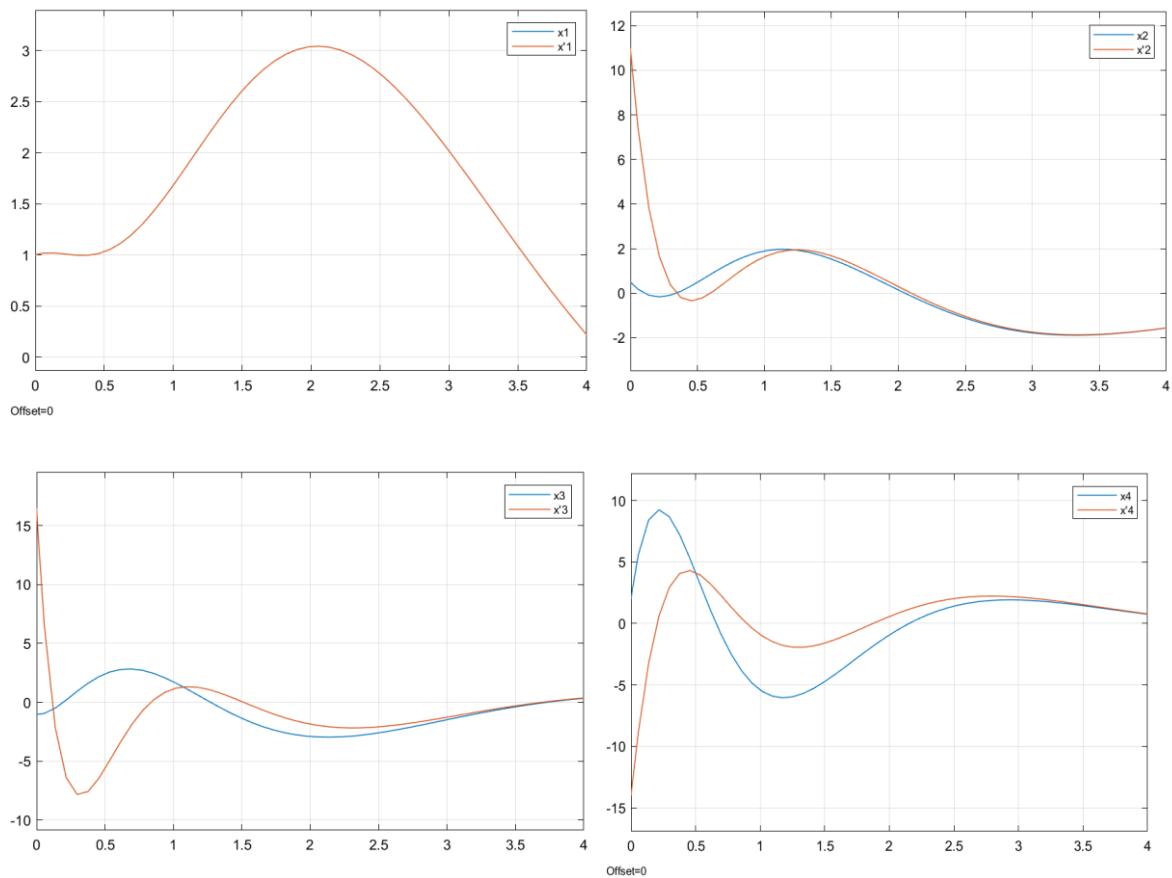


رویتگر کاهش مرتبه یافته(دسته قطب اول) و رگولاتور برای دسته قطب اول:

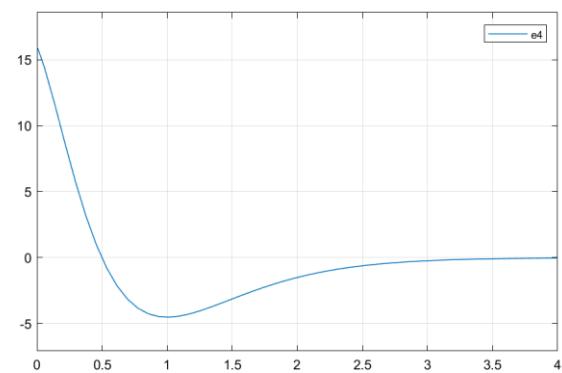
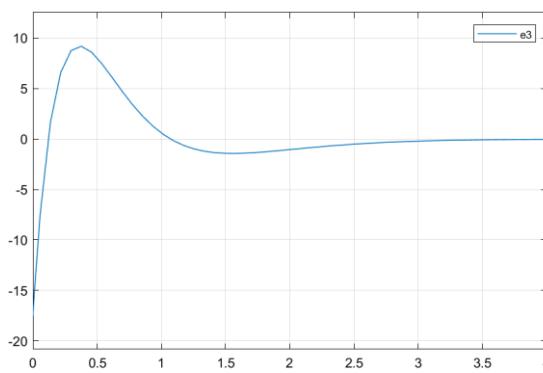
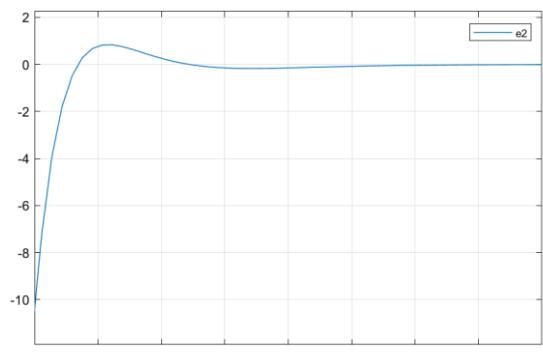
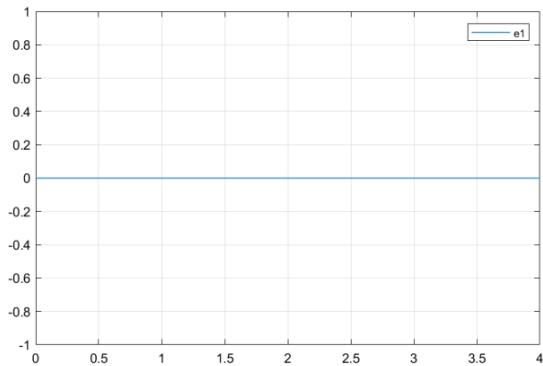
پاسخ خروجی:



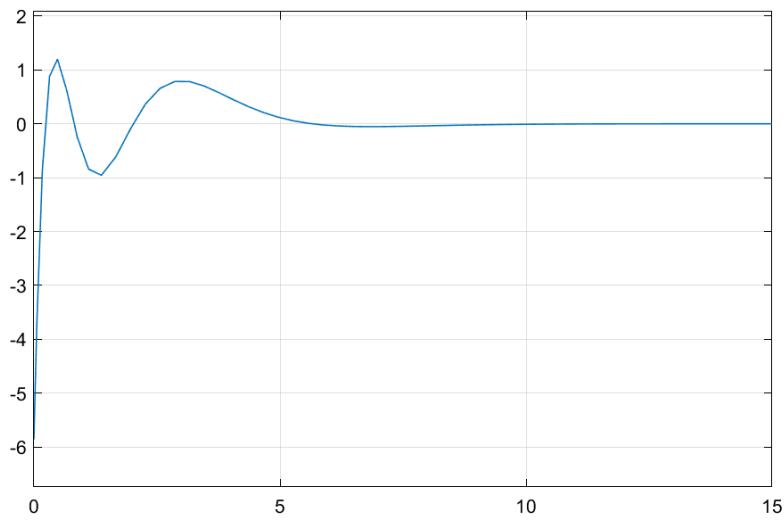
حالت ها و تخمین حالت ها:



خطا تخمين حالت ها:

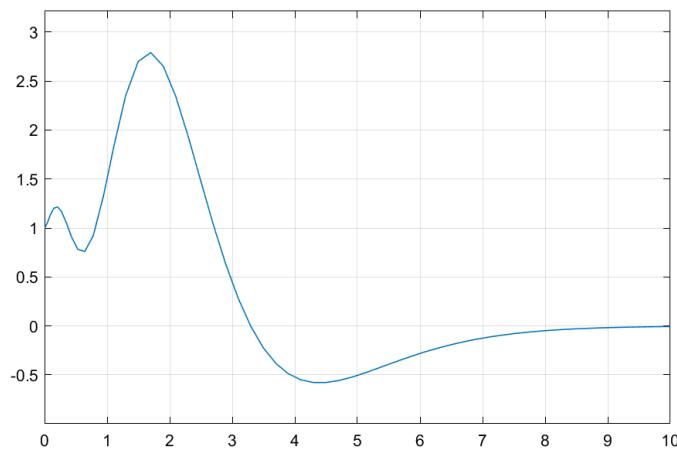


سیگنال فرمان:

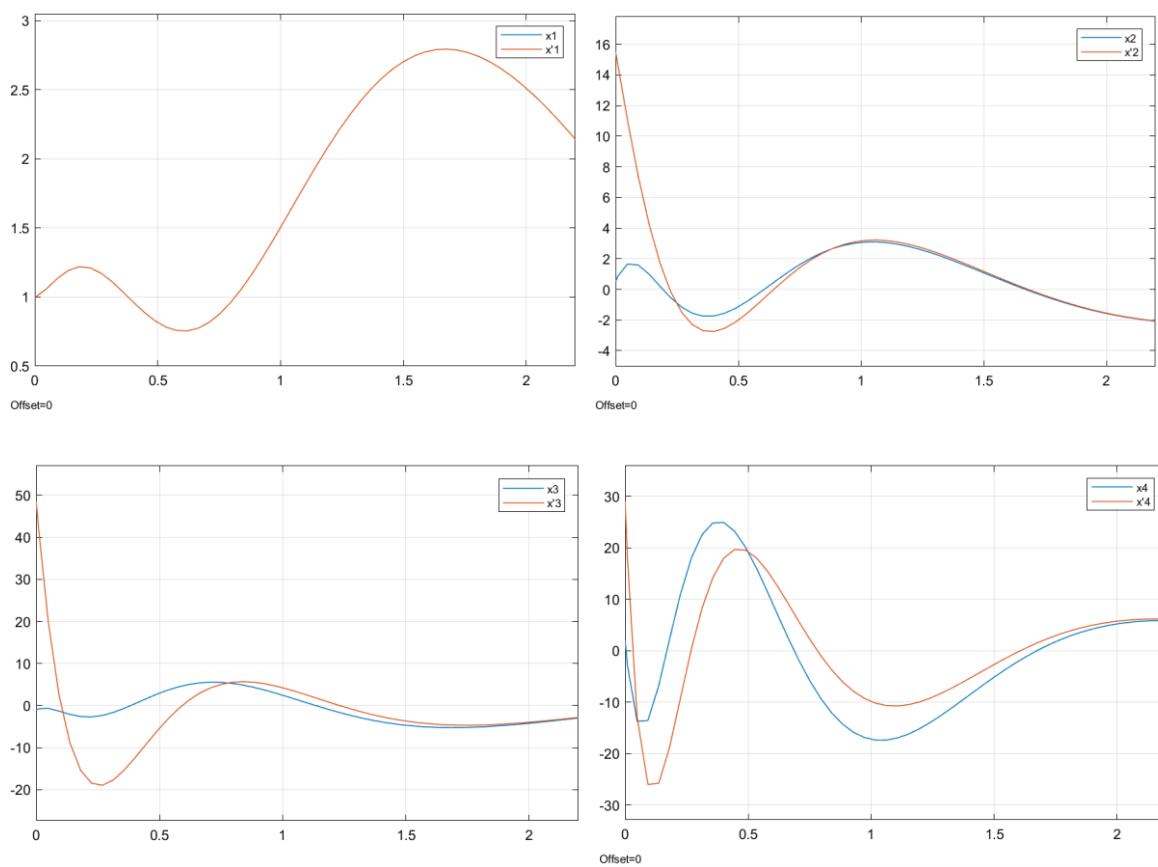


رویتگر کاهش مرتبه یافته(دسته قطب دوم) و رگولاتور برای دسته قطب دوم:

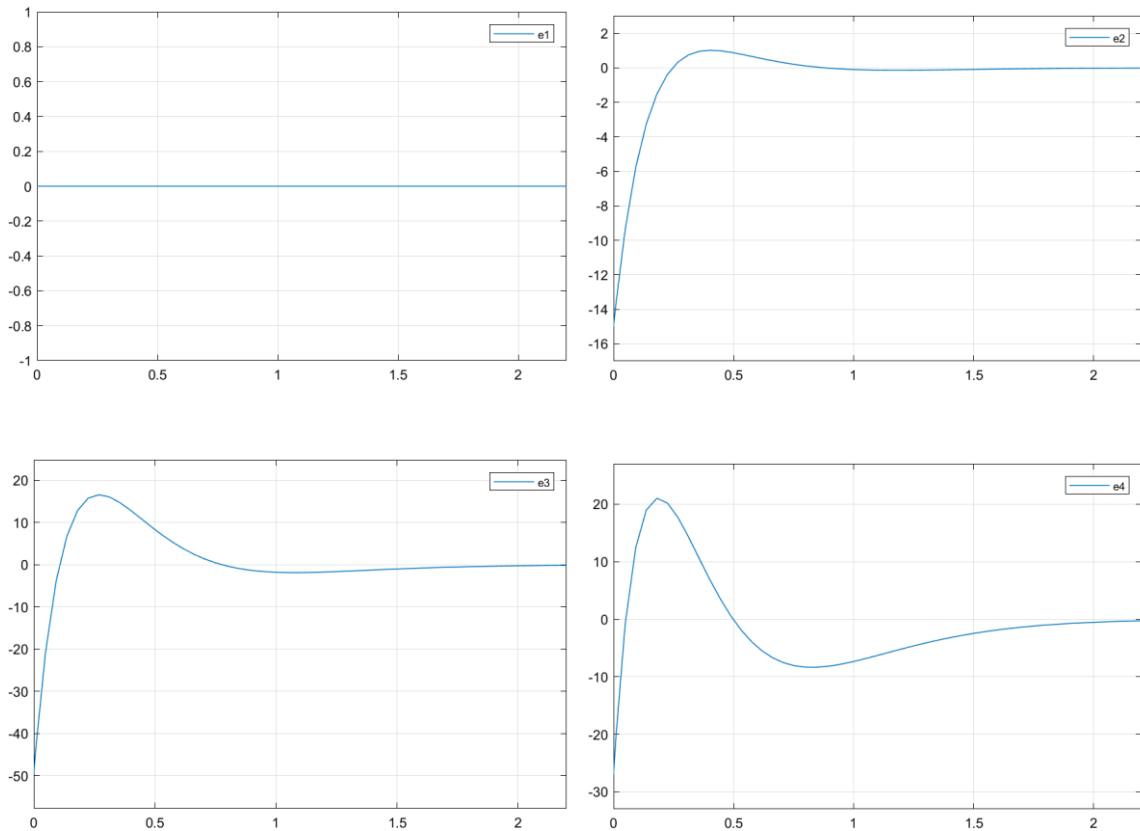
پاسخ خروجی:



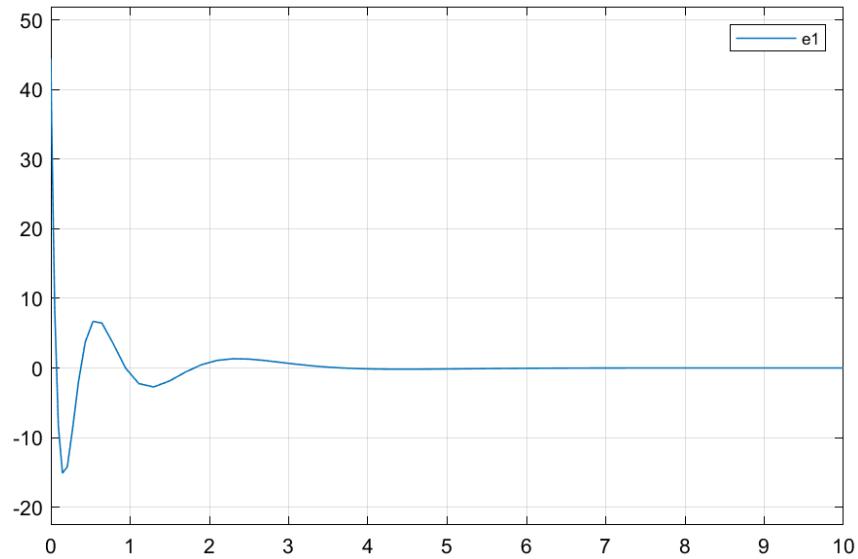
حالت ها و تخمین حالت ها:



خطا تخمين حالت ها:



سیگنال فرمان:



## تحلیل و مقایسه:

در کل پاسخ های را میتوان به دو دسته تقسیم کرد برای هر دو نوع طراحی صورت گرفته: قسمت ابتدایی پاسخ که هنوز رویتگر(چه مرتبه کامل و چه کاهش مرتبه یافته) حالت ها را نتوانسته است به درستی تخمین بزند و قسمت دوم پاسخ خروجی اینکه تخمینگر توانسته است حالت ها را تخمین بزند. ابتدای کار با قسمت اول شروع می کنیم: همان گونه که از همه ای پاسخ های خروجی و سیگنال های فرمان مشخص می باشد، زمانی که تخمینگر هنوز نتوانسته است حالت ها را تخمین بزند عمل کنترل به درستی صورت نگرفته و پاسخ خروجی رفتار درستی ندارد و نوسانی می باشد همانگونه که از سیگنال فرمان مشخص می باشد ولی مقدار این نوسانات و زمان از بین رفتن نوسانات(تخمین درست رویتگر) بسته به محل قطب های رویتگر و نوع رویتگر انتخابی دارد. ابتدا در مورد محل قطب ها بحث می کنیم: کاملا مشخص است هر چه قطب ها از محور موهومی دور تر باشند سرعت تخمینگر بیشتر شده و سریع تر به تخمین درست از حالت ها می رسیم و سریع تر می توانیم عمل کنترل را بهبود ببخشیم. اکنون در مورد نوع رویتگر: همانگونه که مشخص می باشد رویتگر کاهش مرتبه یافته عملکرد بهتری دارد و دلیل آن هم تخمین نزدن حالت هایی است که خودشان اندازه گیری می شوند، در حالی که رویتگر مرتبه کامل این قابلیت را ندارد و همین مورد باعث می شود که رویتگر مرتبه کامل با دقت و خطای کمتر به دنبال تخمین حالت هایی باشد که اندازه گیری نمی شوند و همین باعث کم شدن نوسانات خروجی و سریع تر تخمین زدن حالت ها و درنتیجه بهتر و سریع تر شدن عمل کنترل کردن شود. در ادامه با قسمت دوم داریم: در این حالت زمانی که تخمین گر به تخمین درستی از حالت ها رسیده است و عمل کنترل به درستی انجام می شود، می پردازیم. در این حالت تنها به محل قطب های انتخابی بری کنترل کننده بستگی دارد. زمانی که قطب های انتخابی دور تر از محور موهومی قرار گرفته باشند خروجی سریع تر به سمت صفر میل می کند ولی خب جهش بیشتری در حالت گذرا نسبت به حالتی که قطب ها نزدیک به محور موهومی هستند، دارد.

## بخش سوم

طراحی کنترل کننده ردیاب با تخمین گر  
مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته

### 1-3 طراحی ردیاب با تخمین گر مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته با روش پیش جبران ساز

#### استاتیکی

با داشتن بهره های بدست آمده برای دوسته قطب تعریف شده برای کنترل کننده رگولاتور اکنون پیش جبران ساز های خود را بدست آوریم. و در ادامه این دو پیش جبران ساز را در جفت رویتگر کاهش مرتبه یافته و مرتبه کامل پیاده سازی کنیم.

با داشتن  $K1$  برای دست قطب اول کنترل کننده و  $K2$  برای دست قطب دوم کنترل کننده:

$$K1 = [0.0481 \quad 0.1745 \quad 0.0078 \quad -0.2688]$$

$$K2 = [-0.2536 \quad -0.4544 \quad -0.4753 \quad -0.4878]$$

طبق رابطه زیر می توانیم بهره پیش جبران ساز استاتیکی خود را طراحی کنیم:

$$ua1 = [-C(A - BK1)^{-1} B]^{-1} r \rightarrow ua1 = -0.0795r$$

$$ua2 = [-C(A - BK2)^{-1} B]^{-1} r \rightarrow ua2 = -0.4492r$$

کد مربوطه برای طراحی پیش جبران ساز استاتیکی:

```
clc;
clear all;

num=[0 0 1 0.6 -9.6];
den=[1 0 3.5 4 1.062];

A=[0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1;-1.062 -4 -3.5 0];
B=inv([1 0 0 0;0 1 0 0;3.5 0 1 0;4 3.5 0 1])*[0;1;0.6;-9.6];
C=[1 0 0 0];

%determining the stability and controllability of the system
phi_c = ctrb(A,B);

if(rank(phi_c) == length(A))
display('phi_c is full rank so this system is controllable');
end

eigen = eig(A);
```

```

unstable_poles=eigen(real(eigen)>=0)
stable_poles=eigen(real(eigen)<0)
if isempty(unstable_poles)
    disp('this system is stable');
else
    disp('this system is not stable');
end

%finding state feedback :
% 1-equivalency 2-Bass and Gura 3-Ackerman 4-canonical controller

%desired poles
desired_poles1 = [-1-0.3i -1+0.3i -0.7 -1];
desired_poles2 = [-1.5-0.5i -1.5+0.5i -1.15 -1.5];

%equivalency
Ke1 = place(A, B, desired_poles1);
Ke2 = place(A, B, desired_poles2);

%Bass and Gura:the function of Bass_Gura is end of the code
Kbg1=Bass_Gura(A,B,desired_poles1);
Kbg2=Bass_Gura(A,B,desired_poles2);

%Ackerman
Ka1 = acker(A, B, desired_poles1);
Ka2 = acker(A, B, desired_poles2);

%canonical controller
Ac=[0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1; -1.062 -4 -3.5 0 ];
Bc=[0;0;0;1];
Cc=[-9.6 0.6 1 0];
Dc=0;
m=[0 0 0 1];
a1=m*(-1.*Ac);
s=tf('s');
delta_s_desired1=(s+1+0.3i)*(s+1-0.3i)*(s+0.7)*(s+1);
a2=[0.763 3.253 5.19 3.7];
delta_s_desired2=(s+1.5+0.5i)*(s+1.5-0.5i)*(s+1.15)*(s+1.5);
a3=[4.312 11.8 12.18 5.65];
Kc1=a2-a1;
Kc2=a3-a1;
phi_c_Ac=ctrb(Ac,Bc);
inv_phi_c=inv(phi_c);
Kcc1=Kc1*phi_c_Ac*inv_phi_c;
Kcc2=Kc2*phi_c_Ac*inv_phi_c;

```

```

%in total we have state feedbacks

%state feedback for desired poles 1
K1=Ka1;
%state feedback for desired poles 2
K2=Ka2;

%tracker static

%close loop for K1
Acl_1=A-B*K1;
%close loop for K2
Acl_2=A-B*K2;

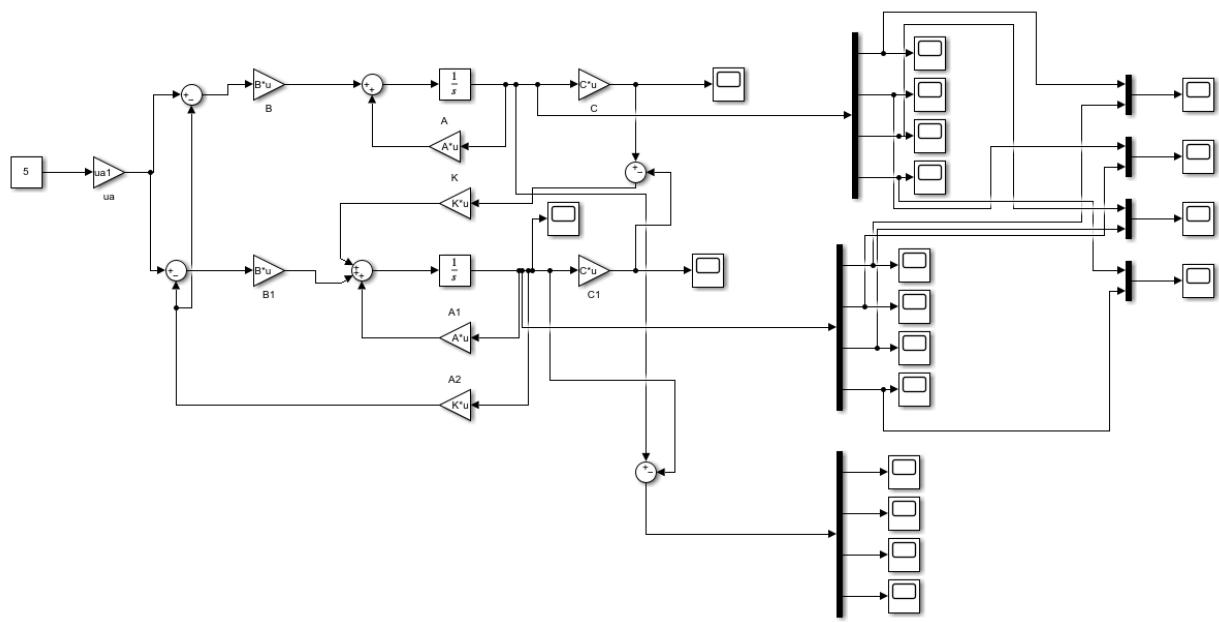
%finding ua1 for first close loop system
ua1=inv((-1.*C)*inv(Acl_1)*B);

%finding ua2 for second close loop system
ua2=inv((-1.*C)*inv(Acl_2)*B);

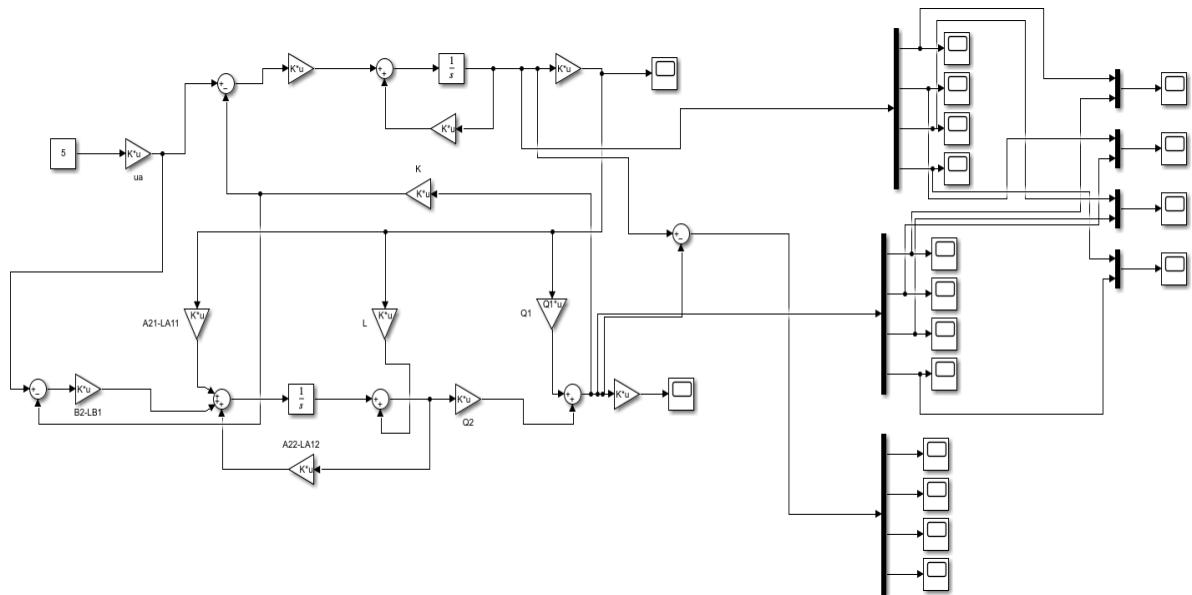
function k = Bass_Gura(A,B,pd)
phi_c = ctrb(A,B);
alpha = poly(pd);
alpha = alpha(1,2:end);
n = length(A);
e = eig(A);
a = poly(e);
a = a(1,2:end);
si=eye(n);
for i = 2:n
    si = si+diag(a(i-1)*ones(1,n-i+1),i-1);
end
k = (alpha -a)*inv(si)*inv(phi_c);
end

```

نمایی از سیمولینک برای طراحی کننده پیش جبران ساز با رویتگر مرتبه کامل:



نمایی از سیمولینک برای طراحی کننده پیش جبران ساز با رویتگر کاهش مرتبه یافته:



### 2-3 طراحی ردیاب با تخمین گر مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته با روش انتگرالی

برای طراحی ردیاب با کنترل کننده انتگرالی، ابتدای امر باید مرتبه ماتریس زیر را چک کنیم:

$$\begin{bmatrix} B & A \\ 0 & -C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0.6 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -13.1 & -1.062 & -4 & -3.5 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \longrightarrow \text{rank} \left( \begin{bmatrix} B & A \\ 0 & -C \end{bmatrix} \right) = 5$$

ماتریس مرتبه‌ی کامل دارد، پس می‌توانیم ردیاب با کنترل کننده انتگرالی برای سیستم طراحی کنیم.

با اضافه کردن state جدید به سیستم به صورت:

$$\frac{dq(t)}{dt} = r - y(t) = Cx(t)$$

اکنون تحقق ما به صورت زیر می‌شود:

$$\begin{bmatrix} \frac{dx(t)}{dt} \\ \frac{dq(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ -C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ q(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ I \end{bmatrix} r$$

$$y(t) = [C \quad 0] \begin{bmatrix} x(t) \\ q(t) \end{bmatrix}$$

طبق ماتریس‌های A و B و C جدید اکنون طبق روش‌های گفته شده از نوبه‌ها را نسب به دو دسته قطب بدست می‌آوریم: (قطب مربوط به متغیر حالت اضاف شده را در 2- قرار میدهیم.

در کل دو دسته قطب جدید با افزودن متغیر حالت جدید:

دسته قطب اول:

$$p1 = [-1 - 0.3i \quad -1 + 0.3i \quad -0.7 \quad -1 \quad -2]$$

دسته قطب دوم:

$$P2 = [-1.5 - 0.5i \quad -1.5 + 0.5i \quad -1.15 \quad -1.5 \quad -2]$$

بهره ها فیدبک به دست آمده به ازای دو دسته قطب:

با توجه به رابطه مقابله می کنیم:

$$u(t) = [-K1 \quad K2] \begin{bmatrix} x(t) \\ q(t) \end{bmatrix}$$

که در آن  $K1$  بردار فیدبک حالت و  $K2$  بهره انتگرال گیر می باشد.

پس برای دو دسته قطب تعریف شده داریم:

دسته قطب اول:

$$\begin{aligned} KI1 &= [-0.5641 \quad -0.6510 \quad -0.5297 \quad -0.5091 \quad -0.1590] \\ \rightarrow K1 &= [-0.5641 \quad -0.6510 \quad -0.5297 \quad -0.5091], \quad K2 = [-0.1591] \end{aligned}$$

دسته قطب دوم:

$$\begin{aligned} KI2 &= [-2.6358 \quad -2.6941 \quad -1.4508 \quad -0.8561 \quad -0.8984] \\ \rightarrow K1 &= [-2.6358 \quad -2.6941 \quad -1.4508 \quad -0.8561], \quad K2 = [-0.8984] \end{aligned}$$

کد مربوطه:

```
clc;
clear all;

num=[0 0 1 0.6 -9.6];
den=[1 0 3.5 4 1.062];

A=[0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1;-1.062 -4 -3.5 0];
B=inv([1 0 0 0;0 1 0 0;3.5 0 1 0;4 3.5 0 1])*[0;1;0.6;-9.6];
C=[1 0 0 0];

% Tracking : Integral controller
% testing controllability of [B A;0 -C]
phi=[0 0 1 0 0;1 0 0 1 0;0.6 0 0 0 1;-13.1 -1.062 -4 -3.5 0;0 -1 0 0 0];
r=rank(phi);

if(r == 5)
    display('[[B A;0 -C] is full rank so this system is controllable');
    display('so it is ok to designing trackig controller(integral)');
end;
```

```

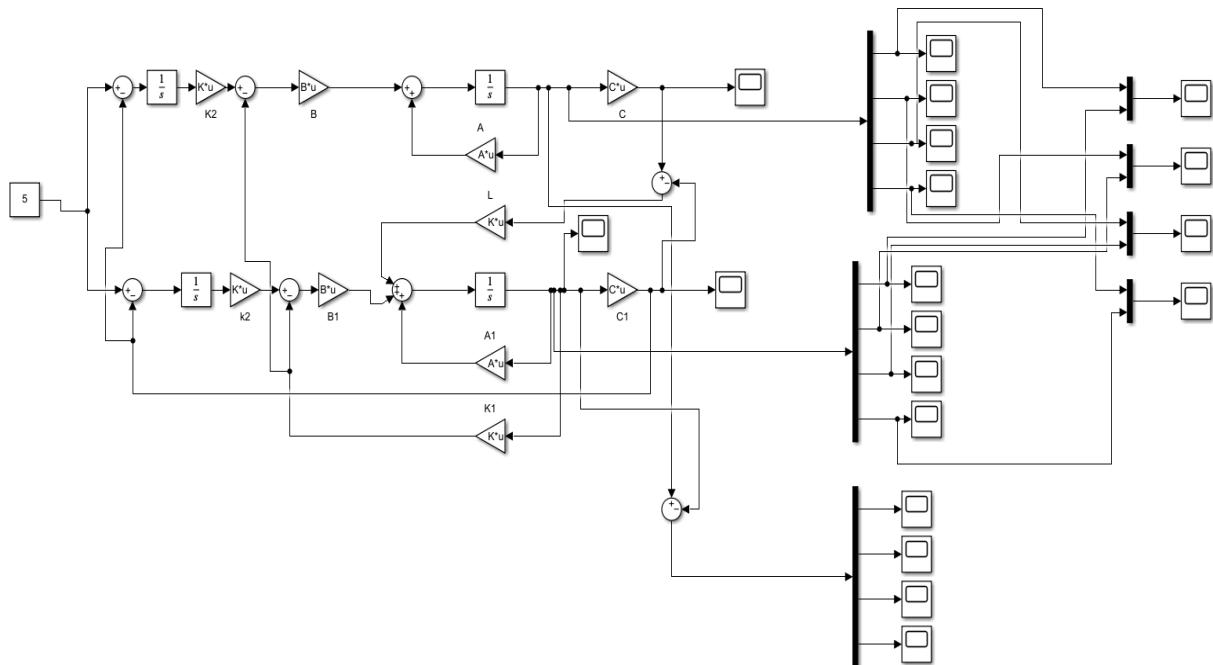
else
display(['[B A;0 -C] is not full rank so this system is not controllable']);

end
AI=[0 1 0 0 0;0 0 1 0 0;0 0 0 1 0;-1.062 -4 -3.5 0 0;1 0 0 0 0];
BI=[4.520193743116709e-17; 1 ;0.6; -13.1; 0];
CI=[1 0 0 0];

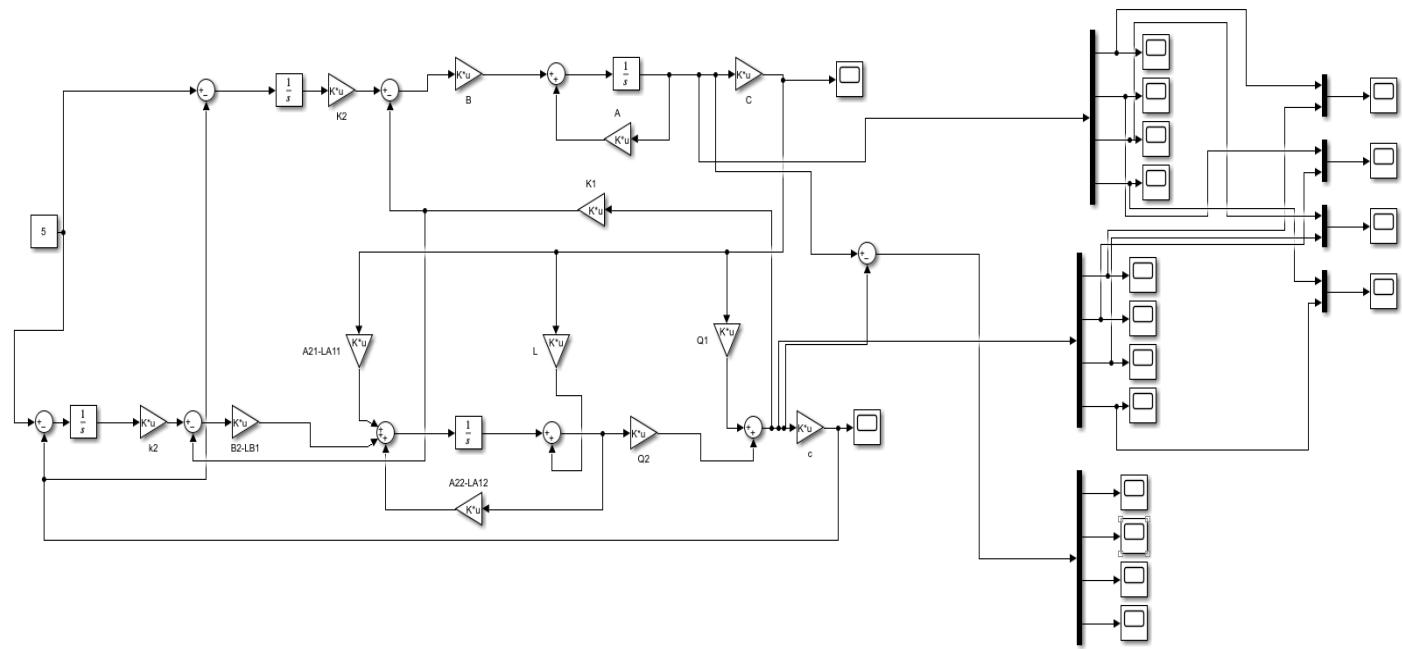
dp1 = [-1-0.3i -1+0.3i -0.7 -1 -2];
dp2 = [-1.5-0.5i -1.5+0.5i -1.15 -1.5 -2];
%calculating for both desired poles
KI_1=acker(AI,BI,dp1);
KI1_1=KI_1(:,1:4);
KI1_2=KI_1(:,5);
KI_2=acker(AI,BI,dp2);
KI2_1=KI_2(:,1:4);
KI2_2=KI_2(:,5);

```

نمایی از سیمولینک کنترل کننده‌ی ردیاب به روش انگرالی با رویت گر مرتبه کامل:



نمایی از سیمولینک کنترل کننده‌ی ردیاب به روش انتگرالی با رویت گر کاهش مرتبه یافته:



### 3-3 شبیه سازی قسمت های 1 تا 4 و بررسی عملکرد ردیابی ، در برابر اغتشاش ثابت و در برابر

تغییر پارامتر

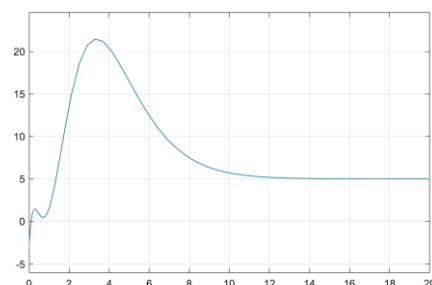
**عملکرد ردیابی:**

عملکرد ردیابی برای ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویت گر مرتبه کامل:

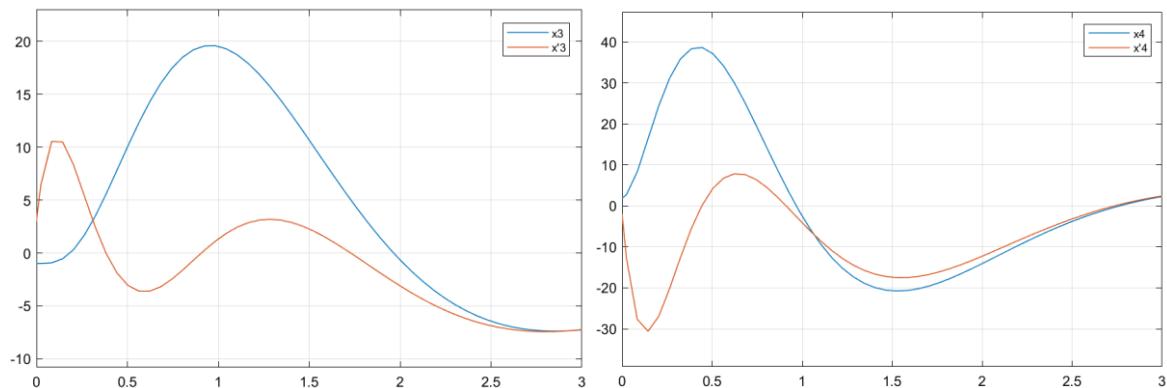
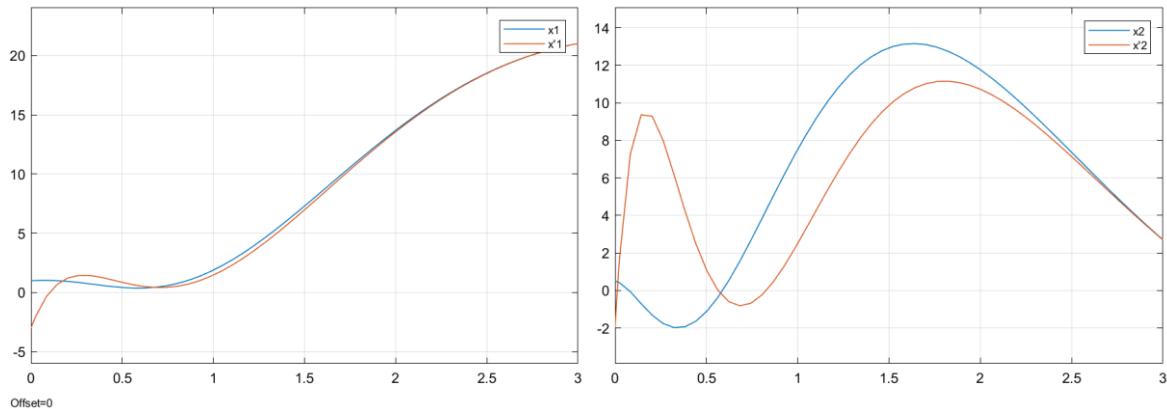
دسته قطب اول برای رویتگر مرتبه کامل و دسته قطب اول برای کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران

ساز استاتیکی:

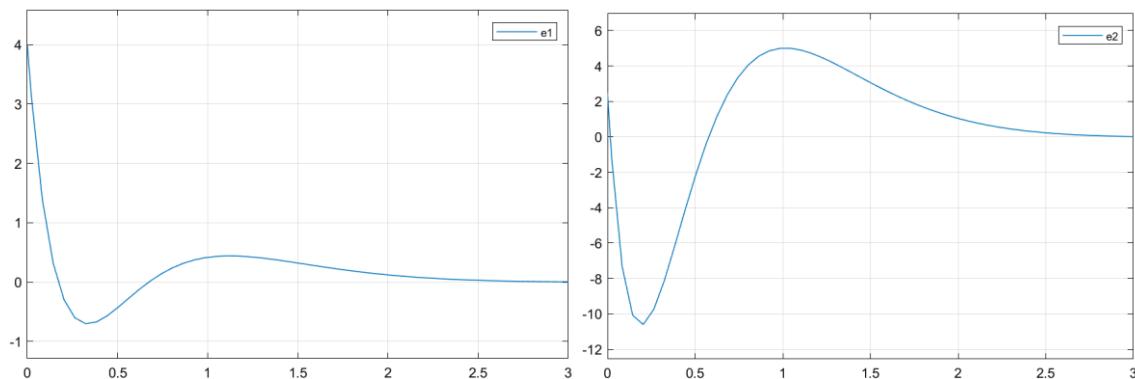
پاسخ خروجی:

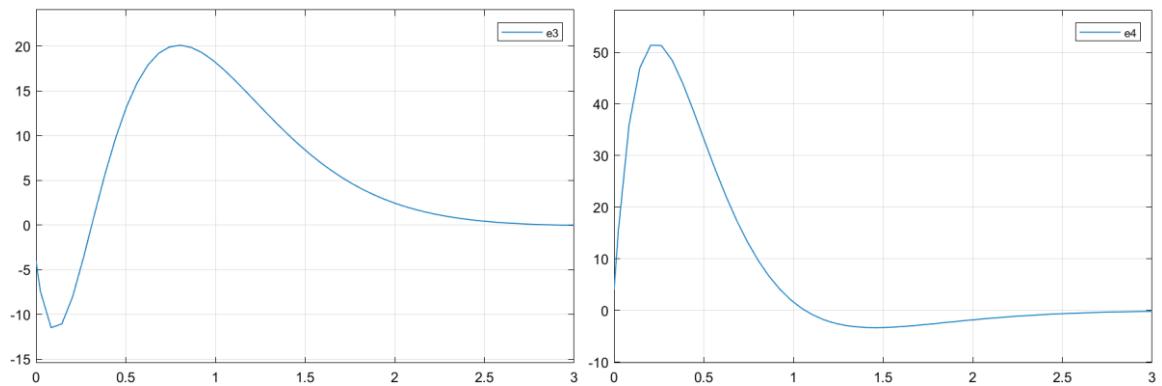


حالات و تخمين حالات:

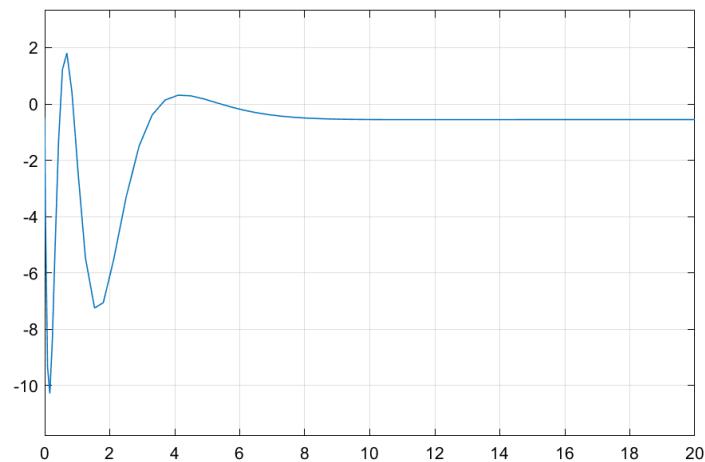


خطا تخمين ها:





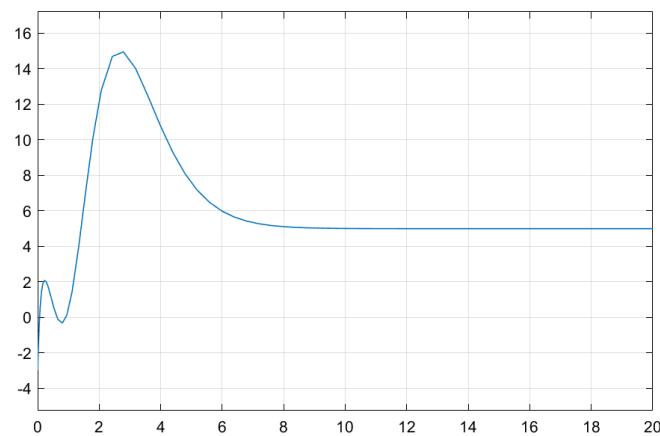
سیگنال فرمان:



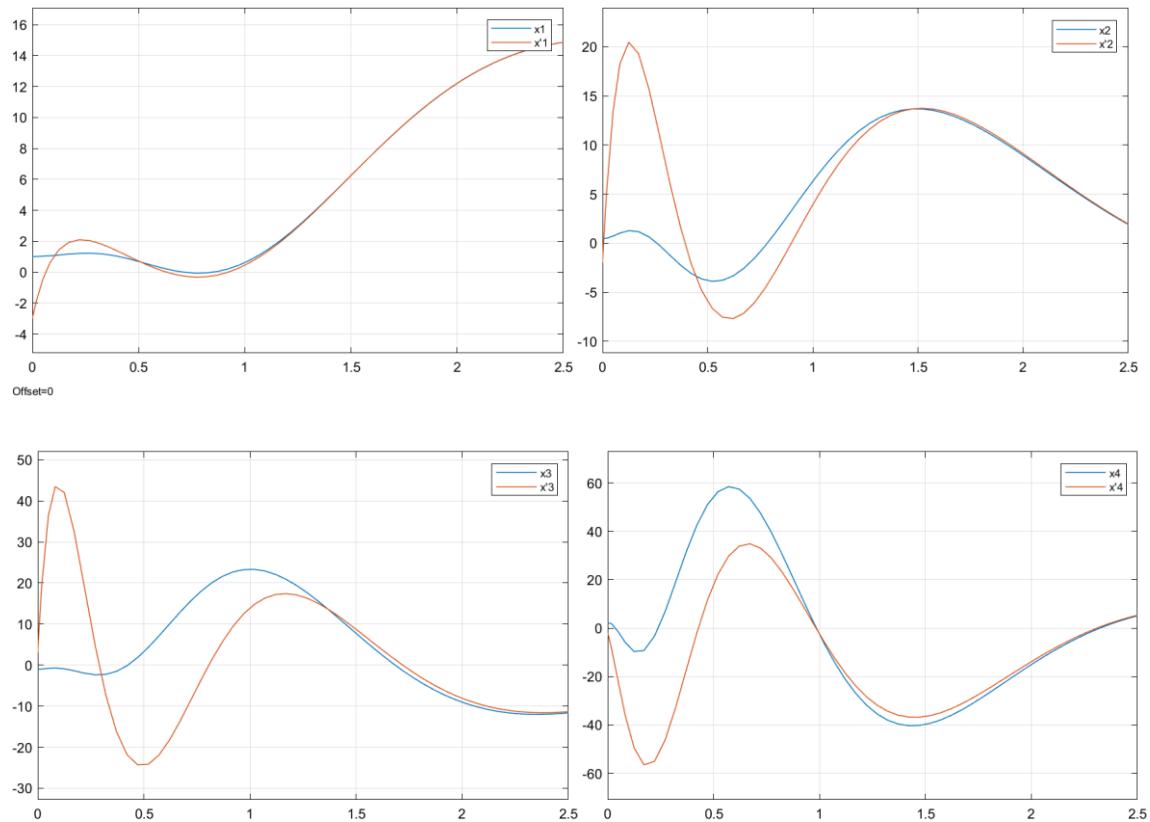
دسته قطب دوم برای رویتگر مرتبه کامل و دسته قطب دوم برای کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران

ساز استاتیکی:

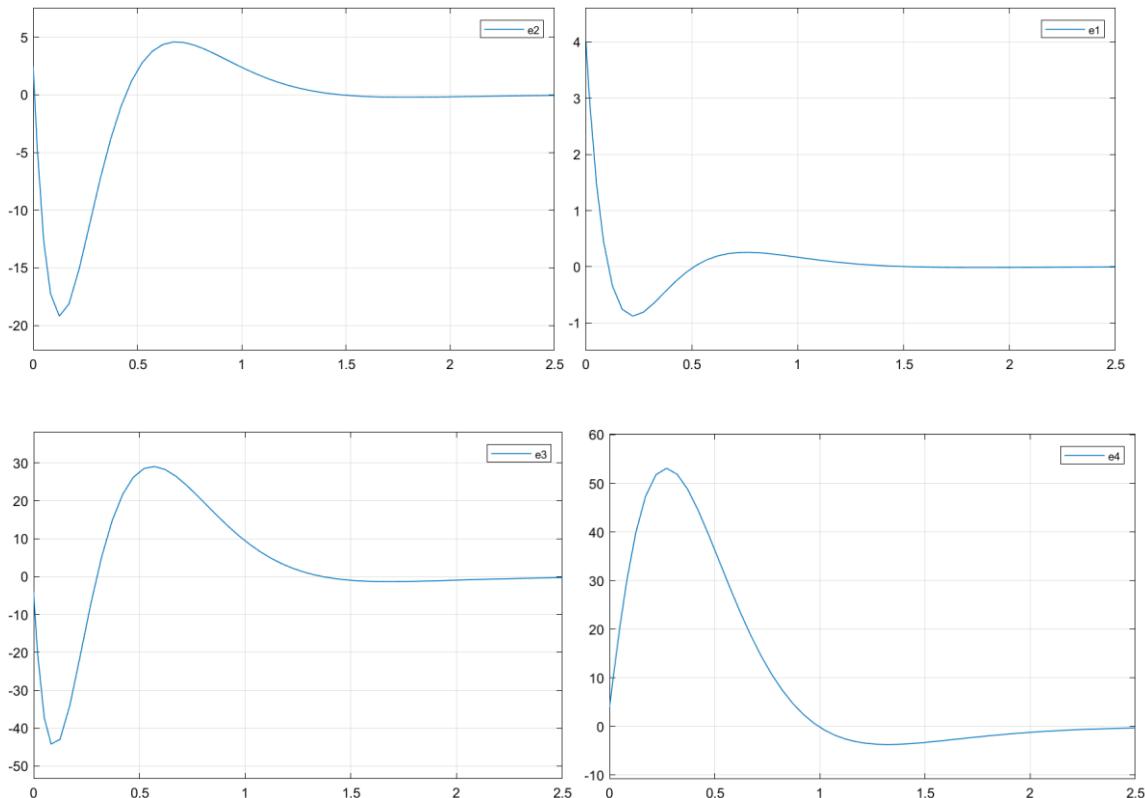
پاسخ خروجی:



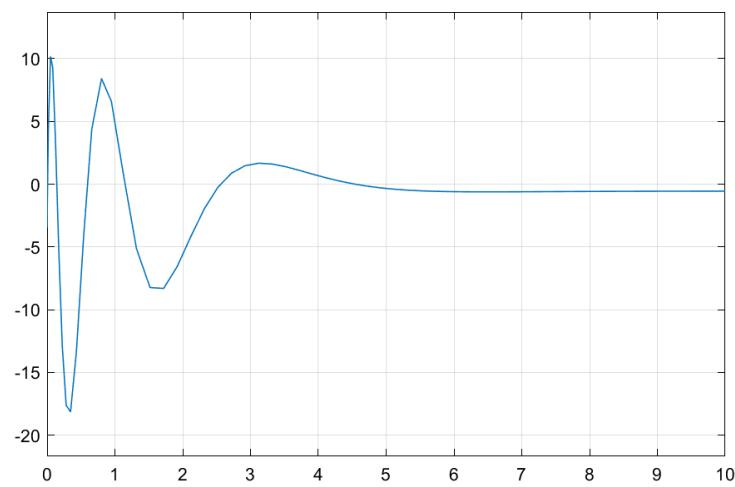
حالات و تخمین حالات:



خطا تخمين ها:



سیگنال فرمان:



## تحلیل:

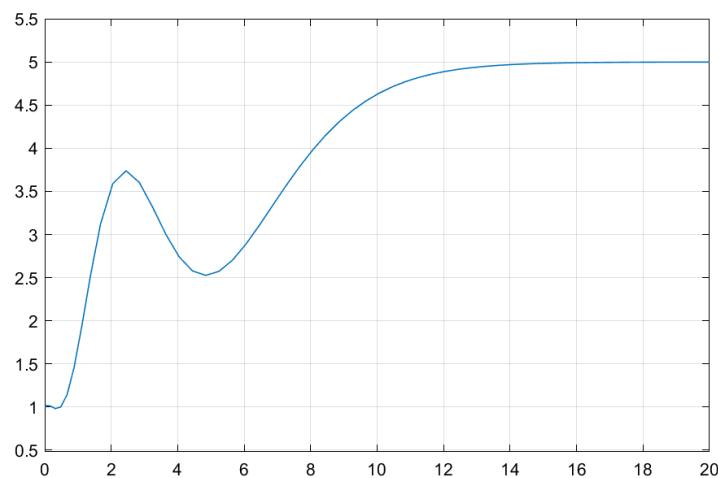
همانطور که قابل مشاهده است عملکرد ردیابی برای هر دو سته قطب بخوب انجام میشود. پاسخ خروجی برای هر دو دسته‌ی قطب‌ها دارای دو بخش می‌باشد. بخش اول که تخمین درستی از حالت‌ها زده نمی‌شود و بخش دوم زمانی است که به زمانی می‌رسیم که رویتگر توانسته به تخمینی درست از حالت‌ها دست پیدا کند. در بخش اول عملکرد ردیابی به درستی انجام نمی‌شود تا زمانی که بخش دوم فرا رسید و کنترل کننده بتواند عمل ردیابی را پیاده سازی کند. سرعت رسیدن به تخمین درست بسته به قطب‌های انتخابی برای رویت گر دارد و همانگونه که مشخص است برای دسته قطب دوم رویتگر عمل تخمین زود تر صورت می‌گیرد و سیستم کنترل کننده می‌تواند عملکرد خود را بهبود ببخشد و ردیابی را به درستی انجام دهد. زمان رسیدن به حالت ماندگار در عمل کنترل کننده بسته به نوع انتخابی قطب‌های کنترل کننده دارد و همانگونه که مشخص است برای دسته دوم قطب‌ها که دورتر می‌باشند عمل ردیابی سریع تر اتفاق افتاده است. و همانطور که نیز مشخص است هرچه قطب‌ها از محور موهومی دور می‌شوند (دسته قطب دوم) سیگنال فرمان اعمالی بزرگتری بوجود می‌آید که این مورد باعث افزایش هزینه‌ی کنترل می‌باشد.

عملکرد ردیابی برای ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویت گر کاهش مرتبه یافته:

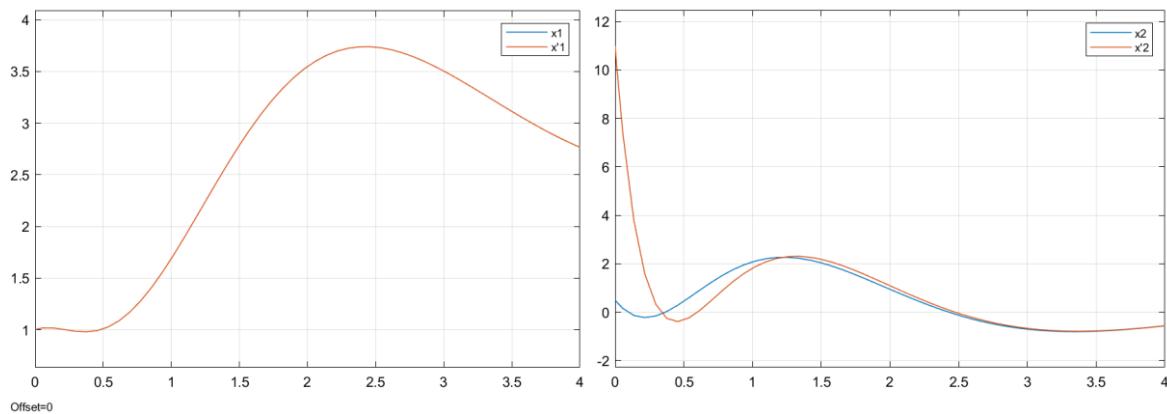
دسته قطب اول برای رویتگر کاهش مرتبه یافته و دسته قطب اول برای کنترل کننده ردیاب به روش پیش

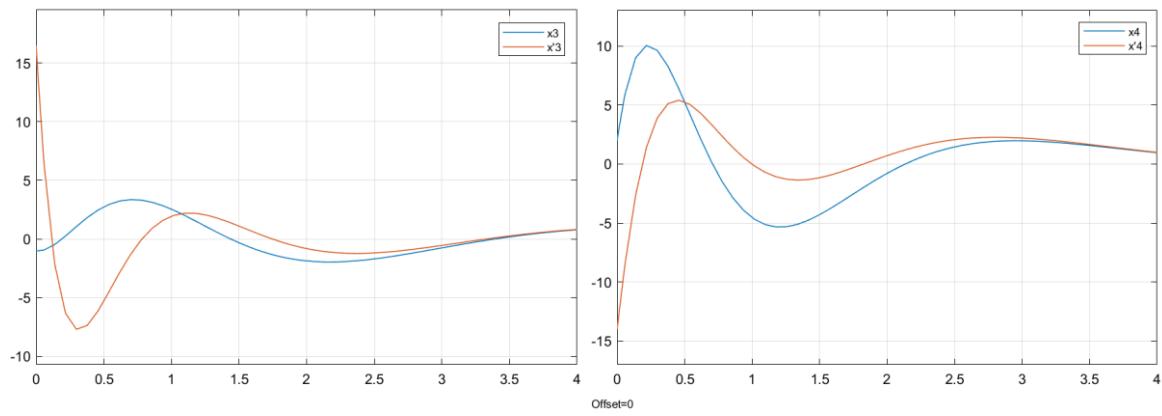
جبران ساز استاتیکی:

پاسخ خروجی:

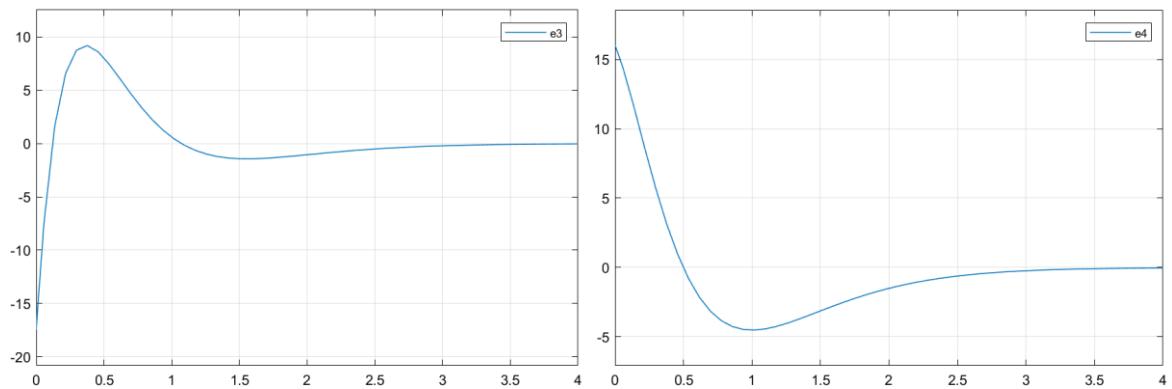
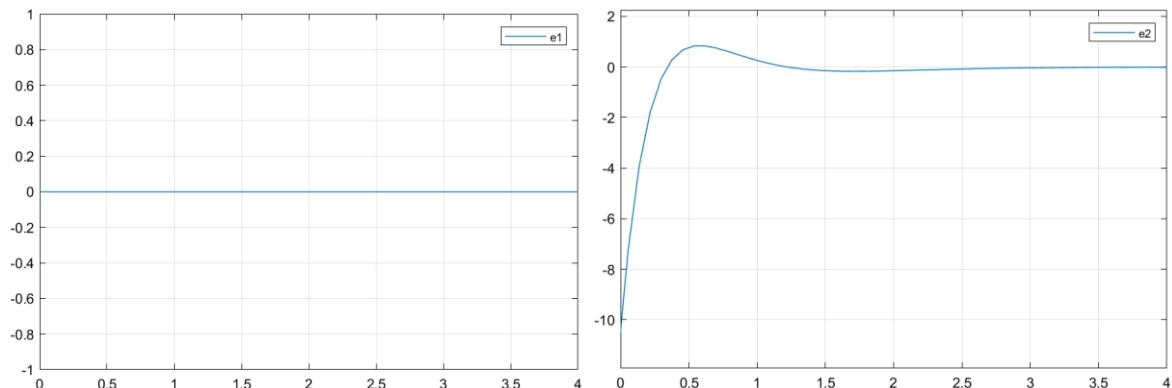


حالت ها و تخمین حالت ها:

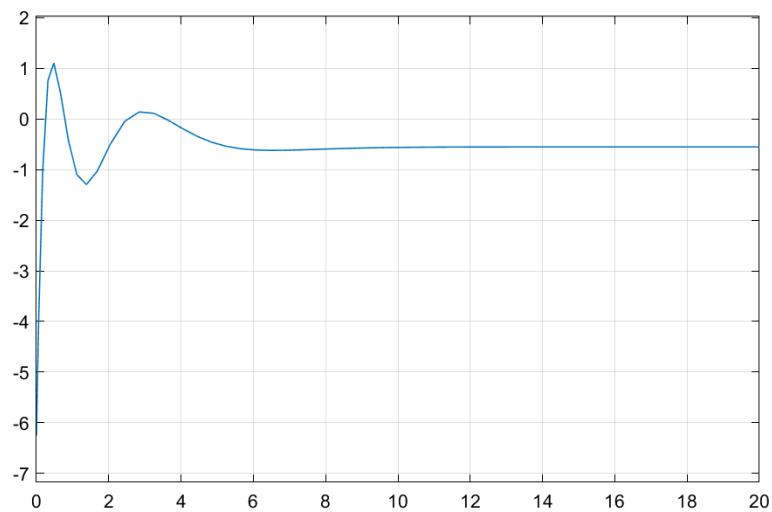




خطا تخمين حالت ها:

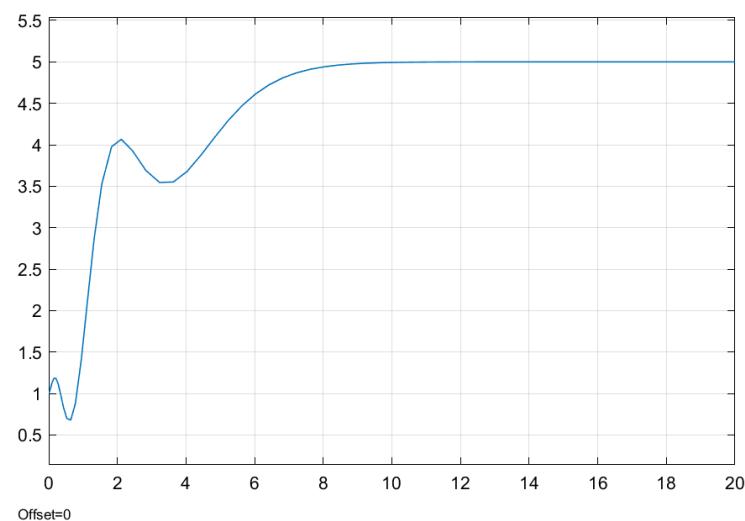


سیگنال فرمان:

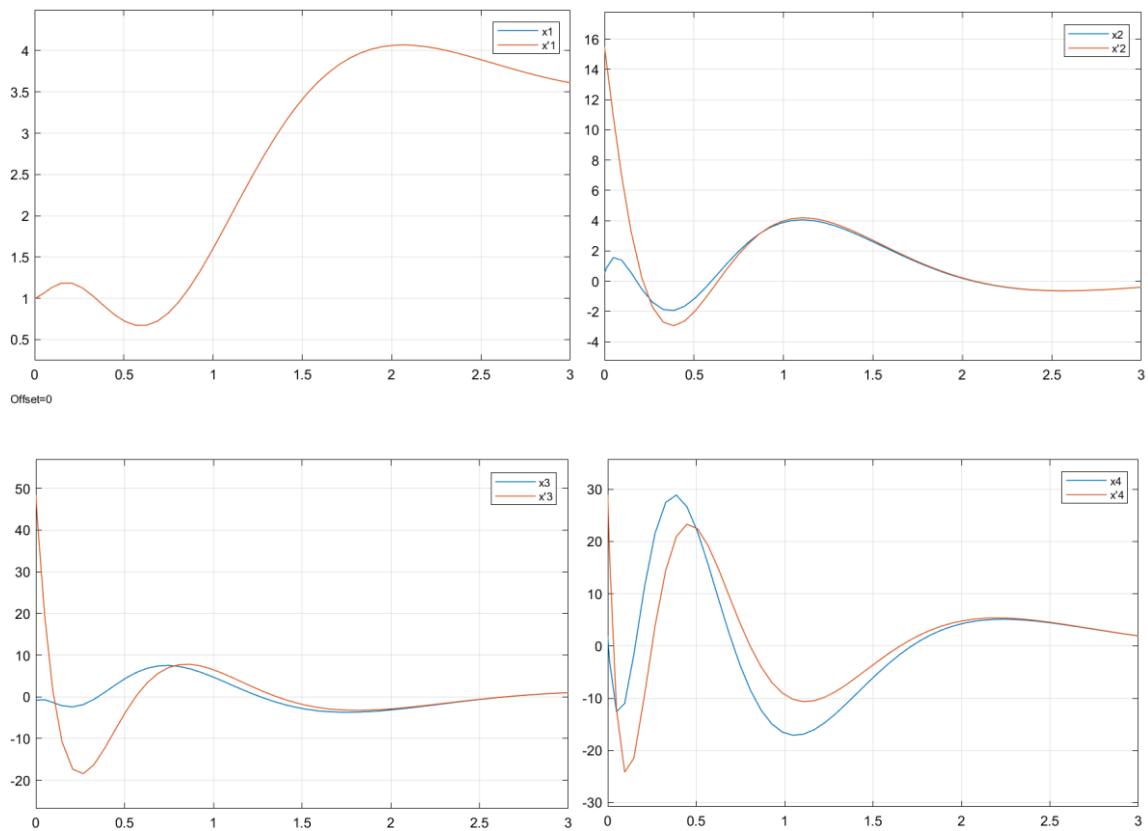


دسته قطب دوم برای رویتگر کاهاش مرتبه یافته و دسته قطب دوم برای کنترل کننده ردياب به روش پیش جبران ساز استاتیکی:

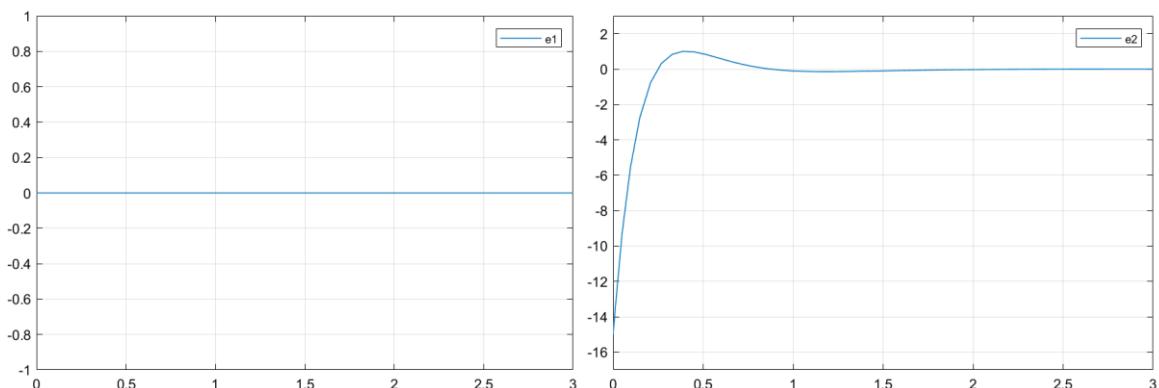
پاسخ خروجی:

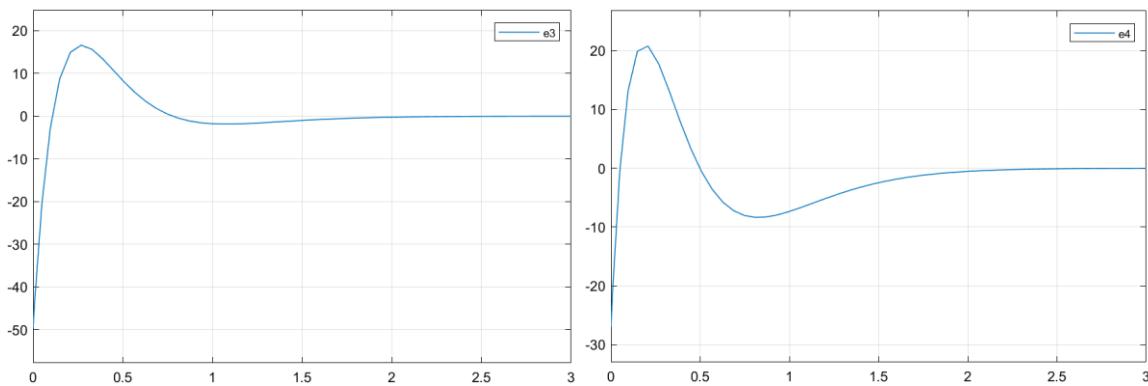


حالت ها و تخمین حالت ها:

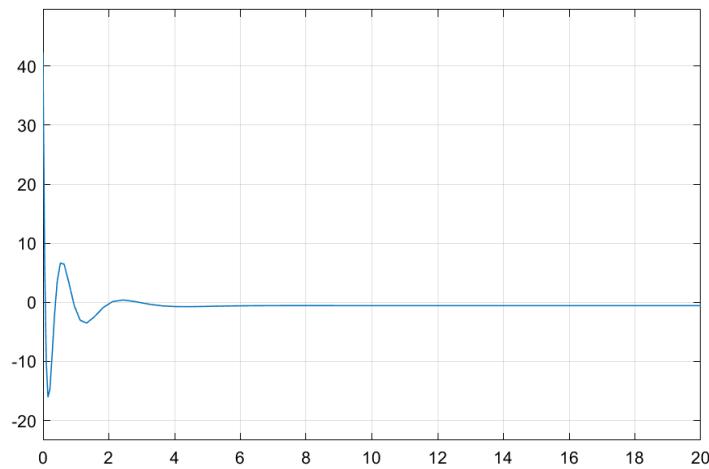


خطا تخمين حالت ها:





سیگنال فرمان:



تحلیل:

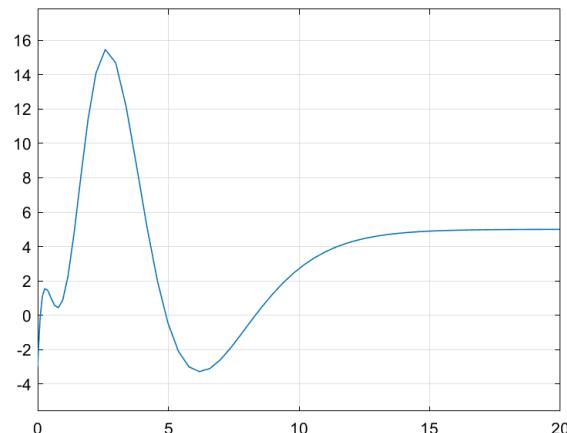
تحلیلی که می توان داشت همانند تحلیل برای نوع رویتگر کامل می باشد ولی با این تفاوت که زمانی که از رویتگر کاهش مرتبه یافته استفاده می کنیم و همانطور که از حالت ها مشخص می باشد حالت اول که اندازه گیری می شود دیگر تخمینی از آن زده نمی شود و همین مورد باعث کاهش خطا و عمل کرد بهتر و کم خطا تر نسبت به رویتگر مرتبه کامل برای تخمین حالت های دیگر می شود و همین امر باعث کاهش نوسانات در عملکرد ردیابی در زمانی که هنوز تخمین درستی از حالت های دیگر زده نشده است، می شود

و گر بخواهیم سرعت رسیدن به حالت ماندگار را برای دو طراحی صورت گرفته با رویت گر مرتبه کامل و کاهش مرتبه یافته مقایسه کنیم ، می توانیم بکوییم که از لحاظ سرعت تفاوت چندانی ندارند و شاید با تفاوت جزئی سرعت برای طراحی صورت گرفته به کمک رویتگر کاهش مرتبه یافته بیشتر می باشد. و همانطور که نیز مشخص است هرچه قطب ها از محور موهومی دور میشنوند(دسته قطب دوم) سیگنال فرمان اعمالی بزرگتری بوجود می آید که این مورد باعث افزایش هزینه کنترل می باشد.

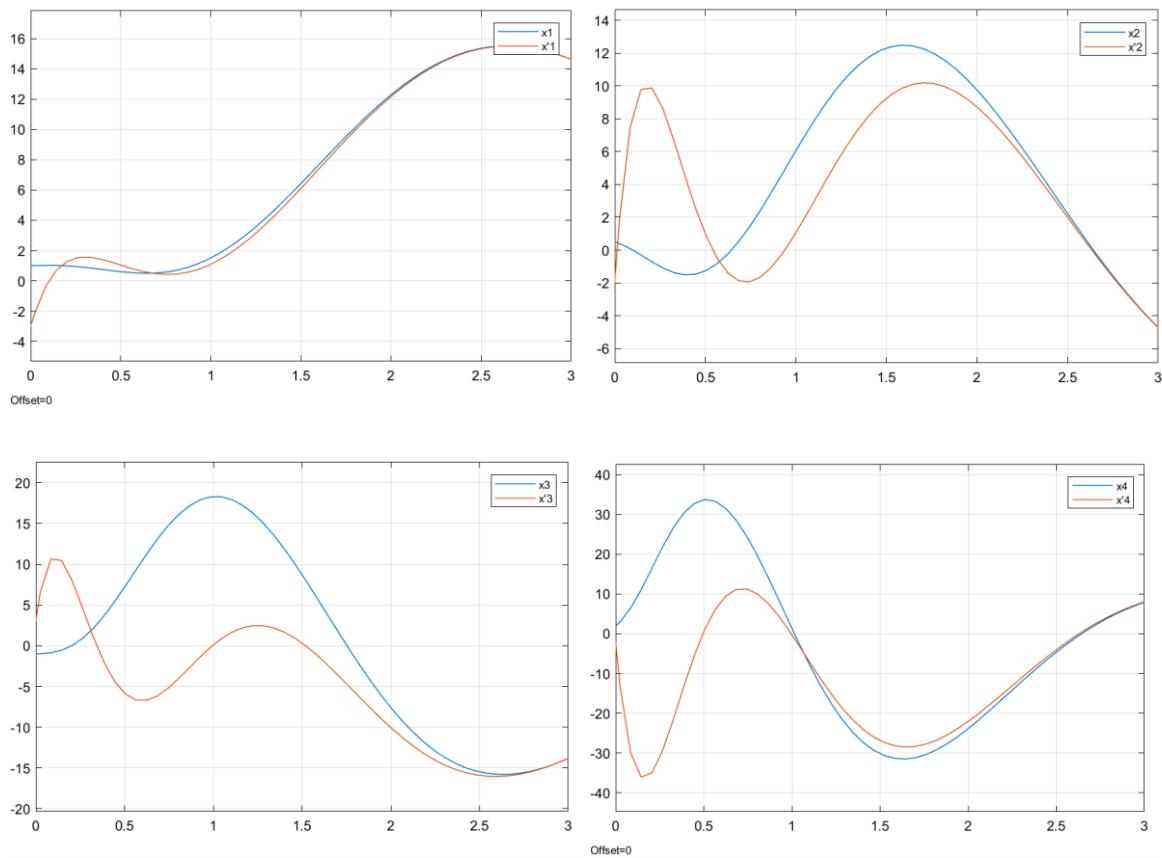
عملکرد ردیابی برای ردیاب به روش انتگرالی و رویت گر مرتبه کامل:

دسته قطب اول برای رویتگر مرتبه کامل و دسته قطب اول برای کنترل کننده ردیاب به روش انتگرالی:

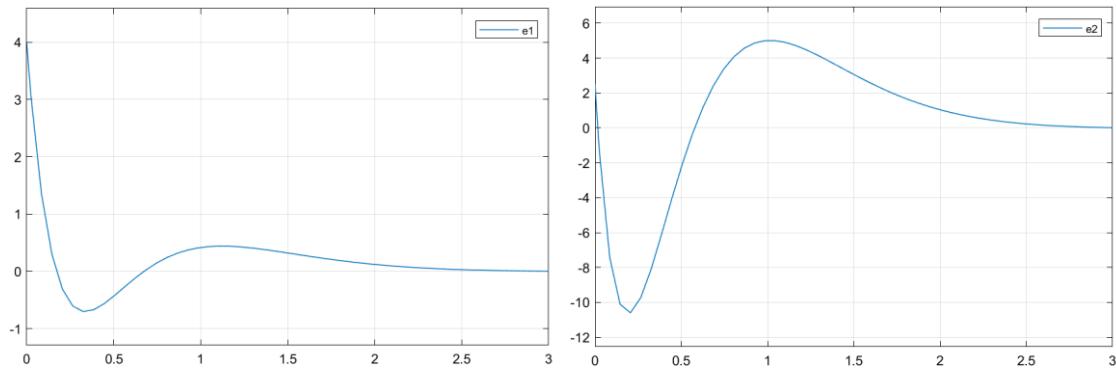
پاسخ خروجی:

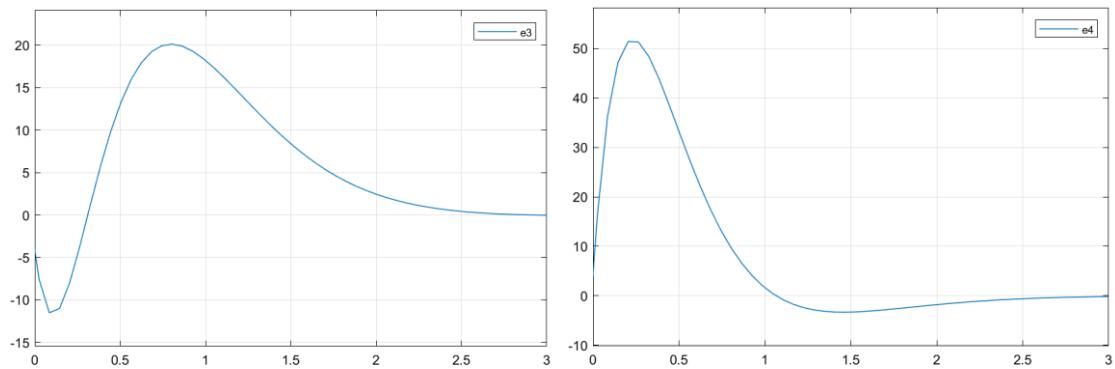


حالات و تخمین حالات:

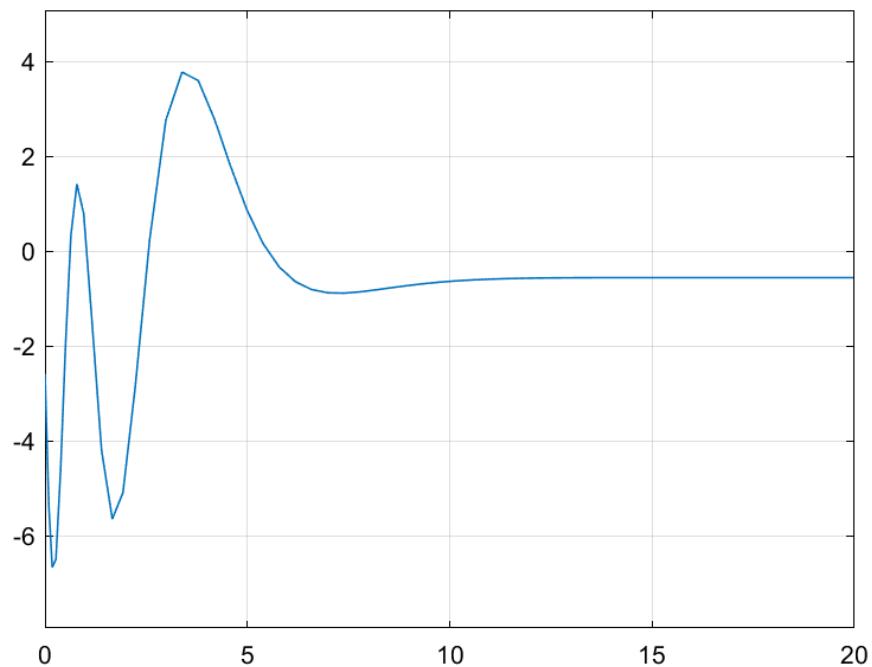


خطا تخمين ها:



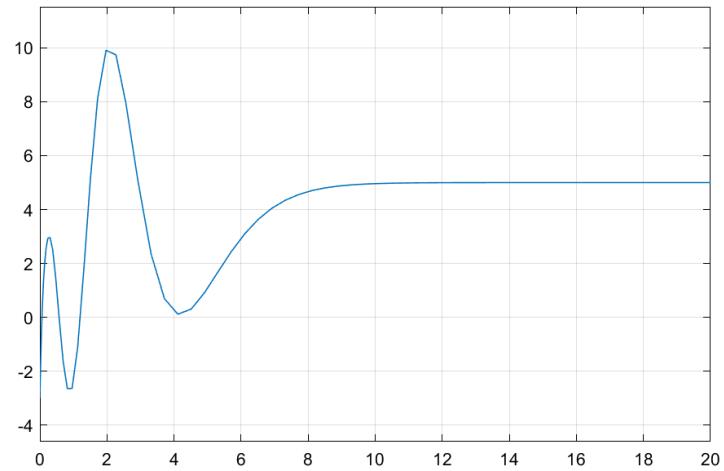


سیگنال فرمان:

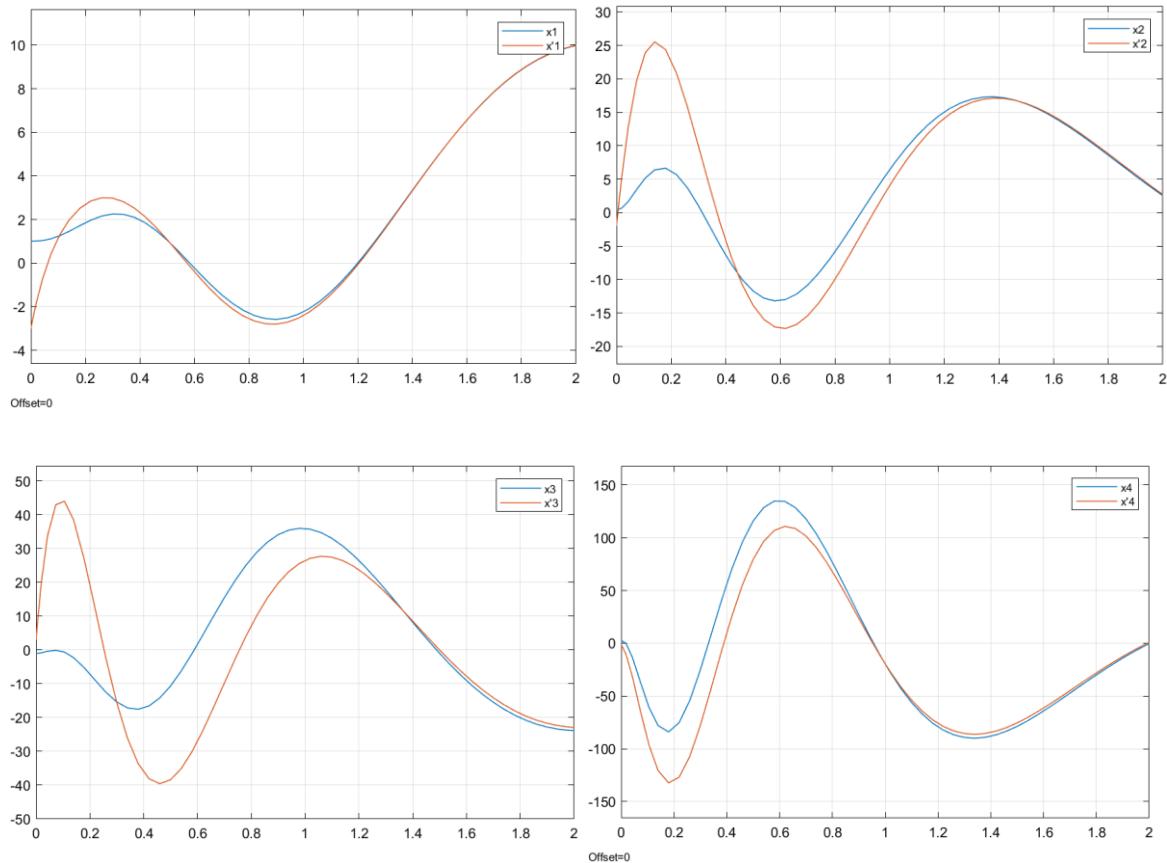


دسته قطب دوم برای رویتگر مرتبه کامل و دسته قطب دوم برای کنترل کننده ردیاب به روش اننتگرالی:

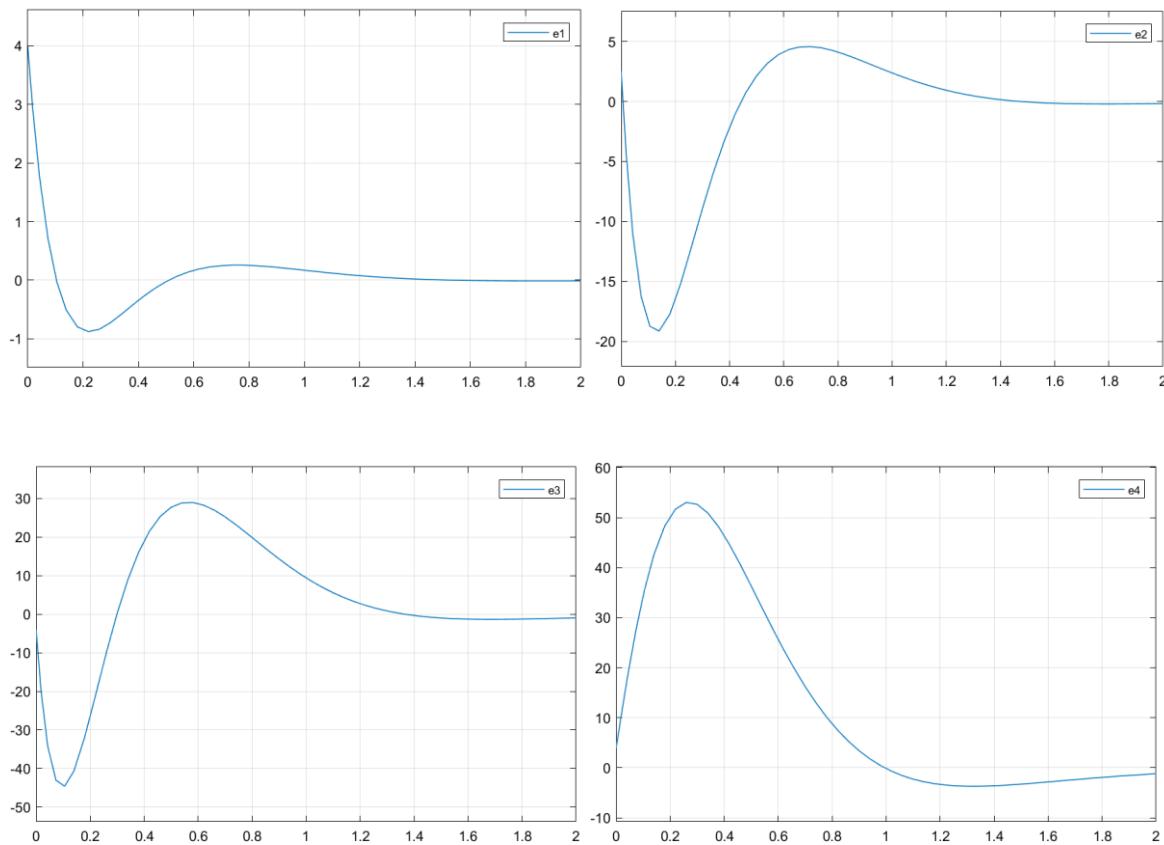
پاسخ خروجی:



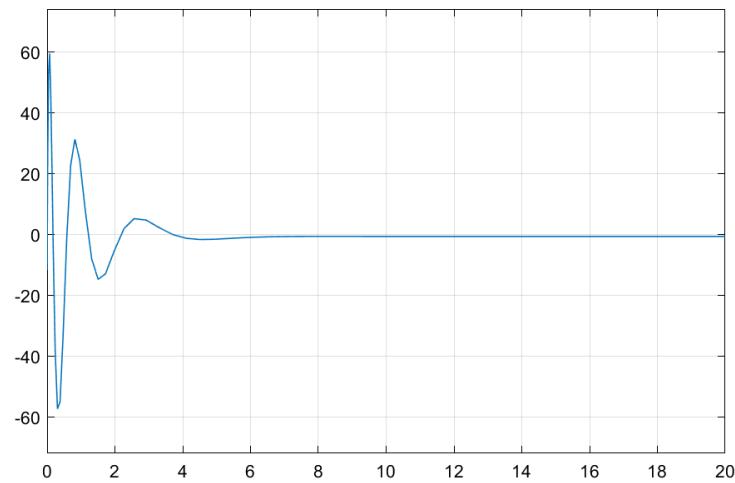
حالات و تخمين حالات:



خطا تخمين ها:



سیگنال فرمان:



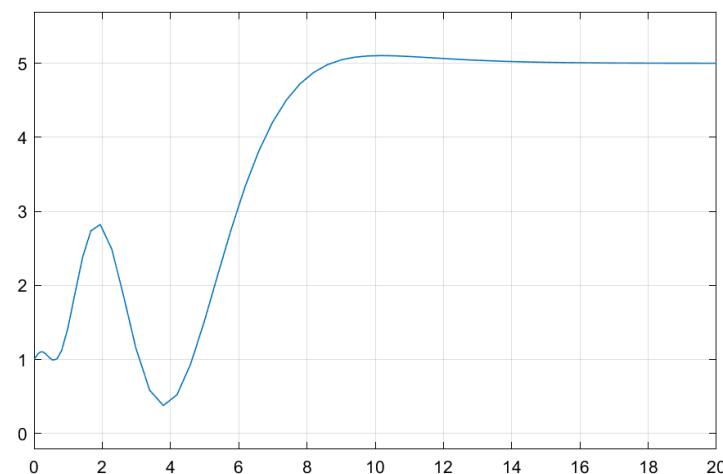
عملکرد ردیابی برای ردیاب به روش انتگرالی و رویت گر کاهش مرتبه یافته:

### تحلیل:

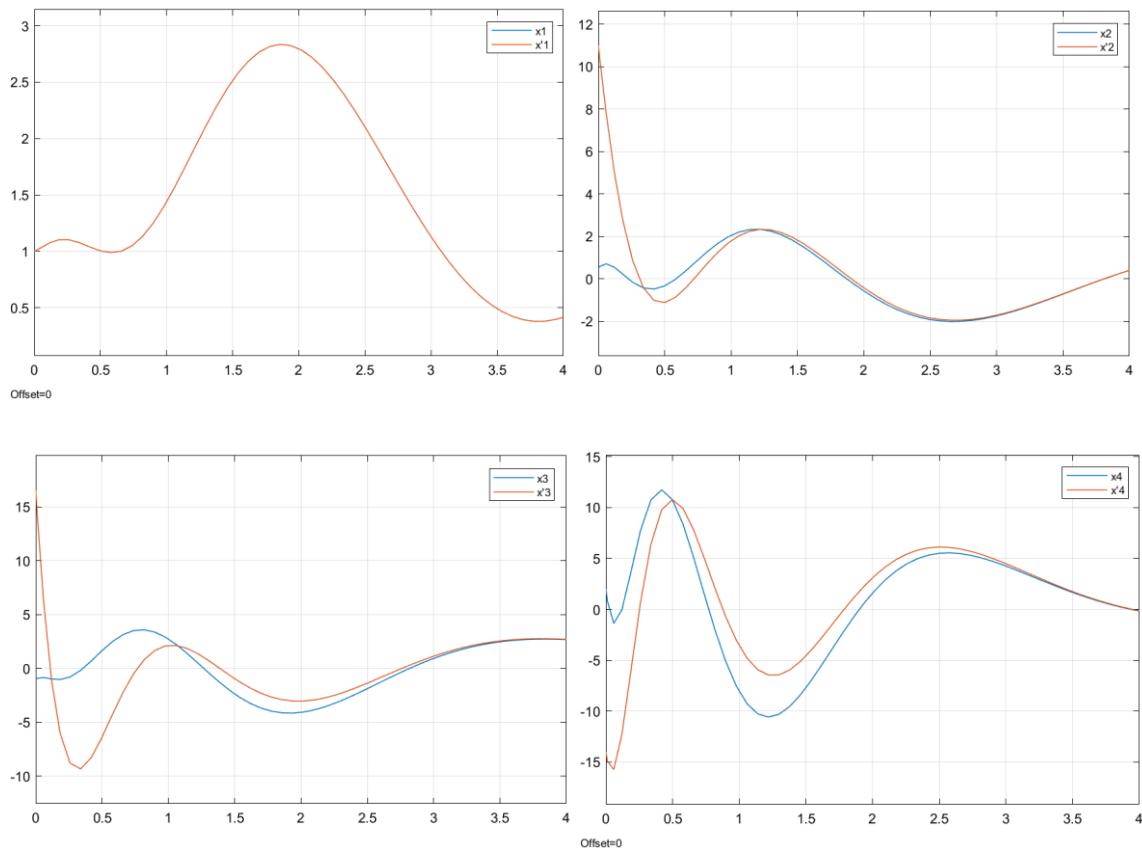
مقایسه‌ای که میتوان داشت نسبت به وضعیت‌های قبل اینگونه می‌باشد که تخمین‌های زده شده نسبت به دو طرحی قبلی تقریباً یکسان می‌باشد ولی سرعت رسیدن به حالت مانگار در این طراحی نسبت به پیش جبران‌ساز استاتیکی کاهش می‌یابد و دلیل آن هم وجود انتگرال گیر می‌باشد و باعث ایجاد لختی در سیستم می‌شود. به مورد دیگری که می‌توان اشاره کرد با دور شدن قطب‌ها از محور موهومی تخمین سریع‌تری از حالت‌ها زده می‌شود و همچنین سیستم سریع‌تر به مقدار مرجع می‌رسد. اگر بخواهیم سیگنال فرمان این طراحی را با طراحی‌های قبلی مقایسه کنیم، کاملاً مشخص است میزان تغییرات به شدت افزایش یافته است نسبت به دو طراحی قبلی و این مورد باعث افزایش هزینه کنترلی می‌شود.

دسته قطب اول برای رویتگر کاهش مرتبه یافته و دسته قطب اول برای کنترل کننده ردیاب به روش انتگرالی:

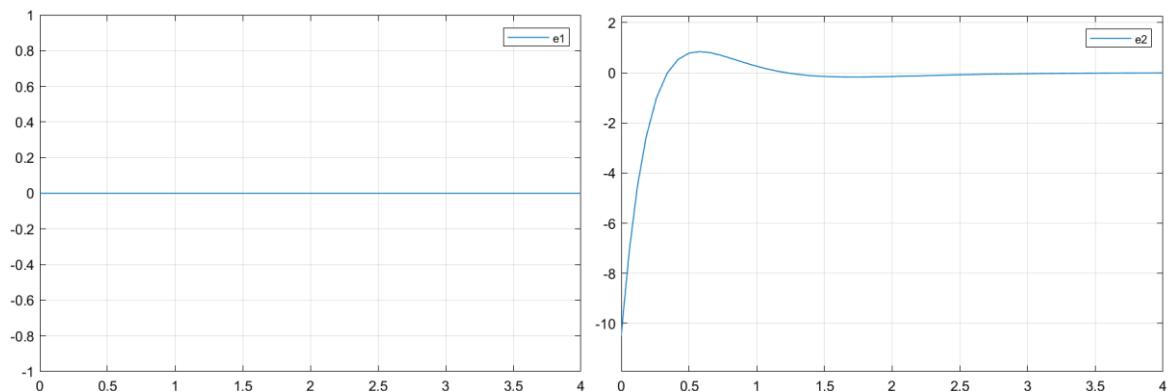
پاسخ خروجی:

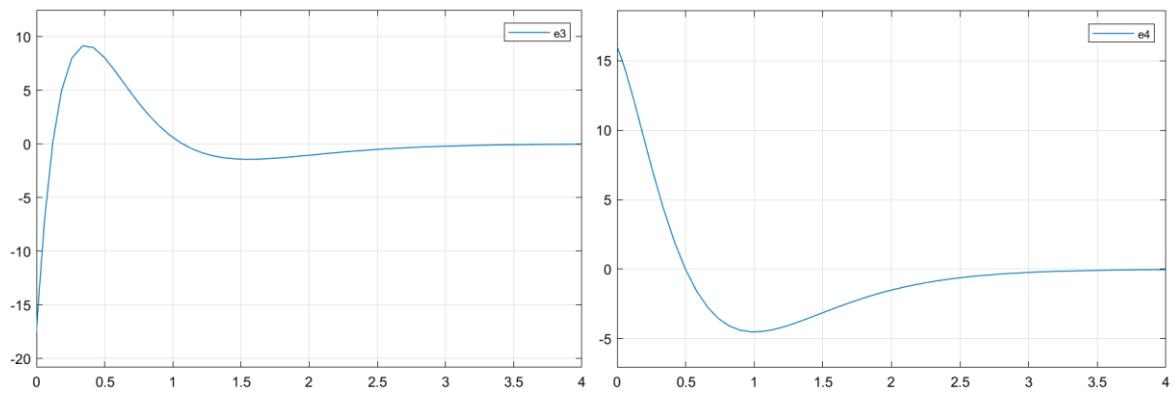


حالت‌ها و تخمین حالت‌ها:

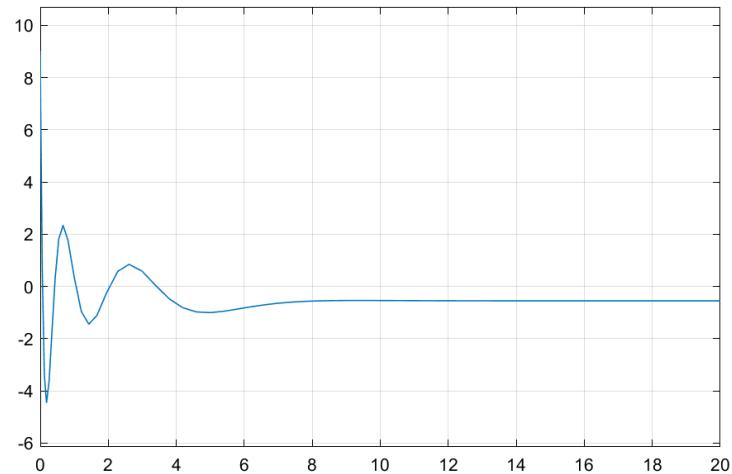


خطا تخمين ها:





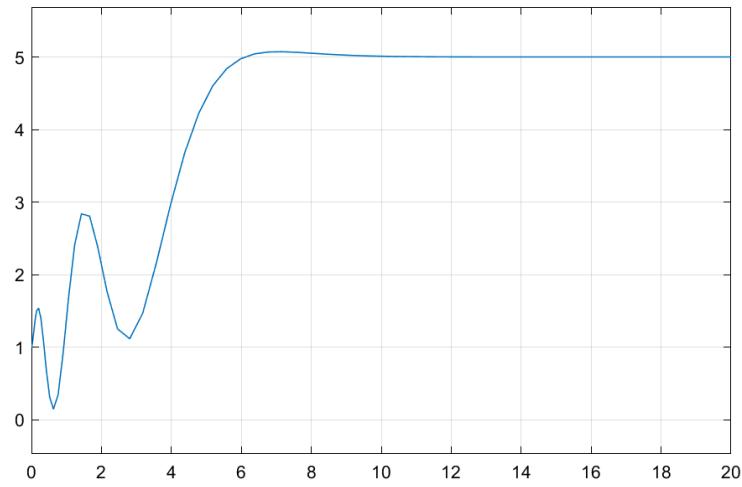
سیگنال فرمان:



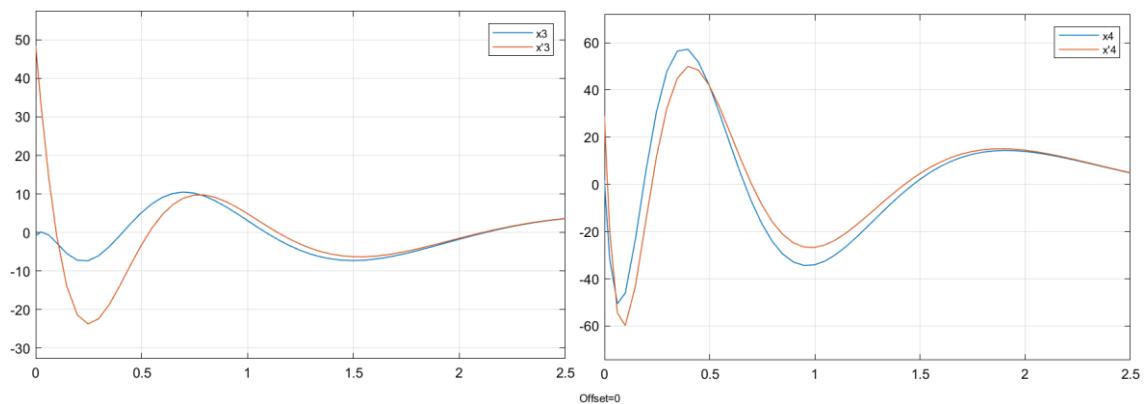
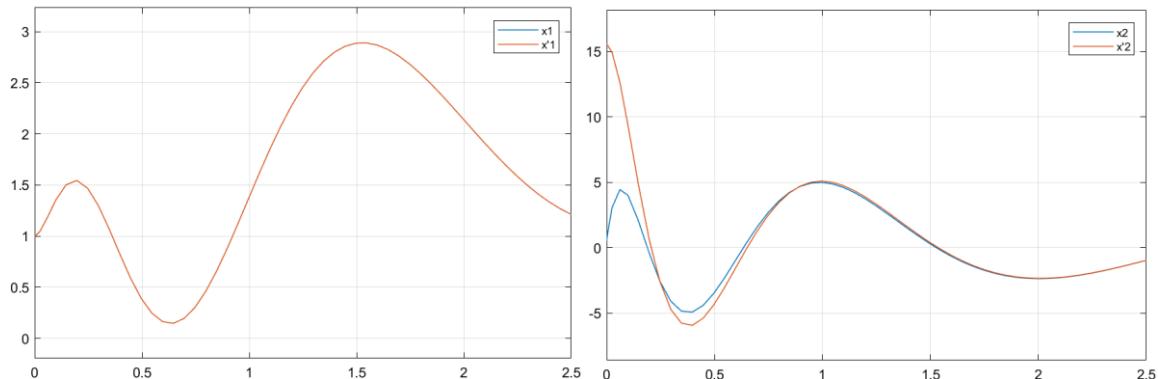
دسته قطب دوم برای رویتگر کاهش مرتبه یافته و دسته قطب دوم برای کنترل کننده ردیاب به روش

انتگرالی:

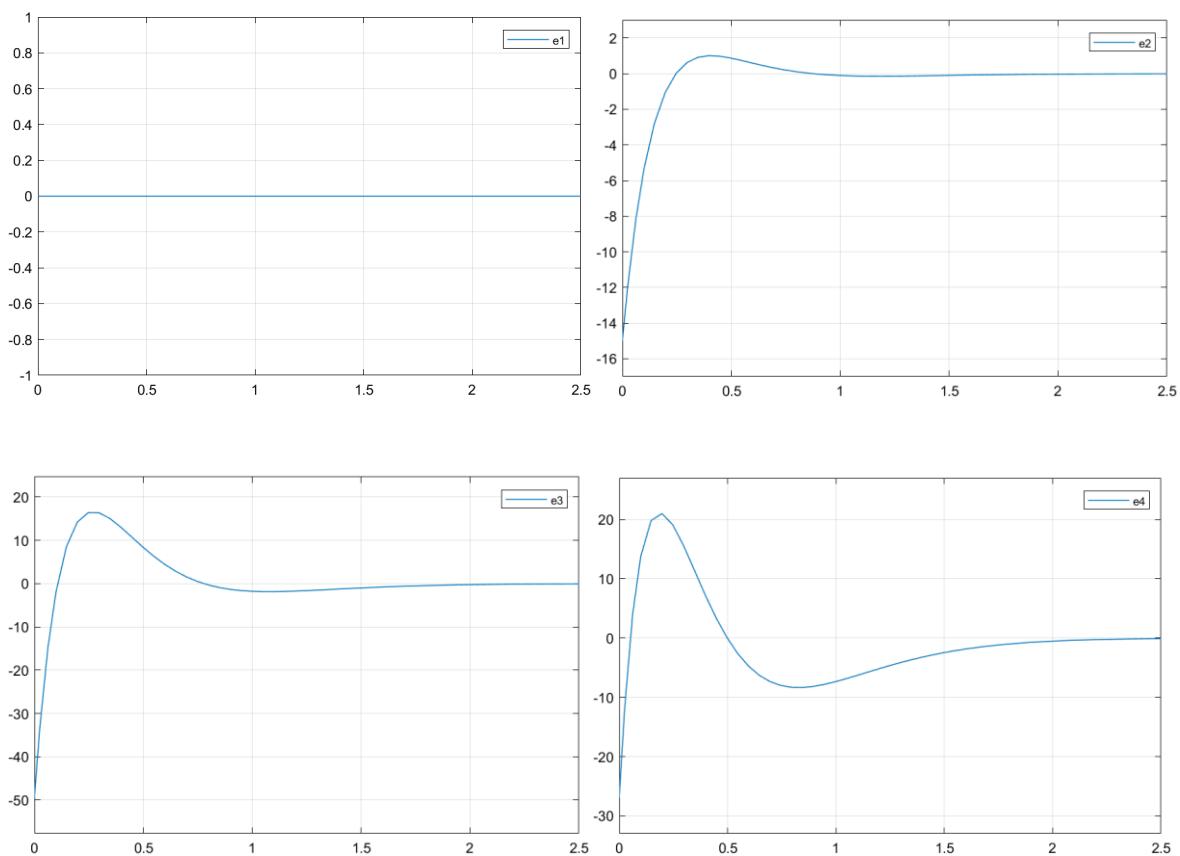
پاسخ خروجی:



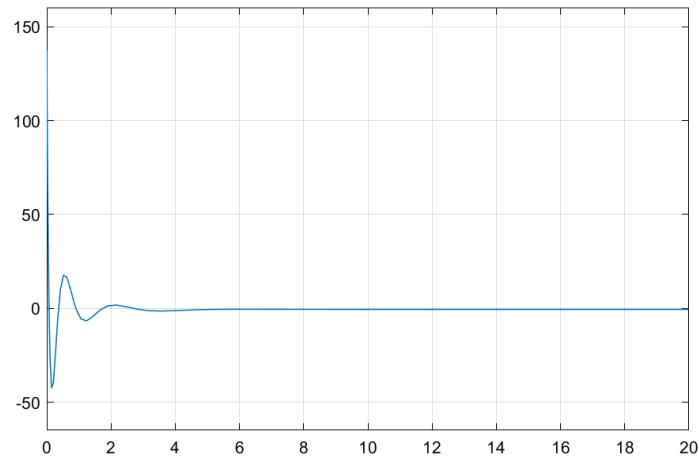
حالت ها و تخمین حالت ها:



خطا تخمین ها:



سیگنال فرمان:



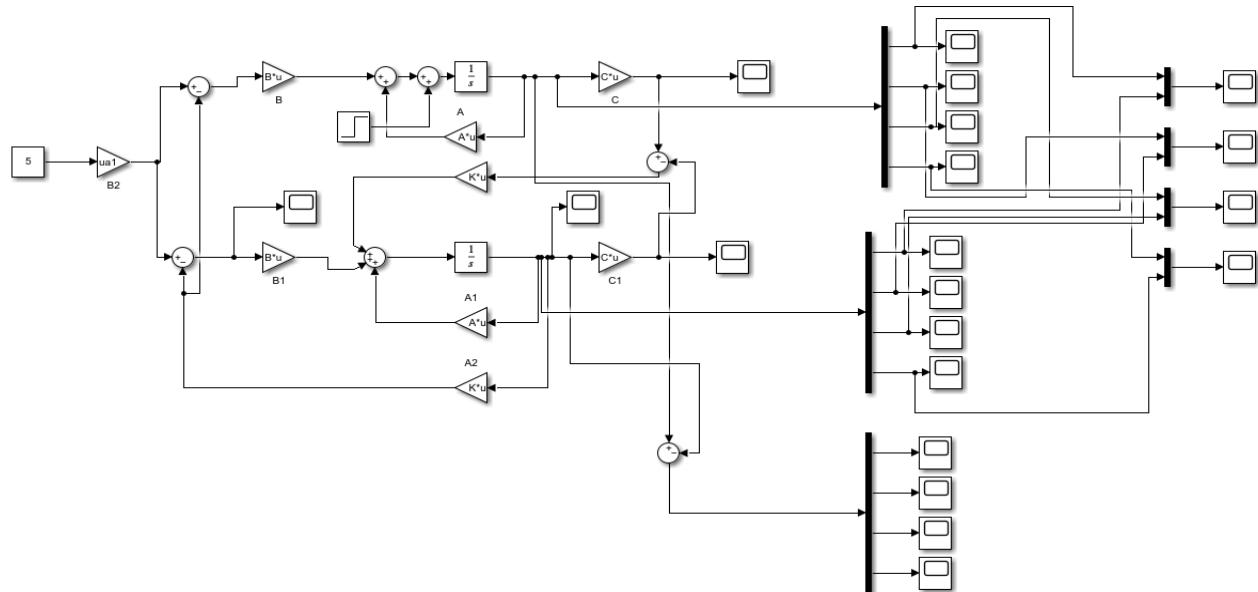
تحلیل:

این طراحی نسبت به طراحی قبلی سرعت بیشتر و نوسانات ابتدایی کمتری برای رسیدن به حالت ماندگار(دنبال کردن مرجع) دارد و دلیل آن هم حالت اول می باشد که تخمینی از آن زده نمی شود پس

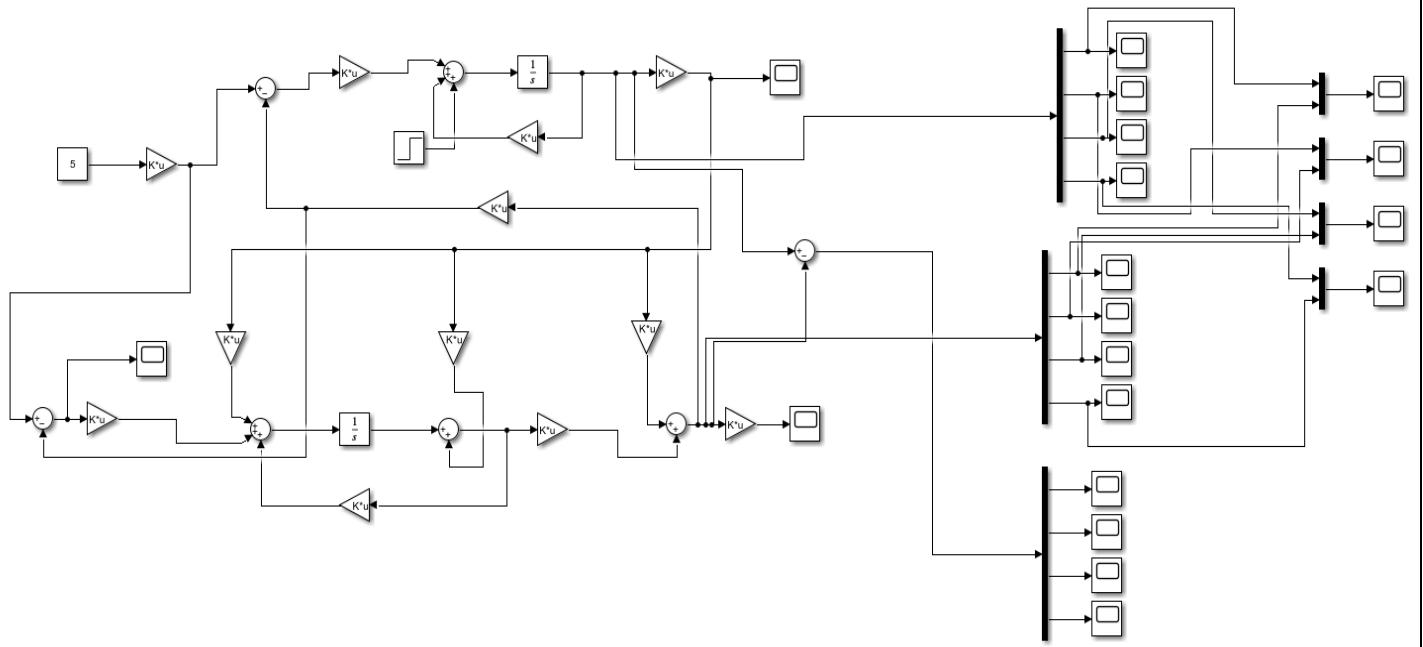
رویتگر با دقت بیشتر و سرعت بیشتر بقیه حالت هارا تخمین میزد و این موجب نوسانات کمتر در پاسخ و همچنین نوسانات کمتر و تغییرات کمتر در سیگنال فرمان میشود. ولی باز هم به موردي که باید توجه کرد این است که با دور شدن قطب ها از محور موهومی سرعت سیستم بالا می رود و تخمین ها با سرعت بیشتری انجام می شود و پاسخ سریع تر به مرجع می رسد ولی نوسانات در پاسخ بیشتر شده و جهش های ابتدایی نیز در پاسخ بیشتر می شوند و سیگنال فرمان نیز تغییراتش بیشتر می شود و این امر موجب افزایش هزینه کنترلی می شود.

### تأثیر اغتشاش: پله واحد

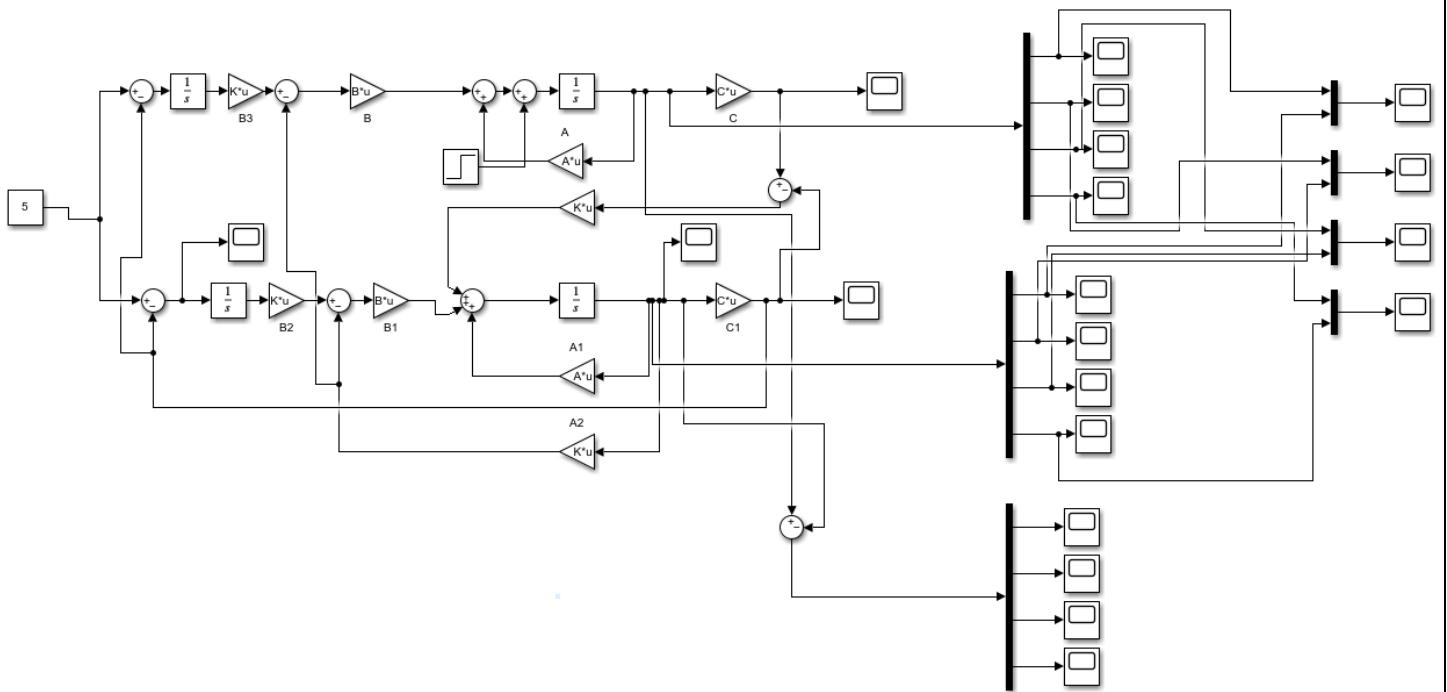
نمایی از سیمولینک برای اعمال اغتشاش در کنترل کننده ردیاب پیش جبران ساز استایکی و رویتگر مرتبه کامل:



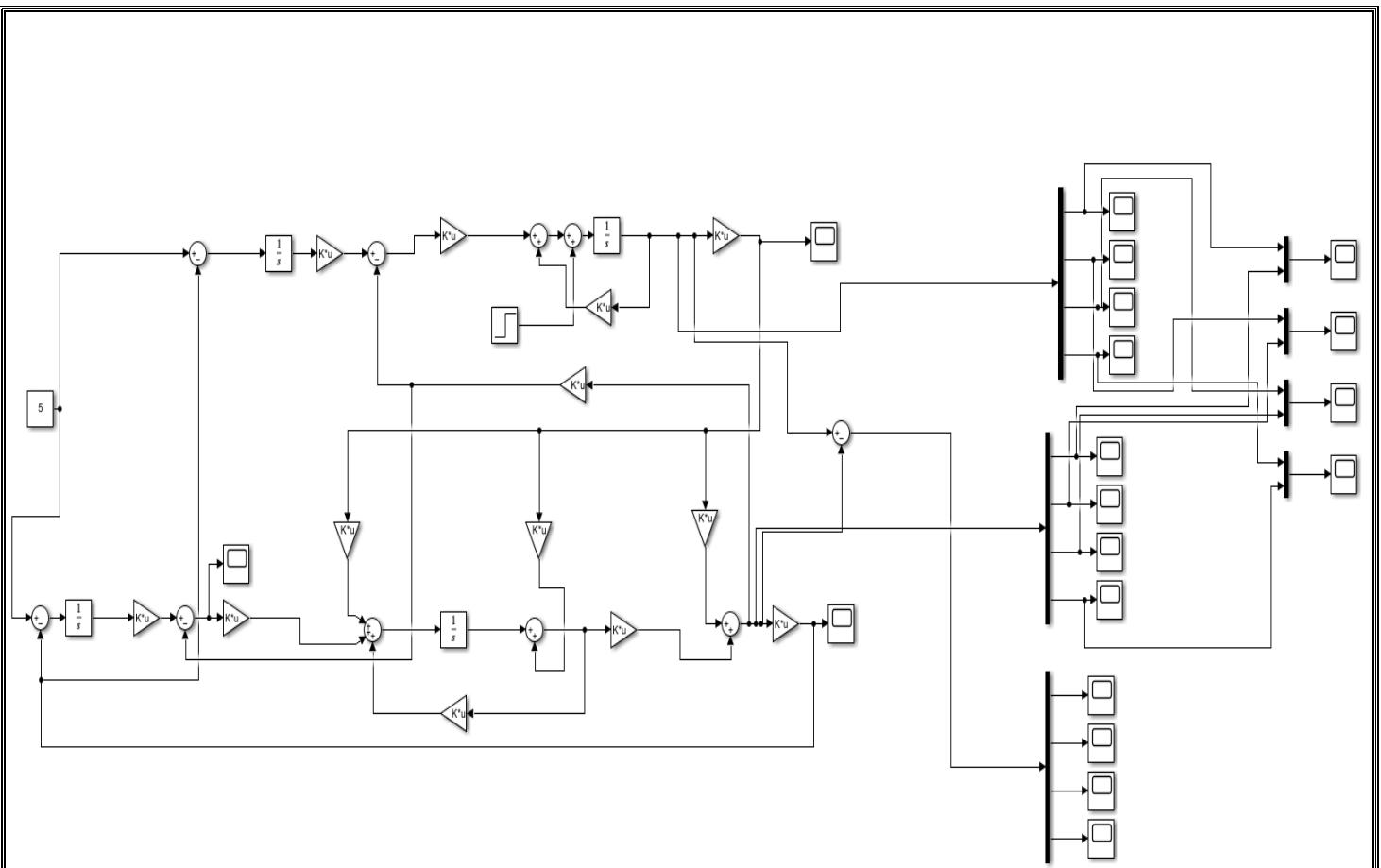
نمایی از سیمولینک برای اعمال اغتشاش در کنترل کننده ردیاب پیش جبران ساز استایکی و رویتگر کاهش مرتبه یافته:



نمایی از سیمولینک برای اعمال اغتشاش در کنترل کننده ردیاب انگرالی و رویتگر مرتبه کامل:



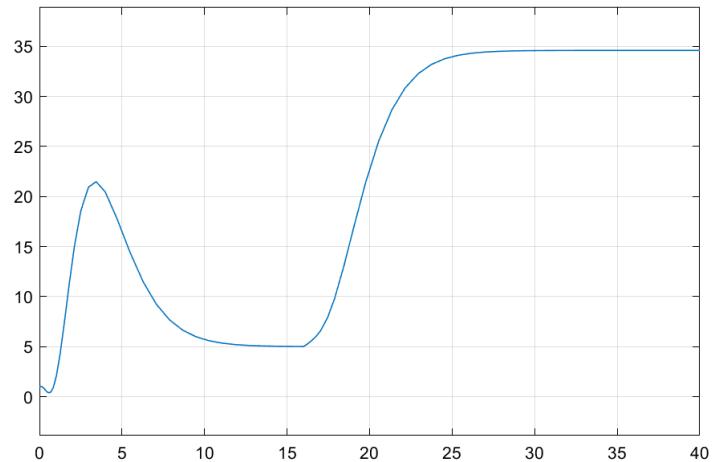
نمایی از سیمولینک برای اعمال اغتشاش در کنترل کننده ردیاب انگرالی و رویتگر کاهش مرتبه یافته:



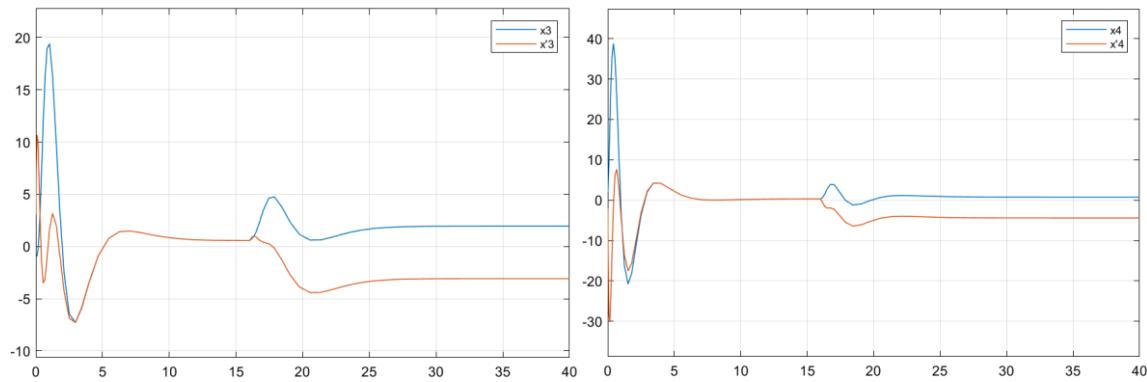
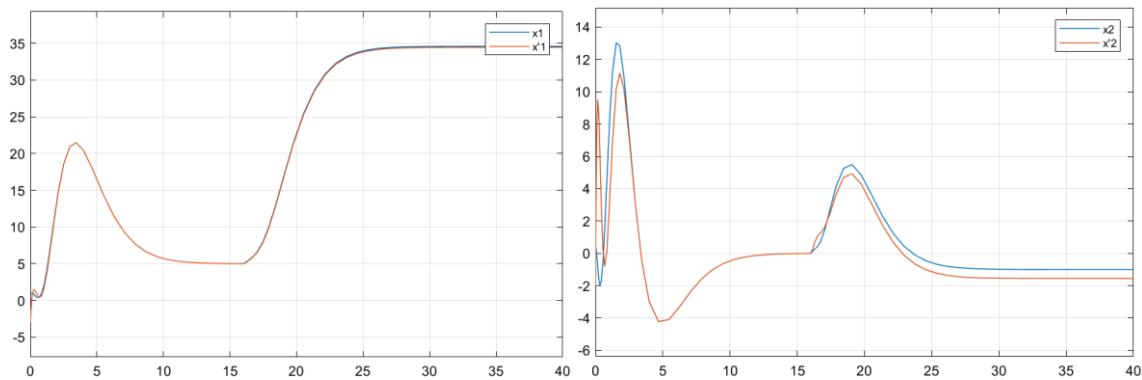
پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر مرتبه کامل به ازای هر دو دسته قطب:

دسته اول:

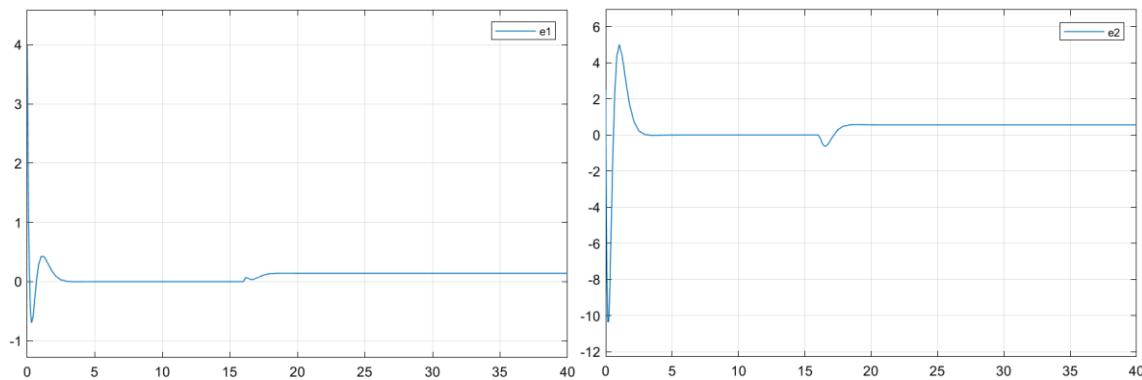
پاسخ خروجی:

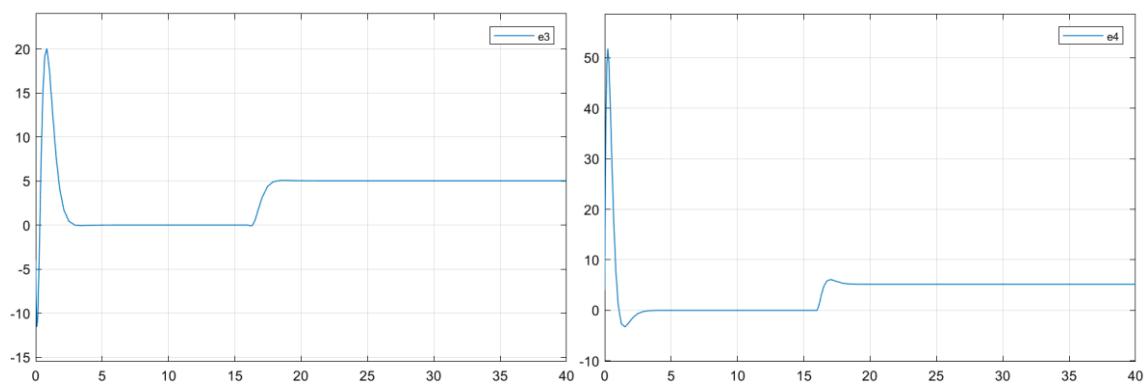


حالت ها و تخمین حالت ها:

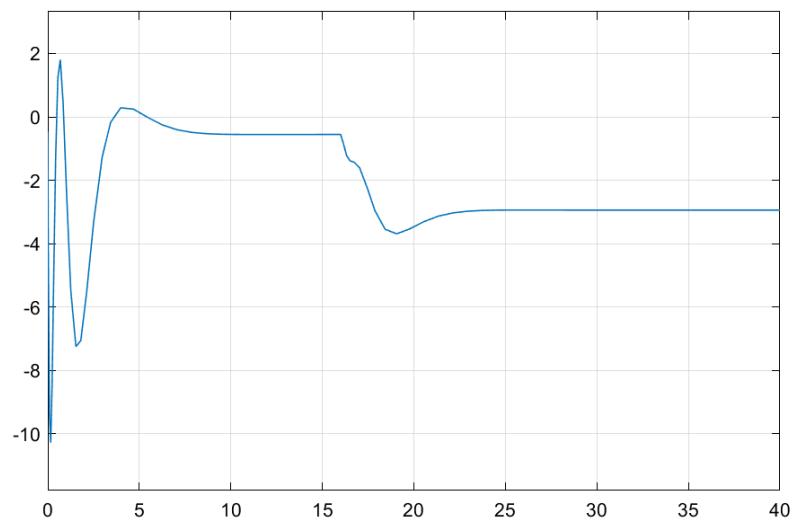


خطا تخمین ها:



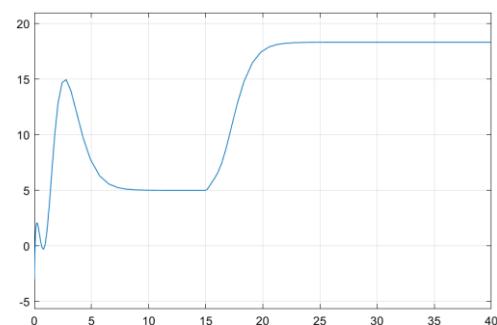


سیگنال کنترل:

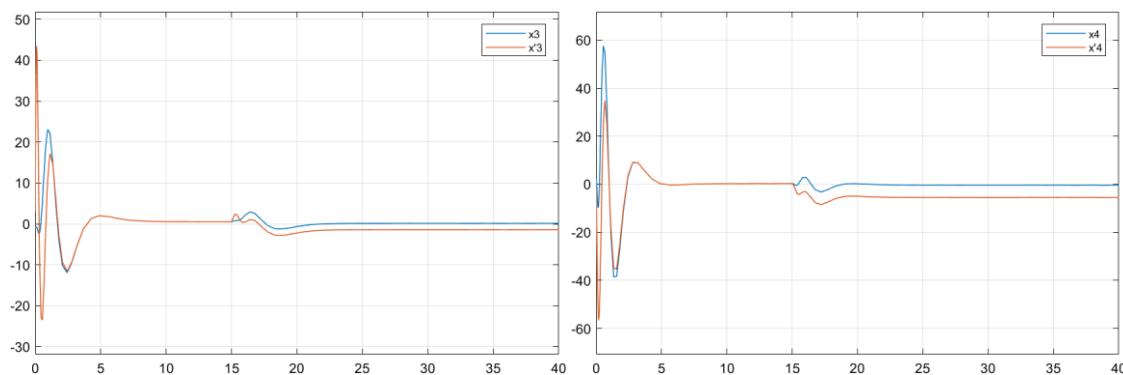
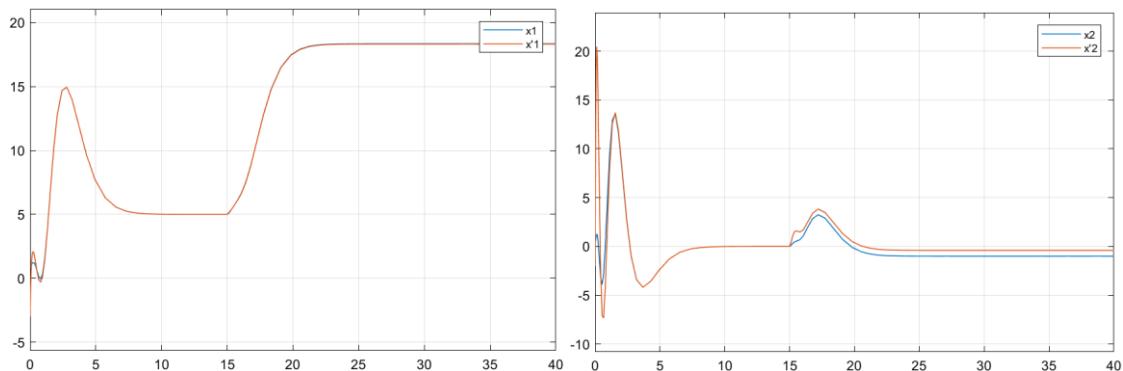


دسته دوم:

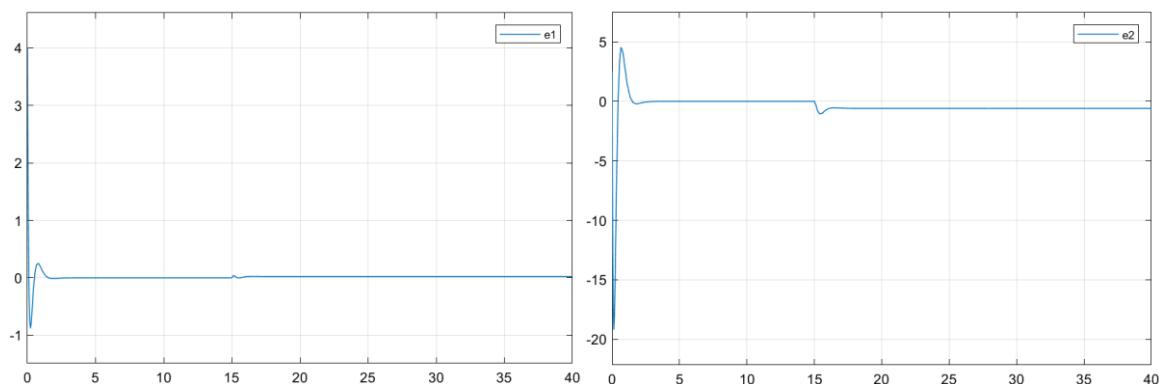
پاسخ خروجی:

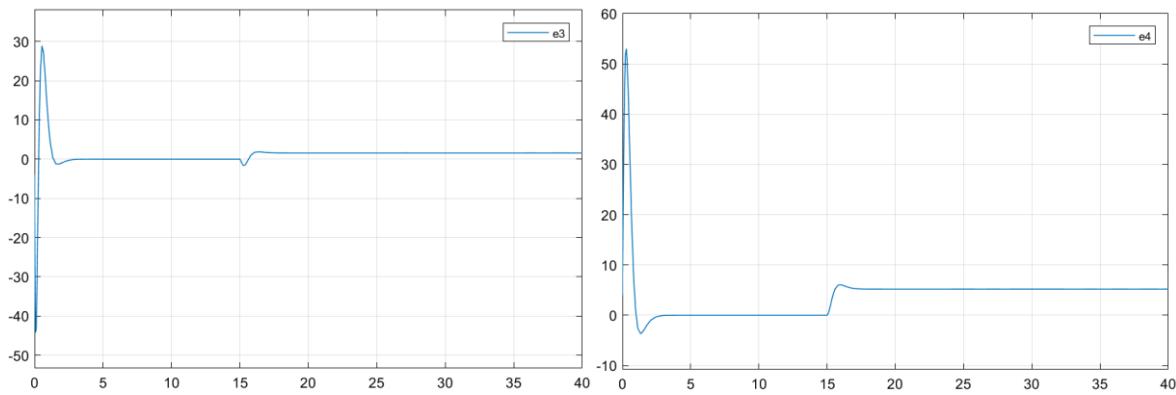


حالات و تخمين حالات:

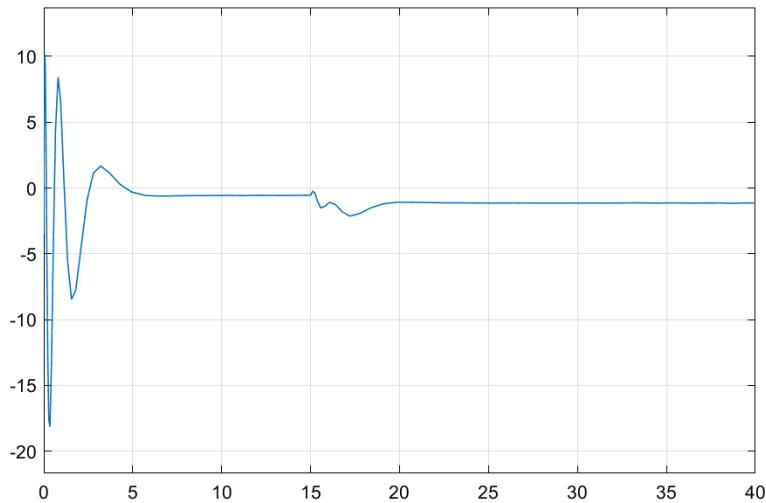


خطا تخمين ها:





سیگنال فرمان:



تحلیل:

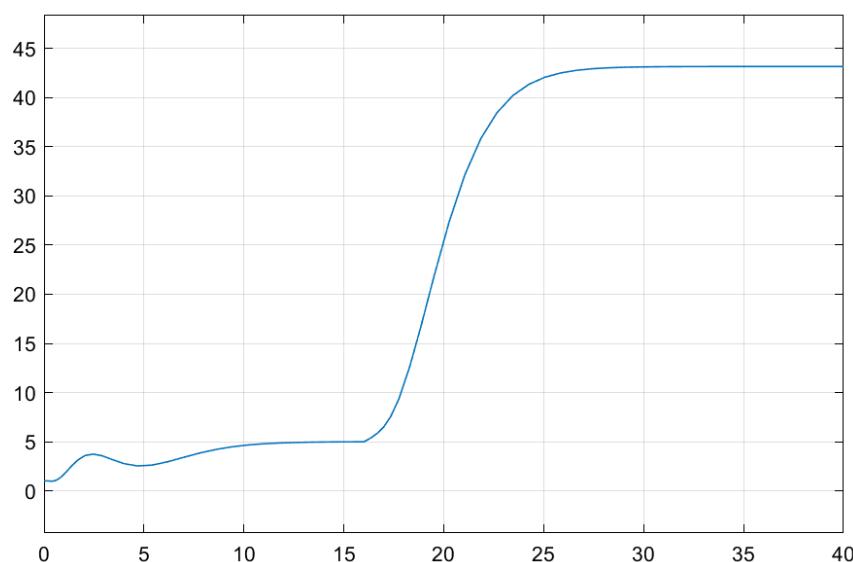
همانطور که مشخص است باعث بر هم خورد و عمل کرد ردیابی به روش پیش جبران ساز استاتیکی می شود همانگونه که نیز حالت های هر دو دسته قطب نیز مشخص است بعد از اعمال اغتشاش تخمین درستی از حالت های واقعی نمی توانند بزنند و همچنین از سیگنال های فرمان نیز مشخص می باشد پس از اعمال اغتشاش دیگر سیگنال کنترلی درستی اعمال نمی کند و همین عمر باعث ندرست عمل کردن ردیاب می شود. ولی کاملا مشخص است می باشد که چه در پاسخ خروجی و چه تخمین حالت ها و چه سیگنال فرمان

برای دسته قطب دوم که دور تر از محور موهومی می باشد خطای کمتری بوجود آمده است و این مورد نکته قابل توجهی می باشد.

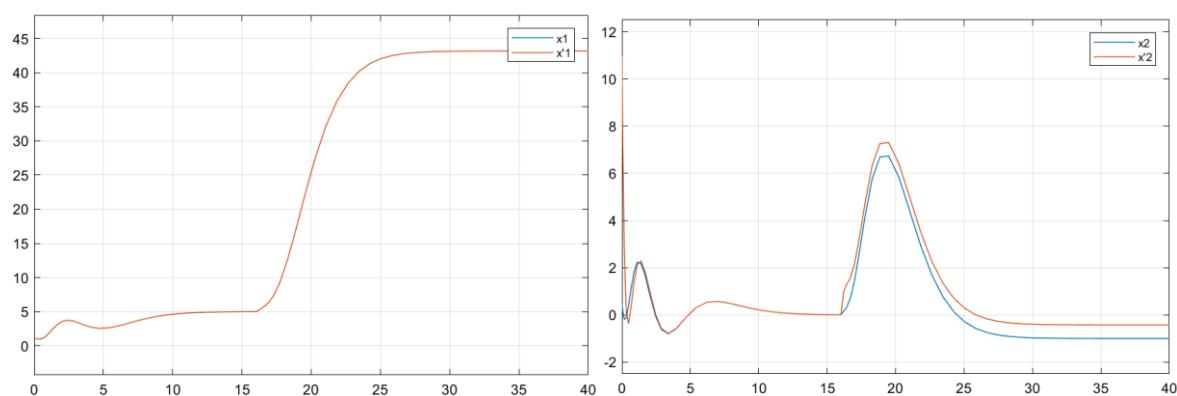
پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر کاهش مرتبه یافته به ازای هر دو دسته قطب:

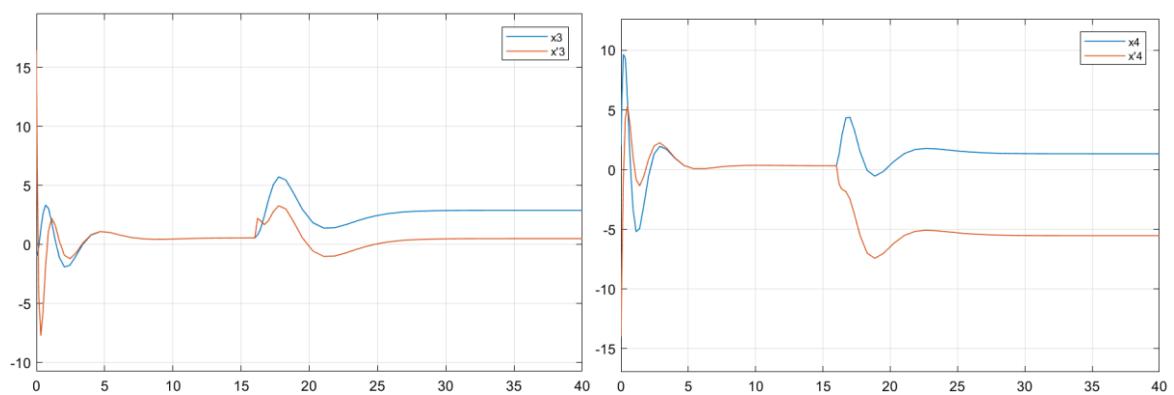
دسته اول:

پاسخ خروجی:

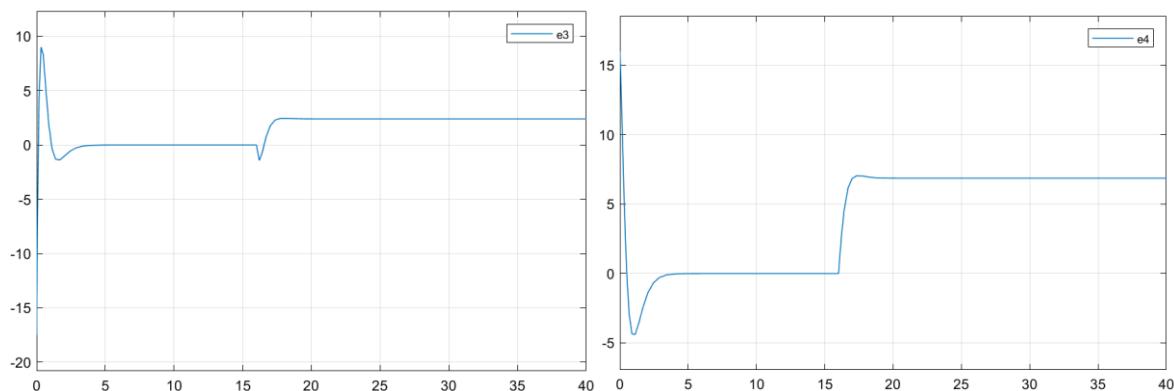
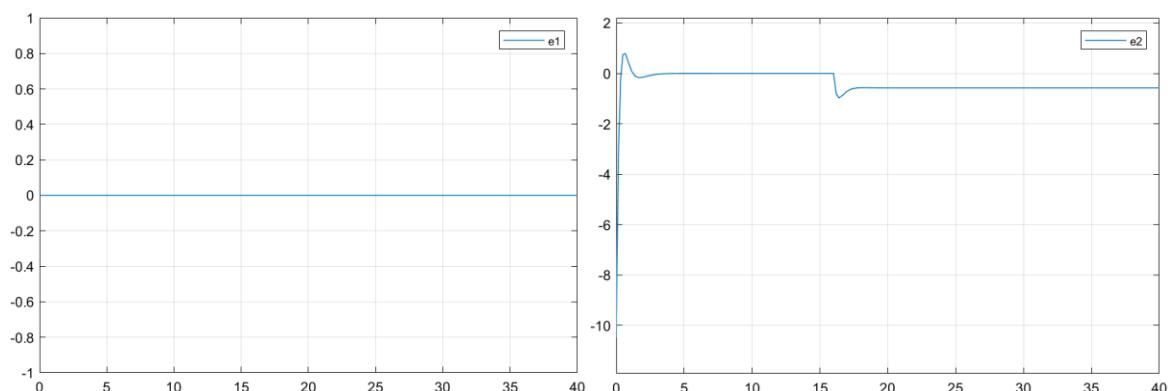


حالت ها و تخمین حالت ها:

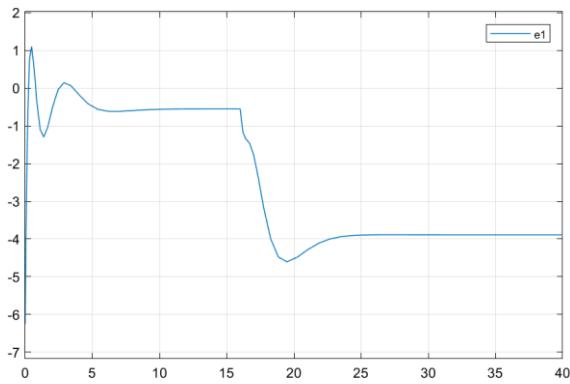




خطا تخمین ها:

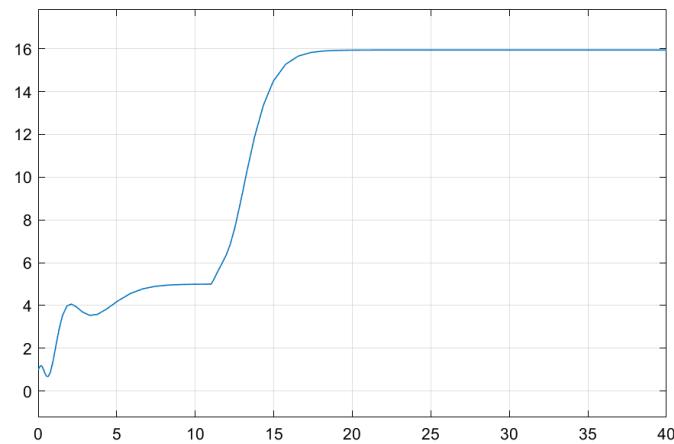


سیگنال فرمان:

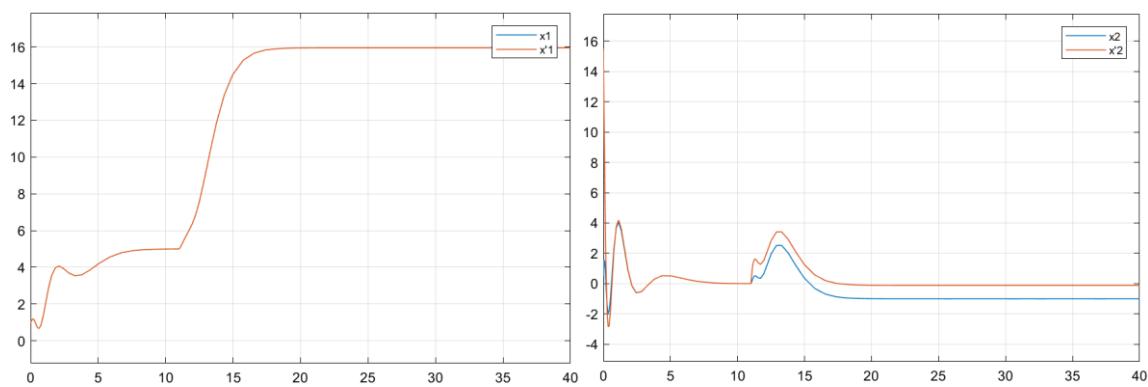


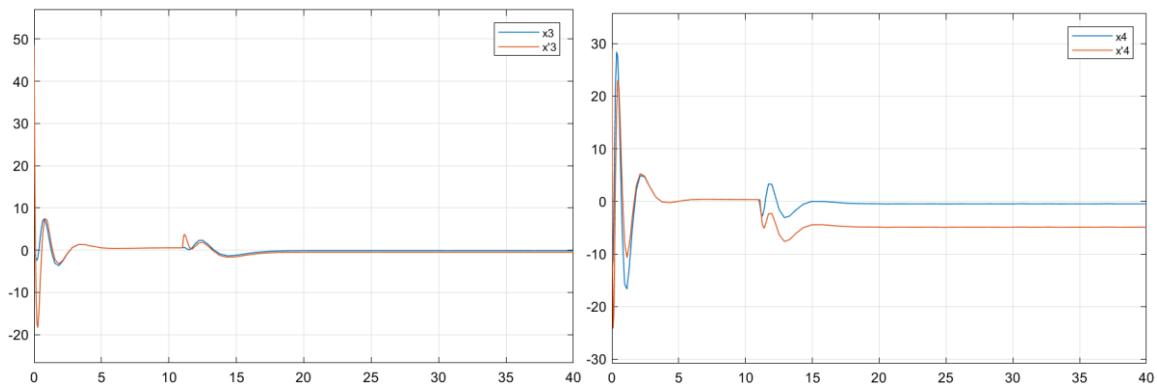
دسته دوم:

پاسخ خروجی:

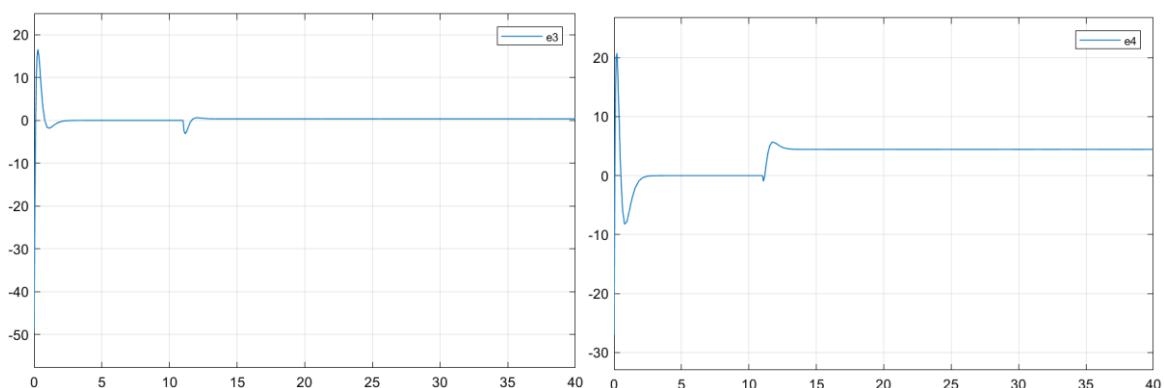
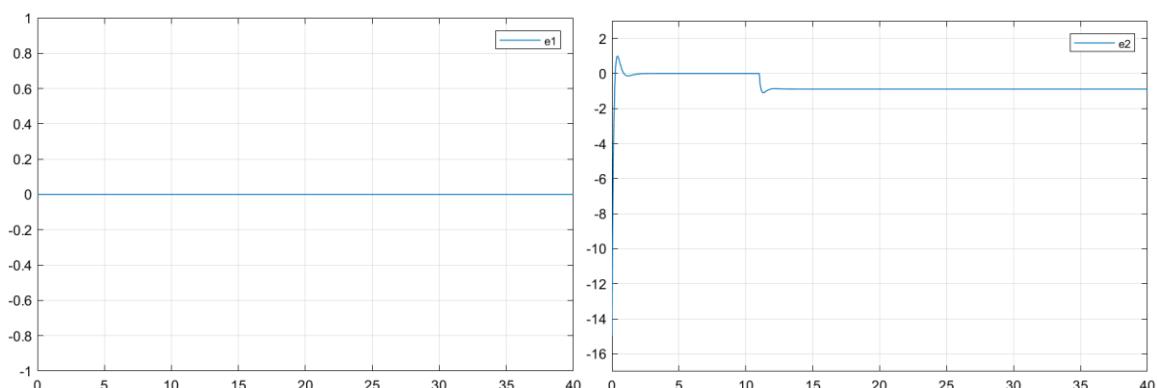


حالت ها و تخمین حالت ها:

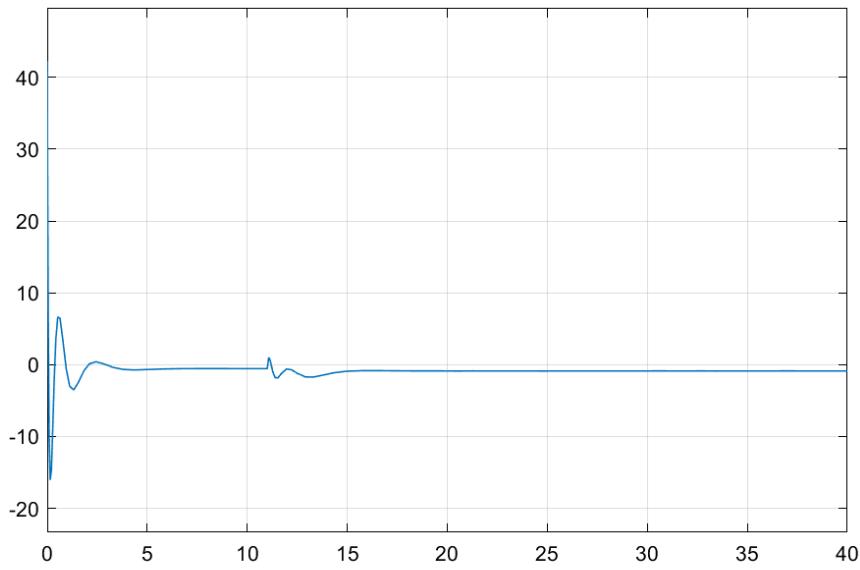




خطا تخمين ها:



سیگنال فرمان:



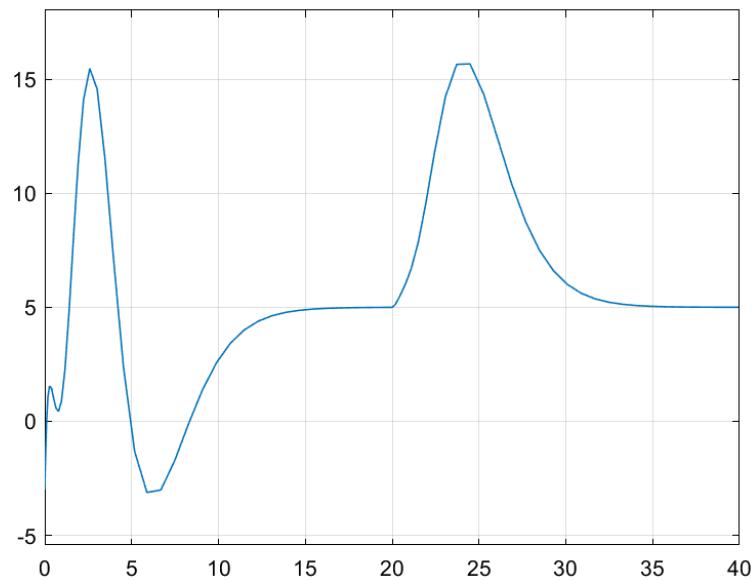
### تحلیل:

در این حالت در مقایسه با طراحی صورت گرفته با روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر مرتبه کامل می توان گفت که پس از اعمال اغتشاش نیز این روش هم از حالت ردیابی خود خارج شده و غیر از حالت اول که تخمینی از آن زده نمی شود ، بقیه تخمین ها با خطأ تخمین زده می شوند . و این خطاهای تقریبا برابر با طراحی صورت گرفته با کمک رویتگر مرتبه کامل می باشد. اگر بخواهیم در مورد خطای ماندگار پاسخ خروجی نیز مقایسه ای انجام بدیم، کاملا مشخص است که خطای ماندگار در طراحی صورت گرفته به کمک رویتگر کاهش مرتبه کمتر می باشد و همچنین با مقایسه ی سیگنال های فرمان می توانیم متوجه بشویم که تغییرات صورت گرفته در سیگنال فرمان پس از اعمال اغتشاش در طراحی صورت گرفته به کمک رویتگر کاهش مرتبه یافته کمتر می باشد و این امر به خودی خود باعث کاهش هزینه کنترلی می شود. اگر بخواهیم تاثیر دو دسته قطب را در این طراحی مقایسه کنیم، مانند قبل همچنان مشخص است که با دور شدن از محور موهومی یا در کل برای دسته قطب دوم، خطاهای ناشی از اعمال اغتشاش چه در پاسخ خروجی و در حالت ها و تخمین آنها کاهش می یابد و همچنین تغییرات و نوسانات سیگنال فرمان نیز کاهش می یابد.

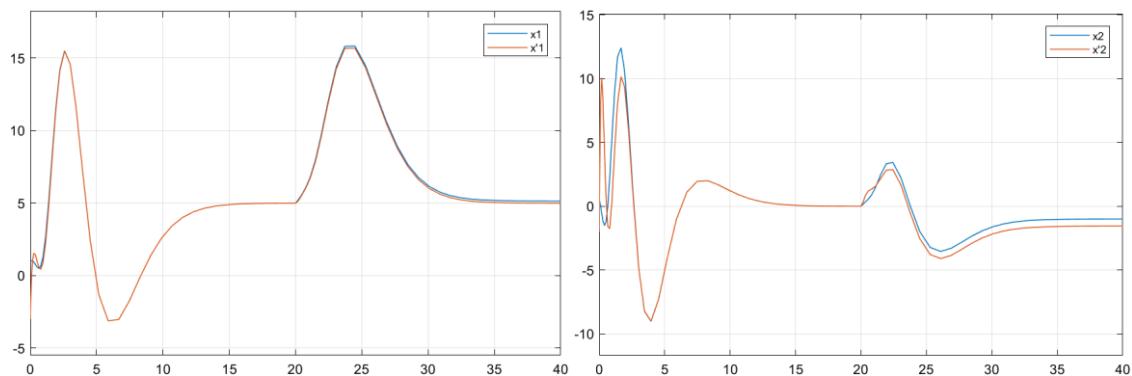
کنترل کننده اتگرالی و رویتگر مرتبه کامل به ازای هر دو دسته قطب:

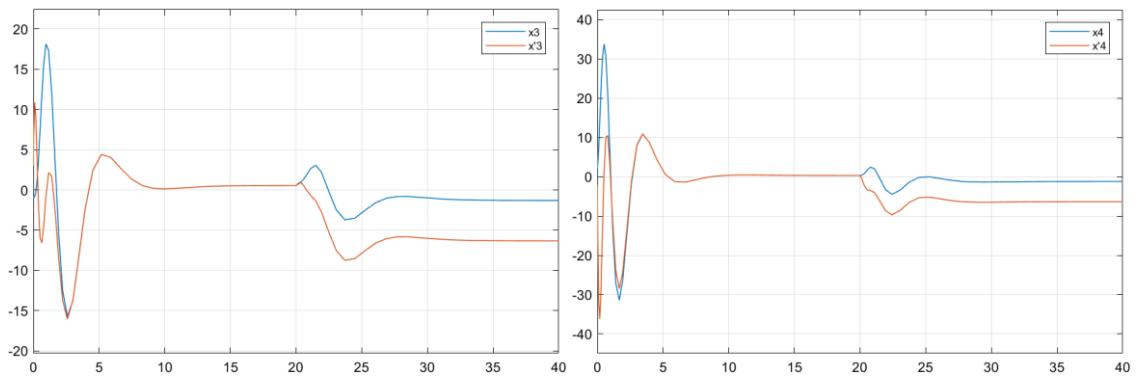
دسته اول:

پاسخ خروجی:

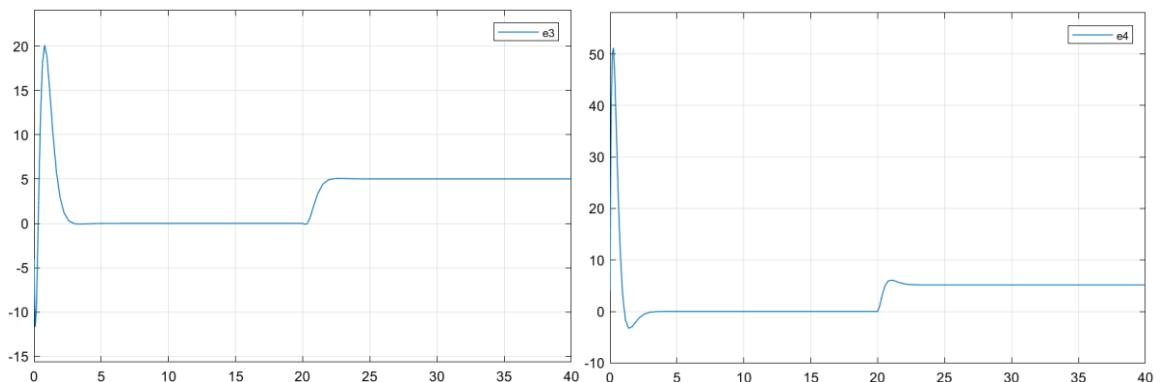
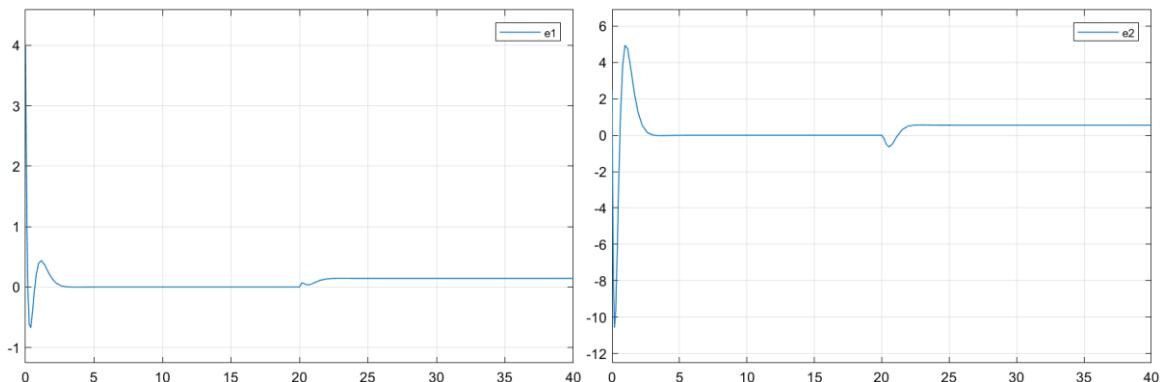


حالت ها و تخمین حالت ها:

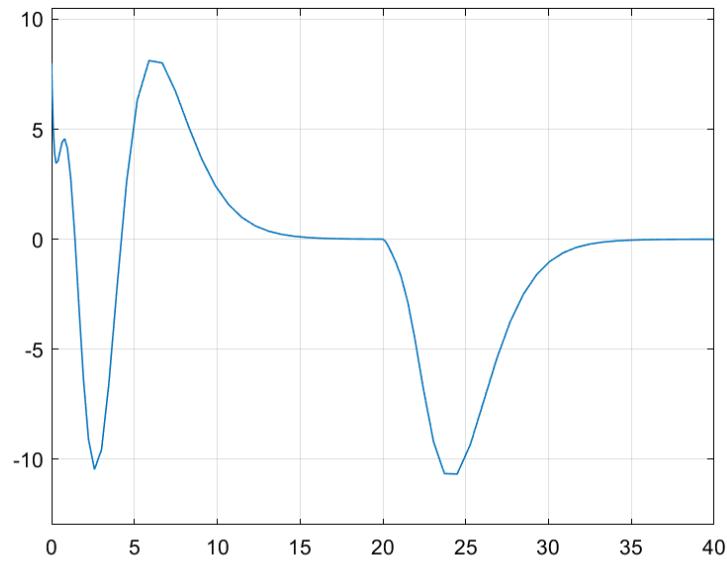




خطا تخمین ها:

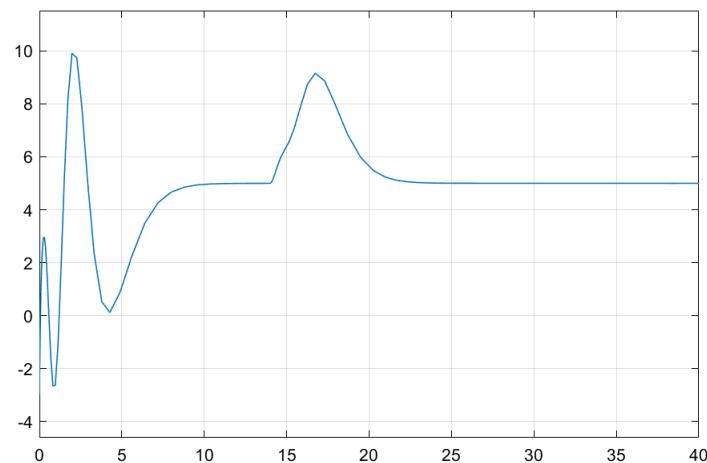


سیگنال فرمان:

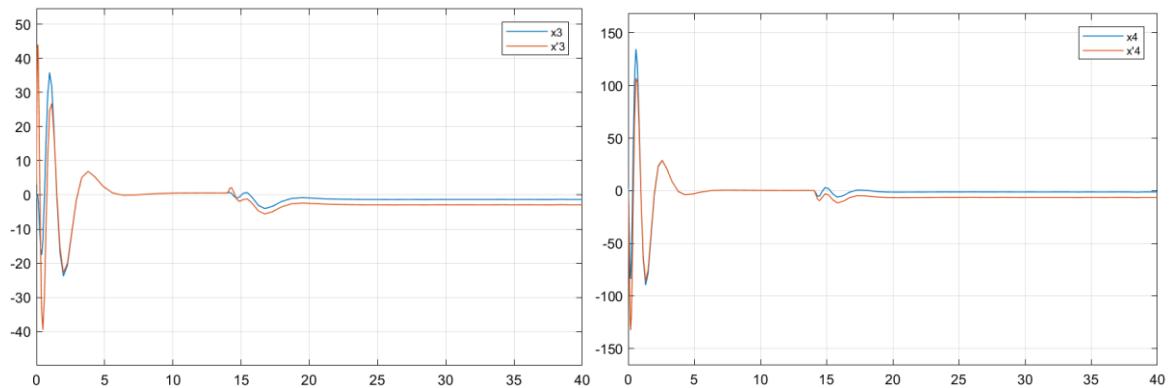
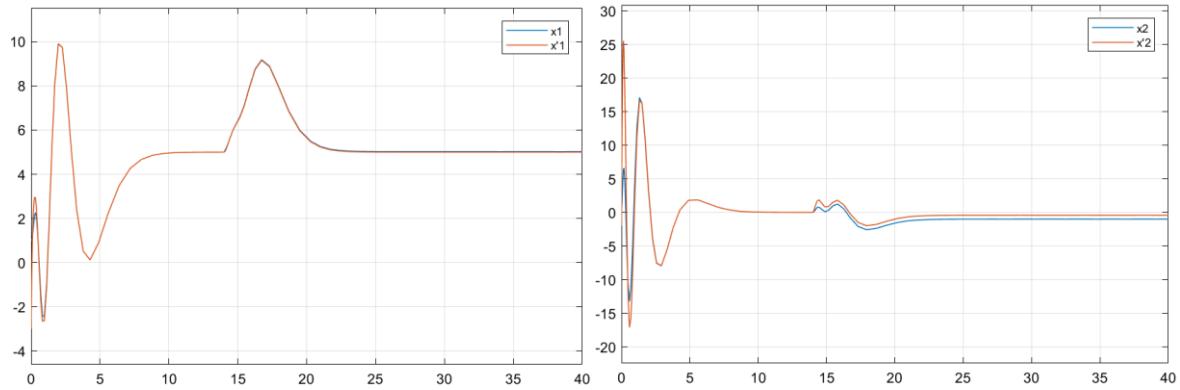


دسته قطب دوم:

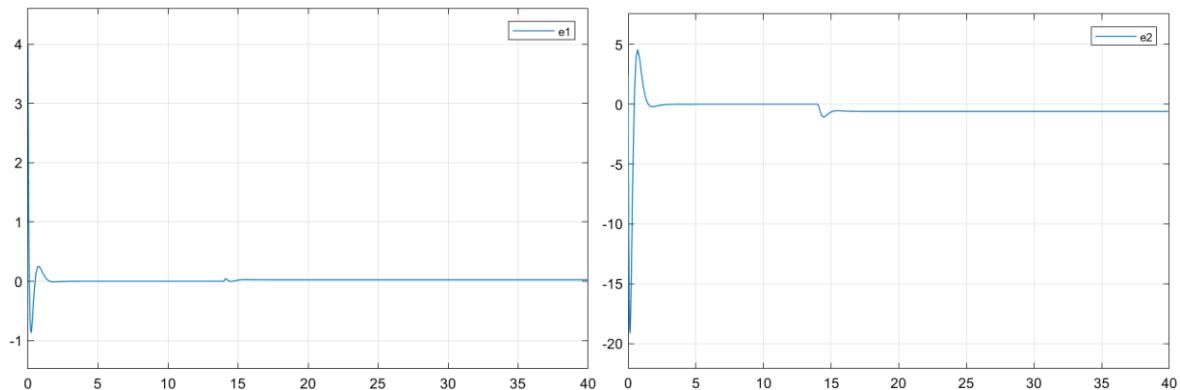
پاسخ خروجی:

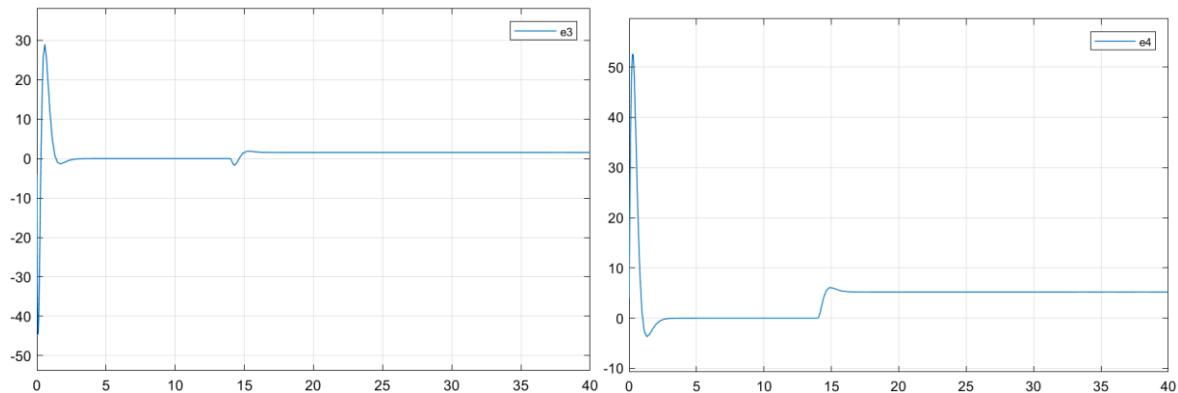


حالت ها و تخمین حالت ها:

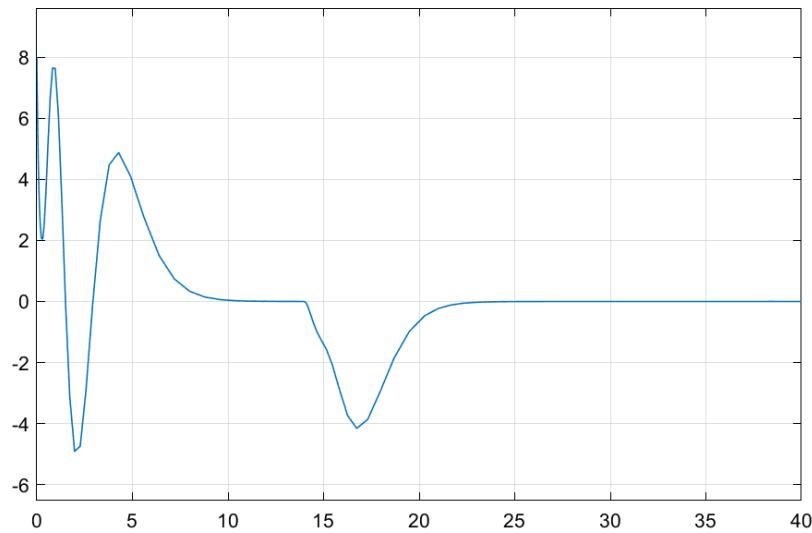


خطا تخمین ها:





سیگنال فرمان:



تحلیل:

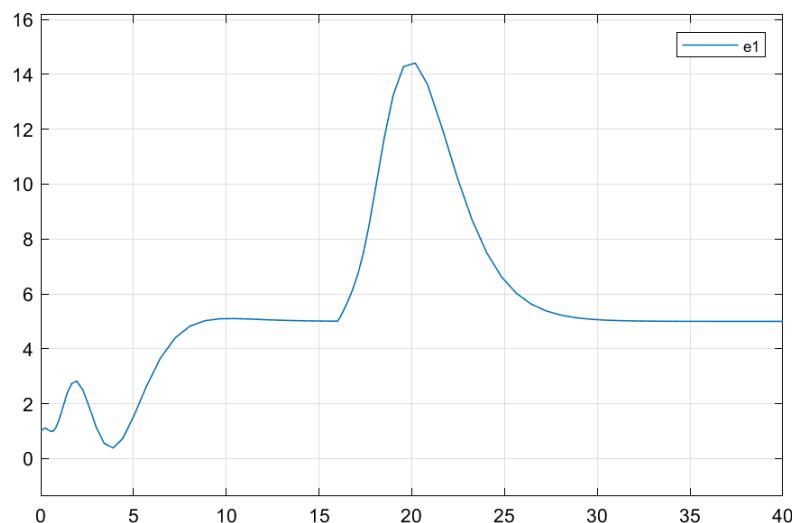
همانطور که مشخص است در این حالت که از کنترل کننده انتگرالی استفاده می کنیم ، بعد از اعمال اغتشاش پاسخ های سیستم و حالت ها و سیگنال فرمان جهشی در آنها ایجاد مبی شود که با طی شده پاسخ گذرای این پاسخ ، سیستم دوباره به ردیابی خود به درستی ادامه می دهد و همچنین سیگنال فرمان نیز پس از طی شد پاسخ گذرای اغتشاش به حالت ماندگار خود رسیده و فرمان را به درستی صادر می کند

ولی همچنان که از حالت ها مشخص است پس از اعمال اغتشاش تخمین های درستی زده نمی شود همچنان ولی خب در مقایسه با روش پیش جبران ساز استاتیکی مقدار ماندگار خطا حالت ها کمتر می باشد. ولی برای مقایسه رفتار ها به ازای دو دسته قطب در این روش می توانیم بگوییم که به ازای دسته قطب دوم که دور تر از محور موهومی می باشد جهش ایجاد شده در پاسخ خروجی ، سیگنال فرمان و حالت ها و تخمین حالت ها کمتر می باشد و طی کردن پاسخ گذرا و رسیدن به حالت ماندگار نیز بیشتر می شود.

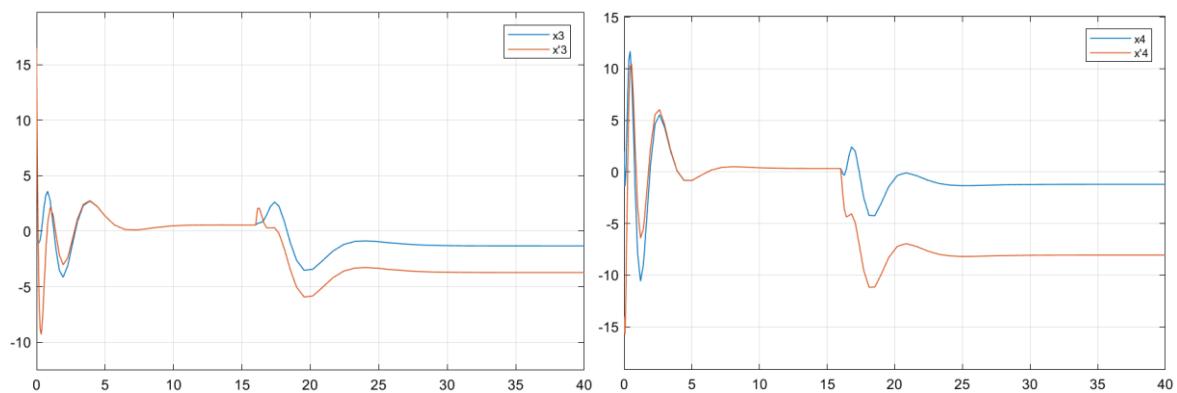
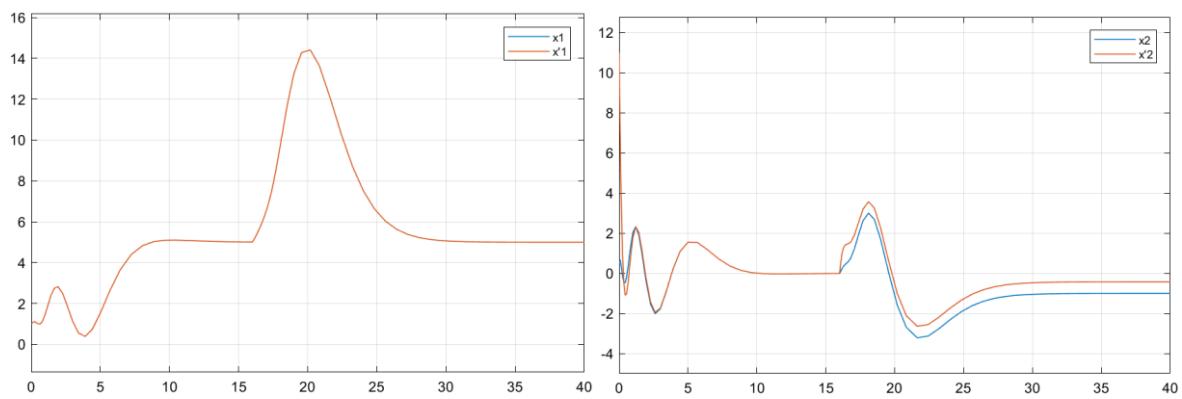
کنترل کننده اتگرالی و رویتگر کاهش مرتبه یافته به ازای هر دو دسته قطب:

دسته قطب اول:

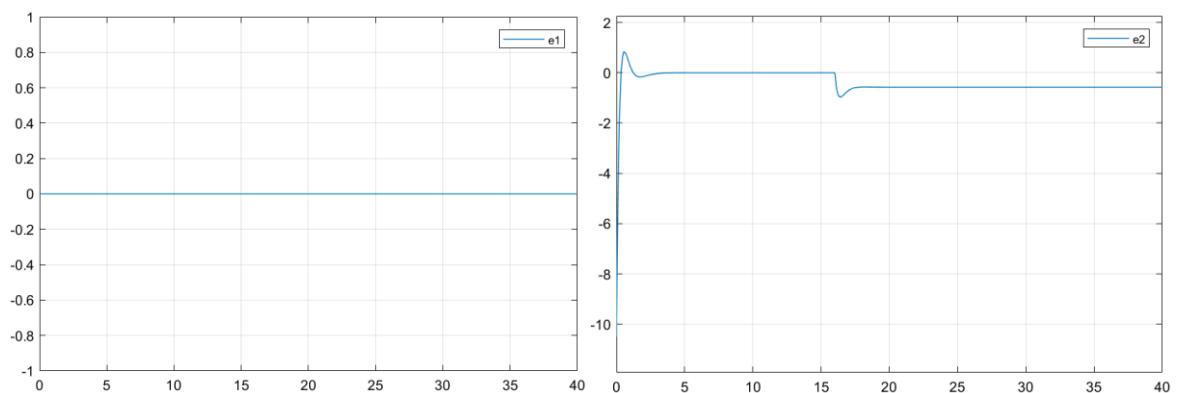
پاسخ خروجی:

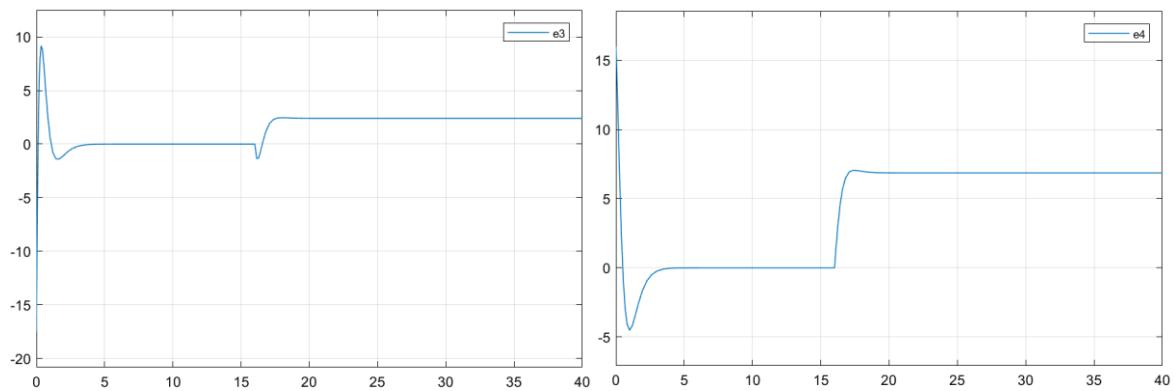


حالت ها و تخمین حالت ها:

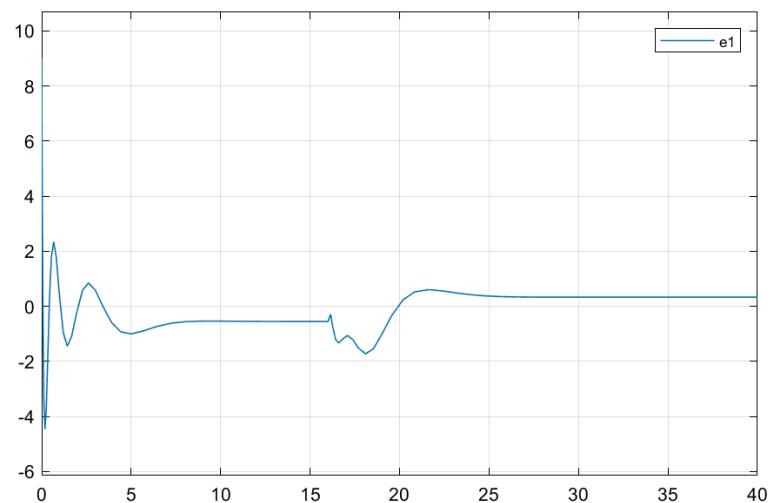


خطا تخمین ها:



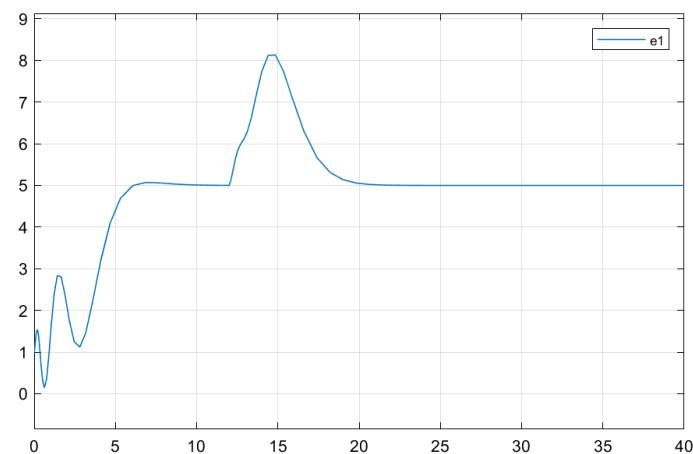


سیگنال فرمان:

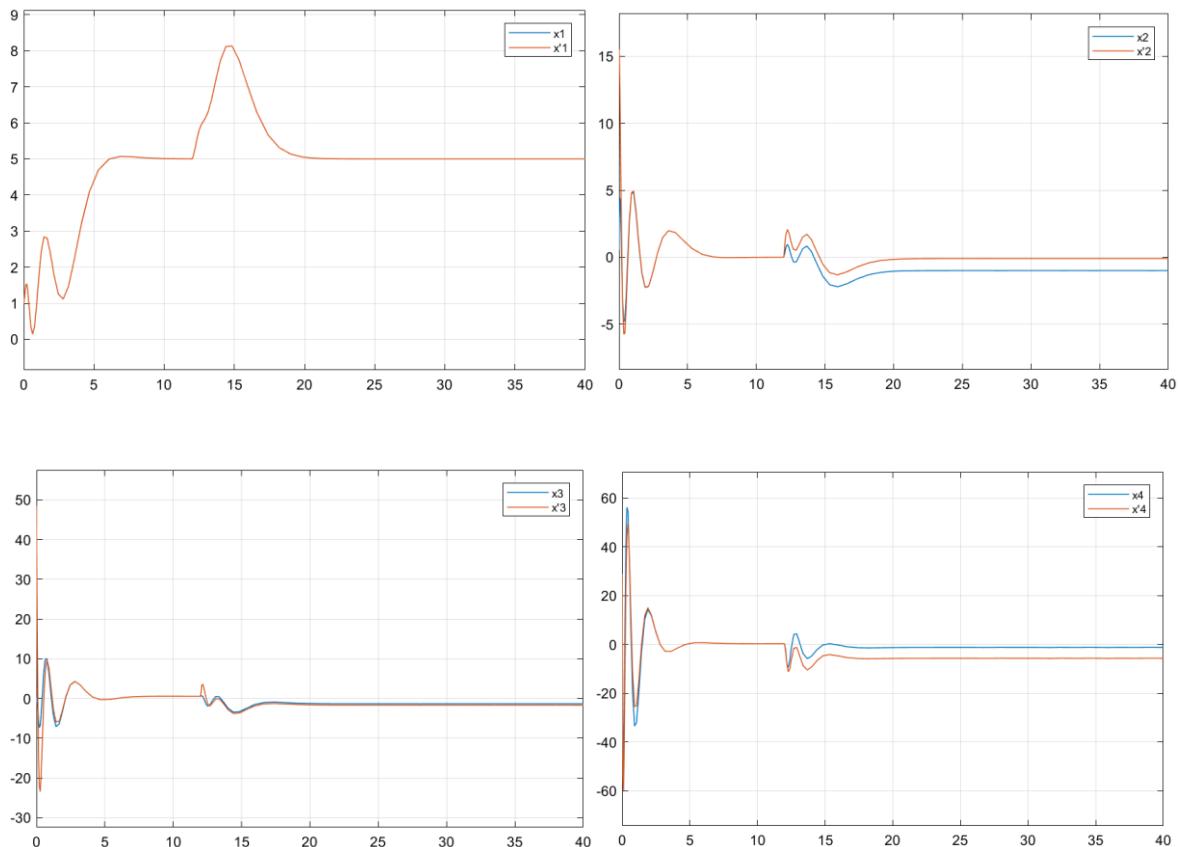


دسته قطب دوم:

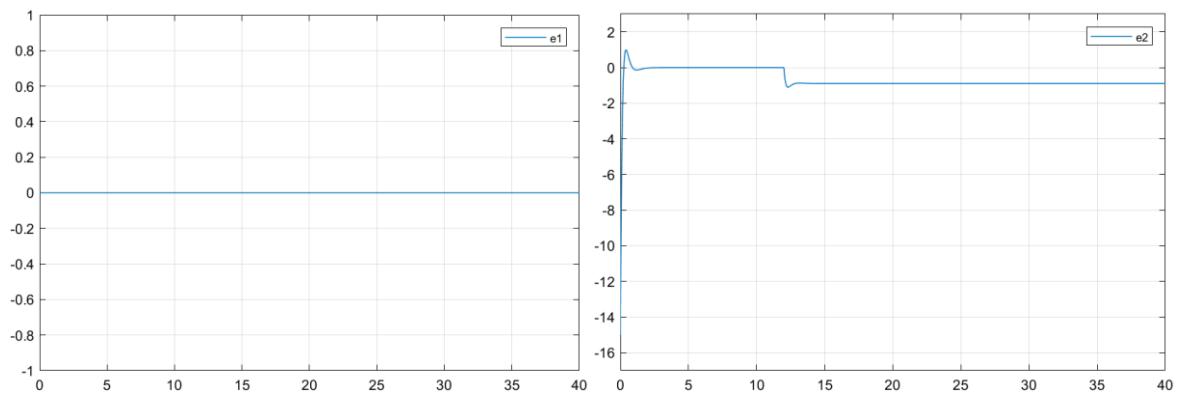
پاسخ خروجی:

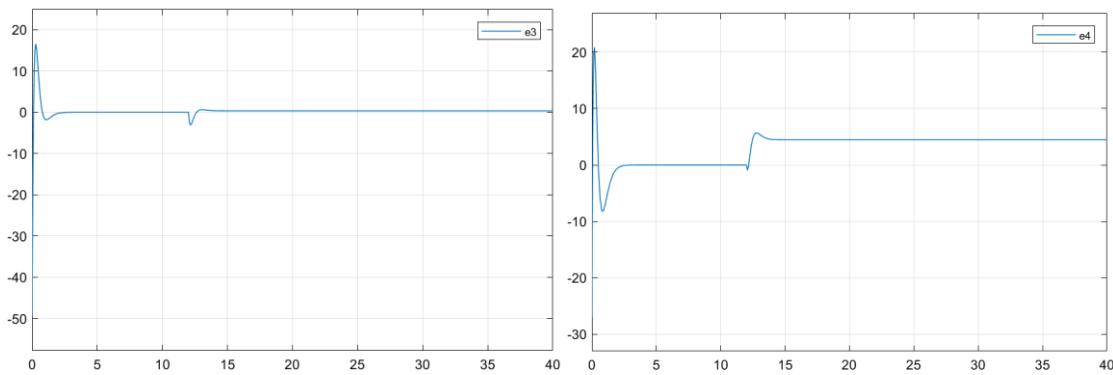


حالات و تخمین حالات:

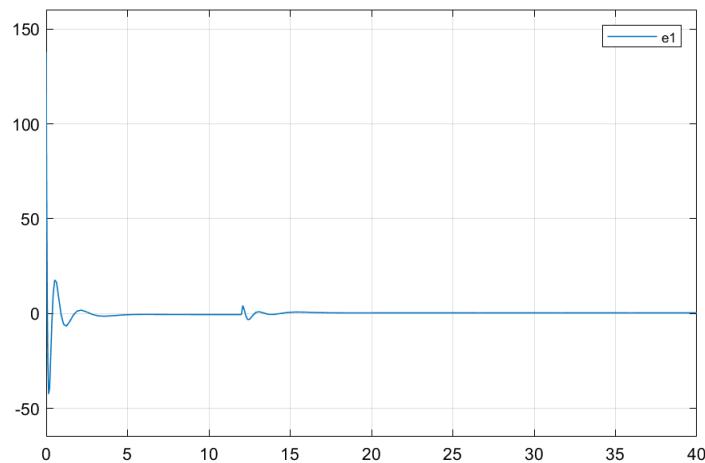


خطا تخمین ها:





سیگنال فرمان:



تحلیل:

در این حالت که نیز از کنترل گیر اننتگرالی استفاده شده است بر خلاف روش پیش جبران ساز استاتیکی پس از اعمال اغتشاش و سپری کردن پاسخ گذرای آن پاسخ خروجی به حالت ماندگار خود می رسد. اگر بخواهیم مقایسه یای داشته باشیم با روش کنترل کننده اننتگرالی و رویتگر مرتبه کامل، می توانیم به این موضوع پی ببریم جهشی که در پاسخ خروجی و حالت ها به دلیل اغتشاش بوجود آمده در مقایسه با حالت کنترل کننده اننتگرال گیر و رویتگر مرتبه کامل تقریبا یکسان می باشد و زمان رسیدن به حالت ماندگار آنها نیز ثابت می باشد ولی برای مقایسه ی خطاهای بوجود آمده در تخمین ها می توانیم بگوییم که رنج خطای نیز ثابت می باشد ولی در مورد سیگنال کنترل می توان به وضوح گفت که تغییرات و نوسانات اتفاق افتاده در روش پیاده شده با کمک رویتگر کاهش مرتبه یافته بسیار کمتر به حالت رویتگر مرتبه کانل می

باشد و این مورد باعث کاهش هزینه های کنترلی می شود. و همچنین می توان با مقایسه ای تاثیر دو دسته قطب در این طراحی صورت گرفته نیز بحث کرد ، آنچنان که مانند حالت های قبل با دور شدن قطب از محور موهومی جهش ایجاد شده در پاسخ خروجی کمتر شده و سرعت رسیدن به حالت ماندگار و ادامه ردیابی بیشتر می شود و همچنین جهش های در حالت ها و تخمین حالت ها کمتر شده و همچنین خطای تخمین حالت ها نیز کاهش یافته و می توان گفت تغییرات و نوسانات در سیگنال فرمان هم کاهش یافته و این مورد به خودی خود باعث کاهش هزینه های کنترلی می شود.

### اثر تغییر پارامتر:

همانطور که در بخش های قبل روند های طراحی گفته شد و با استفاده از  $A, B, C$  طراحی های خود را برای رویتگر و کنترل کننده انجام می دادیم. اگر بخواهیم با توجه به روابط طراحی دیدی نسبت به تغییر پرامتر ها ماتریس ها کسب کنیم ، متوانیم اینگونه ادامه دهنیم که: ایجاد تغییر پارامتر در ماتریس های  $C, A$  ممکن است بر تغییر مکان قطب های روگیر اثر بگذارند (چه رویتگر مرتبه کامل و چه رویتگر کاهش مرتبه یافته) و ماتریس های  $A, B$  ممکن است بر قطب های حلقه بسته کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی اثر بگذارند و همچنین ماتریس های  $A, B, C$  می توانند بر قطب های حلقه بسته کنترل کننده ردیاب به روش انتگرالی اثر بگذارند. در ادامه با تغییر در پارامتر های هر ماتریس تاثیر آنها را بر طراحی ها:  
**1- کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر مرتبه کامل**  
**2- کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر کاهش مرتبه یافته**  
**3- کنترل کننده ردیاب به روش انتگرالی و رویتگر مرتبه کامل**  
**4- کنترل کننده ردیاب به روش انتگرالی و رویتگر کاهش مرتبه یافته**

\* منظور از دسته قطب اول و دوم که در ادامه گفته شده ، دسته قطب اول: دسته قطب اول رویتگر و دسته قطب اول برای کنترل کننده و متقابلا برای دسته قطب دوم به همین شکل

تغییرات اعمالی در هر ماتریس به شکل زیر می باشد که تاثیر آن در هر کدام به صورت جداگانه تحلیل می

شوند:

$$C = [1 \ 0 \ 0 \ 0] \rightarrow C = [0.9 \ 0.1 \ 0 \ 0]$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1.062 & -4 & -3.5 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1.062 & -4 & -3.5 & -5 \end{bmatrix}$$

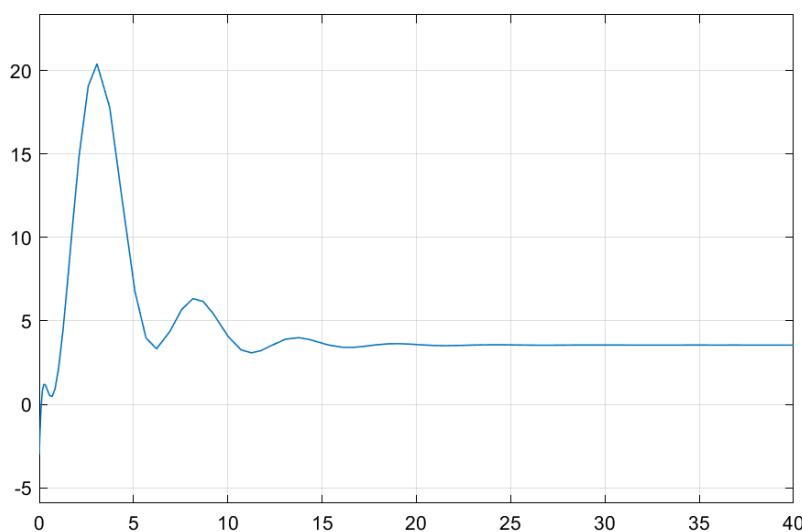
$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0.6 \\ -13.1 \end{bmatrix} \rightarrow B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.8 \\ 0.6 \\ -8 \end{bmatrix}$$

تغییر در ماتریس  $C$ :

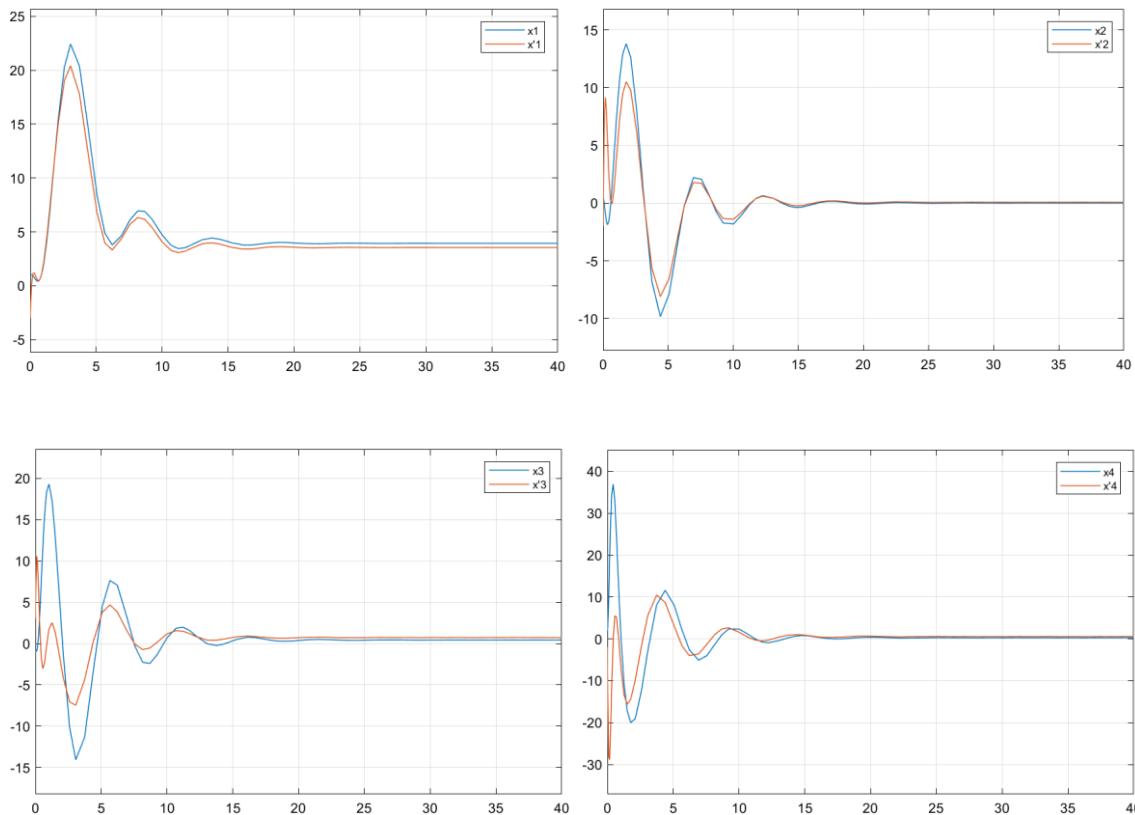
1- کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر مرتبه کامل:

دسته قطب اول:

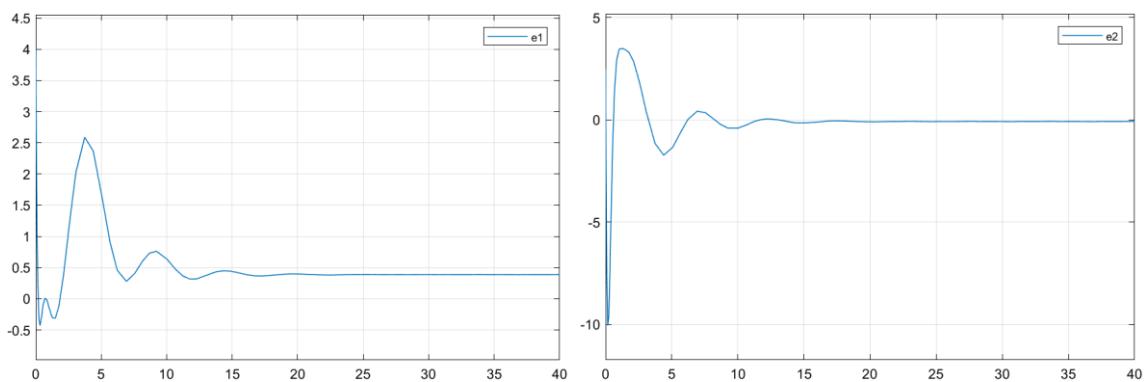
پاسخ خروجی:

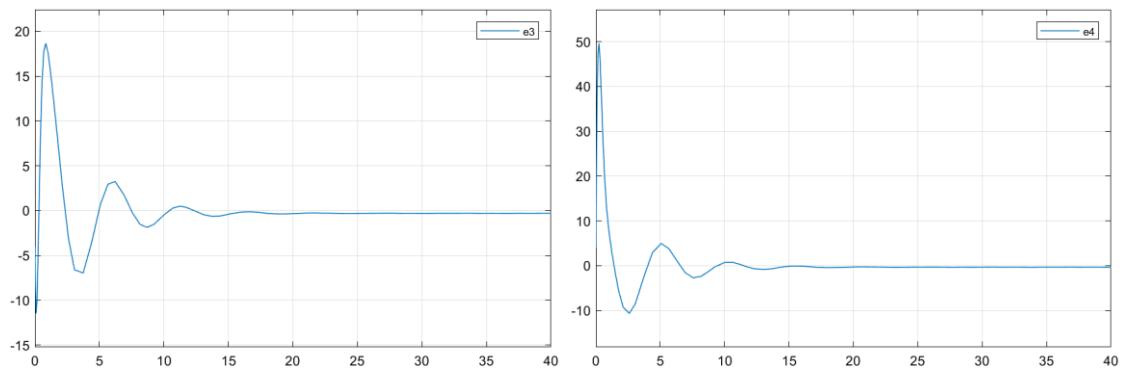


حالات و تخمین حالات:

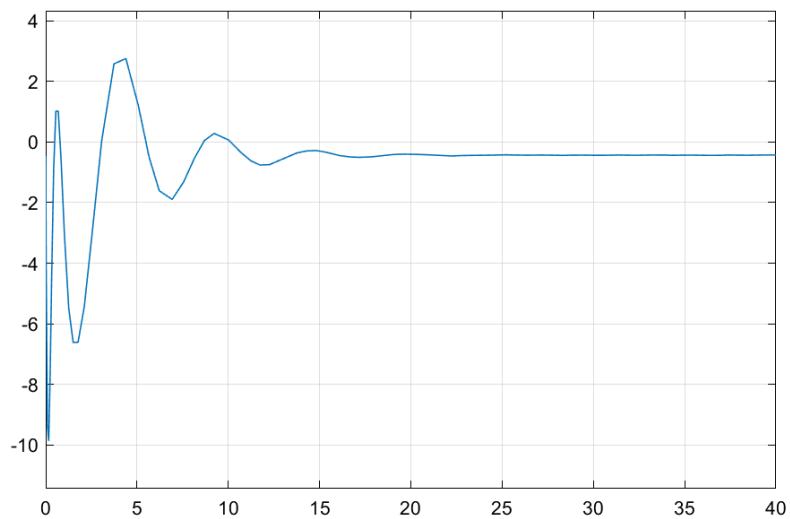


خطا تخمین ها:



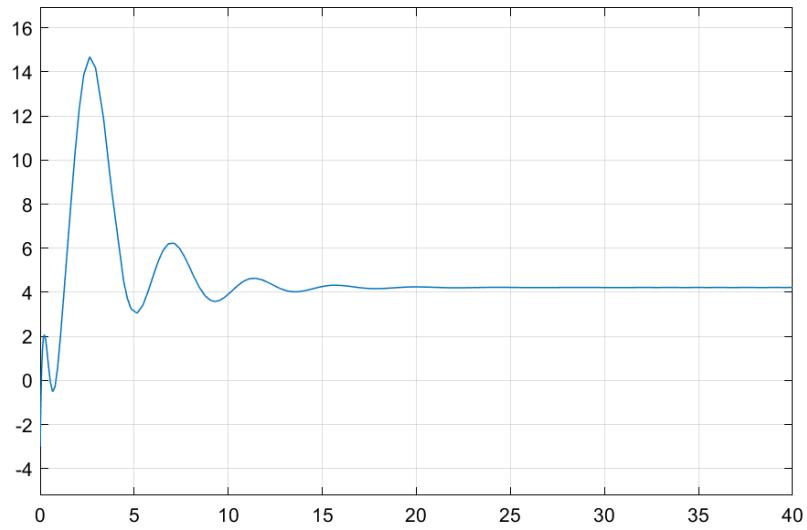


سیگنال فرمان:

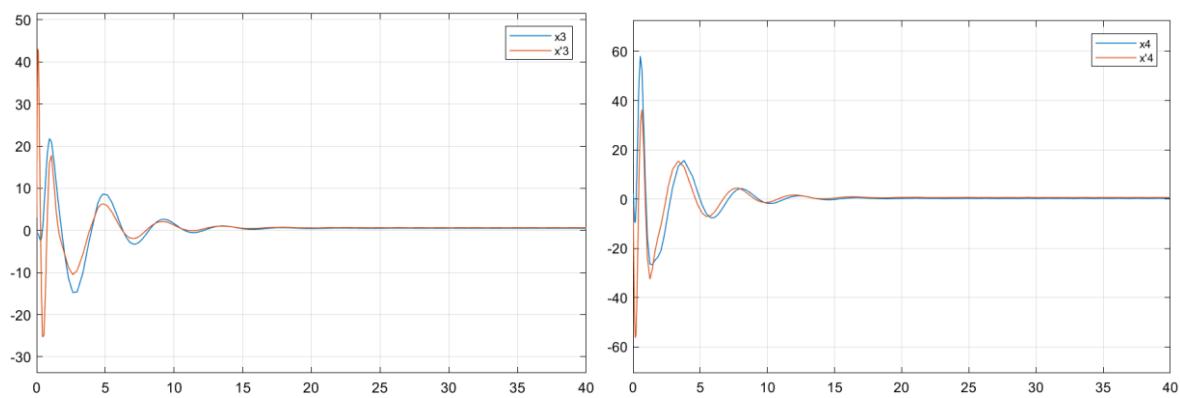
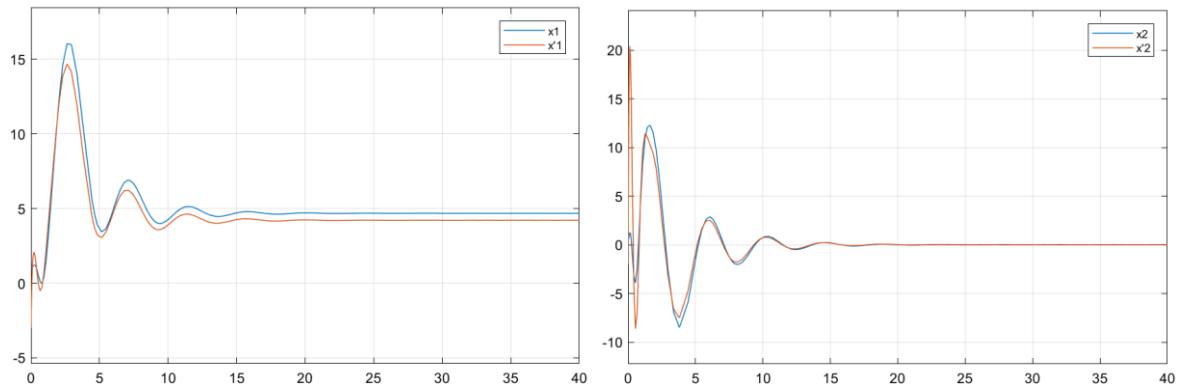


دسته قطب دوم:

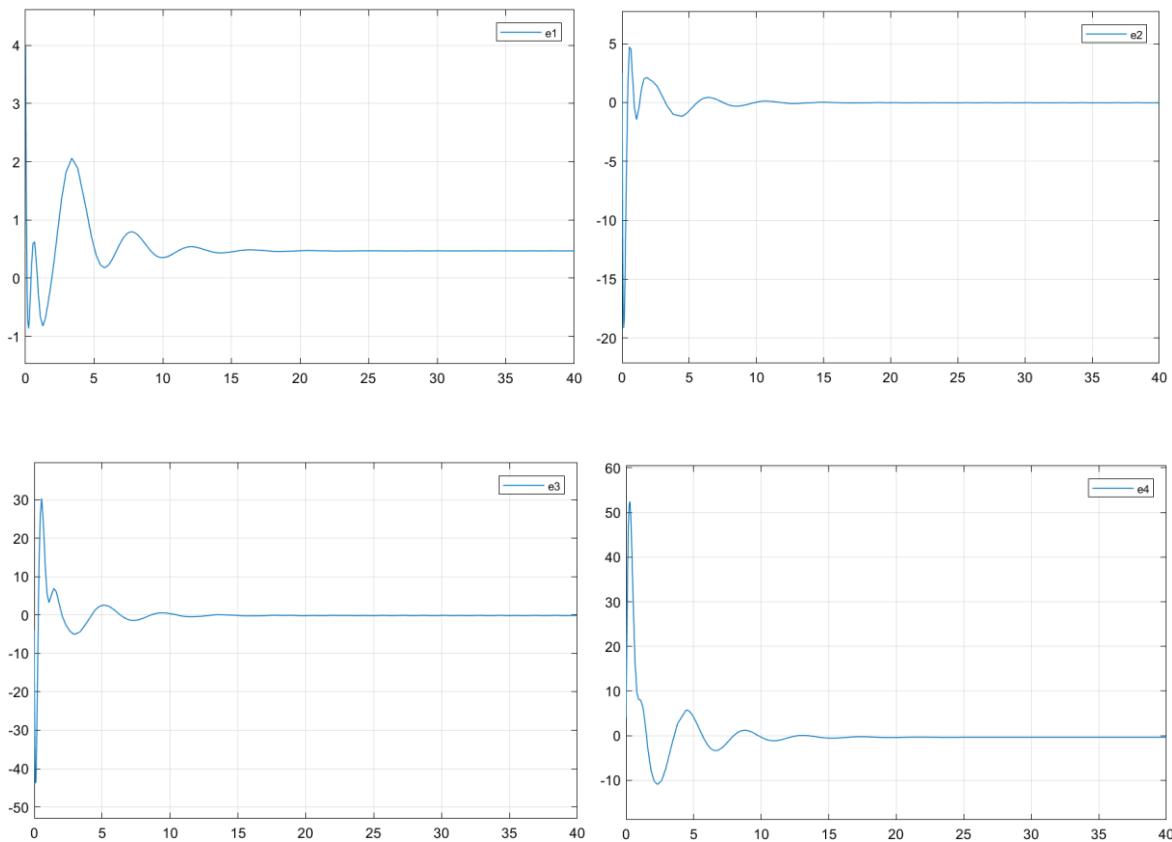
پاسخ خروجی:



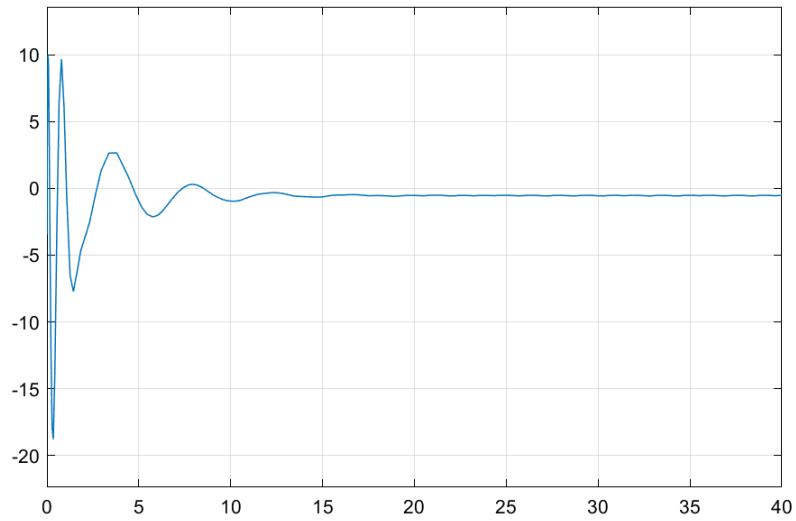
حالات و تخمین حالات:



خطا تخمین ها:



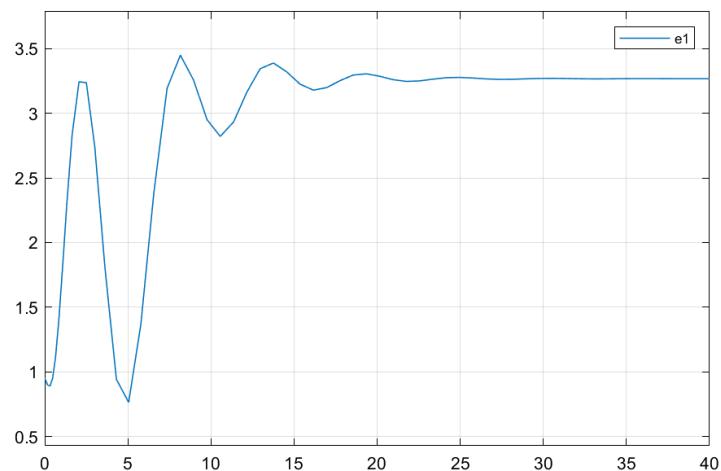
سیگنال فرمان:



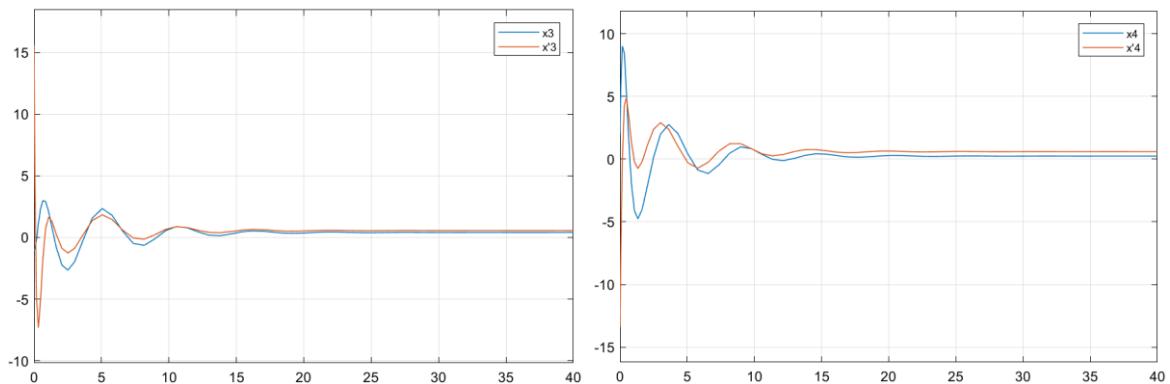
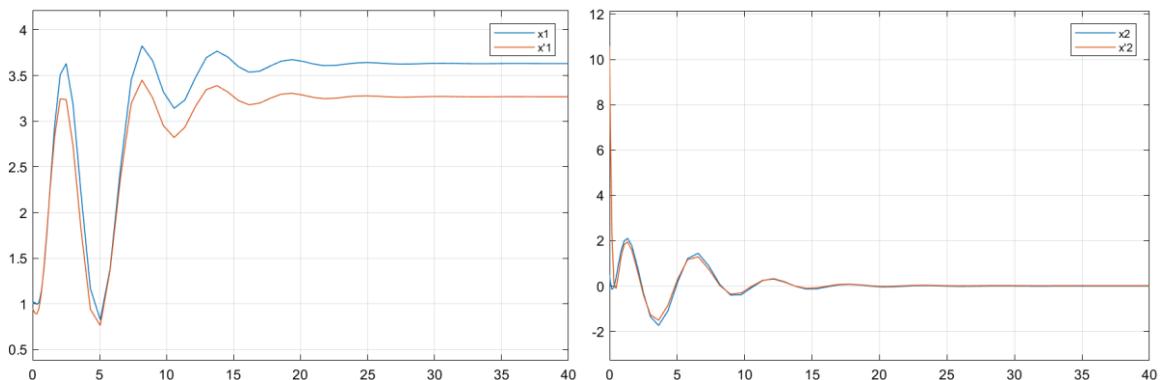
## 2-کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر کاهش مرتبه یافته

دسته قطب اول:

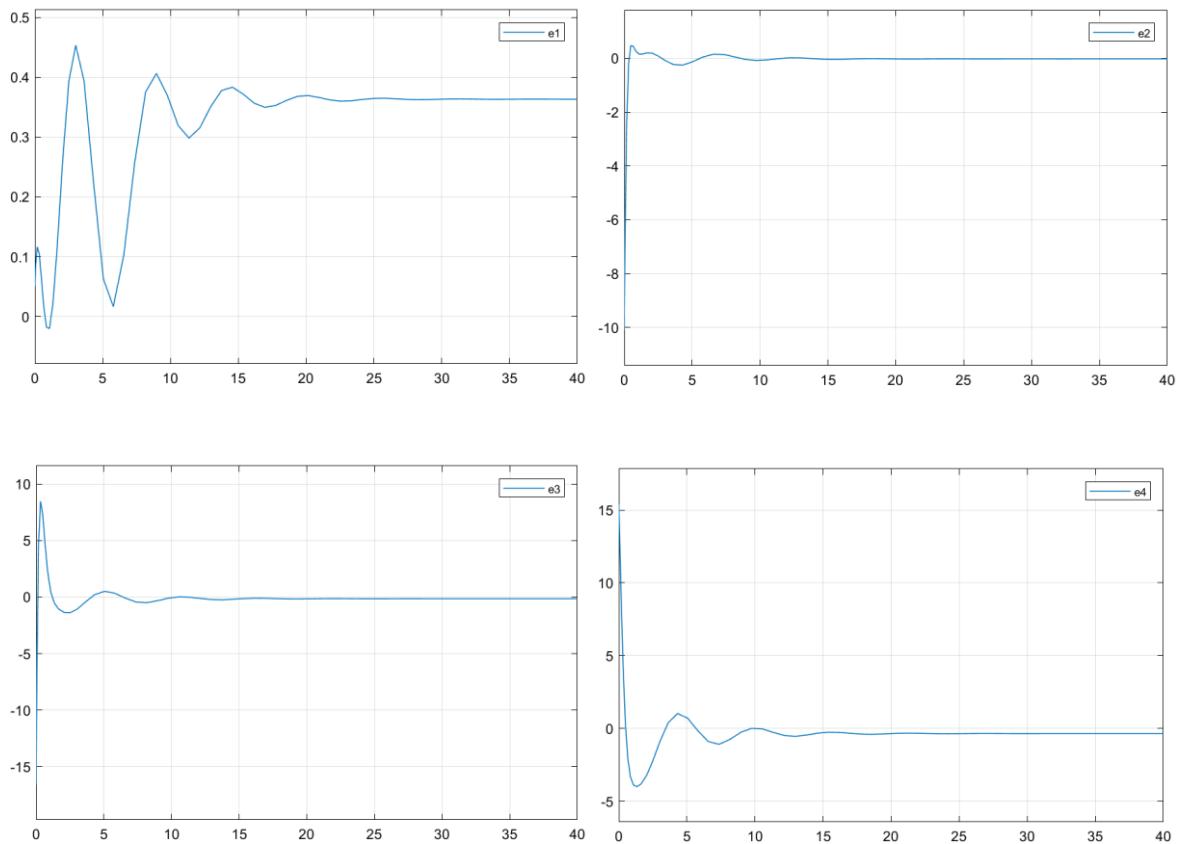
پاسخ خروجی:



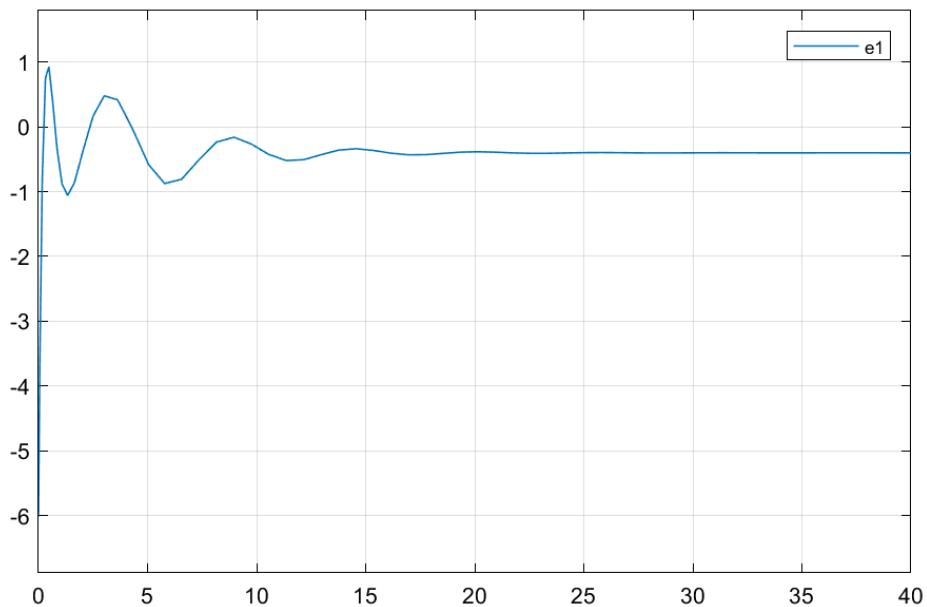
حالت ها و تخمین حالت ها:



خطا تخمين ها:

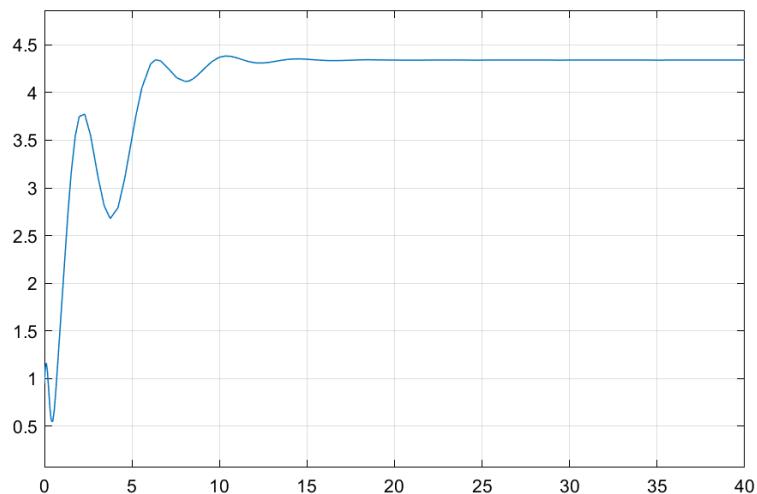


سیگنال فرمان:

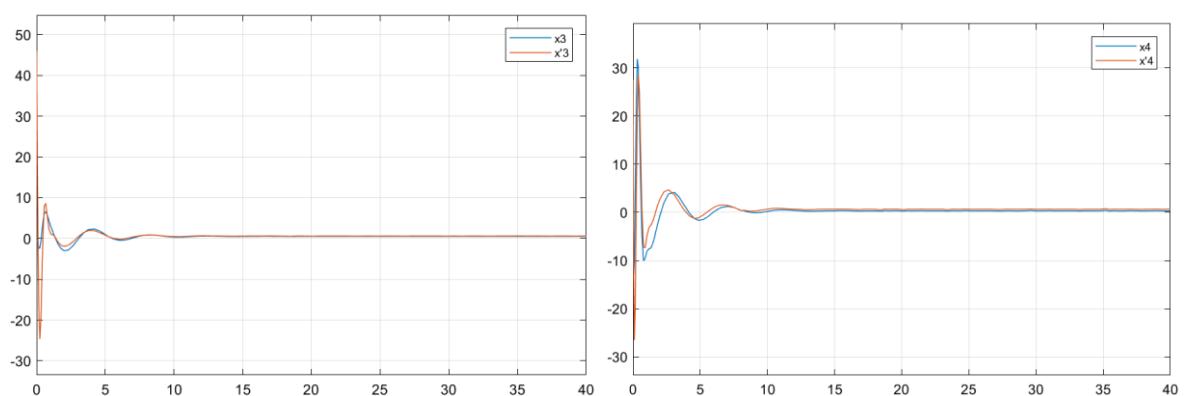
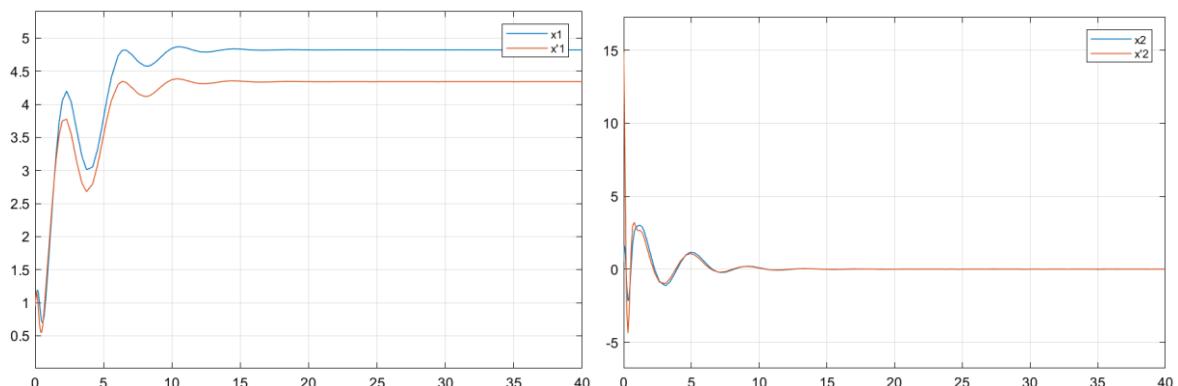


دسته قطب دوم:

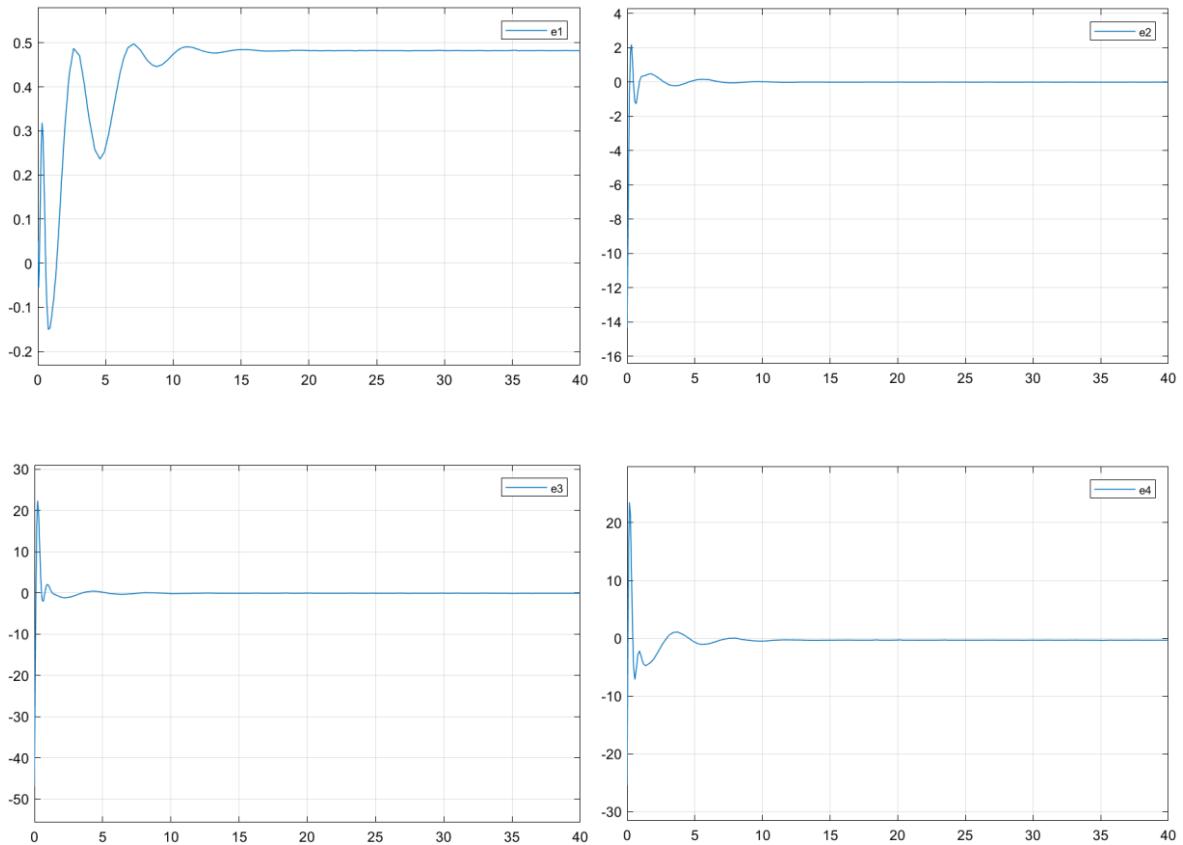
پاسخ خروجی:



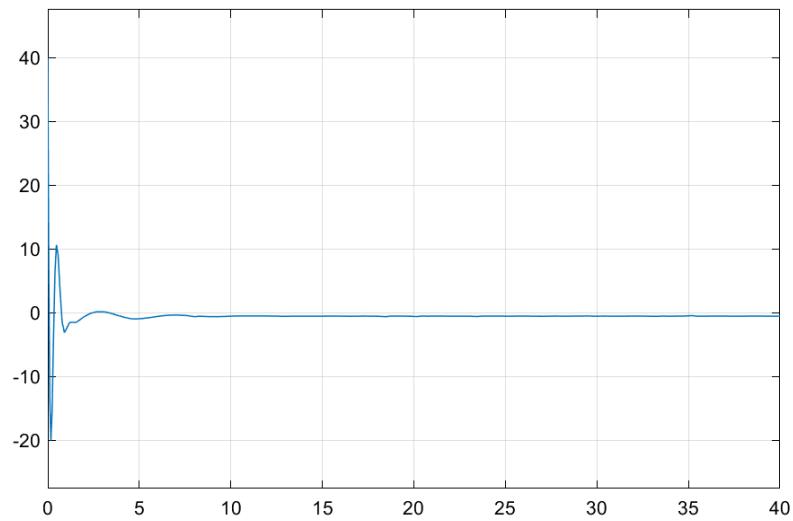
حالت ها و تخمین حالت ها:



خطا تخمين ها:



سیگنال فرمان:



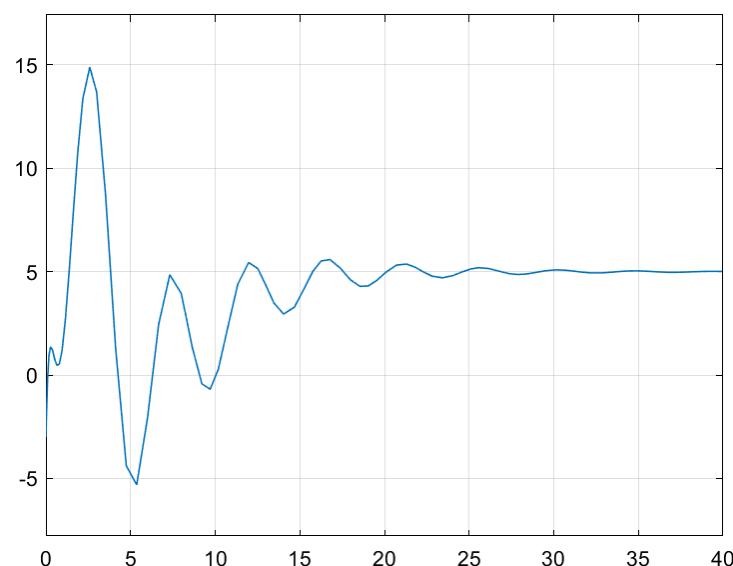
## تحلیل:

همانطور که مشخص است برا تغییر پارامتر در C باعث ایجاد خطای ماندگار در عمل ردیابی شده است. این مورد قابل توجه است، زیرا که ماتریس C تغییری در تعیین قطب های حلقه بسته کنترل کننده نوع پیش جبران ساز استاتیکی ندارد پس تغییر C باعث ناپیدار شدن قطب های کنترل کننده نمی شود. قابل ملاحظه است که تغییر C خطای ماندگار بیشتری در طراحی دوم گذاشته است. اگر بخواهیم تاثیر قطب هارا بررسی کنیم در هر دو طراحی، اینگونه است که در هر دو طراحی با دور شدن قطب ها از محور موهومی باعث کاهش خطای حالت ماندگار در پاسخ خروجی و تخمین حالت ها می شود و همچنین باعث کم شدن نوسانات سیگنال فرمان نیز می شود. اگر بخواهیم تاثیر تغییر C را تغییر پارامتر ها به طور دقیق تر در هر دو طراحی تحلیل و مقایسه کنیم، قابل مشاهده است که تغییر C باعث ایجاد خطاهای تقریبا یکسان در تخمین حالت ها 2 تا 4 در هر دو طراحی شده است و ایجاد نوسانات شده و تغییر بیش از حد C علاوه بر ایجاد خطای موجب ناپیاداری قطب های رویتگر نیز خواهد شد. حالت 1 باعث ایجاد تفاوت در دو طراحی شده است، خطای بوجود آمده برای حالت 1 در طراحی دوم بسیار بزرگتر از طراحی اول می باشد و با تغییر پارامتر در C درست است باعث پدیدار شدن حالت دوم در خروجی نیز می شود ولی حالت دوم تقریبا به سمت صفر میکند و همچنان حالت اول در خروجی نمایش داده می شود و باعث ایجاد خطای ماندگار بیشتری برای پاسخ خروجی طراحی دوم می باشد. اگر بخواهیم دلیل این خطای بزرگ در طراحی را بررسی کنیم، می توان اینگونه گفت که در طراحی دوم که به کمک رویتگر کاهش مرتبه یافته می باشد در وضعیت عادی حالت اول اندازی گیری می شود و طراحی تخمین گر حالت اول تخمینی زده نمی شود با طراحی که انجام شده است و این مورد ارتباط بسیار مستقیمی با C دارد و این موضوع باعث ایجاد خطای بسیار بزرگی در تخمین حالت اول می شود.

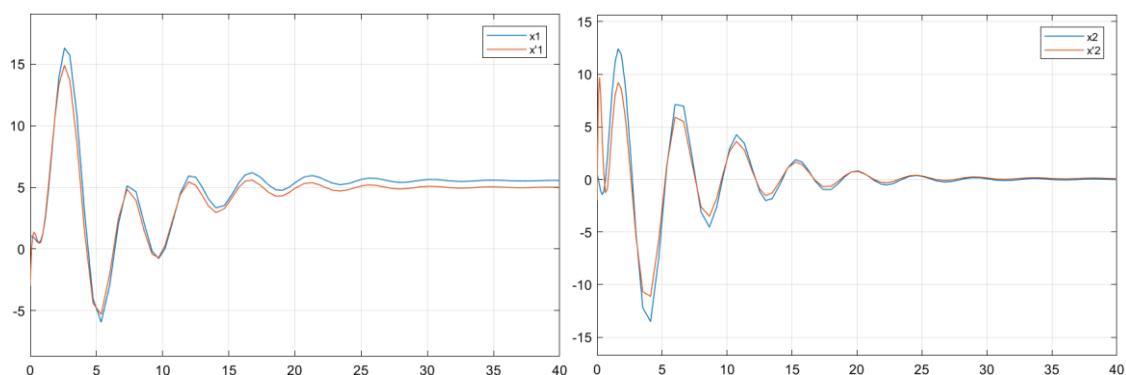
### 3- کنترل کننده ردیاب به روش انتگرالی و رویتگر مرتبه کامل

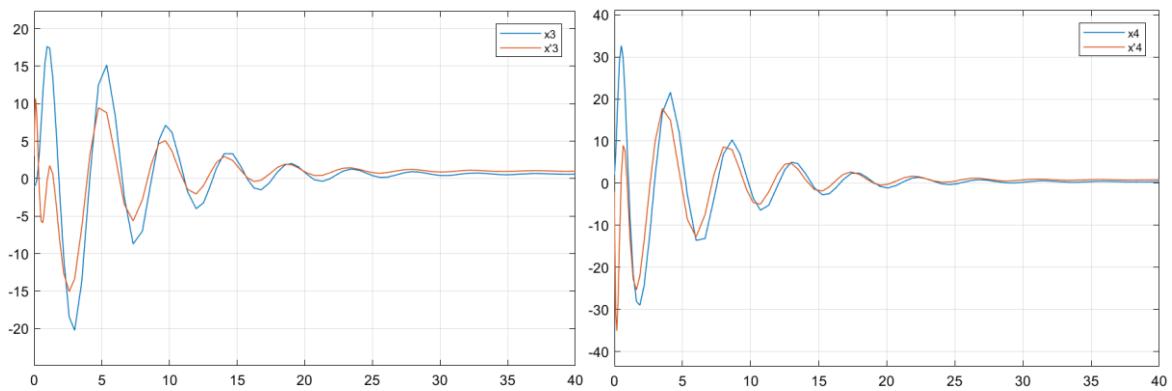
دسته قطب اول:

پاسخ خروجی:

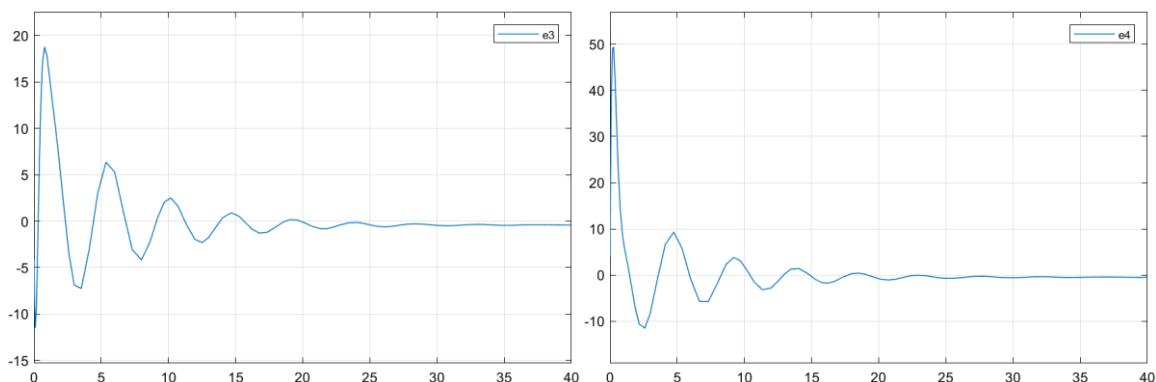
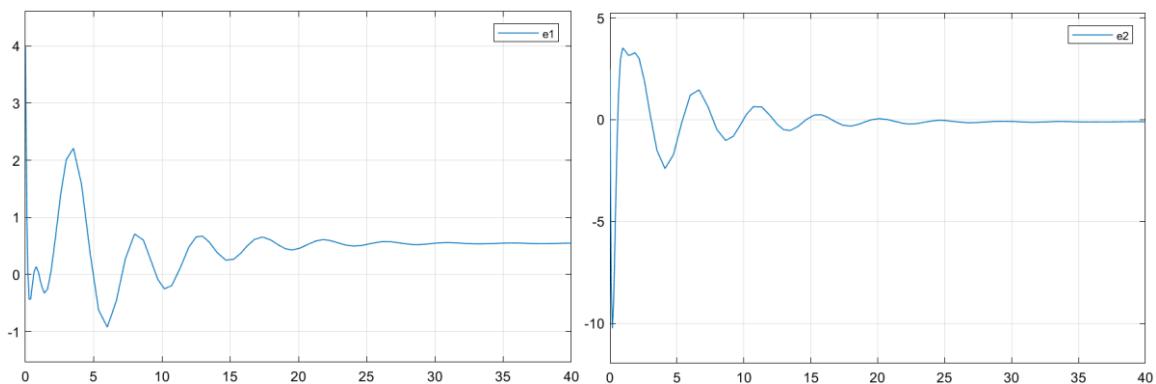


حالت ها و تخمین حالت ها:

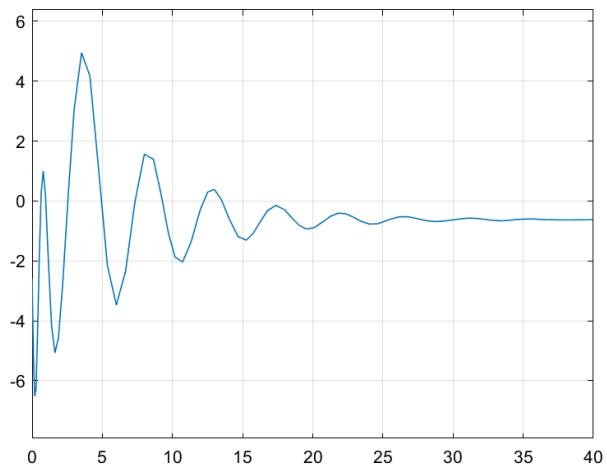




خطا تخمين ها:

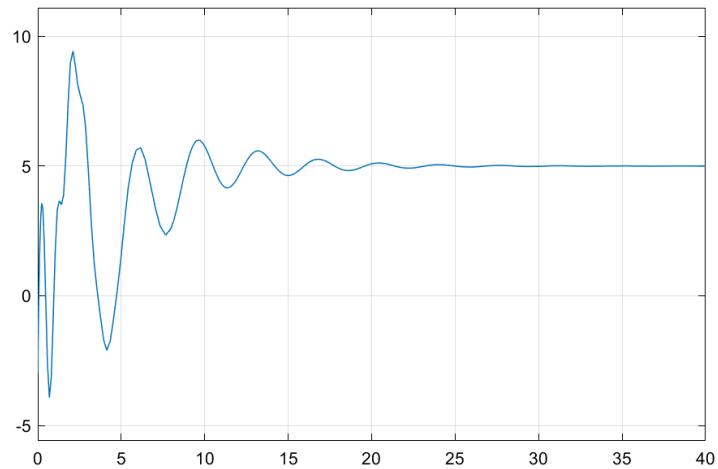


سیگنال فرمان:

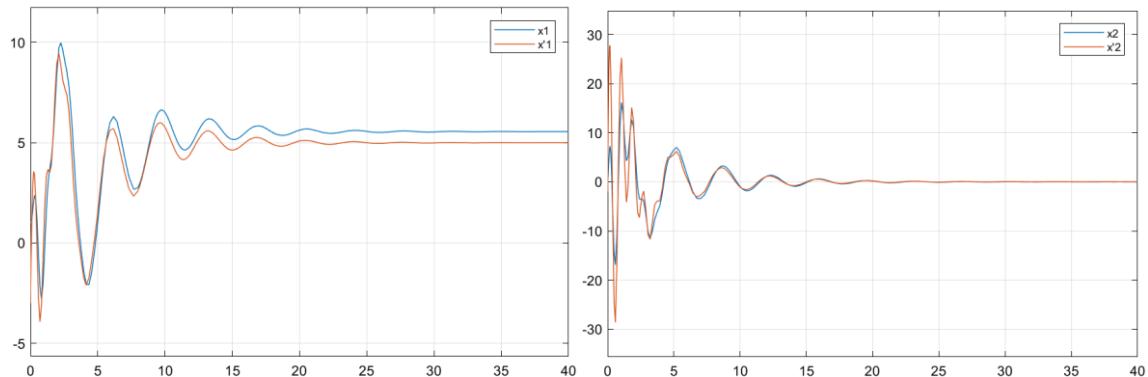


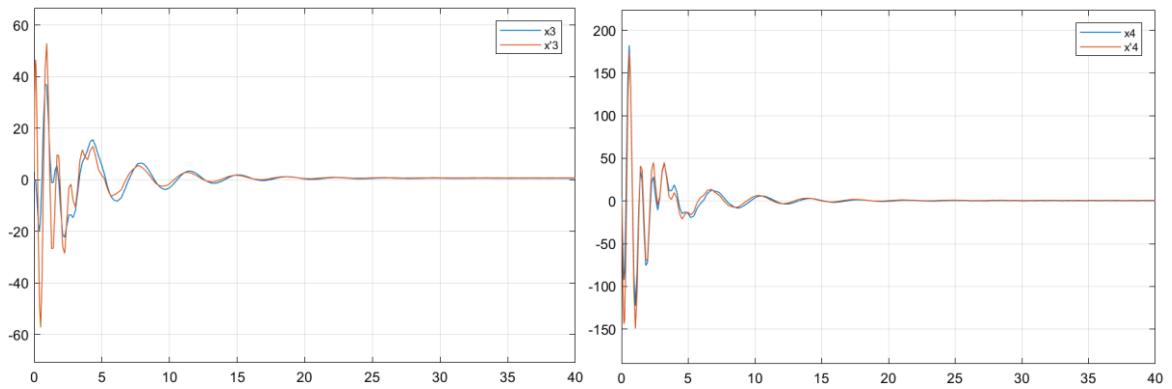
دسته قطب دوم:

پاسخ خروجی:

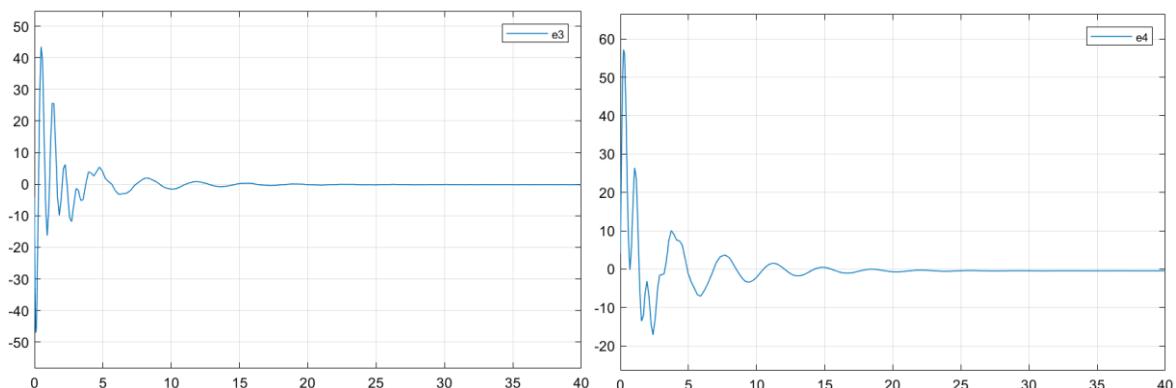
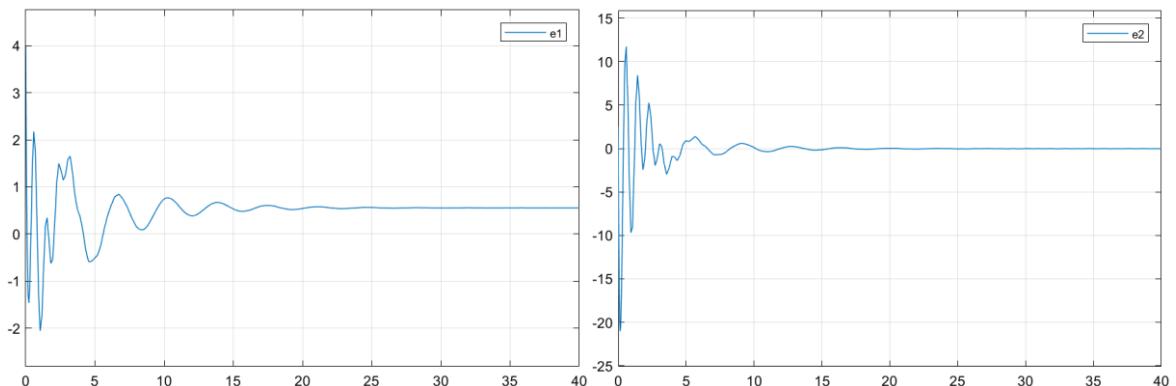


حالت ها و تخمین حالت ها:

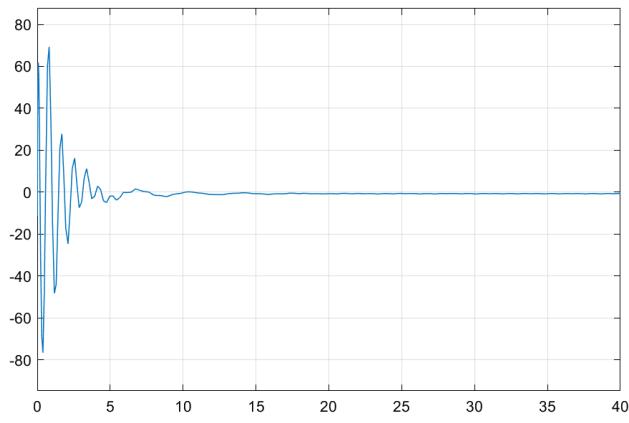




خطا تخمين ها:



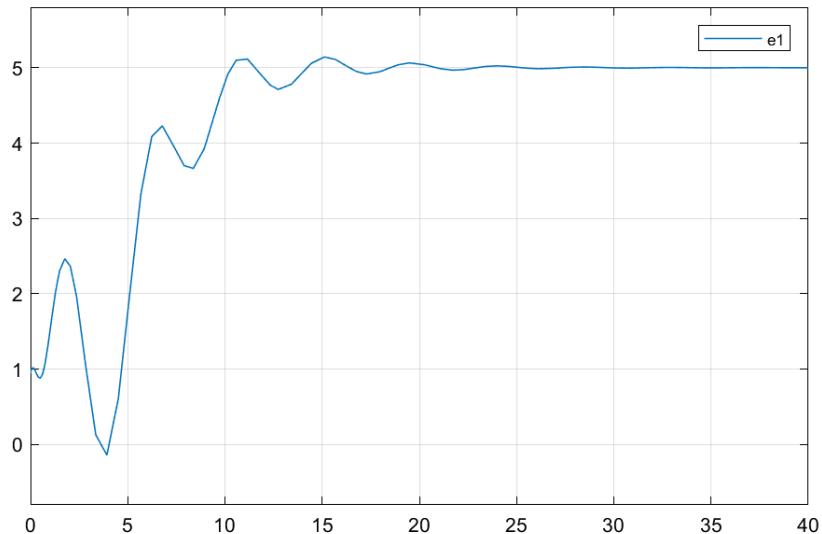
سیگنال فرمان:



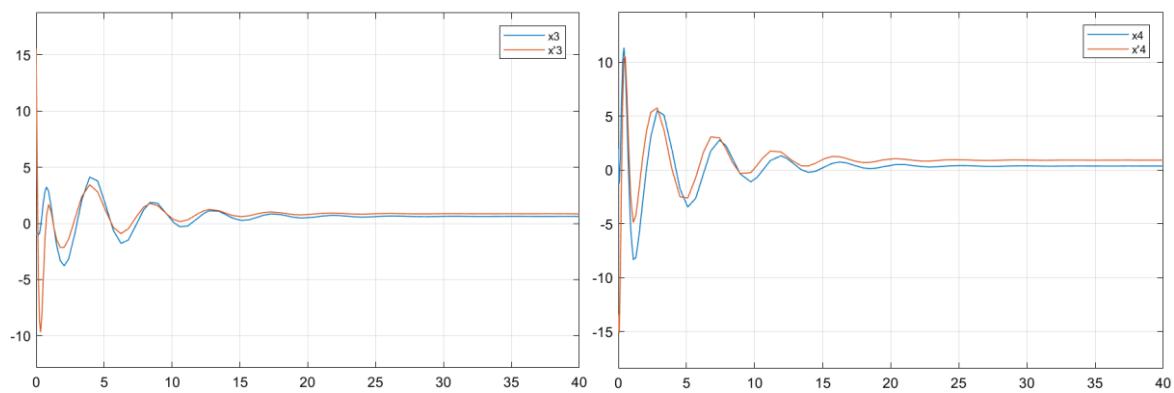
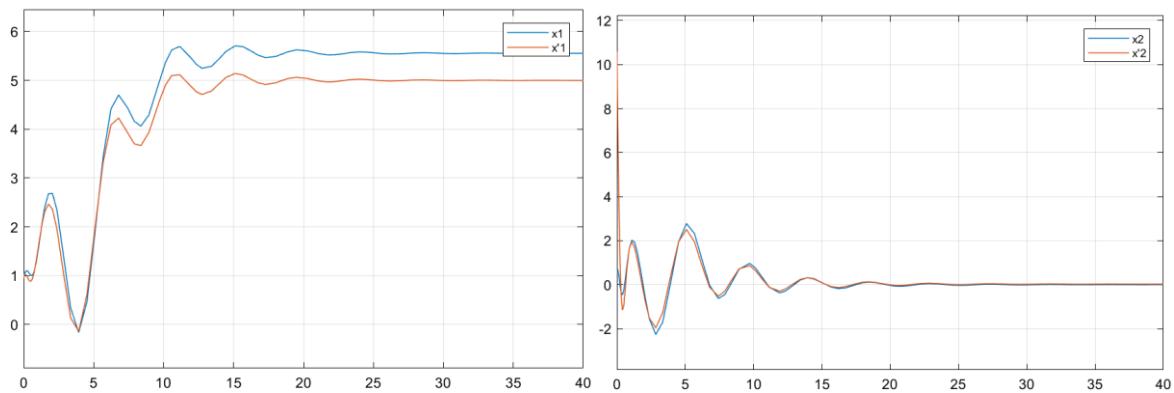
4- کنترل کننده ردیاب به روش انتگرالی و رویتگر کاهش مرتبه یافته

دسته قطب اول:

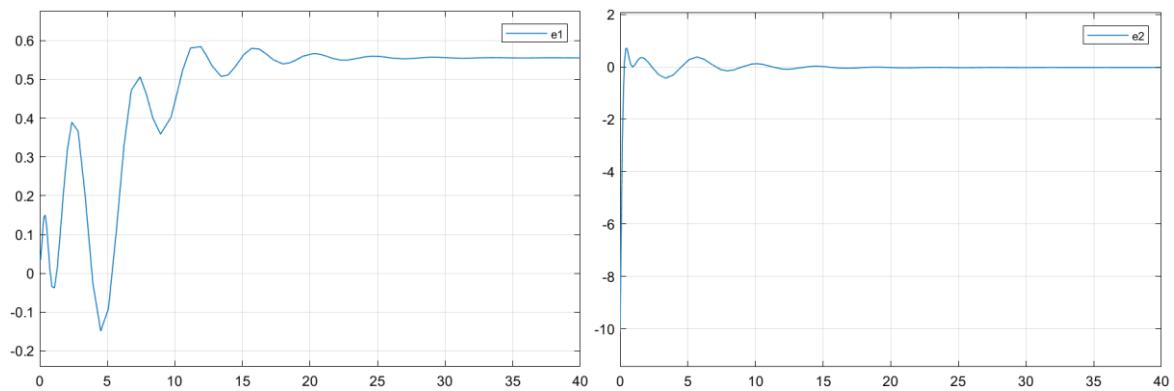
پاسخ خروجی:

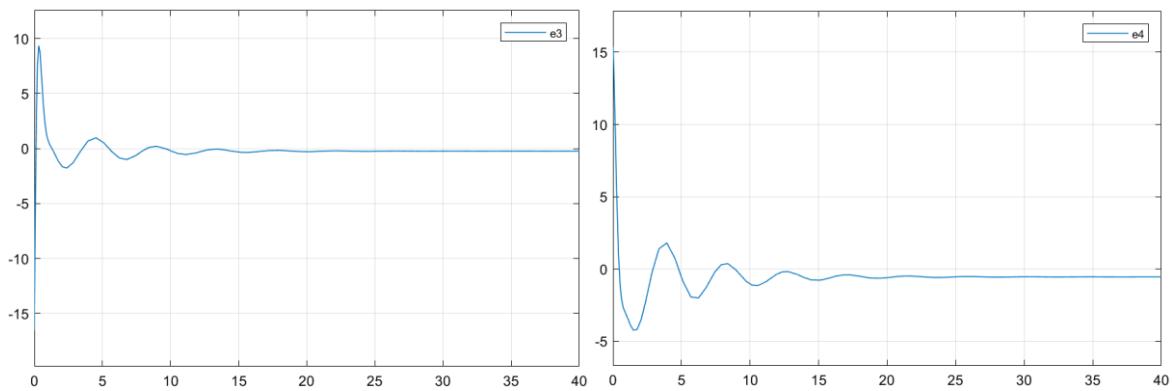


حالت ها و تخمین حالت ها:

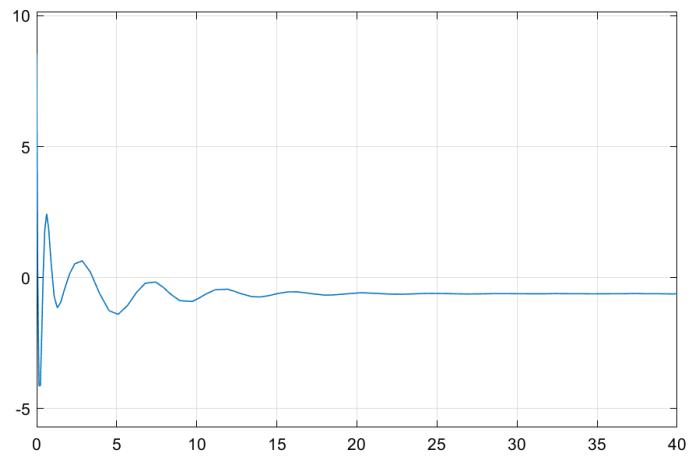


خطا تخمین ها:



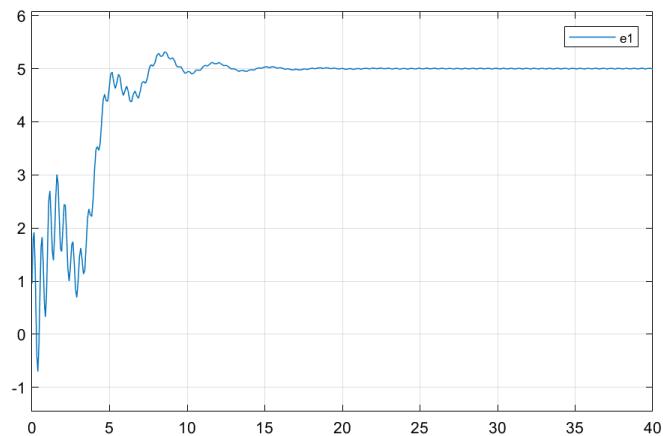


سیگنال فرمان:

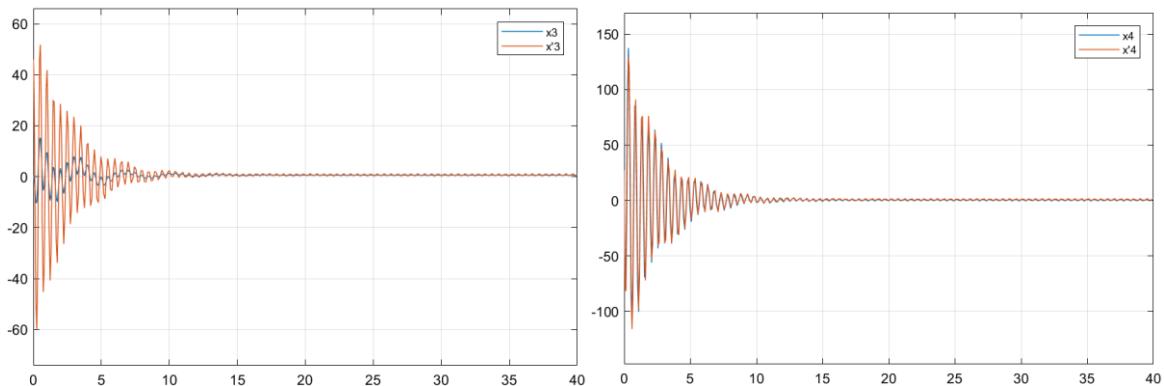
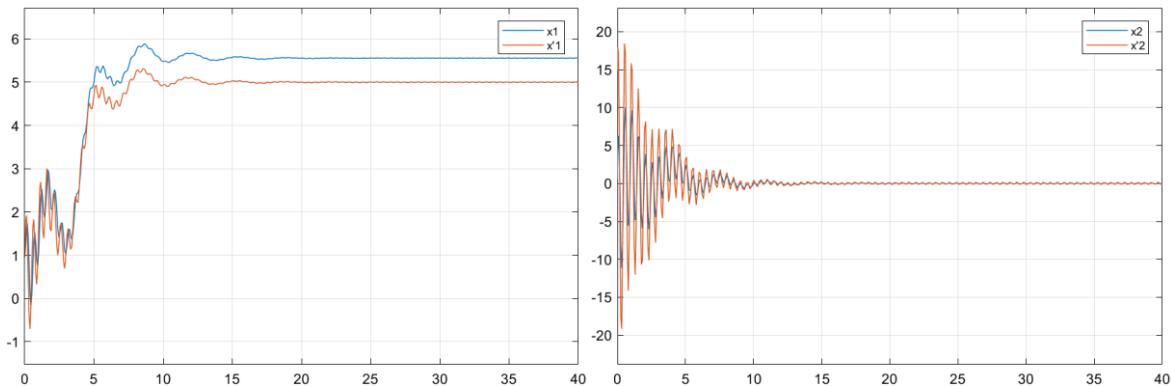


دسته قطب دوم:

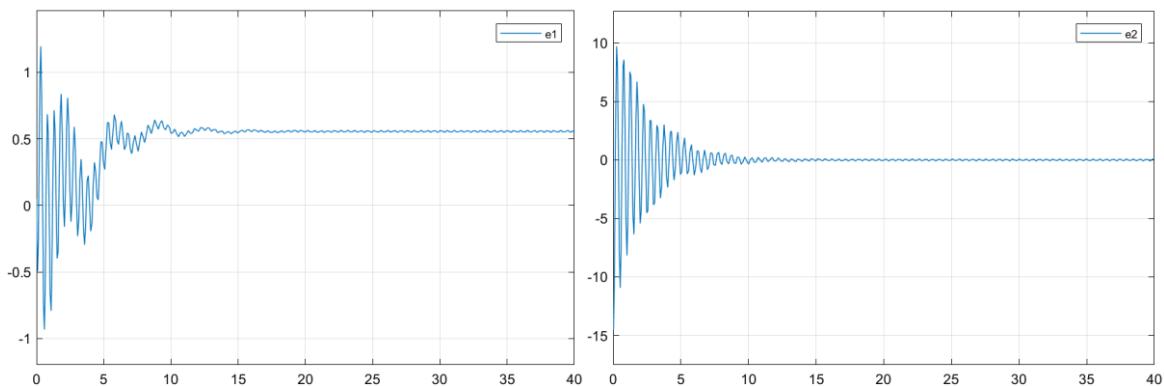
پاسخ خروجی:

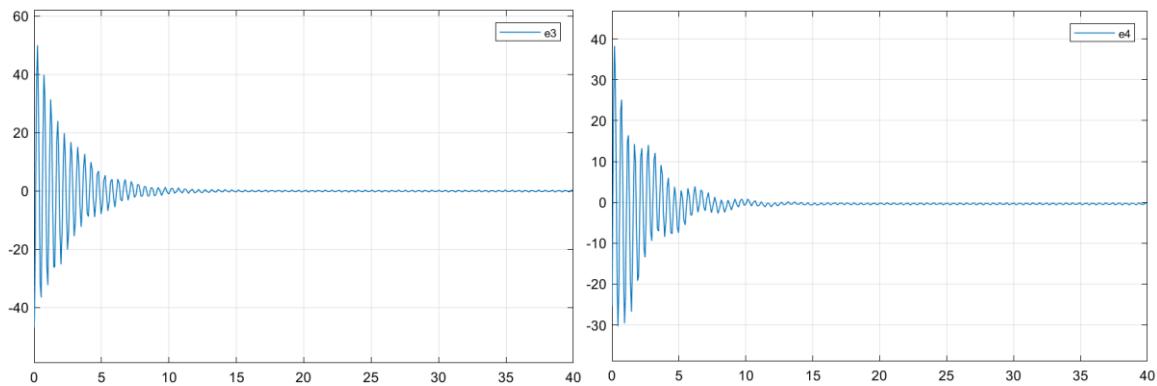


حالات و تخمین حالات:

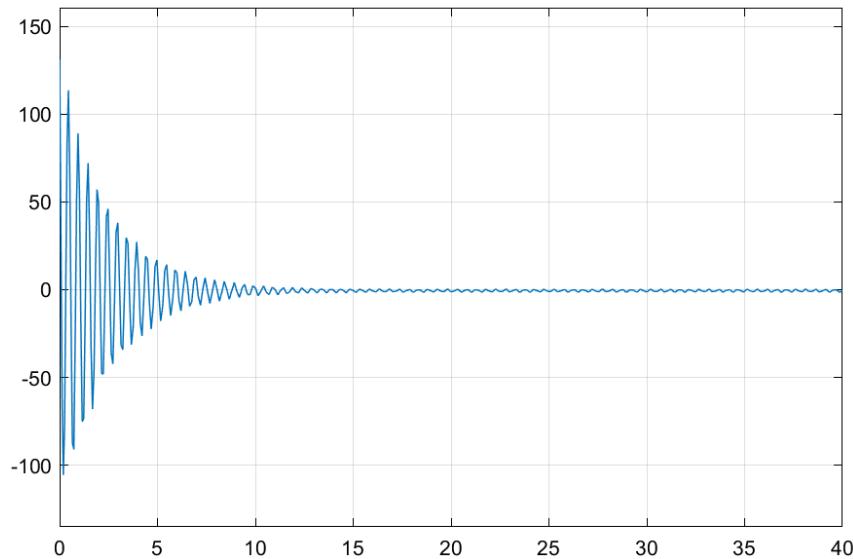


خطا تخمین ها:





سیگنال فرمان:



تحلیل:

در طراحی های صورت گرفته برای بخش 3 و 4 که کنترل کننده‌ی آنها انتگرالی می‌باشد، کاملاً مشخص است برخلاف پیش جبران ساز استاتیکی خطای ماندگار در ردیابی ندارد ولی باید این را هم در نظر گرفت که با تغییر بیش از حد در پارامترهای  $C$  باعث ناپایداری قطب‌های حلقه بسته کنترل کننده انتگرالی می‌شود ولی باز هم این تغییر انجام شده نشان دهنده مقاومت بالای کنترل کننده‌ی انتگرالی می‌باشد. همانند طراحی‌های 1 و 2 در تخمین حالت‌ها همچنان خطأ وجود دارد و همچنین نوسانات در حالت‌ها و تخمین آنها در طراحی 3 و 4 به خصوص در طراحی شماره 4 بیشتر است و با دور شدن قطب‌ها از محور موهومی

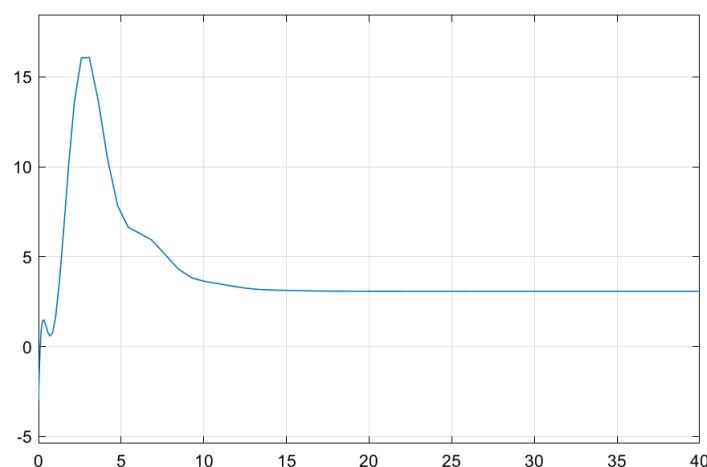
این نوسانات خیلی بیشتر شده و همچنین سیگنال فرمان هم نوسانات و تغییرات خیلی بیشتری شامل می شود که این مورد باعث افزایش هزینه کنترلی می شود.

تغییر در ماتریس  $\mathbf{B}$ :

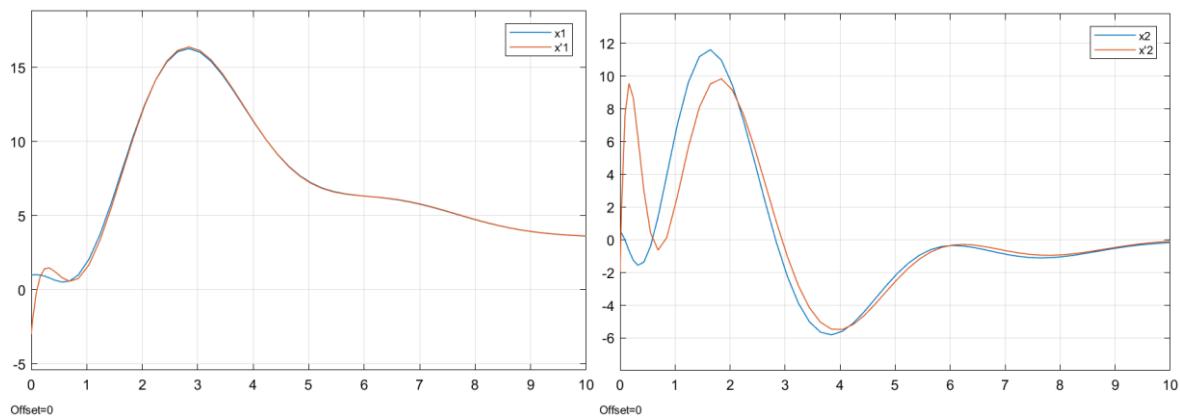
### 1-کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر مرتبه کامل

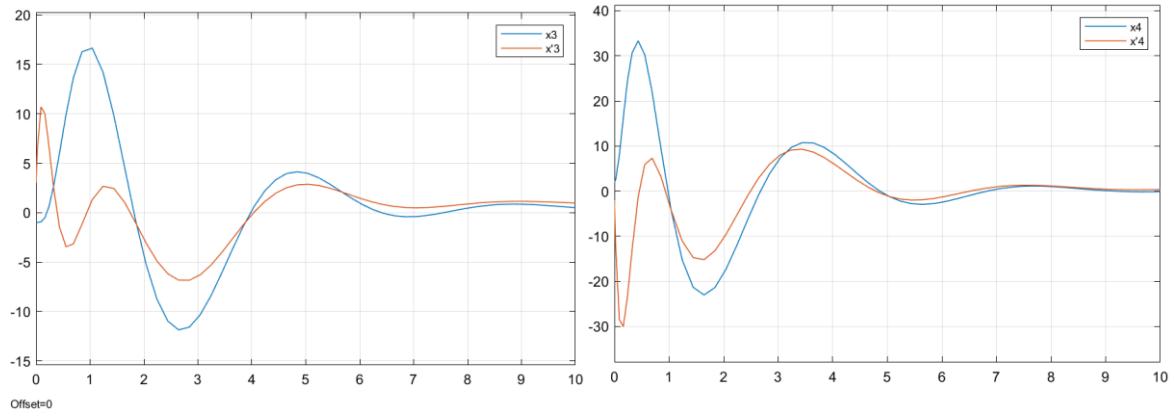
دسته قطب اول:

پاسخ خروجی:

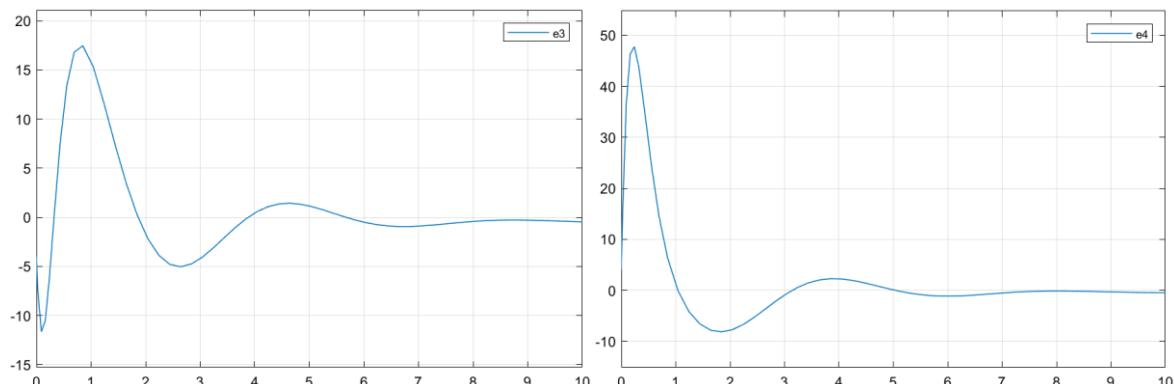
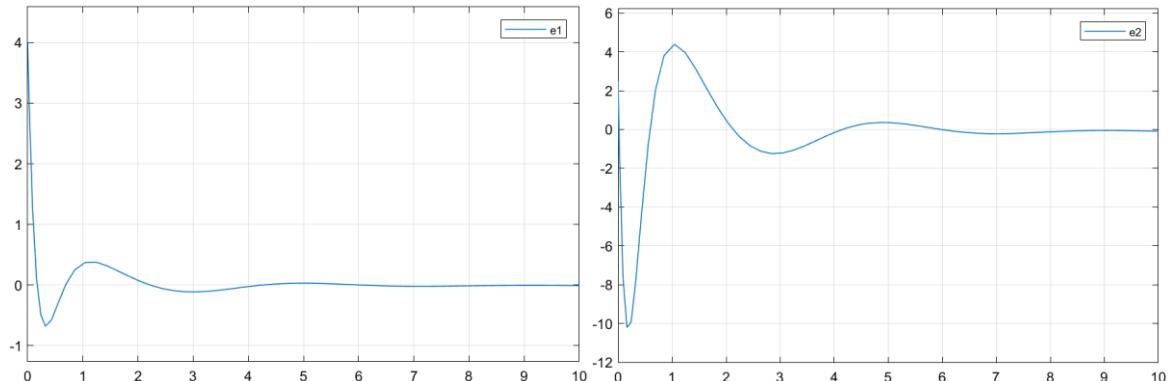


حالت ها و تخمین حالت ها:

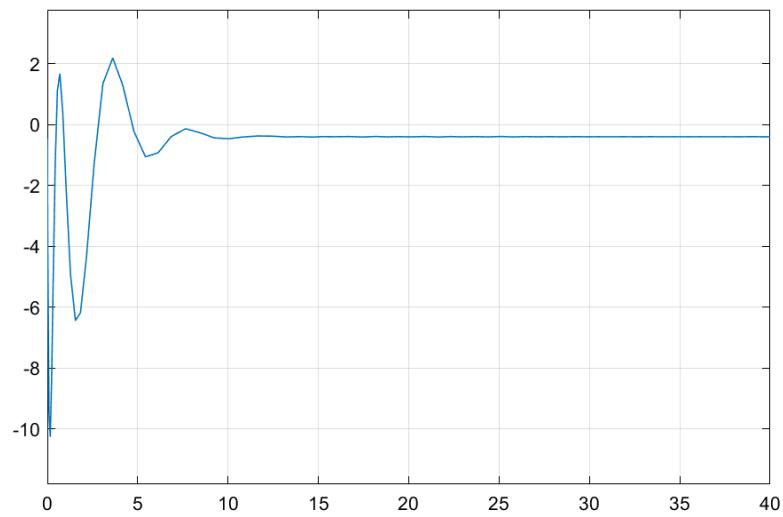




خطا تخمین ها:

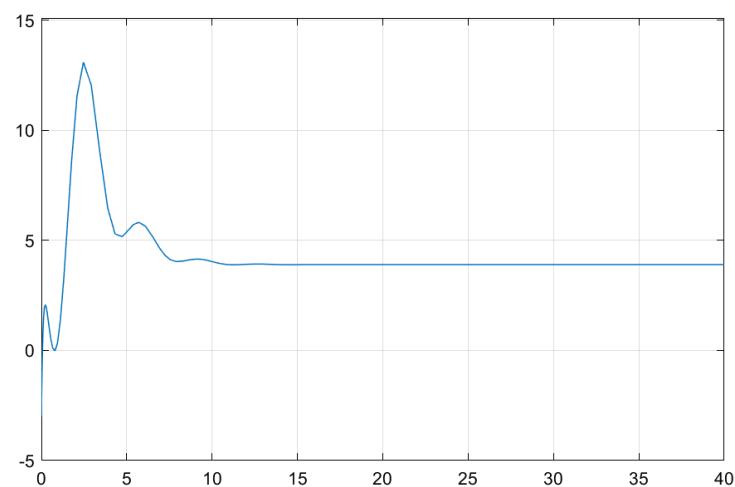


سیگنال فرمان:

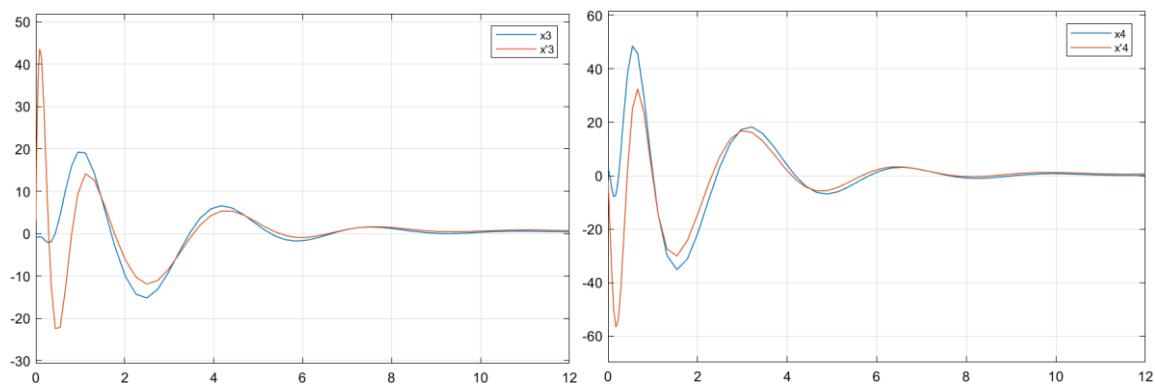
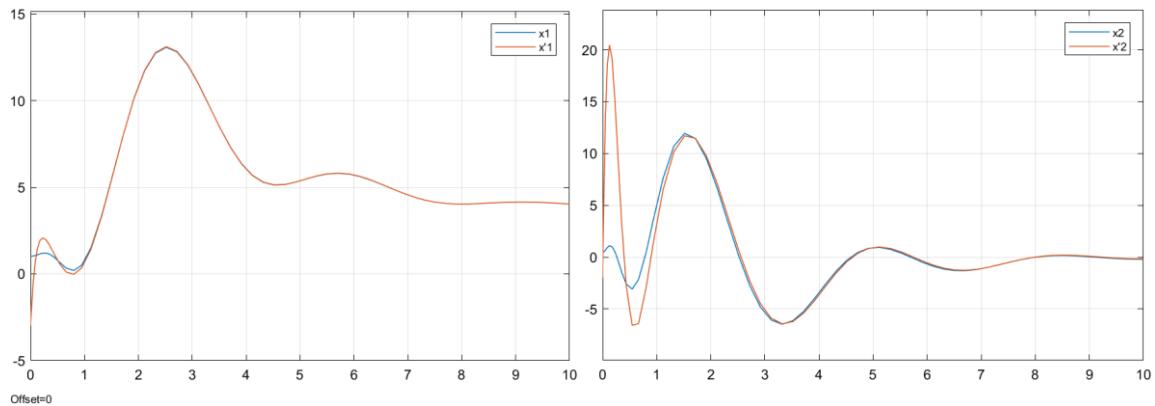


دسته قطب دوم:

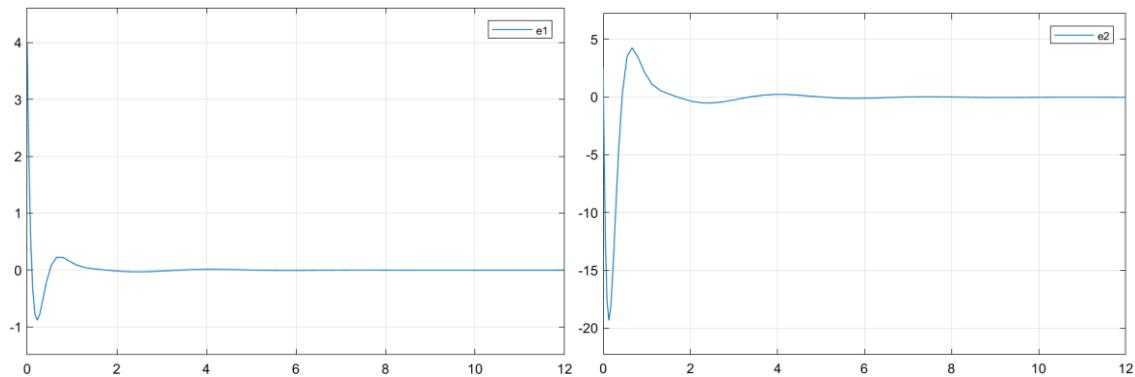
پاسخ خروجی:

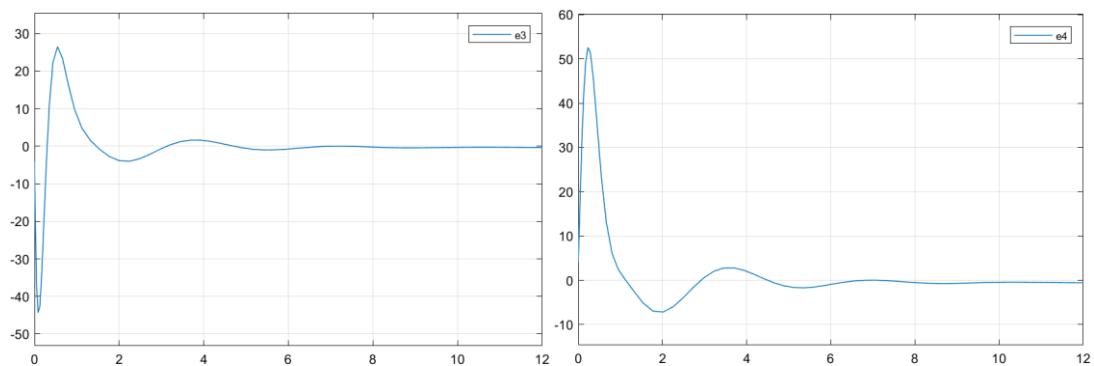


حالات و تخمين حالات:

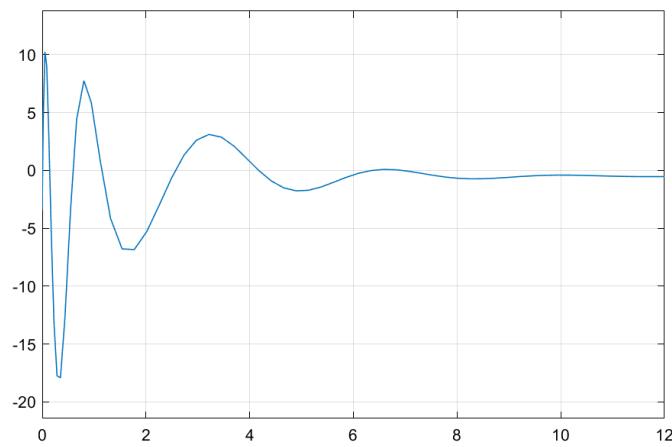


خطا تخمين ها:





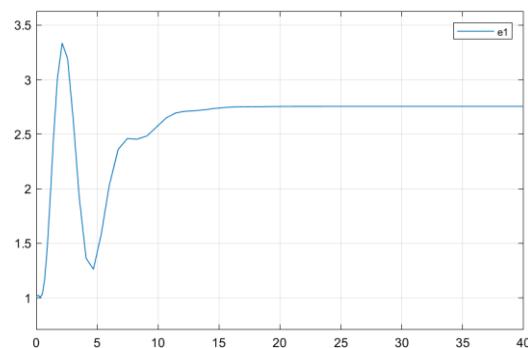
سیگنال فرمان:



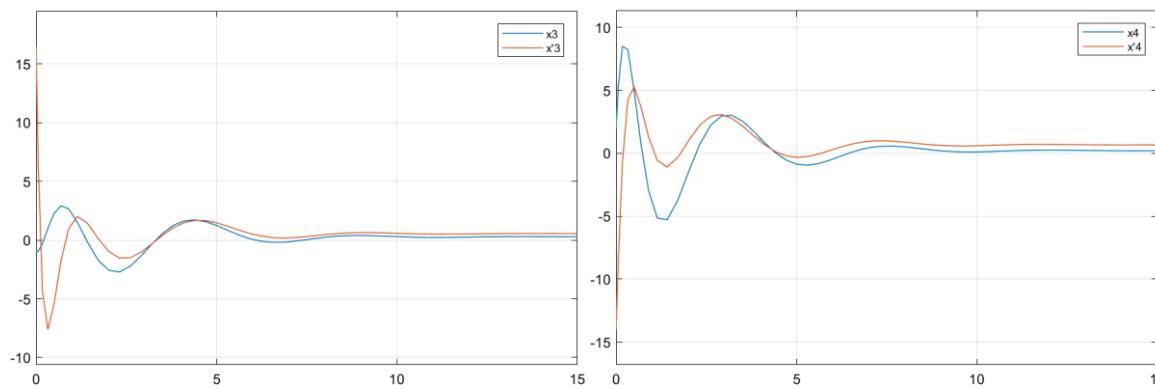
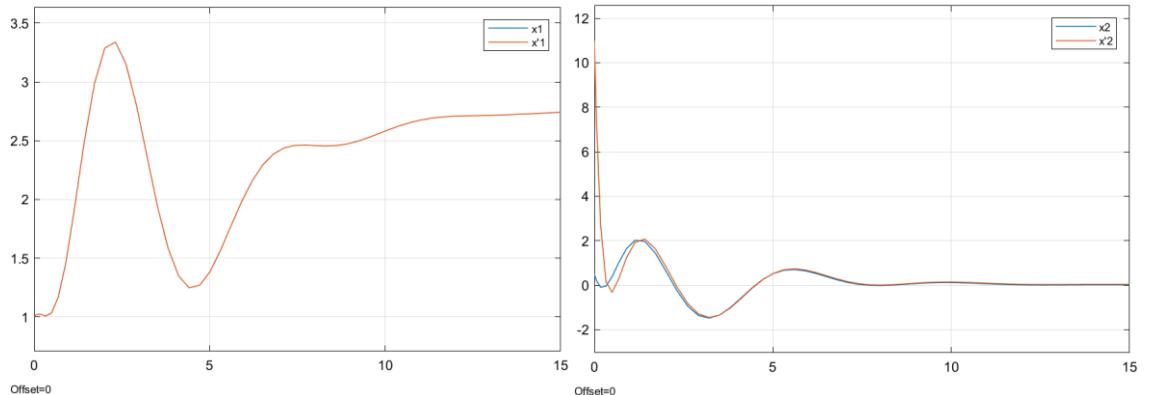
2-کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر کاهش مرتبه یافته

دسته قطب اول:

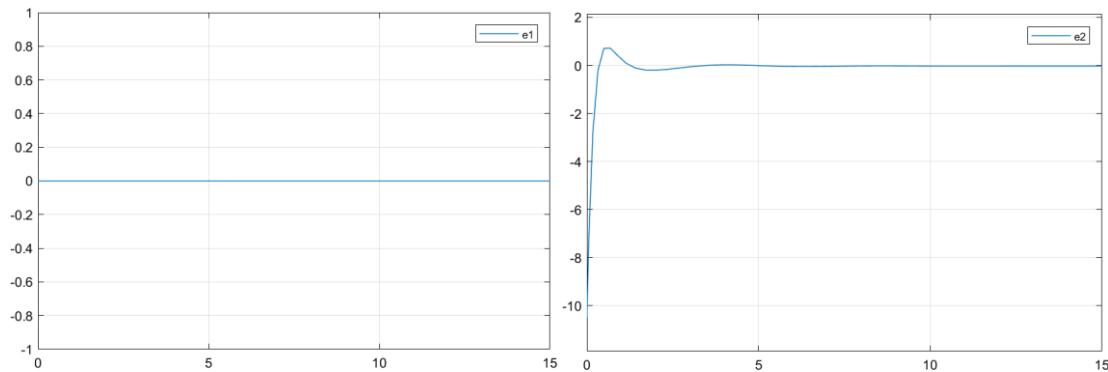
پاسخ خروجی:

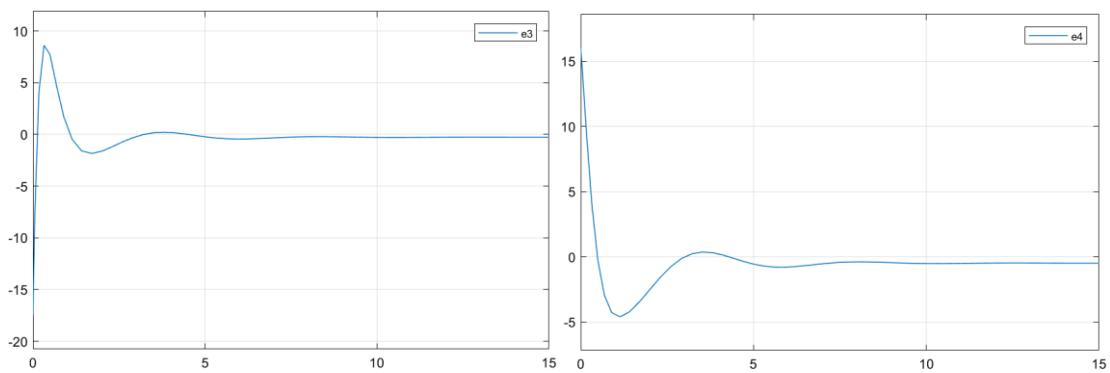


حالات و تخمین حالات:

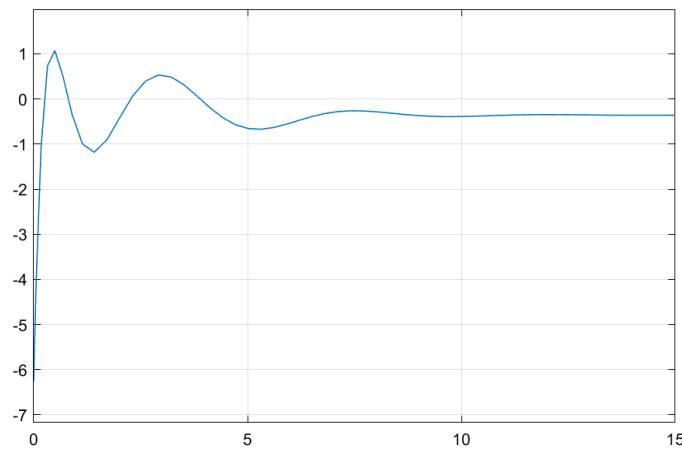


خطا تخمین ها:



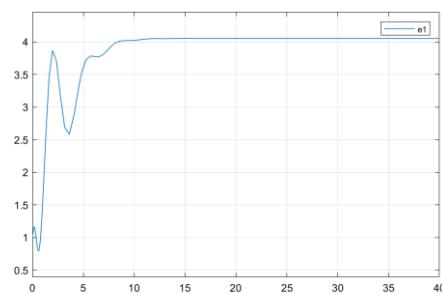


سیگنال فرمان:

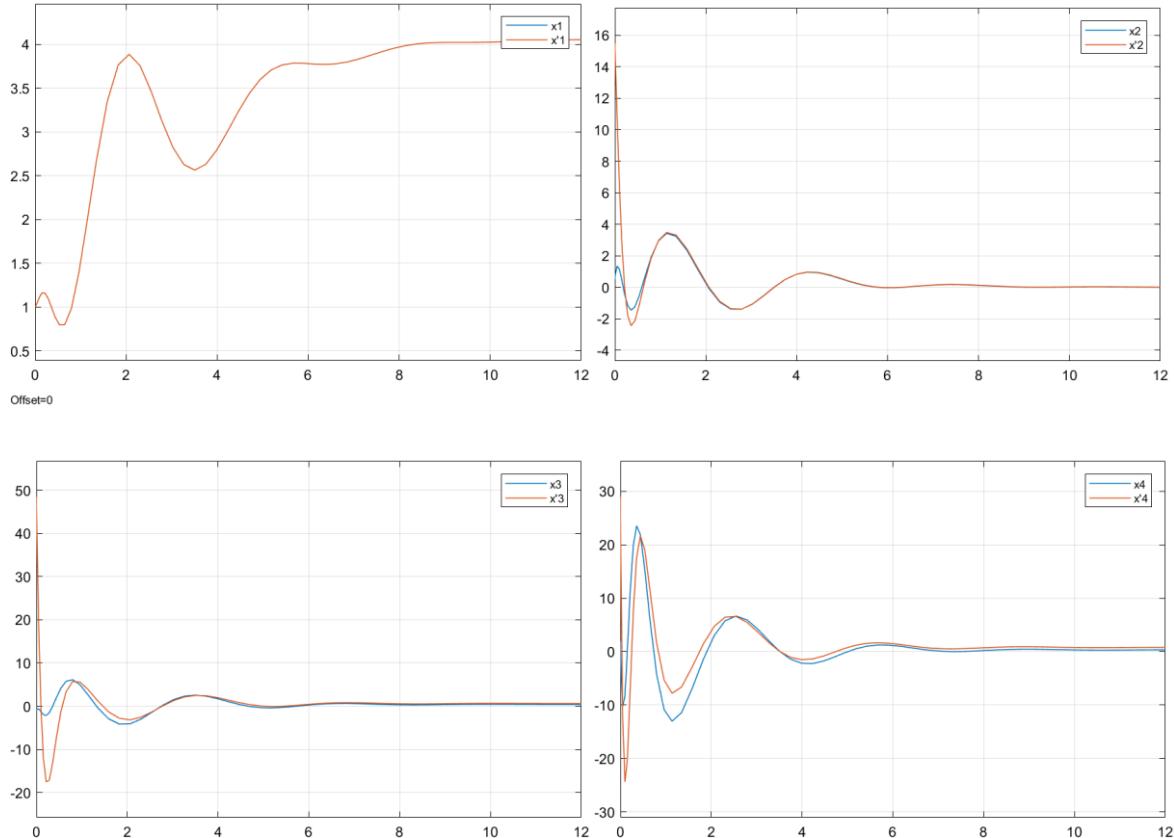


دسته قطب دوم:

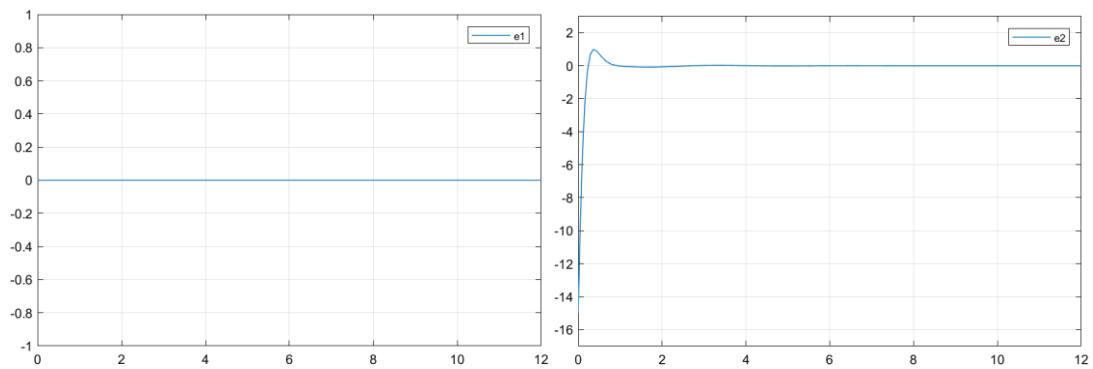
پاسخ خروجی:

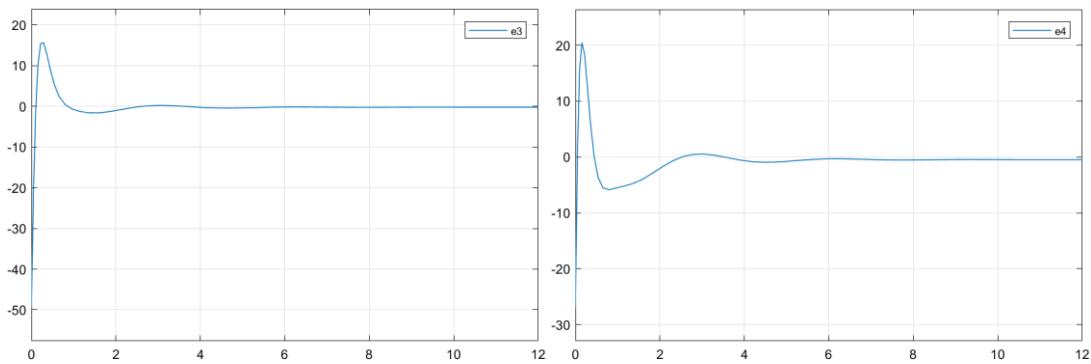


حالات و تخمین حالات:

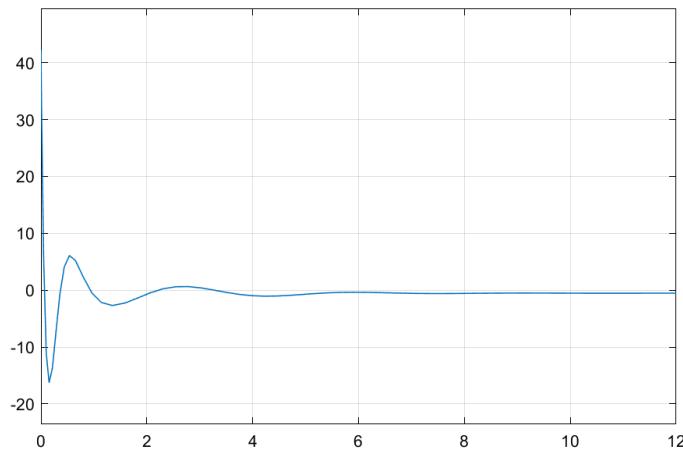


خطا تخمین ها:





سیگنال فرمان:



تحلیل:

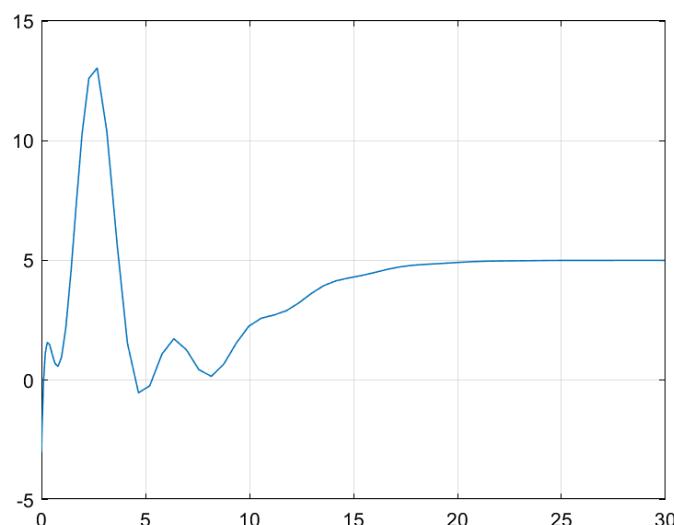
قابل مشاهده است که با تغییر ماتریس  $B$  در هر 4 وضعیت دو طراحی در پاسخ خروجی و در حالت ها خطای ماندگار داریم. همان طور که مشخص است طراحی صورت گرفته به کمک رویتگر کاهش مرتبه یافته خطای ماندگار بیشتری نسبت به طراحی صورت گرفته توسط رویتگر مرتبه کامل دارد. البته در هر دو طراحی با دور شدن قطب ها از محور موهومی مقدار این خطاهای نسبت به خود کمتر شده است و همچنین برآ تخمین ها می توان گفت، با تغییر  $B$  تاثیری در پایداری و یا ناپایداری رویتگر نمی گذارد و تنها باعث بوجود آمدن خطای ماندگار در تخمین ها می شود و همانگونه که مشخص می باشد در هر دو طراحی صورت گرفته به غیر از حالت 1 طراحی دوم که متعلق به رویتگر کاهش مرتبه یافته است و تخمینی از آن زده

نمی شود و تغییر ماتریس  $B$  خطایی در آن ایجاد نمی کند ، در سایر تخمین های دو طراحی خطا وجود دارد و تقریبا ثابت می باشد.و همچنین در هر دو طراحی با دور شدن قطب ها از محور موهومی مقدار خطاهای تخمین گر نیز کاهش میابد. و همچنین در مورد سیگنال فرمان می توان گفت که در طراحی صورت گرفته به کمک رویتگر مرتبه کامل میزان تغییرات و نوسانات سیگنال فرمان بیشتر می باشد و این امر موجب افزایش هزینه کنترلی می شود.

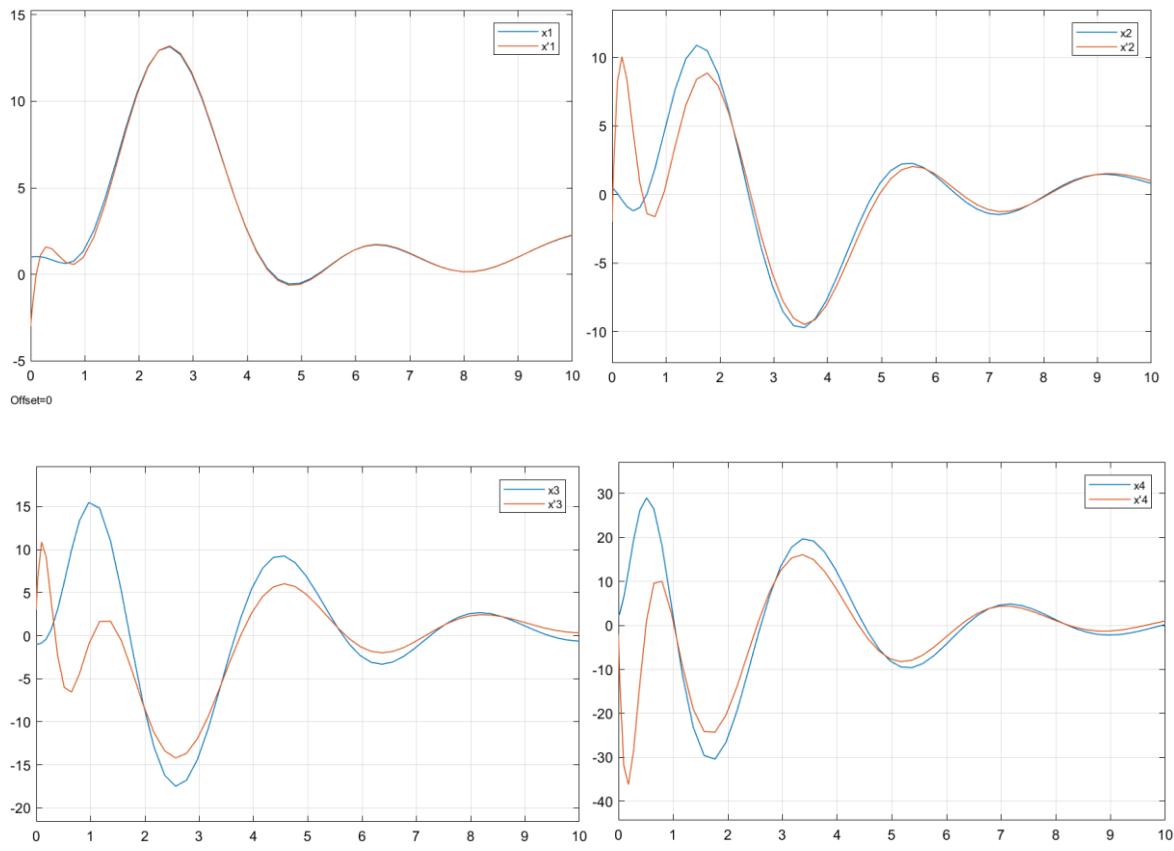
### 3- کنترل کننده رדיاب به روش انتگرالی و رویتگر مرتبه کامل

دسته قطب اول:

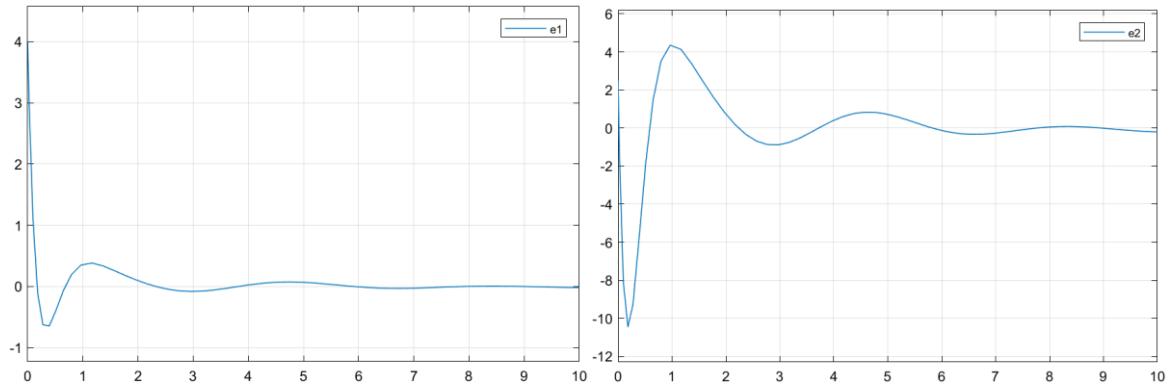
پاسخ خروجی:

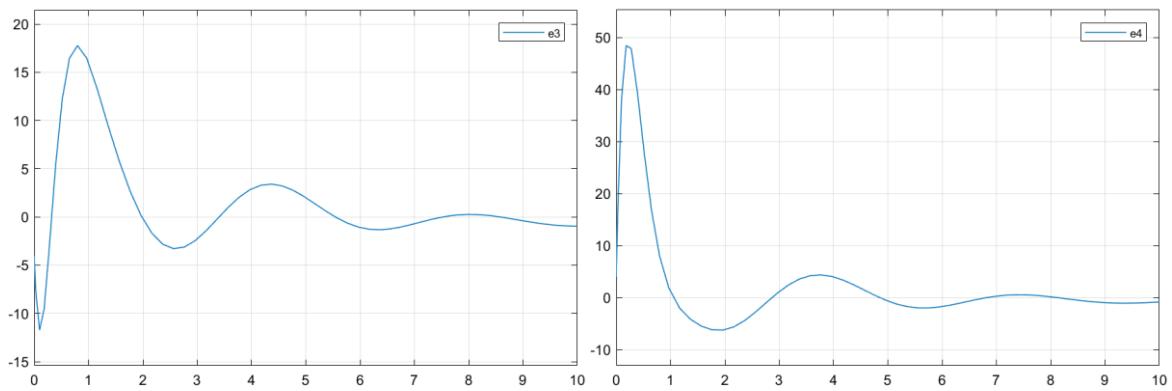


حالت ها و تخمین حالت ها:

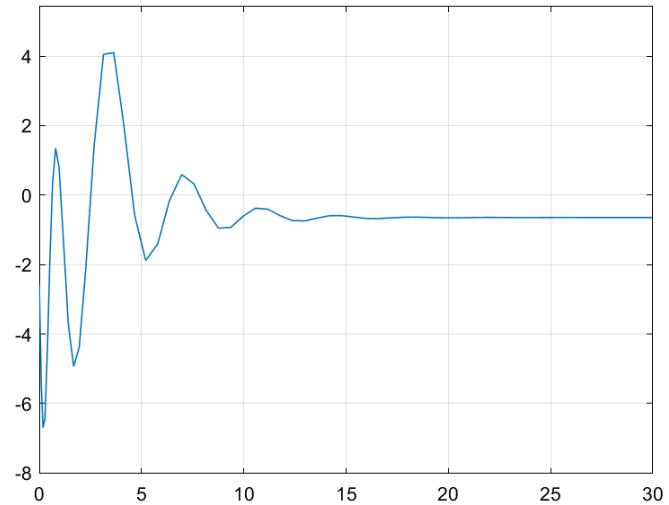


خطا تخمين ها:



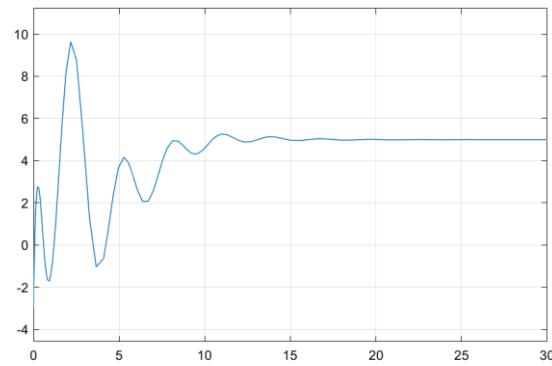


سیگنال فرمان:

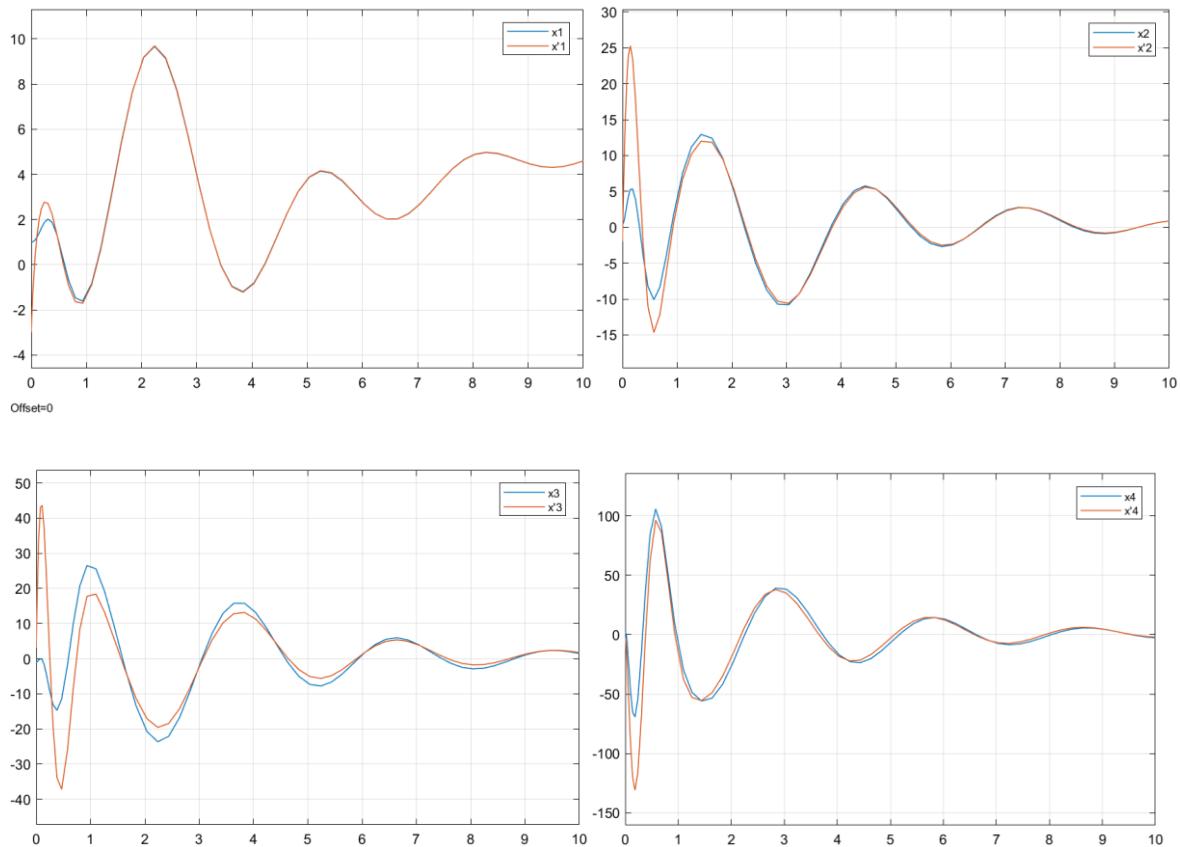


دسته قطب دوم:

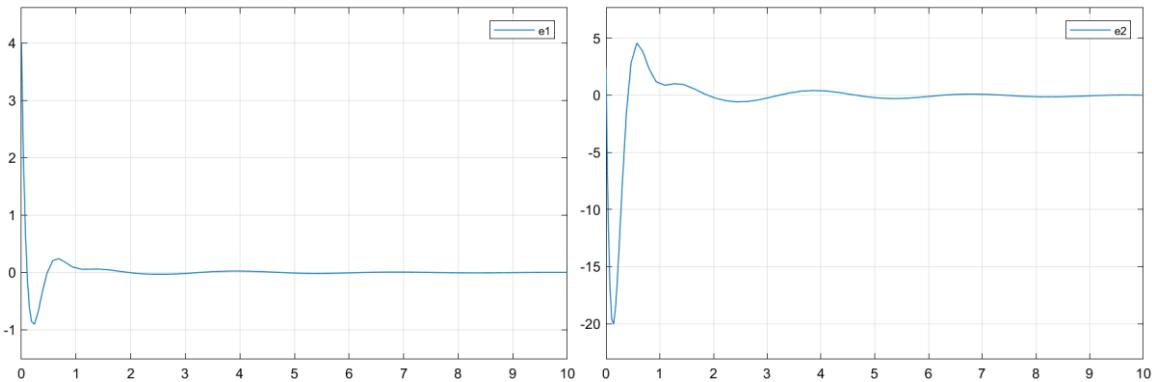
پاسخ خروجی:

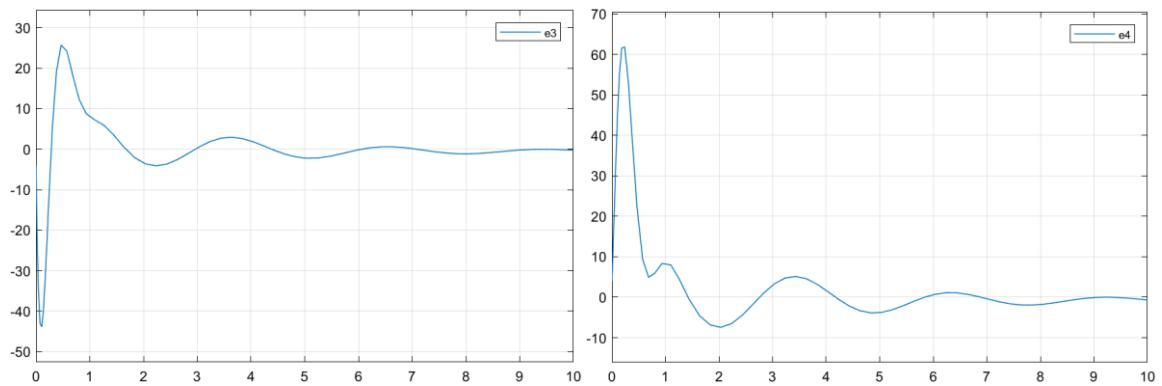


حالات و تخمین حالات:

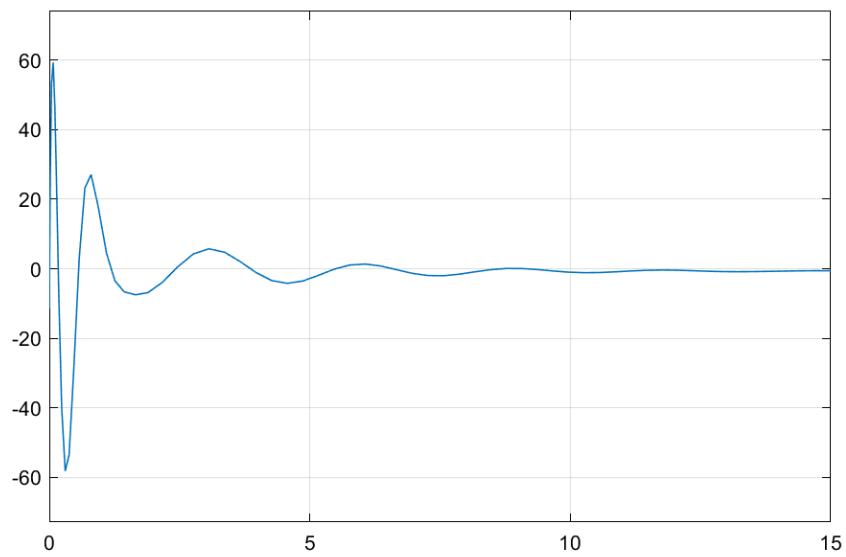


خطا تخمین ها:





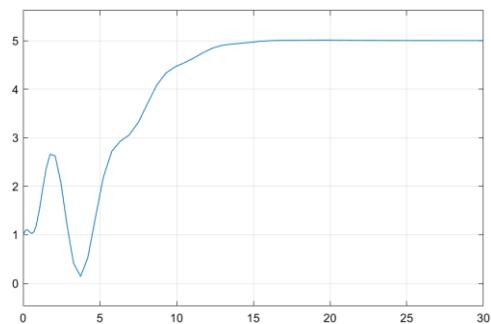
سیگنال فرمان:



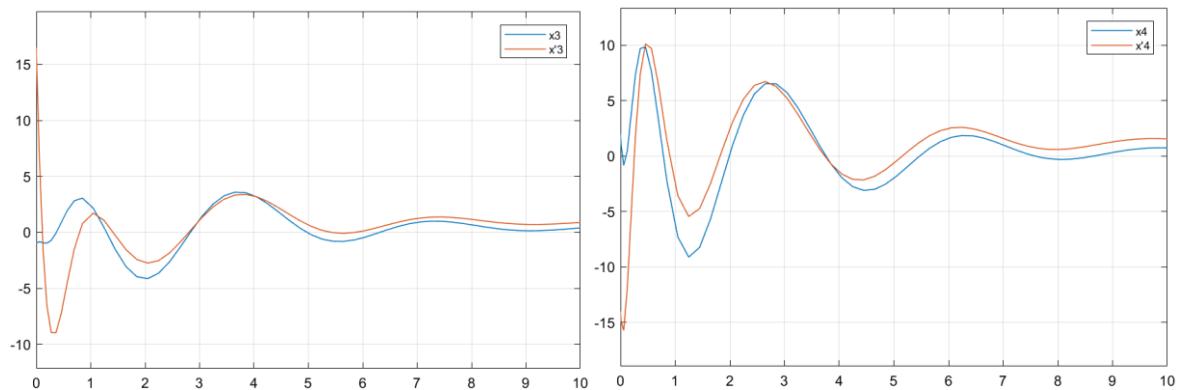
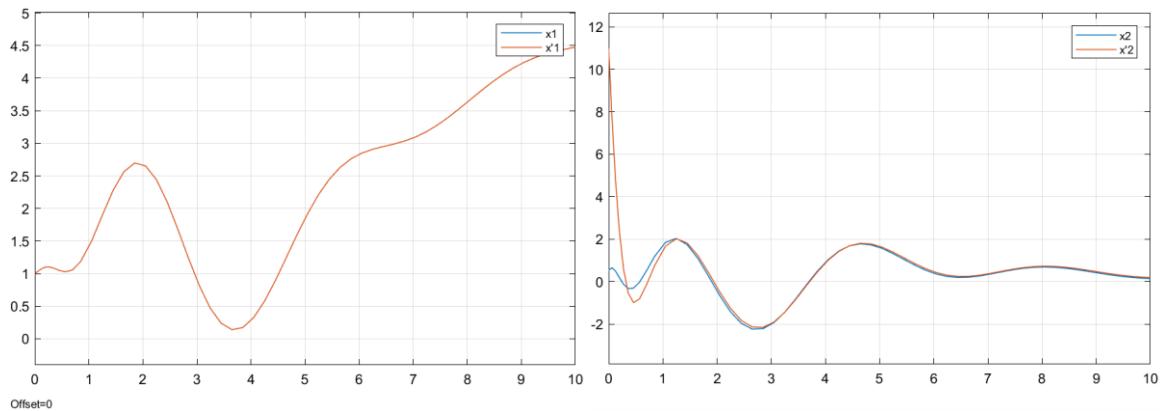
4- کنترل کننده ردیاب به روش انتگرالی و رویتگر کاهش مرتبه یافته

دسته قطب اول:

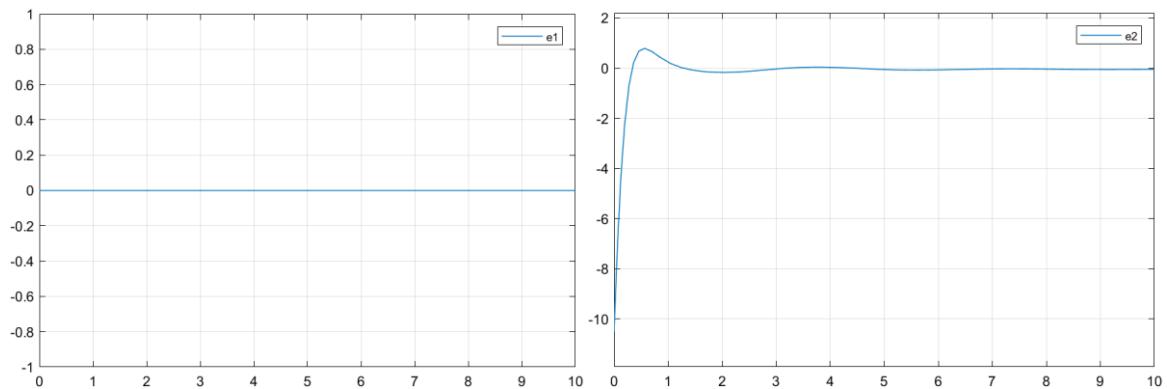
پاسخ خروجی:

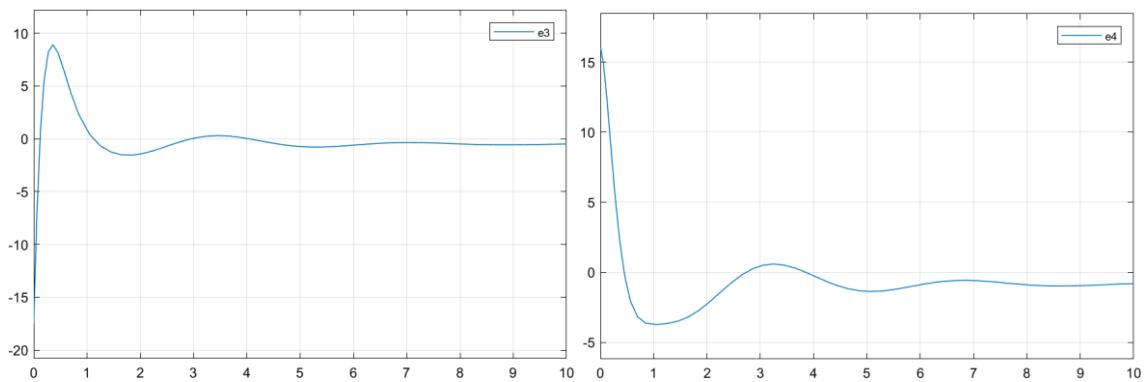


حالات و تخمین حالات:

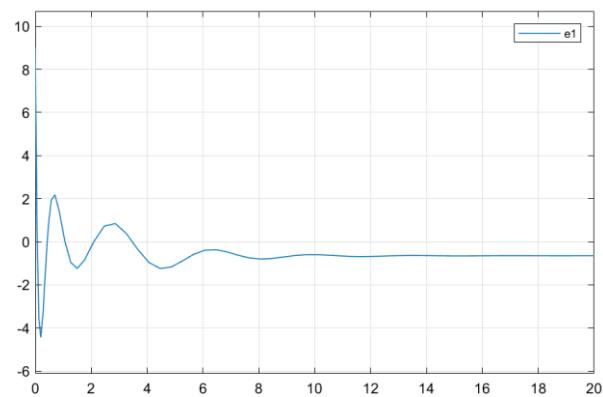


خطا تخمین ها:



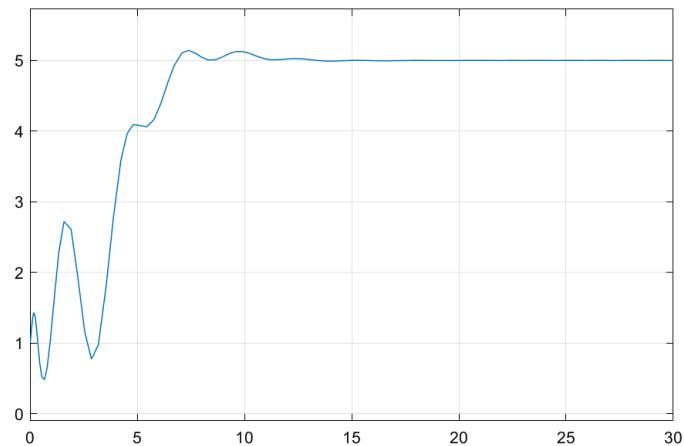


سیگنال فرمان:

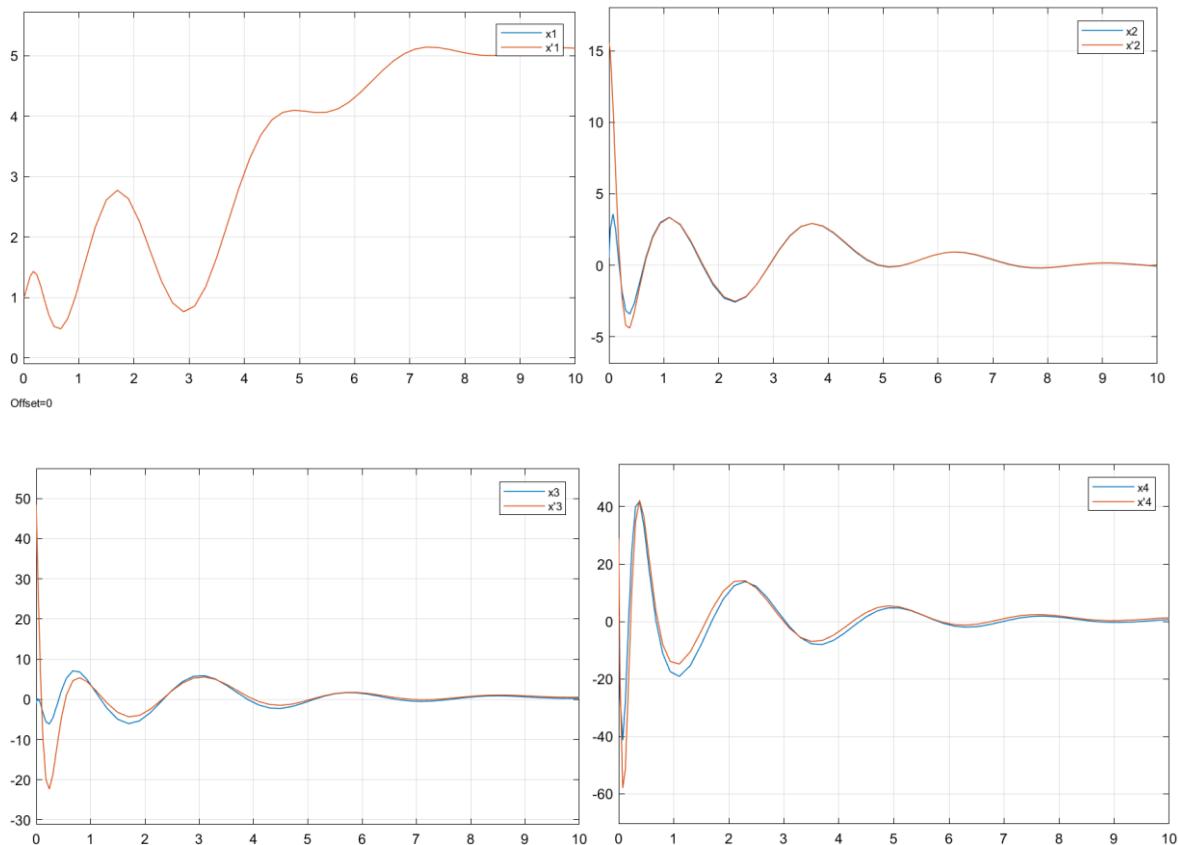


دسته قطب دوم:

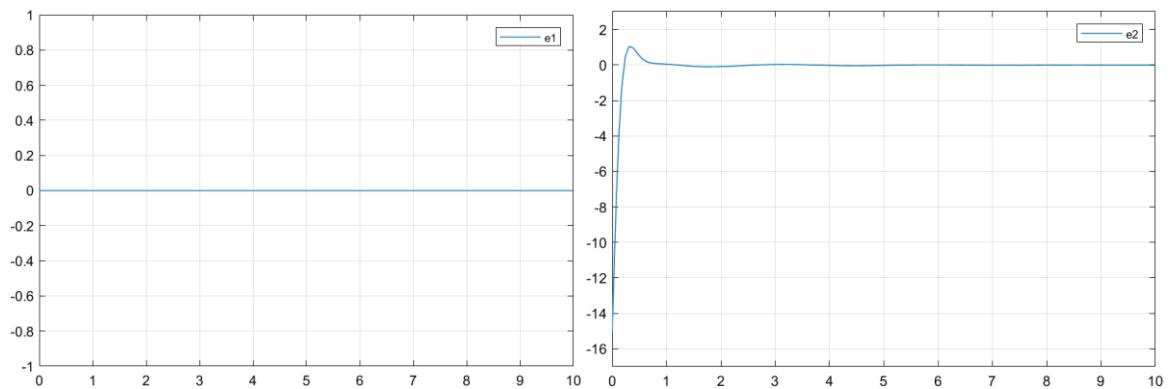
پاسخ خروجی:

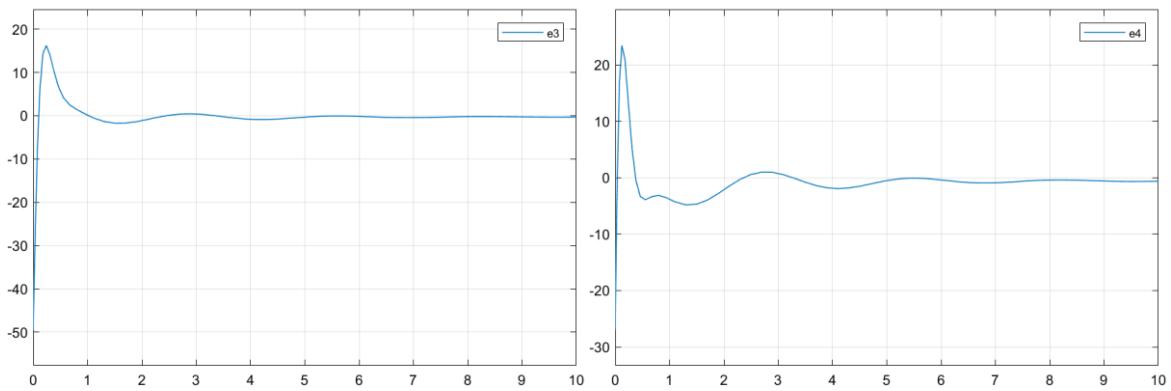


حالات و تخمین حالات:

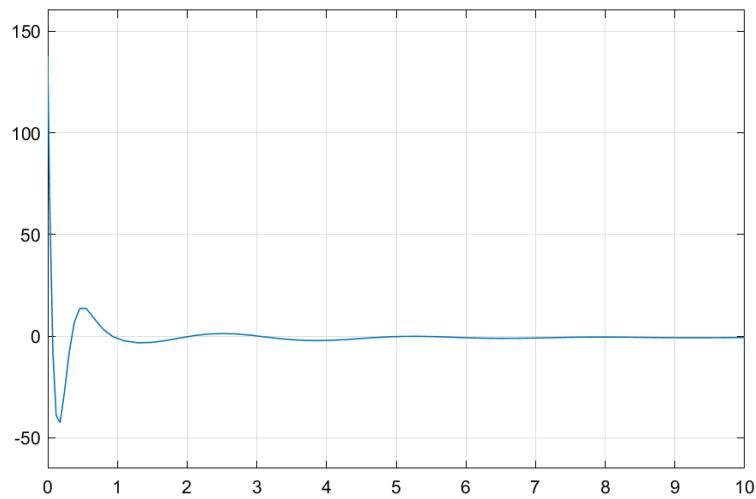


خطا تخمین ها:





سیگنال فرمان:



تحلیل:

مشخص است در این دو طراحی صورت گرفته که به کمک کنترل کننده انتگرالی می باشد بر خلاف دو طراحی قبلی دیگر خطای ماندگار در عمل ردیابی نداریم ولی همچنان به غیر حالت اول که مربوط به طراحی ها با کمک رویتگر کاهش مرتبه یافته می باشد و خطایی در تخمین آن وجود ندارد سایر تخمین ها خطای ماندگار دارند و این خطاهای با دور شدن قطب از محور موهومی کاهش می یابند. همچنین با دور شدن قطب ها از محور موهومی سرعت رسیدن به ورودی مرجع نیز افزایش یافته و از طرفی باعث افزایش نوسانات در پاسخ خروجی و سیگنال فرمان میشود. با مقایسه این دو طراحی که مورد اول کنترل کننده انتگرالی و رویتگر مرتبه کامل می باشد و مورد دوم کنترل کننده انتگرالی و رویتگر کاهش مرتبه

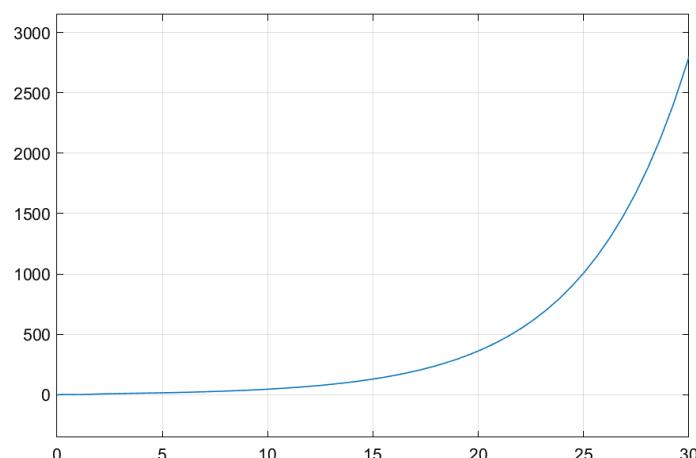
یافته می باشد ، کاملا مشخص در طراحی دوم تعداد نوسانات و مقدار جهش ها نسبت به طراحی دوم کمتر است و متقابلا باعث کاهش تغییرات سیگنال فرمان نیز می شود.

تغییر در ماتریس A:

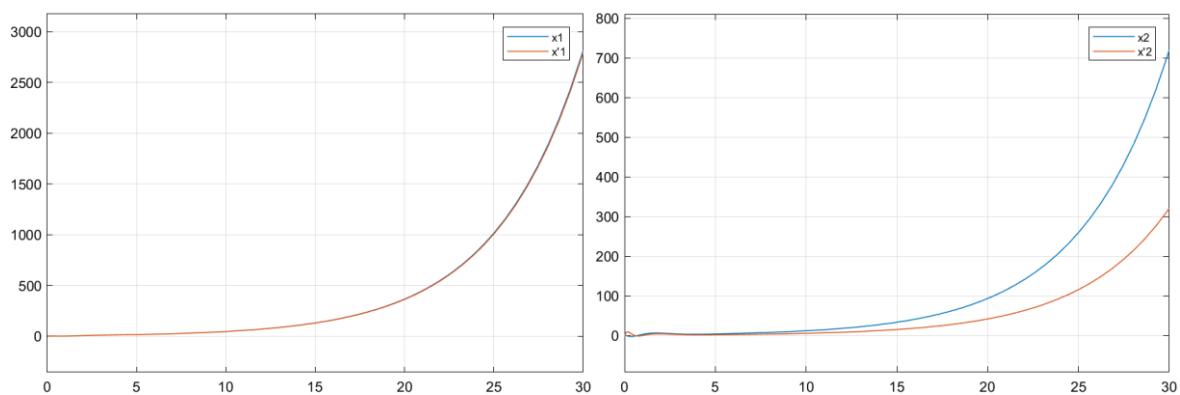
**1-کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر مرتبه کامل**

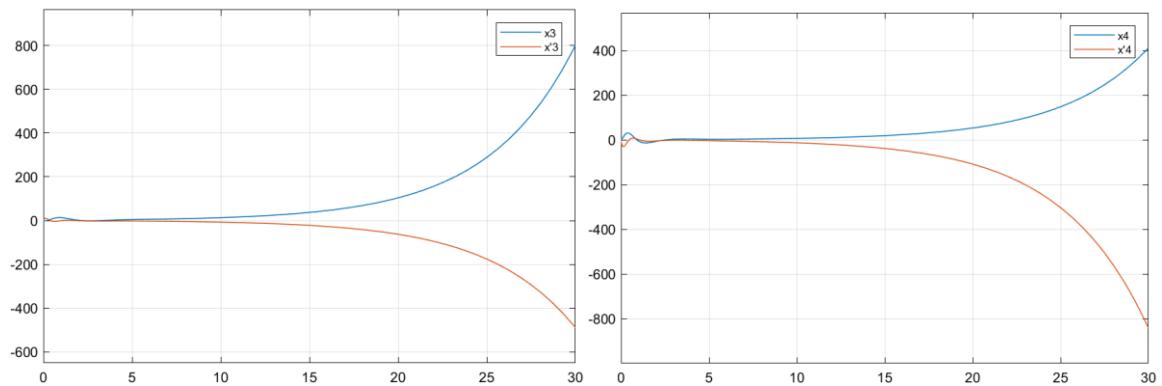
دسته قطب اول:

پاسخ خروجی:

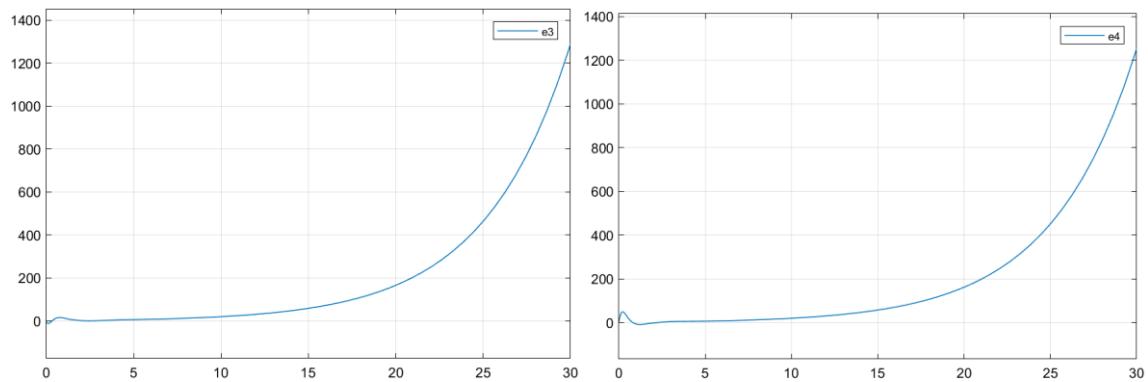
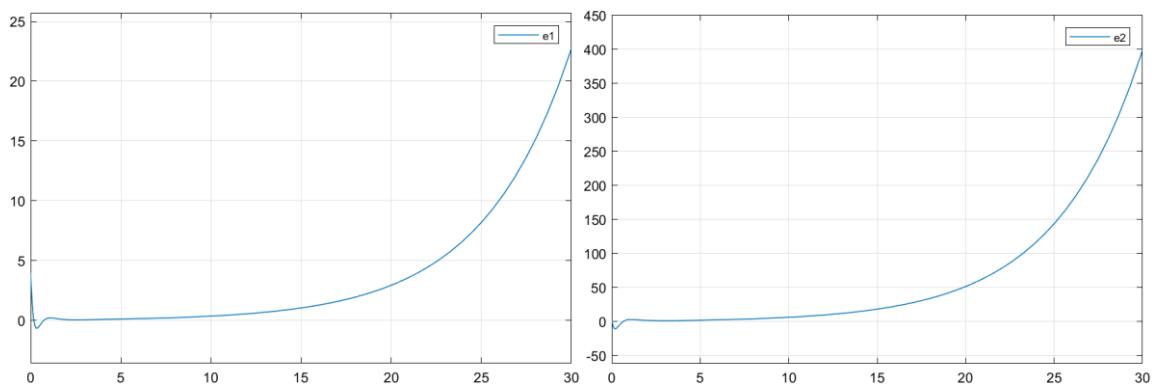


حالت ها و تخمین حالت ها:

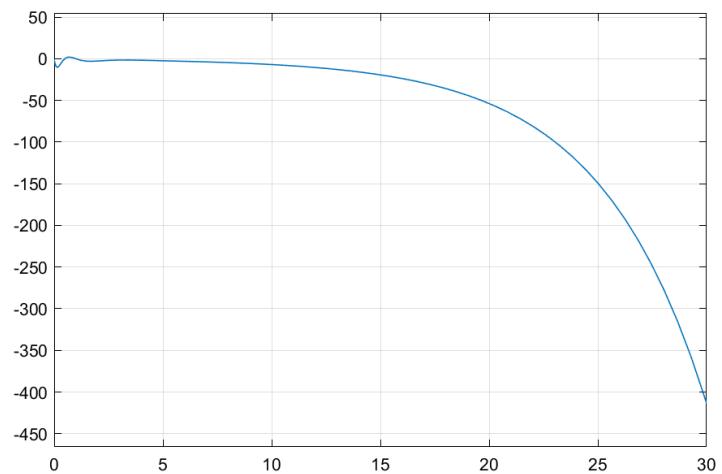




خطا تخمين ها:

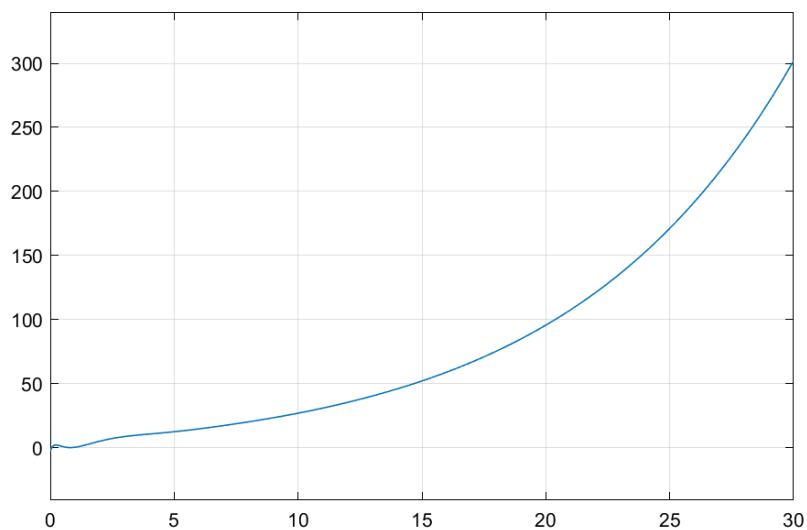


سیگنال فرمان:

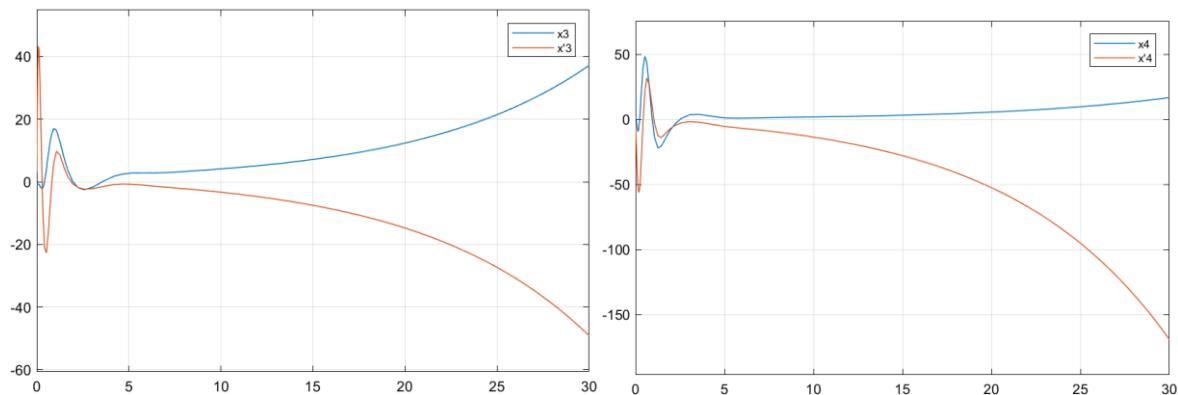
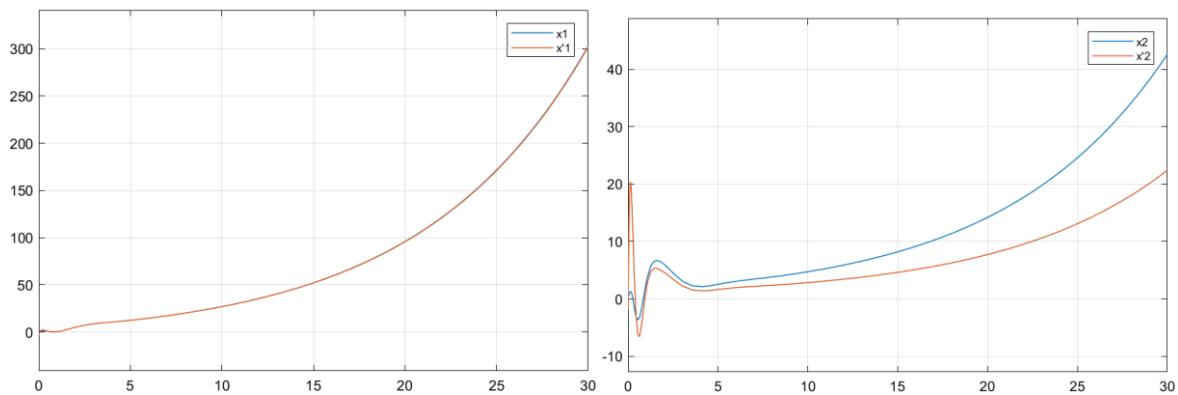


دسته قطب دوم:

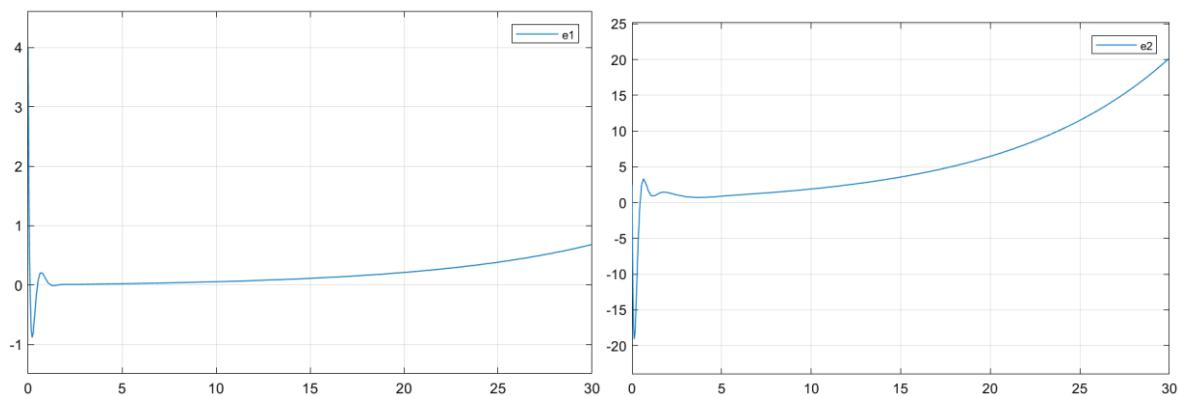
پاسخ خروجی:

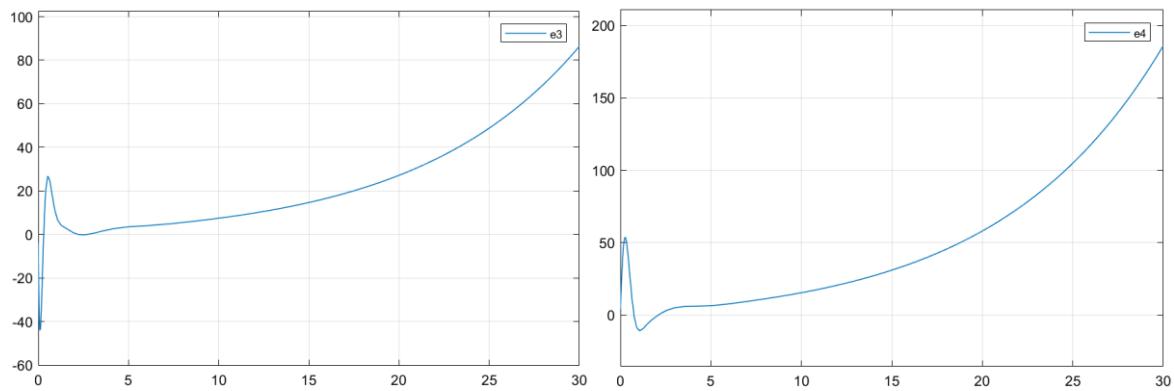


حالت ها و تخمین حالت ها:

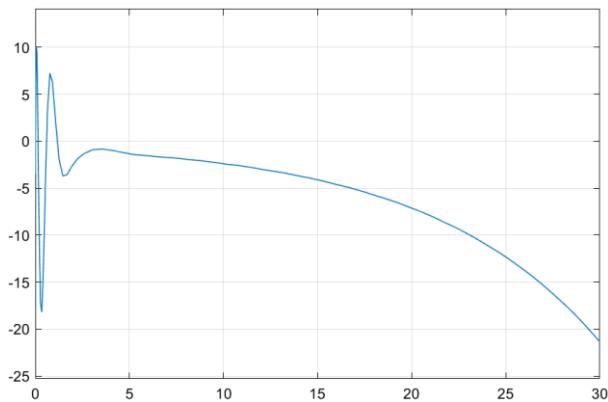


خطا تخمین ها:





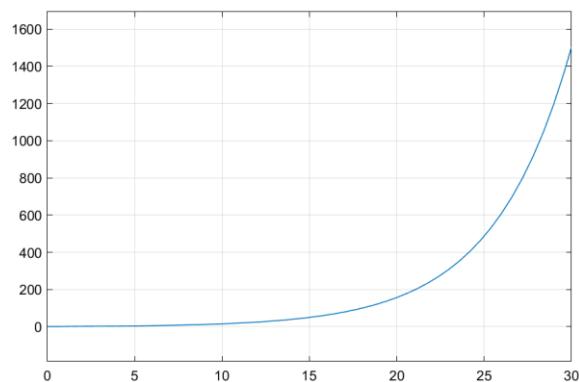
سیگنال فرمان:



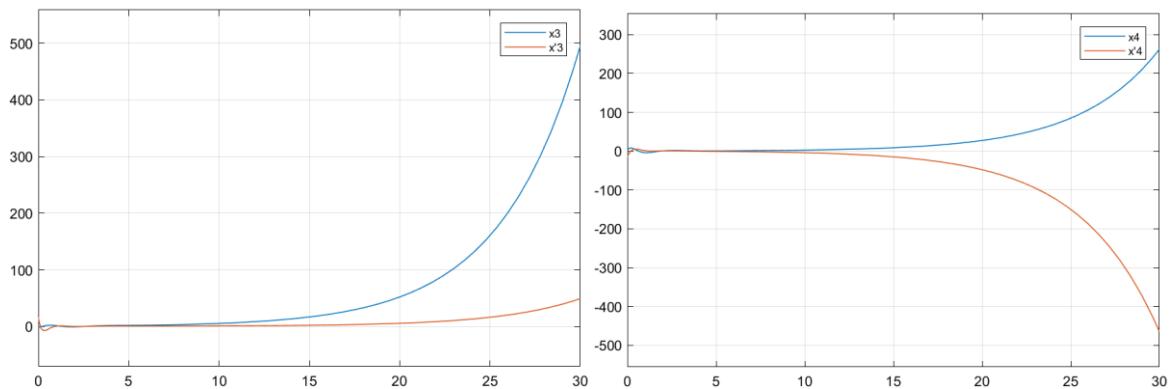
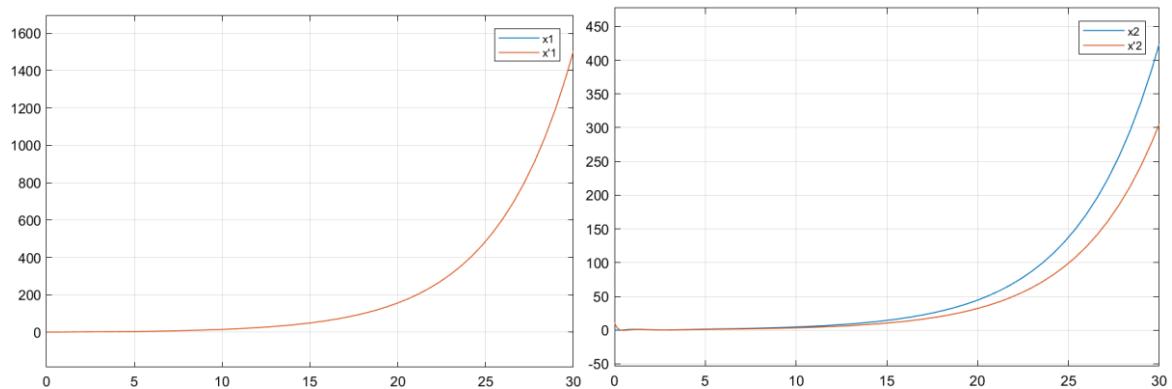
2-کنترل کننده ردیاب به روش پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر کاهش مرتبه یافته

دسته قطب اول:

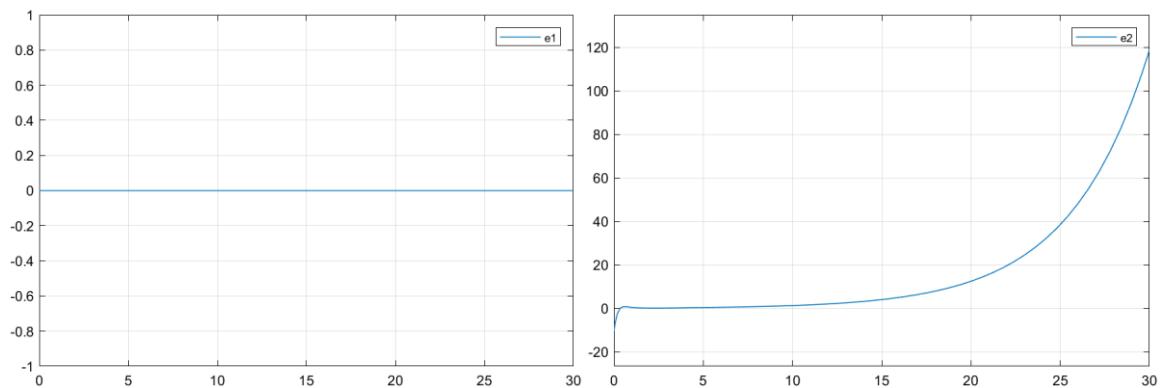
پاسخ خروجی:

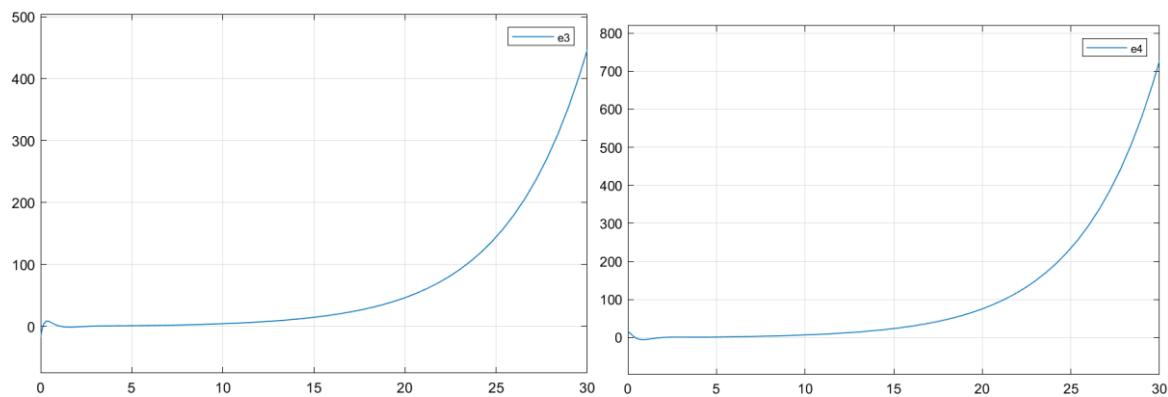


حالات و تخمین حالات:

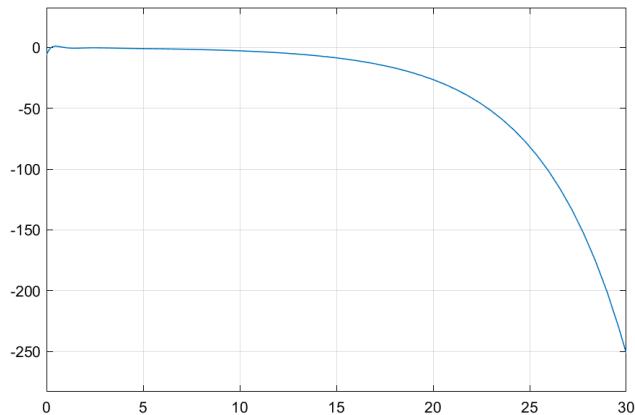


خطا تخمین ها:



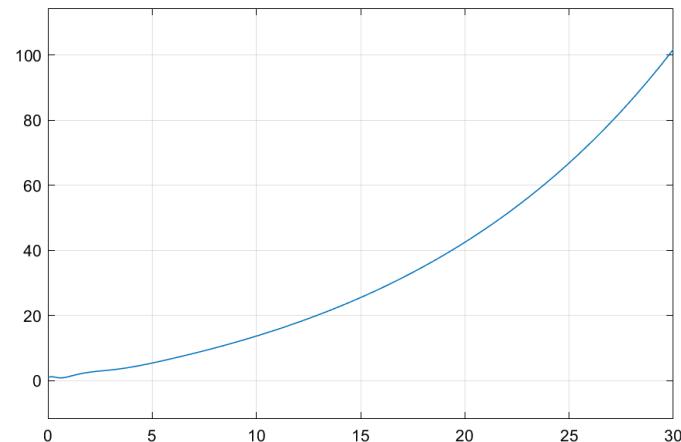


سیگنال فرمان:

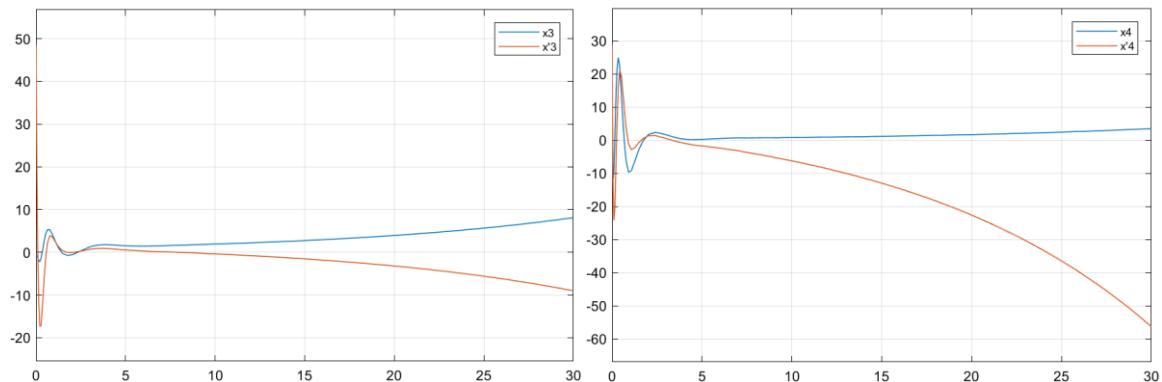
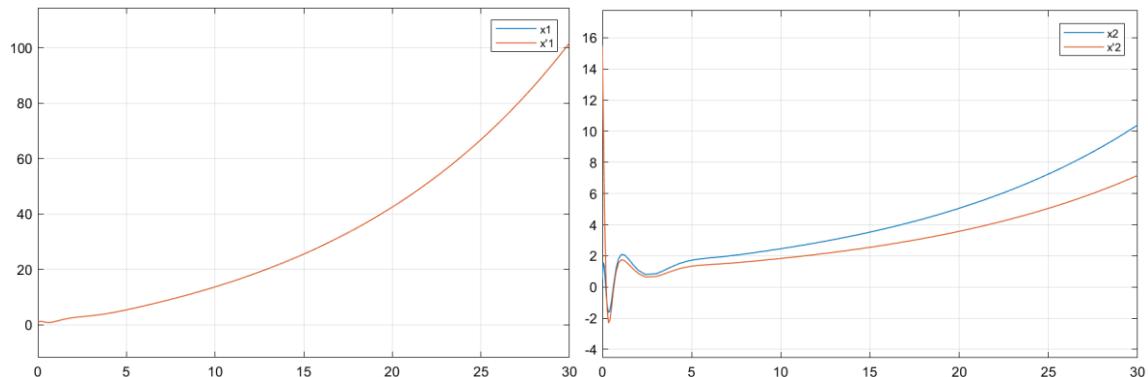


دسته قطب دوم:

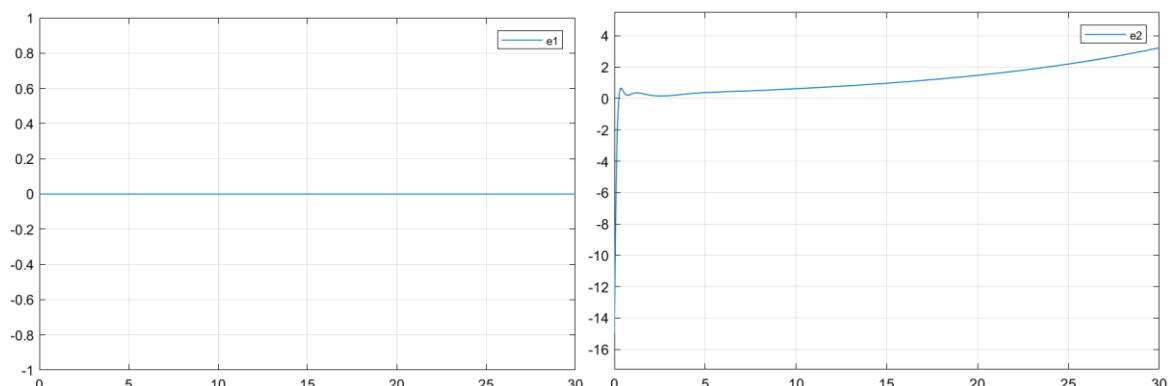
پاسخ خروجی:

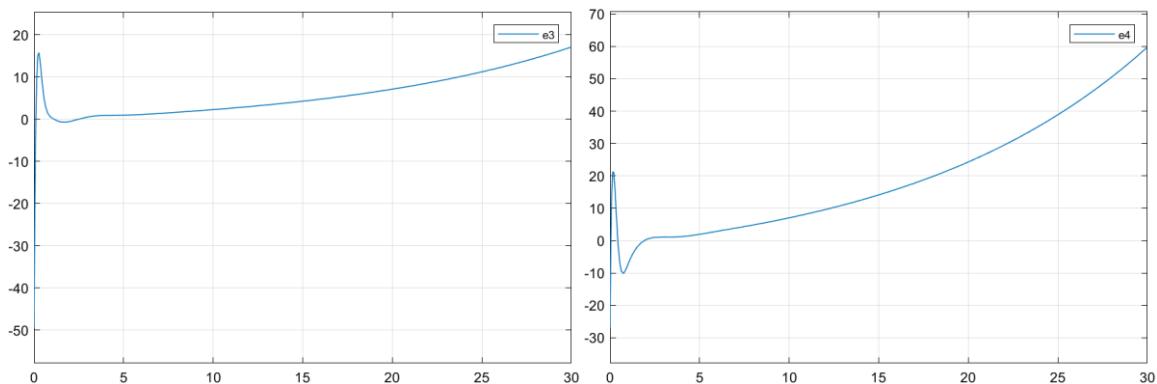


حالات و تخمین حالات:

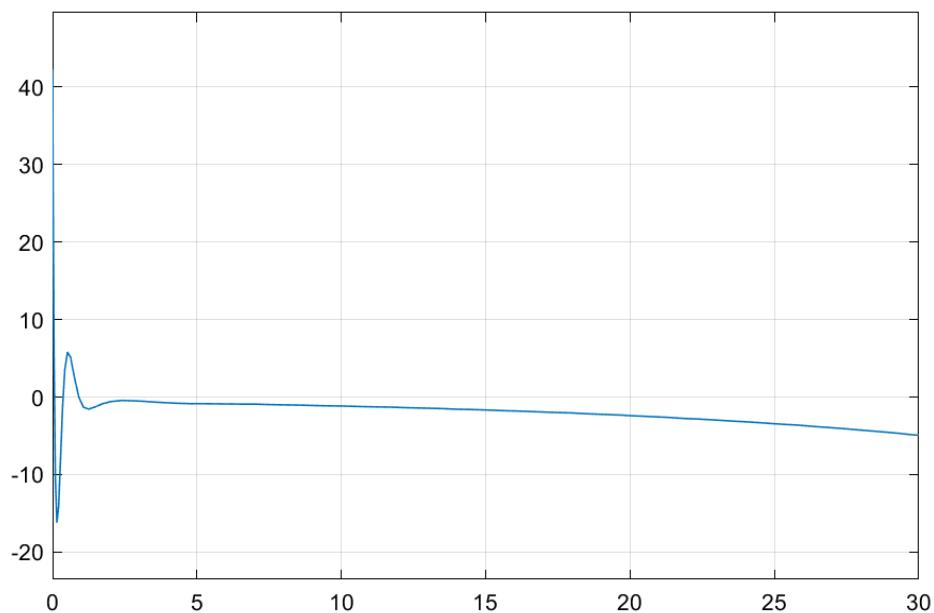


خطا تخمین ها:





سیگنال فرمان:



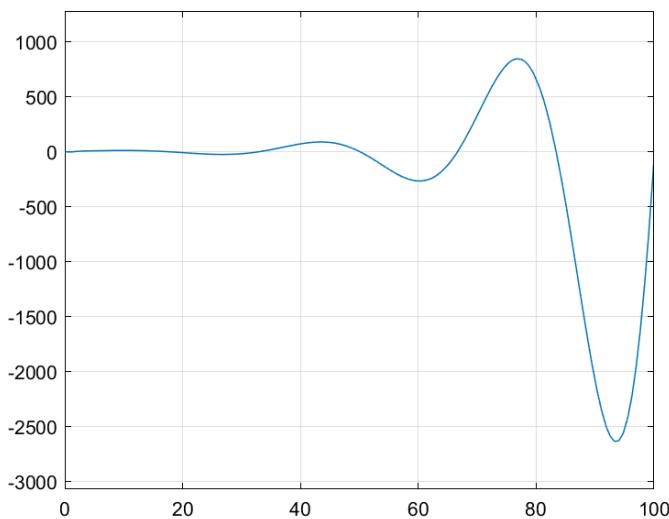
تحلیل:

در هر دو طراحی تغییر ماتریس  $A$  موجب ناپایداری در عمل کنترل کننده و رویتگر شده است ولی باید دقیق کرد که مقدار این ناپایداری در طراحی صورت گرفته با کمک رویتگر کاهش مرتبه یافته به شدت کمتر می باشد. در حالی که قابل مشاهده است که هرچه قطب ها از محور موهومی دور می شوند مقدار این ناپایداری برای کنترل کننده و رویتگر کاهش پیدا می کند ولی خب همچنان ناپایدار می باشند. و این نشان دهنده مقاومت کم کنترل کننده پیش جبران ساز استاتیکی و رویتگر در مقابل تغییر پارامتر در ماتریس  $A$  می باشد.

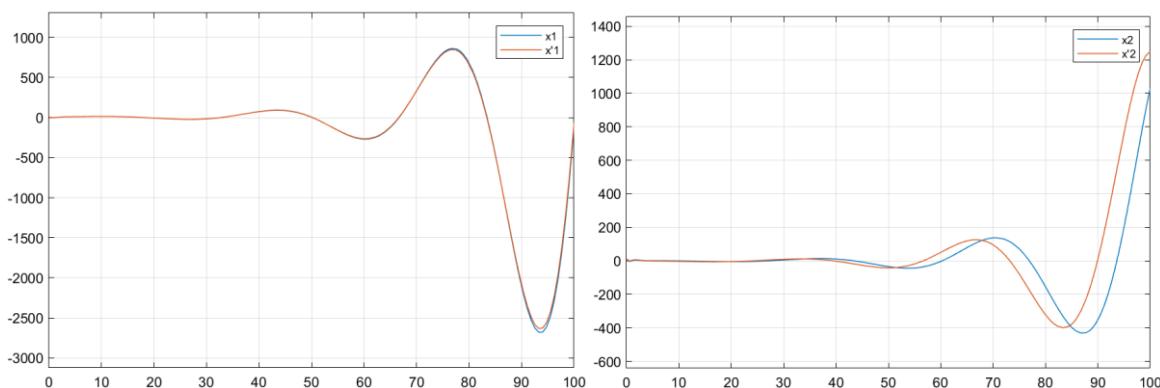
### 3- کنترل کننده ردیاب به روش انتگرالی و رویتگر مرتبه کامل

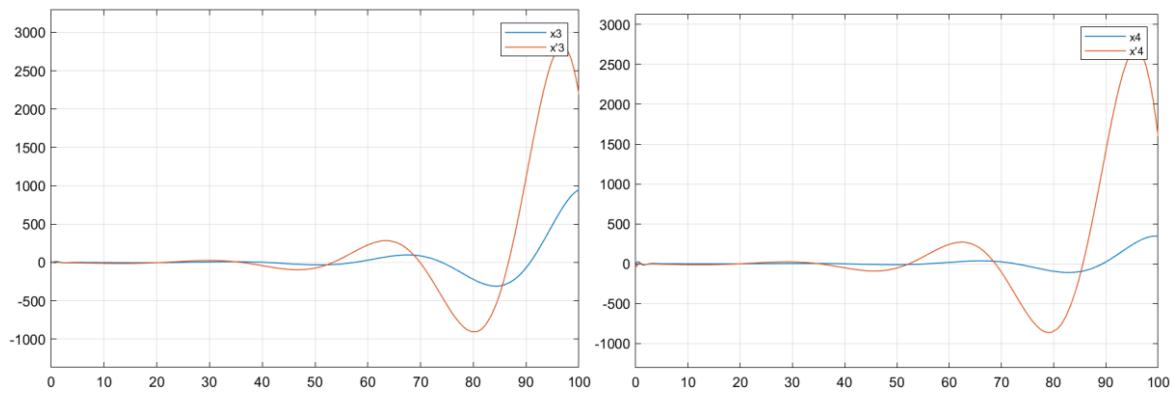
دسته قطب اول:

پاسخ خروجی:

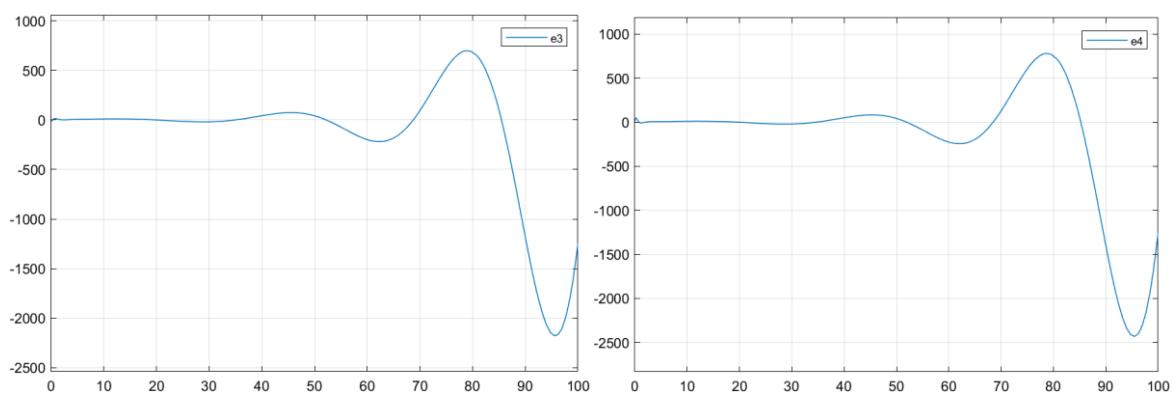
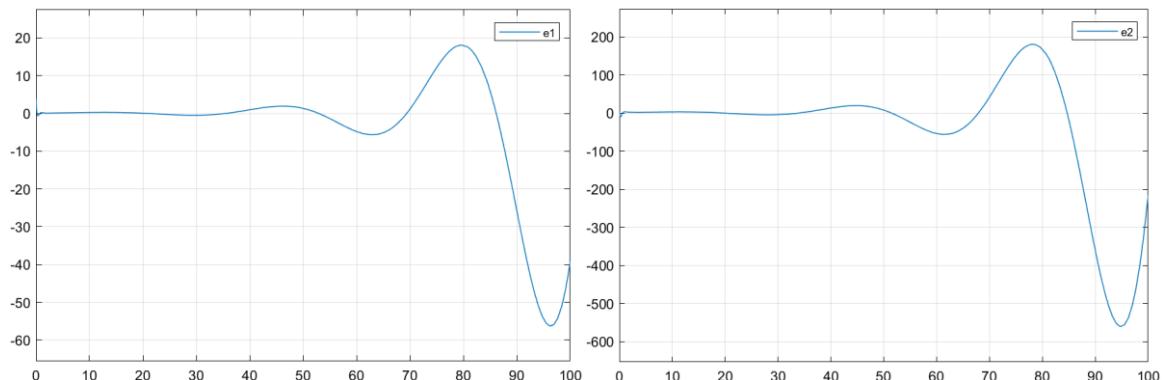


حالات و تخمین حالات:

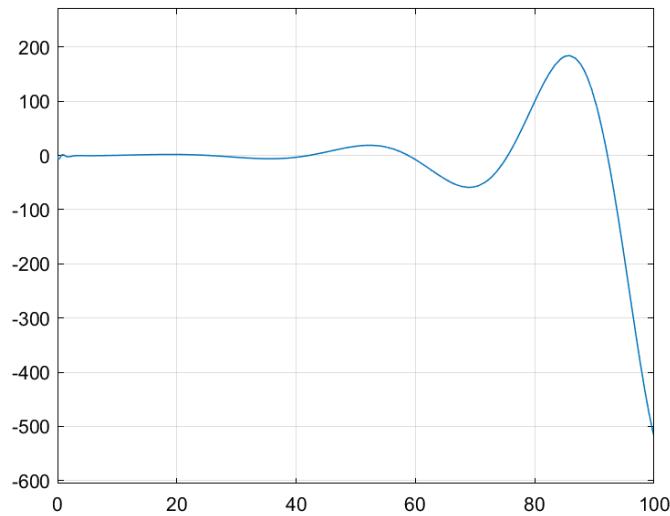




خطا تخمین ها:

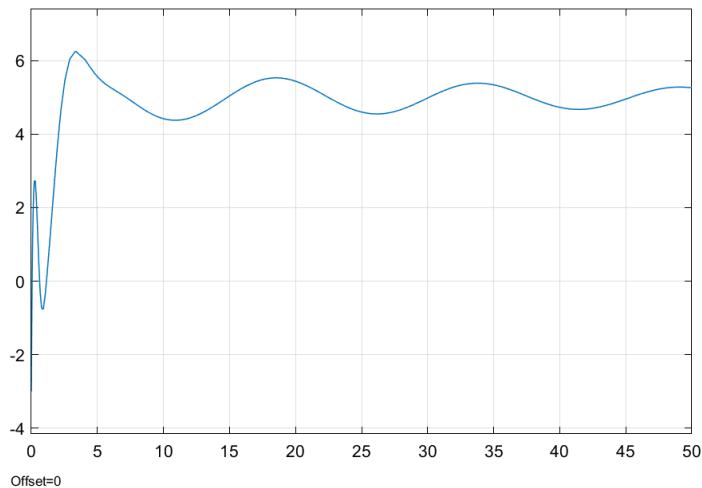


سیگنال فرمان:

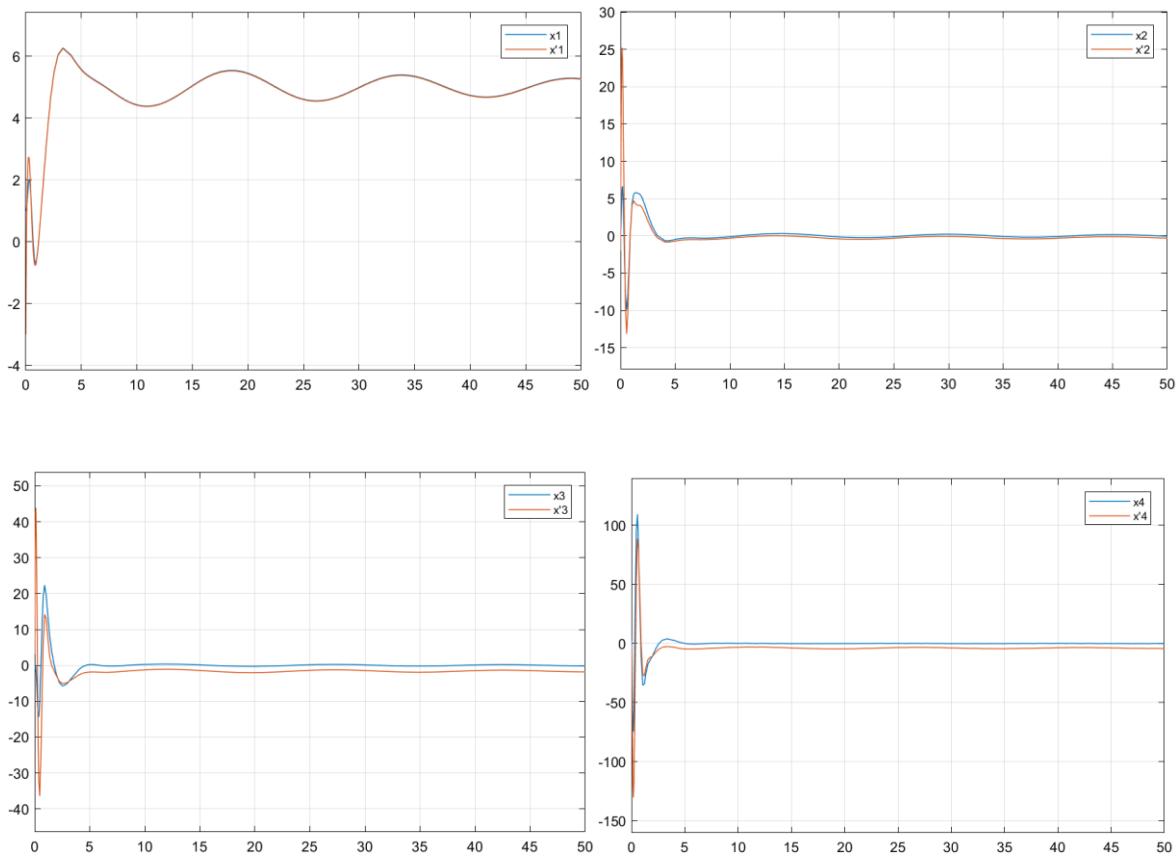


دسته قطب دوم:

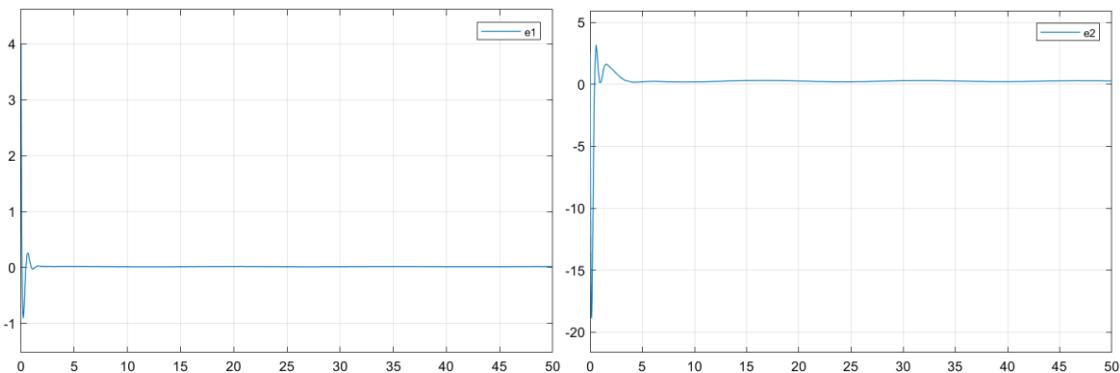
پاسخ خروجی:

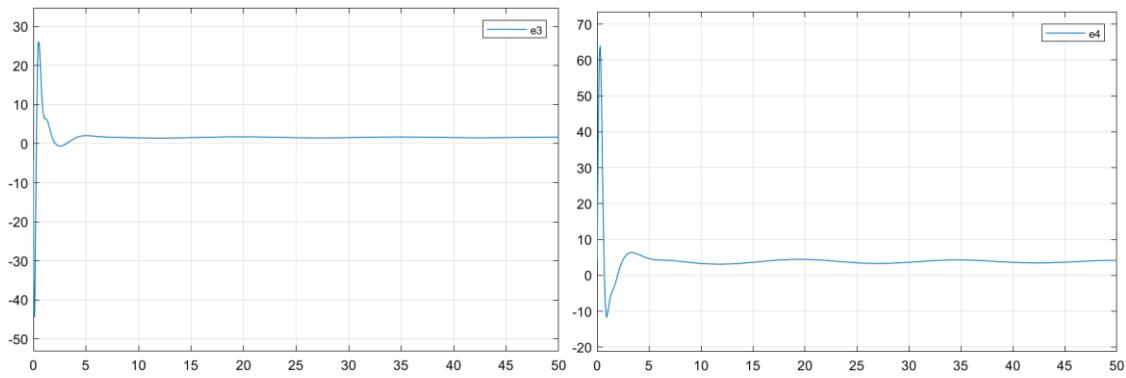


حالت ها و تخمین حالت ها:

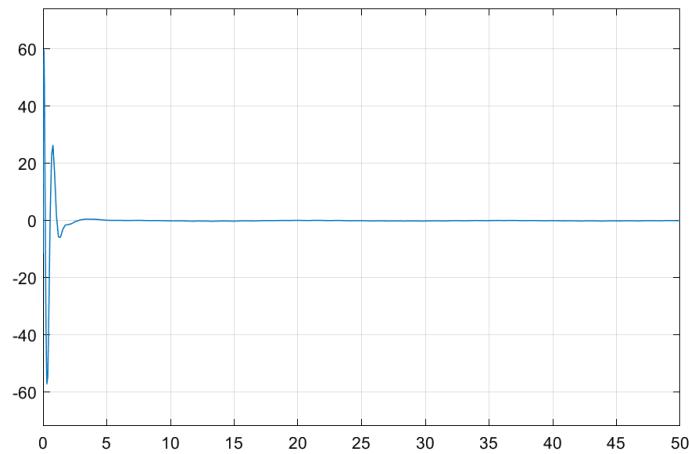


خطا تخمین ها:





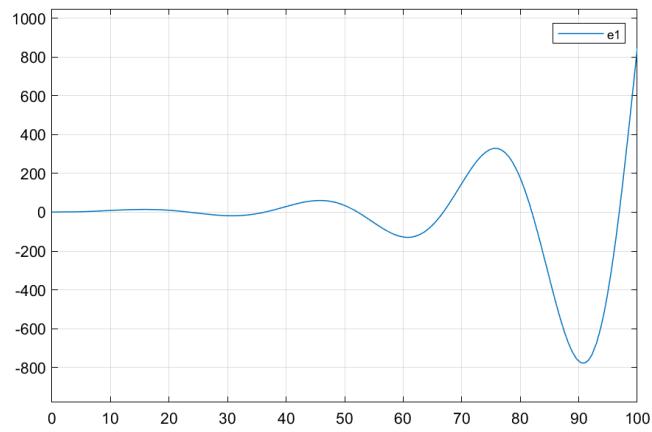
سیگنال فرمان:



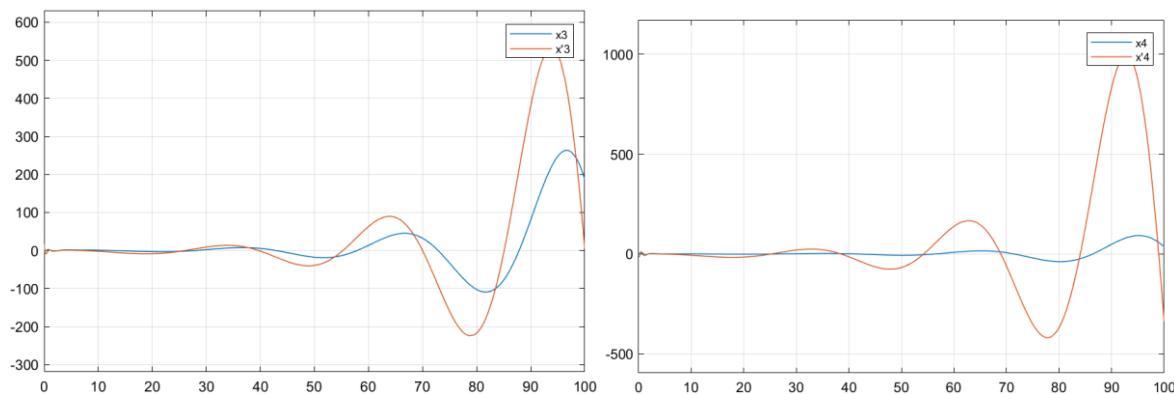
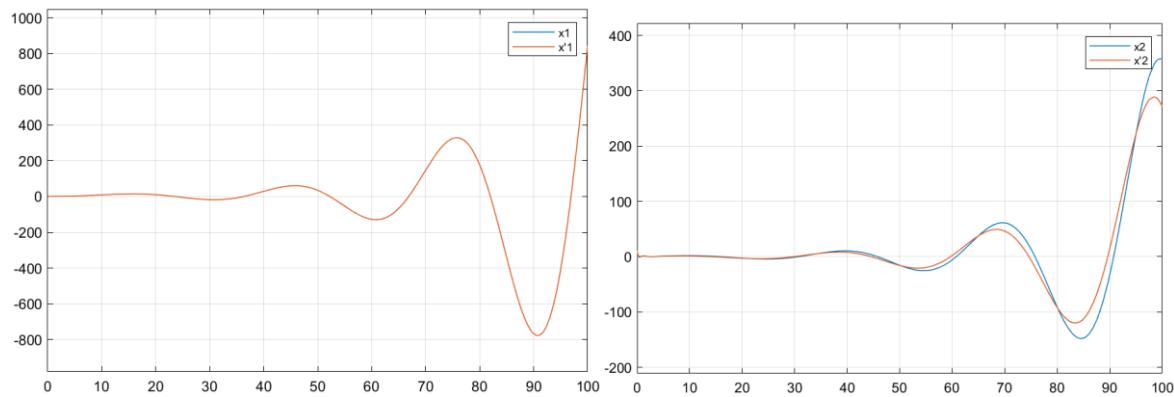
4- کنترل کننده ردیاب به روش انتگرالی و رویتگر کاهش مرتبه یافته

دسته قطب اول:

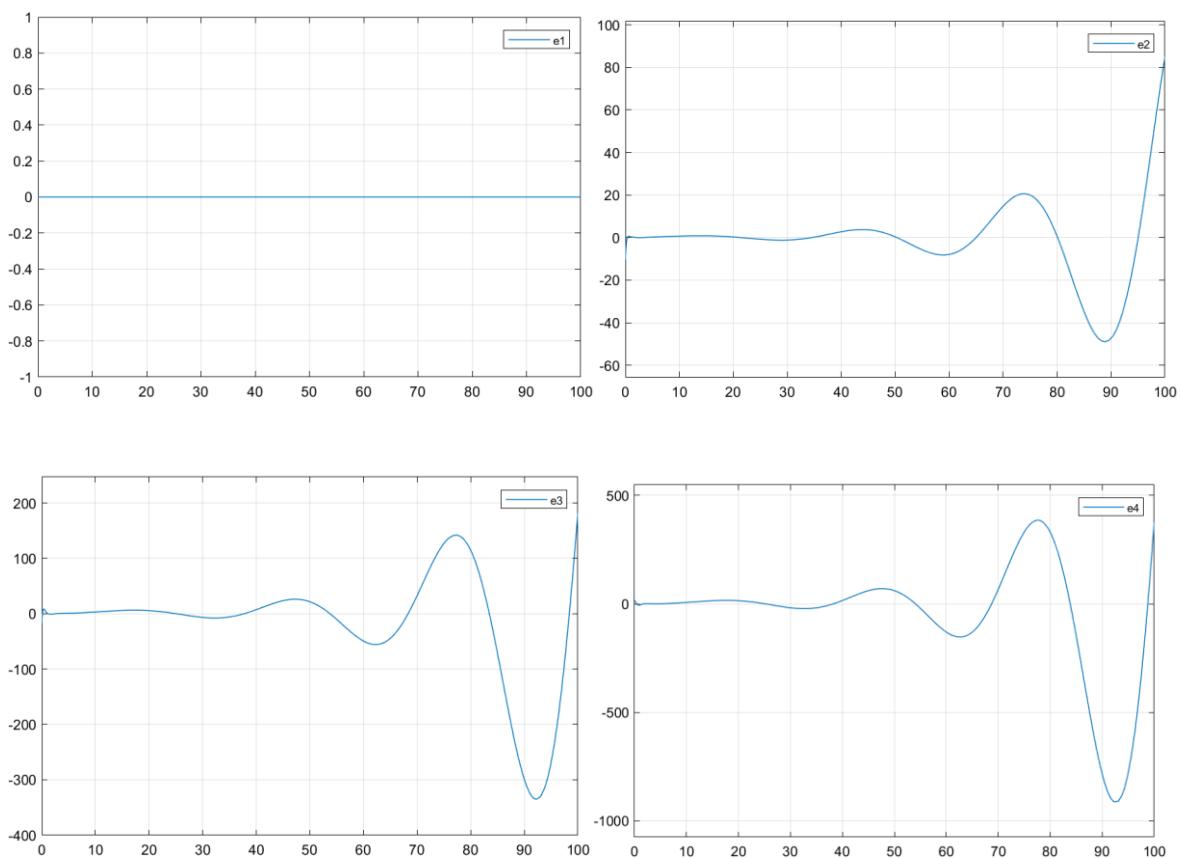
پاسخ خروجی:



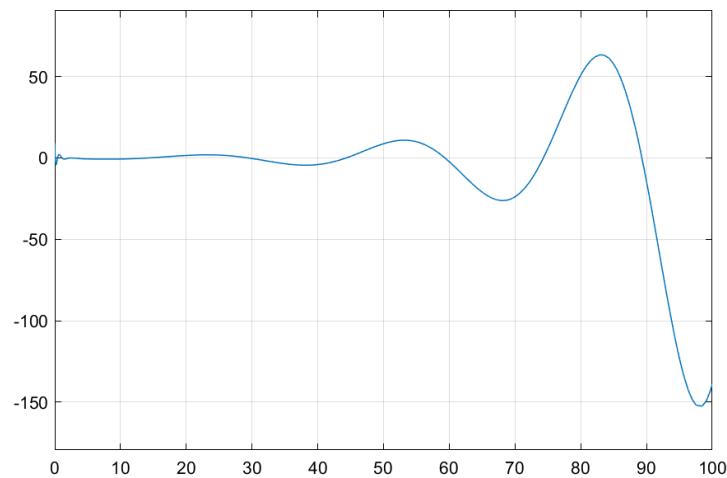
حالات و تخمين حالات:



خطا تخمين ها:

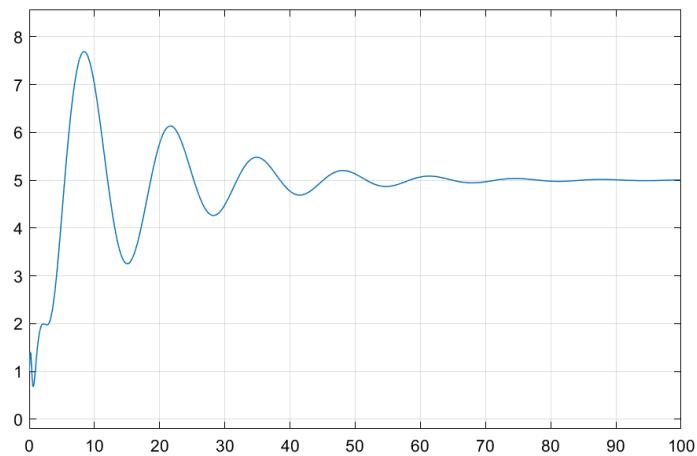


سیگنال فرمان:

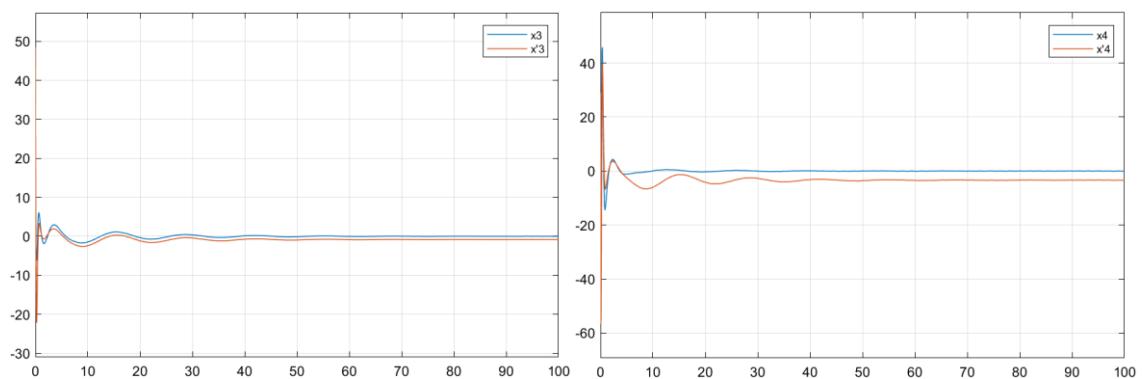
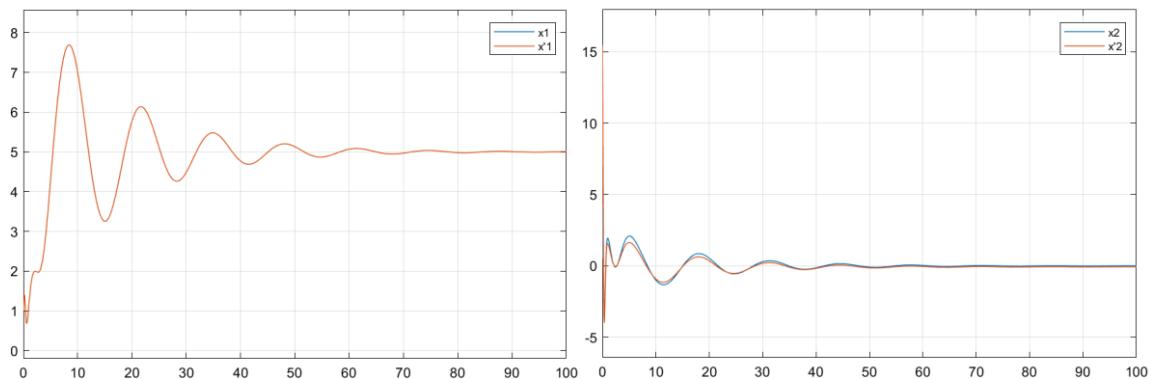


دسته قطب دوم:

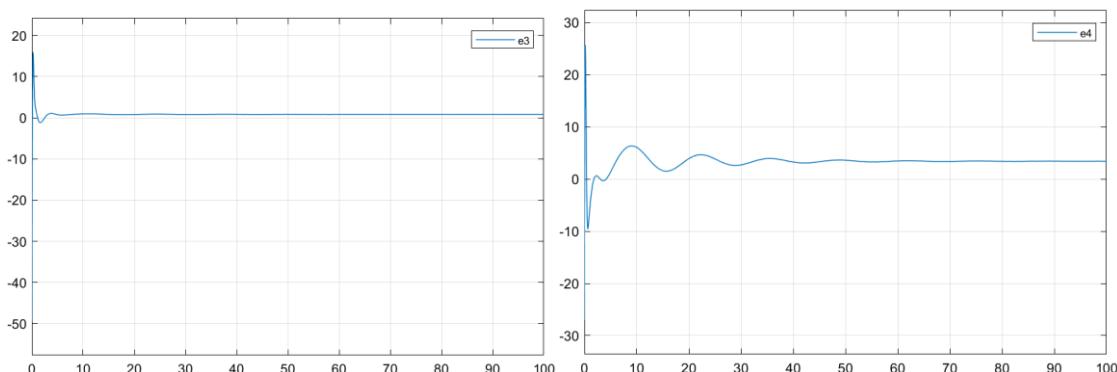
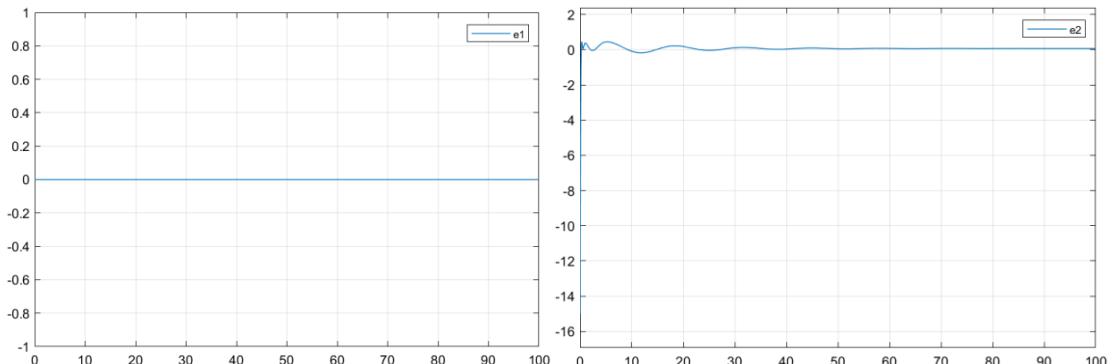
پاسخ خروجی:



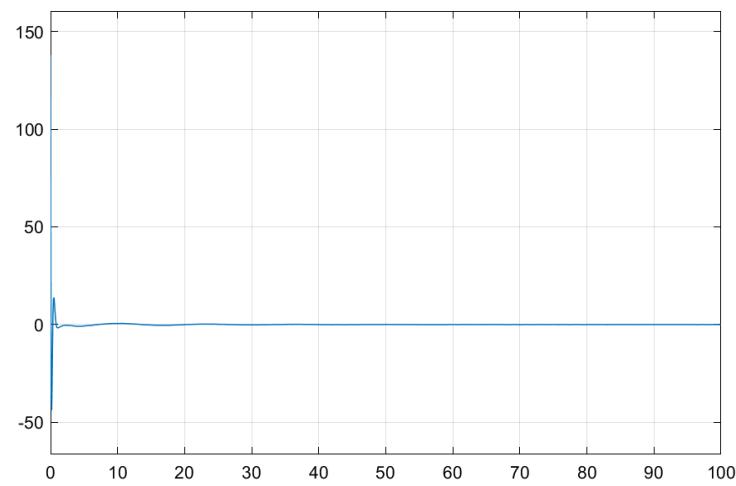
حالت ها و تخمین حالت ها:



خطا تخمين ها:



سیگنال فرمان:



## تحلیل:

در این دو طراحی که به کمک کنترل کننده انتگرالی می باشد. باز هم کنترل کننده و رویتگر هردو طراحی ناپایدار می باشند ولی با این تفاوت که این ناپایداری به شدت کمر از ناپایداری دو طراحی قبلی می باشد و این نکته بسیار مهم است چون نشان دهنده عملکرد بسیار خوب کنترل کننده انتگرالی می باشد. در ادامه با دور شدن قطب ها از محور موهومی برای هر دو طراحی کاملا قابل مشاهده است که رویتگر طراحی اول که رویتگر مرتبه کامل است پایدار شده است ولی خب در تخمین خطای داریم ولی همچنان پاسخ خروجی نوسانی می باشد و حالت ثابت برای رسیدن به ورودی مرجع دست نمی یابد ولی برای طراحی دوم که به کمک رویتگر کاهش مرتبه یافته می باشد ، هم رویتگر و هم کنترل کننده پایدار شده اند و عملکرد رديابی در حالت ماندگار به درستی انجام می شود و این مورد نشان دهنده عملکرد خوب کنترل کننده انتگرالی با رویتگر کاهش مرتبه یافته نسبت به سایر طراحی ها می باشد.