عنوان پروژه:

سیستم تعلیق خودرو برای یک چرخ

(systems Suspensions)

محقق:

حامد حیدری (89121501)

استاد راهنما :

دکتر شهرام نصرتی

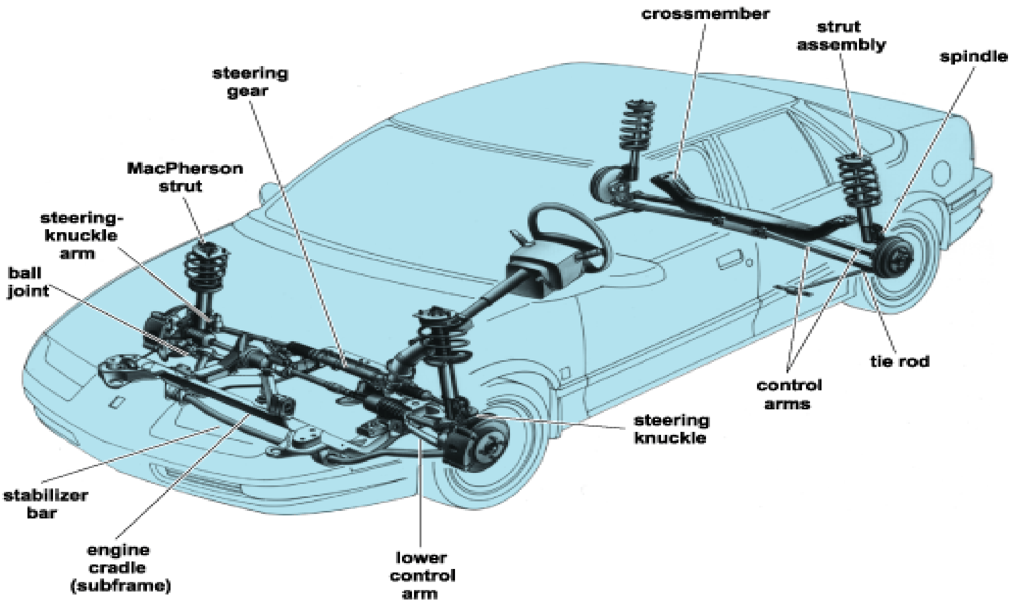
(استاد درس کنترل اتوماتیک)

بهار 1392

QOM UNIVERSITY OF THECNOLOGY, 2013

فهرست

مقدمه:



سیستم تعلیق بر پایه پارامترهای سختی و میرایی به قرار زیر دسته بندی می شود :

1-سیستم تعلیق ایستا :

در سیستم تعلیق ایستا هیچ منبع انرژی بیرونی وجود نداشته و این سیستم تنها توانایی بازیابی و میرایش انرژی را دارد. بنابراین اثرات ناخواسته و ناراحت کننده حرکات غلتش بدنه در هنگام چرخش خودرو ، کله زدن بدنه در هنگام شتاب گیری و ترمزدهی ، بلند شدن و جابه جایی مانای بدنه نسبت به سیستم تعلیق در هنگام چرخش پایدار خودرو و ... هیچگاه از بین نمی رود.از انجا که در این سیتم منبع انرژی بیرونی وجود ندارد ، بنابراین ساده ، ارزان و قابل اعتماد است در بیشتر این سیستم ها مقادیر سختی فنر و میرایی لرزه گیر ثابت بوده و با برگزیدن ضرایب مناسب و کاهش بلندی گرانیگاه خودرو می توان به کیفیت خوش سواری و فرمان پذیری خوبی دست یافت.فنر نرم بر واکنش شتاب گیری ، ترمز گیری و چرخش خودرو تاثیرات منفی دارد .

2-سیستم تعلیق پویا :

سیستم تعلیق پویا برای نیل به شرایط آرمانی سواری و فرمان پذیری خودرو ایجاد گردیده است. در حالت آرمانی آنچه که از سیستم تعلیق خودرو انتظار می رود ، فراهم کردن پایداری حرکت و فرمان پذیری خودرو همراه با تامین آرامش و خوش سواری می باشد. اما در عمل این دو ویژگی در تقابل با یکدیگر بوده و هر یک سیستم تعلیقی با پارامترهای متضاد نسبت به دیگری طلب می کند . خوش سواری مناسب نیازمند یک سیستم تعلیق نرم بوده ، حال آنکه دستیابی به فرمان پذیری بالا نیازمند یک سیستم تعلیق سخت است . ایده بکارگیری سیستم های تعلیق پویا به منظور ایجاد آزادی عمل بیشتر در طراحی سیستم های تعلیق و دستیابی همزمان به فرمان پذیری و خوش سواری بهتر شکل گرفته است .

3-سیستم تعلیق کنا :

این نوع سیستم تعلیق گونه آرمانی سیستم تعلیق می باشد که در حالت کلی از یک عملگر که میان جرم معلق و نامعلق خودرو قرار گرفته است ، شکل گرفته است. هنگامی که یکی از چرخ ها روی ناهمواری قرار می گیرد ، شتاب و بار عمودی چرخ ، توسط حسگرهایی اندازه گیری می شوند و مقادیر به سیستم کنترلی فرستاده می شود. در آنجا سرعت و جابه جایی مورد نیاز اعمال گردد .

تجهیزات سخت افزاری بکار رفته در سیستم تعلیق کنا بسیار پیچیده و گران بها بوده و نیز توان بالایی مصرف می شود. این امر سبب افزایش مصرف سوخت خودرو می گردد. در صورت بروز هرگونه اشکال در خودرو سیستم تعلیق از کار می افتد

برتری های عمده سیستم تعلیق کنا به قرار زیر است :

1-در این سیستم میان خوش سواری بهینه و فرمان پذیری بهینه توازن ایجاد می شود .

2-قوانین کنترلی سیستم تعلیق کنا ، بسته به فضای کاری تعلیق خودرو و شرایط کاری مختلف قابل تطبیق میباشد.

3-قوانین کنترلی که استفاده از آنها در مورد اجزای سیستم ایستا عملی نیست در مورد سیستم پویا قابل استفاده می باشد .

4-این سیستم ها به صورت خودکار ارتفاع را تنظیم می نمایند . این سیستم ها فراهم گر خوش سواری خوبی نسبت به سیستم تعلیق ایستا می باشد .

4-سیستم تعلیق نیمه کنا :

سیستم تعلیق نیمه کنا به عنوان تلاشی برای ارایه طرح مناسب از دیدگاه مهندسی میان سیستم های ایستا و کنا مطرح شده است. این سیستم شامل زیر بخش های پویایی در ساختمان خود برای کنترل و تنظیم ارتفاع بدنه در حضور اغتشاشات و نویزهای جاده و نیروهای لختی می باشند . سیستم تعلیق نیمه کنا سیستمی جهت بهبود همزمان پایداری و خوش سواری خودرو از طریق تغییر ویژگی های لرزه گیر می باشد. در این سیستم عملگرها لرزه گیری هایی با پارامترهای قابل تنظیم می باشند که به طور موازی با سیستم تعلیق ایستا خودرو قرار گرفته اند . با بکارگیری این سیستم می توان حرکات غلت زنی و کله زنی خودرو را در مانورهای چرخشی و ترمزگیری تا حد قابل توجهی کاهش داد . با توجه به اینکه این سیستم برای عملکرد در بسامدهای پایین طراحی می شود ، سخت افزارهای مورد استفاده در آن ساده تر و کم هزینه تر بوده و توان مصرفی آنها نیز نسبت به سیستم تعلیق پویا به مراتب پایین تر می باشد. به دلایل بالا کاربرد این سیستم در خودروها رایج تر می باشد .

برتری های عمده سیستم تعلیق کنا به قرار زیر است :

1- در این سیستم میان خوش سواری بهینه و فرمان پذیری بهینه توازن ایجاد می شود .

2–قوانین کنترلی سیستم تعلیق کنا ، بسته به فضای کاری تعلیق خودرو و شرایط کاری مختلف قابل تطبیق میباشد.

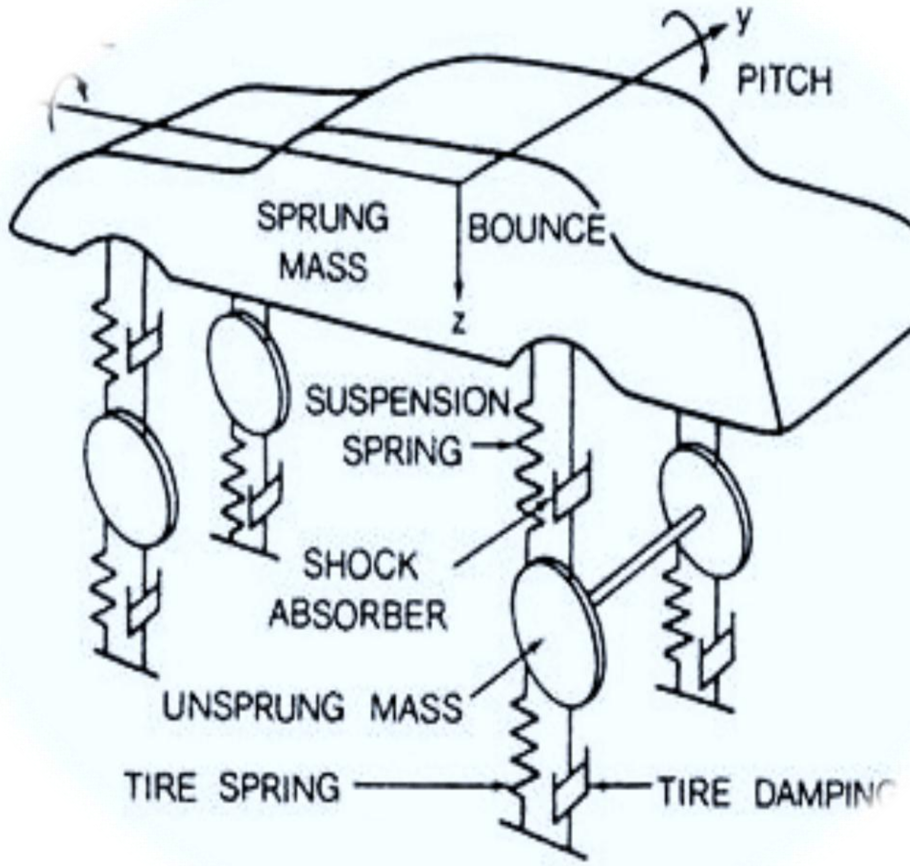
3-قوانین کنترلی که استفاده از آنها در مورد اجزای سیستم ایستا عملی نیست در مورد سیستم پویا قابل استفاده می باشد.

4–این سیستم ها به صورت خودکار ارتفاع را تنظیم می نمایند .

5–این سیستم ها فراهم گر خوش سواری خوبی نسبت به سیستم تعلیق ایستا می باشد .

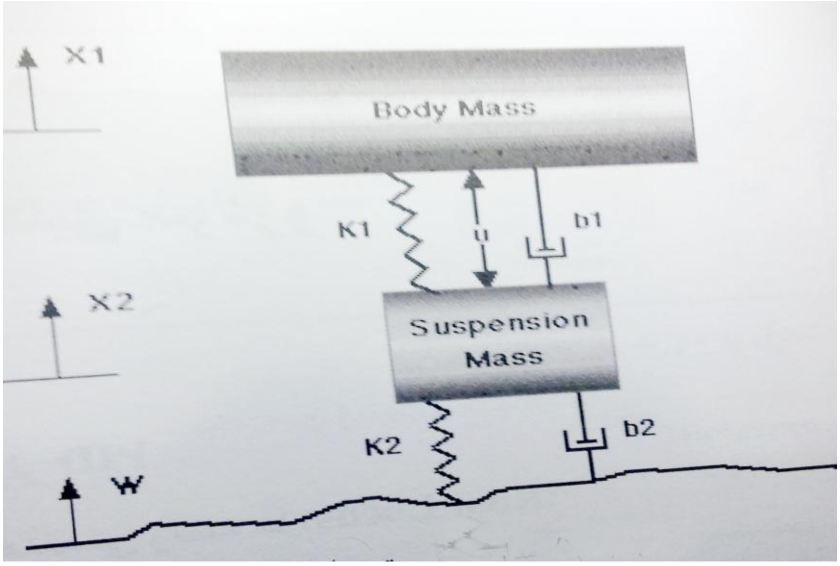
درپایان باید به این نکته اشاره کرد که دلیل وهدف انجام این پروژه بررسی سیستم تعلیق خودرو برای بدست آوردن بهترین شرایط کنترلی و پایداری سیستم میباشد تا خروجی مطلوب حاصل گردد.

البته دلیل عمده وهدف اصلی انتخاب این پروژه اهمیت سیستم تعلیق در راحتی وآسایش سرنشینان خودرو در مقابل ناهمواری ها که به صورت اغتشاشات عملکرد سیستم تعلیق را تحت تاثیر قرار میدهد بوده است و خواسته ی یک مهندس کنترل نیز جدا از این موضوع نیست



سیستم تعلیق ایستا

مدلسازی :



M_1 جرم بدنه خودرو k_1ضریب سختی فنر سیستم تعلیق=

M_2 جرم سیستم تعلیق= k_2ضریب سختی تایر خودرو=

b_1 ضریب اصطکاک سیستم تعلیق= b_2ضریب اصطکاک تایر خودرو=

نیروی نوسانات خودرو(W) نیروی وارد به بدنه از طرف کنترلگر(U)

حال باید با استفاده از قوانین نیوتون تابع تبدیل سیستم را محاسبه کنیم

$$F = k.\Delta x$$
$$F = b.\Delta x'$$
$$\sum F = M.a$$

$$M_1 x''_1 = -b_1(x'_1 - x'_2) - k_1(x_1 - x_2) + u$$
$$M_2 x''_2 = b_1(x'_1 - x'_2) + k_1(x_1 - x_2) + k_2(w - x_2) - u$$

با فرض اینکه تمامی شرایط اولیه برابر صفر میباشد با گرفتن تبدیل لاپلاس از طرفین معادلات بالا تابع تبدیل سیستم بدست می آید

این سیستم دو ورودی دارد بنابراین منجر به دو تابع تبدیل میشود وخروجی سیستم تفاضل جابجایی هاست

$$(M_1 s^2 + b_1 s + k_1) X_1(s) - (b_1 s + k_1) X_2(s) = U(s)$$
$$-(b_1 s + k_1) X_1(s) + (M_2 s^2 + (b_1 + b_2)s + (k_1 + k_2)) X_2(s) = (b_2 s + k_2) W(s) - U(s)$$
$$\begin{bmatrix} (M_1 s^2 + b_1 s + k_1) & -(b_1 s + k_1) \\ -(b_1 s + k_1) & (M_2 s^2 + (b_1 + b_2)s + (k_1 + k_2)) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1(s) \\ X_2(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U(s) \\ (b_2 s + k_2) W(s) - U(s) \end{bmatrix}$$
$$A = \begin{bmatrix} (M_1 s^2 + b_1 s + k_1) & -(b_1 s + k_1) \\ -(b_1 s + k_1) & (M_2 s^2 + (b_1 + b_2)s + (k_1 + k_2)) \end{bmatrix}$$
$$\Delta = \det(A) = (M_1 s^2 + b_1 s + k_1) * (M_2 s^2 + (b_1 + b_2)s + (k_1 + k_2)) - (b_1 s + k_1) * (b_1 s + k_1)$$
$$\begin{bmatrix} X_1(s) \\ X_2(s) \end{bmatrix} = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} (M_2 s^2 + b_2 s + k_2) & (b_1 b_2 s^2 + (b_1 k_2 + b_2 k_1)s + k_1 k_2) \\ -M_1 s^2 & (M_1 b_2 s^3 + (M_1 k_2 + b_1 b_2)s^2 + (b_1 k_2 + b_2 k_1)s + k_1 k_2) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U(s) \\ W(s) \end{bmatrix}$$

اگر تنها نیروی ورودی $W(s)$ باشد وقرار دهیم 0= $U(s)$ تابع تبدیل $G_1(s)$ به صورت زیر بدست می آید

$$G_1(s) = \frac{X_1(s) - X_2(s)}{U(s)} = \frac{(M_1 + M_2)s^2 + b_2 s + k_2}{(M_1 s^2 + b_1 s + k_1) * (M_2 s^2 + (b_1 + b_2)s + (k_1 + k_2)) - (b_1 s + k_1) * (b_1 s + k_1)}$$

اگر تنها نیروی ورودی $U(s)$ باشد وقرار دهیم 0= $W(s)$ تابع تبدیل $G_2(s)$ به صورت زیر بدست می آید

$$G_2(s) = \frac{X_1(s) - X_2(s)}{W(s)} = \frac{(-M_1 b_2 s^3 - M_1 k_2 s^2)}{(M_1 s^2 + b_1 s + k_1) * (M_2 s^2 + (b_1 + b_2)s + (k_1 + k_2)) - (b_1 s + k_1) * (b_1 s + k_1)}$$

در این سیستم مقادیر و پارامتر های فیزیکی را به صورت زیر در نظر میگیریم:

توجه:پارامتر ها ی ذکر شده سیستم را در حالت پایدار نشان میدهد.

$$M_1 = 2500\ Kg \qquad M_2 = 320\ Kg$$

$$K_1 = 80000\ \frac{N}{m} \qquad K_2 = 500000\ \frac{N}{m}$$

$$b_1 = 350\ N.\frac{s}{m} \qquad b_2 = 15020\ N.\frac{s}{m}$$

$$\boxed{G_1(s) = \frac{0.282s^2 + 1.502s + 50}{80s^4 + 3853.7s^3 + 148085.7s^2 + 137660s + 4000000}}$$

$$\boxed{G_2(s) = \frac{-3755s^3 - 125000s^2}{80s^4 + 3853.7s^3 + 148085.7s^2 + 137660s + 4000000}}$$

$$\rightarrow \boxed{G_t(s)} \rightarrow \boxed{G_a(s)} \rightarrow \boxed{G_1(s)} \rightarrow \boxed{G_s(s)} \rightarrow$$

$$G_a(s) = \frac{40(s+1.1)}{(s+2)^2} \qquad G_t(s) = \frac{3000}{s+3000} \qquad G_s(s) = \frac{8(s+2)}{(s+8)^2}$$

تابع تبدیل کلی سیستم حلقه باز به صورت زیر میباشد :

دستورات MATLAB

```
G1=tf([0.282 1.502 50],[80 3853.7 148085.7
137660 4000000])

Gs=tf([8 16],[1 16 64])
Ga=tf([40 44],[1 4 4])

H1=series(Gs,Ga)
G=series(G1,H1)
step(G)
```

```
G2=tf([-3755 -125000 0 0],[80 3853.7 148085.7
137660 4000000])
Gt=tf([3000],[1 3000])
Gs=tf([8 16],[1 16 64])
Ga=tf([40 44],[1 4 4])
H1=series(G1,Gt)
H2=series(Gs,Ga)
G=series(H1,H2)
step(G)
```

$$G_1' = \frac{1.128(s+1.997)(s+1.101)(s^2+5.329s+177.4)}{(s^2+16.21s+65.74)(s^2+3.92s+3.904)(s^2+0.1969s+27.59)(s^2+47.85s+1800)}$$

$$G'_2(s) = \frac{-15020s^2(s+33.29)(s+2)(s+1.1)}{(s+8)^2(s+2)^2(s^2+0.2197s+27.58)(s^2+47.95s+1813)}$$

توجه :از آنجایی که تابع $G_t(s)=\dfrac{3000}{s+3000}$ دارای قطب غیر غالب 3000- میباشد که تاثیر چندانی بر پایداری سیستم ندارد و برای راحتی در محاسبات میتوان آنرا حذف کرد البته باید اثرات قطب حذف شده در نظر گرفته شود

تابع تبدیل کلی سیستم حلقه بسته به صورت زیر میباشد:

دستورات MATLAB
num=[90.24 760.4 1.77e04 5.066e04 35200] den=[80 5454 2.35e05 3.63e06 2.75e07 1.46e08 6.1e08 1.31e09 1.02e09 [numG1,denG1]=cloop(num,den,-1) printsys(numG1,denG1)
num=[-3.605e09 -1.312e011 -3.799e011 2.64e011 0 0] den=[80 2.455e005 1.66e007 7.108e008 1.093e010 8.281e010 4.402e011 1.831e012 3.947e012 3.072e012 [numG2,denG2]=cloop(num,den,-1) printsys(numG1,denG1)

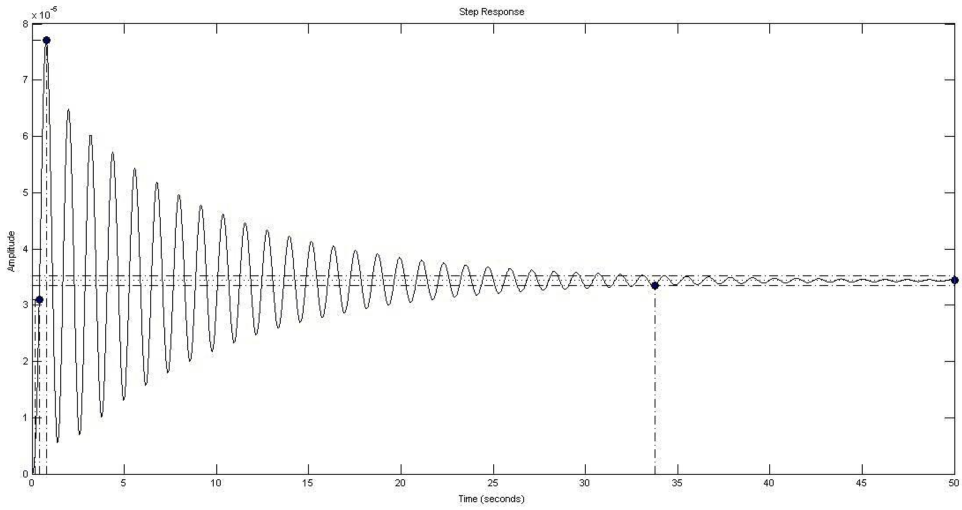
$$G'_{c1}=\frac{1.128(s+1.997)(s+1.101)(s^2+5.329s+177.4)}{(s^2+3.92s+3.904)(s^2+16.21s+65.74)(s^2+0.1968s+27.59)(s^2+47.85s+1800)}$$

$$G'_{c2}(s)=\frac{-15020s^2(s+33.29)(s+2)(s+1.1)}{(s+20.4)(s+2)(s^2+3.451s+3.591)(s^2-9.872s+39.6)(s^2+52.19s+2206)}$$

پاسخ پله سیستم ها:

پاسخ پله $G_1^{'}(s)$

دستورات MATLAB
num=[90.24 760.4 1.77e04 5.066e04 35200]
den=[80 5454 2.35e05 3.63e06 2.75e07 1.46e08 6.1e08 1.31e09 1.02e09]
G1=tf(num,den)
Step(G1)
Stepinfo(G1)

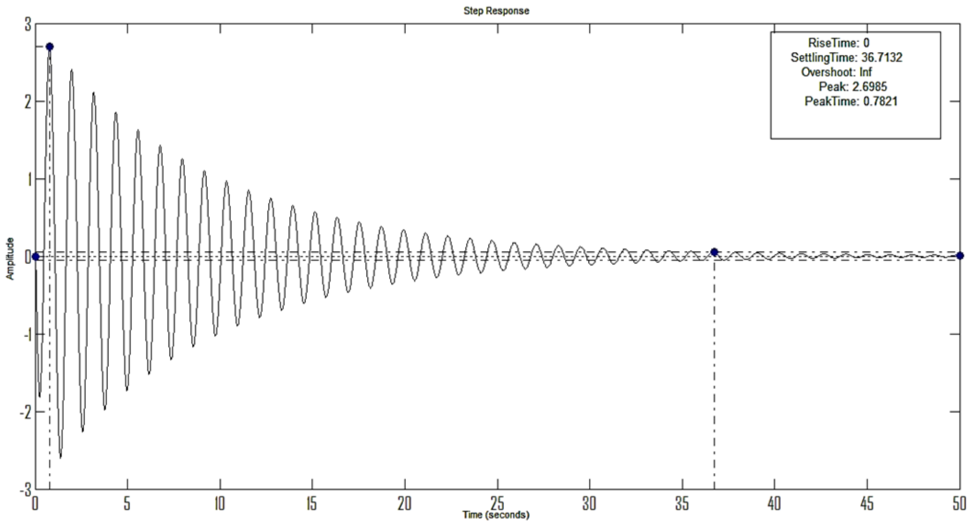


Step info	
Rise time	0.243
SettlingTime	33.75
Overshoot	124.32
Peak	7.71e-5
Peak time	0.76
Steady state	3.44e-5

چون سرنشینان خودرو به مدت طولانی 33.75 ثانیه نوسانات کوچکی را حس میکنند برای حذف خطای حالت ماندگاردر مراحل بعد از کنترلر استفاده میکنیم

پاسخ پله $G'_2(s)$

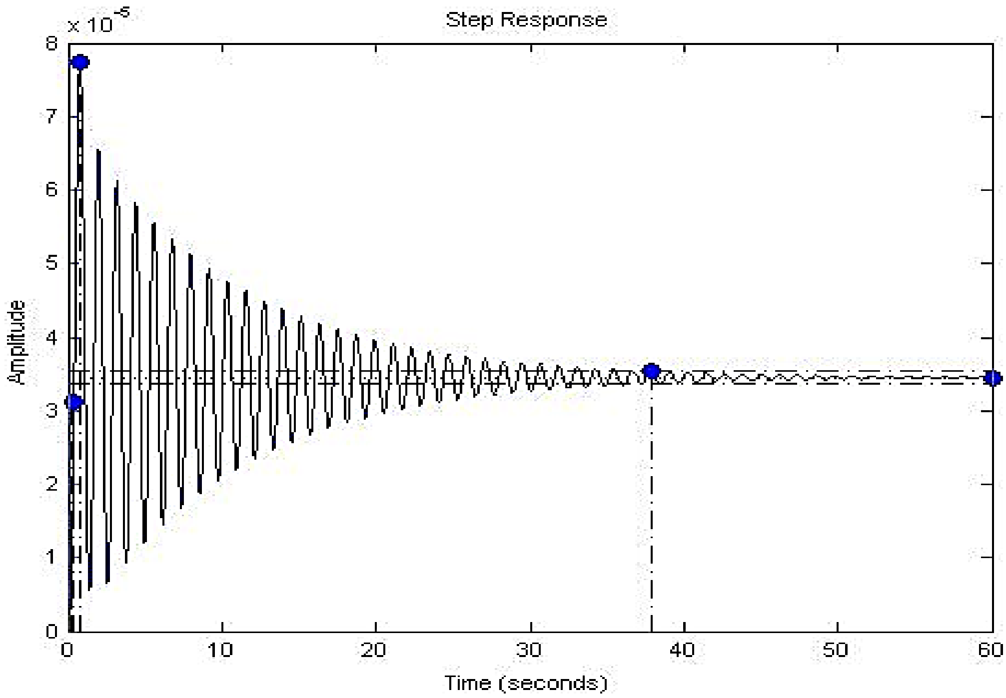
دستورات MATLAB
num=[-1.202e006 -4.372e007 -1.266e008 -8.8e007 0 0]
den=[80 5454 2.357e05 3.634e06 2.755e07 1.465e008 6.1e008 1.315e009 1.024e009]
G2=tf(num,den)
Step(G2)
Stepinfo(G2)



ITEM	NEEDED
Rise time	0
SettlingTime	36.14
Overshoot	inf
Peak	2.69
PeakTime	0.78
Pencils	2

پاسخ پله $G_{c1}^{'}(s)$

دستورات MATLAB
;num=[90.24 760.4 1.77e04 5.066e04 35200]
den=[80 5454 2.35e05 3.63e06 2.75e07 1.46e08 6.1e08 1.31e09 1.02e09]
G1=tf(num,den)
Gc1=feedback(Gc1,1)
Step (Gc1)
Stepinfo(Gc1)

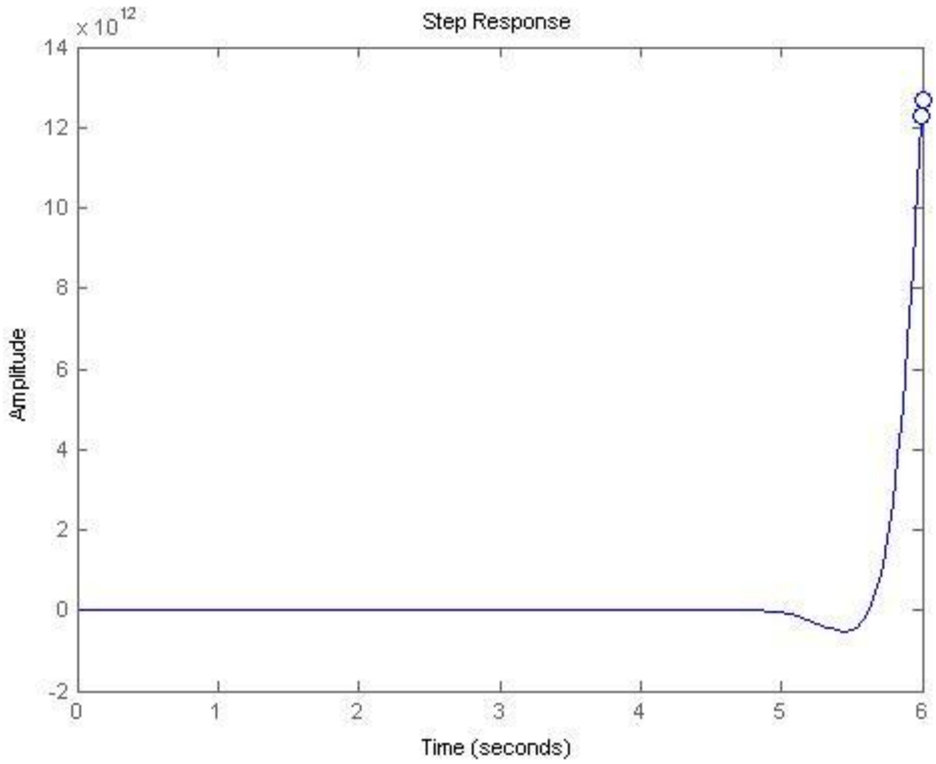


Step info	
Rise time	0.243
SettlingTime	37.9
Overshoot	124.32
Peak	7.73e-5
Peak time	0.77
Steady state	3.45e-5

از مقایسه نمودار حلقه باز وحلقه بسته اینطور برداشت میشود که فیدبک واحد موجب بهبودی چندان سیستم نشده است.

پاسخ پله $G_{c2}'(s)$

دستورات MATLAB
num=[-1.202e006 -4.372e007 -1.266e008 -8.8e007]
den=[80 5454 2.357e05 3.634e06 2.755e07 1.465e008 6.1e008 1.315e009 1.024e009]
G=tf(num,den)
G2=feedback(G,1)
Step(G2)
Stepinfo(G2)



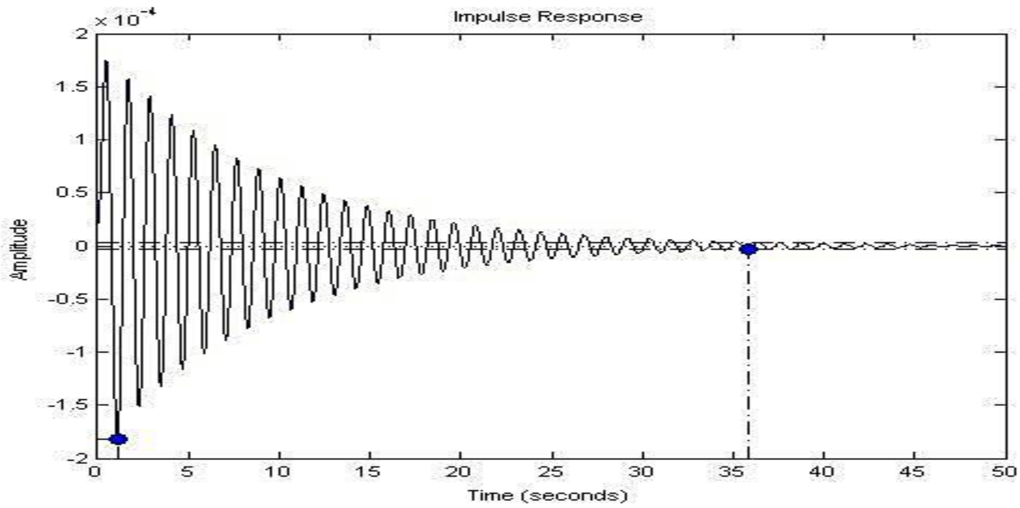
با وجود اینکه سیستم حلقه باز پایدار است ملاحظه میشود که سیستم حلقه بسته دارای دوقطب ناپایدار $4.9 +3.9484i$ و $4.9 -3.9484i$ میباشد. نتیجه میشود که همیشه با بستن حلقه فیدبک واحد سیستم بهبود پیدانمیکند وگاهی ممکن است سیستم به کلی ناپایدار شود بنابر این باید از کنترلر استفاده کرد.

پاسخ ضربه سیستم ها:

پاسخ ضربه $G'_1(s)$

دستورات MATLAB

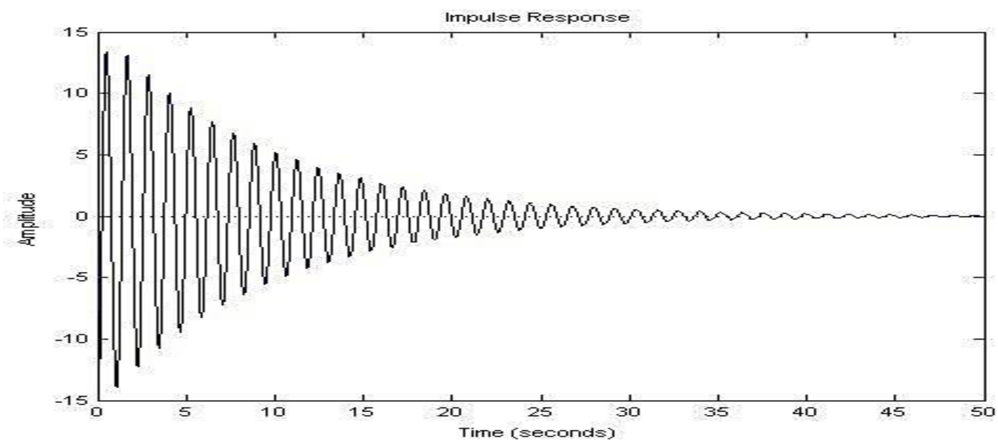
```
num=[90.24 760.4 1.77e04 5.066e04 35200]
den=[80 5454 2.35e05 3.63e06 2.75e07 1.46e08 6.1e08 1.31e09 1.02e09]
 G1=tf(num,den)
Impulse(G1)
```



پاسخ ضربه $G'_2(s)$

دستورات MATLAB

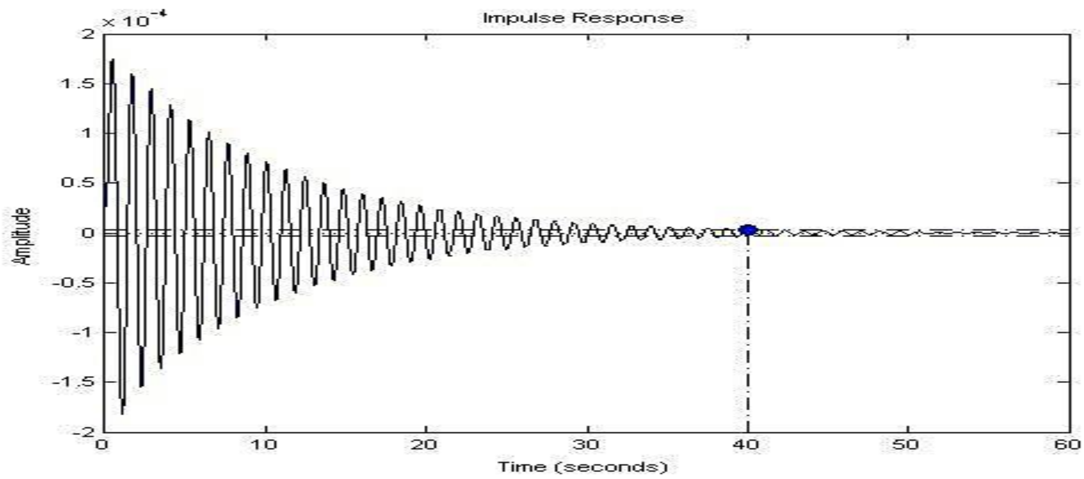
```
num=[-1.202e006  -4.372e007   -1.266e008   -8.8e007]
den=[80  5454  2.357e05  3.634e06  2.755e07   1.465e008    6.1e008
1.315e009  1.024e009]
G2=tf(num,den)
Impulse(G2)
```



پاسخ ضربه $G'_{c1}(s)$

دستورات MATLAB

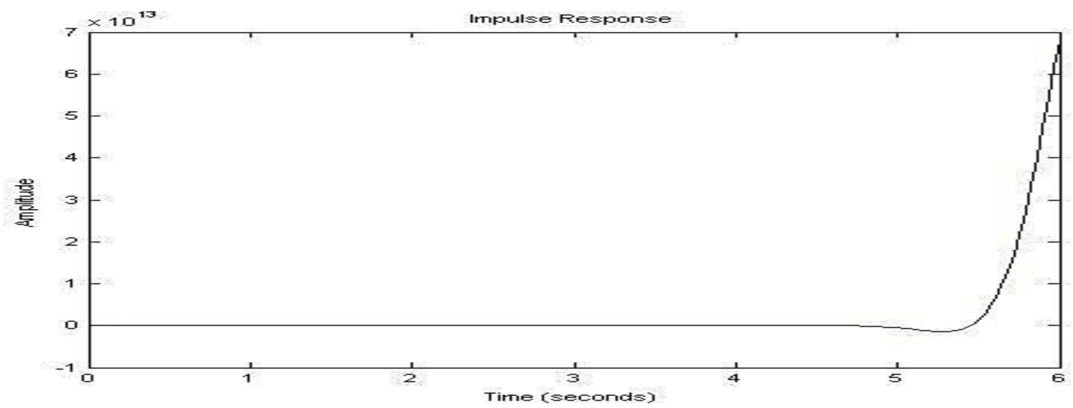
```
;num=[90.24 760.4 1.77e04 5.066e04 35200]
den=[80 5454 2.35e05 3.63e06 2.75e07 1.46e08 6.1e08 1.31e09 1.02e09]
G1=tf(num,den)
Gc1=feedback(G1,1)
Impulse(Gc1)
```



پاسخ ضربه $G'_{c2}(s)$

دستورات MATLAB

```
num=[-1.202e006  -4.372e007   -1.266e008   -8.8e007]
den=[80  5454  2.357e05  3.634e06  2.755e07   1.465e008   6.1e008
1.315e009  1.024e009]
G2=tf(num,den)
Gc2=feedback(G2,1)
Impuls(Gc2)
```



معادلات فضای حالت:

دستورات MATLAB
[A B C D]=tf2ss(num,den)

1-معادله حالت تابع تبدیل $G_{c1}'(s)$

$$\begin{bmatrix} x'_1 \\ x'_2 \\ x'_3 \\ x'_4 \\ x'_5 \\ x'_6 \\ x'_7 \\ x'_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -68.175 & -2937.5 & -45375 & -343751 & -1825009.5 & -7625221.25 & -16375633.25 & -12750440 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} U$$

$$y = [\, 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1.128 \quad 9.5 \quad 221.25 \quad 663 \quad 440 \,] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \end{bmatrix} + DU$$

D=0

2-معادله حالت تابع تبدیل $G_{c2}'(s)$

$$\begin{bmatrix} x'_1 \\ x'_2 \\ x'_3 \\ x'_4 \\ x'_5 \\ x'_6 \\ x'_7 \\ x'_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -68.17 & -2946.3 & -45425 & -3.4e5 & -1.8e6 & -7e6 & -1.48e7 & -1.17e7 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} W$$

$$y=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0 & 0 & -15025 & -546500 & -1582500 & 1100000\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1\\x_2\\x_3\\x_4\\x_5\\x_6\\x_7\\x_8\\x_9\end{bmatrix}+DW$$

D=0

تحلیل پایداری سیستم با روش راث:

تابع $G'_1(s)$

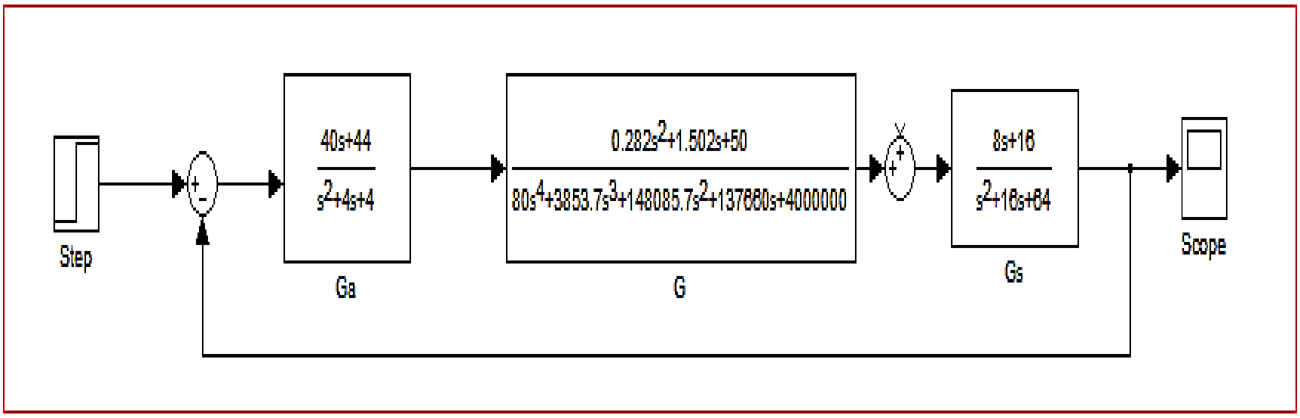
$$\begin{Bmatrix}s^8\\s^7\\s^6\\s^5\\s^4\\s^4\\s^3\\s^2\\s^1\\s^0\end{Bmatrix}=\begin{Bmatrix}1 & 2937.38 & (343717.13+1.128k) & (7623331.2+219.36k) & (12745700.6+390.28k)\\ 68.17 & 45373.8 & (1824715.25+9.2k) & (16370524+579.4k) & 0\\ 2271.8 & (316950+.99k) & (7383188.5+210.86k) & (12745700.6+390.28k) & 0\\ (35863-.02k) & (1603167.5+2.87k) & (16060123+576.68k) & 0 & 0\\ (k+3530885) & (210k+71346165) & (12745700.6+390.28k) & 0 & 0\\ (44.87k-139955999.5) & (80.87k-285253334) & 0 & 0 & 0\\ (208.2k+69946839.8) & (12745700.6+390.28k) & 0 & 0 & 0\\ (-3.2k+577457647.3) & 0 & 0 & 0 & 0\\ (12745700.6+390.28k) & 0 & 0 & 0 & 0\end{Bmatrix}$$

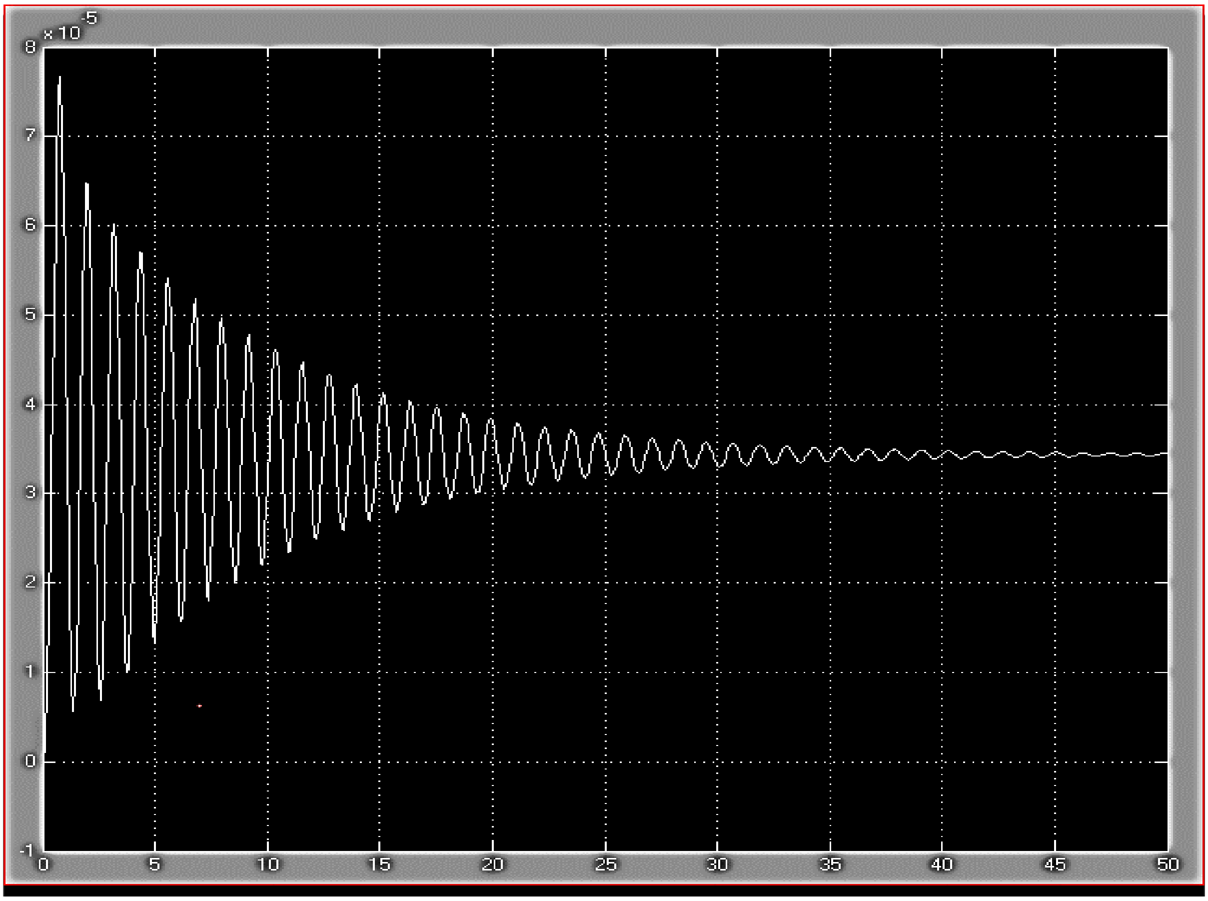
$$\begin{array}{l}35863-.02k>0\Rightarrow k<1793150\\ k+3530885>0\Rightarrow k>-3530885\\ 44.87k-139955999.5>0\Rightarrow k>3119144\\ 208.2k+69946839.8>0\Rightarrow k>-3359598.4 \qquad \Rightarrow\Rightarrow \quad -32657.83<k<1793150\\ -3.2k+577457647.3>0\Rightarrow k<180455514.8\\ 12745700.6+390.28k>0\Rightarrow k>-32657.83\end{array}$$

به ازای این محدوده k در ستون اول جدول راث هیچگونه تغییر علامتی مشاهده نمیشود بنابراین در این محدوده k سیستم پایدار میباشد

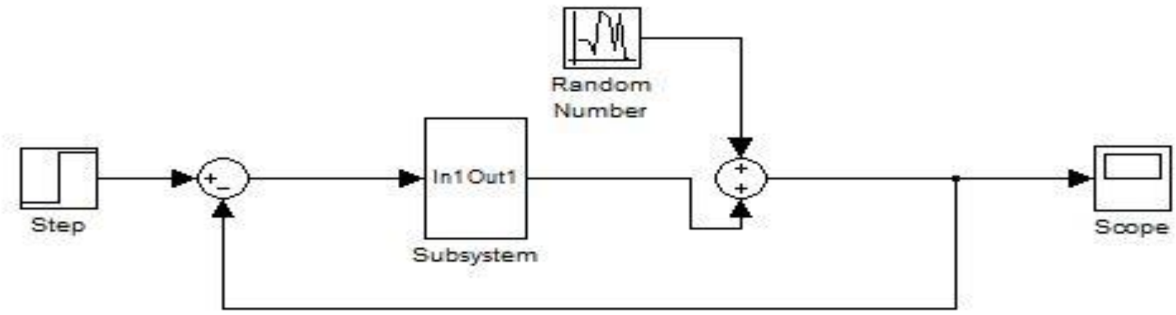
اغتشاش :

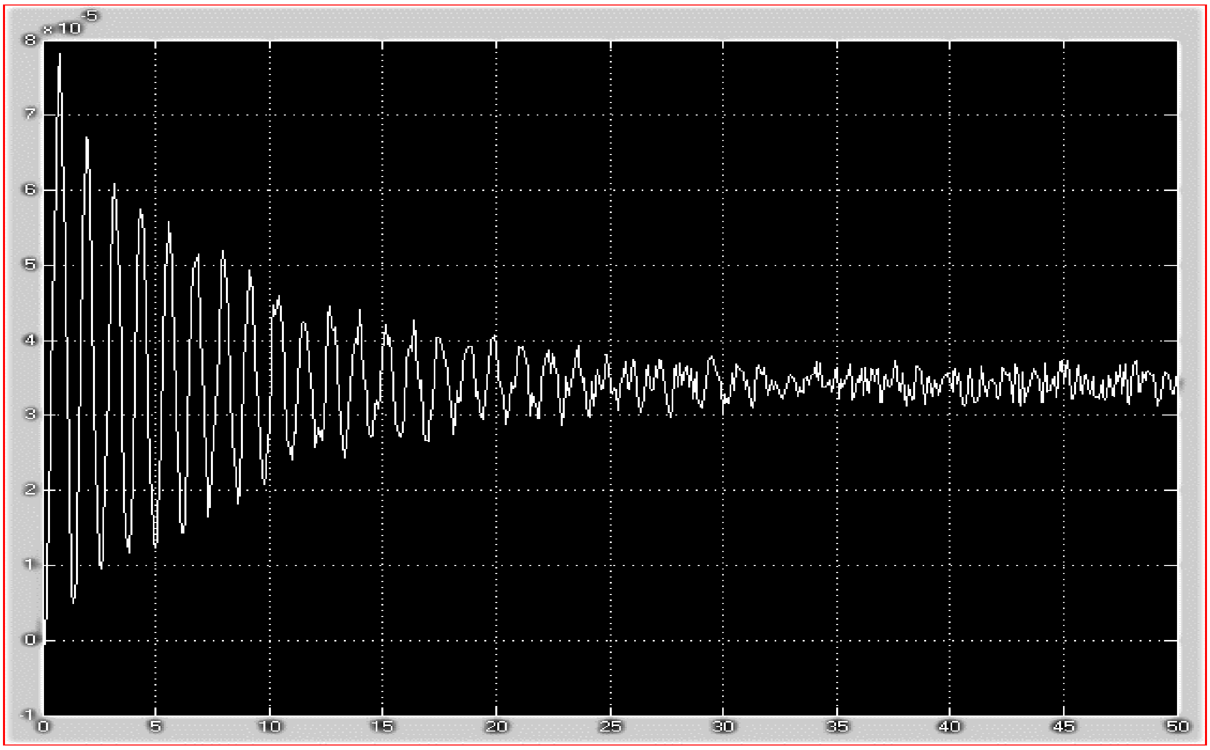
بررسی تاثیر اغتشاش در خروجی به کمک سیمولینک(سیستم بدون اغتشاش):



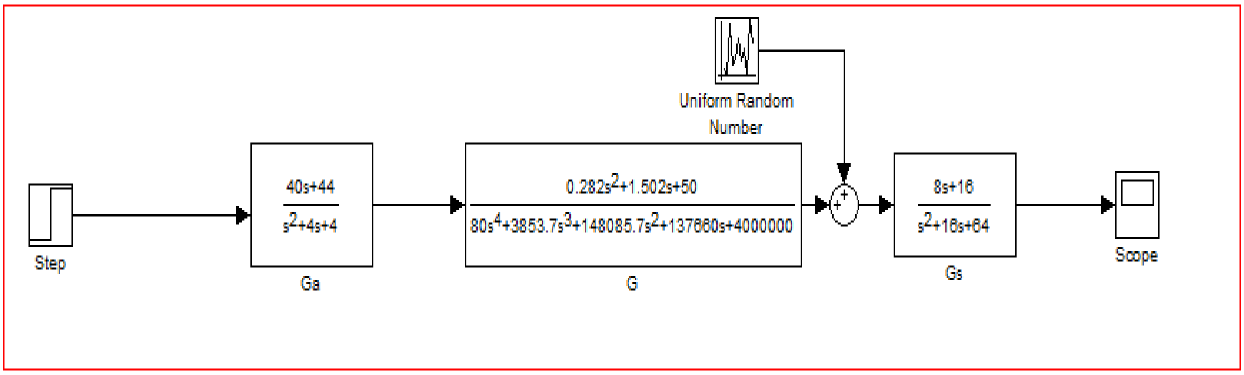


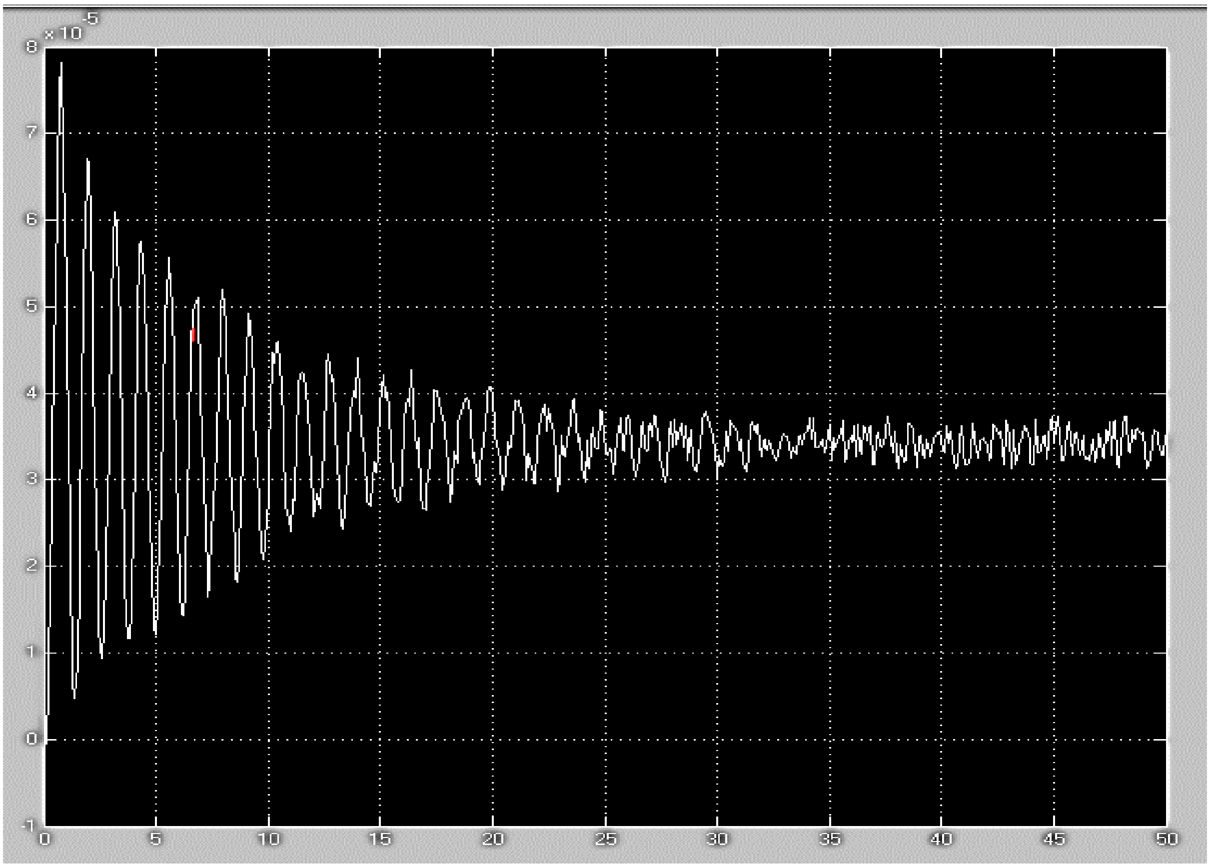
تاثیر اغتشاش بر روی سیستم حلقه بسته:





تاثیر اغتشاش بر روی سیستم حلقه باز:

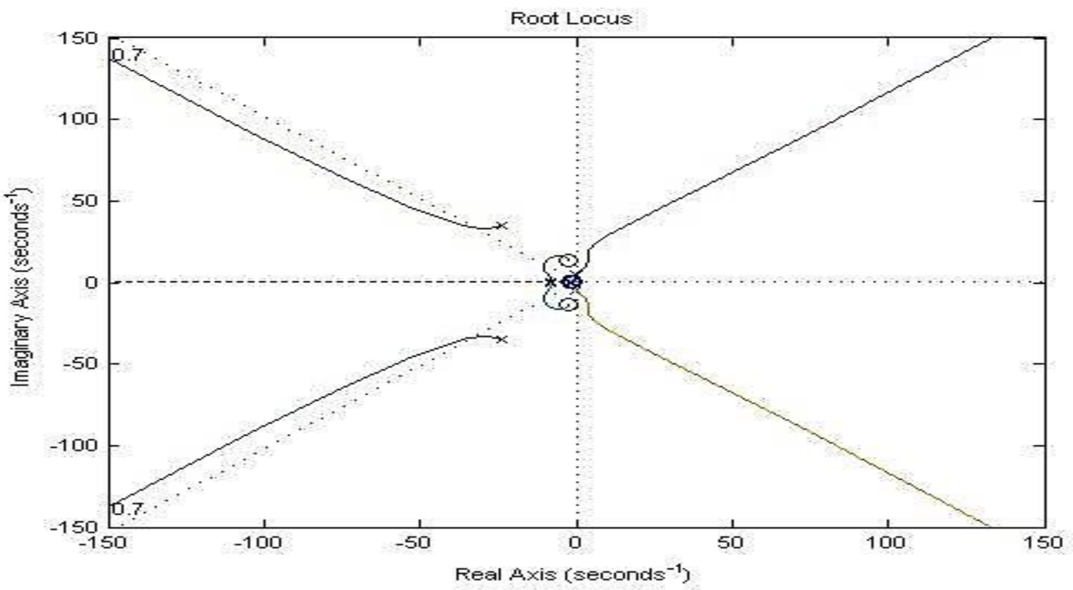




مکان هندسی ریشه ها: مکان هندسی ریشه ها $G'_1(s)$

دستورات MATLAB

```
num=[90.24 760.4 1.77e04 5.066e04 35200]
den=[80 5454 2.35e05 3.63e06 2.75e07 1.46e08 6.1e08 1.31e09 1.02e09]
G1=tf(num,den)
Rlocuse(G1)
Sgrid([0.7],[])
```



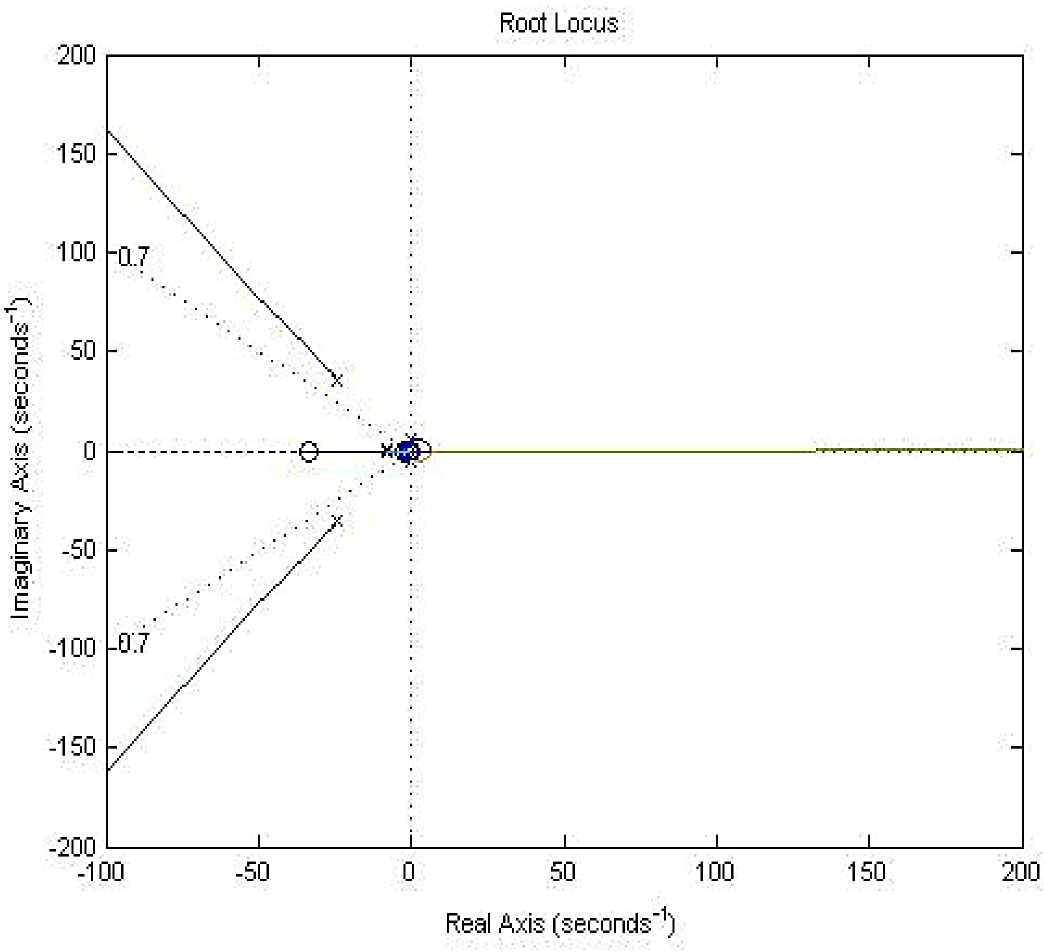
تعداد قطب ها برابرهشت و تعداد صفرها برابر چهار است که همه ی آنها سمت چپ محور jw واقع شده اندوهمچنین گین کنونی ما1.128 (این گین تقریبا روی نقطه $-8.1+.2i$ قرار میگیرد)میباشد که سیستم به ازای آن پایدار است . طبق رابطه $\xi=\cos\Phi=0.7 \Leftrightarrow \varphi \approx 45.5^\circ$ ازمبدا خطی با زاویه φ رسم می کنیم این خط نمودار را تقریبا درنقاط ($-33+34i$ و $-33-34i$) با گین 1.06e06 ونقاط($-10+10i$ و $-10-10i$) با گین 1.34e05 قطع میکند حال باید گینی را انتخاب کنیم که به ازای آن سیستم حداقل زمان جهش وزمان نشست و زمان نمو و ..... را داشته باشد که بارسم تابع پله ی آن نتیجه چنین میشود: (که گین k=1.34e5 مطلوب است)

به ازای k=1.06e6		به ازای k=1.34e5	
Rise time	.24	Rise time	0.24
SettlingTime	33.75	SettlingTime	33.75
Overshoot	124	Overshoot	0.75
Peak	81	Peak	10.33
PeakTime	0.76	PeakTime	0.78

نمودار مکان ریشه $G_2'(s)$ (سیستم ناپایدار):

دستورات MATLAB

```
num=[-1.202e006  -4.372e007   -1.266e008   -8.8e007]
den=[80  5454  2.357e05  3.634e06  2.755e07   1.465e008   6.1e008   1.315e009
1.024e009]
G2=tf(num,den)
rlocus(G2)
```



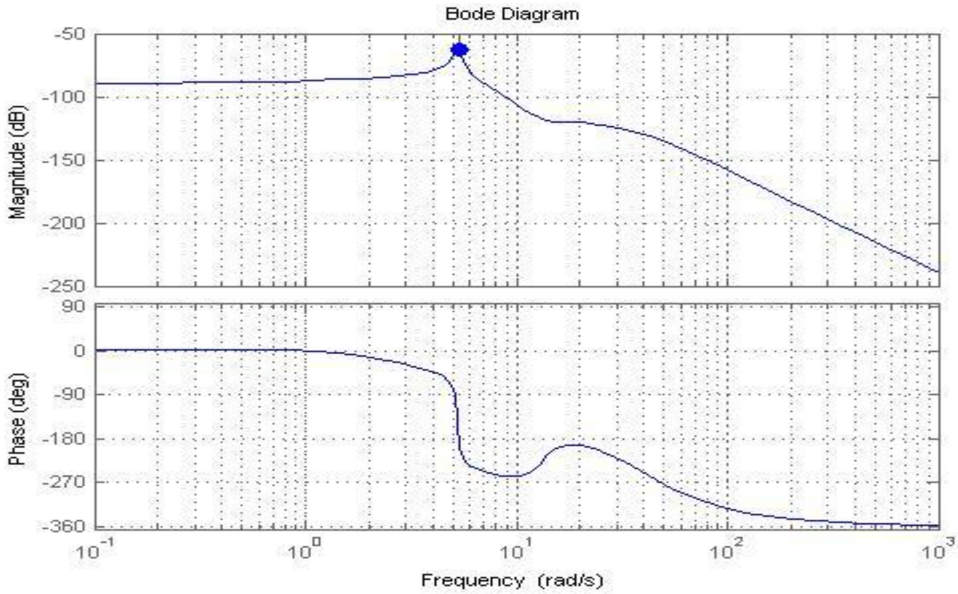
طبق رابطه $\xi = \cos\Phi = 0.7 \Leftrightarrow \varphi \approx 45.5^\circ$ ازمبدا خطی با زاویه φ رسم می کنیم

نمودار بود :

نمودار بود $G'_1(s)$

دستورات MATLAB

```
num=[90.24 760.4 1.77e04 5.066e04 35200]
den=[80 5454 2.35e05 3.63e06 2.75e07 1.46e08 6.1e08 1.31e09 1.02e09]
G1=tf(num,den)
Bode(G1)
```

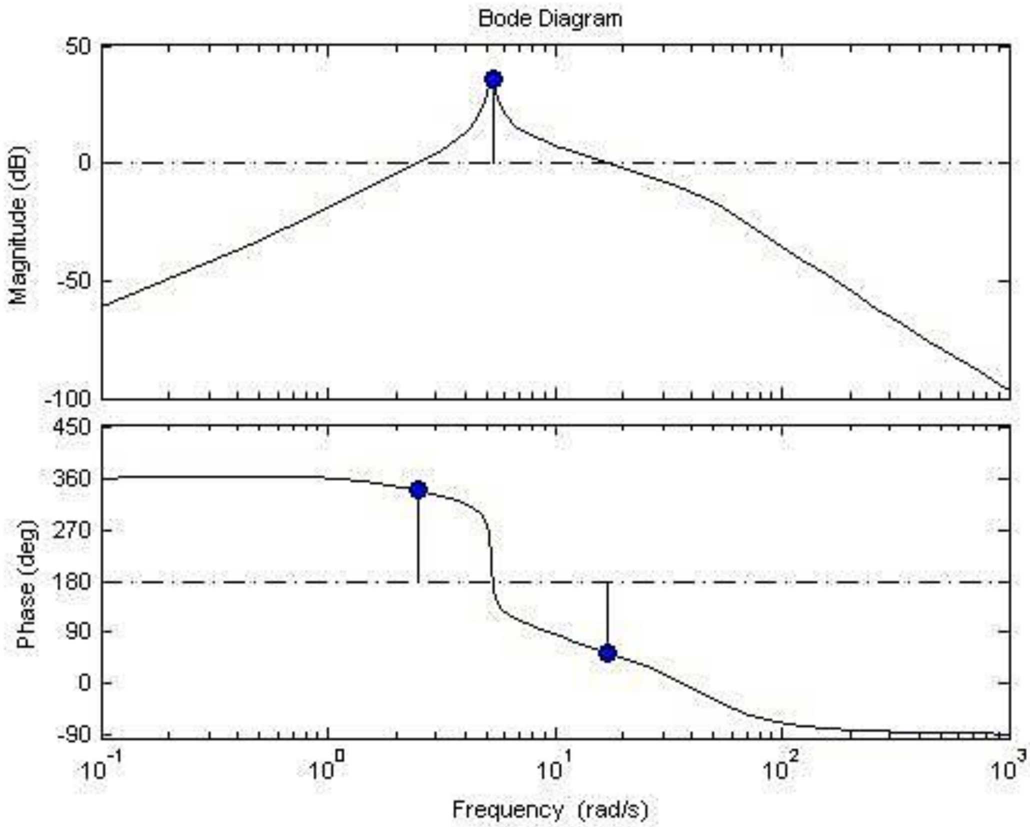


چون قطب در مبدا نداریم پس نمودار فاز از صفر شروع شده و به دلیل داشتن هشت قطب و چهار صفر نمودار به 360- ختم میشود واضح است که حاشیه بهره برابر 62.3db است.

نمودار بود $G'_2(s)$

دستورات MATLAB

```
num=[-3.605e9 -1.312e11 -3.799e11 -2.64e11 0 0 ]
den=[80 2.45e5 1.66e7 7.108e8 1.093e10 8.281e10 4.402e11 1.831e12 3.947e12 3.072e12]
G2=tf(num,den)
Gc2=feedback(G2,1)
bode(Gc2)
```



G.M=-35.5db P.M=-127.32;159

دستورات MATLAB

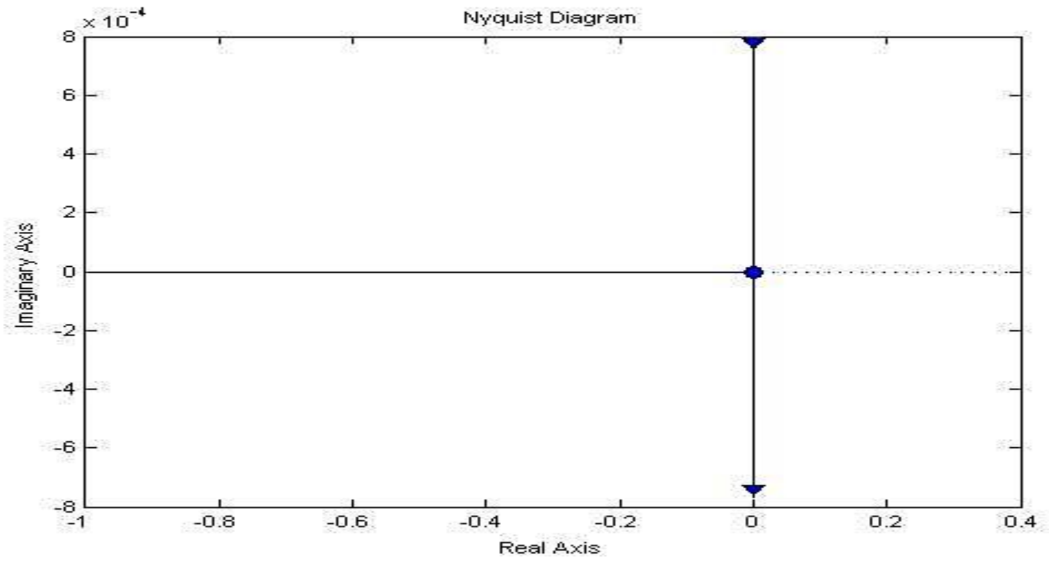
```
for k=1000:0.01:1300;
G=series(k,G1)
G2=feedback(G,1)
[a phase b c]=margin(G1)
if phase+45<0.001
if phase+45>-0.001
break
end
end
end
```

حال میخواهیم برای تابع G_1 حاشیه فاز را 45درجه کنیم از روی نمودار بود معلوم است که حاشیه فاز هیچ وقت 45 نمیشود و از آنجا که $\zeta = \cos(\Phi)$ پس حاشیه فاز را 45- انتخاب میکنیم که به ازای آن $k = 1181.86$ میباشد.

نایکوییست :رسم نمودار نمودار نایکوییست $G'_1(s)$

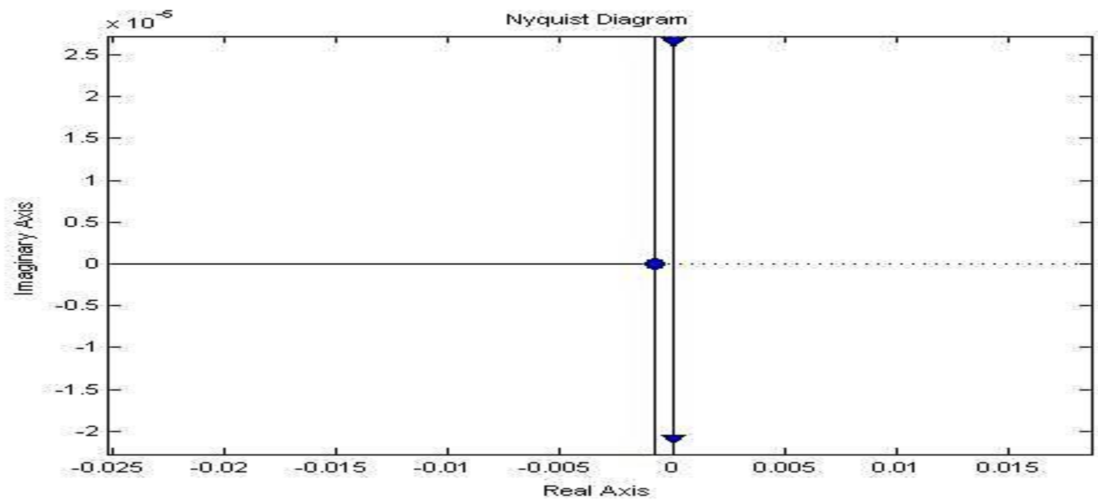
دستورات MATLAB
num=[-1.202e006 -4.372e007   -1.266e008   -8.8e007]
den=[80 5454 2.35e05 3.63e06 2.75e07 1.46e08 6.1e08 1.31e09 1.02e09]
G1=tf(num,den)
nyquist(G1)

G.M=62.3db=1296.85　　　　　P.M=inf



zoom out

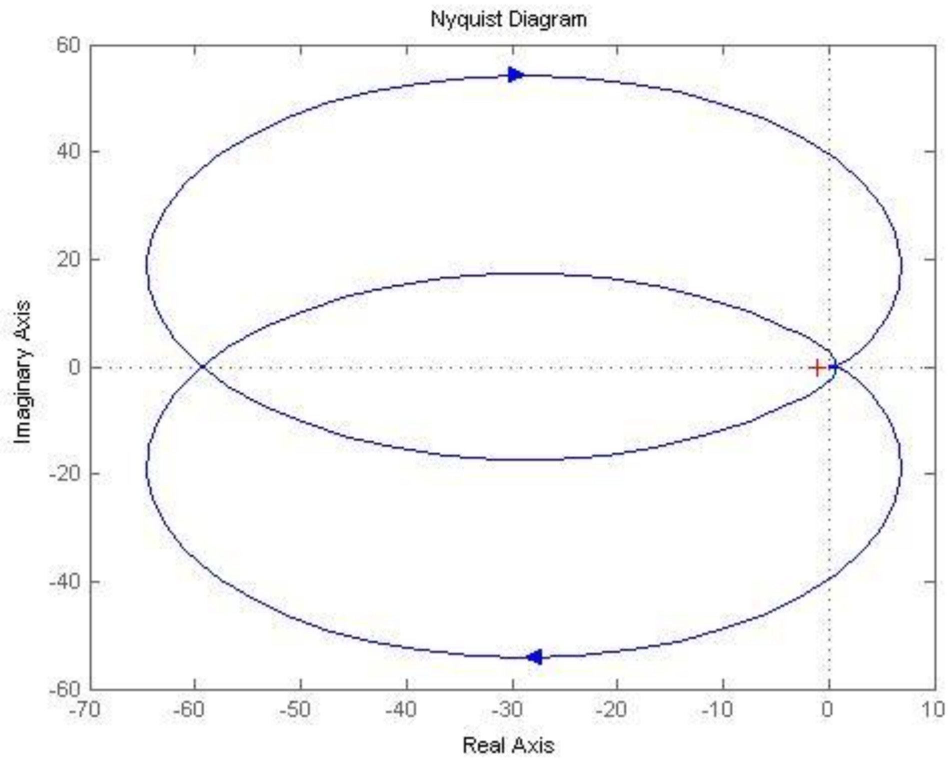
zoom in



از روی نمودار زوم شده معلوم است که نمودار نایکویست 1- را دور نزده است و همچنین قطب سمت راست نداریم پس سیستم پایدار است

رسم نمودار نمودار نایکویست $G'_2(s)$

دستورات MATLAB
num=[90.24 760.4 1.77e04 5.066e04 35200] den=[80 5454 2.35e05 3.63e06 2.75e07 1.46e08 6.1e08 1.31e09 1.02e09] G2=tf(num,den) nyquist(G2)



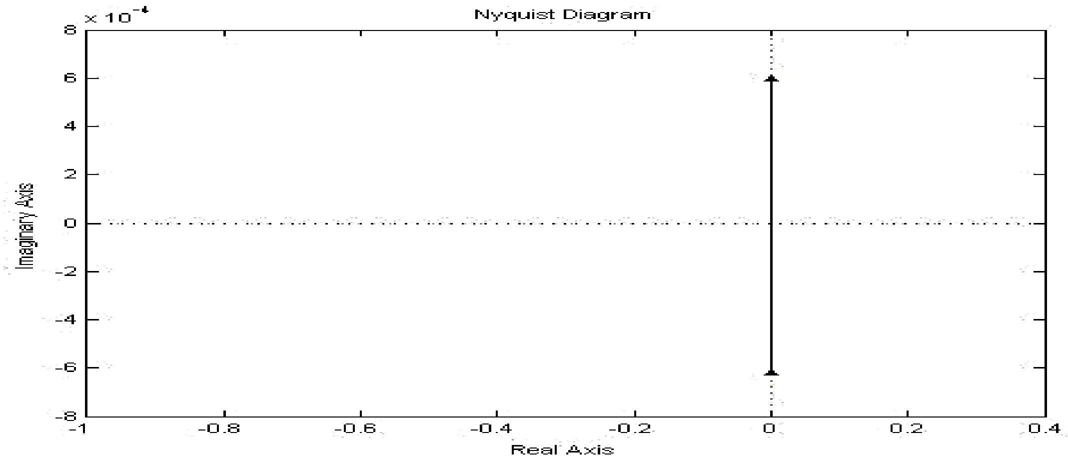
با توجه به نمودار نایکویست میتوان پی برد که سیستم ناپایدار است. چون 1- را دور زده است

وارد کردن تاخیر 0.2 ثانیه به سیستم و مشاهده نمودار نایکویست:

میدانیم سیستم تاخیر یافته به اندازه t=0.2 ثانیه به صورت روبه رو است. حال با گرفتن تبدیل لاپلاس از طرفین به رابطه ی زیر میرسیم:

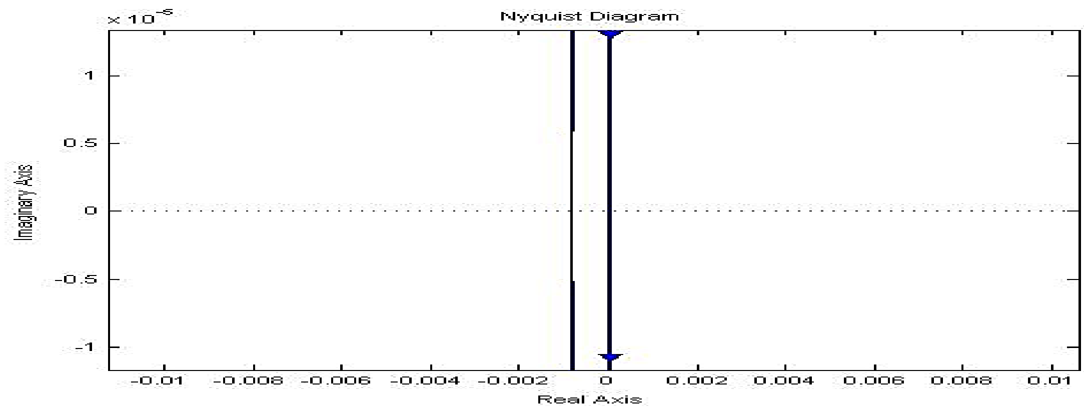
$$G''_1(t)=G_1(t-t_o)\xrightarrow[t_o=0.2s]{L}G''_1(s)=e^{-0.2s}G_1(s)$$

نمودار نایکویست تاخیر یافته $G''_1(s)$:



zoom out

zoom in



با مقایسه این نمودار و نمودار نایکویست $G''_1(s)$ و $G'_1(s)$ درمیابیم که جهت گردش نمودار نایکویست تغییرکرده ولی چون 1- را دور نمیزند همچنان سیستم پایدار است یعنی در این سیستم تاخیر بر پایداری سیستم تاثیری نداشته است