

به نام نور



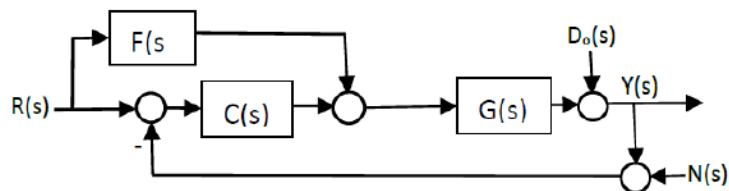
تمرین شماره 4 طراحی کنترلر

دانشجو: ریحانه نیکوبیان

شماره دانشجویی: 99106747

سال تحصیلی: 1402

در یک سیستم کنترلی پیشخوراند-پسخوراند تابع تبدیل سیستم تحت کنترل به صورت زیر است:

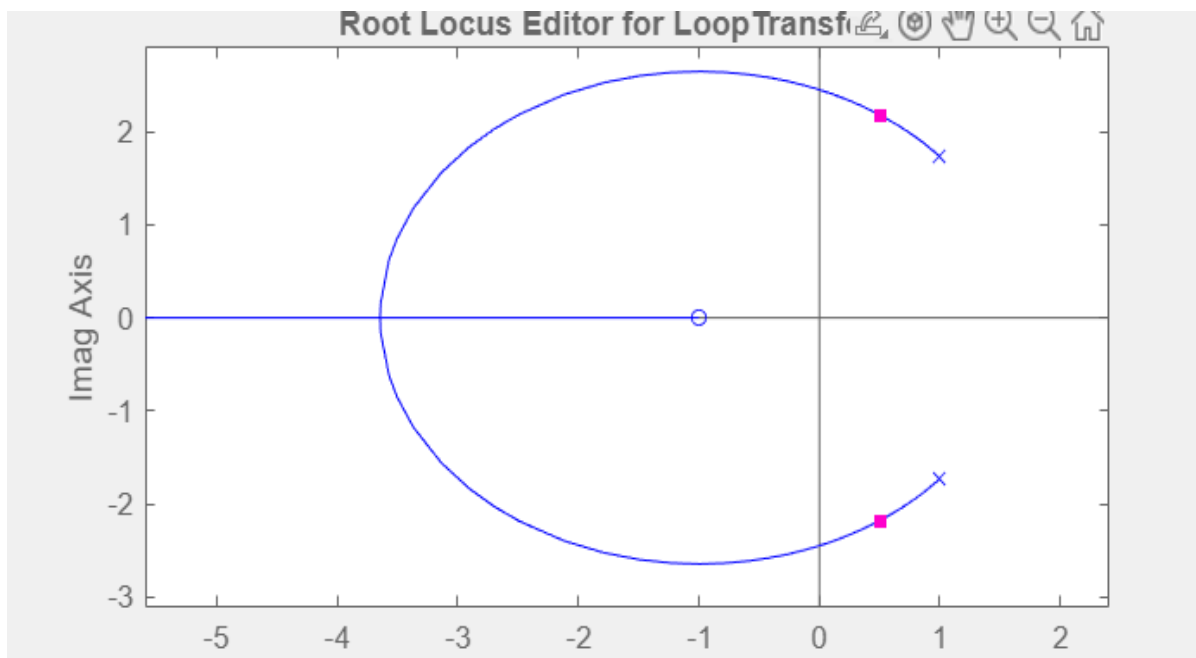


$$G(s) = \frac{(s+1)}{(s^2-2s+4)}$$

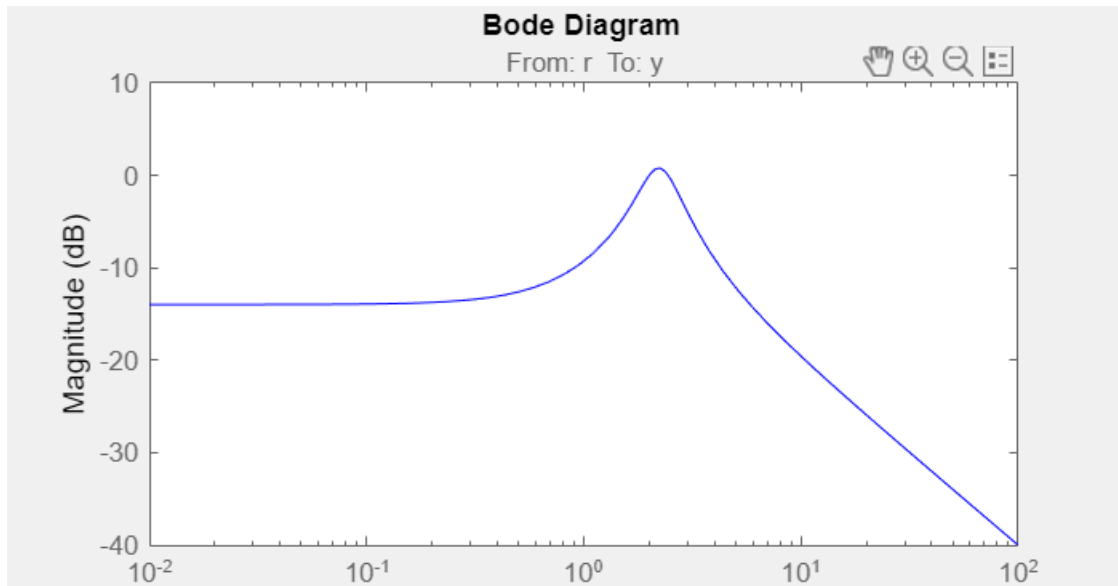
الف - با استفاده از جعبه ابزار سیسو منحنی های زیر را برای سیستم بدون کنترل رسم کنی د. تصویر صفحه را ذخیره و در پاسخ درج کنید.

مکان هندسی ریشه ها	پاسخ خروجی y نسبت به ورودی u به واحد
دیاگرام بود (اندازه) سیستم مدار بسته	دیاگرام بود (اندازه) مدار باز
دیاگرام بود (اندازه) تابع مکمل حساسیت	دیاگرام بود (اندازه) تابع حساسیت

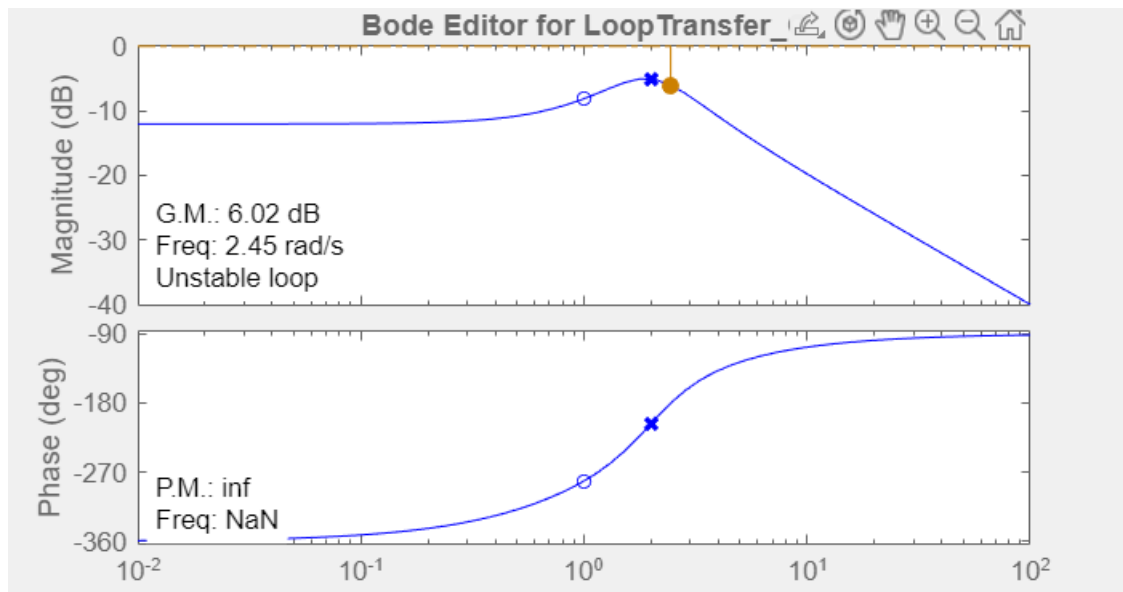
مکان هندسی ریشه ها:



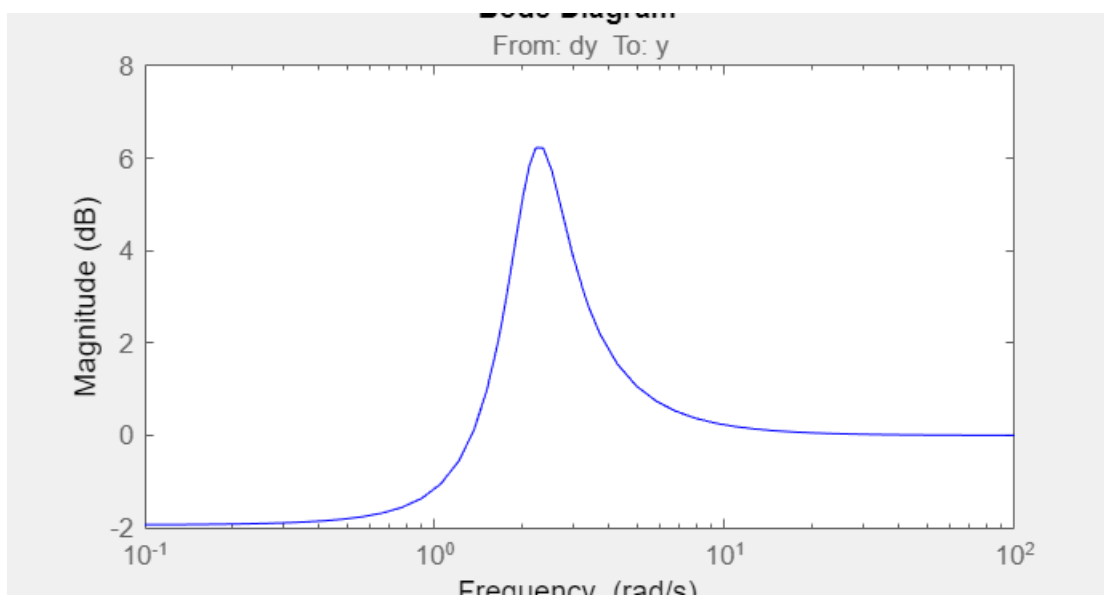
دیاگرام بود سیستم مدار بسته:



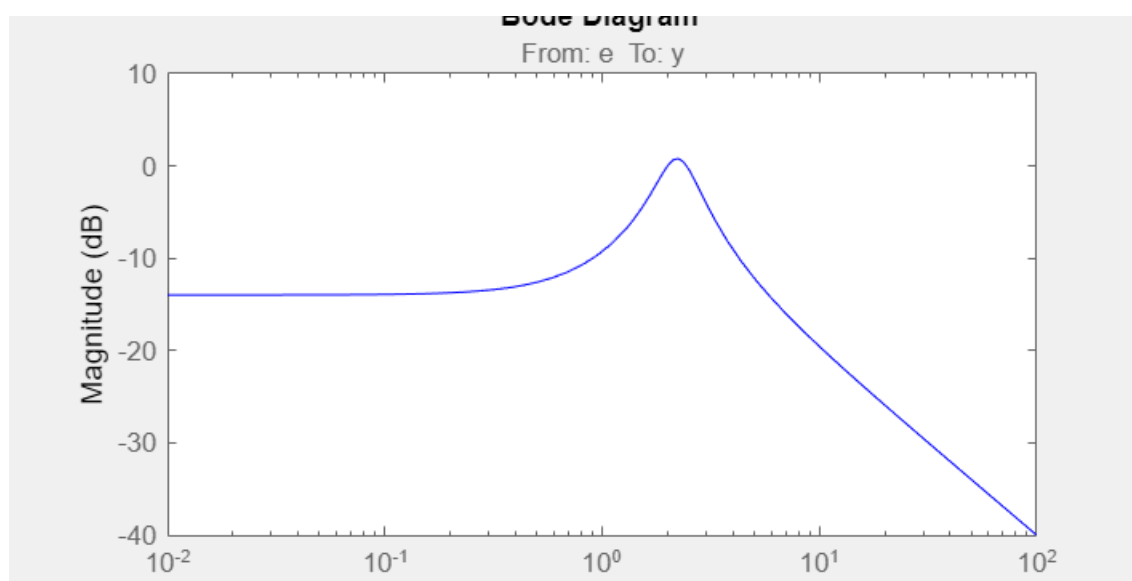
دیاگرام بود سیستم مدار باز:



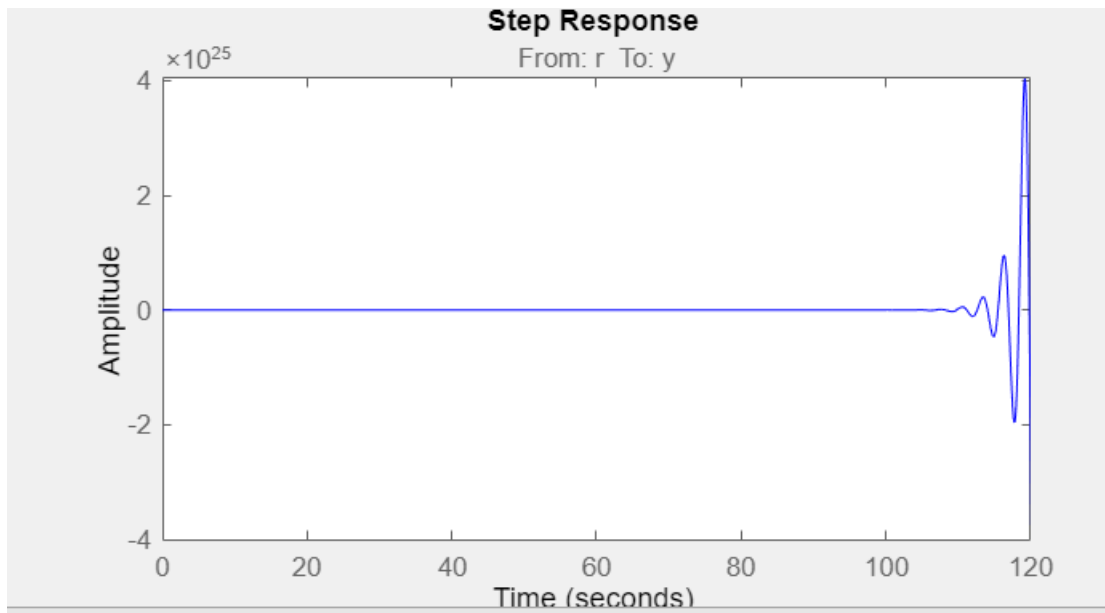
دیاگرام بود تابع حساسیت:



دیاگرام بود مکمل حساسیت:



پاسخ خروجی نسبت به پله واحد:



ب - بدون استفاده از کنترل پیشخوراند $F(s)=0$ ، و با هدف دستیابی به پایداری، کاهش اثر اغتشاش خروجی و کاهش اثر نویز، کنترل مناسب $C(s)$ را طراحی کنید. برای انتخاب کنترل مناسب، جبرانسازهای تناسبی، انتگرالی، لگ، پی دی و لید را امتحان کنید و بهترین را انتخاب و طراحی کنید. در این مرحله آیا میتوان کنترلی طراحی کرد که تبعیت از فرمان پله واحد کامل و بدون خطا داشته باشد؟

با استفاده از جعبه ابزار سیسو منحنی های فوق را برای سیستم همراه با کنترل حلقه بسته رسم کنید. تصویر صفحه را ذخیره و در پاسخ درج کنید.

اغتشاش فرکانس پایین دارد. برای حذف اثر اغتشاش خارجی باید تابع حساسیت در فرکانس های پایین اندازه کمی داشته باشد

نویز در فرکانس های بالا رخ می دهد. برای حذف اثر نویز باید تابع مکمل حساسیت در فرکانس های بالا اندازه کمی داشته باشد

کنترلر تناسبی: design2

با توجه به دیاگرام روت لوکاس می دانیم با افزایش گین به پایداری می رسیم. برای اینکه اغتشاش خروجی حذف شود باید تابع حساسیت در فرکانس های پایین اندازه کم و برای حذف اثر نویز باید تابع مکمل حساسیت در فرکانس های بالا اندازه کمی داشته باشد. که با افزایش گین، به این خواسته هم می رسیم و خطای ماندگار سیستم کاهش می یابد.

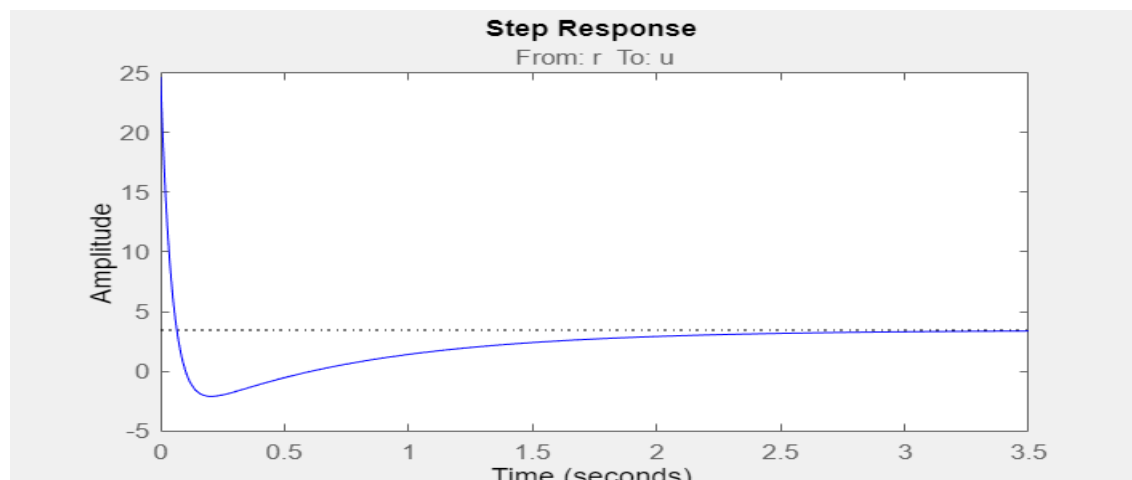
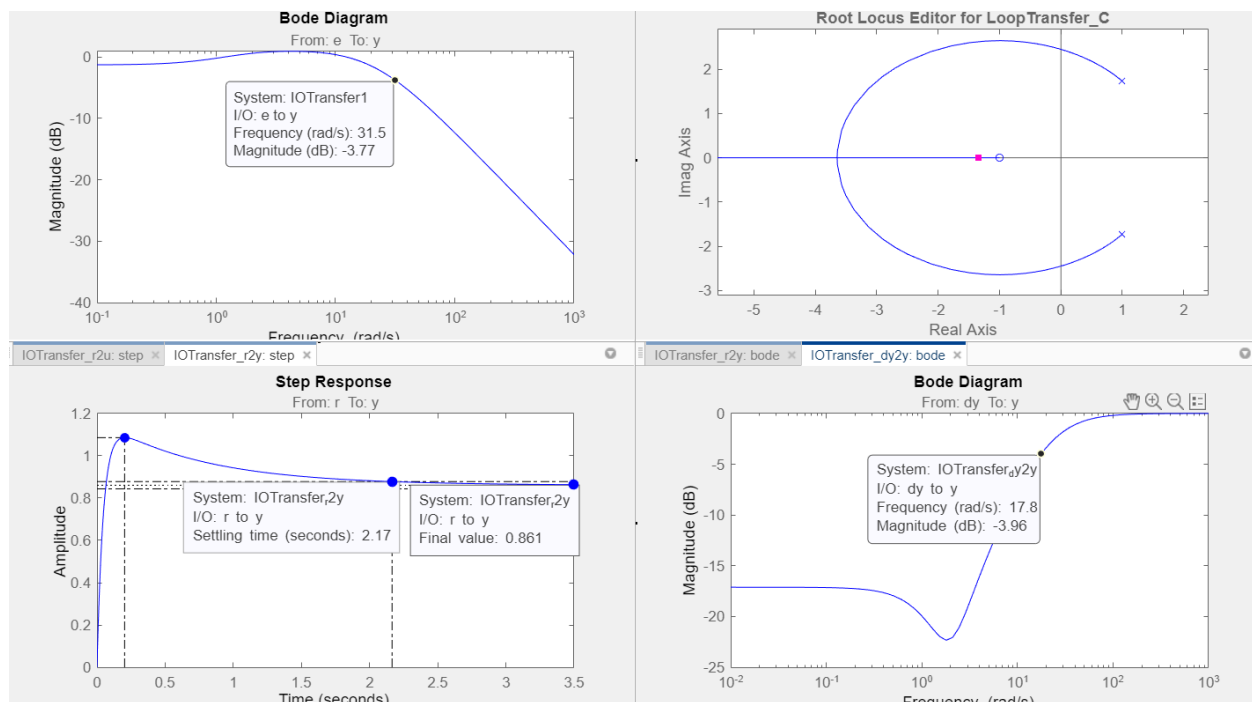
افزودن گین به بهبود این خواص کمک می کند اما از جایی به بعد دیاگرام r_u منطقی نمی شود و گین خیلی بالا هم برای سیستم منطقی نیست. بنابراین با کنترلر تناسبی نمی شود به خطای ماندگار صفر رسید.

Tunable Block
Name: C
Sample Time: 0
Value:
24.688

در اینجا به پایداری رسیدیم و در فرکانس های پایین تر از 18 rad/s
تابع حساسیت اندازه کم و در فرکانس های بالا تر از 31 rad/s تابع متمم
حساسیت اندازه کمی دارد. که این به این معنی است حذف اثر اغتشاش خارجی
و حذف نویز به خوبی انجام می شود. پاسخ گذرای سیستم نیز مناسب است

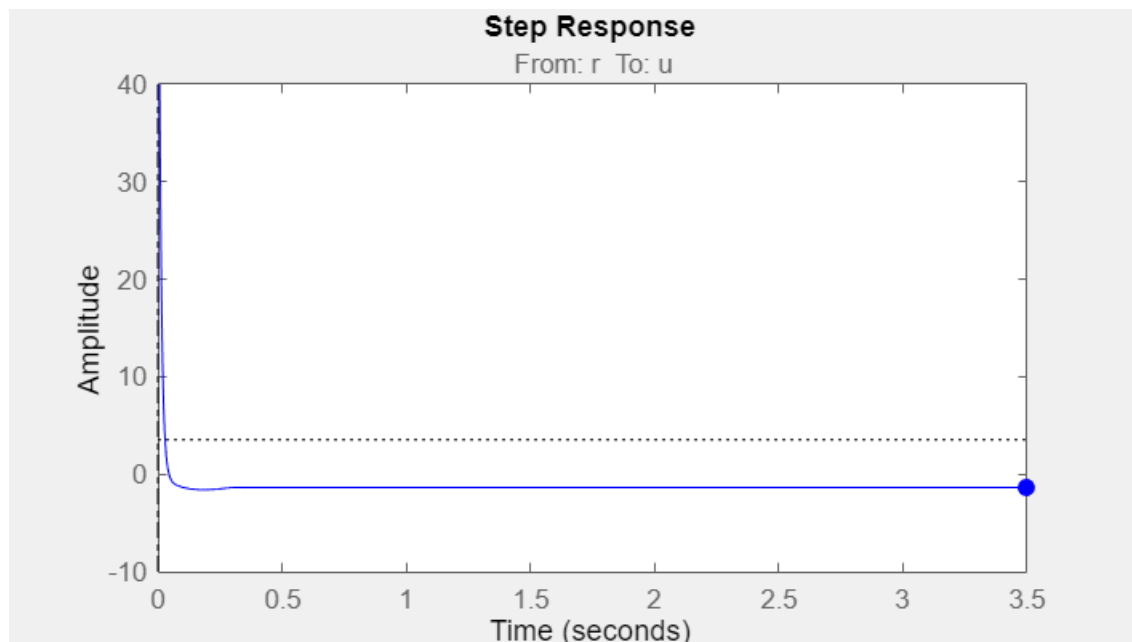
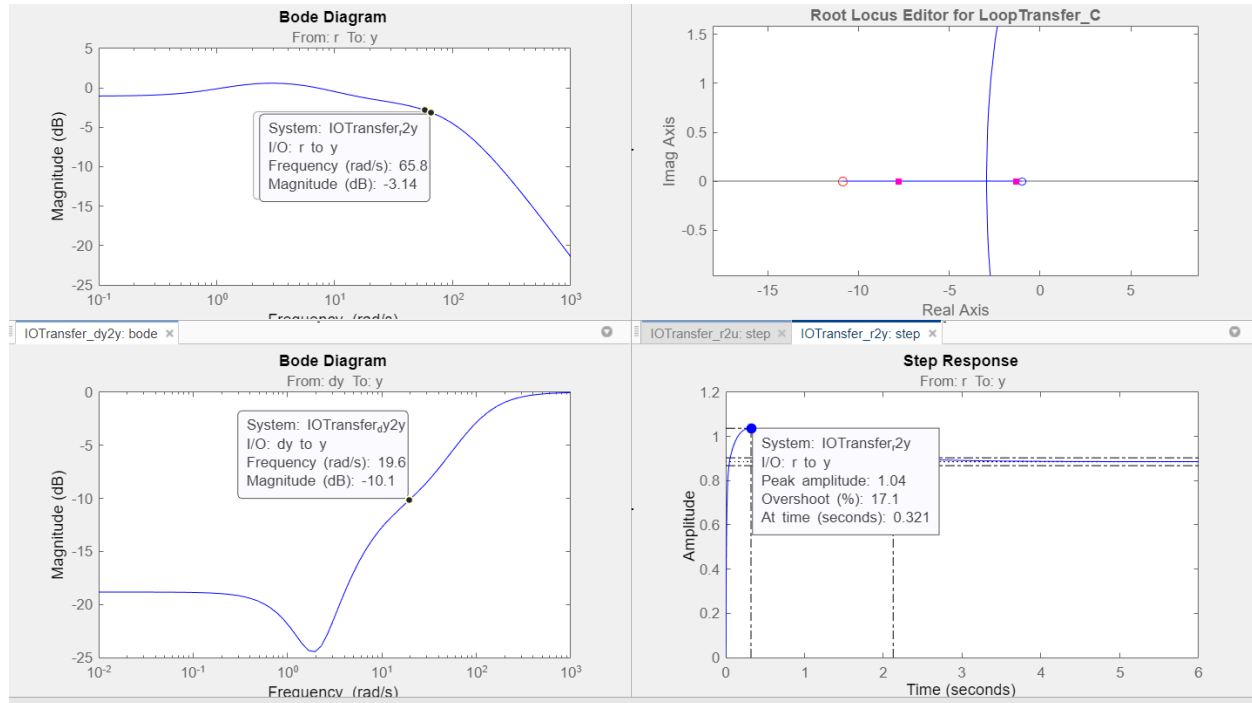
$$T_s = 2.17s$$

$$\text{Overshoot} = 26.2\%$$



چون سیستم NMP است، با افزودن انتگرال گیر سیستم ناپایدار می شود . بنابراین با انتگرال گیر نمی شود خطای ماندگار را به صفر رساند. و از این کنترلر رد می شویم.

کنترلر pd : design7



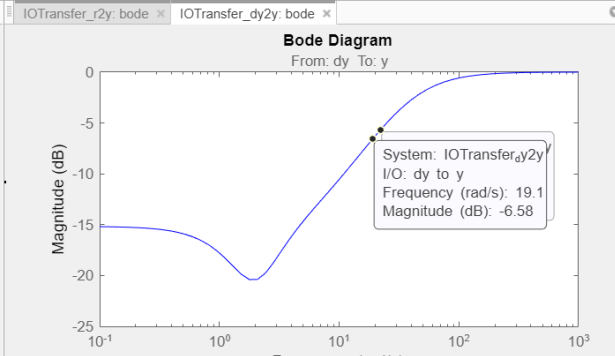
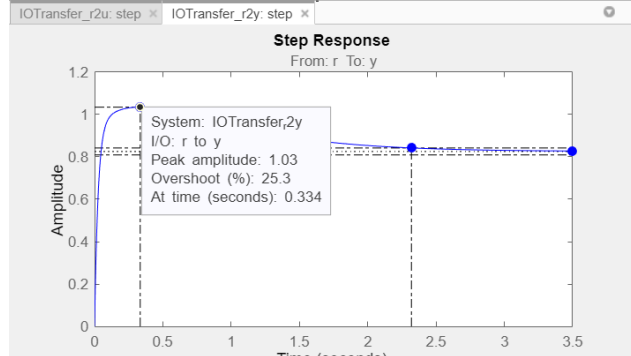
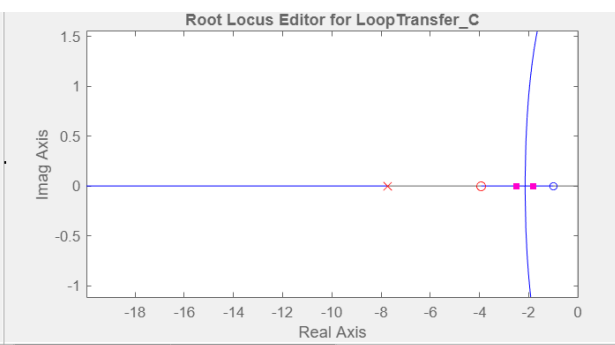
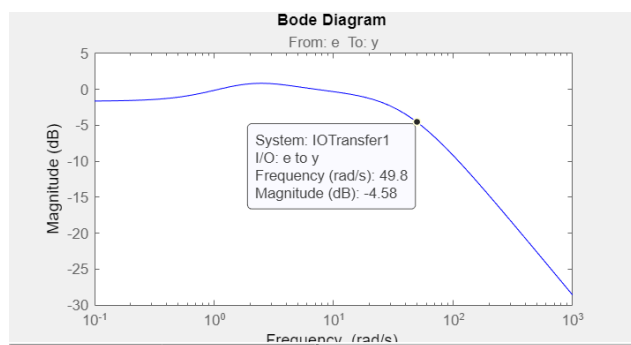
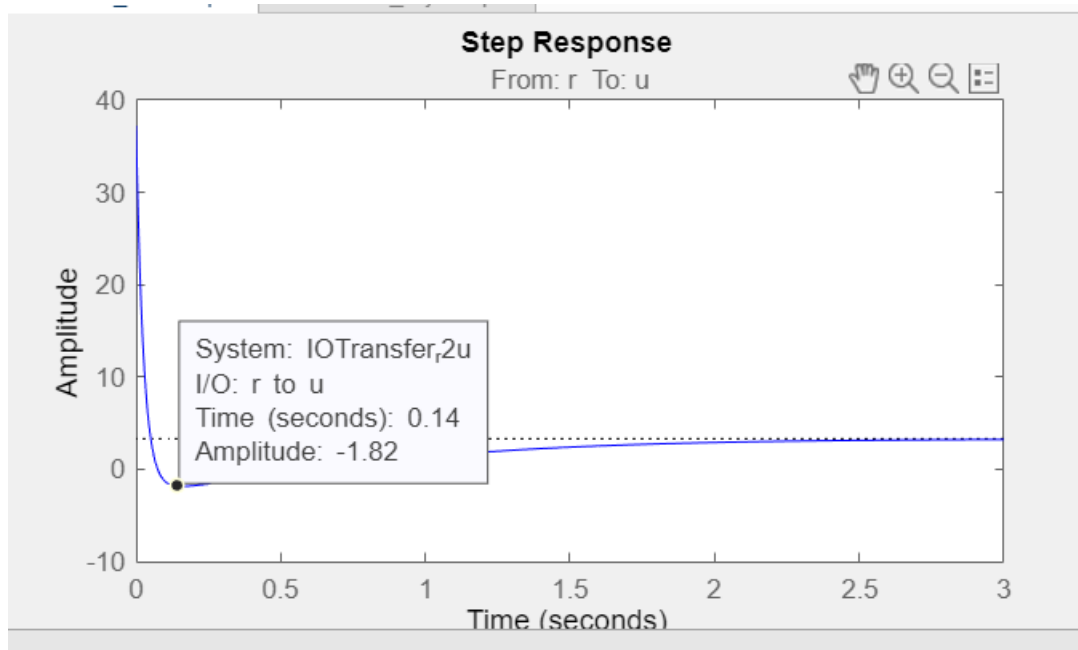

```
Tunable Block
Name: C
Sample Time: 0
Value:
      85.536 (s+10.86)
-----
      (s+30)
```

در طراحی کنترلر pd می دانیم برای اینکه سیستم کازال باشد باید یک قطب دورتر هم طراحی کنیم. در این سیستم با جابجایی صفر و قطب به خواسته های مسئله رسیدیم. تابع حساسیت در فرکانس های پایین تر از 20rad/s اندازه کم دارد که این یعنی اثر اغتشاش خروجی را حذف می کند و تابع مکمل حساسیت در فرکانس های بالاتر از 65rad/s اندازه کمی دارد و این یعنی اثر نویز را حذف میکند. پاسخ گذرای سیستم هم مطلوب است:

Overshoot: 17.1%

$T_s = 2.12\text{s}$

کنترلر لید: design4



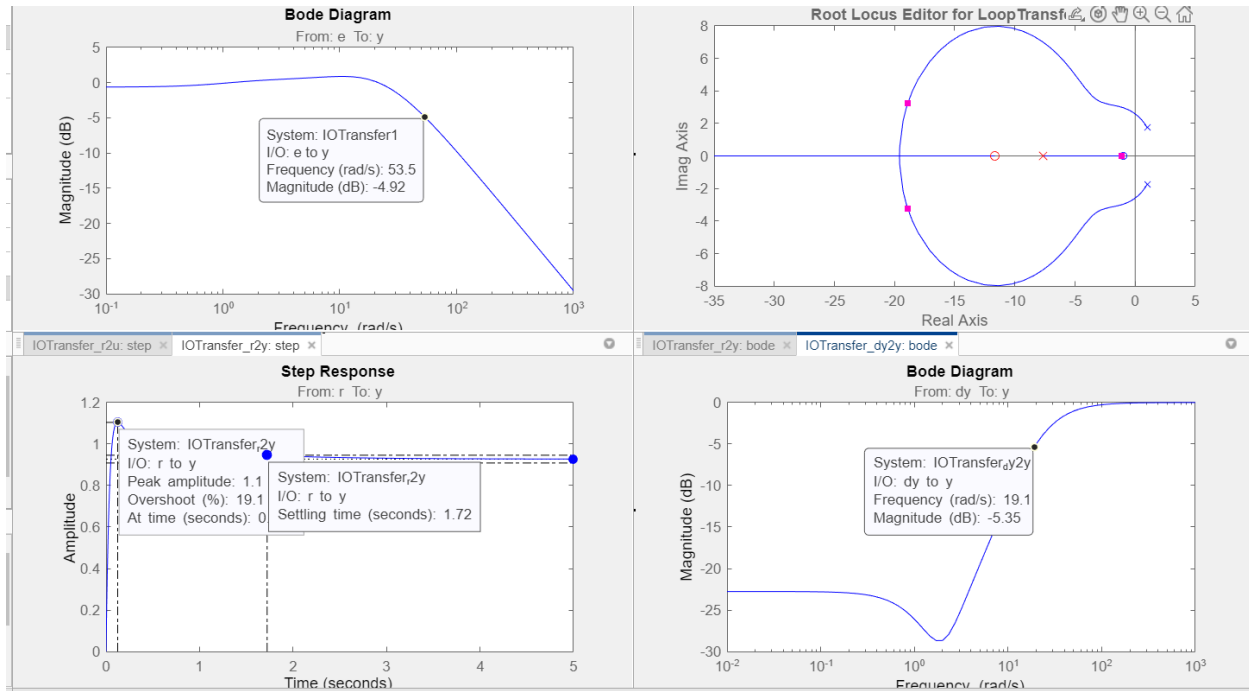
```
Tunable Block
Name: C
Sample Time: 0
Value:
  37.19 (s+3.925)
  -----
        (s+7.715)
```

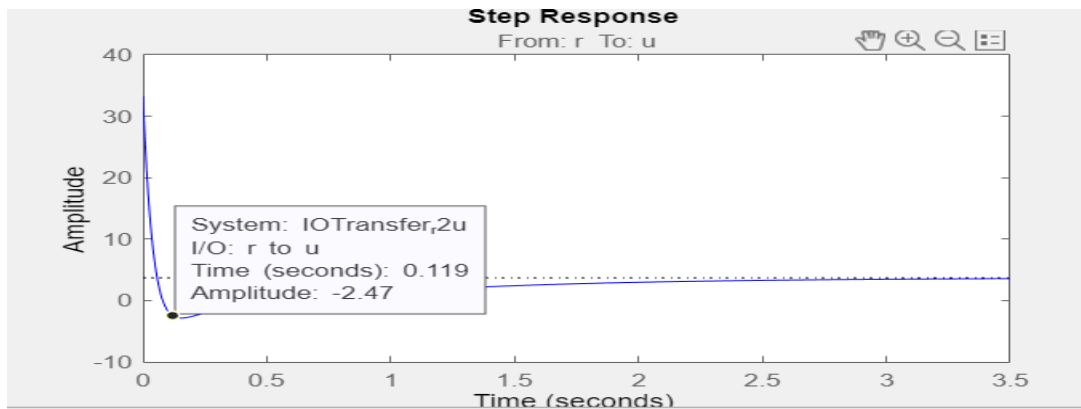
با کنترلر لید هم به شرایط مطلوبی می رسیم. سیستم پایدار می شود و خطای ماندگار کاهش می یابد. تابع حساسیت در فرکانس های پایین تر از 20 rad/s انداز کم و تابع مکمل حساسیت در فرکانس های بالا تر از 50 rad/s انداز پایینی دارد. که این یعنی سیستم توانایی خوبی در حذف اغتشاش و نویز دارد. پاسخ گذرای سیستم هم مناسب است

Overshoot: 25.3%

$T_s = 2.3 \text{ s}$

کنترلر لگ: design5





Design Data
Name: Design5
Sample Time: 0
Value:

$C =$

$$\frac{33.3 (s+11.67)}{(s+7.621)}$$

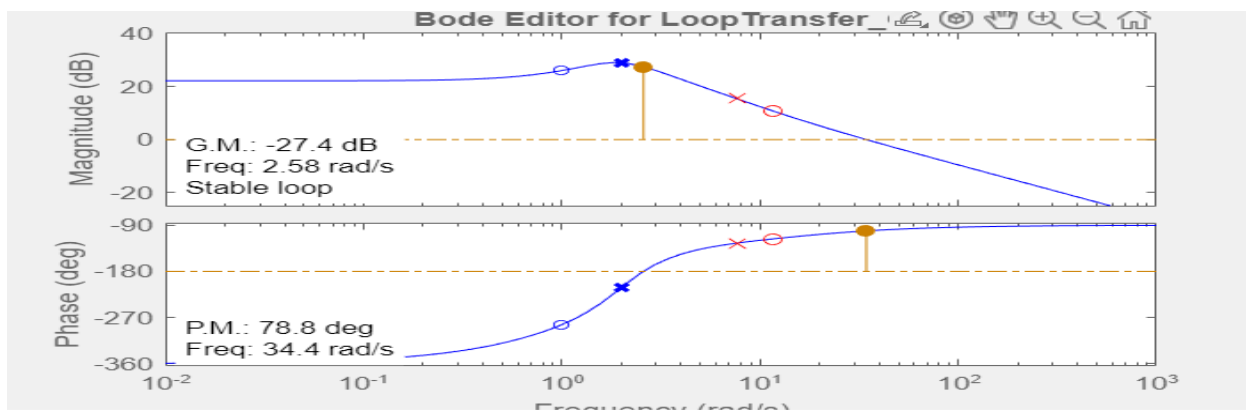
کنترلر لگ هم ما را به خواسته های مطلوب می رساند. حذف اثر نویز در فرکانس های بالا تر از 50 دسی بل و حذف اثر اغتشاش در فرکانس های پایین رخ می دهد. سیستم پایدار است و داریم:

Overshoot: 19.1%

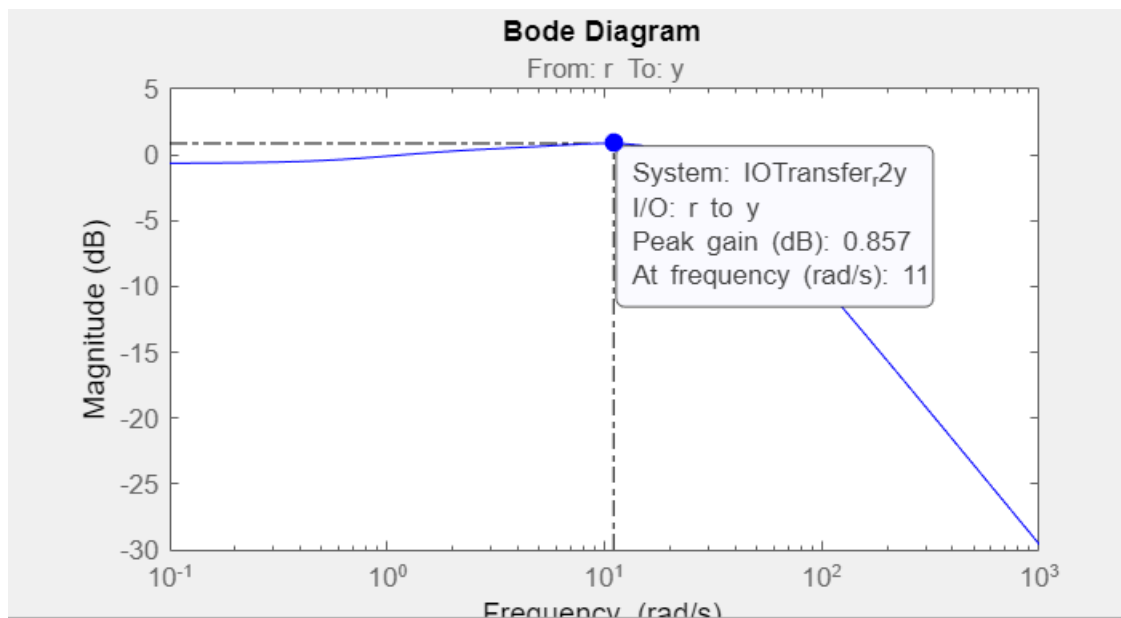
$T_s = 1.72s$

می دانیم نمی شود کنترلر C طراحی کرد که خطای ماندگار صفر داشته باشد و کامل از فرمان تبعیت کند و سیستم قابل پیاده سازی باشد. ولی بسته به خواسته دقیق تر مسئله مثل پاسخ گذرا یا تعیین فرکانس موثر نویز و اغتشاش یکی از این سه کنترلر انتخاب می شود. فعلا پاسخ گذرای سیستم با کنترلر لگ مناسب تر به نظر می رسد. همین کنترلر را انتخاب می کنیم.

دیagram بود سیستم مدار باز همراه کنترلر لگ:



دیگرام بود سیستم مدار بسته همراه کنترلر لگ:



پ - حال کنترل پیشخوراند را چنان طراحی کنید که سیستم تبعیت از فرمان پله واحد کامل و بدون خطا داشته باشد. با استفاده از جعبه ابزار سیسو منحنی های فوق را برای سیستم همراه با کنترل حلقه بسته و کنترل پیشخوراند رسم کنید. تصویر صفحه را ذخیره و در پاسخ درج کنید.

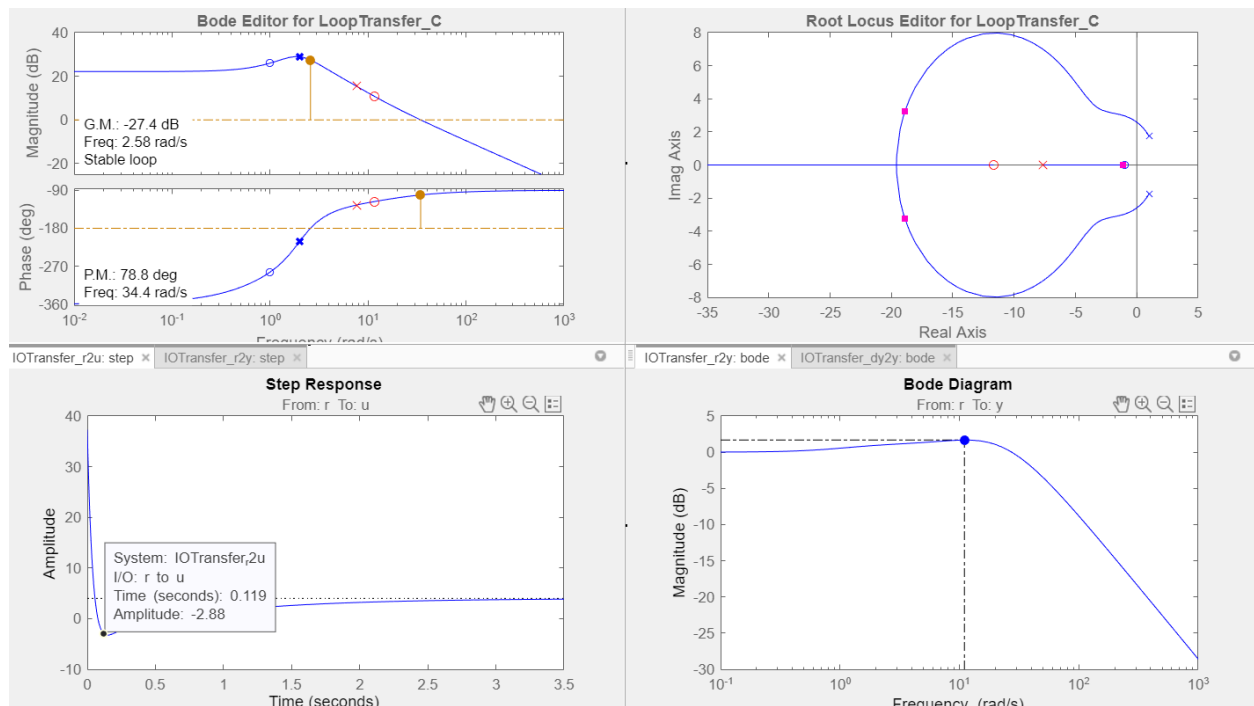
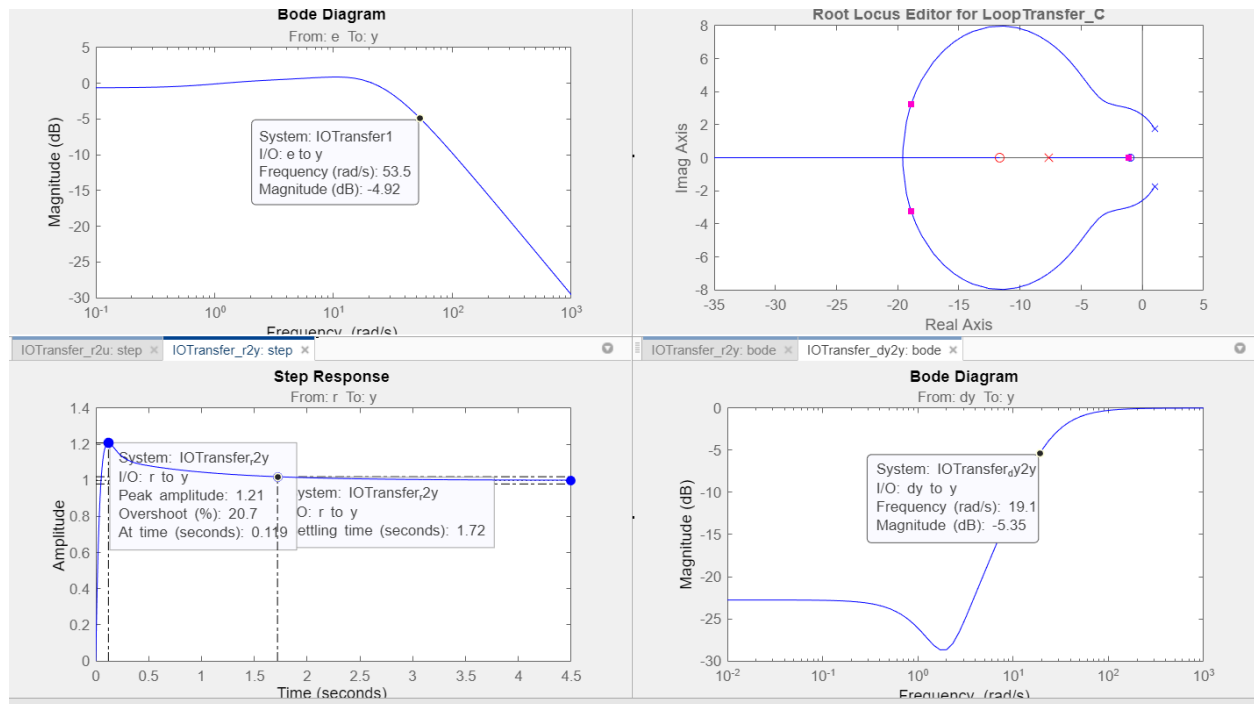
برای اینکه خطای سیستم نسبت به ورودی پله واحد صفر شود داریم:

$$e_{ss}|_{us} = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{s} G_{er}(s) = 1 - G_F(0)G(0) = 0$$

$G(0)=0.25$ ، پس به ازای $F=4$ خطای ماندگار سیستم صفر میشود.

سیستم همراه با کنترل حلقه بسته و کنترل پیشخوراند:

Desing6



همانطور که مشخص است دیاگرام های روت لوکاس، تابع حساسیت و متمم حساسیت و دیاگرام سیستم مدار باز همچنان ثابت است. و پاسخ گذرای سیستم هم نسبت به ورودی پله تغییر انچنانی ندارد فقط خطای ماندگار صفر می شود و در اورشوت و t_s تغییر کمی رخ می دهد. بنابراین با کنترل حلقه بسته پاسخ گذرا و اورشوت و حساسیت نسبت به نویز و اغتشاش را کنترل می کنیم و با کنترل پیشخوراند تبعیت از فرمان را درست می کنیم.

Overshoot:20.7s

$T_s=1.72s$

$F=1$

Design Data
Name: Design5
Sample Time: 0
Value:

C =

33.3 (s+11.67)

(s+7.621)