



آزمایشگاه سیستم‌های کنترل خطی

آزمایش شماره 4:

سیستم‌های می‌نیم فاز و غیر می‌نیم فاز

نام و نام خانوادگی:

نازنین شرقی

شماره دانشجویی:

9725933

استاد محترم:

دکتر حسین قلی‌زاده نرم

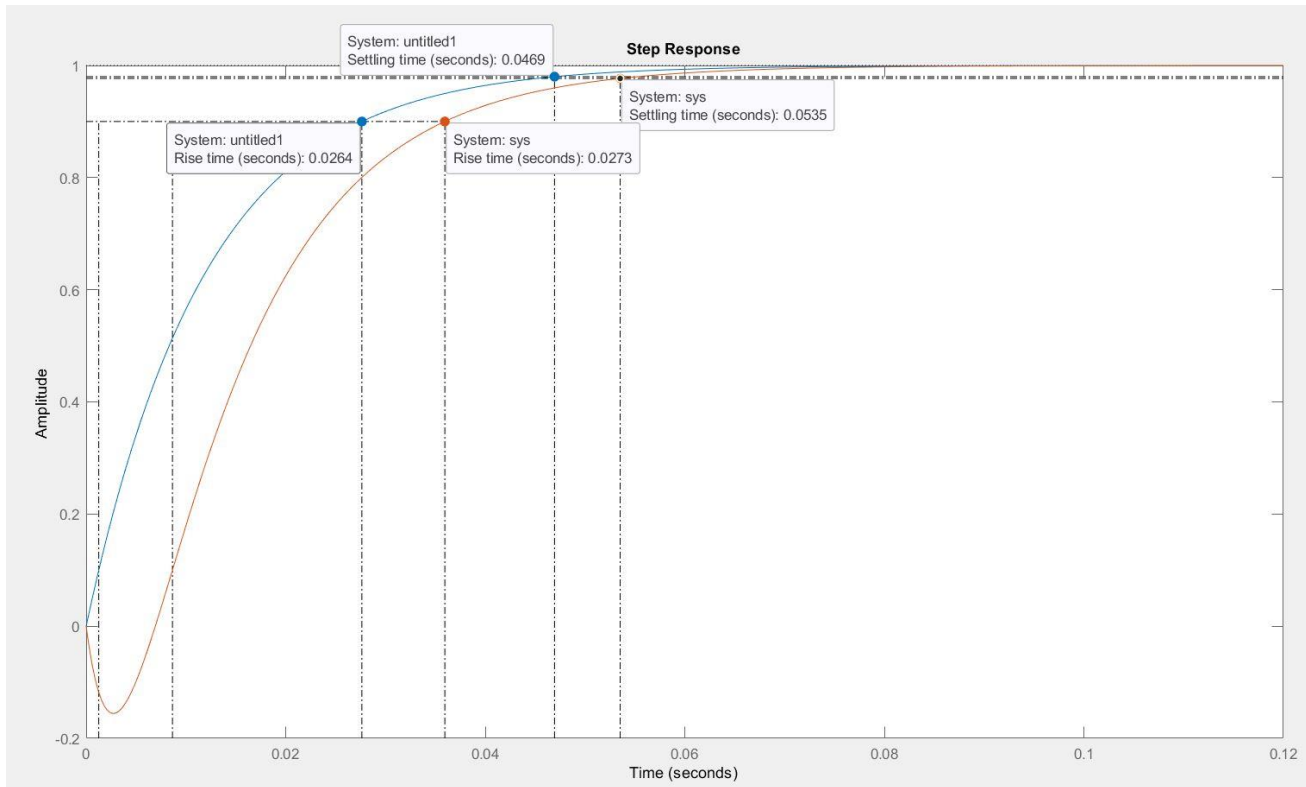
تاریخ تحویل گزارشکار:

1400.8.30

- سیستم غیر می نیمم فاز:

سیستم هایی که دارای صفر یا قطب سمت راست باشند را سیستم غیر می نیمم فاز گویند. که در این آزمایش صفر سمت راست مد نظر ما است و به بررسی تاثیرات اضافه شدن صفر سمت راست به پهنای باند و مکان هندسی و پاسخ پله سیستم می پردازیم.

✓ پاسخ پله سیستم می نیمم فاز و غیر می نیمم فاز را باهم مقایسه می کنیم.



منحنی قرمز مربوط به سیستم غیر می نیمم فاز و منحنی آبی مربوط به سیستم می نیمم فاز است.

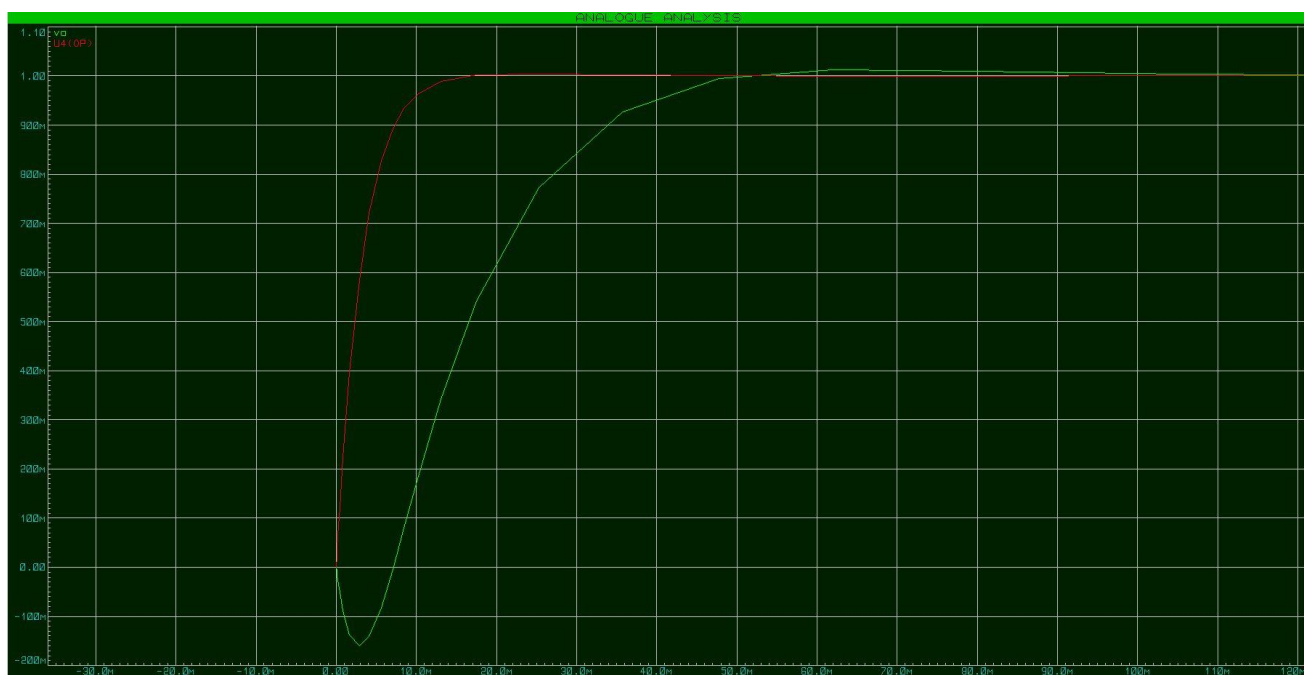
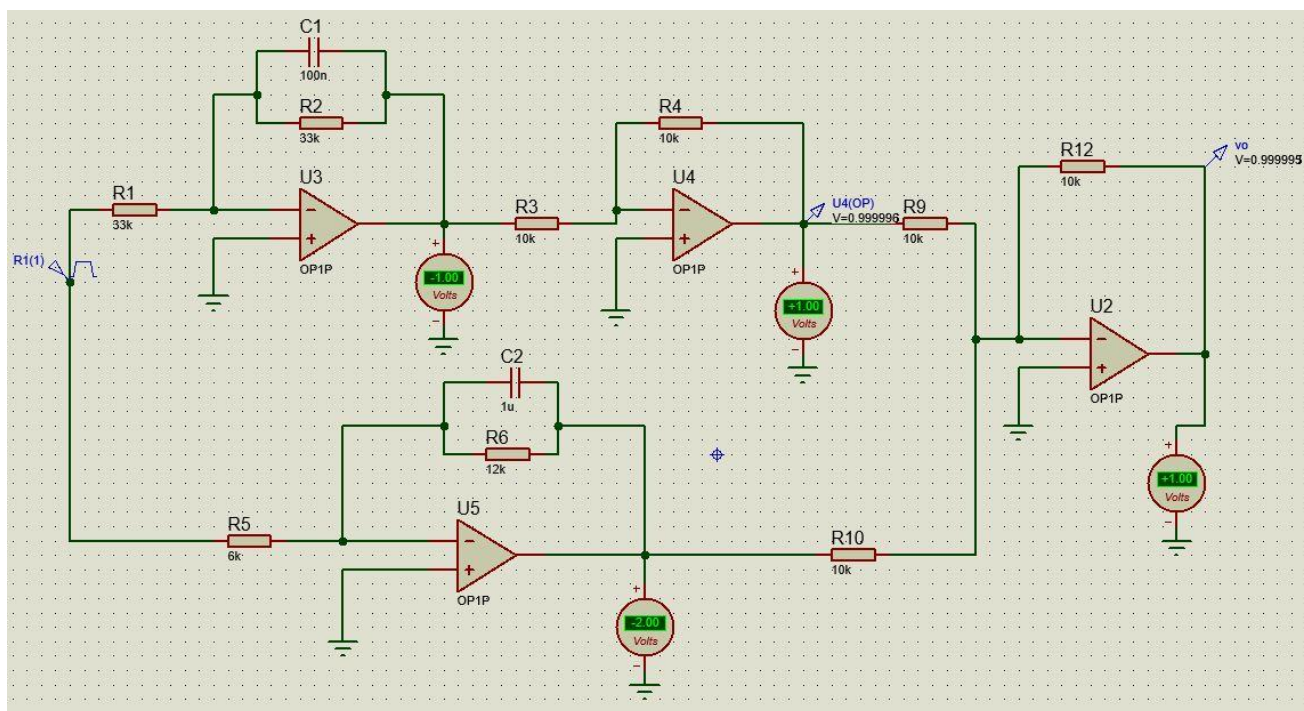
همانطور که در شکل فوق مشاهده می کنیم، مهم ترین تفاوت در پاسخ پله ها، وجود undershoot (فرو جهش) در سیستم غیر می نیمم فاز است.

از نظر سرعت، سیستم می نیمم فاز سرعت بیشتری دارد که با توجه به مقدار settling time این موضوع مشخص می شود.

از نظر مقدار rise time، سیستم می نیمم فاز rise time کمتری دارد.

همچنین مقدار نهایی سیستم می نیمم فاز 2 و مقدار نهایی سیستم غیر می نیمم فاز 1 است که خطای حالت دائم ندارند و در اینجا برای مقایسه بهتر سیستم می نیمم فاز را در 0.5 ضرب می کنیم.

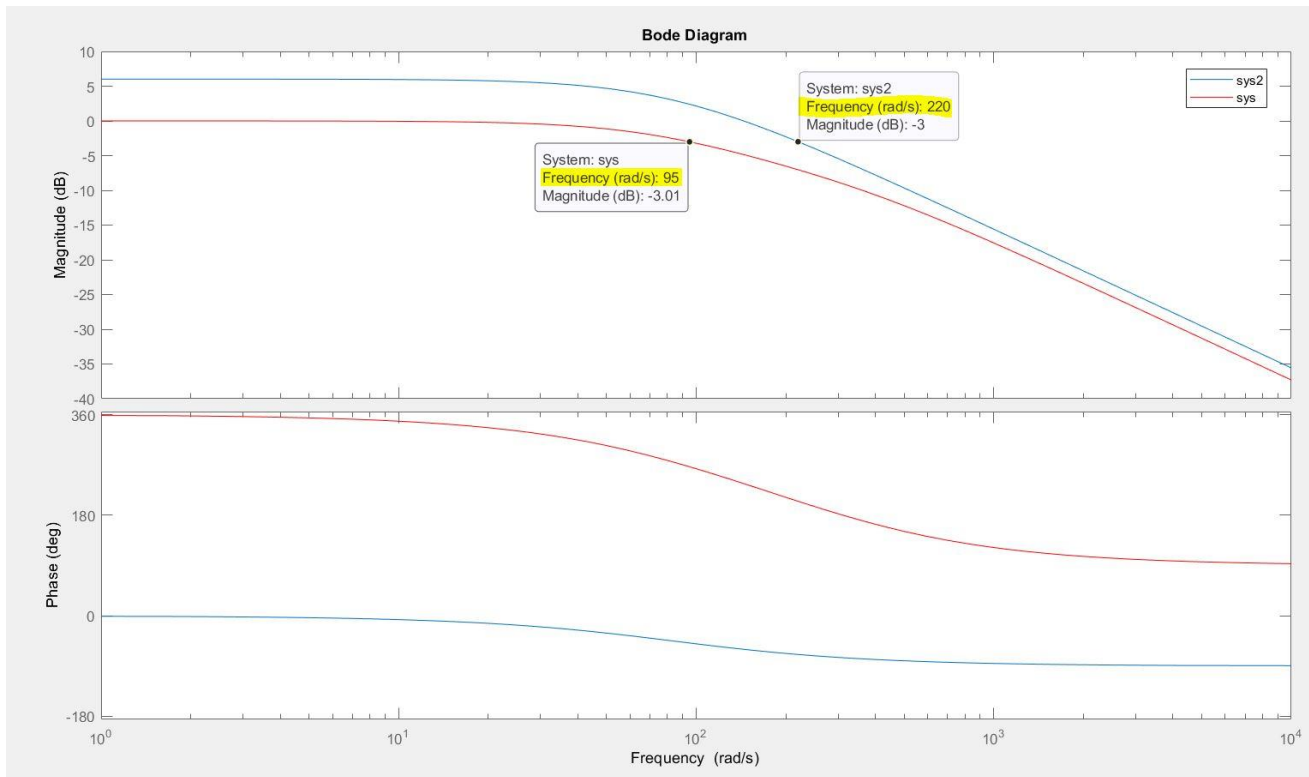
مدار سیستم غیر می نیمم فاز را در پروتئوس بسته و پاسخ پله ها را بررسی می کنیم که نتیجه مشابه با متلب بدست می آید.



در شکل فوق، منحنی سبز مربوط به سیستم غیر می نیمم فاز و منحنی قرمز مربوط به سیستم می نیمم فاز است.

✓ پهنای باند سیستم می نیمم فاز و غیر می نیمم فاز را مقایسه می کنیم.

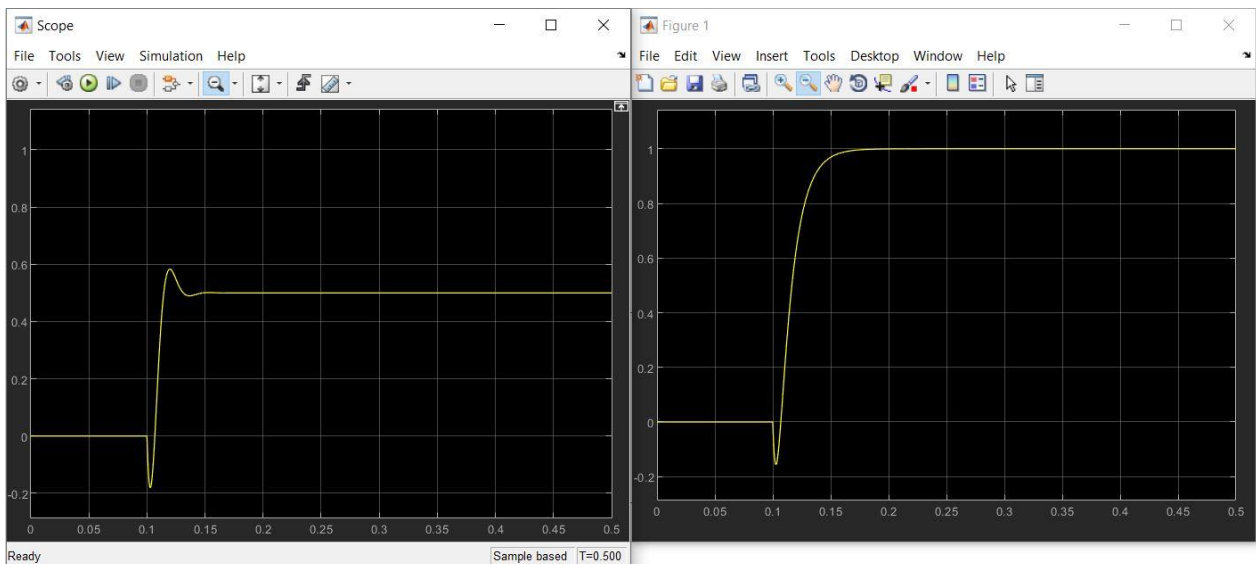
همانطور که می دانیم افزودن صفر سمت راست باعث کاهش پهنای باند و در نتیجه کاهش سرعت سیستم می شود. اما مزیت آن حذف اثرات نویز در خروجی است.



در شکل فوق، منحنی قرمز مربوط به سیستم غیر می نیمم فاز و منحنی آبی مربوط به سیستم می نیمم فاز است.

اگر در نمودار bode، خط 3dB را مشخص کنیم، نقطه ای که منحنی را قطع می کند همان فرکانس قطع یا پهنای باند سیستم است که با توجه به مقدار مشخص شده در شکل، پهنای باند سیستم غیر می نیمم فاز (95 rad/s) نسبت به پهنای باند سیستم می نیمم فاز (220 rad/s) کم تر است.

✓ اگر حلقه سیستم با فیدبک منفی واحد بسته شود، پاسخ سیستم به چه صورتی می باشد؟

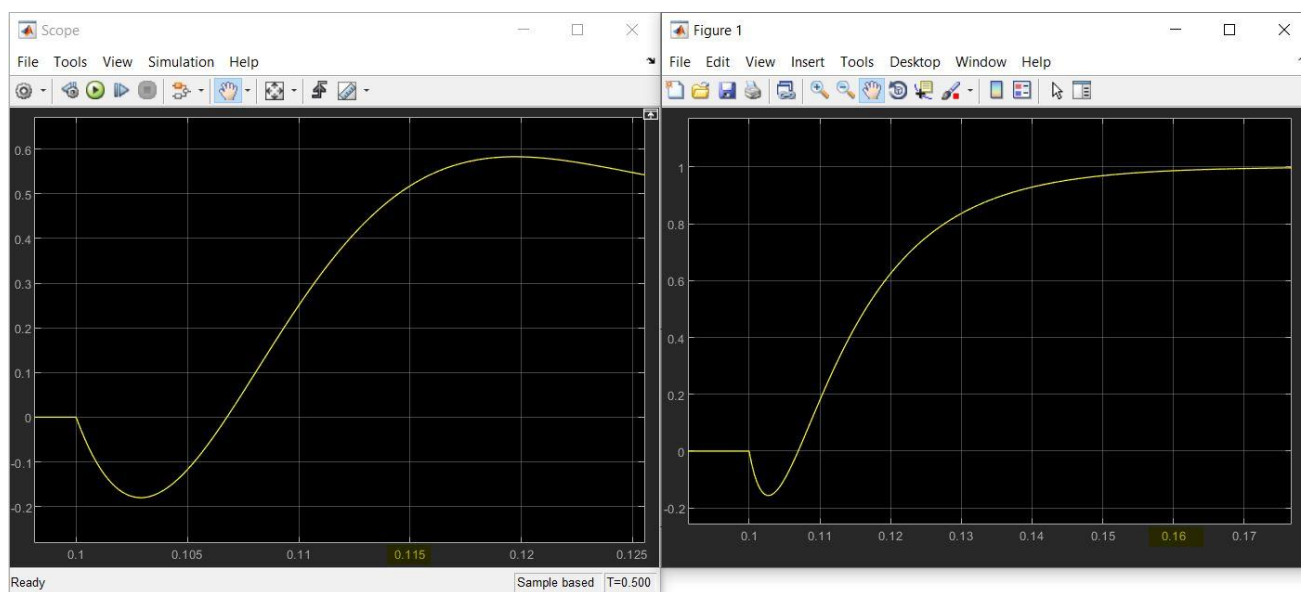


شکل سمت چپ، سیستم غیر می نیمم فاز با فیدبک منفی واحد است که مشاهده می کنیم نسبت به سیستم بدون فیدبک (شکل سمت راست)، سریع تر است زیرا فیدبک منفی پهنای باند را افزایش داده و باعث افزایش سرعت می شود. و همچنین علاوه بر undershoot، نوسان پیدا کرده است.

مقدار نهایی سیستم با فیدبک واحد تقریباً 0.5 شده است که نسبت به 1 خطای حالت دائم داریم.

مقدار settling time در سیستم با فیدبک واحد برابر 0.15 است.

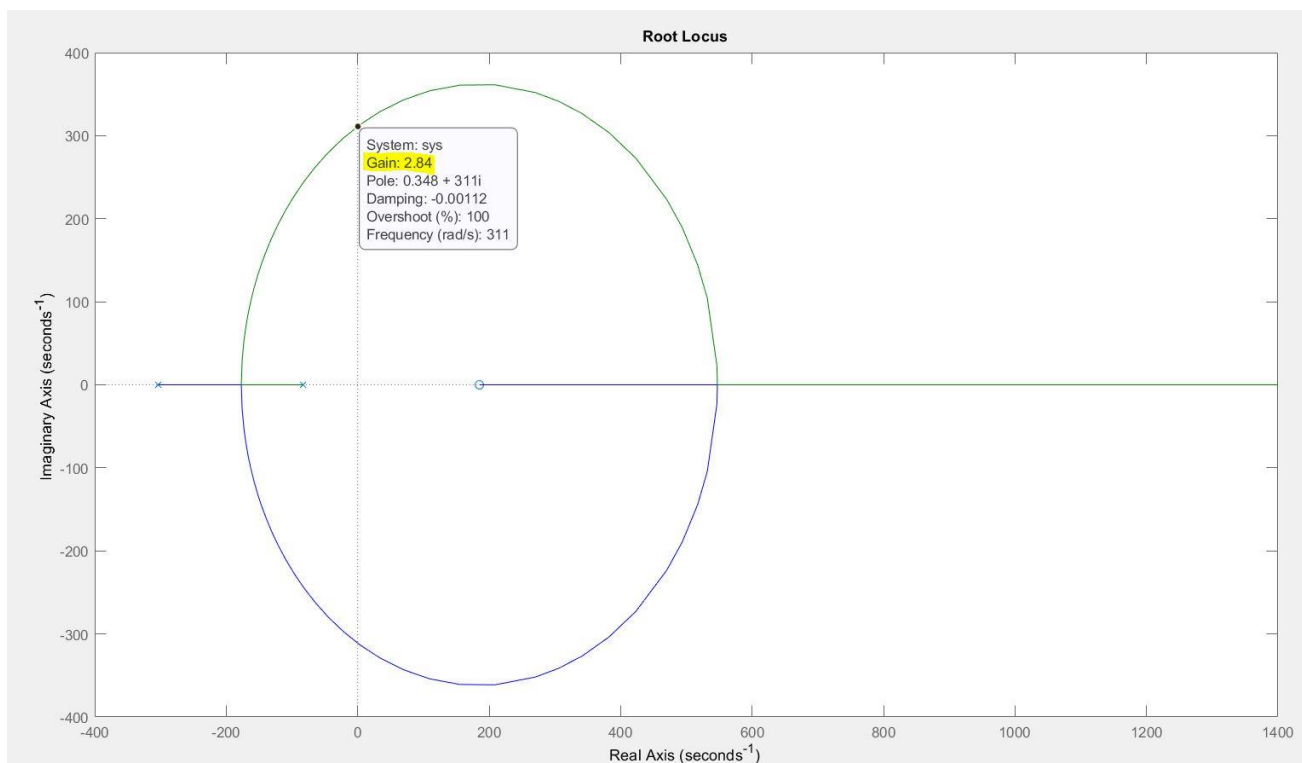
با توجه به شکل زیر، سیستم با فیدبک واحد در 0.115 به 90 درصد مقدار نهایی خود رسیده است در حالی که سیستم بدون فیدبک در 0.16 به مقدار نهایی خود رسیده است.



در پروتئوس نیز مدار را بسته و پاسخ آن را بررسی می کنیم که مشابه با متلب می باشد.



✓ مکان هندسی ریشه های سیستم غیر می نیمم فاز را بررسی می کنیم.



همانطور که در شکل فوق مشاهده می کنیم، افزودن صفر سمت راست باعث می شود سیستم به ناپایدار شدن میل کند.

با افزایش بهره، مکان هندسی به سمت راست می رود و به ازای $k \geq 2.84$ سیستم ناپایدار می شود.

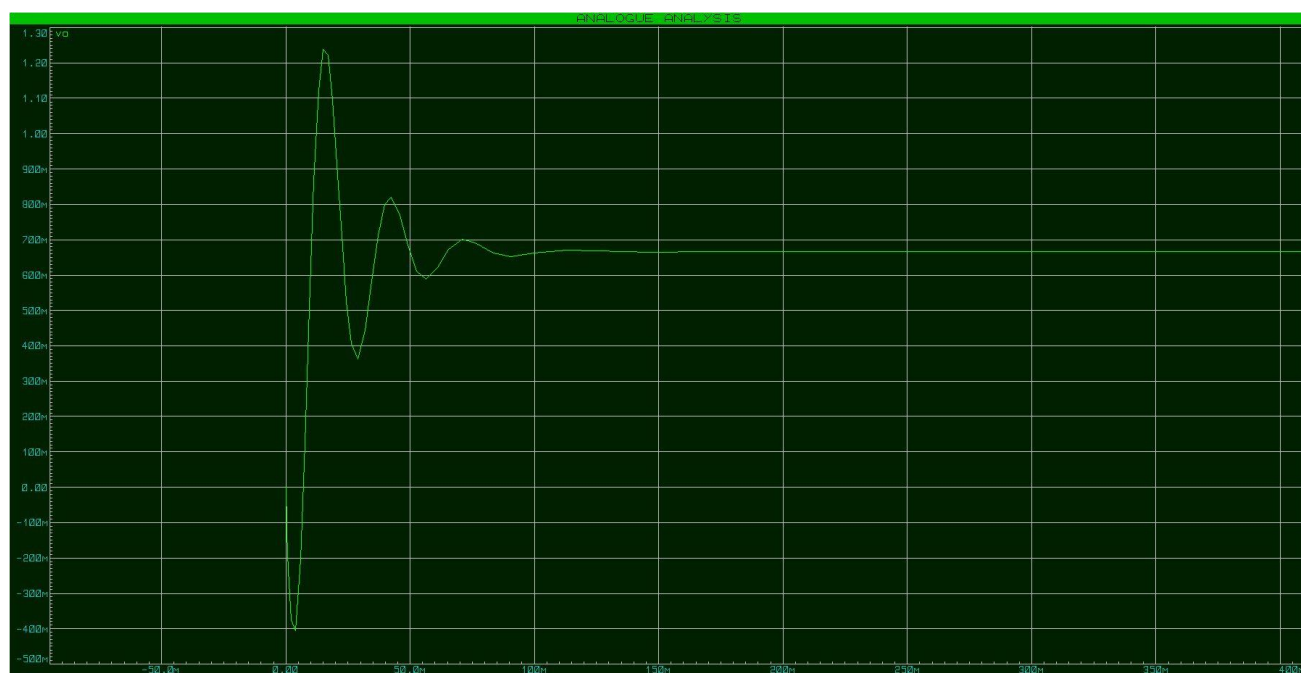
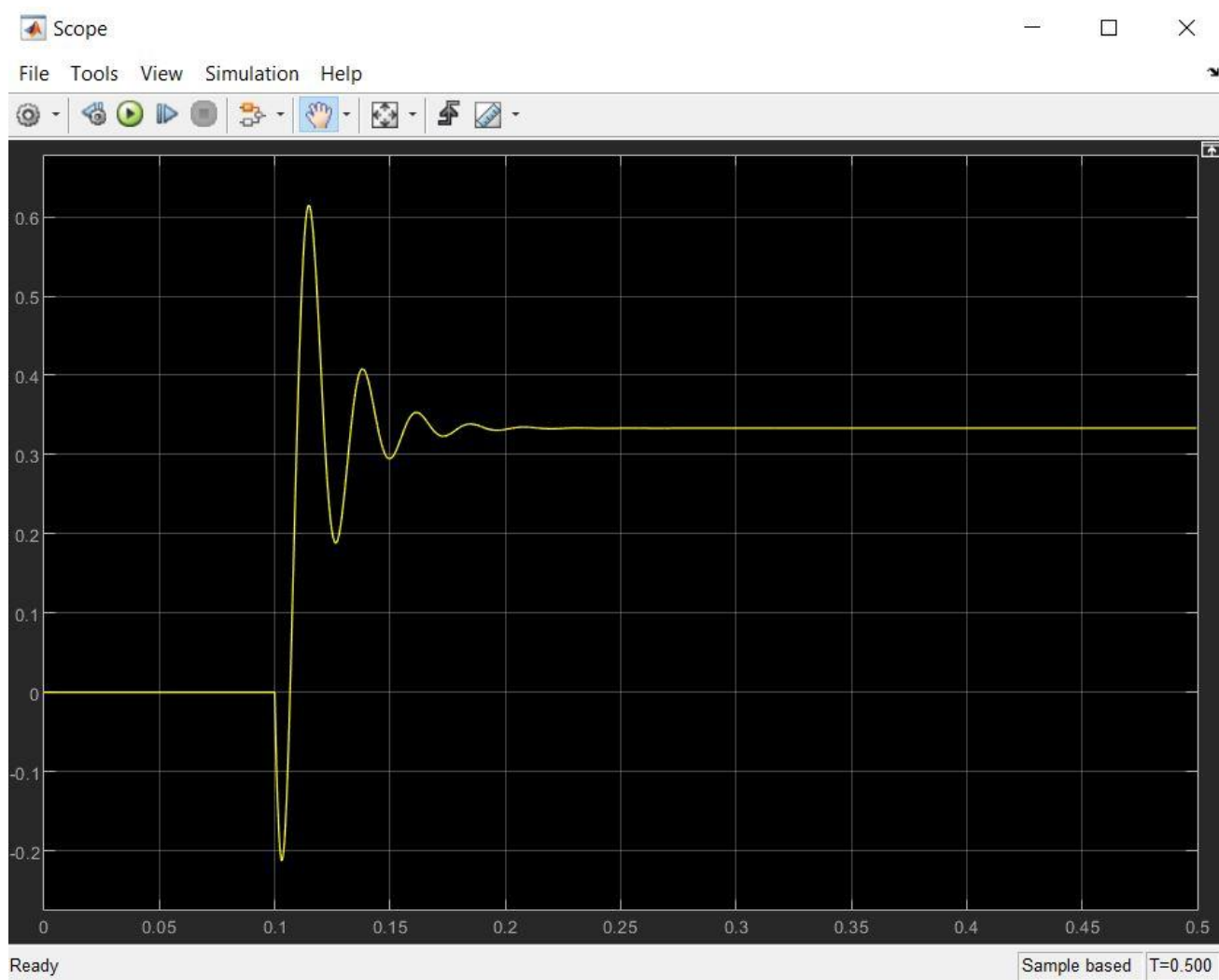
همچنین در مکان هندسی فوق، قطب ها مزدوج مختلط می باشند.

✓ تاثیر افزایش بهره در مسیر فیدبک برای سیستم غیر می نیمم فاز را بررسی می کنیم.

همانطور که در قسمت قبل گفته شد، سیستم با افزایش بهره ناپایدار می شود. اکنون این موضوع را در متلب و پروتئوس به ازای بهره های

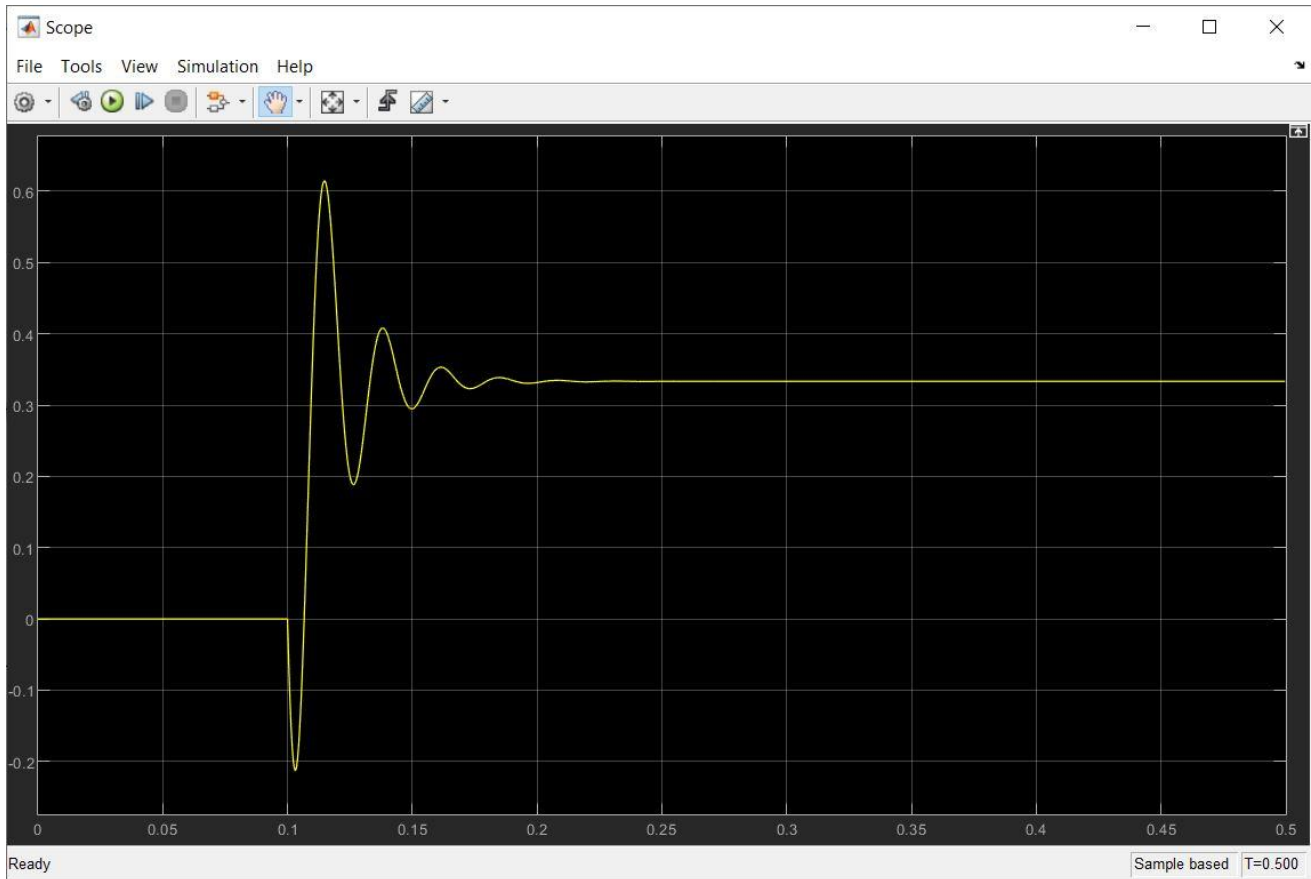
مختلف بررسی می کنیم.

برای $k = 2$ داریم:



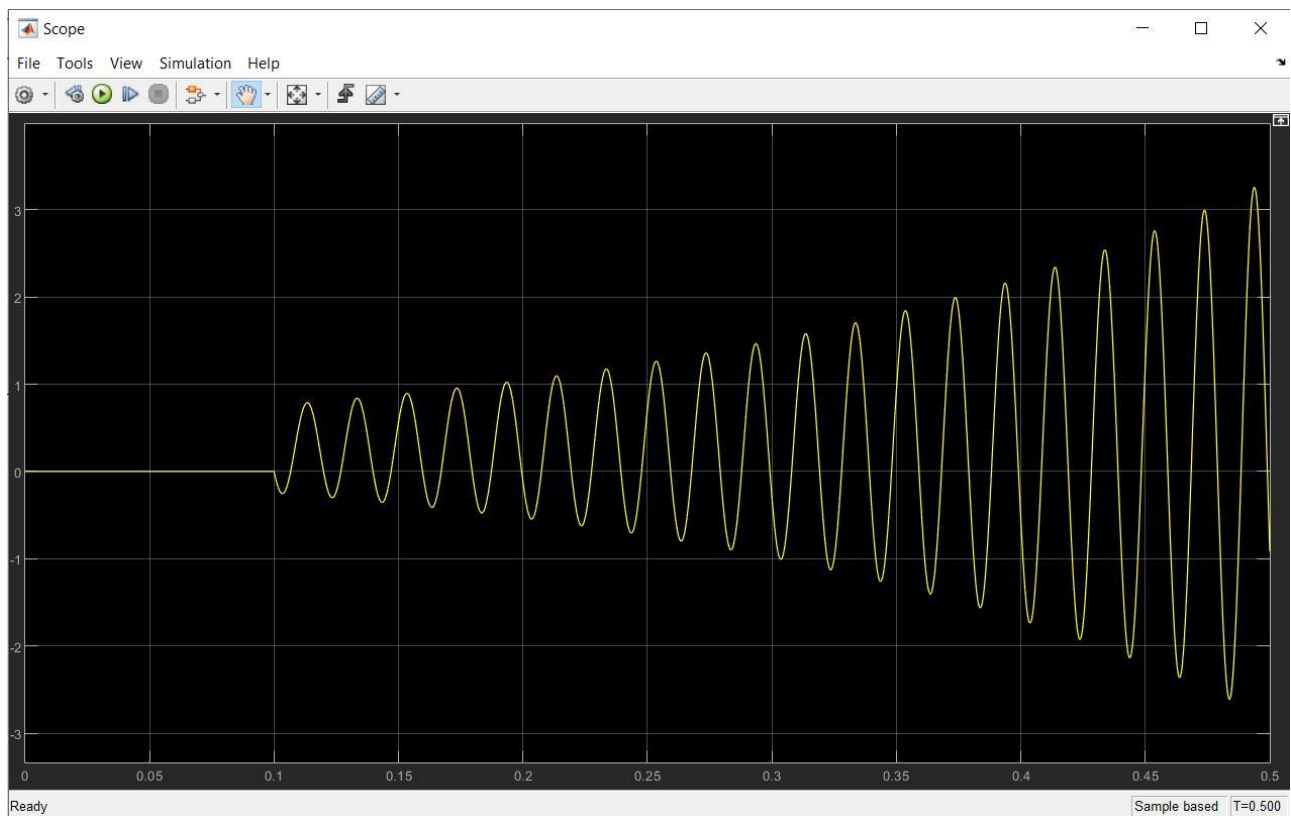
به ازای بهره 2 سیستم نوسانی و پایدار است.

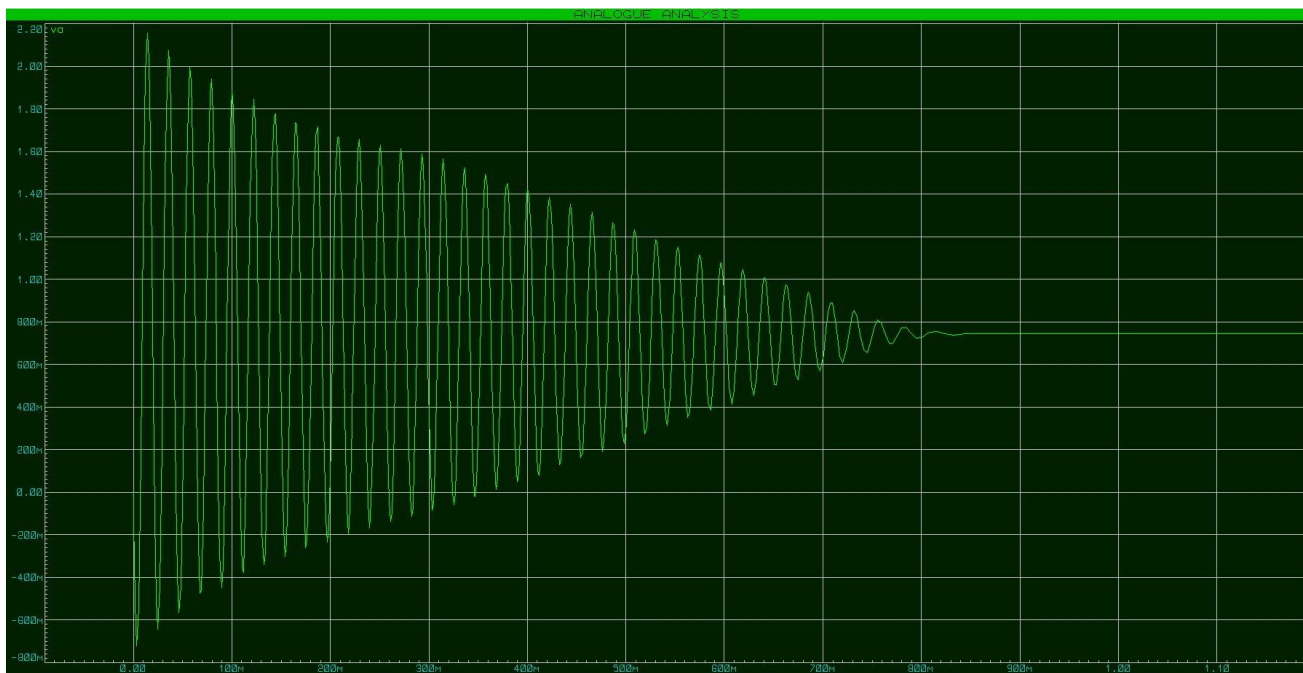
برای $k = 2.8$ داریم:



سیستم همچنان نوسانی و پایدار است.

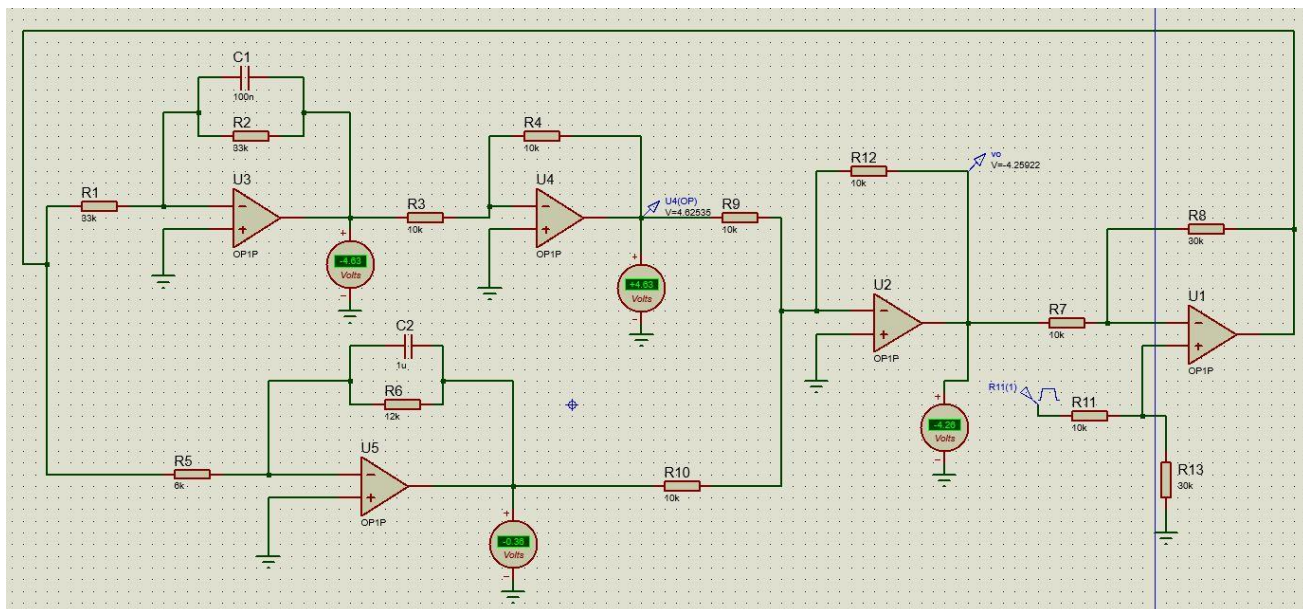
برای $k = 2.9$ داریم:

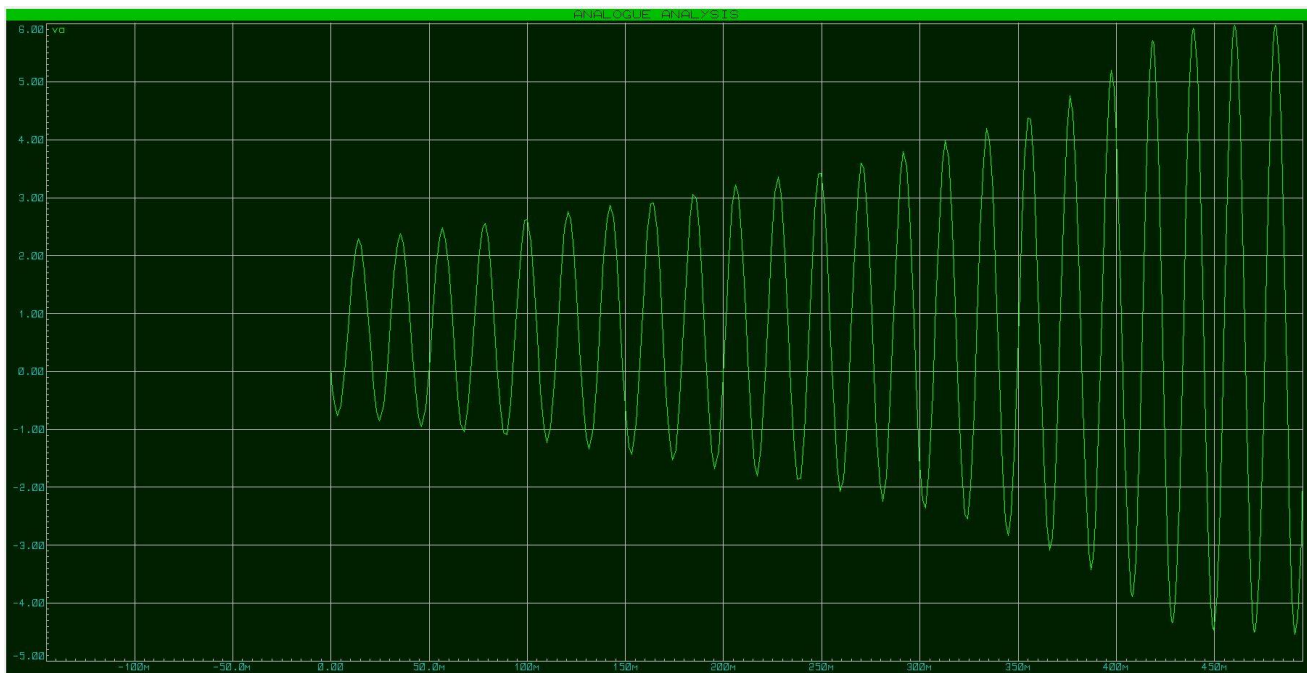




به ازای بهره 2.9 در شکل اول (متلب)، سیستم ناپایدار می‌شود که با توجه به مکان هندسی نیز این توقع را داشتیم. در شکل دوم (پروتئوس)، تعداد نوسانات زیاده شده اما سیستم همچنان پایدار است که علت آن مقدار دهی المان‌ها در مدار است. برای $k = 3$ داریم:

مدار بسته شده در پروتئوس به ازای بهره 3 را مشاهده می‌کنیم.





به ازای بهره 3، سیستم ناپایدار می شود.

✓ با توجه به این آزمایش، آیا کنترل سیستم های غیر می نیمم فاز مشکل تر از سیستم های می نیمم فاز است؟ چرا؟

بله، زیرا به ازای برخی از بهره ها سیستم ناپایدار می شود. همچنین بخاطر فروجهشی که دارد می تواند به سیستم ضربه بزند. البته می توان undershoot را کم کرد اما نمی توانیم آن را حذف کنیم.