



آزمایشگاه سیستم های کنترل خطی

آزمایش پنجم:
طراحی جبرانساز پیش فاز

نام و نام خانوادگی:
نازنین شرقی

شماره دانشجویی:
9725933

استاد محترم:
دکتر حسین قلی زاده نرم

تاریخ تحویل گزارشکار:
1400.9.9

- جبران‌ساز:

زمانی از جبران‌ساز استفاده می‌کنیم که سیستم پایدار باشد و بخواهیم پایداری نسبی سیستم را بهبود ببخشیم که با توجه به نیاز مسئله، جبران‌ساز را طراحی می‌کنیم.

- جبران‌ساز پیش‌فاز:

جبران‌ساز lead با افزایش فاز به بهبود رفتار سیستم کمک می‌کند که با طراحی درست می‌توانیم در 0dB افزایش فاز داشته باشیم. البته باید به این نکته توجه داشته باشیم که این جبران‌ساز باعث افزایش اندازه می‌شود بنابراین منحنی، خط 0dB را جلوتر قطع کرده و در نتیجه باعث کاهش phase margin می‌شود که برای حل این مشکل فاز مطلوب مسئله را با یک زاویه انحراف جمع می‌کنیم تا این کاهش فاز جبران شود.

- طراحی جبران‌ساز پیش‌فاز:

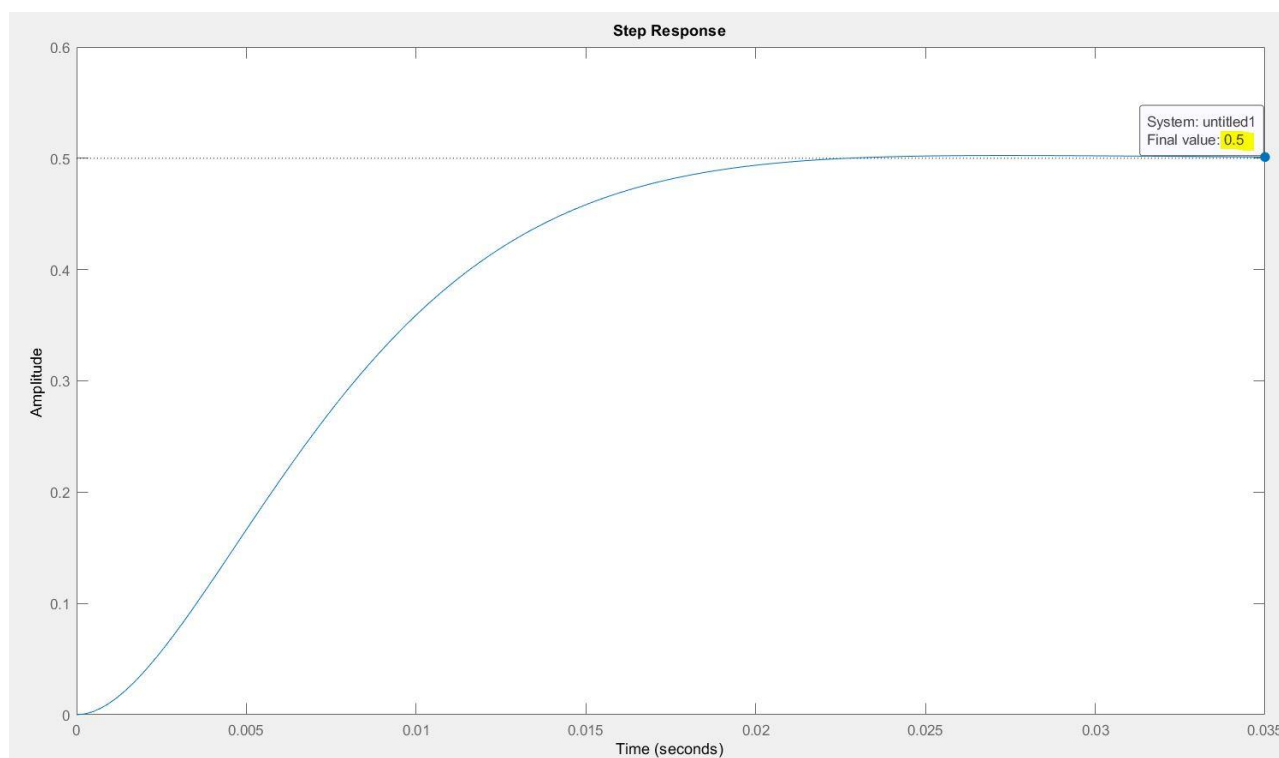
در این بخش هدف طراحی یک جبران‌ساز پیش‌فاز برای سیستمی با تابع تبدیل زیر است:

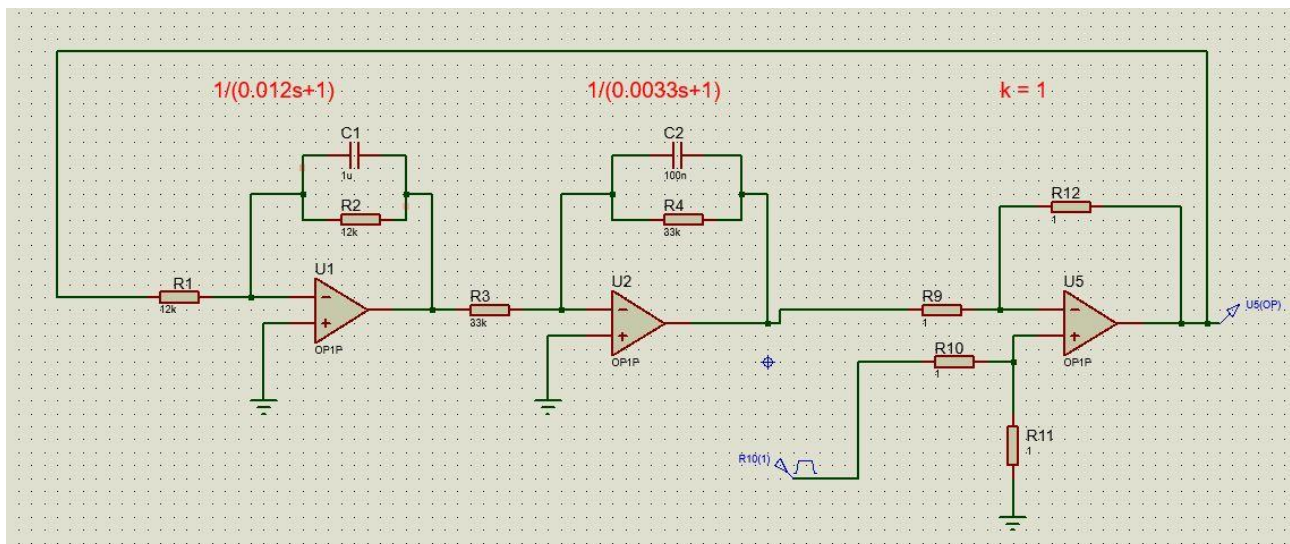
$$G(s) = \frac{1}{(0.0033s + 1)(0.012s + 1)}$$

1) ابتدا با توجه به نوع سیستم که صفر است، خطای حالت دائم آن را بدست می‌آوریم.

$$ess = \frac{R}{1+Kp}$$

$$ess = \frac{1}{1+1} = 1/2$$

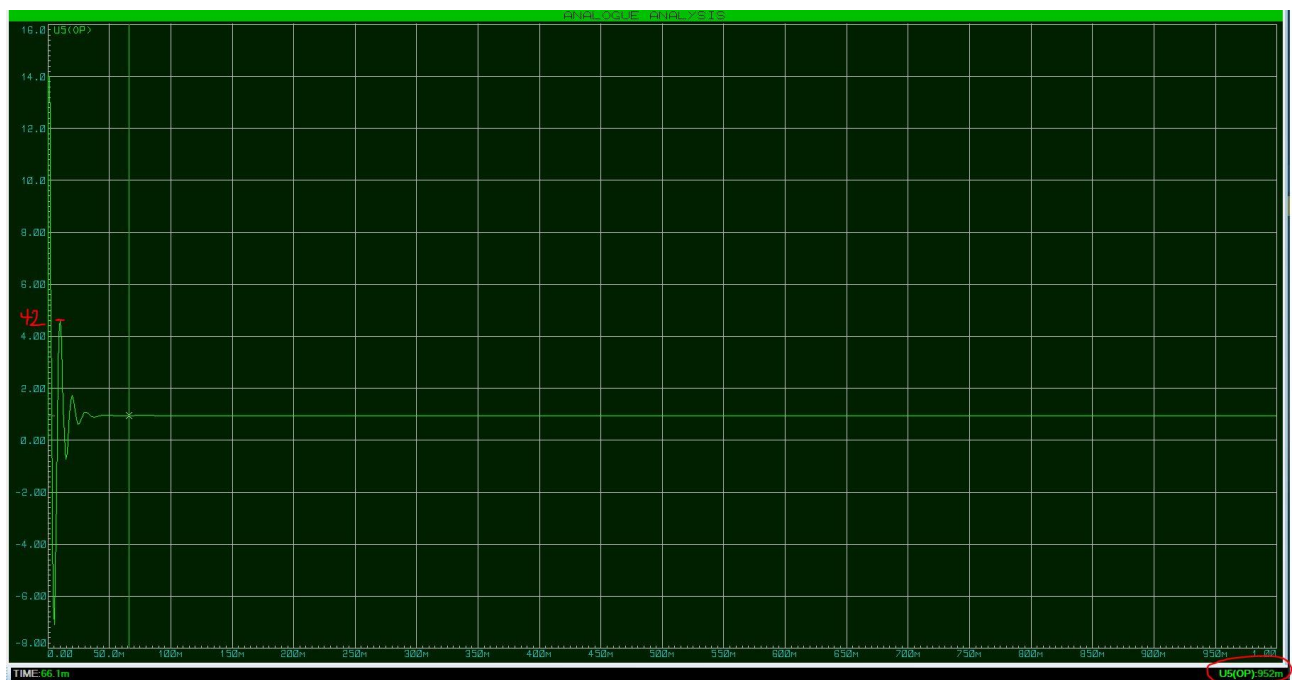
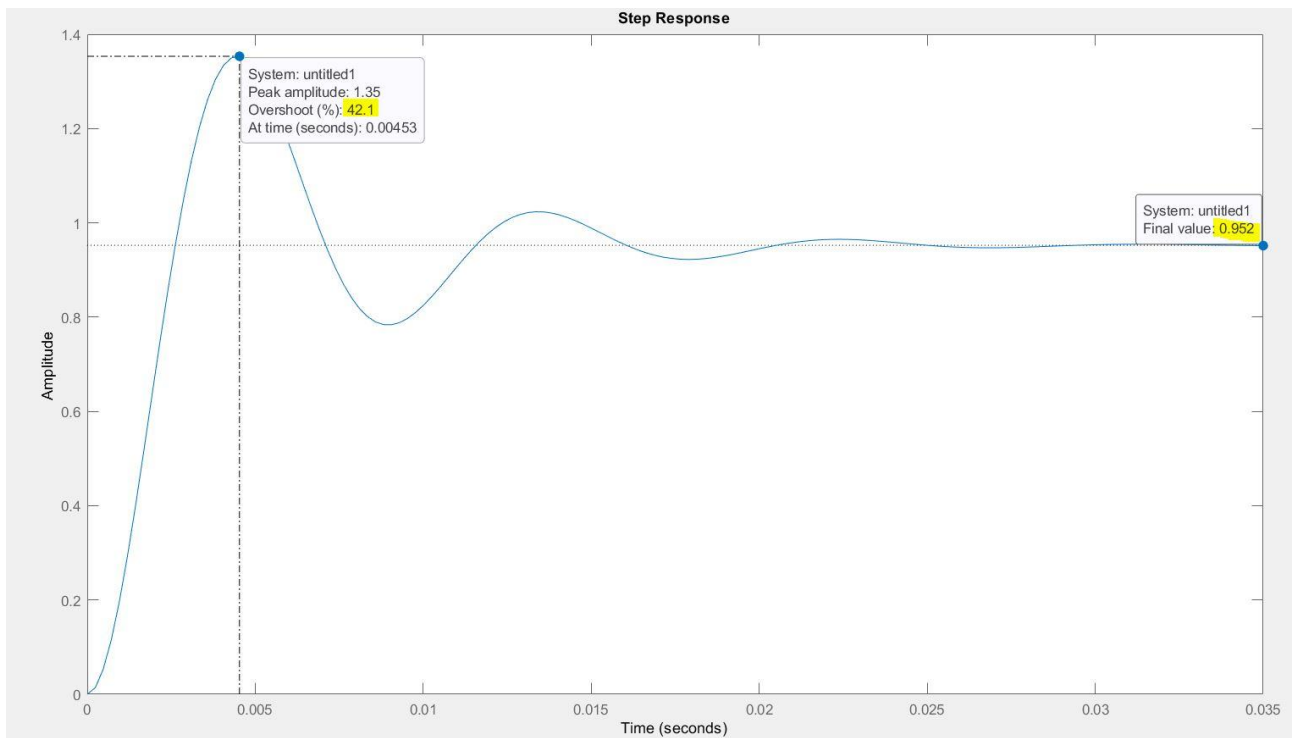




خطای حالت دائم، 50٪ است که خواسته مسئله خطای کمتر از 10٪ است. بنابراین بهره ثابت مثل k برای سیستم در نظر می‌گیریم و با توجه به فرمول گفته شده، مقدار بهره برای رسیدن به خطای حالت دائم کمتر از 10٪ را بدست می‌آوریم.

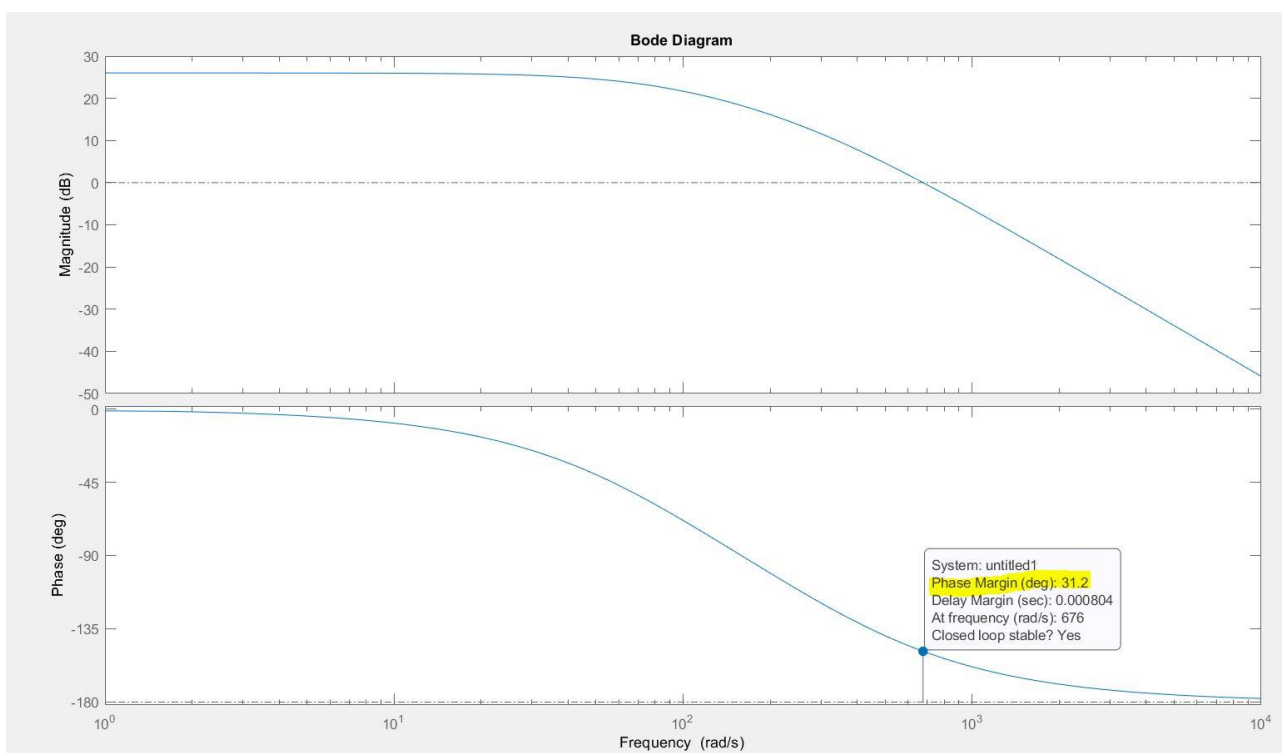
$$K_P = K ; e_{ss} < 0.1 \rightarrow k > 9 \rightarrow k = 20$$

اکنون پاسخ زمانی را برای سیستم با بهره 20 رسم می‌کنیم.



همانطور که در شکل فوق مشاهده می‌کنیم با بهره 20 مقدار خطای حالت ماندگار کمتر از 10٪ شده است اما مقدار overshoot زیاد است و خواسته مسئله فراجهبشی حدود 10٪ است که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم.

2) نمودار بود حلقه باز سیستم را با حضور بهره 20 رسم می کنیم و حاشیه فاز را یادداشت می کنیم.



با توجه به شکل فوق، مقدار حاشیه فاز با بهره 20 برابر 31.2 درجه است که چون سیستم پایدار است مقدار حاشیه فاز مثبت می شود. حال با توجه به رابطه بین overshoot و زیتا، مقدار زیتا برای داشتن overshoot حدود 10٪ را محاسبه می کنیم که تقریباً برابر 0.6 خواهد شد. سپس به کمک رابطه تقریبی بین حاشیه فاز مطلوب و زیتا، مقدار حاشیه فاز مطلوب را بدست می آوریم که برابر 60 درجه می شود.

3) در این قسمت باید به نکته گفته شده در بالا توجه کنیم و زاویه احتیاط حدود 9 درجه را در نظر بگیریم. سپس فازی که جبران ساز باید جبران کند را بدست آوریم که برابر است با:

$$\phi_m = 60 - 31.2 + 9 = 38$$

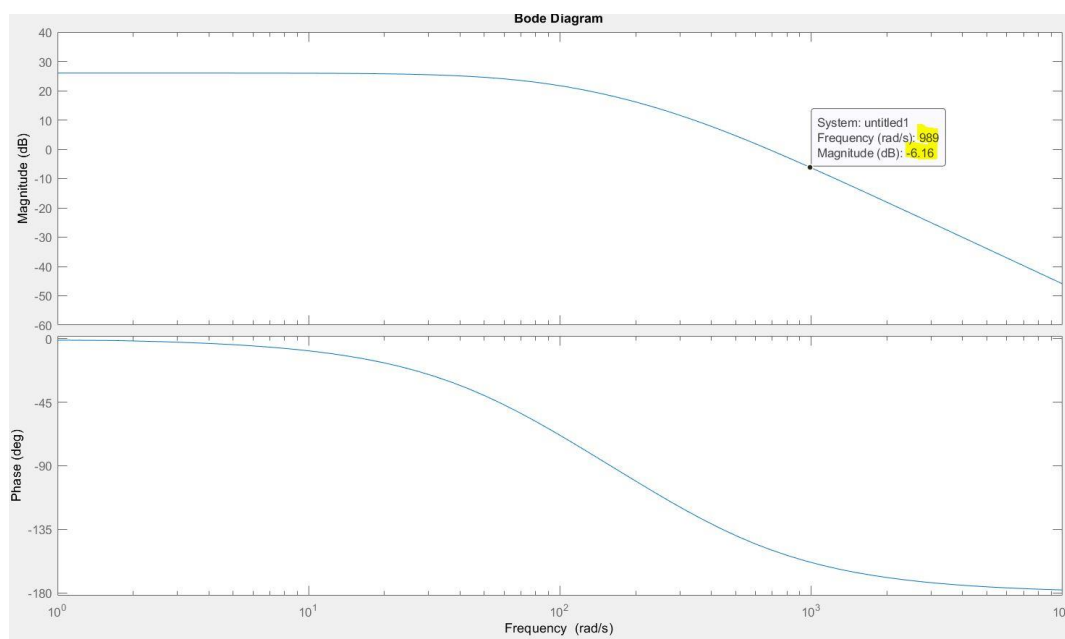
4) مقدار a را به کمک فرمول بدست می آوریم:

$$a = 1 + \sin(38) / 1 - \sin(38) = 1.61 / 0.38 = 4.2$$

5) با توجه به نکته ای که در بالا گفته شد، با افزایش اندازه، فرکانس قطع بهره تغییر خواهد کرد بنابراین به کمک فرمول زیر فرکانس قطع جدید را بدست می آوریم.

$$20\log(G) = -10\log(a) \rightarrow -10\log(4.2) = -6.26$$

کافی است از روی اندازه نمودار بود که همان $20\log(G)$ است، مقدار -6.26 را پیدا کنیم و به ازای آن مقدار فرکانس را بدست آوریم.



با توجه به شکل فوق، مقدار فرکانس تقریباً برابر 990 rad/s است.

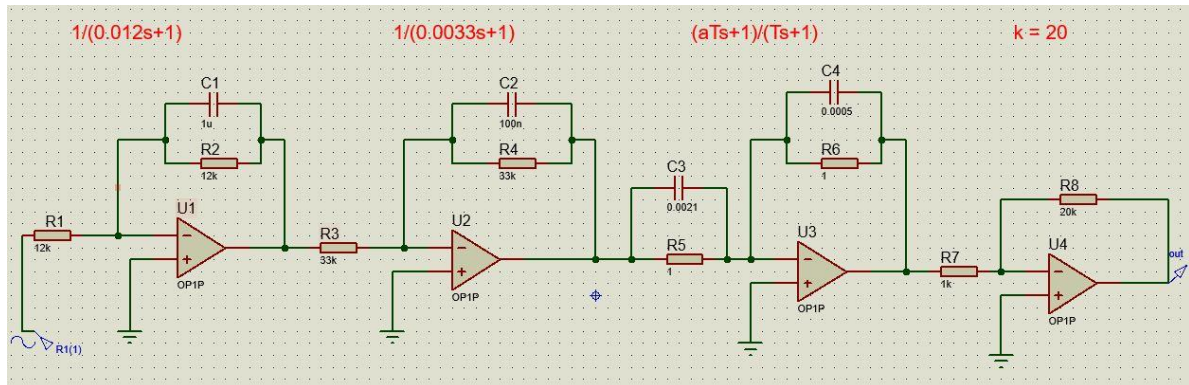
(6) مقدار T را از فرمول زیر بدست می‌آوریم:

$$T = \frac{1}{\omega\sqrt{a}} = \frac{1}{990\sqrt{4.2}} = 0.0005$$

(7) حال با وجود مقادیر T , a می‌توان تابع تبدیل جبرانساز را بدست آورد که بصورت زیر است:

$$C(s) = \frac{aTs + 1}{Ts + 1}$$

در نهایت، با رسم نمودار بود سیستم جبران شده، درستی طراحی را در متلب و پروتئوس بررسی می‌کنیم.



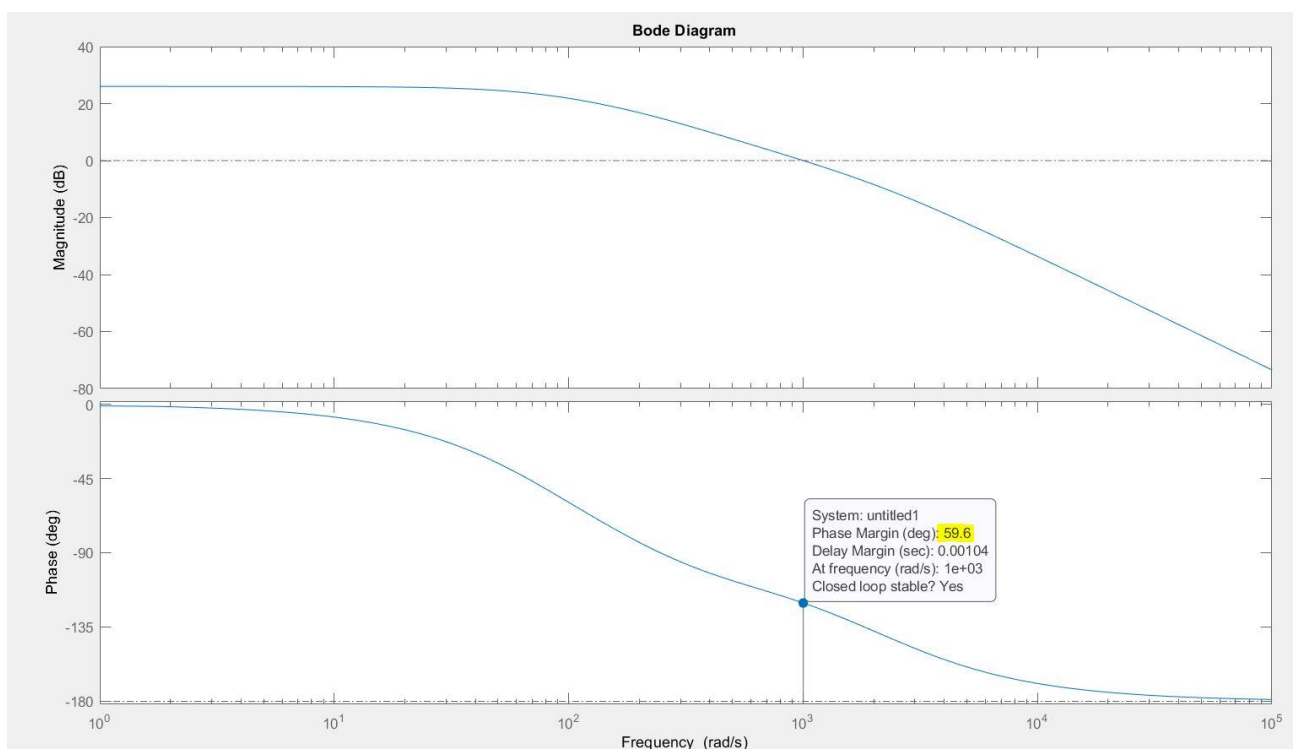


با توجه به نمودار فوق داریم:

$$\omega = 159 \text{ Hz} \rightarrow \omega = 159 / 0.1592 = 998 \text{ rad/s}$$

-123.5 = محل قطع 0dB با منحنی فاز

$$\text{Phase margin} = 180 - 123.5 = 56.5$$



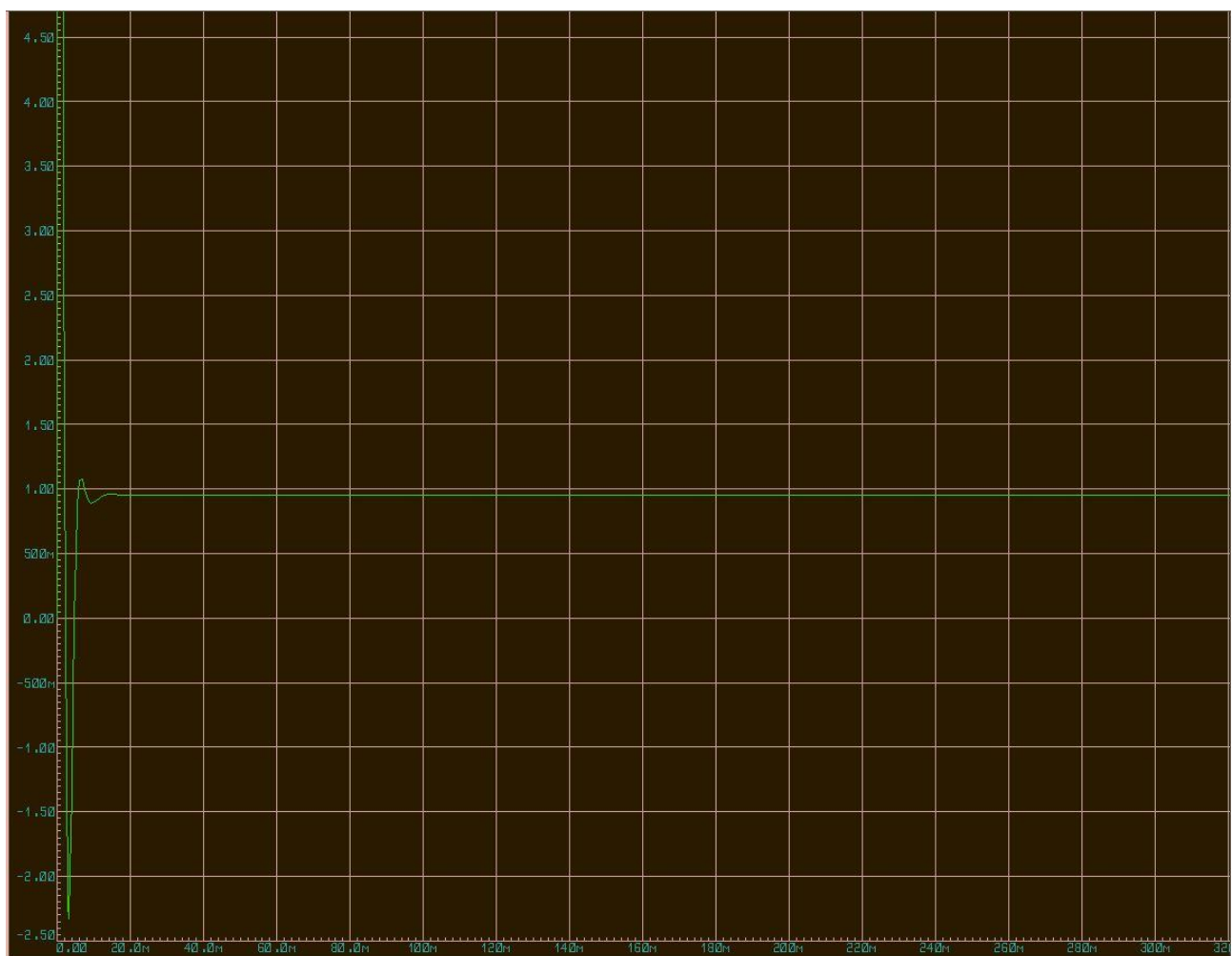
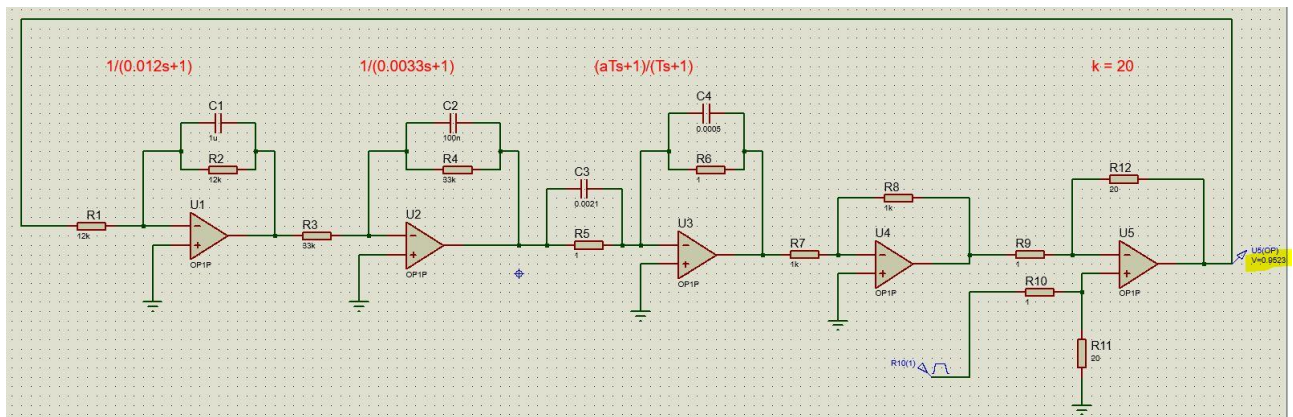
همانطور که در شکل فوق مشاهده می‌کنیم، در 0dB افزایش فاز داریم و مقدار phase margin تقریباً خواسته مسئله یعنی 60 درجه

را برآورده می‌کند. برای اینکه این مقدار دقیق تر باشد، می‌توان مقدار زاویه احتیاط را بیشتر در نظر گرفت.

مقادیر بدست آمده در متلب و پروتئوس تا حدی تفاوت دارند که علت آن تقریبی بودن مقادیر پروتئوس است.

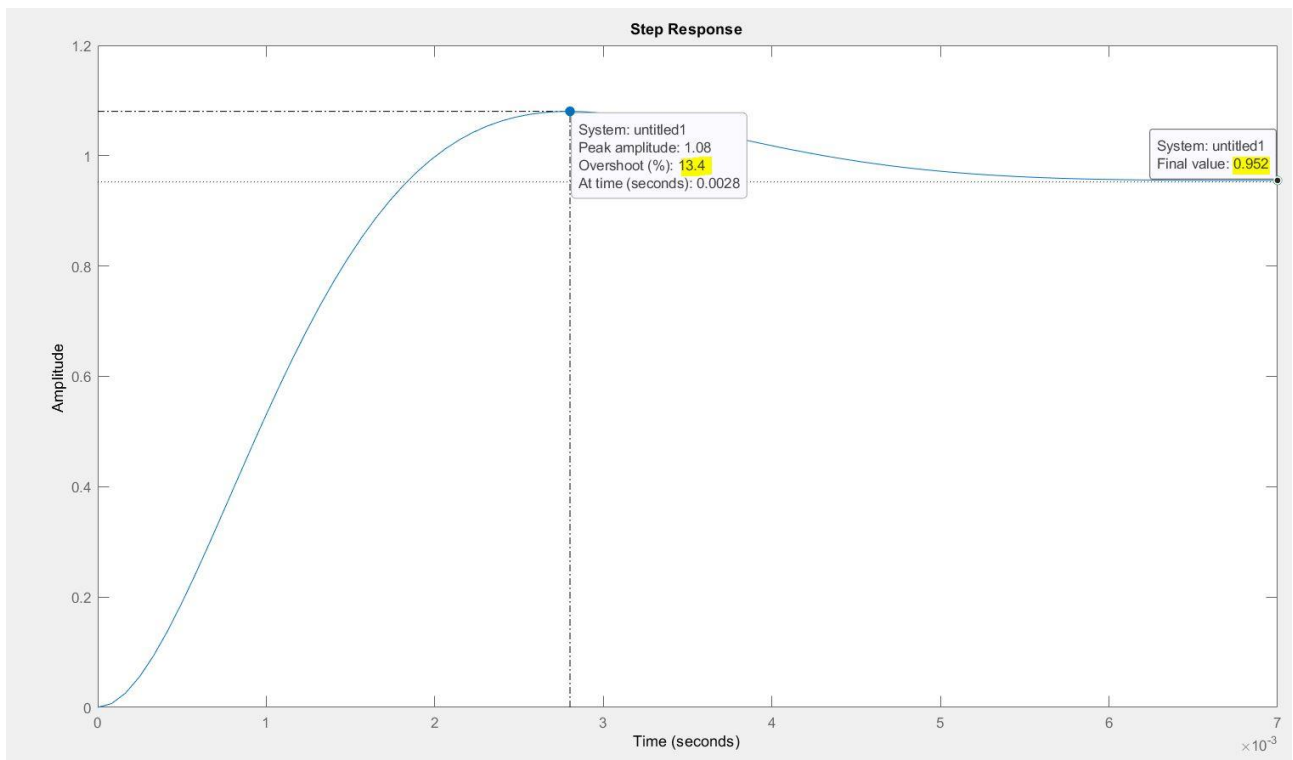
با این حال در هر دو، طراحی به درستی انجام شده است.

حال پاسخ زمانی سیستم را در متلب و پروتئوس بررسی می‌کنیم.



همانطور که در خروجی مدار مشخص شده است، خطای حالت دائم 0.952 است که در نمودار هم دیده می‌شود.

همچنین با توجه به پاسخ زمانی سیستم overshoot در حدود 10٪ داریم.



در متلب نیز خطای حالت دائم کمتر از 10٪ و فراجهش حدود 10٪ بدست آمده است.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت طراحی به درستی انجام شده است و جبران‌ساز نیز به درستی کار می‌کند.

- خواص جبران‌ساز پیش فاز نیز در پاسخ سیستم مشاهده می‌شود که عبارت است از:
- ثابت ماندن خطای حالت دائم که 0.048 باقی مانده است.
- افزایش سرعت یا کاهش زمان نشست که زمان نشست از 0.0192 به 0.005 کاهش یافته است.
- کاهش فراجهش که از 42.1٪ به 13.4٪ کاهش یافته است.

