



دانشگاه مهندسی برق

تمرین درس کنترل دیجیتال

نیمسال دوم: ۱۴۰۲-۱۴۰۳

استاد درس: دکتر طالبی



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

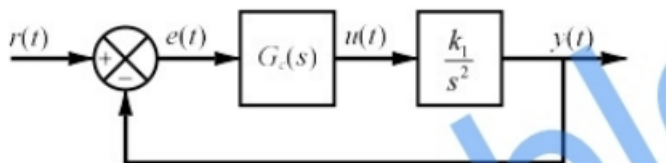
*Thus Great things From Small things Come*  
*Sir Francis Drake*

## ۱. بخش مقدماتی (۳۵ نمره)

حل دو سوال از این بخش الزامی است.

## ۱. سوال اول

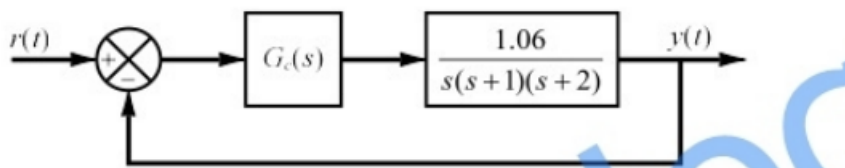
برای سیستم زیر به روش مکان هندسی ریشه ها یک جبران ساز پیشفاز طراحی کنید تا  $t_s \leq 4s$  و  $PO \leq 35\%$  شود.



شکل ۱: شکل سوال اول

## ۲. سوال دوم

برای سیستم زیر به روش مکان هندسی ریشه ها یک جبران ساز پسفاز طراحی کنید به طوری که بدون تغییر محسوس محل قطب های غالب حلقه بسته ثابت خطای ایستای سرعت ( $K_v = 5s^{-1}$ ) شود.



شکل ۲: شکل سوال دوم

## سوال سوم

تابع تبدیل حلقه باز سیستم با فیدبک منفی به صورت  $G = \frac{k}{s(s^2+s+1.25)}$  می باشد. جبران سازی طراحی کنید که در قطب  $-0.5+j1$  به  $۱۳۵$  - درجه تبدیل کند.

## سوال چهارم

تابع تبدیل حلقه باز سیستمی به شکل مقابل است :  $G(s) = \frac{25}{s(1+\frac{s}{4})(1+\frac{s}{16})}$  مطلوب است حاشیه بهره و فاز سیستم به ترتیب حداقل  $۱۵$  dB و  $۱۵$  درجه باشد. پایداری سیستم حلقه-باز را بررسی کرده و با طراحی یک جبران ساز مناسب پیشفاز سیستم حلقه بسته را جبران کنید.

## سوال پنجم

تابع تبدیل یک سیستم مطابق روبروست :  $G(s) = \frac{K}{s(0.5s+1)}$  کنترل کننده طراحی کنید که ثابت سرعت استاتیکی سیستم حلقه بسته در آن  $20s^{-1}$  باشد و حاشیه فاز آن نیز  $۴۵$  درجه باشد.

## ۲ بخش متوسط (۳۵ نمره)

حل دو سوال از این بخش الزامی است.

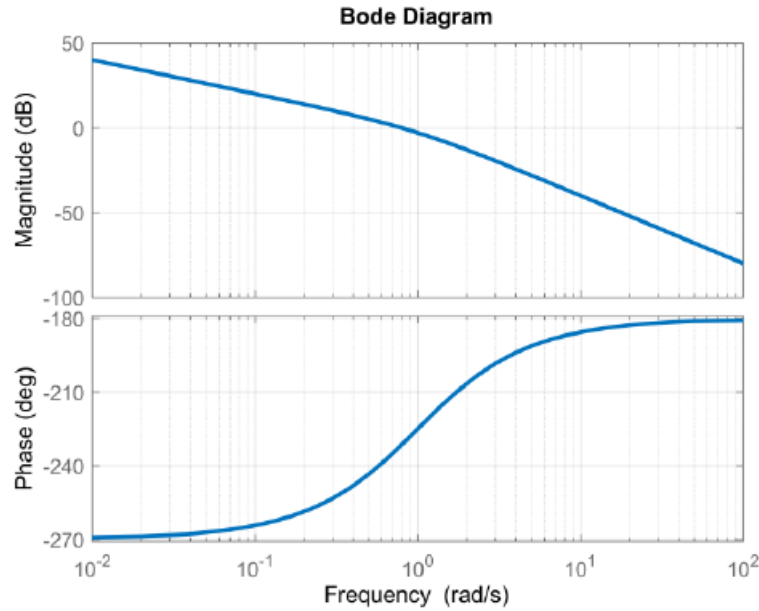
## سوال ششم

پاسخ فرکانسی تابع تبدیل حلقه باز یک سیستم با فیدبک منفی در جدول شکل ذیل نمایش داده شده است. مطلوبست طراحی ساده ترین جبران ساز که شرایط مطلوب ذیل را برآورده سازد.  
 زمان نشست :  $t_s = 1s$   
 حدفاز :  $\phi_{pm} = 50$   
 خطای حالت دائم به ورودی پله برابر صفر  $ess = 0$

## سوال هفتم

سیستم ذیل را در نظر بگیرید؛ ساده ترین کنترل کننده را به گونه ای طراحی کنید تا مشخصات مطلوب ارائه شده ارضاء شوند:  
 پهنای باند :  $۱$  رادیان بر ثانیه  
 حد فاز :  $۴۵$  درجه

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



شکل ۳: شکل سوال ششم

#### سوال هشتم

در سیستم کنترل شکل ذیل اگر پاسخ پله  $G(s)$  در شکل (الف) داده شده باشد به ازای چه دینامیکی برای  $C(s)$  پاسخ پله سیستم حلقه بسته به صورت شکل (ب) خواهد بود؟

#### سوال نهم

نمودار بود تابع تبدیل حلقه باز  $G(s)$  که داخل یک سیستم با فیدبک منفی قرار دارد داده شده است. می‌دانیم تابع تبدیل حلقه باز مینیمم فاز است. در شکل یک جفت قطب مزدوج مختلط در  $\omega = 2 \text{ rad/sec}$  وجود دارد. مطلوب است بدست آوردن  $G(s)$

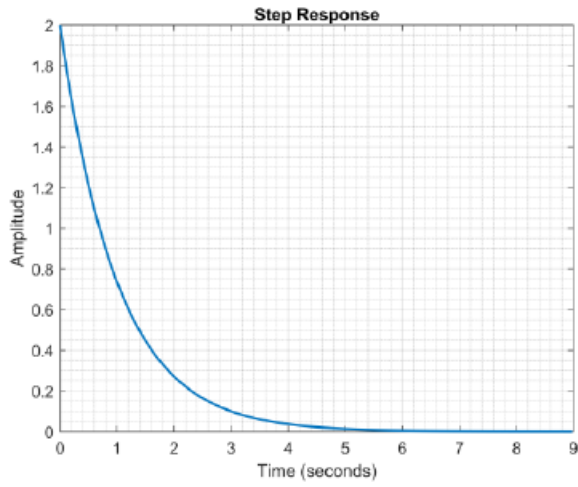
#### سوال دهم

یک سیستم فیدبک واحد در شکل ۶ نشان داده شده است. می‌خواهیم پاسخ پله سیستم بالازدگی در حدود ۱۶٪ و زمان نشست جودود ۱.۸ ثانیه داشته باشد.

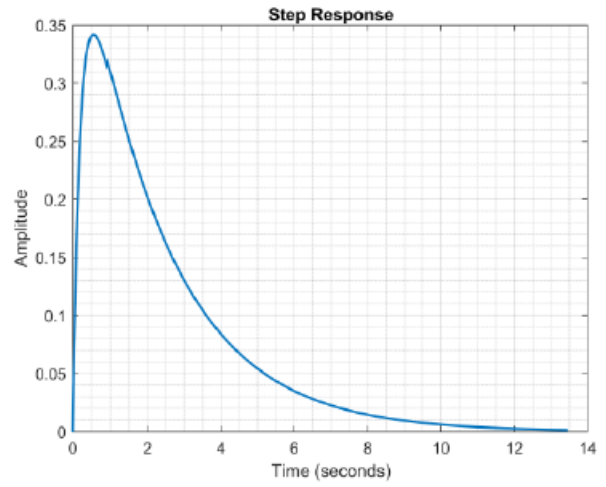
(الف) یک جبران ساز lead طراحی کنید تا گذر از قطب‌های مطلوب را تضمین کند.  
(ب) یک pre-filter با تابع تبدیل  $G_p(s)$  انتخاب کنید و پاسخ پله را در حضور آن بررسی کنید

### ۳ پخش تکمیلی (۳۰ نمره)

حل دو سوال از این بخش الزامی است.

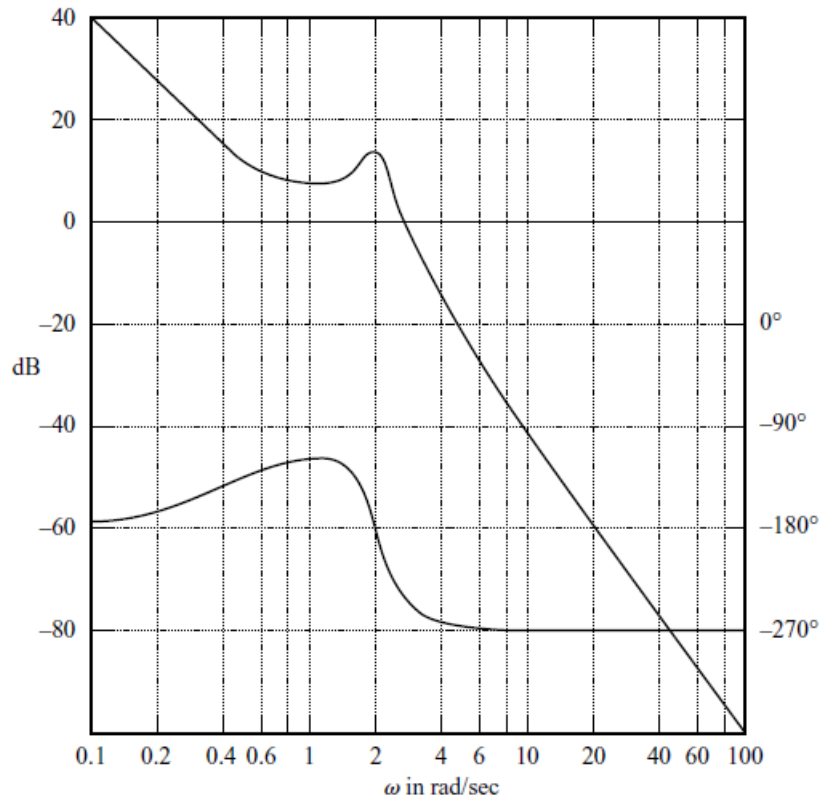


(الف)

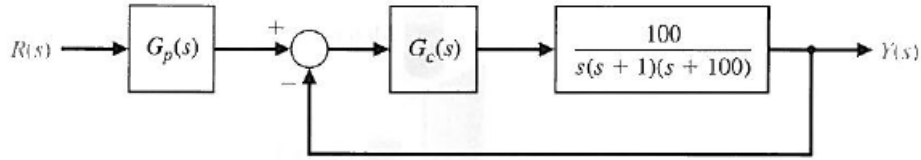


(ب)

شکل ۴: شکل سوال هشتم



شکل ۵: شکل سوال نهم



شکل ۶: شکل سوال دهم

## سوال یازدهم

پاسخ فرکانسی تابع تبدیل حلقه یک سیستم با فیدبک واحد منفی به ازای  $k = 0.01$  در جدول نشان داده شده است. ساده‌ترین جبران‌ساز به منظور پایداری سیستم حلقه بسته و تامین مشخصات مطلوب ذیل را مشخص نمایید.  
 حداقل نسبت میرایی:  $\zeta = 0.5$   
 ثابت خطای سرعت  $k_v = 20$

## سوال دوازدهم

پاسخ فرکانسی تابع تبدیل حلقه باز یک سیستم با فیدبک منفی در جدول ذیل نمایش داده شده است. ساده‌ترین جبران‌ساز(هایی) را تعیین نمایید که قابلیت تامین حداقل ۴۵ درجه و خطای حالت ماندگار  $0.5\%$  به ورودی شیب را داشته باشد(باشند).

## سوال سیزدهم

سیستم  $G(s) = \frac{1}{(s+2)(s+3)}$  و کنترل کننده‌ی

$$C(s) = k_p + \frac{k_i}{s} + k_d s$$

را که تحت فیدبک واحد قرار دارند را در نظر بگیرید. مقادیر کنترل کننده به گونه ای تنظیم شده اند که سیستم حلقه بسته دارای دو صفر در  $z = -3 + j$  و  $z = -3 - j$  باشد. با محاسبات و استدلال کامل مشخص نمایید که تغییرات ضرایب کنترل کننده ( $k_p$ ،  $k_i$  و  $k_d$ ) چه تاثیری خواهد داشت؟

## سوال چهاردهم

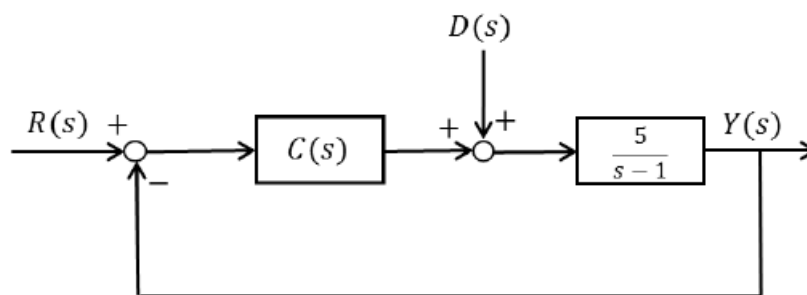
سیستم شکل ۹ را در نظر بگیرید.  
 کنترل کننده‌ی  $C(s)$  را به گونه ای طراحی کنید که:  
 - پاسخ اغتشاش در خروجی صفر شود.  
 - حد فاز سیستم  $60^\circ$  بوده و زمان نشست ۲ ثانیه باشد.

$\omega$ [rad]	Mag	Phase [deg]
0.1000	0.1000	-90.2865
0.1438	0.0696	-90.4120
0.2069	0.0484	-90.5930
0.2976	0.0336	-90.8533
0.4281	0.0234	-91.2285
0.6158	0.0163	-91.7703
0.8859	0.0114	-92.5563
1.2743	0.0080	-93.7057
1.8330	0.0056	-95.4175
2.6367	0.0040	-98.0643
3.7927	0.0030	-102.4892
5.4556	0.0024	-111.2249
7.8476	0.0023	-135.6071
11.2884	0.0014	-205.9174
16.2378	0.0003	-243.6156
23.3572	0.0001	-255.3125
33.5982	0.0000	-260.7265
48.3293	0.0000	-263.8312
69.5193	0.0000	-265.7996
100.0000	0.0000	-267.1087

شکل ۷: شکل سوال یازدهم

$\omega$ [rad]	Mag [dB]	Phase [deg]
0.1000	13.9686	-92.8624
1.1000	-7.9962	-118.8108
1.5000	-11.4806	-126.8699
1.6500	-12.6250	-129.5226
2.1000	-15.6923	-136.3972
3.1000	-21.1658	-147.1715
4.1000	-25.4384	-153.9967
5.1000	-28.9241	-158.5870
6.1000	-31.8566	-161.8473
7.1000	-34.3820	-164.2680
8.1000	-36.5964	-166.1303
8.4000	-37.2106	-166.6075
9.1000	-38.5665	-167.6046
20.0000	-52.0844	-174.2894

شکل ۸: شکل سوال دوازدهم



شکل ۹: شکل سوال چهاردهم

## سوال پانزدهم

(پایان ترم - ۱۴۰۲) برای سیستم ذیل یک کنترل کننده طراحی کنید به طوری که پهنای باند آن  $\omega_b = 1$  و حد فاز آن  $60^\circ$  درجه باشد.

$$G(s) = \frac{1}{s-1}$$