2

دستور کار آزمایشگاه کنترل خطی

شبیه ساز کنترل فرآیندها

PCS-800NP

تهیه کننده :

شرکت مهندسی مطالعاتی نوسان پرداز

شرح آزمایشها :

آزمایش(2-1) : بررسی پاسخ پلهٔ سیستم های درجه دو

وسایل مورد نیاز:

ماژول های PID-VPZ-L&I-DSCI-DPS واسیلوسکوپ

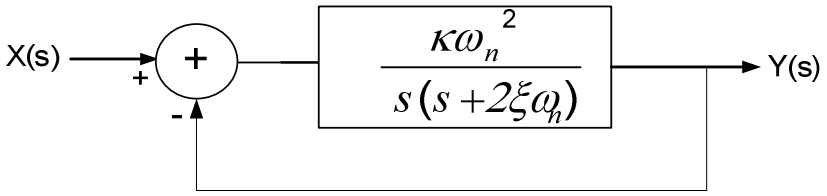
تابع انتقال کلی سیستم درجه دوم به شکل زیر است :

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{\omega_n^{\,2}}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^{\,2}}$$

و پاسخ زمانی آن به ورودی پله واحد برابر است با :

$$Y(t) = 1 + \frac{1}{\beta}\, e^{-\xi\omega_n t} \sin(w_n \beta t + \theta)$$

که $\theta = tg^{-1}(\frac{\beta}{\xi})$ ، $\beta = \sqrt{1-\xi^2}$ است . پاسخ گذرای چنین سیستمی به ازای مقادیر مختلف ξ در شکل (2-7) آمده است.



شکل(2-7)

هدف از این آزمایش ، آشنایی با تعاریف t_r (زمان صعود) ، t_p (زمان اوج) ، t_s (زمان نشست) ، M_p (مقدارماکزیمم فراجهش) و پاسخ به ورودی پله می باشد.

- مدار شکل (2-7) را به ازای $\xi = 1$ و $\omega_n = 5$ و $k = 6$ روی PCS شبیه سازی کنید.
- با استفاده از Set Value ورودی پله به دامنه 1 ولت را اعمال کنید.
- اسیلوسکوپ را در حالت Storage و $T_d = 0.2s$ قرار دهید .

- زمان t_p و M_p و t_r و t_s را برای پاسخ بدست آورید و با مقادیر حاصل از شبیه سازی، مقایسه کنید.

	t_p	M_p	t_r	$t_s(\%5)$	$t_s\ (\%2)$
نتایج تئوری					
نتایج عملی					

تابع تبدیل حلقه باز $G(s)=\frac{150}{s\times(s+10)}$ را در PCS بصورت $G(s)=(15)\times\left(\frac{1}{s}\right)\times\left(\frac{1}{.1\times s+1}\right)$ مدل می شود.

- مقدار ζ را بگونه ای تنظیم کنید که 10 % فراجهش در خروجی داشته باشیم . این مقدار را با مقدار بدست آمده از تئوری مقایسه کنید.

آزمایش(2-2) :

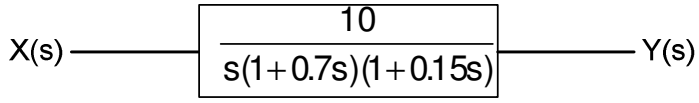
وسایل مورد نیاز:

ماژول های PID-VPZ-L&I-DSCI-DPS واسیلوسکوپ وفانکشن

الف) آشنایی با نمودار Bode ومحاسبهٔ GM و PM برای سیستم های ناپایدار

هدف آزمایش: هدف از این آزمایش بدست آوردن نمودار Bode با استفاده از تغییر فرکانس ورودی ونیزآشنایی با چگونگی استفاده از این نمودار برای بررسی پایداری سیستم می باشد.

- شکل (2-8) را روی PCS شبیه سازی کنید.

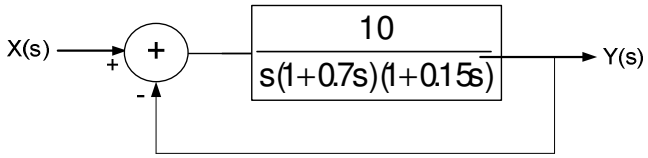


شکل(2-8)

تابع تبدیل حلقه باز $G(s)=\frac{10}{s\times(1+0.7S)(1+0.15S)}$ را در PCS بصورت $G(s)=\frac{1}{0.1s\times(1+0.7S)(1+0.15S)}$ مدل می شود.

- یک سیگنال سینوسی با دامنهٔ 1 ولت اعمال کنید. با تغییر فرکانس ورودی بین 0.1HZ تا 0.8HZ،دامنه ولتاژ خروجی و همچنین اختلاف فاز را درجدول زیر یادداشت نمائید. (اسیلوسکوپ در حالت Ac,Storage باشد.)
- نمودار Bode سیستم را با استفاده از مقادیر بدست آمده رسم کنید.

- مقدارGM و PM را با استفاده از نمودار بدست آورید و با مقادیر حاصل از تئوری مقایسه نمائید.



شکل(2-7)

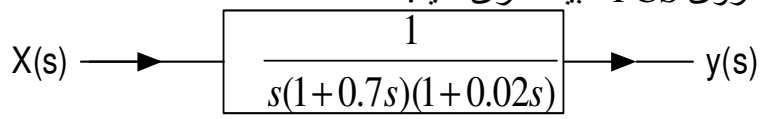
حال ورودی را صفر کنید و خروجی را بر روی اسیلوسکوپ مشاهده کنید. توضیح دهید که چرا سیستم ناپایدار در حالت ورودی صفر، خروجی غیر صفر دارد؟

ب) **آشنایی با نمودار Bode ومحاسبهٔ GM و PM برای سیستم های پایدار**

وسایل مورد نیاز:

ماژول های PID-VPZ-L&I-DSCI-DPS واسیلوسکوپ وفانکشن

- شکل (2-9) را روی PCS شبیه سازی کنید.



شکل(2-9)

f(Hz)							
ω $\left(\frac{Rad}{Sec.}\right)$							
$\frac{V_o}{V_i}$ dB							
Δt $(Sec.)$							
$\Delta\theta$ $(Deg.)$							

و نمودار Bode سیستم را رسم کنید.

آزمایش (2-3) : بررسی اثر تأخیر بر روی فرآیندها

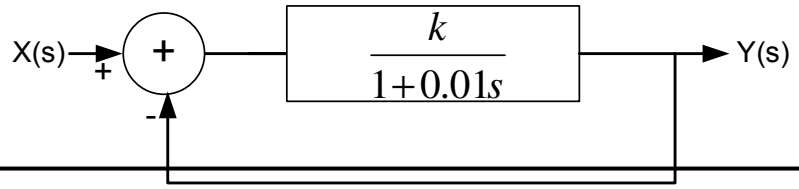
وسایل مورد نیاز:

ماژول های PID-VPZ-L&I-DSCI-DPS واسیلوسکوپ وفانکشن

هدف آزمایش: هرعامل بیرونی بر روی فرآیند تأثیر دارد . در این آزمایش هدف این است که تأثیر عامل تأخیر بر روی پایداری سیستم بررسی شود.

الف) سیستم شکل (2-10) را روی PCS شبیه سازی کنید.

- به ورودی سیستم یک موج مربعی با فرکانس 1Hz و دامنهٔ (0-1) ولت اعمال نمائید.



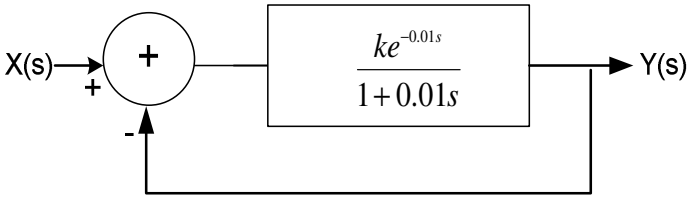
شکل(2-10)

- k را تغییر داده وناپایداری سیستم را به ازای تغییرات آن بررسی کنید.

سئوال : از این آزمایش چه نتیجه ای بدست می آید؟

ب) شکل (2-11) را شبیه سازی کنید.

- k را تغییر داده و بررسی کنید که به ازای کدام مقدار k سیستم ناپایدار می شود؟



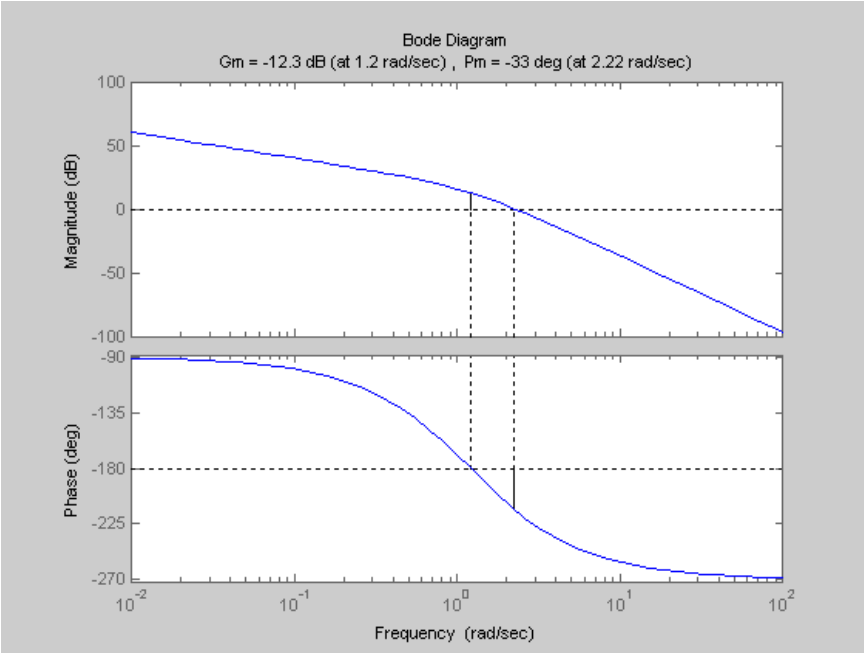
شکل(2-11)

سئوال : حضور تأخیر در سیستم چه تأثیری درپایداری آن دارد؟

- کنترل کننده PI را وصل کنید و اثر T_i و k **را روی** کیفیت پاسخ گذرا و ماندگارسیستم به ازای ورودی پله مشاهده کنید و روی آن بحث کنید.

آزمایش (2-4) : بررسی وطراحی کنترل کنندهٔ Lead و Lag درحوزه فرکانس به روش Bode

سیستم تحت بررسی دارای تابع انتقالی بصورت $G(s)=\frac{10}{0.01s(0.01s+1)(0.007s+1)}$ است.



همانطور که دیده می شود حاشیه فاز 33- درجه است، بنابراین سیستم ناپایدار است . برای حل این مشکل از جبران سازها استفاده می‌شود.

الف)هدف از این آزمایش طراحی جبران ساز Lead در حوزه فرکانس است. جبران سازهای پیشفاز به منظور بهبود پاسخ گذرا سیستم استفاده می شود و تاثیر آنها بر حالت ماندگار کمتر است.

به طور کلی تابع شبکه یک جبران ساز Lead به صورت زیر است:

$$C(s) = \frac{1}{\alpha}\frac{1+\alpha Ts}{1+Ts} \quad ,\alpha > 1$$

به دلیل اینکه محل فرکانس قطب از صفر بزرگتر است به این جبران ساز پیشفاز گفته می‌شود. از طرف دیگر همان طور که دیده می‌شود این نوع جبران ساز بهره DC سیستم را به اندازه α برابر کوچک می‌کند.که باعث افزایش خطای مانگار سیستم می شود بنابراین باید بهره کل را در α ضرب کرد.

برای محاسبه صفر و قطب جبران ساز روش‌های گوناگونی وجود دارد یکی از ساده ترین روش ها حذف قطب دوم و قرار دادن قطبی در ده برابر قطب سوم است چنانچه به این شکل به هدف مورد نظر دست پیدا نکنیم از جبران ساز Lag نیز باید استفاده کرد. هدف ما رسیدن به حاشیه فاز 60 درجه است بنابراین جبران ساز به صورت زیر در می آید :

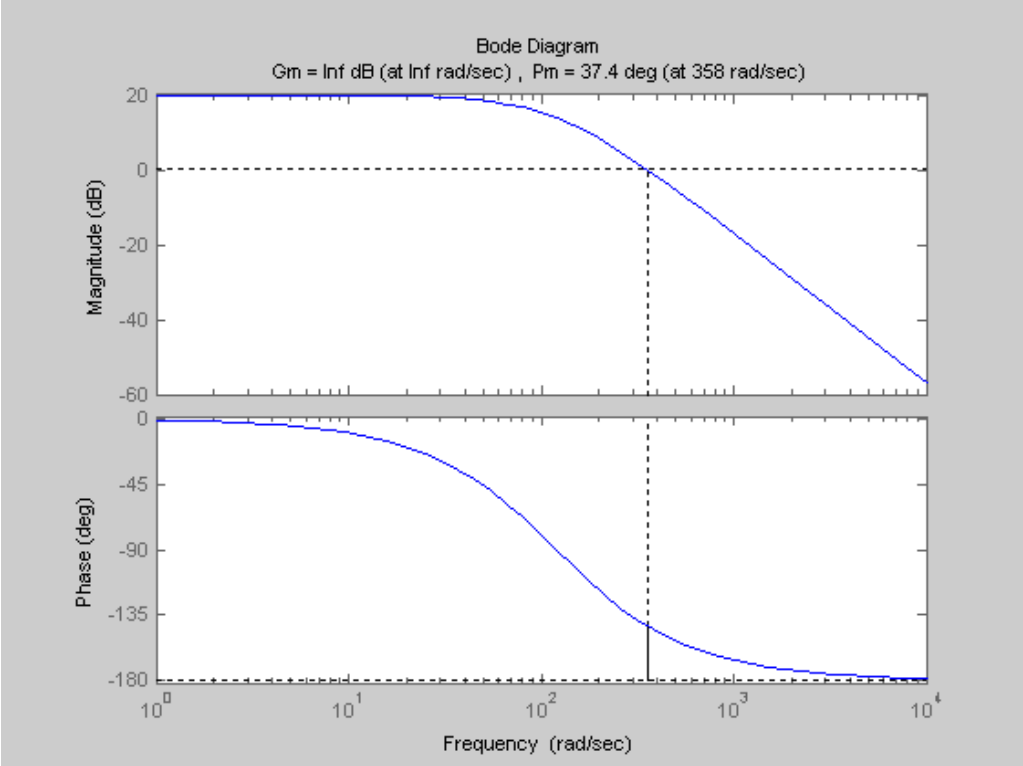
$$C(s) = 0.07\frac{0.01s+1}{0.0007s+1}$$

حال حاشیه فاز سیستم جبران شده را به درست می آوریم ؟

پاسخ پله سیستم جبران شده را بدست آورد ؟

جبران ساز Lag :

جبران سازهای Lag معمولا برای رسیدن به حاشیه فاز مطلوب مورد استفاده قرار می گیرند برای این منظور سیستمی با تابع تبدیل $G(s) = \frac{10}{(0.007s+1)(0.01s+1)}$ را درنظر بگیرید. نمودار بود به صورت زیر است :



با توجه به شکل حاشیه فاز 37.4 درجه است،هدف ما رسیدن به حاشیه فاز 50 درجه می‌باشد :

برای این منظور روش های مختلفی و جود دارد به عنوان مثال حذف قطب اول و قرار دادن قطب مطلوبی به جای آن و یا اضافه کردن یه قطب به سیستم (دراین صورت درجه سیستم افزایش می یابد)

با استفاده از روش دوم (اضافه کردن قطب غالب) جبران ساز را طراحی جنید؟

پاسخ پله و حاشیه فاز سیستم جبران شده را بدست آورید ؟

سئوال : کنترلر چه تأثیری بر پهنای باند سیستم گذاشته است ؟

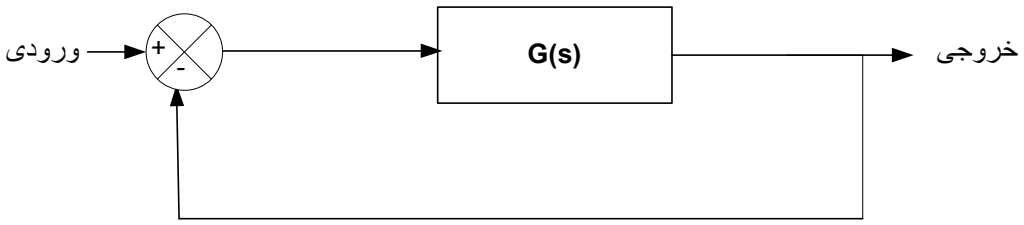
آزمایش اندازه گیری حساسیت:

تعریف حساسیت: حساسیت T نسبت به پارامتر α بصورت زیر می باشد:

$$S_{\alpha}^{T}=\frac{\partial T}{\partial \alpha}\times\frac{\alpha}{T}=\frac{\partial T/T}{\partial \alpha/\alpha}$$

در این آزمایش برای سیستم حلقه بسته زیر، حساسیت خطای پاسخ حالت ماندگار سیستم به ورودی پله (e_{ss}) نسبت به پارامتر K را می خواهیم بدست آوریم:

$$G(s)=\frac{K}{(1+.02\times s)\times(1+0.7\times s)}$$



شکل (1)

خطای پاسخ حالت ماندگار سیستم به ورودی پله (e_{ss}) برابر است با:

$$e_{ss}=\frac{1}{1+G(0)}=\frac{1}{1+K}$$

و در نتیجه $S_k^{e_{ss}}$ تحلیلی بصورت زیر در می آید:

$$\left|S_k^{e_{ss}}\right|=\left|\frac{\partial e_{ss}}{\partial K}\times\frac{K}{e_{ss}}\right|=\left|\frac{-1}{(1+K)^2}\times\frac{K}{1/(1+K)}\right|=\frac{K}{1+K}$$

برای بدست آوردن $S_k^{e_{ss}}$ از روی آزمایش، از تقریب زیر استفاده می کنیم :

$$\left|S_k^{e_{ss}}\right|=\left|\frac{\partial e_{ss}}{\partial K}\times\frac{K}{e_{ss}}\right|\approx\left|\frac{\Delta e_{ss}}{\Delta K}\times\frac{K}{e_{ss}}\right|$$

یعنی بازای دو مقدار مختلف گین K ، e_{ss} را حساب می کنیم:

$$\Delta e_{ss}=\left|e_{ss1}-e_{ss2}\right| \quad ,\Delta K=\left|K_1-K_2\right|$$

$$K=\frac{K_1+K_2}{2} \qquad , e_{ss}=\frac{e_{ss1}+e_{ss2}}{2}$$

و با استفاده از فرمول بالا، حساسیت از روی آزمایش بدست آورید.

براي K=1.5 حساسیت e_{ss} را به K اندازه گیري کنید ؟
حال مقدار k را به 5 افزایش داده و میزان حساسیت را بررسی کنید؟
توضیح دهید که با افزایش k مقدار حساسیت خطای ماندگار به بهره افزایش می یابد یا کاهش؟