سرعت موتور DC

پروژه درس سیستم های کنترل خطی

نام دانشجو: امیرحسین مرتضی

نام استاد: دکتر احسان معانی

دانشکده علوم مهندسی دانشگاه تهران

مقدمه

موتور DC موتور الکتریکی کنترل پذیر است, در یک مدار حلقه دارای مقاومت با نیروی محرکه ولتاژ یک جریان ایجاد می شود استاتور یک میدان مغناطیسی ثابت می سازد و آرماتور که بخش متحرک است یک سیم پیچ است. آرماتور به یک منبع تغذیه ی DC غیر متناوب توسط کموتاتور وصل میشود.
کموتاتور یا جابجاگر یک سوئیچ الکتریکی دوار در انواع خاصی از موتورهای برقی و ژنراتورهای برقی است که بطور دوره ای جهت فعلی بین روتور و مدار خارجی را برعکس می کند. ... با برگرداندن جهت فعلی در سیم پیچ های چرخان در هر نیمه ، یک نیروی چرخش ثابت (گشتاور) تولید می شود.
وقتی جریان از سیم پیچ عبور می کند یک نیروی الکترومغناطیسی ایجاد میشود پس سیم پیچ شروع به چرخش میکند, متوجه میشویم کموتاتور یا جابجاگر که به منبع با ولتاژ با قطب های مخالف وصل است. پس جریان الکتریکی در دو طرف سیم پیچ در جهت مخالف هم اند و این باعث گشتاور میشود که برای تثبیت آن می توان سیم پیچ های دیگر اضافه کرد تا تعامل با شار مغناطیسی بیشتر شود

W = 2pN/60 rad/s سرعت زاویه ای
T = F * ditance moved = F * 2 p r
P = work done/time one revolution = 2pr * F/(60/N)
P = F * r (2p/60) -> P = T * (2p/60)

Power in armatur = Power at EbIa = T * 2pN/60

همچنین برای نیروی محرکه ی armatur میدانیم

Eb = QZNP/60A

و با برابر قرار دادن توان ها داریم:

P = Eb* Ia = T * 2pN/60

گشتار موتور DC

T = 1/2p Q Ia. Pz/A

پس گشتاور موتور متناسب با جریان armator در شار است.

Eb = V -IaRa , QZN/60 (P/A) = V - IaRa
N = V -IaRa/Q (60A/ZP) r.p.m = E/Q (60A/ZP) r.p.m (**Revolutions per minute** is the number of turns in one minute)
N = kEb/Q

نشان میدهد که سرعت تناسب مستقیم با Eb و معکوس با شار Q دارد

فهرست

بخش چهارم - طراحی کنترلر

1. تعریف تاثیر پارامتر های kp, ki, kd
2. بهینه سازی و کنترل سیستم
3. نمودار نایکوئیست و تحلیل پایداری

بخش اول (سیستم حلقه باز)

1- با توجه به تابع تبدیل سیستم صفر نداریم و برای تعیین قطب ها مخرج را برابر صفر قرار میدهیم.

(Js + b)(Ls + R) +k^2 = 0, J = 0.01, b = 0.1, R = 1, L = 0.5, K = 0.01
(0.01s + 0.1)(0.5s + 1) +(0.01)^2 = 0
s1 = -9.9975
s2 = -2.0025

دو قطب در سمت چپ محور موهومی دارد.

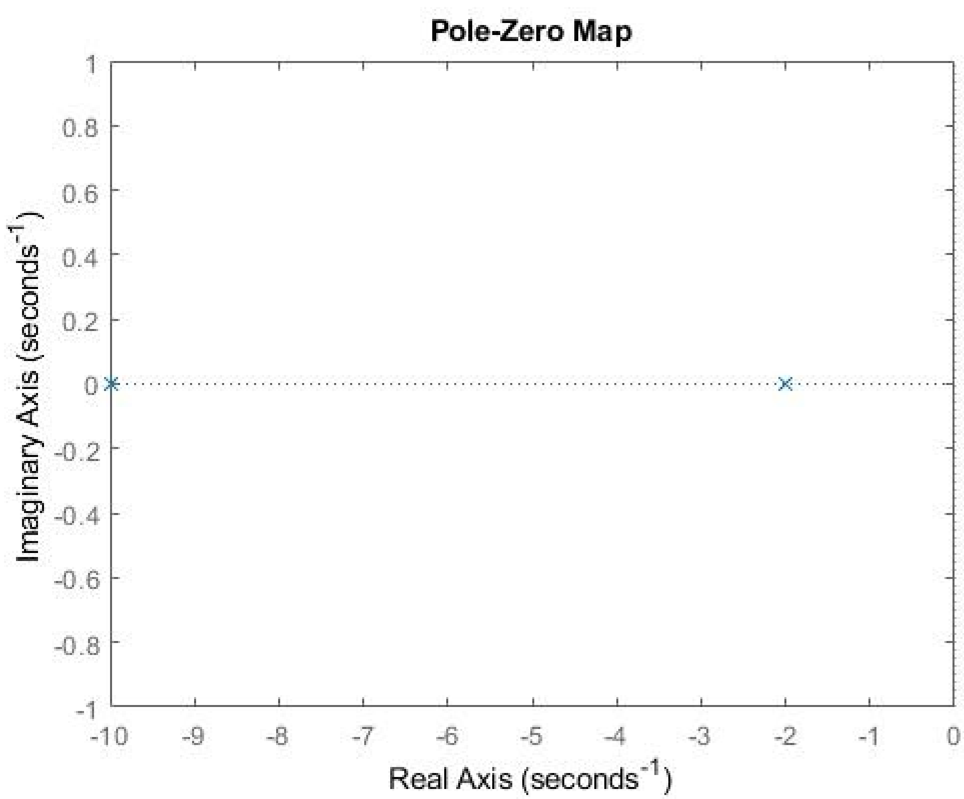


fig 1.1-نمودار قطب ها وصفرها

تحلیل پایداری با روش راث

$0.005s^2+0.06s+0.1001 = 0$

s^2	0.005	0.1001
s	0.06	0
1	0.1001	

با $k = 0.01$ تغییر علامت نداریم و سیستم پایدار است.

2- نمودار پاسخ زمانی به ورودی

- **پله**

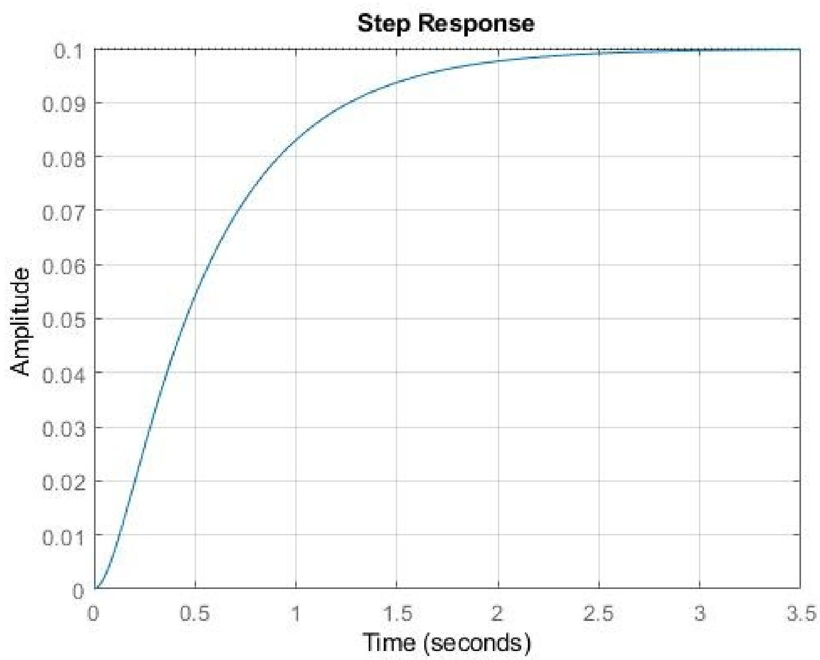
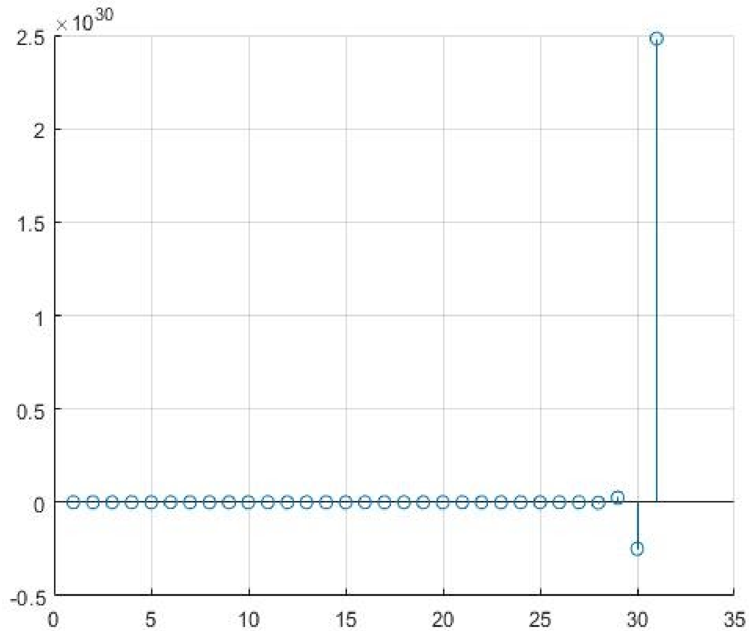
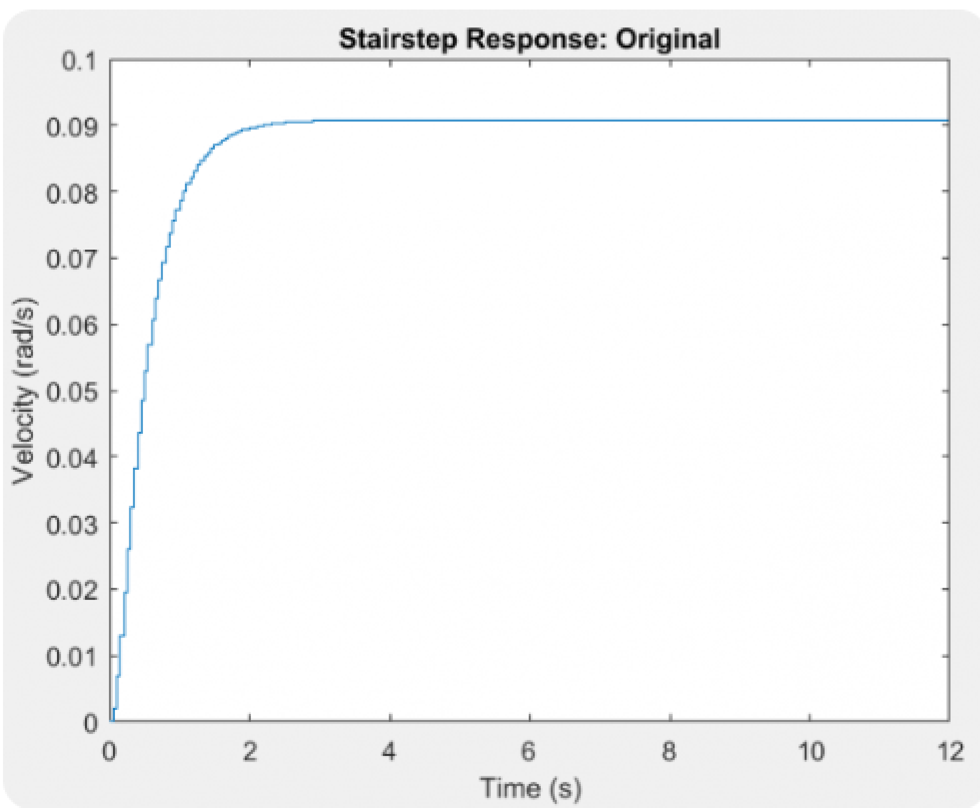


fig 1.2 پاسخ پله سیستم حلقه باز

- **ضربه**

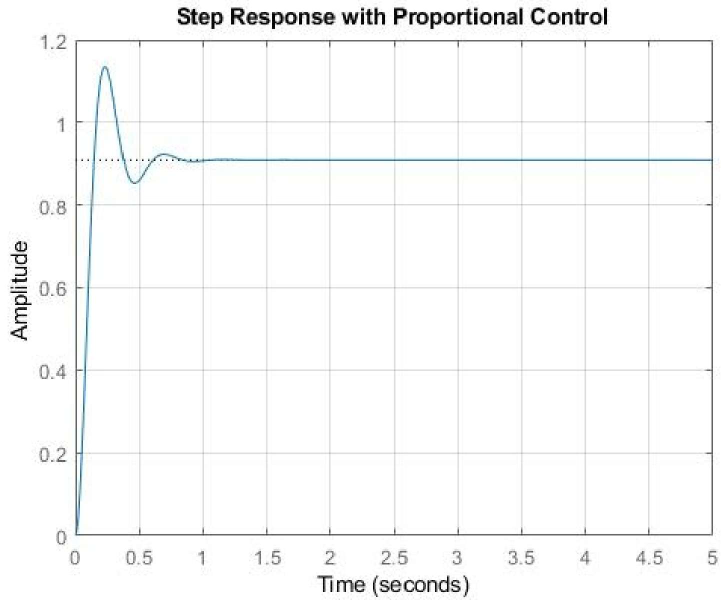
پاسخ ضربه حلقه باز fig 1.3





پاسخ ضربه پیوسته سیستم حلقه باز Fig 1.4

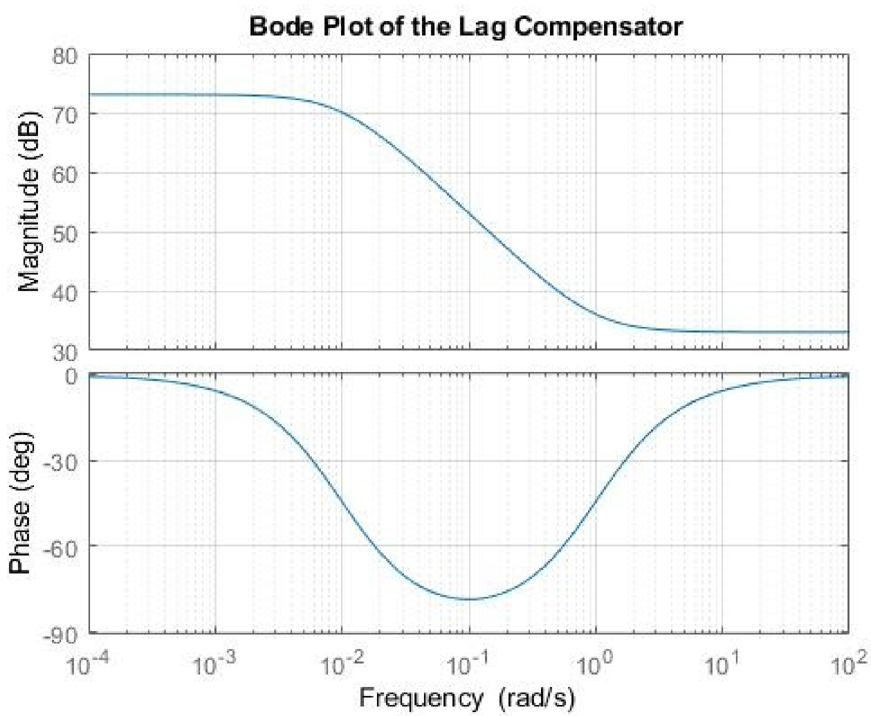
- **ضربه با اعمال اغتشاش** ابتدا پاسخ پله سیستم با داشتن یک کنترلر نوع p با Kp=100 را به دست آوردیم.



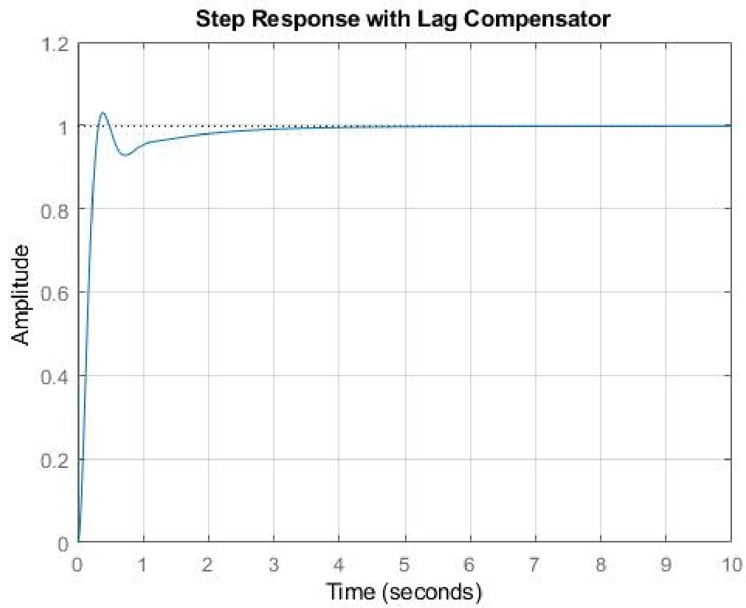
نمایش پاسخ پله سیستم کنترلی fig1.5

حال برای اعمال اغتشاش سیستم با تابع تبدیل C را در تابع تبدیل سیستم ضرب کردیم تا به عنوان جبران ساز عمل کند.

C = 45 * (s + 1) / (s + 0.01);



نمودار بودی جبران ساز fig 1.5

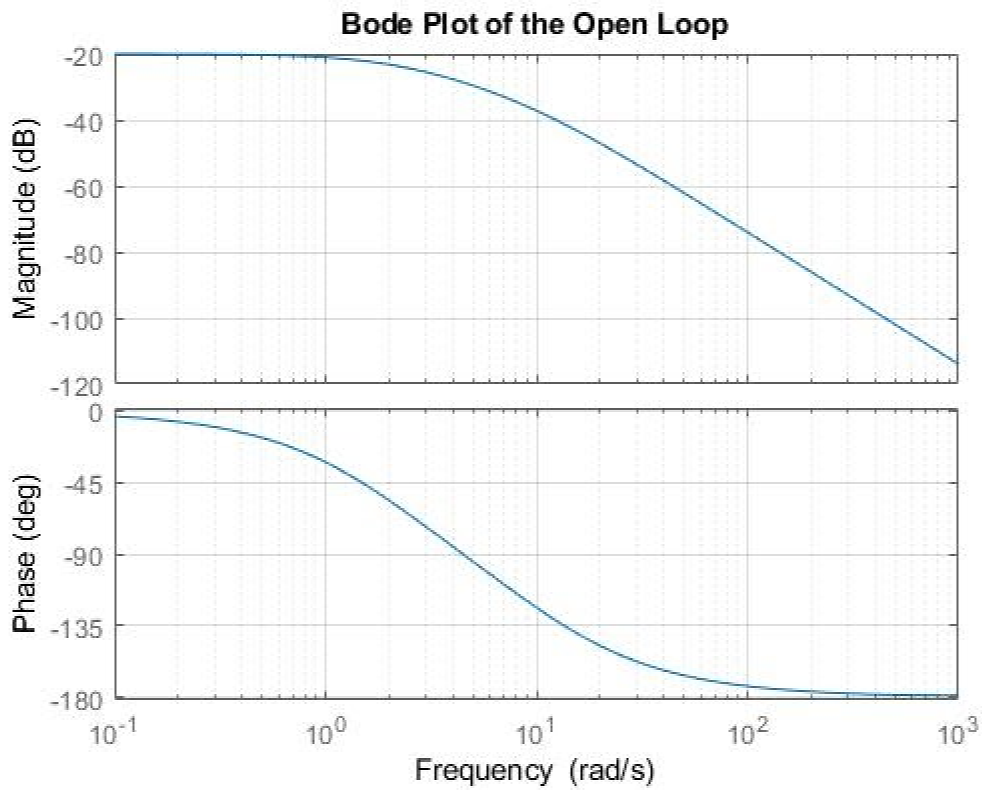


پاسخ حلقه باز به ورودی پله با اعمال اغتشاش با کنترلر های lag به عنوان جبران ساز fig 1.6

3- بررسی سیستم حلقه باز با توجه به خروجی ها: پاسخ ها به ازای ورودی محدود مقدار محدود دارند که این پایداری سیستم با این تابع تبدیل در روش راث را تایید میکند.

بخش دوم

1- نمودار Bode: برای رسم پاسخ فرکانسی سیستم بخش magnitude خط مستقیم تقریب مقدار زیر بر حسب dB است
20log|H(jw)|



نمودار Bode حلقه باز 2.1

حد فاز, مقدار زاویه ای که میتوان فاز سیستم را کاهش داد تا به مرز ناپایداری برسیم

|G(jw)| = 1 -> w = ?

Phase Margin = 180 + <|G(jw)|

حد بهره, فرکانسی که در آن فاز 180- باشد

Gain Margin = 1/|G(jw)| = -20log10|G(jw)|

برای پایداری حد بهره وحد فاز باید هر دو مثبت باشند. این از نمودار Bode قابل استخراج اند.

برای حد بهره ابتدا نقطه cross over در نمودار Phase تعیین وبا خط عمود نقطه ی فرکانس آن را در نمودار Magnitude تعیین کنیم حد بهره میزان افت آن از مقدار بیشینه می باشد

برای حد فاز ابتدا نقطه ی cross over در نمودار Magnitude را یافته و عمودی پایین می آییم تا به یک نقطه ی در نمودار Phase برسیم و اختلاف فاز آن نقطه از 180- برابر حد فاز است.

تابع margin با ورودی تابع تبدیل را برای نمایش این مقادیر فرا خواندیم.

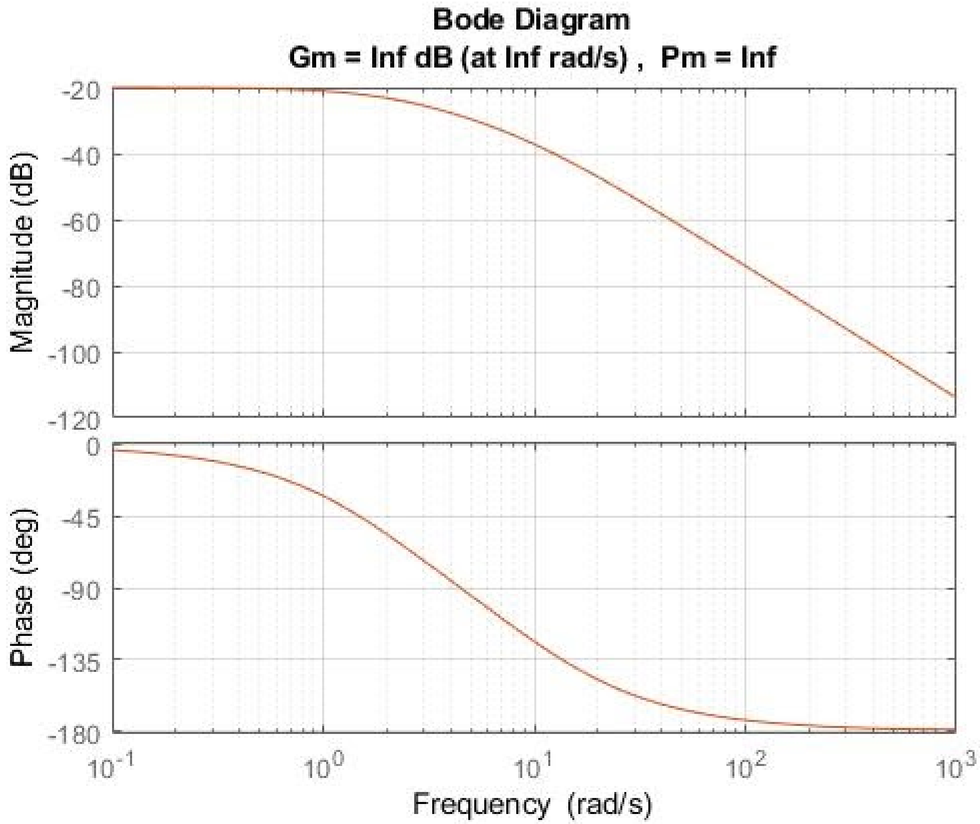
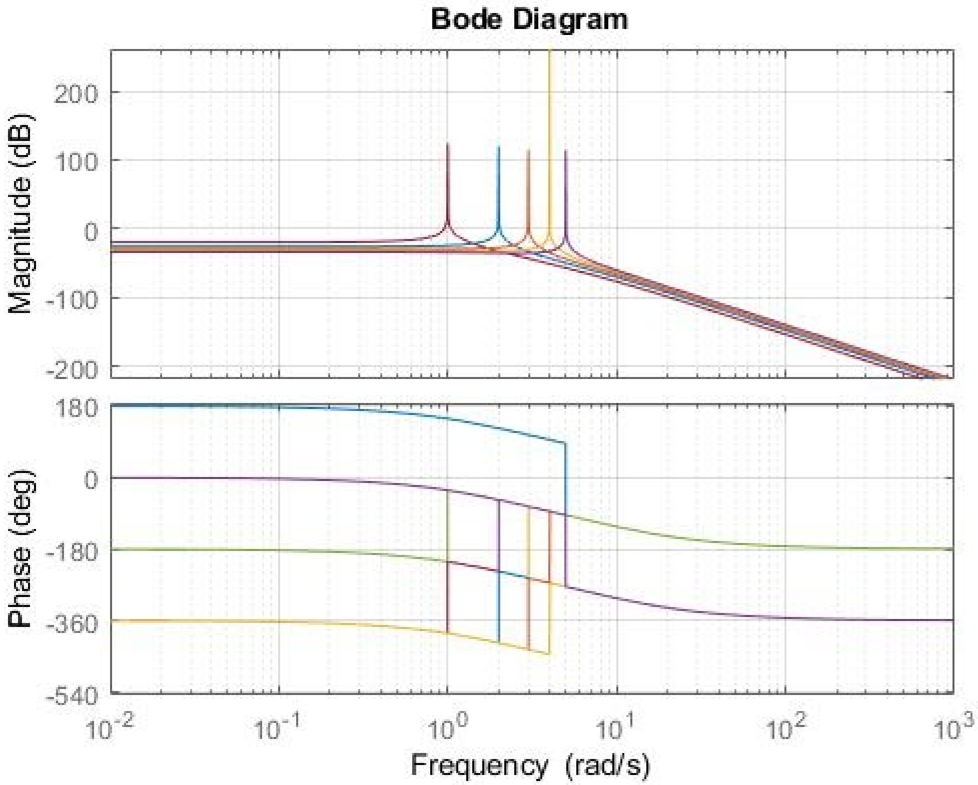


Fig 2.2 نمودار بودی به همراه مقادیر حد بهره و حد فاز

2-نمودار Bode با ورودی سینوسی:

L(sin(wt)) = w/ s^2 + w^2

کافی است تبدیل لاپلاس سینوس را در تابع تبدیل ضرب کرده و حاصل را به فرم سینوسی بنویسم تا دامنه و فاز قابل تشخیص باشند برای رسم نمودار یک بازه برای فرکانس w در نظر گرفته شد.



نمودار بودی پاسخ سینوسی با فرکانس های متفاوت Fig 1.3

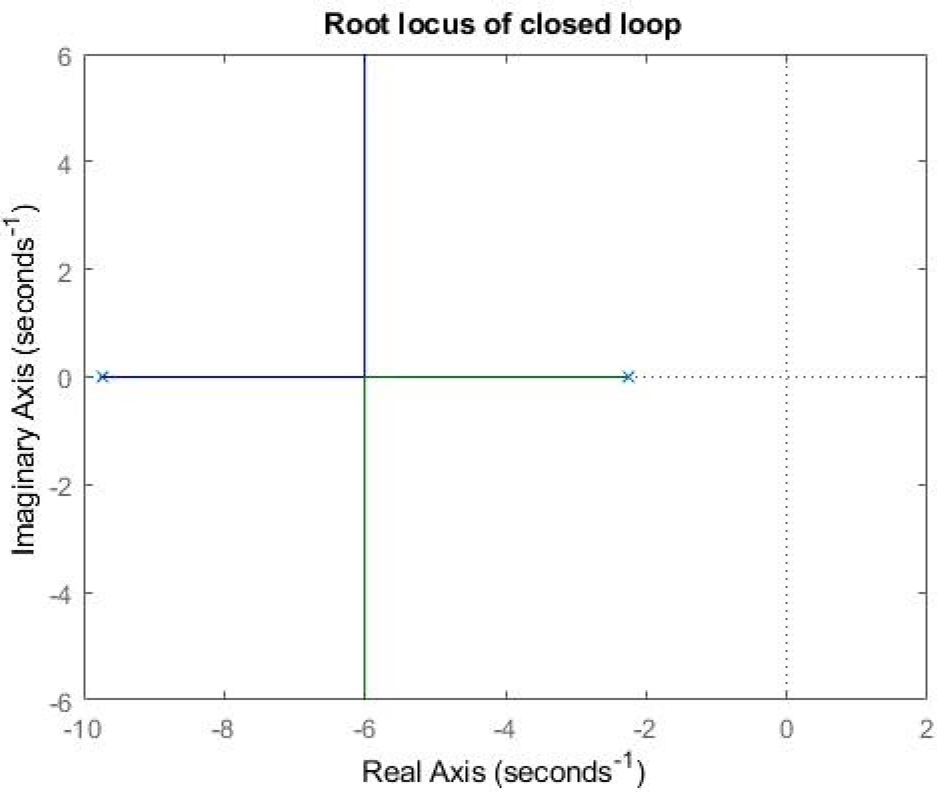
3- نمودار Bode بدون تابع تبدیل: می توان بدو تابع تبدیل رسم کرد

Magnitude = 20log(amplitude out/amplitude in)
Phase = (Delay from input to output / input period) * 360

در این حالت تبدیل فوریه ی سیگنال های ورودی و خروجی را با fft به دست آورده سپس تبدیل خروجی را بر ورودی تقسیم می کنند با این نسبت نمودارهای فاز و بهره از روابط بالا در بازه زمانی مشترک قابل ترسیم اند.

بخش سوم (Root Locus)

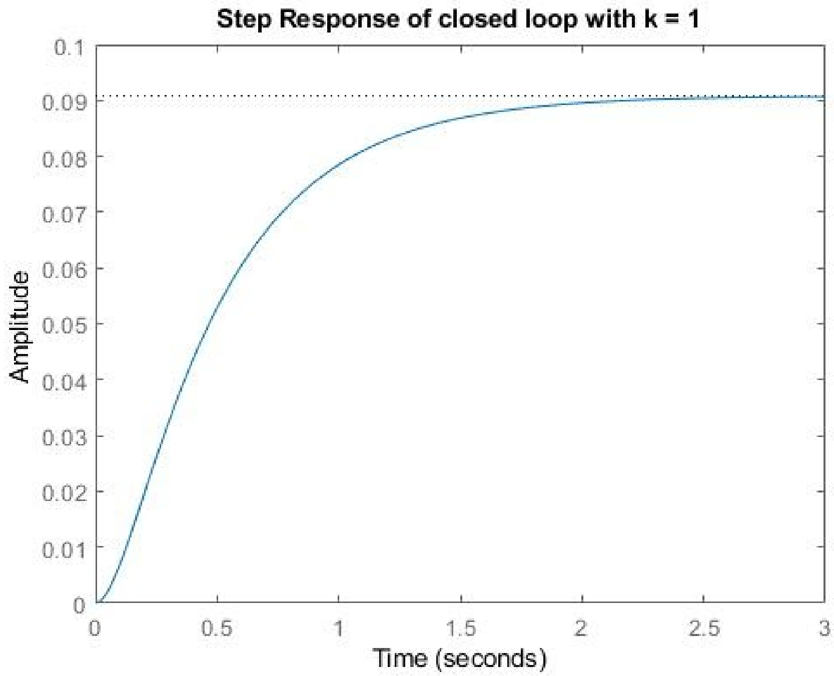
1- مکان هندسی ریشه های حلقه بسته :در ابتدا k =1 در فرض کردیم, تابع rlocus با ورودی تابع تبدیل نمودار مکان هندسی ریشه ها را می دهد.



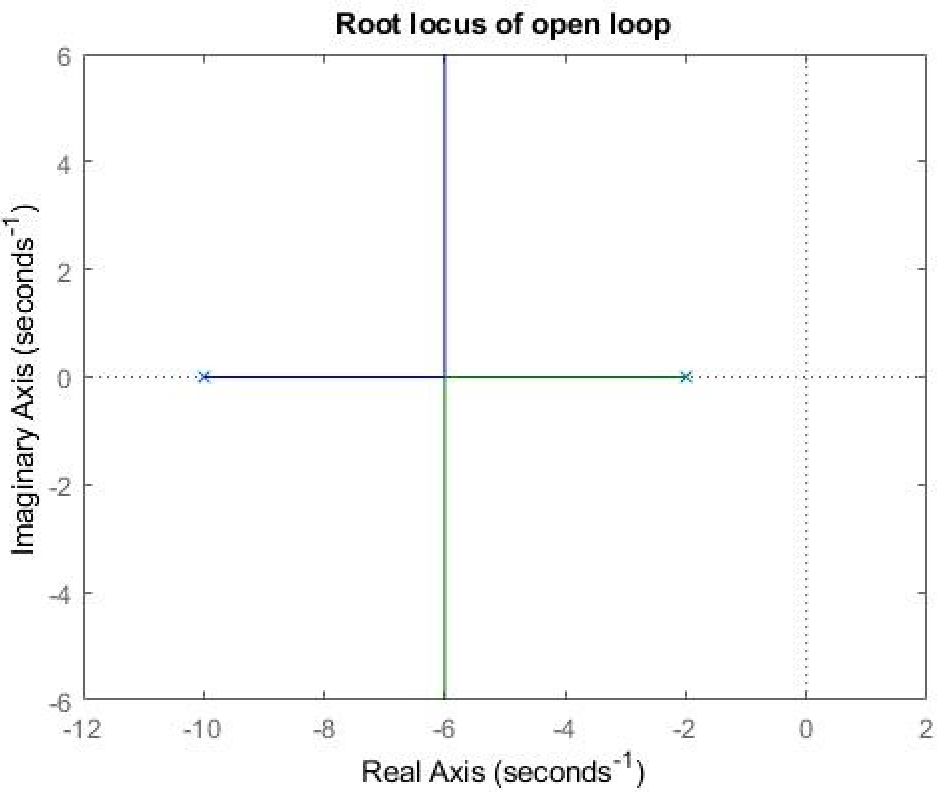
2- تحلیل محدوده k برای پایداری

برای تعیین k برای پایداری نمودار مکان هندسی k * H را رسم می کنیم جایی که قسمت حقیقی قطب سیستم بخواهد از منفی به مثبت برود با کلیک بر آن نقطه gain هم نشان داده میشود که حد بالای k برای پایداری است.

برای چک کردن نتیجه پاسخ پله سیستم حلقه بسته را نیز رسم کردیم. تا bounded output بودن سیستم را ببینیم.

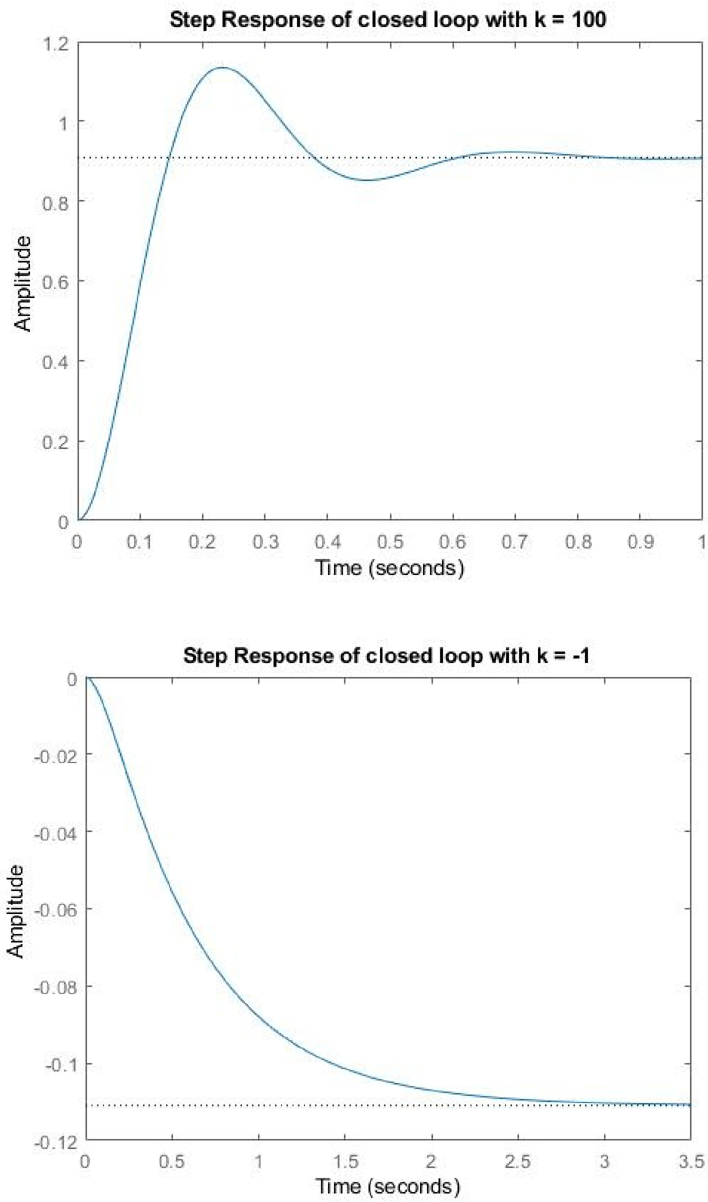


نمودار پاسخ پله سیستم حلقه بسته Fig 3.1



نمودار مکان هندسی ریشه های حلقه باز Fig 3.2

مشاهده کردیم در تمام نقاط این مکان هندسی قطب در سمت چپ محور موهومی بود. حتی برای k های خیلی بزرگ نمودار خروجی محدود میشود اما برای k منفی قطب با قسمت حقیقی مثبت ایجاد میشود میتوان گفت به ازای $k > 0$ همواره پایدار است



نمودار پاسخ سیستم حلقه بسته به ورودی پله با k های متفاوت Fig 3.3

بخش چهارم

1- وقتی نمودار پاسخ ضربه سیستم بدون کنترل یعنی با kp =1 و بقیه 0 را رسم کنیم یک منحنی داریم که افزایش و پس از مدتی ثابت می شود هدف از کنترل کنترل زمان رسیدن به این مقدار ثابت است.

چند پارامتر زمانی برای این نوع نمودار تعریف میکنیم:

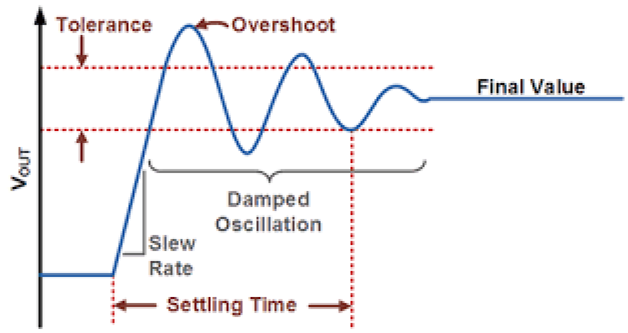


Fig 4.1 نمونه پاسخ پله سیستم

Settling Time: زمانی که طول میکشد خطای خروجی به یک بازه محدود برسد

Rise Time: زمانی که برای طول میکشد که از 10 درصد مقدار ثابت خود به 90 درصد این مقدار ثابت پایدار برسد

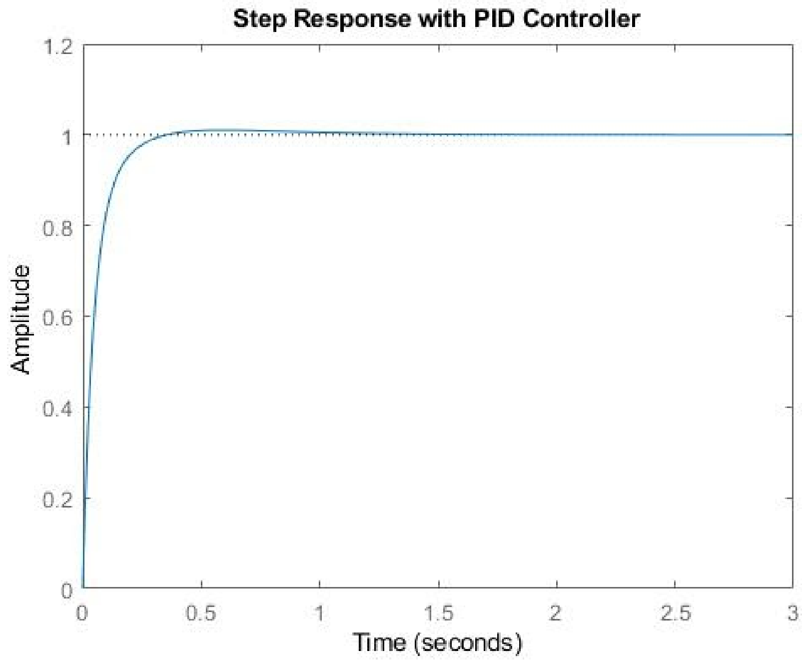
Overshoot: اختلاف ماکزیمم مقدار با پله تقسیم بر پله

CL RESPONSE	RISE TIME	OVERSHOOT	SETTLING TIME	S-S ERROR
Kp	Decrease	Increase	Small Change	Decrease
Ki	Decrease	Increase	Increase	Eliminate
Kd	Small Change	Decrease	Decrease	Small Change

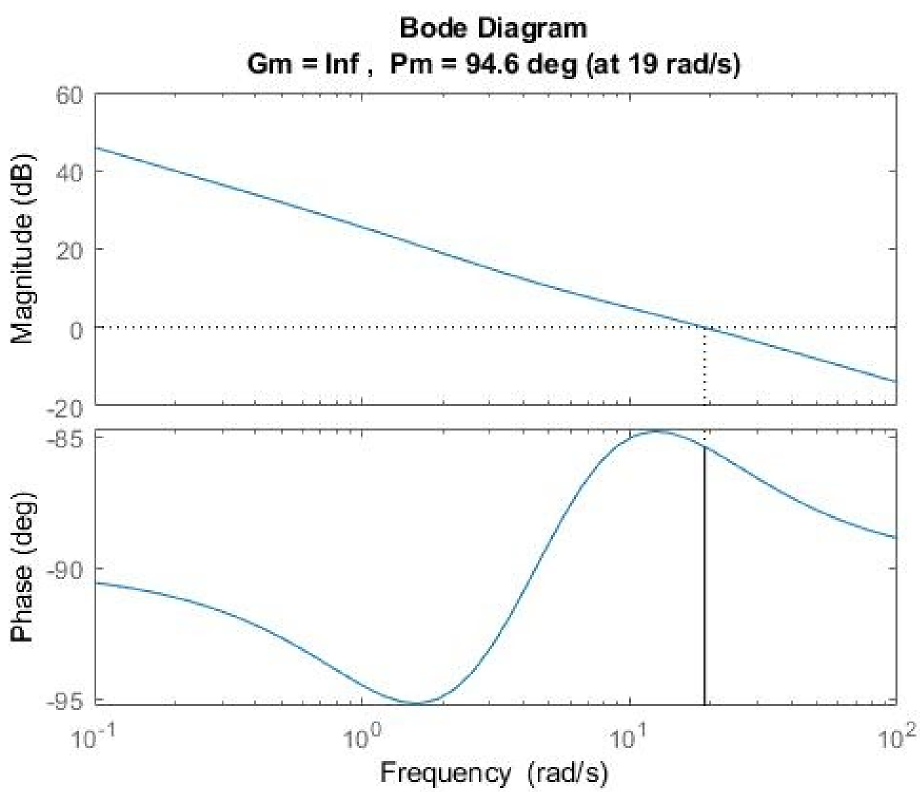
Fig 4.2 تاثیر پارامتر های کنترلی بر زمان کنترل

توجه داشته که خود این k ها نیز به هم وابسته اند و تغییر یکی تاثیر دیگری روی این زمان ها را کم و زیاد میکند.

-2 توسط تابع pid متلب این بهینه سازی را انجام میشود اما راه دیگر اجرا مرتب کد رسم نمودار و تغییر با شروع از kp است.



پاسخ پله سیستم کنترل شده در که زمان های مناسب تری پایدار می شود Fig 4.3



نمودار بودی کنترل Fig 4.4

3- در نمودار نایکوئیست هیچ دوری حول 1- نداریم و چون تابع تبدیل حلقه باز قطب ناپایدار ندارد تابع حلقه بسته نیز قطب ناپایدار ندارد

$Z = N + P = 0$

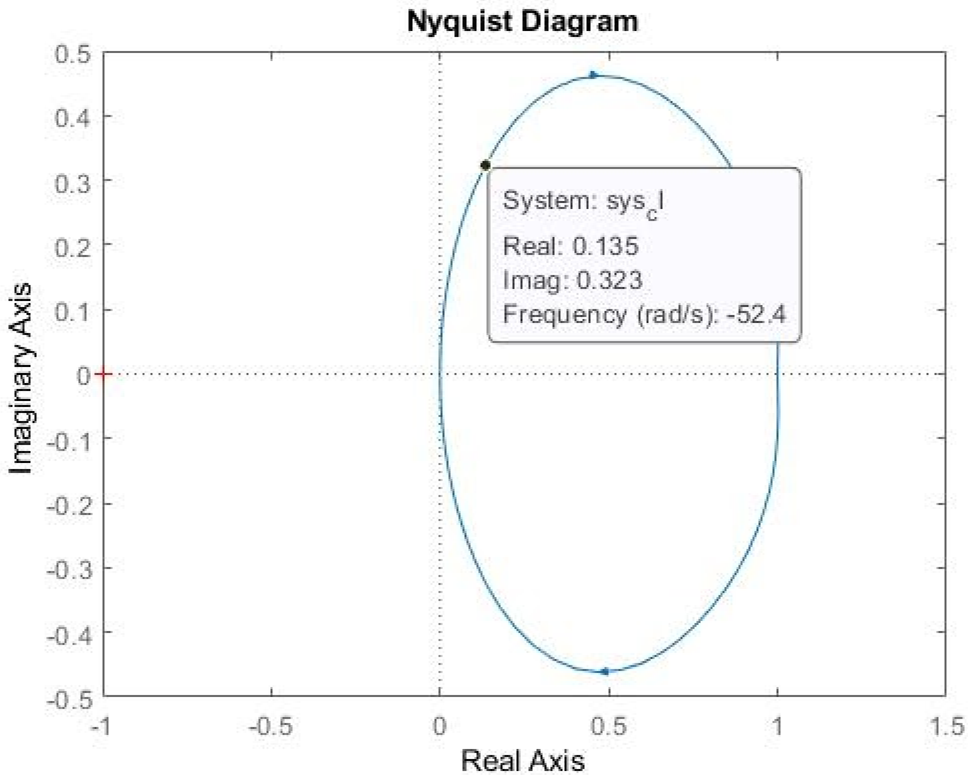


Fig 4.5 نمودار نایکوئیست سیستم کنترلی حلقه بسته