

سوال 1) حل دستی

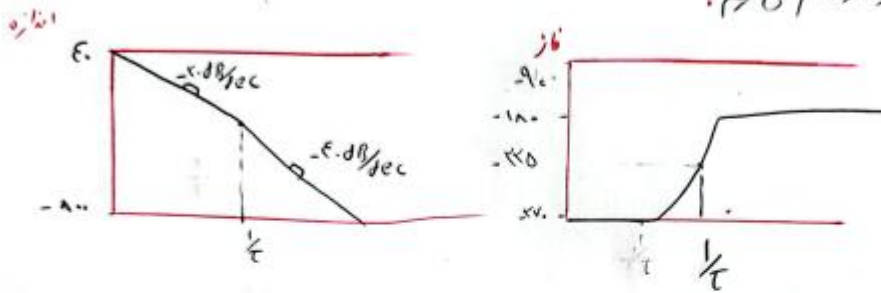
مصطفی لطیفیان - 40122193

1-

فاز شروع از ۳۷۰

$$G(s) = \frac{k}{s(-1+Ts)} = \frac{-k}{s(-Ts+1)} \quad \begin{matrix} -180^\circ \\ 90^\circ \end{matrix}$$

ابتدا نمودار بده را رسم می کنیم:



$$P=1 \Rightarrow \text{برای پایداری } N=1$$

حال نمودار نایکویست را رسم می کنیم:

$$G(j\omega) = \frac{-k}{j\omega(-1+jT\omega)} = \frac{-k}{T\omega^2 + j\omega} \rightarrow \text{برای فهمیدن قیمت موهومی باید ۰ فرض شود که}$$

در این صورت خروج برابر موهومی می شود پس برخوردی

با محور حقیقی در نمودار نایکویست وجود ندارد. (به علت وجود قطب در مبدأ نیم دایره هم در نمودار نایکویست وجود دارد.)

$$Z = N + P \Rightarrow Z = N + 1$$

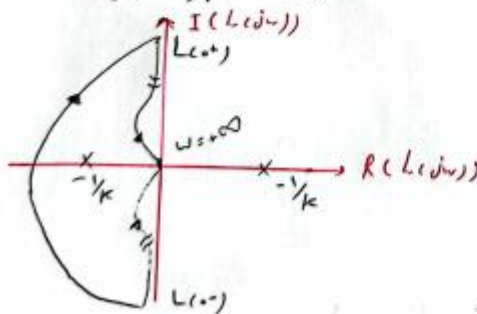
برای پایداری $N=1$

طبق شکل مشخص است که برای

داشتن $N=1$ باید $-1/k$ را به صورت

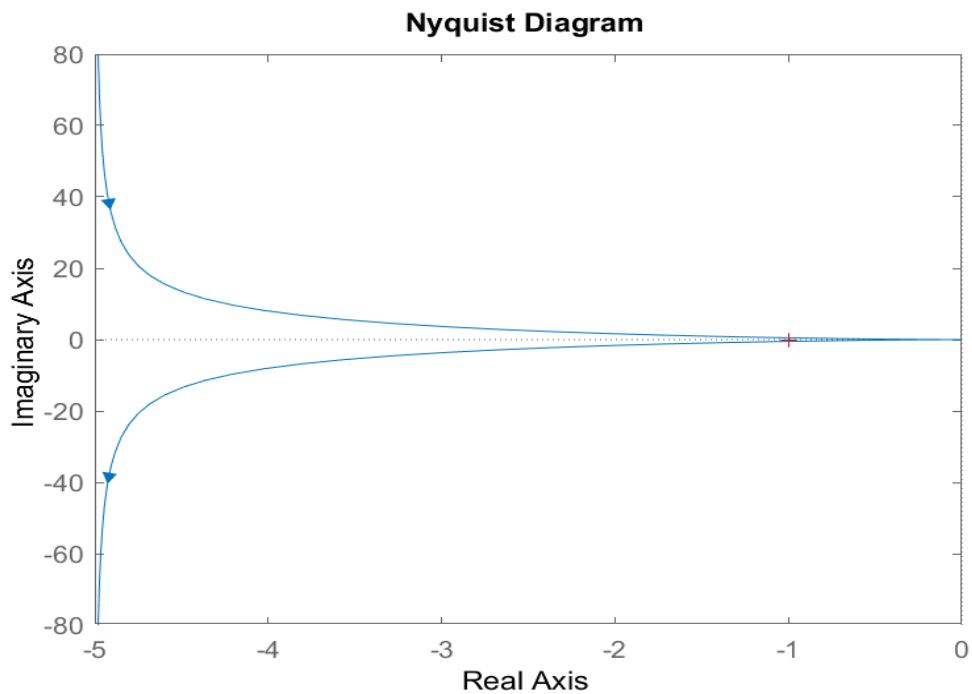
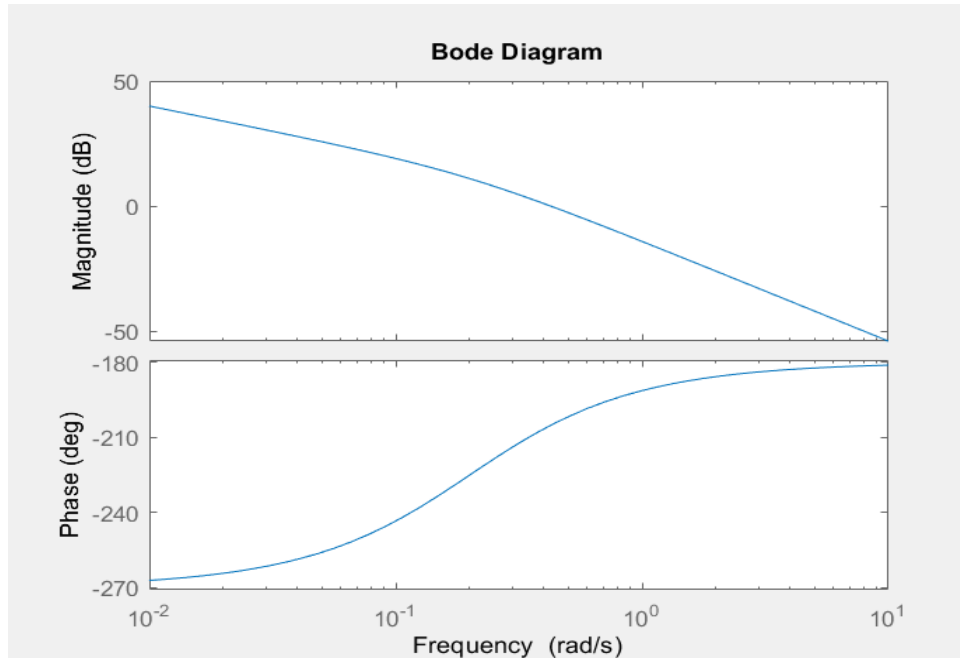
پادگاه کرد دور بزنیم که پلوتو به نمودار

نایکویست این امکان وجود ندارد.



سوال 1) حل با متلب

```
clc; clear; close all;  
s = tf('s');  
g1 = -1 / (s*(-5*s+1))  
figure(1)  
bode(g1)  
figure(2)  
nyquist(g1)
```



$$T(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)} \quad \text{۲- سیستم حلقه بسته:}$$

$$D(s) = 1 + G(s) = s(s+1)(s+10) + k = s^3 + 11s^2 + 10s + k$$

روش هورنیز

s^3	1	10	
s^2	11	k	$\rightarrow, k > 0$
s^1	$\frac{110-k}{11}$	0	$\rightarrow, 110-k > 0 \Rightarrow 110 > k$
s^0	k		

$$\Rightarrow 0 < k < 110$$

$$\text{حد بهره} = \frac{k_{\max}}{k_n} \Rightarrow k_n = \frac{110}{1.1} = 100 \Rightarrow k = 100$$

$$e(t) = \overbrace{t u(t)}^{e_1} + \overbrace{1.1 u(t)}^{e_2}$$

\Rightarrow سیستم نوع یک است پس e_2 یا خطای ورودی پله برابر صفر می شود.

$$e_1 = \frac{1}{k_v}, \quad k_v = \lim_{s \rightarrow 0} s G(s) = \frac{100}{10} = 10$$

$$\Rightarrow e_1 = \frac{1}{10} = 0.1$$

$$\rightarrow e_{ss} = e_{1ss} + e_{2ss} = 0.1 + 0 = 0.1$$

خطای ورودی مد نظر

راهد دوم:

$$G(s) = \frac{k}{s(s+1)(s+10)} \Rightarrow G(j\omega) = \frac{0.1k}{j\omega(1+j\omega)(\frac{j\omega}{10}+1)}$$

$$\angle G(j\omega) = -180^\circ \Rightarrow 0 - (t g^{-1}(\frac{\omega}{10}) + t g^{-1}(\omega) + t g^{-1}(\frac{\omega}{10})) = -180^\circ$$

$$|G(j\omega)| \xrightarrow{\omega=3.14} \frac{k}{3.14} \times \frac{0.1}{\sqrt{11 \cdot 3.14^2}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{3.14^2}{100}}} = \alpha \Rightarrow \alpha = 0.00071k$$

$$\Rightarrow 1.1 = \frac{1}{\alpha} \Rightarrow \alpha = \frac{1}{1.1} \Rightarrow k = 100$$

ادامه حل روش قبل

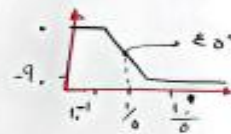
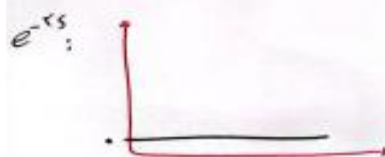
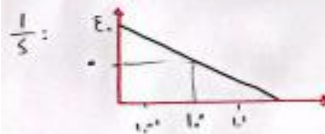
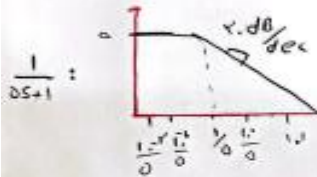
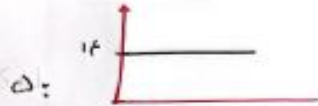
سوال (3) روش اول

۳- روش اول:

$$G(s) = \frac{5}{(s+1)} \times \frac{(s+1)}{s} \times e^{-s}$$

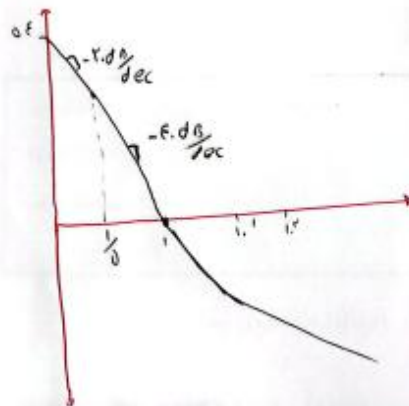
منو دار بود که عبارت را رسم کردن و سپس با هم جمع می کنیم:

اندازه

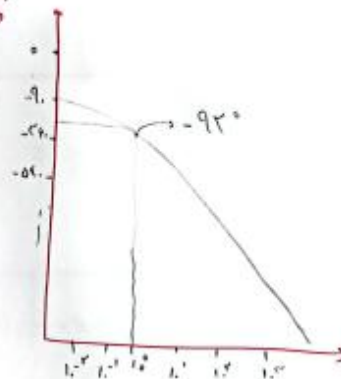


جمع عبارت:

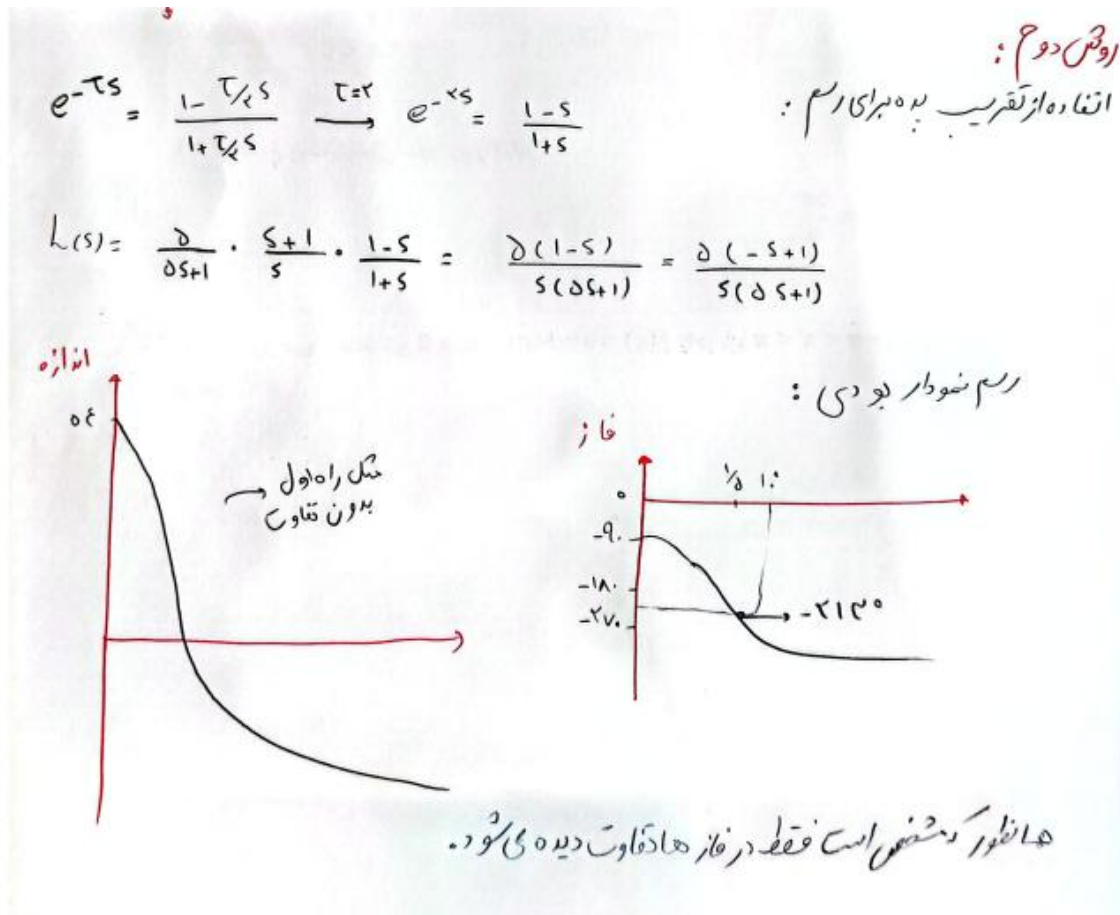
اندازه



فاز

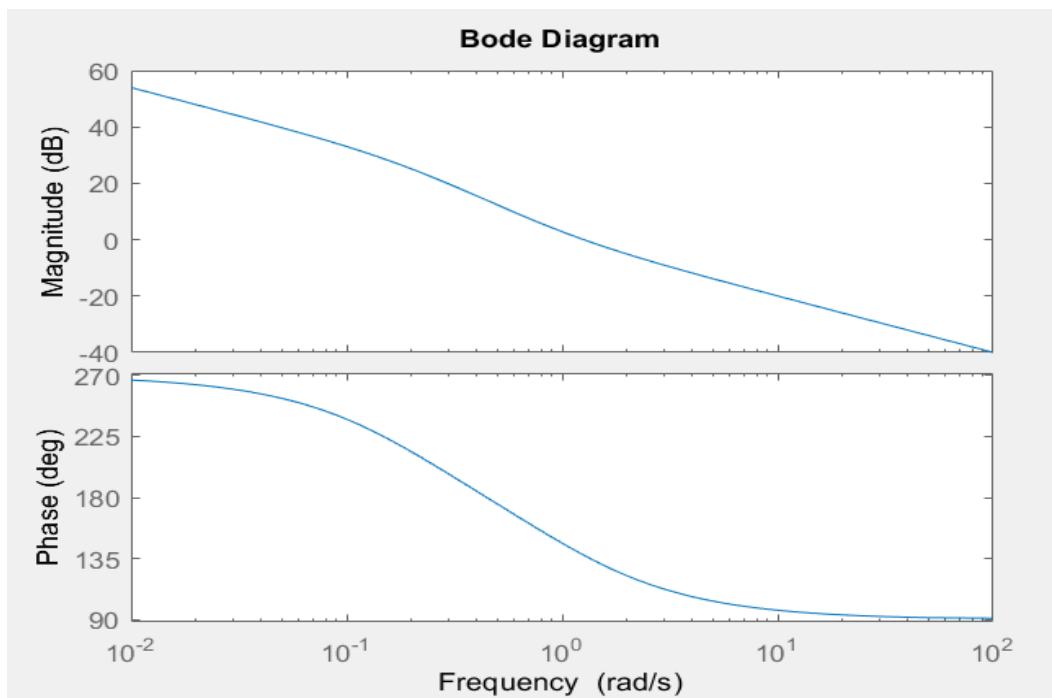
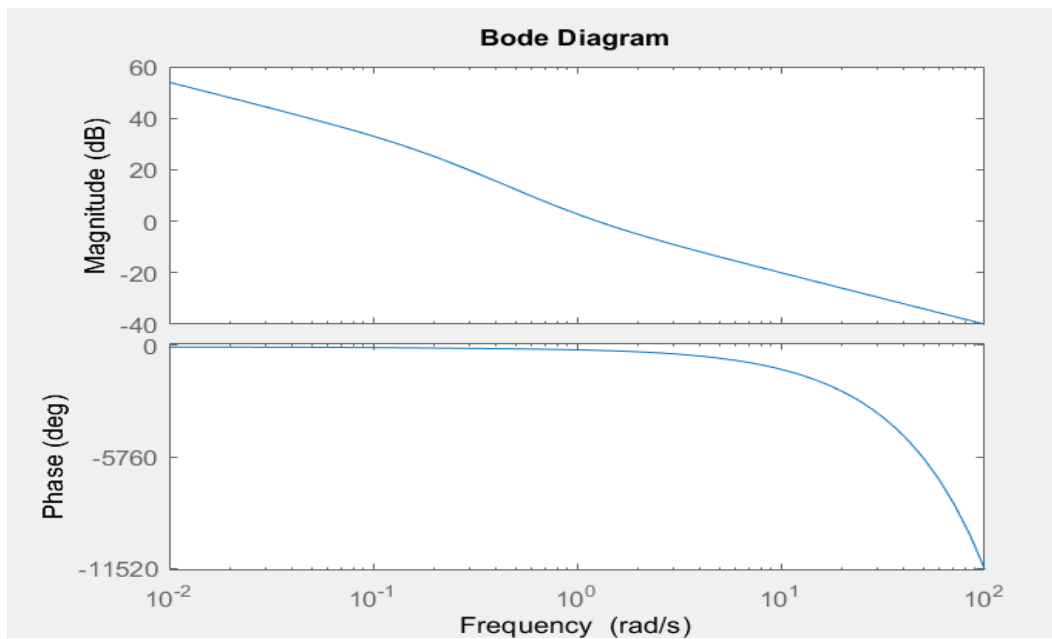


سوال (3) روش دوم



سوال (3) حل با متلب

```
clc; clear; close all;
s = tf('s');
g1 = (5*(s+1)*exp(-2*s)) / (s*(5*s+1));
figure(1)
bode(g1)
g2 = (5*(-s+1))/(s*(5*s+1));
figure(2)
bode(g2)
```



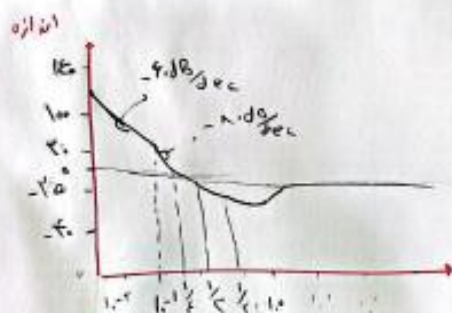
همانطور که از شکل ها مشخص است، پاسخ رسم شده به صورت دستی با پاسخ متلب به صورت تقریبی یکسان است.

- ۴

$$G(s) = \frac{-(s+1)^2(s/4+1)^3(s/2+1)}{s^3 \cdot 1 \cdot (s/10+1)} = -\frac{25}{100} \times \frac{(s+1)(s/4+1)(s/2+1)(s/4+1)}{s^3(s/10+1)}$$

پود تکند را محاسبه و مقدارنهایی را رسم می‌کنیم:

$$\begin{aligned} (s+1) &\rightarrow \angle = 1, \quad \angle = 90^\circ, & (s/4+1) &\rightarrow \angle = 2, \quad \angle = 90^\circ \\ (s/4+1) &\rightarrow \angle = 2, \quad \angle = 90^\circ, & (s/2+1) &\rightarrow \angle = 4, \quad \angle = 90^\circ \\ s^3 &\rightarrow \angle = 0, \quad \angle = -270^\circ, & (s/10+1) &\rightarrow \angle = 10, \quad \angle = -90^\circ \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} 20 \log 0.025 &= -12 \\ \varphi &= -180^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -180^\circ &\rightarrow -180^\circ - 270^\circ = -450^\circ \\ -90^\circ &= +270^\circ \end{aligned}$$

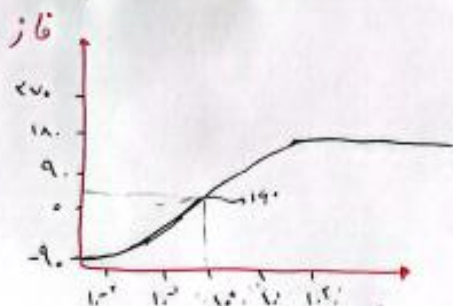
$$\angle = 90^\circ \rightarrow \angle = 180^\circ = -180^\circ$$

$$\angle = 1/4 = -90^\circ$$

$$\angle = 1/2 = 0^\circ$$

$$\angle = 1/4 = 90^\circ$$

$$\angle = 1 = 180^\circ$$



$$G(s) = \frac{-(s+1)(s+2)(s+2)(s+4)}{s^3(s+10)}$$

حال باید محل برخورد با محور حقیقی را بیابیم:

$$\Rightarrow G(s) = \frac{-(s^4 + 10s^3 + 30s^2 + 50s + 24)}{s^4 + 10s^3}$$

$$\Rightarrow G(j\omega) = \frac{-(\omega^4 - 10j\omega^3 - 30\omega^2 + 50j\omega + 24)}{\omega^4 - 10j\omega^3}$$

$$G(j\omega) = - \frac{(\omega^4 - 1.0 \cdot j\omega^3 - 3.0 \omega^2 + 5.0 \cdot j\omega + 2.4) \times \frac{\omega^4 + 1.0 \cdot j\omega^3}{\omega^4 + 1.0 \cdot j\omega^3}}{\omega^4 + 1.0 \cdot j\omega^3}$$

$$= \frac{(-\omega^8 - 9.45\omega^6 + 4.95\omega^4) + j(-9.0\omega^7 + 3.45\omega^5 - 2.4\omega^3)}{\omega^8 + 1.0000\omega^2}$$

باید قسمت موهومی برابر صفر شود:

$$\Rightarrow \omega^3(-9.0\omega^4 + 3.45\omega^2 - 2.4) = 0$$

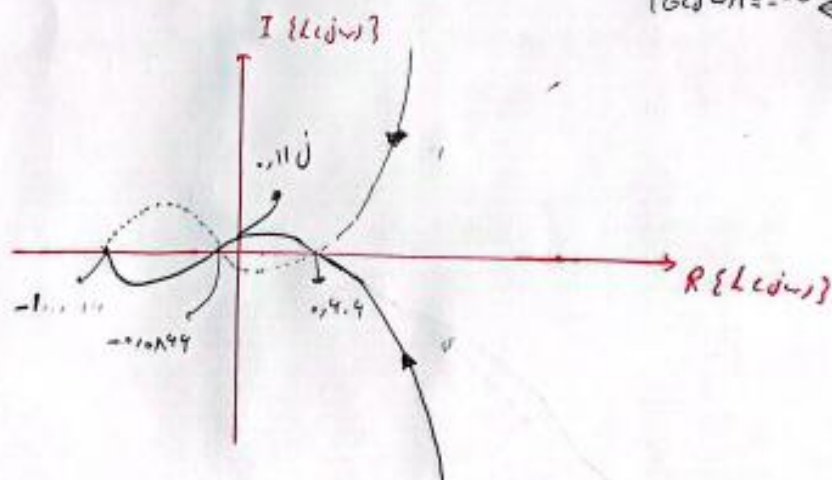
$$\Rightarrow \omega = 0 \quad \text{و} \quad \omega = \pm 0.841 \quad \text{و} \quad \omega = \pm 4.13$$

حال باید تقاطع با محور حقیقی را با توجه به ما بیابیم:

$$\omega = \pm 0.841 \rightarrow \operatorname{Re}\{\omega\} = 0.4$$

$$\omega = \pm 4.13 \rightarrow \operatorname{Re}\{\omega\} = -0.10844$$

* با توجه به نمودار بودی از زاویه -90° شروع می‌کنیم.
 $\lim_{\omega \rightarrow \infty} |G(j\omega)| = \infty$



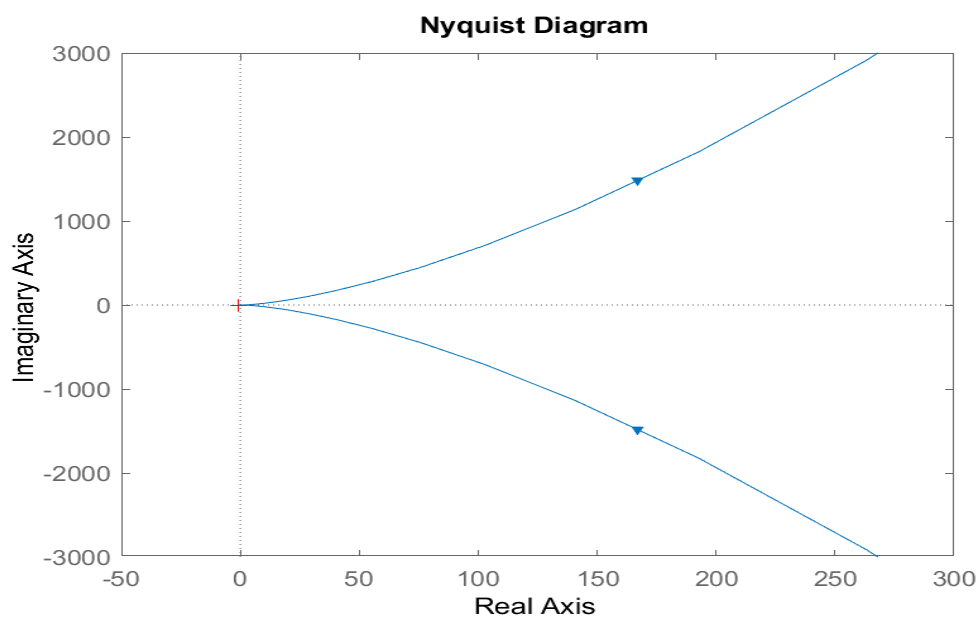
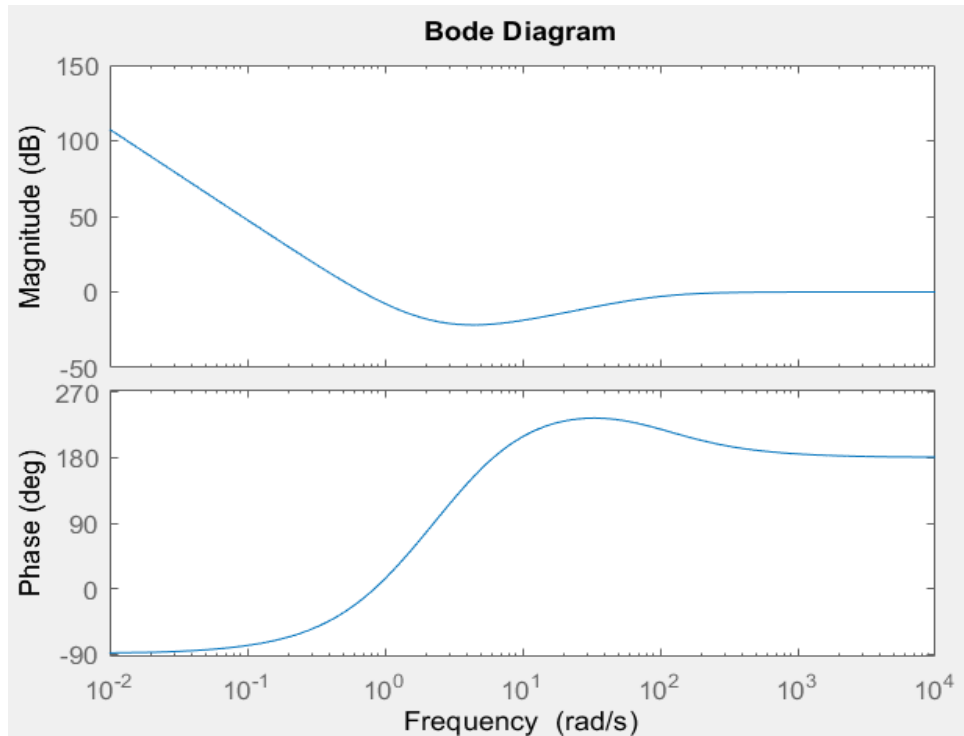
با توجه به s^3 نمودار از ناکلیدیت در بین نمایش بسته می‌گردد.

محلول به خورد با محور موهومی: $\omega = \pm 2.24$ $\Rightarrow -\omega^8 - 9.45\omega^6 + 4.95\omega^4 = 0$
 محققین $\omega = \pm 2.24$ و $\omega = \pm 3.14$

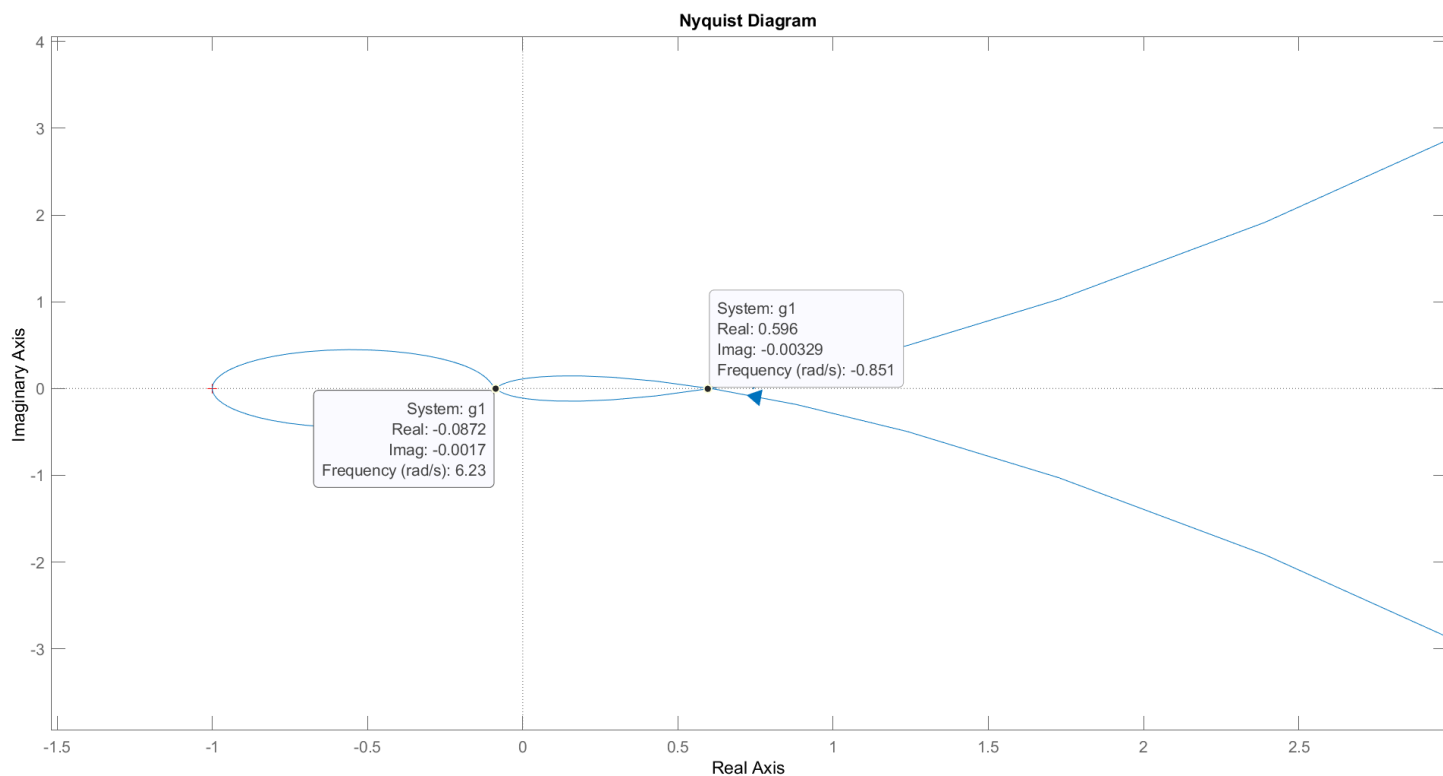
$$\omega = 2.24 \Rightarrow G(j\omega) = 0.11j$$

سوال 4) حل با متلب

```
clc; clear; close all;
s = tf('s');
g1 = (-(s+1)*(s+2)*(s+3)*(s+4))/((s^3)*(s+100));
%g2=(-0.24*(s+1)*((s/2)+1)*((s/3)+1)*((s/4)+4))/((s^3)*((s/100)+1))
figure(1)
bode(g1)
figure(2)
nyquist(g1)
% figure(3)
% bode(g2)
```



زوم شده نمودار نایکوئیست برای مشاهده برخورد ها



نمودار رسم شده به صورت دستی با نمودار رسم شده متلب به صورت تقریبی یکسان است.

۵- با توجه به اندازه شروع نمودار اندازه بودی ۲۰ خواهم داشت :

$$20 = k \Rightarrow k = 20$$

از ۱۰۰ افزایش ۲۰٪ را داریم پس می توان دریافت که یک صفه باید در ۱۰۰ داریم

و خواهم داشت : $T_{S+1} \rightarrow T_{0.1}$

پس از آن در ۱۰۰ نمودار ۲۰٪ را داریم پس می توان دریافت که یک قطب در ۱۰۰ با ۲۰٪

نمودار اندازه را ثابت کرده است : $T_{S+1} \rightarrow T_{0.1}$

$$L(s) = \frac{0.1(s+1)}{(s+1)}$$

با توجه به تمام مقادیر بدست آمده خواهم داشت :

- رسم نمودار نایکویست

نمودار بود از اندازه ۲۰ و زاویه صفه شروع شده است، پس نمودار نایکویست از ۱/۲۰ با زاویه صفه شروع خواهد شد.

نمودار بودی در ∞ به صفه رسیده است پس داریم $\alpha = 1 \Rightarrow \alpha = 0.1$ ، پس نمودار نایکویست در $\omega = \infty$ به اندازه ۱ با زاویه صفه ختم می شود.

$$L(s) = \frac{0.1(s+1)}{(s+1)} = \frac{0.1 \times 0.1(s+1)}{0.1(s+1)} = \frac{s+1}{s+1}$$

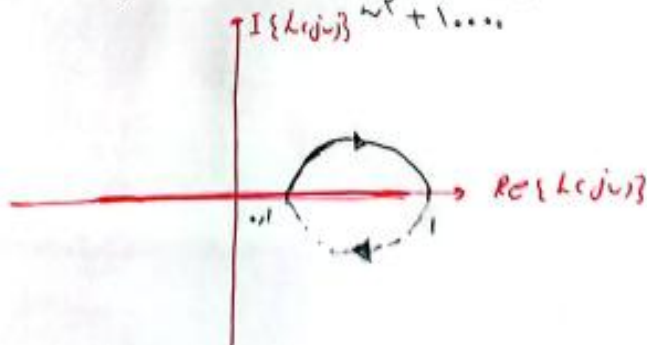
$$L(j\omega) = \frac{j\omega+1}{j\omega+1} = \frac{j\omega+1}{j\omega+1} \times \frac{j\omega-1}{j\omega-1} = \frac{\omega^2 + 1 + j\omega - j\omega}{\omega^2 + 1}$$

$$\omega = -\infty \Rightarrow 1$$

$$\omega = 0 \Rightarrow 0.1$$

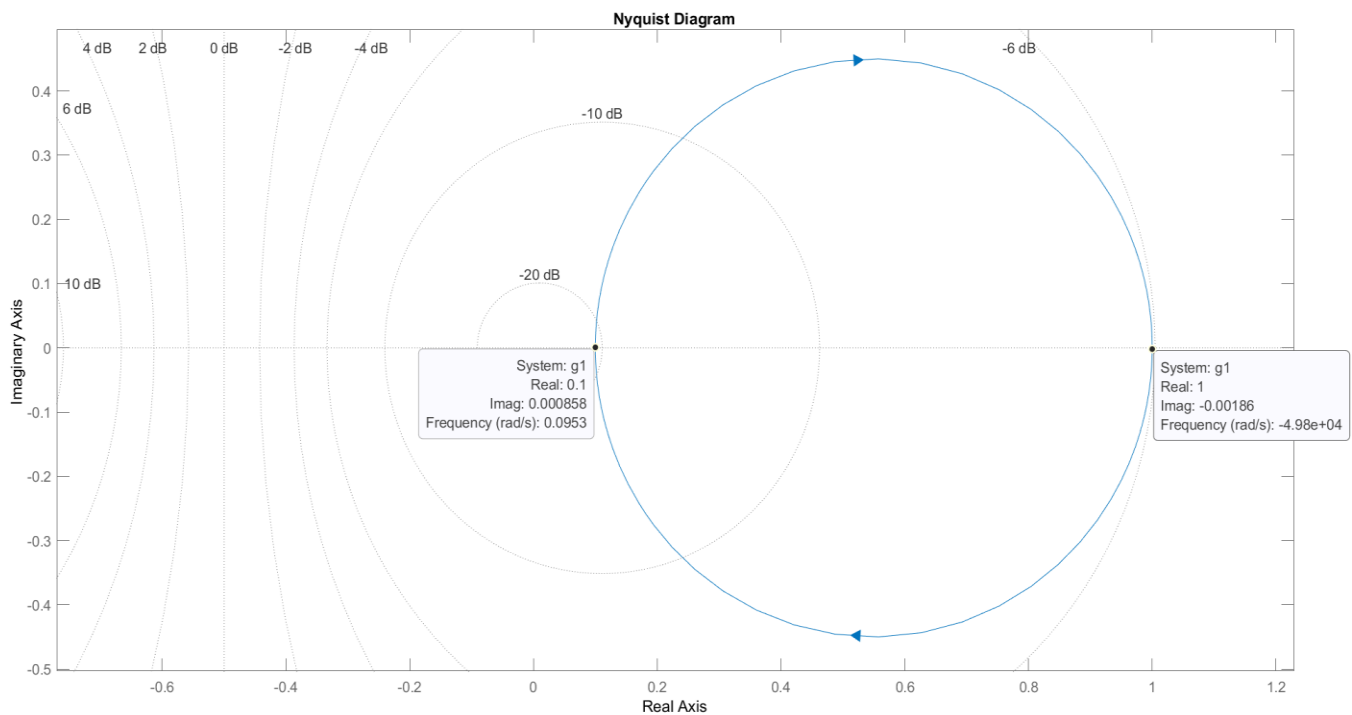
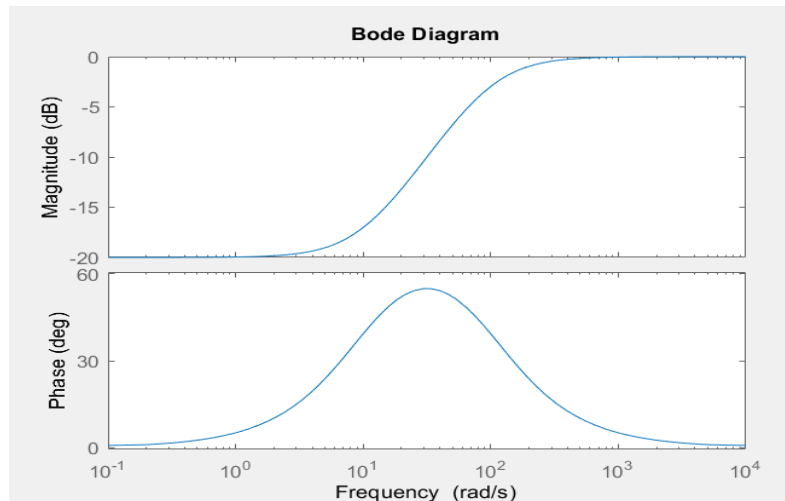
$$\omega = 0^+ \Rightarrow 0.1$$

$$\omega = +\infty \Rightarrow 1$$



سوال 5) حل با متلب

```
clc; clear; close all;  
s = tf('s');  
g1 = (0.1*(0.1*s+1))/(0.01*s+1)  
figure(1)  
bode(g1)  
figure(2)  
nyquist(g1)
```



همانطور که مشاهده می‌شود، نمودار بودی رسم شده تابع در متلب با نمودار داده شده در صورت سوال کاملاً یکسان است.