

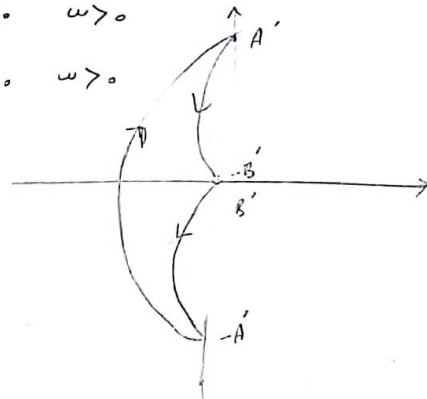
$$L(j\omega) = \infty \angle -270^\circ \quad L(j\infty) = 0 \angle -180^\circ$$

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

$$= \frac{-1 - \omega^2}{1 - \omega^2} = \frac{-1}{1 - \omega^2} + \frac{\omega^2}{1 - \omega^2}$$

$$Re < 0 \quad \omega > 0$$

$$Im > 0 \quad \omega > 0$$



$$-\frac{1}{k} < 0 \rightarrow N=1, \rho=1, Z=2$$

$$-\frac{1}{k} > 0 \rightarrow N=0, \rho=1, Z=1$$

چون در هر دو حالت $Z \neq 0$ در نتیجه سیستم ناپایدار است.

(۲)

استقرار سیستم را بررسی می‌کنیم:

$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{1+L(s)} = \frac{1}{1+L(0)} = \frac{1}{1+\frac{k}{0}} = 0$$

استقرار سیستم را بررسی می‌کنیم:

$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{sL(s)} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{\frac{k}{(s+1)(s+10)}} = \frac{10}{k}$$

استقرار سیستم را بررسی می‌کنیم:

$$\angle H(j\omega) = \angle \frac{k}{j\omega(j\omega+1)(j\omega+10)} = -180^\circ$$

$$= \frac{k}{j\omega} \times \frac{1}{j\omega+1} \times \frac{1}{j\omega+10} = -\frac{\pi}{2} - \tan^{-1}(\omega) - \tan^{-1}\left(\frac{\omega}{10}\right)$$

برای حل این معادله از اصل زاویه استفاده می‌کنیم:

$$\omega = 1.1423 \leftarrow \text{نقطه تقاطع}$$

$$|H(j\omega)| = \frac{k}{\omega \sqrt{\omega^2+1} \sqrt{\omega^2+100}} = \frac{k}{110}$$

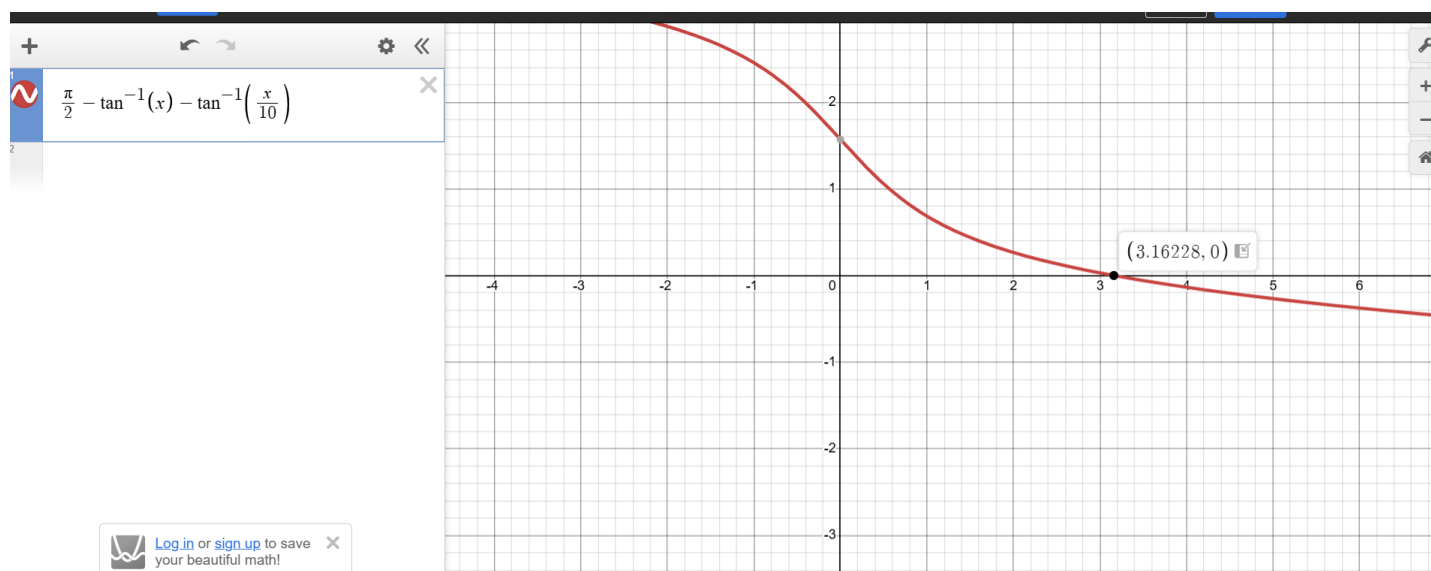
$\omega = 1.1423$

$$20 \log \frac{k}{110} = 1 \rightarrow \log \frac{k}{110} = \frac{1}{20}$$

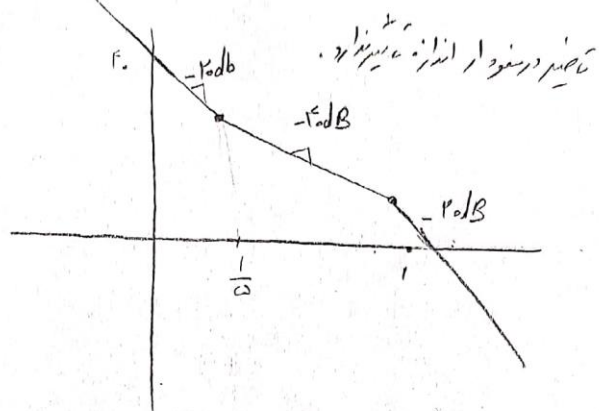
$$\frac{k}{110} = 10^{\frac{1}{20}} \rightarrow k = 110 \times 10^{\frac{1}{20}} = 127.85$$

$$\Rightarrow e_{ss} = \frac{10}{127.85} = 0.078$$

پیدا کردن ریشه با نرم افزار:

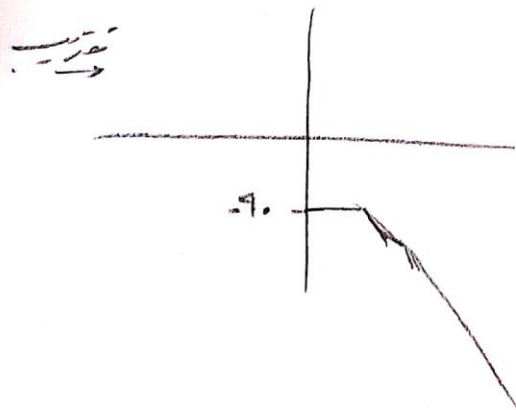
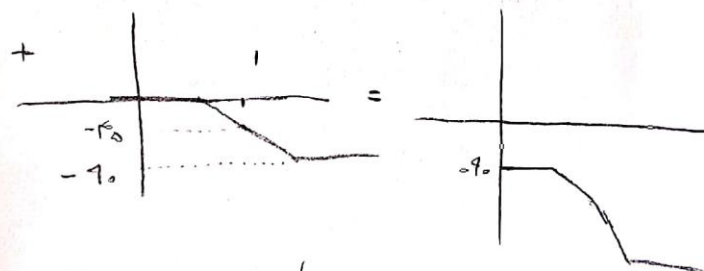
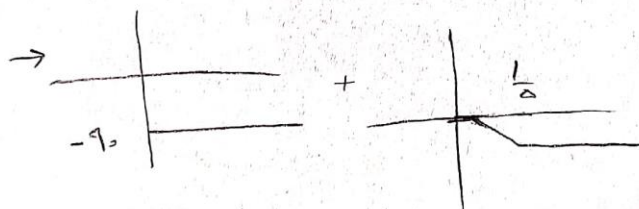


$$G(s) = \frac{\Delta(s+1)}{s(\Delta s+1)} e^{-Ks} \quad (14)$$



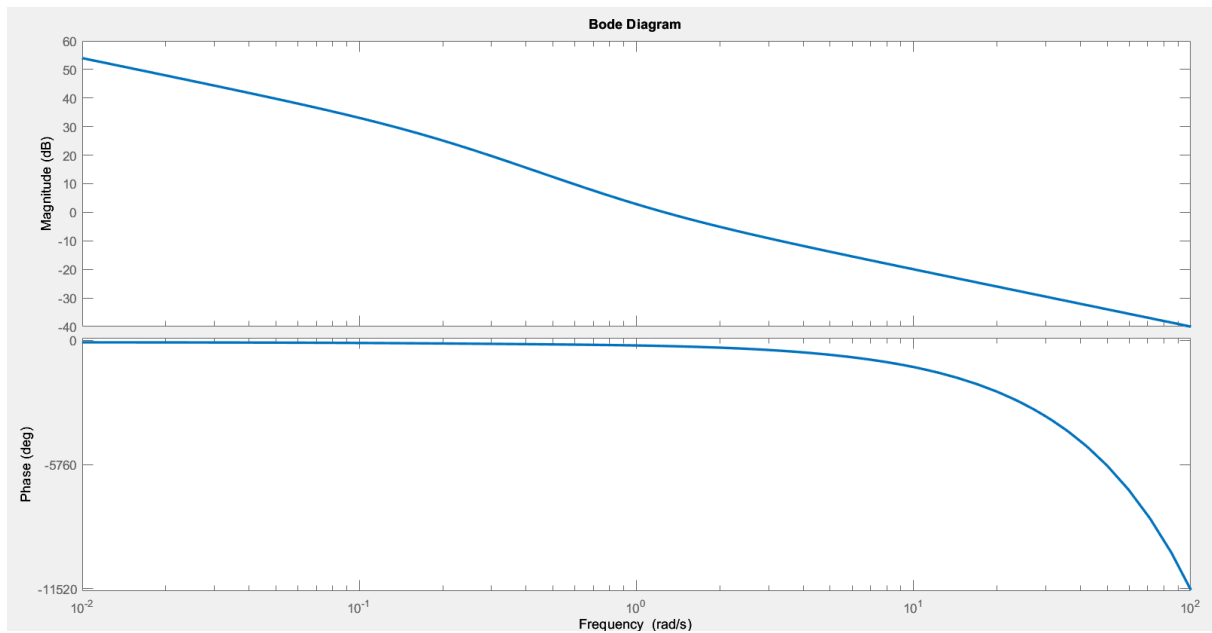
بنویس: $e^{-Ks} = \frac{e^{-s}}{e^s} = \frac{1-s}{1+s} \rightarrow G(s) = \frac{\Delta(s+1)(1-s)}{s(\Delta s+1)(1+s)}$

$$\rightarrow \frac{\Delta(1-s)}{s(\Delta s+1)} \rightarrow \frac{\Delta(1-j\omega)}{j\omega(\Delta j\omega+1)}$$



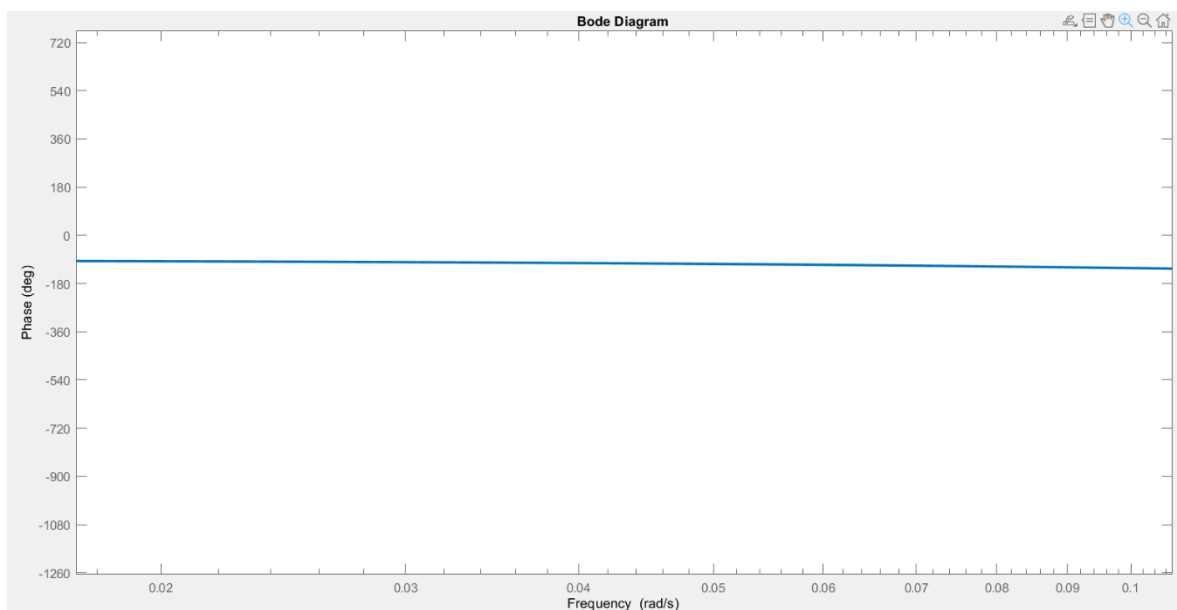
```
clear all, clc, clf
s = zpk ('s');
L = (5*(s+1)*(exp(-2*s)))/(s*(5*s + 1))

bode(L)
set(findall(figure(1),'type','line'),'linewidth',2)
```

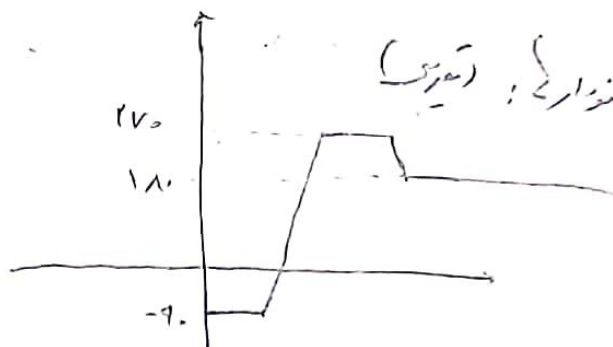
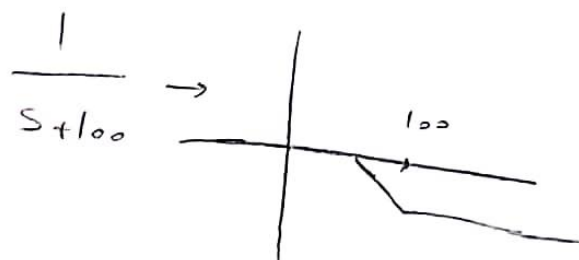
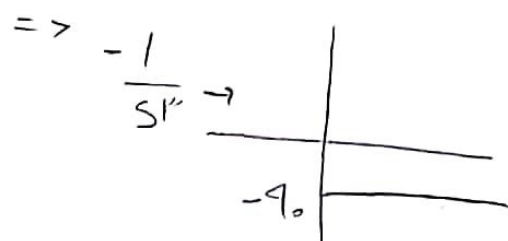
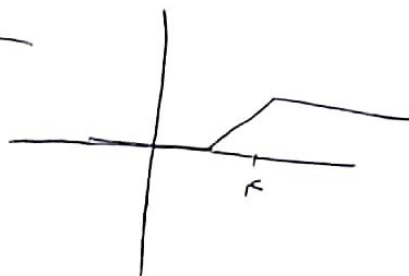
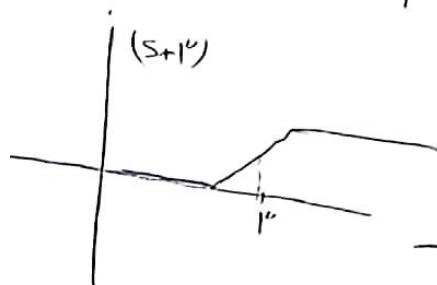
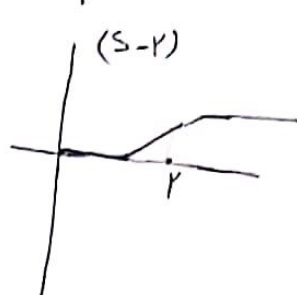
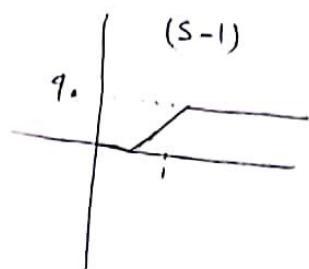


توجه شود که نمودار فاز تطابق دارند

در تصویر زیر زوم شده که بهتر مشخص باشد:

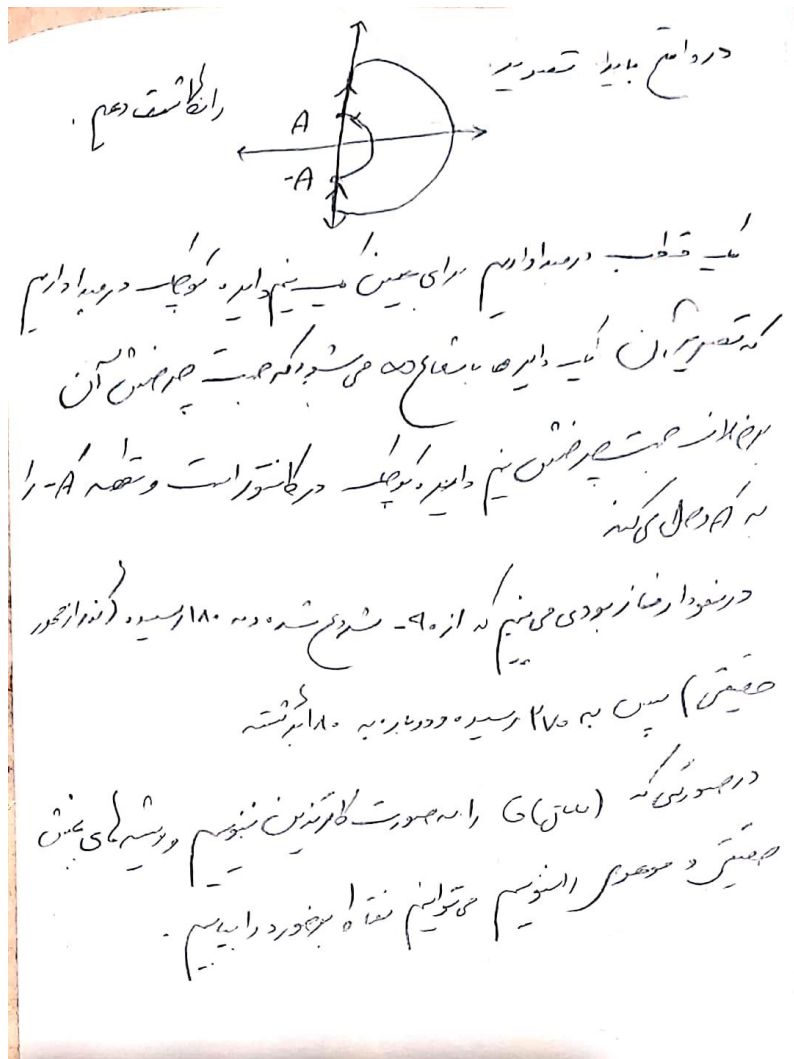


۱- ارده نمودار سودی را رسم کنیم:

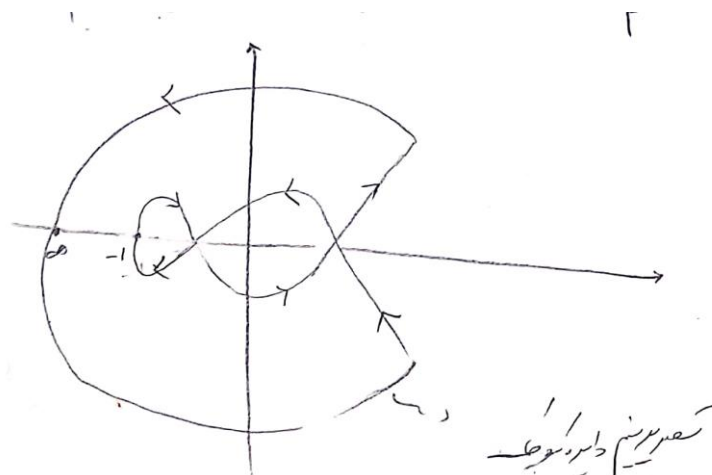


صعتم نمودار (تقریب)

ترتیب نمودار نمودار از روی این نمودار در دست نمودار



(در خط اول تصویر منظور این است که تصویر نمودار را تحت نگاشت بیابیم)



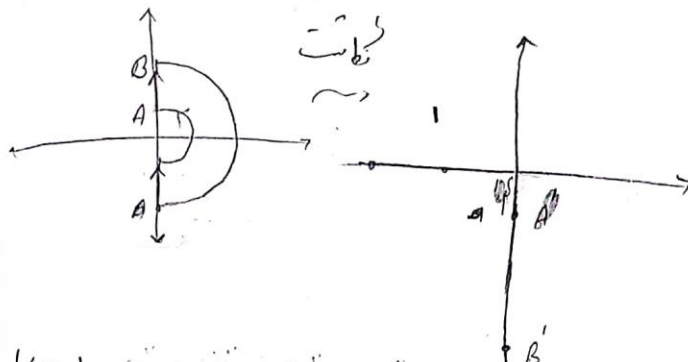
$$G(j\omega) = \frac{-24}{10051} = \infty < -90$$

$$G(j\infty) = \frac{-54}{510} = 1 < -180$$

در واقع می توانستیم تماما از راه نگاشت برویم و لز نمودار بودی کمک نگیریم اما راه خیلی طولانی می شد و به شکل زیر می شد:

$$L(j\omega^2) = \frac{-14}{1-s^2} = -\infty \rightarrow L(j\omega^2) = \infty < -90^\circ$$

$$L(j\infty) = \frac{-s^2}{s^2} = -1 < 0 = 1 < -180^\circ$$



$$L(j\omega) = - \frac{(s^2 + 13s + 12)(s^2 + 15s + 12) \times s(s+100)}{s^2(s^2 - 10000)}$$

$$= - \frac{(s^4 + 15s^3 + 12s^2 + 13s^3 + 12s^2 + 12s^2 + 15s + 12)s(s+100)}{s^2(s^2 - 10000)}$$

$$= + \frac{(s^4 + 10s^3 + 13s^2 + 15s + 12)(s^2 + 100s)}{\omega^2(\omega^2 + 10000)}$$

$$= (s^4 - 10s^3 - 13s^2 + 15s + 12)(-\omega^2 + 100j\omega)$$

$$= -\omega^4 + 10j\omega^3 + 13\omega^2 + 15j\omega + 12$$

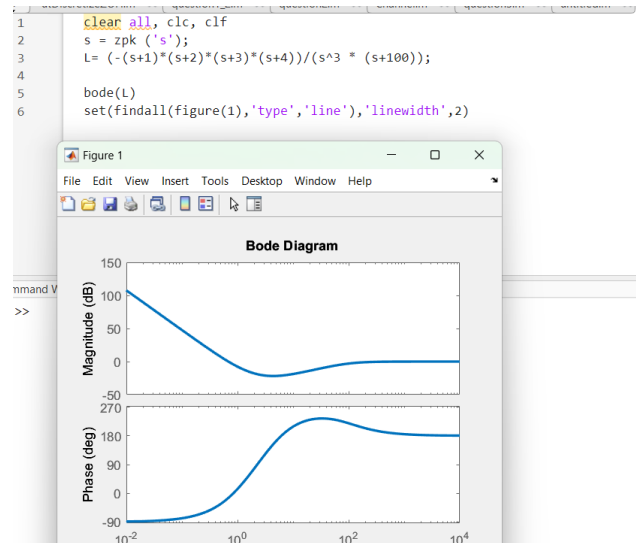
$$- 10000\omega^2 - 10000j\omega - 120000 = (-\omega^4 + 10000\omega^2 - 120000)$$

$$+ j(10\omega^3 + 15000\omega - 100000)$$

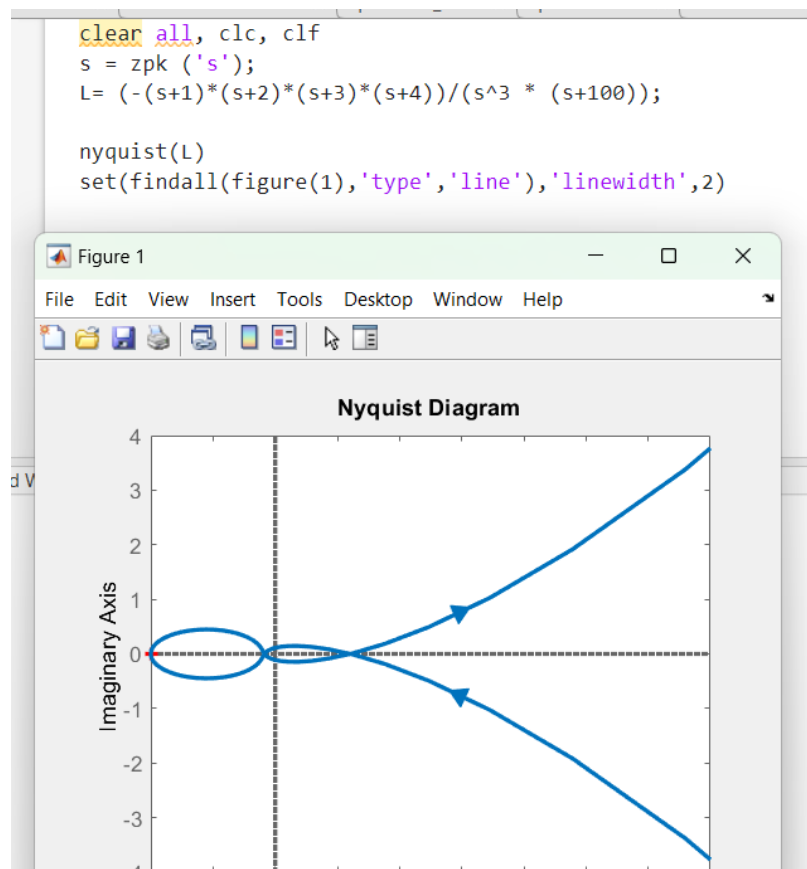
پس راه بهتر استفاده از بودی است.

تحلیل با متلب:

نمودار و کد بودی:



نمودار و کد نایکوئیست:



(د) با استفاده از این روش، در نقطه ۱۰۰، ۱۰۰ است داریم

$$G(s) = \frac{s+1}{s+100} \times 10$$

و این صورت است چون $\frac{10}{100}$ است و این $\frac{10}{100}$ است و این $\frac{10}{100}$ است

$$\rightarrow L(j0^+) = \frac{10}{100} = 0.1 < 0$$

و این $\frac{10}{100}$ است (۱۰-۱۰۰)

$$L(\infty j) = \frac{s}{s} = 1 < 0$$

$$L(j\omega) = \frac{j\omega+1}{j\omega+100} \times \frac{(100-j\omega)}{(100-j\omega)} = \frac{\omega^2 + 40j\omega + 1000}{\omega^2 + 10000}$$

$$= \frac{\omega^2 + 10000}{\omega^2 + 10000} + j \times \left(\frac{40}{\omega^2 + 10000} \right)$$

تعیین علامت: $\omega > 0 \quad Re > 0$

$\omega > 0 \quad Im > 0$ $\left\{ \begin{array}{l} - \\ \omega > 0 \end{array} \right.$

