

۱- بار هم نمودار نایکویست، نشان دهید یک سیستم با تابع تبدیل حلقه باز زیر ناپایدار است.

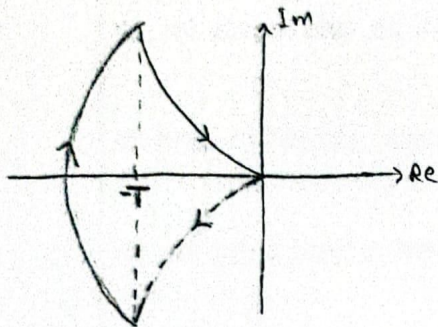
$$G(s) = \frac{K}{s(-1+Ts)} \xrightarrow{\text{فرم استاندارد}} G(s) = \frac{-K}{s(-Ts+1)} \xrightarrow{s=j\omega} G(j\omega) = \frac{-K}{(j\omega)(-Tj\omega+1)}$$

$$= \frac{-K}{T\omega^2 + j\omega} \times \frac{T\omega^2 - j\omega}{T\omega^2 - j\omega} = \frac{-T\omega^2 + j\omega}{T^2\omega^4 + \omega^2}$$

$$\begin{aligned} \text{Re: } \frac{-T\omega^2}{T^2\omega^4 + \omega^2} &= \frac{-T}{T^2\omega^2 + 1} \\ \text{Im: } \frac{\omega}{T^2\omega^4 + \omega^2} &= \frac{1}{T^2\omega^2 + 1} \end{aligned}$$

$$\omega \rightarrow 0 \begin{cases} \text{Re} = -T \\ \text{Im} = \infty \end{cases} \quad \omega \rightarrow \infty \begin{cases} \text{Re} = 0 \\ \text{Im} = 0 \end{cases} \quad \text{Im} = 0 \rightarrow \omega \rightarrow \infty$$

صور حقیقی را فعلی کند.



$$Z = N + P = 0 \rightarrow N = -1 \quad P = 1 \leftarrow \text{این مقاب ناپایدار داریم}$$

نمودار نایکویست نقطه  $\frac{1}{K}$  را با دایره واحد در برنزد  
تا سیستم پایدار شود

$$\begin{aligned} \frac{1}{K} &\leftarrow \text{ست چپ محور رئس} \leftarrow \text{نمودار آن، اسامند در می زند} \leftarrow N = 1 \\ \frac{1}{K} &\leftarrow \text{ست راست محور رئس} \leftarrow \text{نمودار آن، اسامند در نمی زند} \leftarrow N = 0 \end{aligned}$$

یعنی ناپایدار است.

۲- اگر چه بهره در سیستمی با فیدبک واحد و سیستم حلقه باز  $G(s) = \frac{K}{s(s+1)(s+10)}$  برابر اما با شد خطای حالت ماندگار این سیستم

ب درونی  $u(t) = (1, 1)u(t)$  چه خواهد بود؟ سیستم نزع می است  
لے خطای حالت ماندگار ب درونی بزرگ است.  
مقاومتی ضایع

$$GM = 1, 1 = \frac{1}{A} \rightarrow A = 0, 909$$

$$G(j\omega) = \frac{K}{(j\omega)(j\omega+1)(j\omega+10)} \quad \angle G(j\omega) = -180 = 0 + (\tan^{-1}(\frac{\omega}{0}) + \tan^{-1}(\frac{\omega}{1}) + \tan^{-1}(\frac{\omega}{10}))$$

$$\rightarrow -90 - \tan^{-1}\omega - \tan^{-1}\frac{\omega}{10} = -180 \rightarrow \tan^{-1}\omega + \tan^{-1}\frac{\omega}{10} = 90 \rightarrow \omega = 3, 14$$

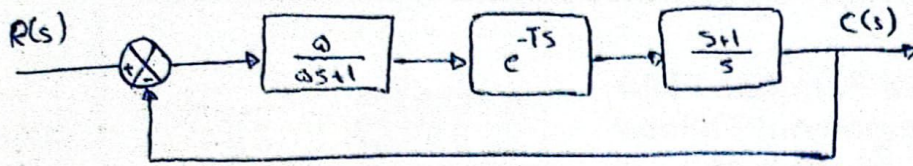
$$|G(j\omega)| \text{ for } \omega = 3, 14 \rightarrow |G(j\omega)| = \frac{K}{3, 14} \times \frac{1}{\sqrt{1+3, 14^2}} \times \frac{1}{\sqrt{10^2+3, 14^2}} = A = 0, 909 \rightarrow K = 99, 8 \approx 100$$

$$K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s G(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \left[ \frac{K}{s(s+1)(s+10)} \right] = \frac{100}{1 \times 10} = 10$$

$$e_{ss} = \frac{1}{K_v} = 0, 1$$



۳. سیستم کنترلی نشان داده شده در شکل زیر را در نظر بگیرید. برای  $(T=2)$ ، نمودار بود تابع تبدیل سیستم را رسم کنید.



$$G(s) = \frac{5(s+1)e^{-Ts}}{s(s+1)} \xrightarrow{s=j\omega} G(j\omega) = \frac{5(j\omega+1)e^{-j\omega T}}{j\omega(j\omega+1)}$$

$$L_m G(j\omega) = 20 \log \omega + 20 \log \sqrt{\omega^2 + 1} - 20 \log \omega - 20 \log \sqrt{(\omega T)^2 + 1}$$

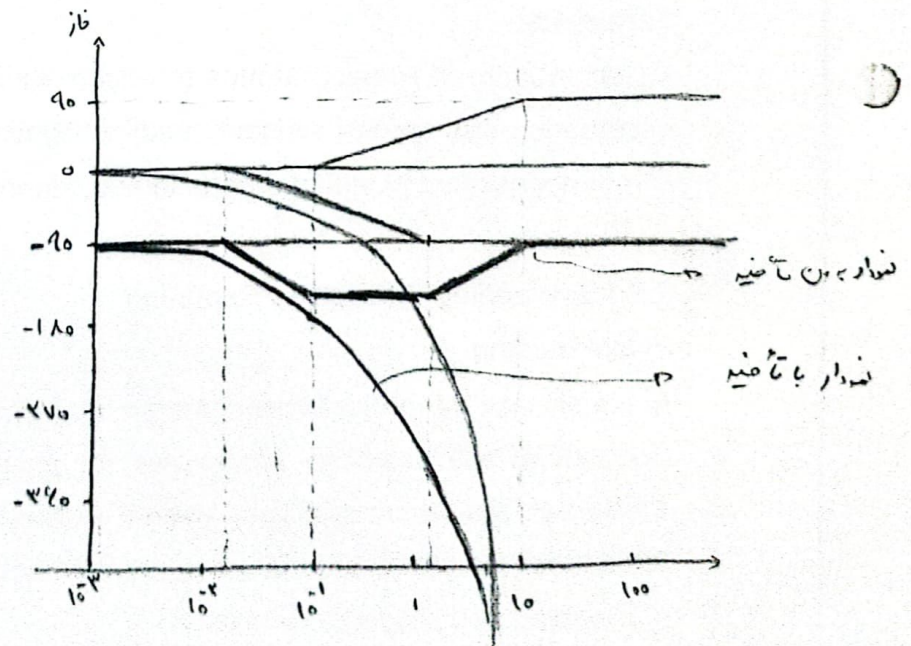
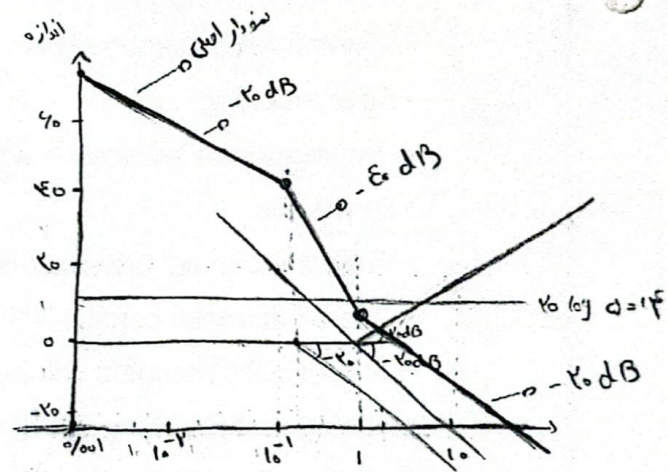
$|e^{-Ts}|$  برابر یک می باشد، نمودار اندازه به دست می آید  $\leftarrow 10 \log 1 = 0$  - سیستم تأخیر، اندازه تأثیر ندارد.

$$\angle G(j\omega) = \tan^{-1} \frac{\omega}{1} - 2\omega - \tan^{-1} \frac{\omega}{0} - \tan^{-1} \frac{\omega}{1} = -90 - 2\omega - \tan^{-1} \frac{\omega}{1} + \tan^{-1} \frac{\omega}{1}$$

مقاومت  $0.001 \leq \omega \leq 100$  را جایگذاری کنید.

سیستم تأخیر روی فاز تأثیر زیادی دارد.

$\omega$	$ G(j\omega) $	$\angle G(j\omega)$	تأخیر
0.001	۷۳.۹	-۹۰.۲	-۹۰.۳
0.00۲	۶۷.۹	-۹۰.۴	-۹۰.۶
0.00۵	۶۰	-۹۱.۱	-۹۱.۷
0.01	۵۳.۹	-۹۲.۳	-۹۳.۴
0.0۲	۴۷.۹	-۹۴.۵	-۹۴.۸
0.0۵	۳۹.۷	-۱۰۱.۲	-۱۰۶.۹
0.1	۳۳.۱	-۱۱۰.۸	-۱۲۲.۳
0.۲	۲۵.۱۲	-۱۲۳.۷	-۱۴۶.۶
0.۵	۱۲.۳	-۱۳۱.۶	-۱۸۸.۹
1	۲.۸	-۱۴۳.۷	-۲۳۸.۳
۲	-۵	-۱۱۰.۸	-۳۴۰
۵	-۱۳.۸	-۹۹	-۴۷۲





$$G(s) = \frac{-(s+1)(s+2)(s+3)(s+4)}{s^3(s+100)}$$

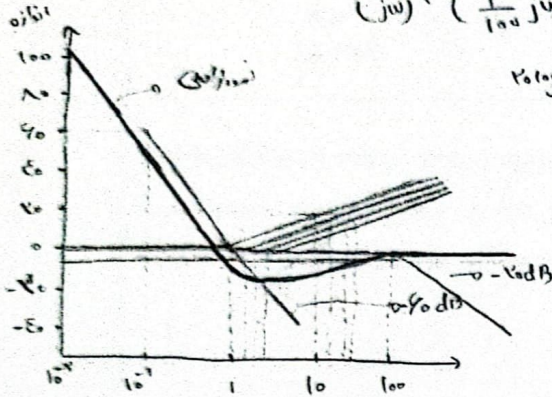
۳- تابع تبدیل سیستمی به صورت زیر است :

نمودار فازی سیستم آن را رسم کنید.

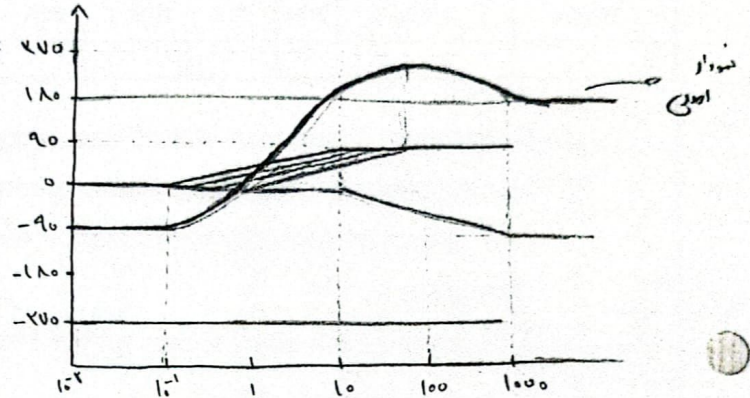
ابتدا نمودار بode را رسم می‌کنیم.

$$G(s) = \frac{-0.124(s+1)(\frac{1}{2}s+1)(\frac{1}{3}s+1)(\frac{1}{4}s+1)}{s^3(\frac{1}{100}s+1)}$$

$$G(j\omega) = \frac{-0.124(j\omega+1)(\frac{1}{2}j\omega+1)(\frac{1}{3}j\omega+1)(\frac{1}{4}j\omega+1)}{(j\omega)^3(\frac{1}{100}j\omega+1)}$$



$$20 \log(0.124) = -18.1$$



$$G(j\omega) = \frac{-(j\omega+1)(j\omega+2)(j\omega+3)(j\omega+4)}{(j\omega)^3(j\omega+100)} = \frac{-\omega^4 + j10\omega^3 + 34\omega^2 - j40\omega - 24}{\omega^4 - j100\omega^3} \times \frac{\omega^4 + j100\omega^3}{\omega^4 + j100\omega^3}$$

$$= \frac{-\omega^4 - j90\omega^3 - 44\omega^2 + j340\omega + 2400}{\omega^4 + 10000\omega^3} = \frac{-\omega^4 - j90\omega^3 - 44\omega^2 + j340\omega + 2400}{\omega^4 + 10000\omega^3}$$

$$= \frac{(-\omega^4 - 44\omega^2 + 2400) - j(90\omega^3 - 340\omega)}{\omega^4 + 10^4\omega^3}$$

محل نقاط صفر:  $\text{Im} s = 0 \rightarrow 90\omega^3 - 340\omega + 2400 = 0$

$\omega \rightarrow 0 \rightarrow \text{Re} = +\infty$   
 $\text{Im} = -\infty$

$\omega \rightarrow \infty \rightarrow \text{Re} = -1$   
 $\text{Im} = 0$

$\omega_1 = 0.1842 \rightarrow \text{Re} = 0.1705$   
 $\omega_2 = 9.144 \rightarrow \text{Re} = -0.187$   
 $\omega_3 = -4.144 \rightarrow \text{Re} = -0.187$   
 $\omega_4 = -0.1842 \rightarrow \text{Re} = 0.1705$

