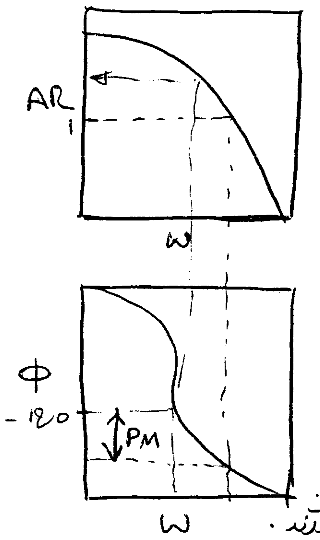
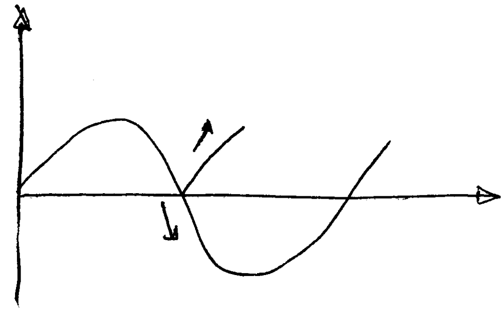
بحث پایداری به کمک دیاگرام Bode :





اگر در حالت با تأخیر فاز $\Phi=-180$ سیستم پایدار باشد

در تمام شرایط پایدار خواهد شد ... در -180 بدترین حالت است

چون ورودی و خروجی جهت مخالف دارند.

اگر در سیستمی $AR>1$ باشد سیستم ناپایدار است. ... چون سیستم استعداد ناپایداری دارد.

یعنی تابع انتقال سیستم، دامنه را زیاد کرده است.

بنابراین در $AR|_{\Phi=-180}^{\omega}$ را می‌خوانیم. (در -180، ω را می‌خوانیم و در همان ω، AR را).

Gain Margin حاشیه بهره : $G.M=\dfrac{1}{AR|_{\Phi=-180}}$

شرط پایداری :

شرط اول (1 $G.M>1$ و $AR<1$

شرط دوم (۲ $PM>0$

راه دوم :

در $AR=1$ ← ω را بدست آورده و در همان ω، Φ_g را بخوانیم.

Φ_g وقتی است که $AR=1$

~~شرط دوم~~ Phase Margin حاشیه فاز $PM=\Phi_g|_{AR=1}-(-180)$

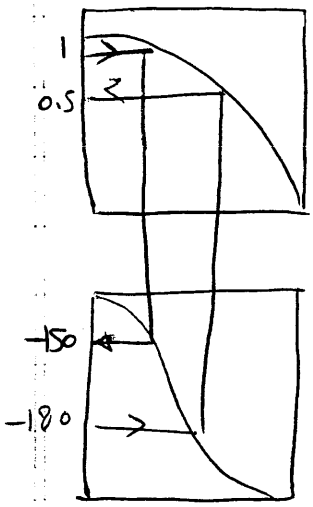
یعنی اختلاف Φ وقتی $AR=1$ با -180.

شرط پایداری عملی : (در کنکور ملاک نیست) :

1) $G.M>1.7$

2) $PM>30$

مثال:



$$G.M = \frac{1}{0.5} = 2$$

$$P.M = [-150] - (-180) = 30$$

مثال ۲:

ω	0.1	0.5	1.2	2.8
AR	2.5	1	0.4	0.2
Φ	-117	-150	-180	-230

فقط این دو ستون مهم است.

$$GM = \frac{1}{0.4} = 2.5 \qquad PM = (-150) - (-180) = 30$$

مثال ۳: مهم

$$GH(s) = \frac{\sqrt{2}\, e^{-\frac{\pi}{4} s}}{s(s+1)}$$

نکته:
- Bode
- Nyquist
- G.M
- P.M
- Root locu.. (مکان هندسی)

همگی با مدار باز سروکار دارند یعنی از مدار باز برای بررسی پایداری مدار بسته استفاده می‌کنند.

* فقط آزمون روث Routh با مدار بسته $(1+GH)$ سروکار دارد.

برای $G.M$

$G.M=\frac{1}{AR|_{\text{when } \varphi=-180}} \leftarrow AR|_{\omega=?}\checkmark \leftarrow \omega\checkmark \leftarrow \varphi=-180$ *

برای $P.M$

$P.M=\varphi_g-(-180) \leftarrow \varphi_g|_{\omega=?}\checkmark \leftarrow \omega\checkmark \leftarrow AR=f(\omega)=1$ *

حل مثال ۳:

$$G(i\omega)=\frac{\sqrt{2}\,e^{-\frac{\pi}{4}\omega i}}{(i\omega)(i\omega+1)}$$

$$AR=\frac{\sqrt{2}\times 1}{\omega\sqrt{\omega^2+1}}$$

$$\varphi=\left\{0-\frac{\pi}{4}\omega\right\}-\left\{\frac{\pi}{2}+\tan^{-1}\omega\right\}$$

$$\varphi=-180 \longrightarrow -\frac{\pi}{4}\omega-\frac{\pi}{2}-\tan^{-1}\omega=-\pi \longrightarrow \omega=1$$

* حدس اول را برای $\omega=\frac{1}{2}$ قرار دهید.

$$AR=\frac{\sqrt{2}\times 1}{1\times\sqrt{1+1}}=1$$

$$G.M=\frac{1}{1}=1 \qquad G.M=1 \longrightarrow P.M=0$$

* وقتی $G.M=1$ باشد $P.M=0$ است و بالعکس

محاسبه $P.M$ مثال ۳:

$$\frac{\sqrt{2}}{\omega\sqrt{\omega^2+1}}=1 \longrightarrow \omega=1 \longrightarrow \varphi_g|_{\omega=1}=-\pi$$

$$\varphi_g|_{\omega=1}=-\frac{\pi}{4}\times 1-\frac{\pi}{2}-\tan^{-1}1=-\pi$$

$$P.M=-\pi-(-\pi)=0$$

مثال های پایداری به کمک PM و GM:

مثال ۱: k پایداری را حساب کنید. $G(s)=\dfrac{k e^{-\frac{\pi}{4}s}}{s(s+1)}$

راه اول: آزمون Routh ← وجود $e^{-\tau_d s}$ مشکل سازاست.
اگر تابع انتقال تأخیر زمانی داشت از Routh استفاده نمی‌کنیم. و اگر $\tau_d s$ نداشتیم از آزمون Routh استفاده می‌کنیم.

راه حل دوم: $P.M>0$

$$AR=1$$

$$AR=\frac{ke^{-\frac{\pi}{4}(i\omega)}}{i\omega(i\omega+1)} \longrightarrow AR=\frac{k\times 1}{\omega\sqrt{\omega^2+1}}=1$$

در مسائلی که ترم تأخیر زمانی دارند و k معلوم نیست از Gain Margin استفاده می‌کنیم.

$$\Phi=\left\{-\frac{\pi}{4}\omega\right\}-\left\{\frac{\pi}{2}+\tan^{-1}\omega\right\}=-180$$

سعی و خطا ← $\omega=1$ ✓

$$\omega=1 \longrightarrow AR=\frac{k\times 1}{1\times\sqrt{1^2+1^2}}=\frac{k}{\sqrt{2}}$$

$$\longrightarrow G.M.=\frac{\sqrt{2}}{k}>1 \longrightarrow \boxed{k<\sqrt{2}}$$

شرط پایداری ↑   شرط پایداری.

مثال ۲:

$$GH(S) = \frac{\sqrt{2}\, e^{-\tau_d s}}{s(s+1)}$$

به ازای چه مقادیر از τ_d سیستم پایدار است:

$e^{-\tau_d s} \longrightarrow$ Routh بکار نمی رود

G.M: $\phi = -180$

$$= -\tau_d \omega - \left\{ \frac{\pi}{2} + \tan^{-1}\omega \right\} = -180$$

ω و τ_d را نداریم.

در مسائلی که ترم تأخیر زمان دارد و در ضمن τ_d معلوم نباشد از روش P.M برای بررسی پایداری استفاده می شود

P.M:

$$AR = 1 = \frac{\sqrt{2}\times 1}{\omega\sqrt{\omega^2+1}} \longrightarrow \omega = 1$$

$$\omega = 1 \longrightarrow \phi_g\big|_{\omega=1} = -\tau_d \times 1 - \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} 1$$

$$P.M = \phi_g - (-\pi) = -\tau_d - \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{4} + \pi$$

$$\underset{\text{شرط پایداری}}{P.M > 0} \longrightarrow -\tau_d + \frac{\pi}{4} > 0 \longrightarrow \boxed{\tau_d < \frac{\pi}{4}}$$

در بحث پایداری:

I) $e^{-\tau_d s}$ دارند:
- 1) K پایداری خواسته می شود $\longrightarrow$ G.M
- 2) τ_d پایداری خواسته می شود $\longrightarrow$ P.M

II) $e^{-\tau_d s}$ ندارند $\longrightarrow$ $1 + GH$ را تشکیل می دهیم و از جدول Routh استفاده می کنیم

مثال ۳:

$$G(s)=\frac{2e^{-0.1s}}{s(2s+1)} \quad s \to i\omega$$

$G.M=?$

$$\Phi=-180=-0.1\omega-\frac{\pi}{2}-\tan^{-1}2\omega$$

mode degree

$\times 57.2$ برای نوشتن برحسب درجه:

$90°$

$2\pi^{rad}$ $360°$

1^{rad} x

$$x=\frac{360}{2\pi}=\frac{180}{\pi}=57.2$$

بنابراین اگر mod ماشین حساب درجه است می‌نویسیم:

$$\Phi=-57.2\times0.1\omega-90-\tan^{-1}2\omega=-180$$

برحسب rad:

Mode (Rad) $\Rightarrow$ $-\pi=-0.1\omega-\pi/2-\tan^{-1}2\omega$

(3.14)

$$\pi-0.1\omega-\pi/2-\tan^{-1}2\omega=0$$

میزان کننده زیگلر نیکولز :

$$G_c = k_c\left(1+\tau_D S+\frac{1}{\tau_I S}\right)$$

می‌گوید برای فرآیند $G(S)$ ، کنترلر G_c را انتخاب کردید مقادیر k_c ، τ_D و τ_I را ارائه دهد.

روش زیگلر نیکلز :

۱) ابتدا تبدیل مدار باز سیستم بدون کنترلر را تشکیل دهید.

$GH(S) = ----$ بدون کنترلر

۲) G.M را محاسبه کنید. $\leftarrow \varphi=-180 \leftarrow \omega_{co}\checkmark$ (Cross over) $\leftarrow AR|_{\omega_{co}}\checkmark \leftarrow$

حاشیه بهره را می‌نامند.

$$G.M = \frac{1}{AR|_{\omega_{co}}}$$

که نقطه کتاب‌ها AR را در نظر می‌گیرند.

۳) $P_u = \frac{2\pi}{\omega_{co}}$ $\qquad k_u = \frac{1}{G.M}$

که همان ω که در $\varphi=+180$.

	k_c	τ_D	τ_I
P	0.5ku حفظ شود	—	—
PD			
PI			
PID	---ku	$\frac{P_u}{---}$	$\frac{P_u}{---}$

مهم،

Ultimate Gain : Ku

تست 104: ص 82.

$$G(S)=\frac{S+2}{(S+1)(S-1)}$$

$j\omega$ $j\omega$ $j\omega$

$\varphi = ?$

$$\varphi = \left\{\tan^{-1}\frac{\omega}{2}\right\} - \left\{\cancel{\tan^{-1}\omega + \tan^{-1}\frac{\omega}{-1}}\right\}$$

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

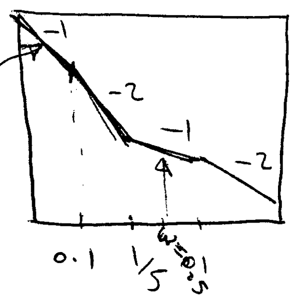
تست 99 ص 79.

$$G(S)=\frac{Ke^{-2S}(5S+1)}{S(S+1)(10S+1)}$$

$\omega_c = 1/5$

شکست ندارد. ← $\omega=1$ $\omega=\frac{1}{10}$

در $\omega = 0.5$ ← شیب منحنی Bode چقدر است.



* ترم تأخیر زمانی بر AR تأثیر نمی‌گذارد.

که در مخرج از بالا آید و در صورت از پایین

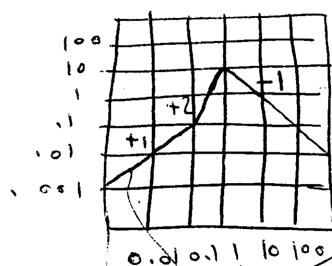
← در $\omega=0.5$ شیب -1 است.

تست 100،

$$G(S)=1$$

$+1$ شیب ← { دو واحد

دو واحد



۳ واحد شیب را تغییر داده ← $(\tau S+1)^{3}$

در مخرج است چون $\tau = 1$ ، $\omega = 1$ شیب را کم کرده

چون شیب را یک واحد تغییر داده

$$G(S)=\frac{S^{1}(10S+1)\,e^{-\tau_d S}}{(S+1)^{3}}$$

چون ۱ است ←

$\omega = 0.1$ ، $\tau = \frac{1}{0.1}$ ← $(10S+1)$

ابتدا خط بدون شکست

چون شیب را زیاد کرده پس در صورت است

و چون شیب + در صورت است

اگر تولید باشد تولید نباشد.

نایکوئیست :

پاسخ فرکانسی : $\xrightarrow{x(t)} \boxed{G(s)} \xrightarrow{y(s)}$

$$x(t)=A\sin(\omega t)$$

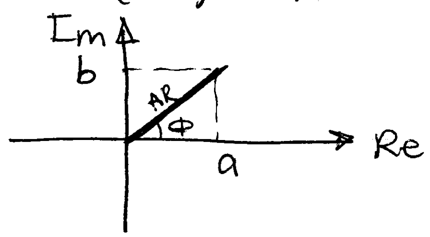
$$y(t)=AR.A\sin(\omega t+\Phi)$$

$$AR=|G(i\omega)|$$

$$\Phi=\angle G(i\omega)$$

در Nyquist :

$$G(i\omega)=a+bi$$



$$AR=\sqrt{a^2+b^2}$$

$$G(i\omega)=a+bi$$

نایکوئیست دیاگرام Bode است در مختصات قطبی

AR = شعاع نایکوئیست

Φ = زاویه شعاع با محور حقیقی

بنابراین Nyquist و Bode کاملاً به هم مربوطند.

مثال ۱ :

دیاگرام نایکوئیست را رسم کنید:

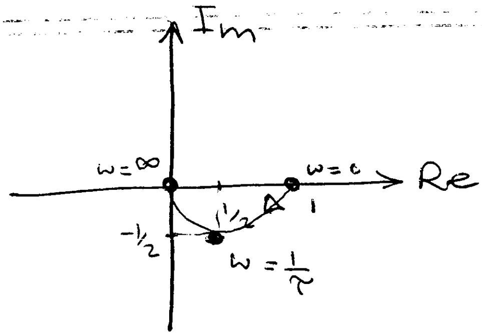
$$GH(s)=\frac{1}{\tau s+1}$$

$$s=i\omega$$

$$G(i\omega)=\frac{1}{\tau\omega i+1}$$

برای درآوردن به شکل $a+bi$:

$$\frac{1}{\tau\omega i+1}\times\frac{1-\tau\omega i}{1-\tau\omega i}=\underbrace{\frac{1}{1+\tau^2\omega^2}}_{a}-\underbrace{\frac{\omega\tau}{1+\tau^2\omega^2}}_{b}i$$



$\omega = 0 \longrightarrow G(i\omega) = 1 - 0i$

$\omega = \frac{1}{\tau} \longrightarrow \quad = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}i$

$\omega = \infty \longrightarrow \quad = 0 - 0i$

فلش روی دیاگرام جهت زیاد شدن ω است.

مثال ۲: دیاگرام نایکوئیست سیستم درجه ۲.

$$G(S) = \frac{1}{\tau^2 S^2 + 2\xi\tau S + 1}$$

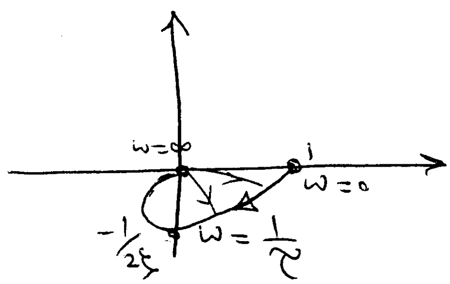
$$G(i\omega) = \frac{1}{(1-\tau^2\omega^2) + 2\xi\omega\tau i} \times \frac{(1-\tau^2\omega^2) - 2\xi\omega\tau i}{(1-\tau^2\omega^2) - 2\xi\omega\tau i}$$

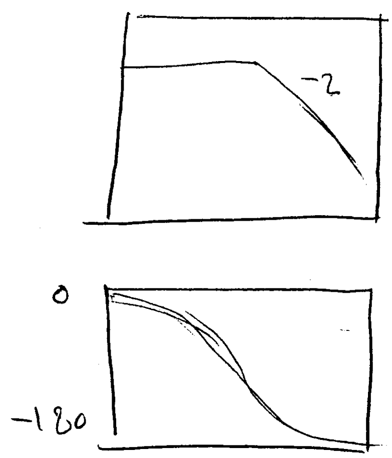
$$= \frac{1-\tau^2\omega^2}{(1-\tau^2\omega^2)^2 + (2\xi\omega\tau)^2} + \frac{2\xi\omega\tau}{---}\, i$$

$\omega = 0 \qquad G(i\omega) = 1 - 0i$

$\omega = 1/\tau \qquad G(i\omega) = 0 - \frac{1}{2\xi} i$

$\omega = \infty \qquad = 0 - 0i$





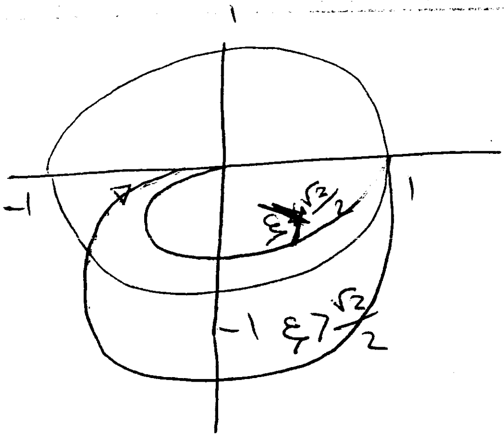
Bode می‌گوید: محدوده زاویه از ۰ تا ۱۸۰- است و با افزایش φ،
AR کاهش می‌یابد.

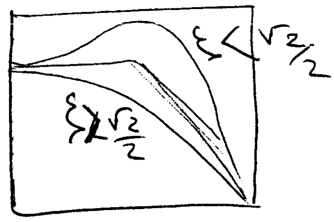
اگر از مبداء به هر نقطه Nyquist رسم کنید شعاع AR است و زاویه با محور φ

اثر ξ :

وقتی $\xi < \frac{\sqrt{2}}{2}$ باشد

$\xi > \frac{\sqrt{2}}{2}$



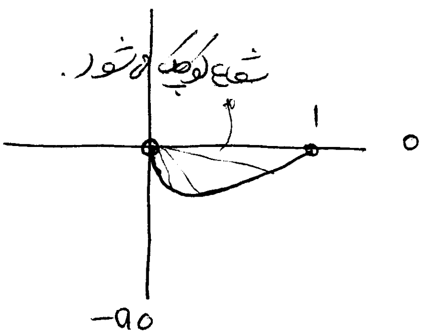


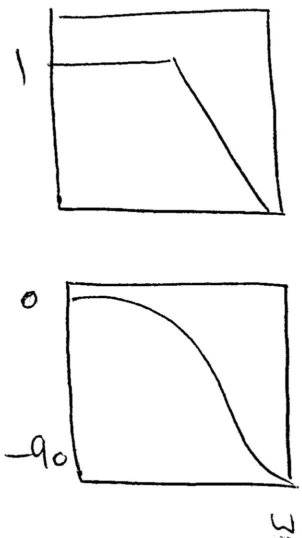
$$AR = f(\omega \text{ و } \tau \text{ و } \xi)$$

$$\frac{dAR}{d\omega} = 0$$

$$\omega\tau\big|_{max} = \underbrace{\sqrt{1-2\xi^2}}_{\geq 0}$$

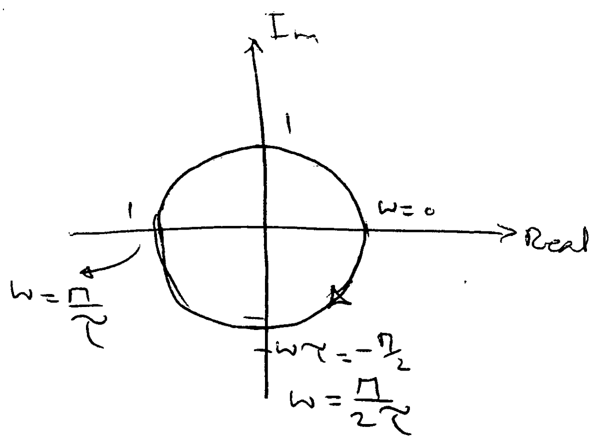
$$1 - 2\xi^2 \geq 0$$

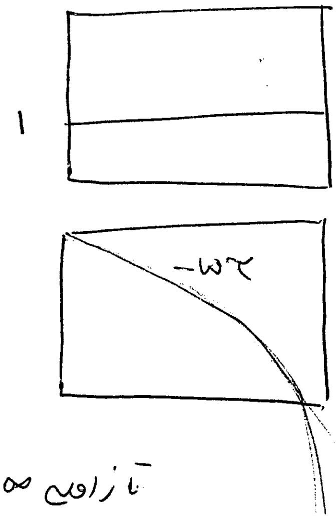




مثال ۳ :

$$G(s) = e^{-\tau_d s}$$

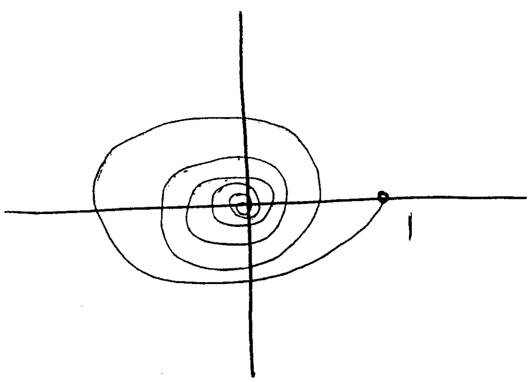


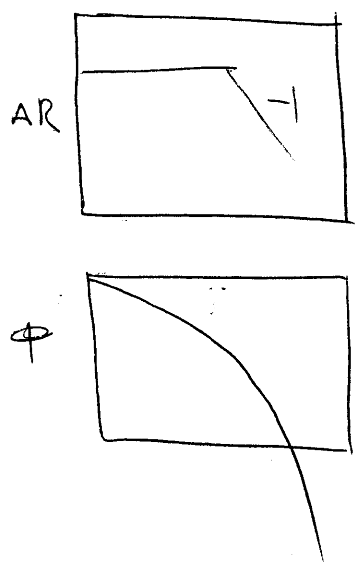


تا زاویه صفر ـول با AR = 1 بچرخد .

مثال ۴ :

$$G(s) = \frac{e^{-\tau_d s}}{(\tau s + 1)}$$



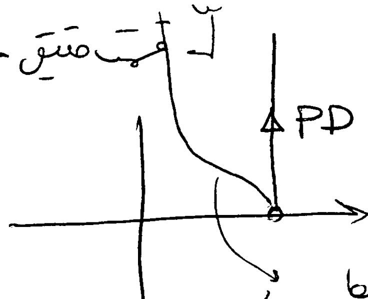


مثال ۵ :

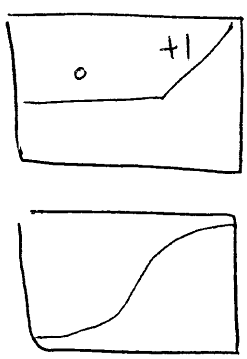
$$G(s) = k_c(1 + \tau_D s)^{i\omega}$$

$$1 + i\omega\tau$$

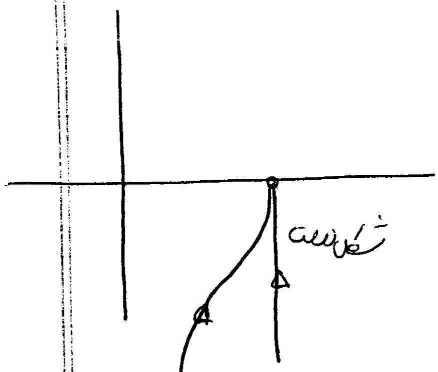
قسمت مشتق مستقل از زمان است .



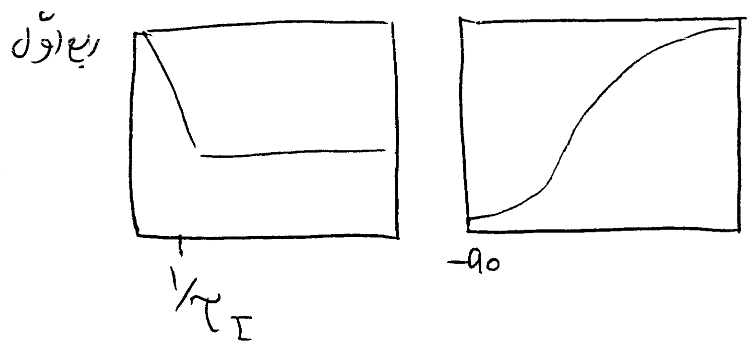
بعضی به غلط این گونه رسم کنند اگر در گزینه ها اولی نبود این را انتخاب کنید .



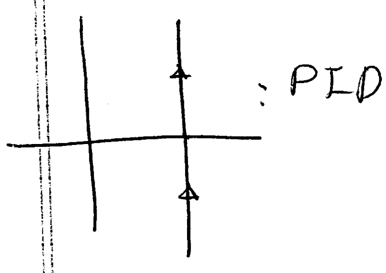
کنترلر $PI = k_c\left(1+\frac{1}{\tau_I s}\right) = \frac{k_c}{\tau_I} \times \frac{\tau_I s+1}{s}$ ($s \to i\omega$)

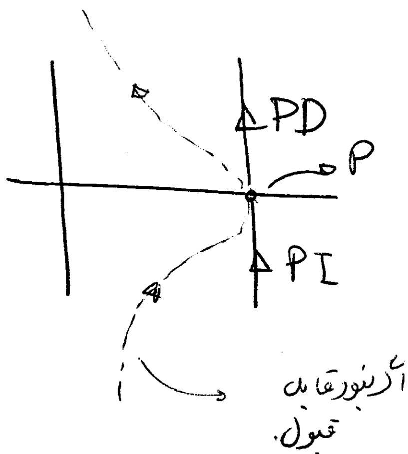


شکل غلط
قابل قبول در کنترلر
پس از اون یک.



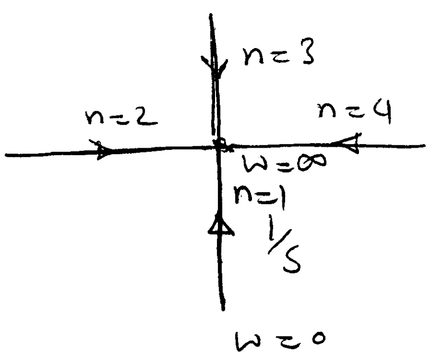
$$\frac{k_c}{\tau_I}\times\frac{1+i\omega\tau_I}{i\omega} = \frac{k_c}{\tau_I}\,\frac{i-\omega\tau_I}{-\omega} = \left(-\frac{1}{\omega}i+\tau_I\right)\frac{k_c}{\tau_I}$$

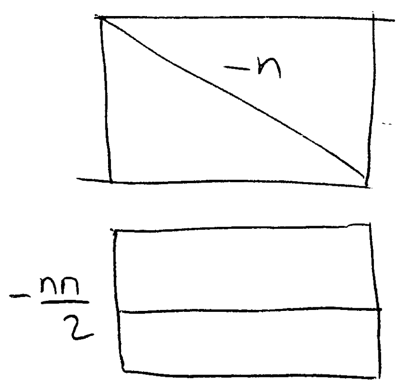




P یک نقطه است.

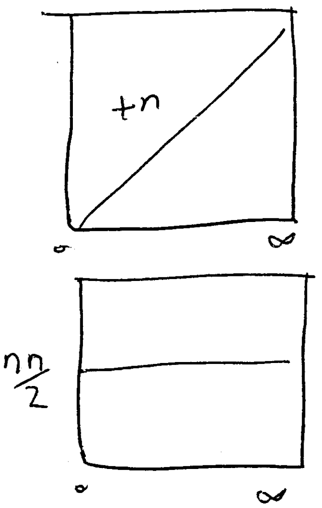
$$\frac{1}{s^n}$$

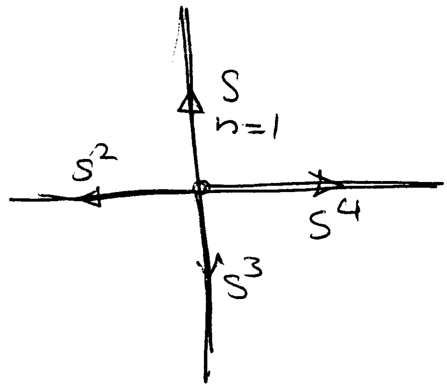




شعاع از ∞ می آید تا صفر

مثال : S^n





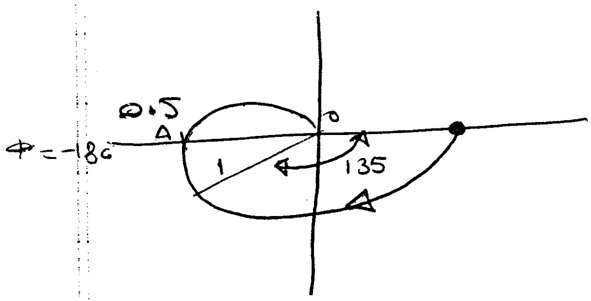
S^5 می‌افتد روی S^1 .

~~حاشیه پایداری~~

P.M و G.M به کمک نایکوئیست :

مثال : $G.M = ?$

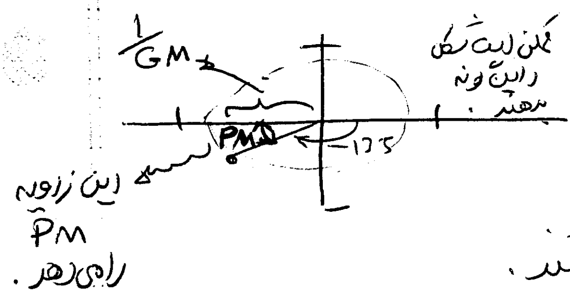
$P.M = ?$



$$OA = AR\big|_{\Phi=-180} = 0.5 \longrightarrow GM = 2$$

~~PM =~~

$$PM = -135 - (-180) = 45$$



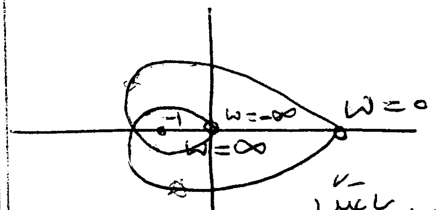
** سیستم درجه اول و سیستم درجه ۲ همواره پایدار هستند .

روش بررسی پایداری نایکوئیست :

اگر تابع انتقال دادند یا Routh یا G.M یا PM

از شکل دادند یا شکل Bode می‌دهند و یا Nyquest .

① دیاگرام و قرینه دیاگرام را در ناحیه ω از $-\infty$ تا ~~$+\infty$~~ صفر را رسم کنید. (قرینه آینه ای نسبت به محور حقیقی). این کار را می‌کنیم تا نایکوئیست به مکان بسته تبدیل گردد.



ساعتگرد

اگر پادساعتگرد دور می‌زد −2 می‌نوشتیم.

$N = 2$

$Z = 2 + P$

② عده قطب های حلقه باز P که در سمت راست محور موهومی قرار دارد.

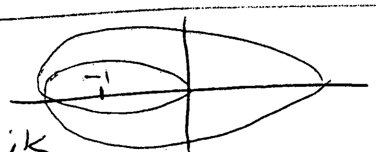
P ← یا بصورت مسئله مشخص شده

← یا تابع انتقال داده شده. * اگر هیچ اشاره ای، تعریفی ندارد

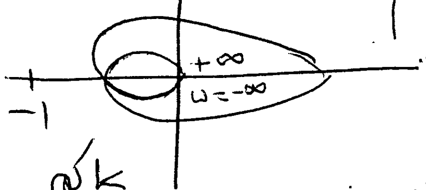
③ عده دور خوردن های نقطه $(-1,0)$ در جهت ساعتگرد را حساب کنید وقتی که $\omega = -\infty \longrightarrow +\infty$ *←

④ عده ریشه های ناپایدار کننده Z

$Z = N + P$



K زیاد



K کم

بنابراین این سیستم در بهره کم پایدار و در بهره زیاد ناپایدار است.

تعداد دورخوردن: صفر

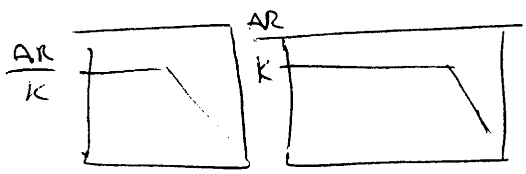
مثال: چه زمانی −1 خارج حلقه می‌افتد:

G(s

سؤال اگر $G(s)=\frac{1}{\tau s+1}$ و $G(s)=\frac{K}{\tau s+1}$ چه تفاوتی با سیستم قبلی دارند.

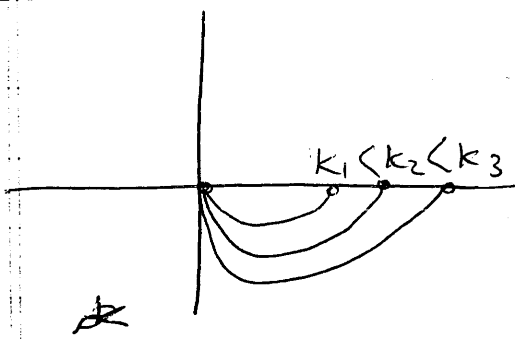
$$AR = \frac{K}{\sqrt{(\omega\tau)^2+1}}$$

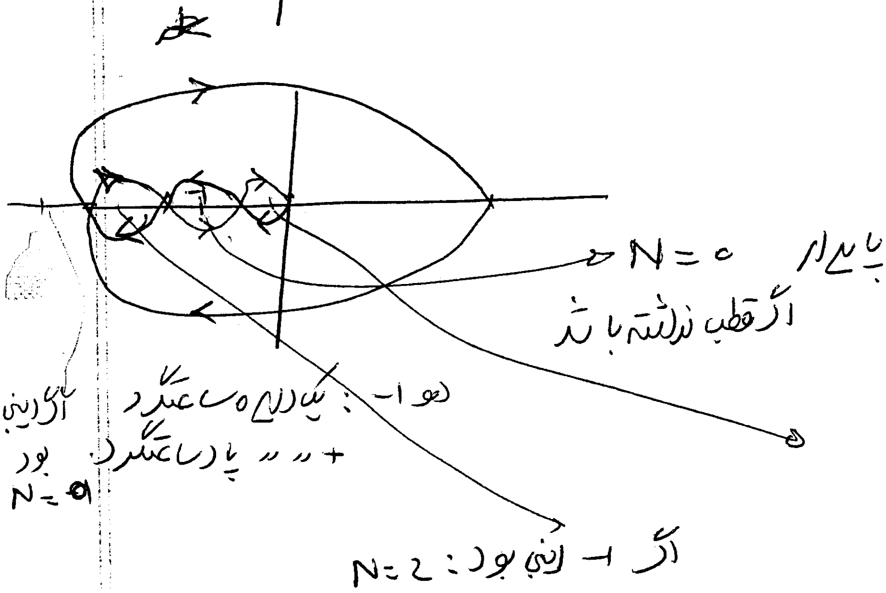
یا باید $\frac{AR}{K}$ را رسم کرد یا



بنابراین تغییر K (بهره) موجب تغییر شعاع می‌شود نه تغییر زاویه.

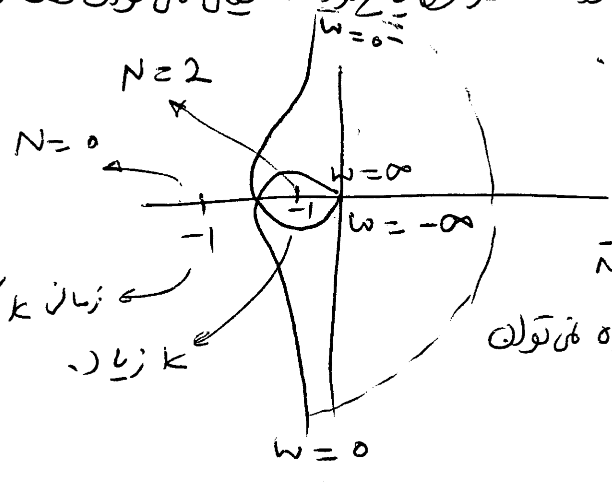
اگر K ؛





بنابراین به صورت مشروط پایدار است یعنی نمی‌توان گفت در K کم پایدار یا K زیاد ناپایدار یا بالعکس .

شکل :



چون منفی بسته تشکیل نشده نمی‌توان گفت :

اگر صفر 0^+ و 0^- برهم منطبق نگردد در این صورت نیم دایره ای فرض رسم می‌شود که :

1) از صفر 0^- به 0^+ است .

2) ساعتگرد باشد .

* توجه دیاگرام به سمت -1 می‌رود .
-1 به دیاگرام نزدیک یا دور می‌شود .
این تغییر با تغییر K رخ می‌دهد .

تحت چه شرایطی سیستمی که مدار باز آن دارای یک قطب ~~مثبت~~ در سمت راست است می تواند پایدار باشد.

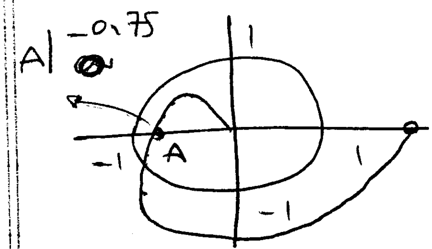
$$Z = N + P$$
$$0 = N + 1$$

* اگر $N=-1$ باشد پایدار می شود.
* اگر Z منفی شد هم سیستم پایدار است.

تست ۱۰۲ سال ۷۹ :

$G.M = ?$

پایدار است یا نه :

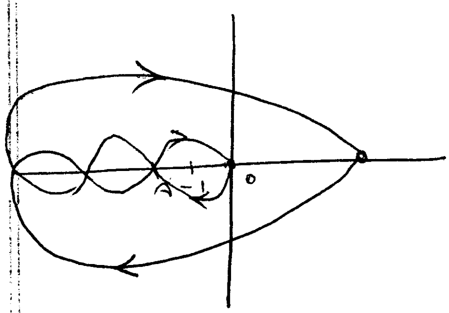


$$GM = \frac{1}{0.75} = 1.33$$

سیستم پایدار است. $N = 0$

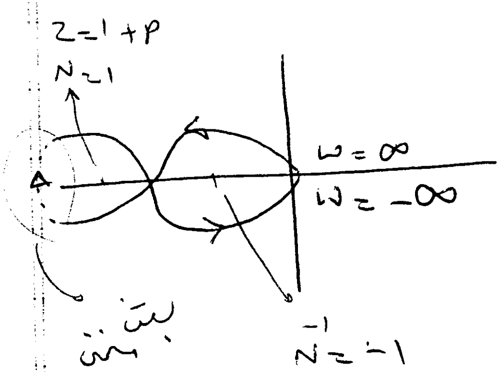
چون قطب راست ندارد $P=0$.

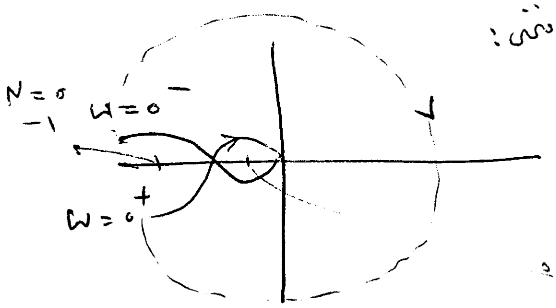
تست ۱۰۳ ،

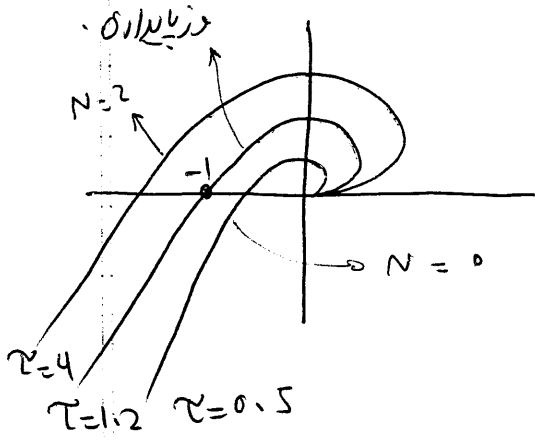


$oA = 2$

مثال : بسته شدنی :







س ۸۲۵

شرط پایداری ؟

1) $\tau=1.2$

2) $1.2<\tau$

3) $\tau>1.2$

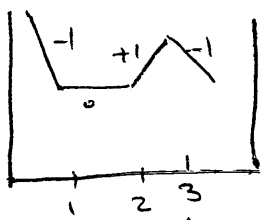
4) $1.2<\tau<4$

$\boxed{\tau<1.2}$ شرط پایداری

Mirzazadeh_m@yahoo.com

m.mirzazadeh@cic.aut.ac.ir

mirzazdde@Hirbodan.com



یا S-1 (چون روی AR عین (τs+1)s+1).

یا S+2

$$\frac{(s+1)(\frac{1}{2}s+1)}{s(\frac{1}{3}s+1)^2}$$

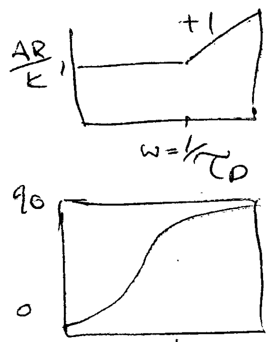
یا S+3

$\tau=1$

$\tau=0.5$

$\tau=\frac{1}{3}$

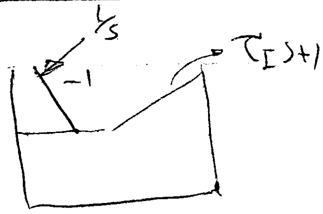
کنترل مشتق : PD $K_c(1+\tau_D s)$

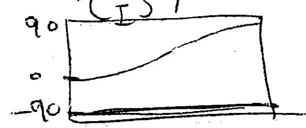


$$AR = K_c\sqrt{1+(\tau_D\omega)^2}$$

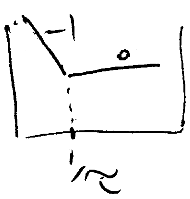
$$\phi=\tan^{-1}(\omega\tau_D)$$

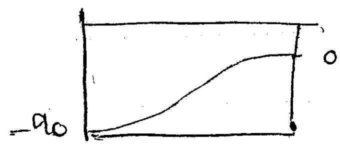
کنترل : PI $K_c(1+\frac{1}{\tau_I s})$





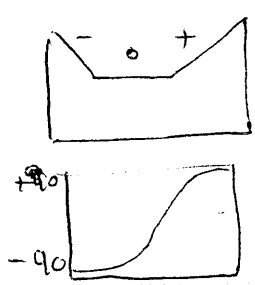
جمع دو مولفه: کنترل PI :





تعریف : $\tau_D < \tau_I$

کنترل : PID :

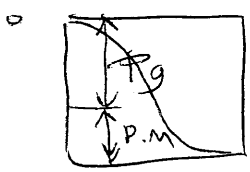


پایداری : $\begin{cases} GM > 1 \\ PM > 0 \end{cases}$

سیستم های درجه دوم و درجه اول حتماً پایدارند چون زاویه بین ۰ تا ۹۰- است. و $GM >> 1$
(درجه اول)

ولی ترم تأخیر پایداری را به هم میزند.

درجه 2 ، φ بین صفر و ‎-180‎ ، $GM >> 1$



مثال:

$$\frac{1}{\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1}$$

$$AR = \frac{1}{\sqrt{(1-\tau^2\omega^2)^2 + (2\xi\tau\omega)^2}} \qquad \phi = \tan^{-1}\frac{-2\xi\omega\tau}{1-\tau^2\omega^2}$$

$$\log AR = -\tfrac{1}{2}\log\left[(1-\tau^2\omega^2)^2 + (2\xi\tau\omega)^2\right]$$

$$\omega \to 0 \Rightarrow \log AR = 0 \to AR = 1 \quad ①$$

$$\omega \to \infty \Rightarrow (\text{مؤثرترین جمله } \omega\tau^4) \Rightarrow \log AR = -2\log\omega\tau \quad ②$$

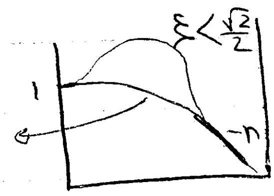
در یک محدوده از ξ، AR دارای max است:

$$\frac{dAR}{d\omega} = 0 \qquad \omega\Big|_{max} = \frac{1}{\tau}\sqrt{1-2\xi^2}$$

شرط

$$1 - 2\xi^2 \geq 0$$

$$\xi \leq \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$$



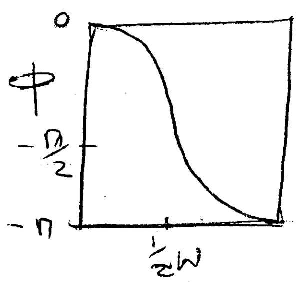
$$①\,و\,② \longrightarrow \omega_{\text{شکست}} = \frac{1}{\tau}$$

حل دو معادله تلاقی ورود

$$\omega = 0 \longrightarrow \phi = 0$$

$$= \frac{1}{\tau} \longrightarrow = -\frac{\pi}{2}$$

$$\infty \qquad = -\pi$$



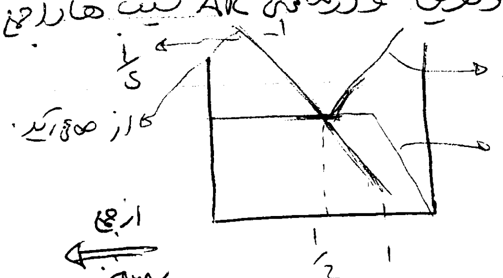
مثال: از آنجا که $\log AB = \log A + \log B$ و $\log\frac{A}{B} = \log A - \log B$

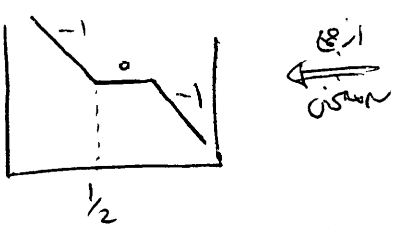
در زاویه ها جمع و تفریق و در منحنی AR شیب ها را جمع و تفریق می کنیم.

مثال:

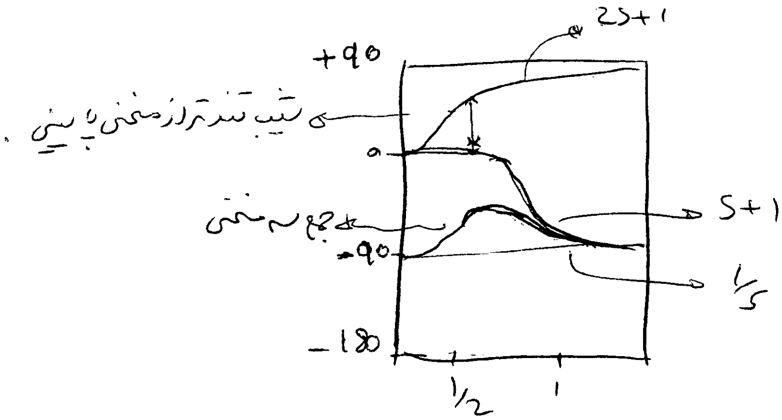
$$G(s) = \frac{(2s+1)}{s(s+1)}$$

از تک تک اجزا را رسم کنیم:





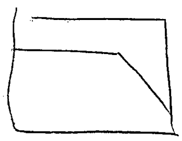
برای رسم ϕ :

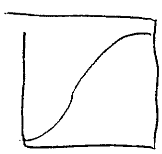


اگر جای 2S+1 و S+1 را عوض می‌کردیم (در مخرج را می‌بردیم به صورت و بالعکس) منحنی ابتدا پایین می‌رفت و سپس بالا می‌آمد.

مثال: $\frac{1}{S-1} \longrightarrow AR = \frac{1}{\sqrt{\omega^2+1}}$

AR عین $\frac{1}{S+1}$ است.

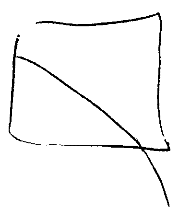




$$\phi = 0 - \left[\tan^{-1}\frac{\omega}{-1}\right]$$

$$\phi = \tan^{-1}\omega = +\tan^{-1}\omega$$

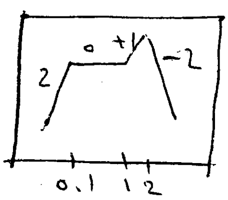
هرگاه تاخیر زمانی داریم AR تغییری نمی‌کند ولی شکل ϕ بصورت

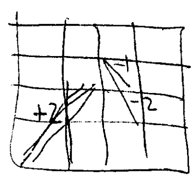


می‌گردد

که نقطه شروع ϕ بستگی به سایر عبارت‌های موجود دارد.

مثال: تابع انتقال؟ :





$\tau = 10$

$\tau = 1$

$\tau = \frac{1}{2}$

$$\frac{S^2\,(S+1)\,e^{-\tau_d S}}{(10S+1)^2\,(\frac{1}{2}S+1)^3}$$

می‌توانند داشته باشند یا نداشته باشند

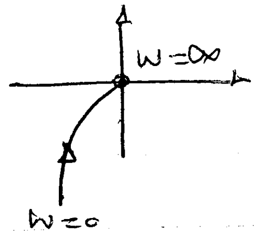
یا S+2

یا S+0.1 هم می‌توانند بنویسید.

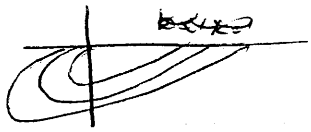
* اگر ϕ را دارند و تابع انتقال را خواستند شرایط مرزی ($\omega \to \infty$ ، $\omega \to 0$) را از روی شکل بنویسید و در گزینه‌ها امتحان کنید.

مثال:

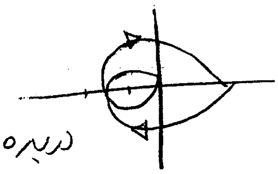
$$\frac{1}{S(\tau S+1)}$$



* K شکل نایکوئیست را عوض نمی‌کند فقط شعاع را زیاد و کم می‌کند مثلاً به ازای Kهای مختلف:



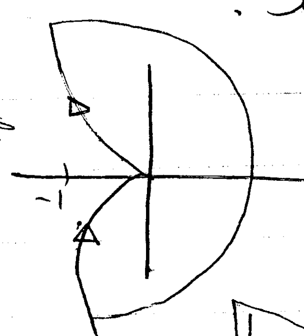
مثال:



در بهره‌های کم پایدار و بهره زیاد ناپایدار.

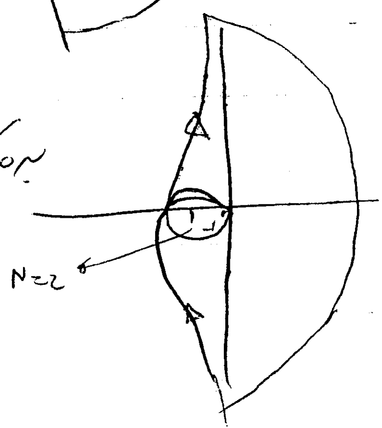
* منطبق شدن 0^+ و 0 به دلیل وجود ترم $\frac{1}{s}$ است هر بار باعث دوری 180 دو انتها از هم است.

مثال:



همواره پایدار است

مثال:



بهره کم پایدار و بهره زیاد ناپایدار است.

۴۶) الف

۴۷) ۲ سیستم غیر تداخلی: غلظت ورودی تانک دوم اثری روی تانک اول ندارد.
صورت باید یک باشد * Gain برای ارتفاع یک نمی‌شود.

$\tau = \frac{V}{F}$

۴۸) ۳

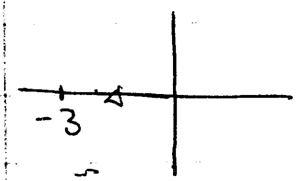
۴۹) $1+K\frac{S+3}{S(S+1)(S+2)}=0$

ممکن است برسد K در نقطه‌ای که روی شاخه‌های دوریم (باز هم می‌شد نقطه A).

$S(S+1)(S+2)+K(S+3)=0$

۷۰) ۴

۷۱) * $\gamma = \frac{\sum P_i - \sum z_i}{n-m}$



$3 =$ [illegible]

$\rightarrow \tau = 1/3$

$\xi = 1$

۷۲) ۴

۷۳) ۲

۷۴) * ترم تأخیر ندارد ← آزمون روث.

$S^3+2S^2+S+4-K+1=0$

$$\begin{array}{|ll}
1 & 1 \\
2 & 5-K \\
\frac{-3+K}{2} & \\
5-K &
\end{array}$$

$5-K>0 \rightarrow 5>K$

$-3+K>0 \rightarrow K>3$

۷۵) ۲ *

$AR = \frac{1\times\sqrt{\omega^2+1}}{\omega\sqrt{\omega^2+1}} = \frac{1}{\omega} = 1$

$\phi = \left[-\pi\omega - \tan^{-1}\omega\right] - \left[\frac{\pi}{2}+\tan^{-1}\omega\right] = -2\pi$

$\rightarrow y(t) = 1\times\sin(t-2\pi)$

$= \sin t$

۷۶) آزمون روث :

$$s(s+1)(s+3)+k=0$$

$$s^3+4s^2+3s+k=0$$

1	3
4	k
$\frac{12-k}{4}$	
k	

سطر n ام باید صفر شود (یک سطر مانده به آخر).

$\longrightarrow \boxed{k=12}$

اگر ریشه‌های مرز پایداری را می‌خواهد :

$$4s^2+12=0 \qquad s=\pm i\sqrt{3}$$

۷۷)

$$PB=\frac{110-95}{120-0}=\frac{15}{120}=12.5\%$$

۷۸) اگر k_c را می‌خواهد :

$$k_c=\frac{120\,kN/m^2-20}{110-95}=\frac{100}{15}=6.6\ kN/m^2\,°C$$

۷۸) به تعداد قطب شاخه داریم ،

$$P=0,0,0,-1,-1$$

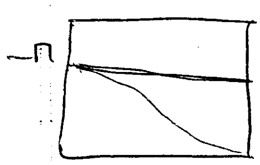
$$\gamma=\frac{[0+0-1-1]}{4-0}=-1/2$$

۷۹) ۴ ترم تأخیر زمانی دارد ← k پایداری خواسته شده ← G.M مهم — از این راه حل شود

$$\phi=-180 \longrightarrow \omega\,? \longrightarrow AR|_{\omega=?}=? \longrightarrow G.M=\frac{1}{AR}>1$$

تبدیله حل دوم : $\frac{1}{s^3}$ ← بخاطر s^2 در مخرج زاویه از $-\pi$ شروع می‌شود

یعنی هم ϕ $PM<0$ چون :



۸۰)

ادامه ۷۸

۸۰)

$$\omega_n = \frac{1}{\tau} = 1.71$$
$$\xi = \frac{1}{1.71}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{\text{صورت}}{1+\frac{k}{s^2}(1+0.47s)}$$
$$= \frac{}{s^2+k(1+0.47s)}$$
$$= s^2+0.47ks+k$$
$$\Rightarrow \tau^2 = \frac{1}{k}$$
$$2\xi\tau = 0.47$$

۸۱) آزمون روش.

۸۲) ۱

$$\text{offset} = -sU \times \frac{C}{U}$$
$$= -s \times \frac{1}{s} \times \frac{K_p}{1+K_cK_p}$$

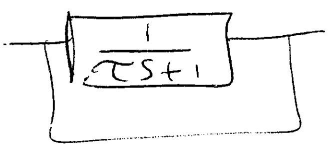
۸۳) ۴

$\frac{1}{2}s+1$ یعنی $s+2$

-2

شکست: $2, 1, \frac{1}{2}$

۸۴) ۲ سیستم Feedback همیشه به سیستم سرعت داده چون τ Feedback از τ مدار باز بیشتر است.



$$\frac{\frac{k}{\tau s+1}}{1+\frac{k}{\tau s+1}} = \frac{k}{\tau s+1+k} = \frac{k/(1+k)}{\frac{\tau}{1+k}s+1}$$

$$\frac{\tau}{1+k} < \tau$$

۸۵) ۳

H_1 و $H_2 = 0$

$$\frac{C}{R} = G_1G_2G_3 + 1$$

چون H_1 دوحلقه هم وارد G_1 و هم وارد G_2 می‌شود باید H_1G_2 و H_1G_1 را داشته باشیم.

سه نمودار

۱) Nyquist   ۱، ۲ بـ PM، GM

۲) GM، PM { $e^{-\tau s}$ ← K پایداری، τ ״
پایداره

۳) رسم Bode.

۴) $x(t)=A\sin\omega t$

$$x(t) \rightarrow \boxed{G(s)} \rightarrow y(t)=?$$

۵) آزمون روث تا سؤال ۵.
← خوب پایداری؟
← K پایداره
ریشه‌های مرزی

۶) offset ← Load
← میزان مقرر

۷) ساده‌سازی Block ← $H=0$
← خیلی ساده است.

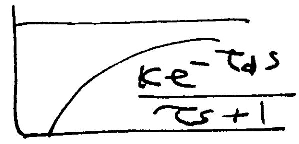
۸) $\frac{1}{\tau}$ = موتر

$\xi=\cos\theta$

۹) مخرج معادله = $\tau^2 s^2+2\xi\tau s+1$
محاسبه ح و ع

۱۰) پاسخ ضربه = مشتق پله
پله = انتگرال ضربه.

11)



$$\frac{Ke^{-t_d s}}{\tau s+1}$$

۸۸) M

$$q = 5\sqrt[3]{h^2} = 5\times\frac{2}{3}h_s^{-1/3}\times H$$

$$= \underbrace{\frac{10}{3\sqrt[3]{h_s}}}_{\frac{1}{R}}\times H$$

۸۹) ۲ توضیح نکته در راه‌ حل آن است.

$$\frac{H}{Q} = \frac{R}{\underbrace{\tau_1\tau_2}_{1}S^2+(\underset{1}{\tau_1}+\underset{1}{\tau_2}+\underset{1}{A_1R_2})S+1}$$

$$S^2+3S+1$$

۹۰) متغیر داخلی

$$A\times K = \frac{q}{(12-3)} \text{ حاصل تغییر}$$

K ← کنترلر (گفته‌پله‌ای حاصل).

$\xi<1$ ← چون نوسان داریم

۹۱)

$$G_4=0 \longrightarrow \frac{C}{L} = \frac{k_1G_3}{1+G_1G_2G_3}$$

۹۲) حلقه داخل:

$$\frac{\frac{16}{S+0.8}}{1+\frac{16K}{S+0.8}} = \longrightarrow = \frac{16}{S+0.8+16K}$$

$$\frac{C}{R} = \frac{}{1+\frac{1}{S}\times\frac{16}{S+0.8+16K}}$$

$$\text{مخرج} = S^2+(0.8+16k)S+16$$

$$\frac{1}{16}S^2+\frac{0.8+16K}{16}S+1$$

$$2\xi\tau = \frac{0.8+16K}{16}$$

۹۳)

$$PB\% = \frac{\text{Error}}{\text{Range}}\times100 = \frac{110-95}{120-0}\times100$$

$$=12.5\%$$

$$K_c = \frac{15-3}{110-95} = \frac{12}{15} = 0.75\ \text{Psi}/{}^\circ C$$

۲(۹۴ $\uparrow k$ $\downarrow offset$

پاسخ $\tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1 + K_c K_p$ = مخرج مدار بسته

سیستم مدار بسته سریع تر از مدار باز — " " " = مخرج + صورت

$$\frac{\tau^2}{1+K_cK_p}s^2+\frac{2\xi\tau}{1+K_cK_p}s+1$$

ثابت زمانی مدار بسته کمتر از مدار باز است.

$\uparrow k$ $\downarrow \tau$ سرعت پاسخ $\uparrow$

۹۵) تأخیر زمانی ندارد ← آزمون روث

	1	$k-5$	2
	2	5	
$+$	$k_c-7.5$		
$+$	$\frac{5k_c-41.5}{k_c-7.5}$		
	2		

$k_c>7.5$

		7.5		8.3	
$5k_c-41.5$	$-$		$-$	0	$+$
$k_c-7.5$	$-$	0	$+$		$+$
	$+$		$-$		$+$

$k_c>8.3$

۲(۹۴ تأخیر زمانی ندارد ← $1+GH=s^2(s+2)+k(s+a)$

مخرج   صورت

چون $a>0$ می تواند بزرگتر از 2 باشد.

$s^3+2s^2+ks+ak$ $ak>0$

$a<0,\ k<0$

1	k	
2	ak	
$\frac{2k-ak}{2}$		
ak		

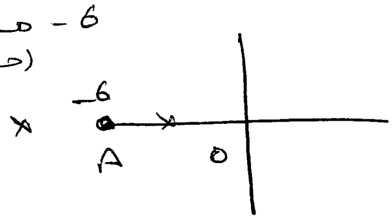
$ak>0 \rightarrow a>0,\ k>0$

$k(2-a)>0 \rightarrow k>0,\ a<2$

$\rightarrow k<0,\ a>2$

۴ (۹۷

6- ـ محل همرسی مجانب ها
(جاب شود)



$OA = 6$

$\rightarrow \tau = \frac{1}{6}$

$\xi = 1 = \cos\theta$

۴ (۹۸

$\tau_N \quad T_n = ?$

$\xi = 0$ (پریود طبیعی نوسان)

$\theta = 90$

وتر $= 2 = \frac{1}{\tau} = \omega_n$

$\omega_n = 2 = \frac{2\pi}{T_n} \rightarrow \boxed{T_n = \pi}$

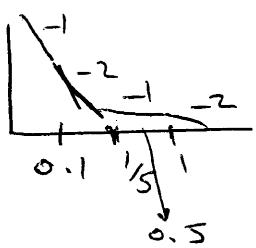
۳ (۹۹

$s \rightarrow$ بدون شکست $\frac{1}{\tau}\, \omega_c = 0$ ①

$5s+1 \rightarrow \quad = 1/5$ ③

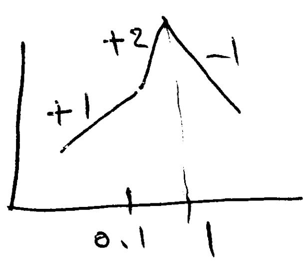
$s+1 \quad = 1$ ④

$10s+1 \quad = 0.1$ ②



و عبارت اثرش موقعی است که به فرکانس شکست برسیم.

۱ (۱۰۰



$\tau = 10$

$$\frac{s(10s+1)}{(s+1)^3}$$

با همان s در صورت معلوم بود (زینه تک).

(۱۰۱

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{w}{\frac{1}{T_1}}\right) - \tan^{-1}\left[\frac{w}{1/T_2}\right] = \tan^{-1} w\tau_1 - \tan^{-1} w\tau_2$$

$\tau_1 > \tau_2 \rightarrow$ عبارت + می‌شود.

۱۰۲) ۱

$OA = 0.75$

$GM = \frac{1}{0.75} = 1.33 \rightarrow > 1$ سیستم پایدارد .

۱۰۳) ۱

هورتن ناپایدار کنند ← دوبار دور می‌خورد .

$Z = N + P$

صورت / مخرج ← $2+0$ ← تعداد دور خورد ۰ .

۱۰۴) ۴

سیستم حلقه بسته رفتار نوسانی ندارد .

نمودار نوع حالت ۲ شکل شیب در مبدا صفر .

۱۰۵) te^{-t} مشتق ←

سال ۸۰

۸۶) ۳ ترم تأخیر زمانی ← چرخش در نایکوئیست .

۸۷)

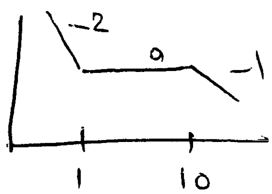
$\Phi = -\frac{\pi}{2}\omega - 2\tan^{-1}\omega = -180$

$\boxed{\omega = 1}$

$AR = \frac{k \times 1}{(\sqrt{\omega^2+1})^2} = \frac{k}{2}$

$GM = \frac{2}{k} = 2 \rightarrow k = 1$

۸۸) ۱



۸۹) ۲

$H = 0 \rightarrow G , \frac{G^2}{1+G^2}$

چون یک H وارد G شده که حلقه داخلی .
H دیگر وارد مخرج G شده . یک GH^3 و یک GH^2 می‌خواهیم .

۹۰) ۴

۹۱) ۱ سیستم غیرتداخلی . بهره باید یکی باشد .
((۱) و نقطه غیرتداخلی).

$\tau = \frac{\text{جرم}}{\text{دبی جرمی}}$ باید واحد زمان

۹۲) ۱

۹۳) آنالیز کردن ریشه‌ها : ریشه ها :

$\frac{-3}{-1}$

$-\frac{1}{2} \pm i\frac{\sqrt{3}}{2}$

نوسان با دامنه کاهنده . (۱م)

۹۴) شرط : $PM > 0$

$AR = 1 = \frac{\sqrt{2} \times 1}{\sqrt{\omega^2+1}} \rightarrow \omega = 1$

$\phi_g = -\tau\omega - [\tan^{-1}\omega]$

$P.M = \phi_g - (-180) =$

$-\tau + \pi/4 + \pi > 0 \qquad \tau > \frac{3\pi}{4}$

۹۵) ۳ ورودی سینوسی ← نوسان دارم .
سیستم اول رفتار نوسانی ندارد

۹۶)

$A \times k = 2 \qquad k = \frac{2}{1} = 2$

لـه پله ای واحد .

e^{-10s} ـ $10s$ = تأخیر زمانی

$\tau = 18s - 10s = 8s$

۹۷) ۲

$t = 0 \quad C_A = C_{A0}$

$t = \infty \quad C_A = 0$

$\tau = \frac{V}{v}$

۹۸) جمله آخر مخرج همه باید یک باشد :

$$\underbrace{\frac{1}{100}}_{\tau^2} s^2+\frac{20}{100}s+1$$

$$\to \tau = 0.1 \qquad 2\xi\tau = 0.2$$

$$\boxed{\xi = 1}$$

۹۹)

$$1+GH=0$$

$$\underbrace{s^2}_{\text{مخرج}}+\underbrace{K(s+2)}_{\text{صورت}}=0$$

$$s^2+Ks+2K$$

$$\Delta = 0 = K^2-8K=0$$

$$K=0 \qquad \boxed{K=8}$$

۱۰۰) در تابع انتقال $\frac{1}{s}$ داریم

تغییر Load ← offset = 0

تغییر Set Point: Feedback واحد ← offset = 0

Feedback غیر واحد ← چک شود.

۱۰۱) ۲

نوسان داریم $s=i\omega=2i$

$$(2i)^3+a(2i)^2+b(2i)+a+1=0$$

$$[-4a+a+1]+[-8+2b]i=0$$

$$a=1/3 \qquad b=4$$

۱۰۲) ۳

1	K	1
1	2	
K−2	1	
$\frac{2K-5}{K-2}$		
1		

$K>2$ ← $K-2$

$$\frac{2K-5}{K-2}>0$$

	2		2.5	
−		−	0	+
−	0	+		+
+		−		+

$K>2.5$

۴ (۱۰۳

	1	11	k
	6	6	
	10	k	
$k<10$	$\frac{60-6k}{10}$		
$k>0$	k		

۴ (۱۰۴ نقطه نوسانی شدن = τ و ξ مقداری که دو ریشه مساوی دارد =

وتر $= OA = 0.85$

$\tau = \frac{1}{0.85} \qquad \cos\theta = 0 \longrightarrow \xi = 1$

۳ (۱۰۵

$S(S-1)+K_c S+1$

$S^2+(k-1)S+K$

	1	k
$k>1$	$k-1$	
$k>0$	k	

سال ۸۱

۴ (۸۶

$AR = 1$

$$\frac{K^2+1}{\left(\sqrt{\omega^2+1}\right)^2} = 1$$

$\phi_g + 180 = 60$

$\phi_g = -120$

$\phi_g = 0 - 2\tan^{-1}\omega = -120$

$\boxed{\omega = \sqrt{3}}$

$K = \sqrt{3}$

۴ (۸۷ $GM = 2 \quad PM = 40$

۳(۸۸.

$$\frac{(s+1)^2}{(10s+1)(0.1s+1)^2}$$

(۸۹

$$PM > 30$$
$$\varphi_g + 180 > 30$$
$$\varphi_g > -150$$
$$\frac{AR}{k_c} > 2 \rightarrow \frac{1}{k_c} > 2$$
$$k_c < \frac{1}{2}$$

۲(۹۰. بدلیل داشتن ترم تاخیر زمانی

۲(۹۱

۱(۹۲ $\varphi = -180$ $AR = 0.5$

$PM = 45$

(۹۳

$$s(s+1)(2s+1) + k = 0$$
$$2s^3 + 3s^2 + s + k = 0$$

	2	1
	3	k
	$\frac{3-2k}{3}$	
	k	

$$\frac{3-2k}{3} = 0 \rightarrow k = 3/2$$
$$3s^2 + \frac{3}{2} = 0$$
$$s = \pm i\frac{\sqrt{2}}{2}$$

(۹۴ آزمون روث:

$$e^{-2s} \approx \frac{s-1}{s+1}$$
$$= -\frac{s - 2/\tau_d}{s + 2/\tau_d}$$

۹۵)

1	1	2
2	2	
$0 \to \varepsilon$	2	
$\frac{2\varepsilon-4}{\varepsilon}$		
2		

$\frac{2\varepsilon-4}{\varepsilon} \longrightarrow 2-\frac{4}{\varepsilon}$, $\varepsilon \to 0^+$

دو ریشه ناپایدار کننده دارد .

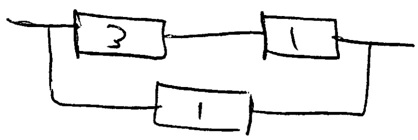
۹۶) ۴

۹۷) آزمون روث

۹۸)

$$e_{ss} = s \times \frac{1}{s}\left[1-\frac{3}{1+3}\right] = 1/4$$

$s \to 0$



۹۹)

$$e_{ss} = -s \times \frac{1}{s} \times \frac{k_c}{s(s+1)^2(s+2)} = -\infty$$

نمی‌شود گفت که تابع مسدود بسته است.

۱۰۰)

$\xi = 1$ ← حداکثر سرعت بدون نوسان.

$\tau = 2$

$2\xi\tau = B$

$\xi = 1$ ← جواب مسئله ← $\tau = 2$

۱۰۱)

مخرج معادله =

$s(s+1)+k$

s^2+s+k

$= \frac{1}{k}s^2+\frac{1}{k}s+1$ → $\frac{1}{k} = \tau^2$ ، $\tau = \frac{1}{\sqrt{k}}$

$$2\xi\tau = \frac{1}{k} \to 2\xi\frac{1}{\sqrt{k}} = \frac{1}{k}$$

$\boxed{k = 1/4}$

۱۰۲) ۴ $\qquad \xi = 1$

حلقه داخلی : $\frac{1}{S+K} = \frac{\frac{1}{S}}{1+\frac{K}{S}}$

مخرج حلقه بسته $= 1 + \frac{16}{S} \times \frac{1}{S+K}$

$$1+GH = S(S+K)+16$$

$$S^2+KS+16 \to \frac{1}{16}S^2+\frac{K}{16}S+1$$

$$\tau = 1/4 \qquad 2\xi\tau = \frac{K}{16}$$

$$K=8$$

۱۰۳) ۱

سال ۸۲

۹۲) ۳

۹۳) ۴

$\cancel{H_1} = H_2 = 0 \to$

۹۴) ۱ $\qquad \frac{1}{S}$ باید داشته باشد.

$\frac{1}{S} \to$ تغییر پله‌ای $\to$ offset صفر

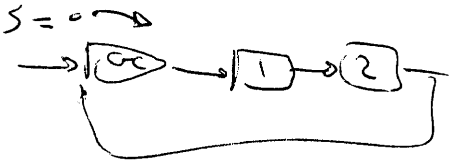
ورودی ← Feed ← offset صفر

غیر ... باید چک شود

۹۵)

$$\text{off} = 0.2 = S \times \frac{1}{S}\left[1-\frac{C}{R}\right]$$

$S = 0 \to$



$$S \times \frac{1}{S}\left[1-\frac{2K_c}{1+2K_c}\right]$$

$$= \frac{1}{1+2K_c} \qquad K_c = 2$$

۶

(۹۶ $off = 5 \times \frac{1}{5}\left[1 - \frac{3}{1+3}\right] = 1/4$

(۹۷ سیستم درجه ۲ همواره پایدار و

سیستم درجه اول و دوم همواره پایدار است ~~مداربسته~~ مداربسته

$\xi < 1$ ع مدار بسته کمتر از یک.

$$\text{مخرج} = \tau^2 s^2 + 2\xi\tau s + 1 + k_c$$

$$\frac{\tau^2}{1+k_c} s^2 + \frac{2\xi\tau}{1+k_c} + 1$$

$$\tau' = \frac{\tau}{\sqrt{1+k_c}} \qquad \xi = \frac{\xi}{\sqrt{1+k_c}}$$

(۹۸ آزمون روث

سطر m = ۰

(۹۹ Air To open

~~Kex~~ 36

(۱۰۰ کنترلر PID بود

$$P(S) = \frac{k_c}{S^2}\left[1 + \tau_D S + \frac{1}{\tau_I S}\right]$$

$$= \frac{k_c}{S^2} + \frac{k_c \tau_D}{S} + \frac{k_c}{\tau_I S^3}$$

k_c شیب

$k_c \tau_D$ عرض از مبدا

t له

عدد ثابت

~~t^2 له~~

$k_c = 1 \quad \tau_D = 1$

تابع شتاب با به ... یک.

(۱۰۱

$$\frac{\text{صورت}\ (S+2)}{\text{مخرج}\ (S+1)^2}$$

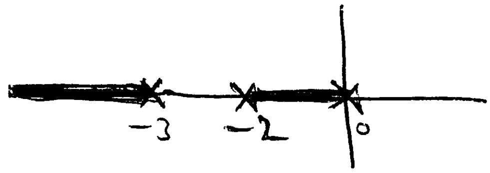
۱۰۳)

$$1+GH=1+K\left(1+\frac{1}{s}\right)$$

$$s+Ks+K=0$$

$$s=-\frac{K}{1+K}=-0.5 \longrightarrow \boxed{K=1}$$

۱۰۴)



~~۱۰۵)~~

$$\tan^{-1}\frac{\omega}{2}-\left[\tan^{-1}\omega+\tan^{-1}(-\omega)\right]$$

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

~~۱۰۶)~~

۱۰۵)

سال ۸۳

۸۶)

$$\frac{H}{Q}=\frac{R}{(\tau s+1)^3}$$

روش تکراری : چند جمله ای باید درجه ۳ باشد $\times\ e^{-t}$

۸۷)

پاسخ سیستم ضربانی در لحظه صفر

$$y(t)=\frac{Ak}{\tau}e^{-t/\tau}$$

حداکثر پاسخ $=\frac{Ak}{\tau}$

$$A=1$$

$$\frac{1\times k}{\tau}=3$$

$$\frac{3k}{\tau}=9$$

۱۸۸)

۱۸۹)

۱۹۰) کندتر و غیرنوسانی
پوشش موجب کاهش τ ولی مرتبه سیستم تغییر نمی‌کند.

۱۹۱) ۳

۱۹۲)

۱۹۳) PI و PID یک $\frac{1}{s}$ در مخرج اضافه می‌کنیم.

۱۹۴) PID

۱۹۵)

۱۹۶) ۱ با $\frac{1}{s}$ Feed back مقدار offset صفر

۱۹۷)

$$\text{مخرج} = s(s+8)+25$$
$$= s^2+8s+25$$
$$\frac{1}{25}s^2+\frac{8}{25}s+1 \quad \tau=\frac{1}{5}$$
$$2\zeta\tau=\frac{8}{25} \rightarrow \zeta=\cancel{4}\ 0.8$$

۱۹۸)

$$2\tau_I s^2+1$$
$$\zeta=0<1$$ [illegible]

۹۹) روش

۱۰۰)

لبوج

$$\sum \frac{1}{s-p_i} = \sum \frac{1}{s-z_i}$$

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s} = \frac{1}{s+1}$$

$$\frac{2}{s} = \frac{1}{s+1}$$

۱۰۱) رهف

۱۰۲) ۴

۱۰۳) ۵

$$AR = \frac{1}{\sqrt{\omega^2+1}}$$

$$\varphi = -\pi - \tan^{-1}\omega$$

۱۰۴) ۵۰ اگر $\pi/2$ نوشته بود 57.3 می‌خواند

حل تست های کنکور :

سال ۸۳

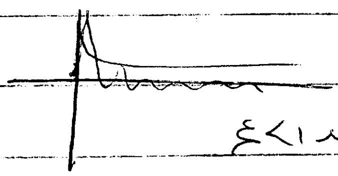
۸۶) ۲

$$\frac{H}{Q} = \frac{R}{(\tau s+1)^3} \qquad 3\delta(t)$$

$$= \frac{3R}{(\tau s+1)^3} \xrightarrow{\text{عکس}} \text{جواب} \quad (At^2+Bt+c)e^{-t}$$

گزینه ۴ : قبول نیست چون گفته تغییرات در لحظه یک

۸۷) ۱



حداکثر مقدار در میرا

در هر صورت حالت ممکن نوسانی باشد $\xi<1$

~~ایمپالس~~ :

$$y(t) = \frac{A}{\tau} e^{-t/\tau}$$

$$A=1 \rightarrow t=0 \rightarrow \frac{A}{\tau} = \frac{1}{\tau} = 3$$

$$A=3 \rightarrow \frac{A}{\tau} = \frac{3}{\tau} = 3\times 3 = 9$$

۸۸) ۳

انتگرال ضربه = پاسخ پله

مشتق پله = پاسخ ضربه

$$\int t e^{-t} dt = -te^{-t} + \int e^{-t} dt$$

۸۹) ۳

۹۰) ۳

$$\tau = \frac{mc}{hA} = \frac{\rho V C_p}{hA}$$ ← ثابت زمانی ↑ و پاسخ کندتر

حل سیستم درجه اول

۹۱) ۳

۹۲)

۹۳) ۴

$$\frac{\frac{k}{\tau s+1}}{1+\frac{k}{\tau s+1}}$$ باید انتگرالی بگذاریم تا s^2 ظاهر شود

* برای سیستم کند : اول باید PDI گذاشت .

۹۴) ۱ کنترل دما ← به علت کندی ← نیاز به عامل مشتق دارد

از PID بهتر است چون بخاطر I ، offset نداریم .

PID با بهره پایین هم کار می کند

۹۶) ۱ ✗ اشتباه به بررسی نیست   ~~offset~~

چون حامل انتگرالی دارد. دلیلی ندارد $\frac{1}{s}$ در کنترلر باشد

* وجود $\frac{1}{s}$: $\frac{1}{s}$ ← تغییر بار ← offset=0

مقدار مرجع ← (امیر برگشت) $H=1$ ← offset=0 ; $H\neq 1$ ← چک شود.

۹۷) ۴ مخرج $=S(S+8)+25$

$s^2+8s+25$

$2\xi(\frac{1}{5})=\frac{8}{25}$, $\tau=\frac{1}{5}$ ← $\frac{1}{25}s^2+\frac{8}{25}s+1$

$\boxed{\xi=\frac{4}{5}}=0.8$

۹۸) ۳ محاسبه ξ :

نقطه مخرج را بنویسید :

$1+\frac{1}{\tau_I s}*\frac{1}{2s} \rightarrow 2\tau_I s^2+1 \Rightarrow \boxed{\xi=0}$

۹۹) ۴ lag ندارد ← روش : مخرج را در کنار صورت می‌گذاریم.

$S(S-1)+K(S+1)$

$S^2+(K-1)S+K$

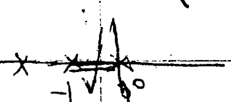
1	K	
K-1		→ K>1
K		→ K>0

$\Rightarrow K>1$

~~$0<K<1$~~ شرط پایداری

۱۰۰) ۱ نقطه جدایی : $\sum\frac{1}{s-z_i}=\sum\frac{1}{s-p_i}$

از شکل تشخیص داده‌ایم
این است که کدام فاصله نقطه جدایی
کلاً هم ترسیمی جای حل ساده است
(رسم مکان) شکل :



$\frac{1}{s+1}=\frac{1}{s}+\frac{1}{s}$

$\frac{1}{s+1}=\frac{2}{s}$ $s=2s+2 \rightarrow \boxed{s=-2}$

۱۰۱) ۱ آزمون روث

دو تغییر علامت ناپایدار کننده

1	1	4
1	4	
-3	4	
+4		
4		

به روش AR و Φ

۱۰۲) ۴

$$\frac{1}{s+1}+\frac{1}{s+2}=\frac{1}{s}$$

$$AR=\frac{1}{\sqrt{\omega^2+1}}=\frac{1}{\sqrt{2}}=\frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\phi=-\pi\omega-\tan^{-1}\omega$$
$$=-\pi-\frac{\pi}{4}=-\frac{5\pi}{4}$$

۱۰۴) ۲

$$AR=\frac{1}{\omega\sqrt{\omega^2+1}} \qquad \phi=-\omega-\left\{\frac{\pi}{2}+\tan^{-1}\omega\right\}$$

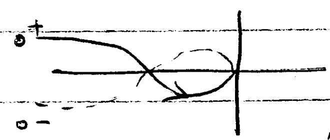
$\Phi=-\omega\times 57/3-90-\tan^{-1}\omega$ چون ترم تأخیر به شکل $e^{-\pi s}$ نیست.

۱۰۵) ۱

سال ۸۰

۸۶) به ازای هر s مختلط 180 فاصله بین 0^- و 0^+ ایجاد می‌شود که عکس هم منطبق
نمی‌گردد.
گزینه ۳ $\Longrightarrow$

$W=0 \quad \Phi=-90$: از ربع سوم
$W=\infty \quad \Phi=-180$
بین گزینه ۳ درست است.



اگر به شکل بود
360° اختلاف باید
$\frac{1}{2}$ دور دارد

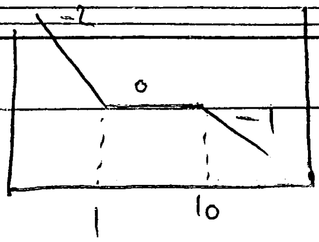
۸۷) ۱ $\quad$ G.M: $\Phi=-180 \rightarrow -\frac{\pi}{2}\omega-2\tan^{-1}\omega$

ω به ازای $\omega=\frac{1}{\tau}$ درست است $\qquad \omega=1$

$$AR=\frac{K\times 1}{\left(\sqrt{\omega^2+1}\right)^2}$$

$$GM=2=\frac{1}{K/2} \Rightarrow \boxed{K=1}$$

۱ (۸۸



$\Rightarrow \omega = S \to 0$ شیب

۳ (۸۹ $H=0 \to G \times \frac{G^2}{1+G^2} = \frac{G^3}{1+G^2}$

۴ (۹۰ بوده ۳ چون نوسانی نمی‌توانند باشد

۱ (۹۱ بهره سیستم یک است، پس ۱ یا ۳

سیستم غیر تداخلی است. اگر علقت هم بود همین بود فقط فاز

تداخلی است (دبی).

$$\boxed{\tau = \frac{V}{q} = \frac{V}{w/\rho}}$$

۱ (۹۲ $e^{-2s} \times \frac{1}{s^2}$

۲ (۹۳ $\frac{1}{(s+3)(s+1)(s^2+s+1)}$

اکسپوننشیل میرا از بین می‌روند

نوسانی میرا $s = -\frac{1}{2} \pm i\frac{\sqrt{3}}{2}$ $e^{-2s} \leftarrow$ $s = \frac{-1 \pm \sqrt{1-4}}{2}$

(۹۴ $P.M: \quad AR = 1$

$$\frac{\sqrt{2} \times 1}{\sqrt{\omega^2+1}} = 1 \to \omega = 1$$

$$\varphi_g = \{0 - \tau\omega\} - \{\tan^{-1}\omega\}$$

$$= -\tau - \frac{\pi}{4}$$

$$PM > 0 \quad \left(-\tau - \frac{\pi}{4}\right) - (-\pi) > 0$$

$$\boxed{\tau < \frac{3\pi}{4}}$$

۳) ۹۵ نوسانی ← دمپ یک ثابت

یا دمپ یک سینوسی که دامنه آن با زمان تغییر کند.

دمپ ۲ است ولی سینوسی ثابت چون دامنه آن با زمان تغییر کرده است.

۲) ۹۶

۲ ۴) ۹۷

$t=0 \quad C_A = C_{A_0}$

$t=\infty \quad C_A = 0$

۴) ۹۸

$\frac{1}{100}s^2+\frac{1}{5}s+1$

$\tau=\frac{1}{10} \qquad 2\xi\left(\frac{1}{10}\right)=\frac{1}{5}$

$\boxed{\xi=1}$

۳) ۹۹

$\begin{cases} s^2+k(s+2) \\ s=0 \end{cases}$

۴) ۱۰۰

$\text{offset}=0 \leftarrow H=1$ + دارای انتگرالور

۱۰۱)

(نوسان دائم) مرز نوسانی ← $s=i\omega \rightarrow s=2i$

$(2i)^3+a(2i)^2+b(2i)+a+1=0$

$-8i-4a+2bi+a+1$

$(a+1-4a)+i(2b-8)=0$

$a=\frac{1}{3} \qquad b=4$

۱۰۲) آزمون روث:

1	k	1
1	2	
k-2	1	
$\frac{2k-5}{k-2}$		
1		

$\boxed{k>2}$

	2		2.5	
2k-5	-	-	+	
k-2	-	+	+	
	+	-	+	

$k<2$

$k>2.5$

۱۰۳) ۳

$$\begin{array}{c|ccc} & 1 & 11 & k \\ & 6 & 6 & \\ & 10 & k & \\ & \frac{60-6k}{10} & & \\ & k & & \end{array}$$

$60-6k>0$

$60>6k \rightarrow k<10$ } $\rightarrow 0<k<10$

$k>0$

۱۰۴) ۴ نوسانی شدن : نقطه جدایی

* در نقطه جدایی دو ریشه مساوی داریم ← نکته

$\text{ضریب} = 0.85 \rightarrow \tau = \frac{1}{0.85}$

$\theta = 0 \rightarrow \xi = \cos\theta = 1$

۱۰۵) آزمون روث ، چون ترم تأخیر زمانی ندارد.

سال ۸۲

۸۶) ۴ $P.M:$

$AR=1 \quad 1 = \frac{k^2+1}{(\sqrt{w^2+1})^2} \qquad \frac{k^2+1}{w^2+1} \Rightarrow \boxed{k=w}$

$\Phi_g \quad \cancel{P.M} = 0 - 2\tan^{-1}(w) = -2\tan^{-1}w$

$P.M = -2\tan^{-1}w + 180 = 60$

$-2\tan^{-1}w = 120 \qquad \tan^{-1}w = 60$

$\boxed{w=\sqrt{3}}$

۸۷) ۴ $G.M=2$

$P.M = AR=1 \quad \cancel{-180=(-180)}$

۸۸) ۳ چون دو مرتبه تکرار شده ← $\tau = 10$

$(s+1)^2$

در ۱۰ با توان ۲ ← صحیح

۸۹)

$$\phi_G + 180 > 30$$

$$\phi_G > -150 \qquad \frac{AR}{K} > 2$$

$$\frac{1}{K} > 2 \Rightarrow \boxed{K < 1/2}$$

۲(۹۰

سیستم اول و دوم حتماً پایدار است.
ترم تأخیر زمانی پایداری را دچار مشکل می‌کند.

(91

$$PM = 30 \longrightarrow \phi_g = -130$$

$$\phi_g = \frac{K \times 1}{(\sqrt{\omega^2+1})^2} = 1$$

$$-\pi/3\, \omega - 2\tan^{-1}\omega = -150$$

$$\rightarrow \boxed{\omega = 1}$$

$$\longrightarrow \omega = 1 \longrightarrow k = (\sqrt{2})^2 = 2$$

۱(۹۲

$$S(S+1)(2S+1) + K = 0$$

$$2S^3 + 3S^2 + S + K$$

۳(۹۳

	2	1
	3	K
	$\frac{3-2K}{3} = 0$	

$$\rightarrow 3s^2 + \frac{3}{2} = 0$$

$$s = \pm i\frac{\sqrt{2}}{2}$$

(۹۴

$$e^{-2S} = \frac{S - 2/\tau_d}{S + 2/\tau_d} \longrightarrow \text{Routh}$$

حل طولانی :

$$= -\frac{S-1}{S+1}$$

$$1 + GH \longrightarrow$$ روش

۱(۹۵ آزمون روث.

۴(۹۶

$$G_2 = 0 \qquad \frac{G_1}{1+G_1H_1}$$

$$H_1 = 0 \longrightarrow G_1 + G_2$$

۹۷) آزمون ریویو

۹۸) عامل مشتق اثری بر offset ندارد.

$$\text{off} = s \times \frac{1}{s} \times \left[1 - \frac{3}{4}\right] = \frac{1}{4}$$

۹۹) $-s \times u(s) \times \frac{c}{4}$

تابع تبدیل حلقه بسته $\frac{c}{4}$

$$-s \times \frac{1}{s} \times \frac{k_c}{0} = -\infty$$

اگر servo بود $\frac{c}{R}$ می‌گرفتیم.

۱۰۰) ۲

$$B = 2\xi\tau = 2\tau$$

$$\boxed{\xi = 1} \Rightarrow \boxed{\tau = 1}$$

$$B = 4$$

۱۰۱) ۱

$$s(s+1) + k$$

$$s^2 + s + k$$

$$\frac{1}{k}s^2 + \frac{1}{k}s + 1$$

$$\tau = \sqrt{\frac{1}{k}} \qquad 2\xi\tau = \frac{1}{k}$$

$$2 \times 1 \times \frac{1}{\sqrt{k}} = \frac{1}{k} \rightarrow \sqrt{k} = \frac{1}{2}$$

$$\rightarrow \boxed{k = \frac{1}{4}}$$

۱۰۲) پیاپی ۱) نرخ حلقه بسته تشکیل و $\xi = 1$

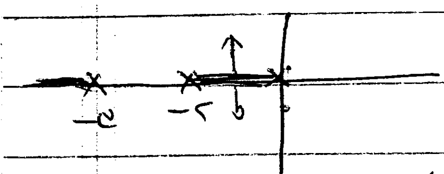
۱۰۳)

۱۰۱) ۱ در ۱- قطب صفر $(S+2)$

۱۰۲) ۳ $1+GH$ $\frac{k(1+1/s)}{1+k(1+1/s)} \to \frac{k(s+1)}{s+k(s+1)}$

$k=1 \Leftarrow S=-0.5$

۱۰۳) ۱ $\frac{1}{s}+\frac{1}{s+2}+\frac{1}{s+3}=0$



پس نقطه در بین صفر و ۲- است

۱۰۴)

۱۰۵)

۹۴) ۱ $1/s$ سیستم در $H=1$ موثر

فیلتر با همواره صفر.

۹۵) $offset = S \times \frac{1}{s}\left[1-\frac{C}{R}\right]$

$\left[1-\frac{2k_c}{1+2k_c}\right]$

$=0.2=\frac{1}{1+2k_c} \to \boxed{k_c=2}$

۹۶) $off = S\times\frac{1}{s}\left[1-\frac{3}{1+3}\right]=1/4$

۹۷) ۴ همواره پایدار. ضریب میرایی را تشخیص بدهیم $\xi>1$

تا پاسخ غیر نوسانی

۹۸) آزمون روش :

۹۹) ۴ $\uparrow P \to \uparrow Q \to$ Air toppen

۱۰۰) کنترلر PID را گرفته $\frac{P}{\varepsilon}=k_c\left(1+\tau_D S+\frac{1}{\tau_I S}\right)$

$k_c\left(\frac{1}{s^2}+\frac{\tau_D}{s}+\frac{1}{\tau_I s^3}\right)$

$\frac{1}{s^2}$

P(t) را بدست آورده متقابل تقسیم

$k_c\left[t+\tau_D+\frac{1}{2\tau_I}t^2\right]$

شیب : k_c

عرض از مبدا : $k_c\tau_D$

$\to \tau_D=1$

- ✓ Nyquist ⟵ پایدار، G.M، P.M — ۲ تا سؤال.

- دیاگرام Bode: نمودار را می‌دهند $G(S)$ را می‌خواهند. یک تست "مهم" می‌دهند.

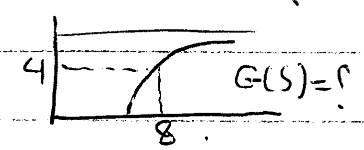
- دریک Bode ← G.M، P.M، پایداری ← شکل ← g.M ← k پایداری را می‌خواهد و ترم‌ها نیز نوشته باشد
P.M ← τ و ...
پایداری ← پاسخ ورودی سینوسی.
فاصله AR و ϕ یک ورودی سینوسی

- آزمون روث ← ۲ یا ۳ سؤال ← روث، k پایداری.
پایداری ← جدول ← حالت ساده و یا با حالت خاص سطر صفر (دو حالت)
ریشه‌های مرز پایداری و ناپایداری.

- ✓ offset: u، R

- ✓ ساده‌سازی بلاک دیاگرام: خیلی ساده — "پیچیده".

- محاسبه ξ، τ: $\tau = \frac{1}{\xi\omega_n}$ $\xi = \cos\theta$ — $\xi = 1$
میرایی بحرانی، حداکثر سرعت، حداقل نوسان



- جواب فرم به مشتق پله است.