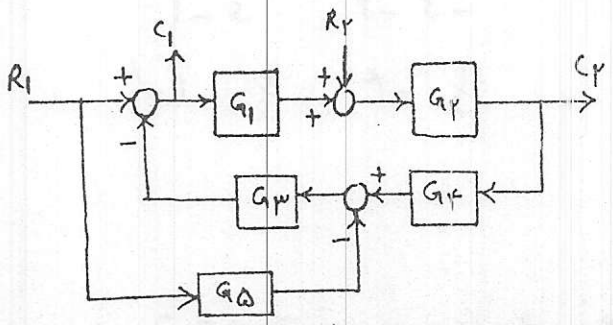
دانشکده فنی
دانشگاه تهران

به نام خداوند بخشنده مهربان

«ساده سازی»

آقایان کارشناسی ارشد
سیستم‌های خطی و کنترل

۱- در سیستم زیر تابع تبدیل : $\frac{C(s)}{R_1(s)}$ برابر است با :



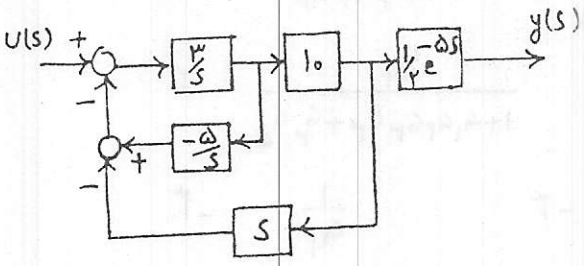
۱- $(1+G_3G_5)/(1+G_1G_2G_3G_4)$ ✓

۲- $1/(1+G_1G_2G_3G_4-G_3G_5)$

۳- $1/(1+G_1G_2G_3G_4+G_3G_5)$

۴- $(1+G_3G_5)/(1+G_1G_2G_3G_4+G_3G_5)$

۲- تابع تبدیل $H(s)=\frac{y(s)}{u(s)}$ در سیستم مقابل عبارتست از :



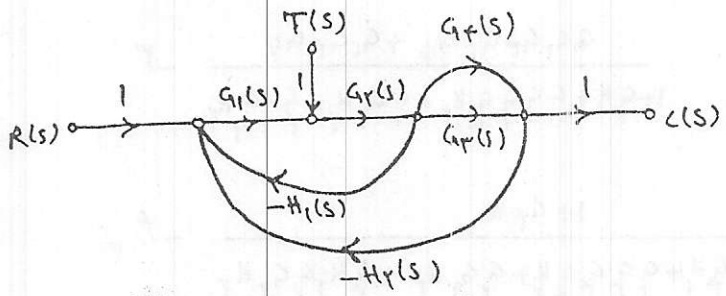
۱- $H(s)=\frac{15}{31}e^{-5s}\frac{s}{s^2+\frac{15}{31}}$

۲- $H(s)=\frac{15}{31}e^{-5s}\frac{s}{s^2-\frac{15}{31}}$

۳- $H(s)=\frac{-15}{29}e^{-5s}\frac{s}{s^2-\frac{15}{29}}$

۴- $H(s)=\frac{-15}{29}e^{-5s}\frac{s}{s^2+\frac{15}{29}}$ ✓

۳- در شکل زیر گراف حرکت سیگنال یک سیستم کنترل داده شده است (Signal Flow Graph). تابع انتقال $\frac{C(s)}{T(s)}$ عبارتست از:



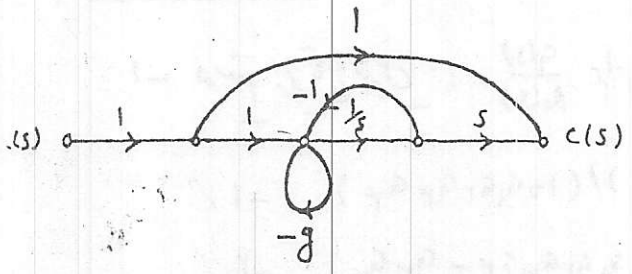
۱- $\frac{G_2G_3+G_2G_4}{1+G_1G_2H_1+G_1G_2G_3H_2+G_1G_4G_2H_2}$ ✓

۲- $\frac{G_2G_3}{1+G_1G_2G_3H_2+G_1G_4G_2H_2}$

۳- $\frac{G_2G_3+G_2G_4(1+G_1G_2H_1)}{1+G_1G_2H_1+G_1G_2G_3H_2+G_1G_4G_2H_2}$

۴- $\frac{G_2G_3}{1+G_1G_2H_1+G_1G_2G_3H_2+G_1G_4G_2H_2}$

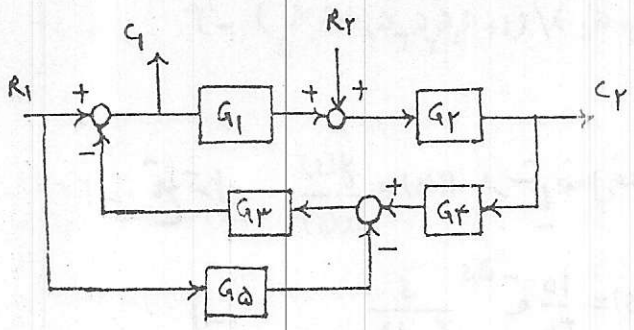
۴- در گراف سیگنال جریان (Signal Flow Graph) زیر، ضریب انتقال مجهول g چه باید تا $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{2s+2}{s+2}$ شود؟



۱- s ۲- $-s$

۳- $\frac{1}{s}$ ✓ ۴- $-\frac{1}{s}$

۵- تابع تبدیل سیستم مقابل از دوسری R_2 به خروجی C_2 عبارت است از: $(T_{R_2C_1} = \frac{C_1}{R_2})$



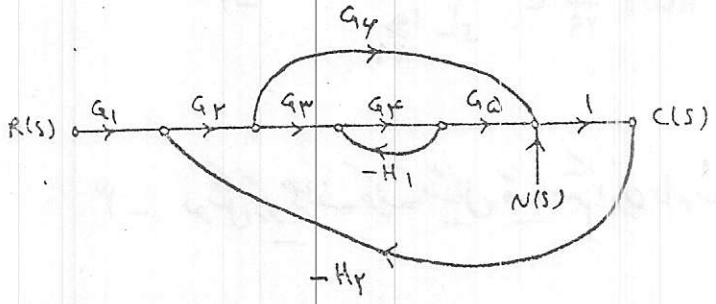
۱- $\frac{-G_2G_3G_4}{1+G_1G_2G_3G_4}$ ✓

۲- $\frac{1/G_1}{1+G_1G_2G_3G_4+G_3G_5}$

۳- $\frac{1}{G_1}$

۴- $\frac{-G_2G_3G_4}{1+G_1G_2G_3G_4+G_3G_5}$

۶- گراف گذر سیگنال یک سیستم کنترل در شکل داده شده است. تابع انتقال سیستم بین خروجی و سیگنال اغتشاش $N(s)$ یعنی $\frac{C(s)}{N(s)}$ برابر است:



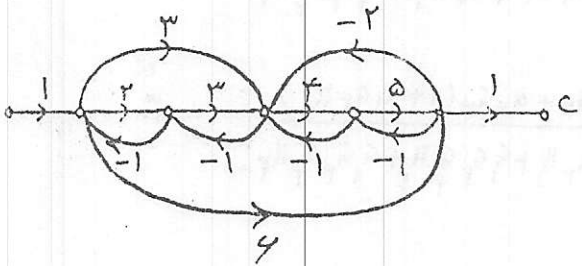
۱- ۱

۲- $\frac{1+G_4H_1}{1+G_3H_1+G_2G_3G_4G_5H_2+G_2G_6H_2}$

۳- $\frac{G_1G_2G_3G_4G_5+G_1G_2G_6}{1+G_3H_1+G_2G_3G_4G_5H_2+G_2G_6H_2+G_3H_1G_6H_2}$

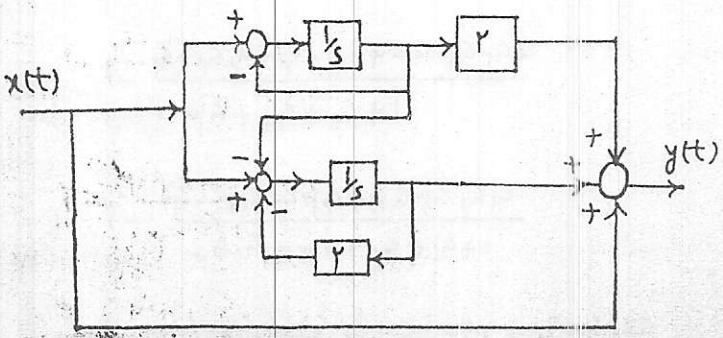
۴- $\frac{1+G_4H_1}{1+G_3H_1+G_2G_3G_4G_5H_2+G_2G_6H_2+G_4H_1G_2G_6H_2}$ ✓

۷- بهره کل سیگنال گذر جریان (SFG) نشان داده شده در شکل زیر چیست؟



۱- $\frac{19}{13}$ ۲- ۷ ۳- $\frac{133}{90}$ ۴- $\frac{229}{156}$

۸- معادله دیفرانسیل ارتباط دهنده ورودی $x(t)$ و خروجی $y(t)$ در سیستم کنترل شکل زیر کدام است؟



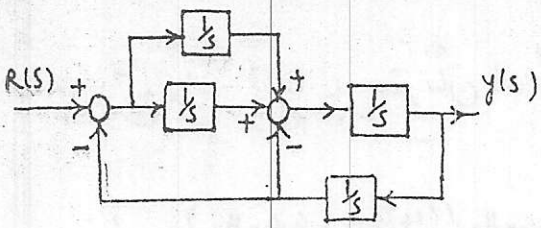
۱- $\ddot{y}+3\dot{y}+2y=\ddot{x}+4\dot{x}+4x$ ✓

۲- $3\ddot{y}+2\dot{y}+y=\ddot{x}+4\dot{x}+4x$

۳- $\ddot{y}+2\dot{y}+3y=\ddot{x}+4\dot{x}+7x$

۴- $\ddot{y}+3\dot{y}+2y=\ddot{x}+4\dot{x}+7x$

۹- در دیاگرام بلوکی زیر کدام یک از تراوع انتقال بیانگر $\frac{y(s)}{R(s)}$ است؟



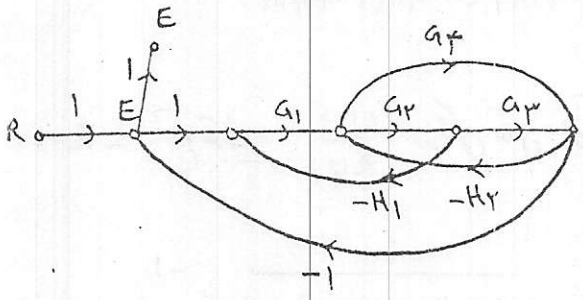
۱- $\frac{1}{s^3(s^2-1)+1}$

۲- $\frac{s}{s^3(s^3-1)+1}$

۳- $\frac{2s}{s^3+s}$

۴- $\frac{2s}{s^3+s+2}$ ✓

۱۰- در گراف گذر سیگنال زیر تابع تبدیل $\frac{E(s)}{R(s)}$ برابر است با:



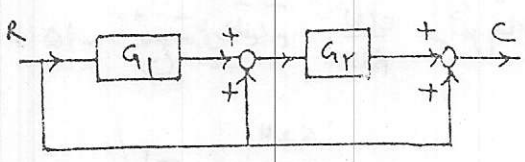
۱- $\frac{1+G_1G_4+G_1G_2G_3}{1+G_1G_2H_1+G_2G_3H_2+G_1G_2G_3+G_3H_2+G_1G_4}$

۲- $\frac{1}{1+G_1G_2H_1+G_2G_3H_2+G_1G_2G_3+G_3H_2+G_1G_4}$ ✓

۳- $\frac{1+G_1G_2H_1+G_2G_3H_2+G_4H_2}{1+G_1G_2H_1+G_2G_3H_2+G_1G_2G_3+G_3H_2+G_1G_4}$

۴- $\frac{1+G_1G_2H_1+G_4H_2}{1+G_1G_2H_1+G_2G_3H_2+G_1G_2G_3+G_3H_2+G_1G_4}$

۱۱- تابع تبدیل $\frac{C}{R}$ در سیستم نشان داده شده در شکل متابل چیست؟



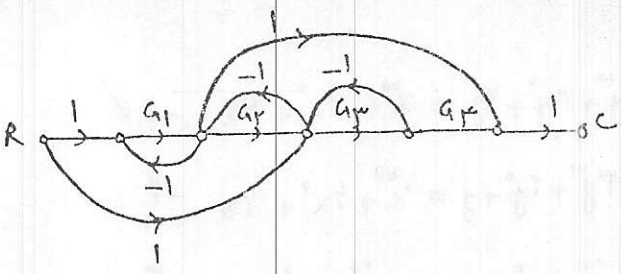
۱- $1+G_1G_2$

۲- $\frac{G_1G_2+G_2}{1-G_1G_2-G_2}$

۳- $\frac{G_1G_2}{1-G_1G_2}$

۴- $1+G_2+G_1G_2$ ✓

۱۲- تابع تبدیل بین R و C را برای گراف سیگنال زیر بدست آورید.



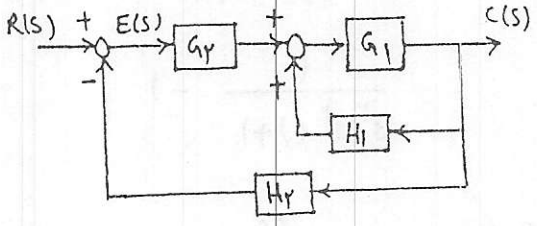
۱- $\frac{G_1G_2G_3G_4 + G_1G_3G_4 + G_3G_4 + G_1}{1 + G_1 + G_2 + G_3}$

۲- $\frac{G_1G_2G_3G_4 + G_3G_4G_1 + G_3G_4}{1 + G_1 + G_2 + G_3 + G_1G_3}$

۳✓- $\frac{G_1G_2G_3G_4 + G_1G_3G_4 + G_3G_4 + G_1}{1 + G_1 + G_2 + G_3 + G_1G_3}$

۴- $\frac{G_1G_2G_3G_4 + G_1G_3G_4 + G_1G_3 + G_1}{1 + G_1 + G_2 + G_3}$

۱۳- تابع تبدیل $\frac{E(s)}{R(s)}$ برای سیستم نشان داده شده در شکل تابل عبارت از:



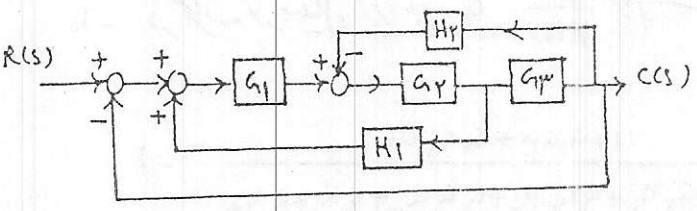
۱- $G_1G_2H_2 / (1 + G_1H_1 - G_1G_2H_2)$

۲- $G_1G_2 / (1 - G_1H_1 + G_1G_2H_2)$

۳- $G_1G_2H_2 / (1 - G_1H_1 + G_1G_2H_2)$

۴✓- $(1 - G_1H_1) / (1 - G_1H_1 + G_1G_2H_2)$

۱۴- تابع تبدیل $\frac{C(s)}{R(s)}$ در شکل تابل عبارت از:



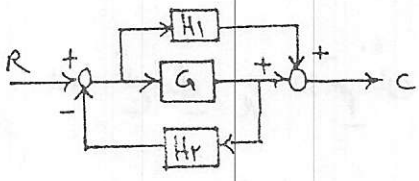
۱- $\frac{1}{1 - G_1G_2H_1 + G_1G_2G_3 + G_2G_3H_2}$

۲- $\frac{G_1G_2G_3}{1 - G_1G_2H_1 + G_2G_3H_2}$

۳✓- $\frac{G_1G_2G_3}{1 - G_1G_2H_1 + G_1G_2G_3 + G_2G_3H_2}$

۴- $\frac{1}{1 - G_1G_2H_1 + G_2G_3H_2}$

۱۵- تابع تبدیل طبقه $\frac{C(s)}{R(s)}$ در شکل تابل کدام است؟



۱✓- $\frac{G + H_1}{1 + GH_2}$

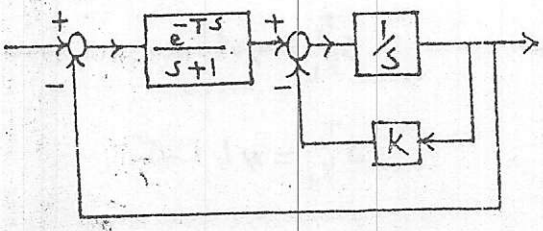
۲- $\frac{G}{1 + GH_1 + GH_2}$

۳- $\frac{GH_1}{1 + GH_2}$

۴- $\frac{GH_1}{1 + GH_1 + GH_2}$

"تحلیل حساسیت"

۱- سیستم زیر را در نظر بگیرید.



حساسیت سیستم حلقه بسته به تغییرات زمان تأخیر عبارتست از:

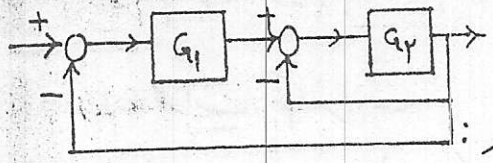
۱- $\frac{-Ts}{s+K}$

۲- $\frac{-Ts(s+K)}{1+(1+s)(s+K)}$

۳- ✓ $\frac{-sT(s+K)(s+1)}{e^{-Ts}+(1+s)(s+K)}$

۴- هیچکدام

۲- دیاگرام بلوکی سیستم زیر را در نظر بگیرید.



حساسیت سیستم حلقه بسته به تغییرات در پارامتر P در تابع تبدیل G_1 عبارتست از:

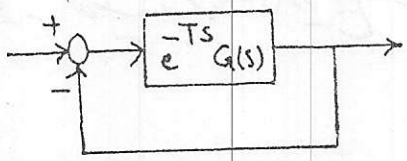
۱- ✓ $\frac{P}{G_1}\cdot\frac{\partial G_1}{\partial P}\cdot\frac{1+G_2}{1+G_2+G_1G_2}$

۲- $\frac{P}{G_1}\cdot\frac{\partial G_1}{\partial P}\cdot\frac{1+G_2}{1+G_1G_2}$

۳- $\frac{P}{G_1}\cdot\frac{\partial G_1}{\partial P}$

۴- $\frac{\partial G_1}{\partial P}\cdot\frac{1+G_2}{1+G_2+G_1}$

۳- حساسیت سیستم حلقه بسته زیر را به تغییرات در زمان تأخیر بدست آورید.



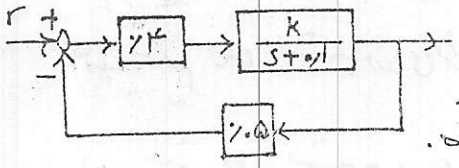
۱- $-Ts$

۲- $\frac{-sG(s)}{1+e^{-Ts}G(s)}$

۳- $\frac{Ts}{1+e^{-Ts}G(s)}$

۴- ✓ $\frac{-Ts}{1+e^{-Ts}G(s)}$

۴- در سیستم زیر اگر مقدار نامی پارامتر k برابر با ۵ باشد، کدامیک از گزاره‌های زیر صحیح خواهد بود؟



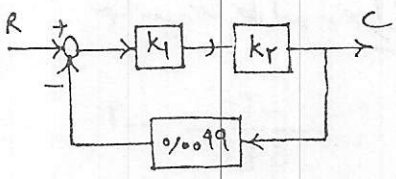
۱- پاسخ فرکانسی این سیستم نسبت به پارامتر k حساس نیست.

۲- کمترین مقدار حساسیت تابع تبدیل فرکانسی سیستم نسبت به k برابر صفر و بیشترین آن ۵ است.

۳- کمترین مقدار حساسیت تابع تبدیل فرکانسی سیستم نسبت به k برابر ۱ و بیشترین آن ۲ است.

۴- ✓ کمترین مقدار حساسیت تابع تبدیل فرکانسی سیستم نسبت به k برابر ۰/۵ و بیشترین آن ۱ است.

۵- سیستم $T_1 = \frac{c}{R}$ را که در آن $k_1 = k_2 = 100$ است، در نظر بگیرید. در مورد حساسیت T_1 نسبت به k_1 کدام گزینه صحیح است؟



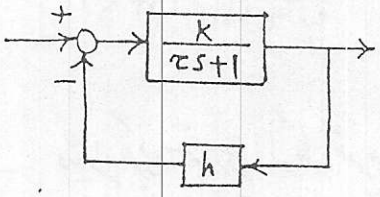
۱- $S_{k_1}^{T_1} = 0/09$

۲- $S_{k_1}^{T_1} = 0/01$ ✓

۳- $S_{k_1}^{T_1} = 0/1$

۴- $S_{k_1}^{T_1} = 0/9$

۶- سیستم زیر را در نظر بگیرید.



کدام عبارت در رابطه با حساسیت حلقه بسته نسبت به تغییرات τ درست است؟

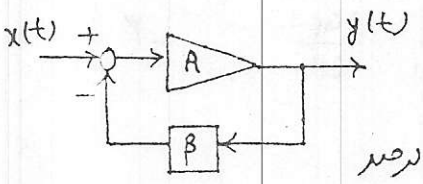
۱- حساسیت سیستم صفر است

۲- حساسیت سیستم یک است

۳- حساسیت سیستم در فرکانس‌های پایین صفر و در فرکانس‌های بالا ۱- است.

۴- حساسیت سیستم در فرکانس‌های پایین و بالا یکی است ✓

۷- دیاگرام بلوکی یک تقویت کننده غیر یک تک حلقه‌ای در شکل زیر آمده است. با فرض $\beta = 0/09$ ، $A = 1000$ ، یک تغییر ۱۰ درصدی در بهره A تقریباً با چه تغییری در بهره حلقه بسته T ظاهر می‌شود؟



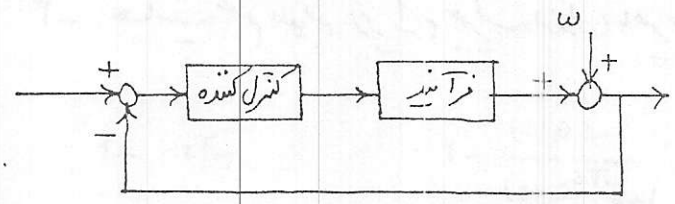
۱- ۱ درصد

۲- ۱۰ درصد

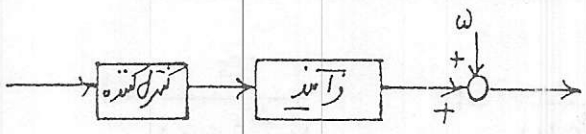
۳- ۱/۰ درصد

۴- ۰/۰۱ درصد

۸- کدامیک از بلوک‌های زیر صحیح است؟



(a)



(b)

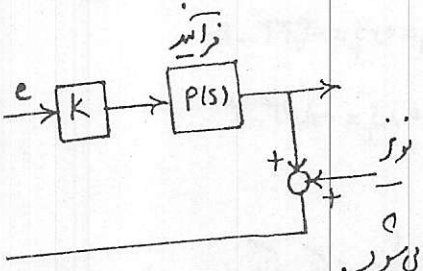
۱- سیستم (a) نسبت به دوری فرامم ω و تغیرات پارامترهای فرآیند حساسیت کمتری از سیستم (b) خواهد بود. ✓

۲- سیستم (b) نسبت به دوری فرامم ω و تغیرات پارامترهای فرآیند حساسیت کمتری از سیستم (a) خواهد بود.

۳- سیستم (a) نسبت به دوری فرامم ω و سیستم (b) نسبت به تغیر پارامترهای فرآیند حساسیت کمتری دارند.

۴- سیستم (b) نسبت به دوری فرامم ω و سیستم (a) نسبت به تغیر پارامترهای فرآیند حساسیت کمتری دارند.

۹- در سیستم حلقه بسته شکل زیر اگر دامنه $P(s)$ بالا باشد با ازای مقادیر بزرگ k کدام یک از گزاره‌های زیر صحیح خواهد بود؟



۱- در صورت پایداری سیستم حلقه بسته، خطای دائمی سیستم افزایش می‌یابد.

۲- از پایداری سیستم حلقه بسته کاسته می‌شود.

۳- در صورت پایداری سیستم حلقه بسته، حساسیت این سیستم به نویز اندازه‌گیری کم می‌شود.

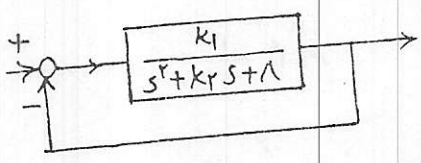
۴- در صورت پایداری سیستم حلقه بسته، حساسیت این سیستم به تغییر پارامترهای $P(s)$ بیشتر می‌شود.

« تحلیل پاسخ گذرا »

سیستم‌های مرتبه اول و دوم

۱- سیستم کنترل زیر مفروض است.

مقادیر k_1 و k_2 را چنان بیابید که $e_{ss}=0$ و $t_s = 2\ sec$ (با ۲٪ تلرانس).



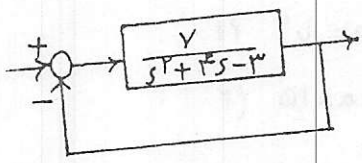
۱- $k_2=6\ ,\ k_1=10$

۲- $k_2=6\ ,\ k_1=12$

۳- $k_2=4\ ,\ k_1=10$

۴- $k_2=3\ ,\ k_1=12$ ✓

۲- سیستم زیر مفروض است. این سیستم:



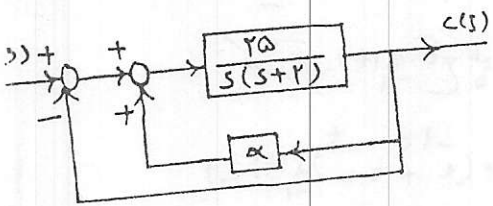
۱- ✓ ناپایدار است

۲- فوق میرا است

۳- زیر میرا است

۴- ناپایدار است

۳- در سیستم کنترل مدار بسته شکل زیر مقدار α چقدر باشد تا قطبهای سیستم مدار بسته دارای نسبت میرایی $\zeta=0.6$ باشند؟



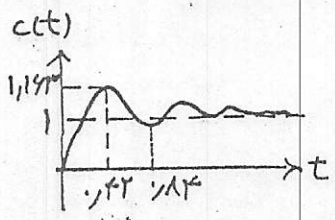
۱- ✓ $\alpha=0.88$

۲- $\alpha=0.12$

۳- $\alpha=0.16$

۴- $\alpha=0.25$

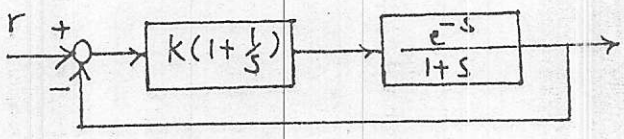
۴- در صورتیکه پاسخ پله واحد یک سیستم حلقه بسته درجه دو با مشخصات زیر باشد محل قطبهای تابع تبدیل حلقه باز این سیستم عبارتست از



۱- $s_1=0, s_2=-4/32$ ۲- $s_{1,2}=-4/42\pm j1/58$

۳- $s_1=0, s_2=-8/64$ ۴- $s_1=-4/32, s_2=8/44$

۵- برای آنکه ماکزیمم جهش به دوردی پله ۵٪ باشد بهره k در سیستم حلقه بسته زیر باید تقریباً چه مقدار انتخاب شود؟



۱- ۰/۳۷ ۲- ۰/۷۲

۳- ۰/۵ ۴- ۲/۲

۶- معادله مشخصه سیستم کنترلی با فیدبک واحد به قرار زیر داده شده است:

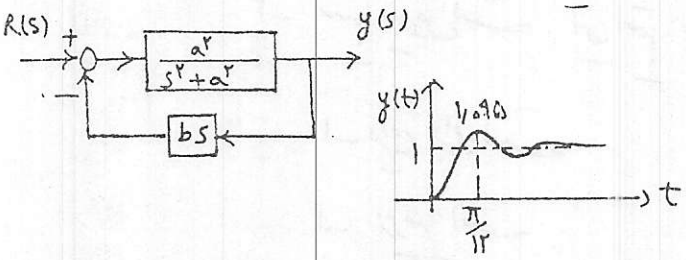
$$s^2(1+k)+s(2+4k)+2=0$$

کدامیک از گزینه‌های زیر زمان نشست (t_s) سیستم را بازای $k=1$ بهتر نشان می‌دهد.

$$(t_s=\frac{4}{\zeta\omega_n})$$

۱- ۴ ثانیه ۲- ۰/۸ ثانیه ۳- ۳/۲۳ ثانیه ۴- ۲ ثانیه

۷- دیاگرام بلوکی دو پاسخ پله واحد یک سیستم کنترل در شکل زیر آمده است. پارامترهای سیستم عبارتند از:



۱) $a=1/4$, $b=0/1$

۲) $a=15$, $b=0/08$

۳) $a=0/08$, $b=7/27$

۴) $a=0/1$, $b=15$

۸- پاسخ سیستم به دوردی پله واحد با شرایط اولیه صفر برابر است با: $(\frac{3}{2}-\frac{1}{2}e^{-2t}-te^{-t}-e^{-t})u_{-1}(t)$

که در آن $u_{-1}(t)$ تابع پله واحد است. پاسخ ضربه سیستم برابر است با:

۱- $\delta(t)+(e^{-2t}+te^{-t})u_{-1}(t)$ ۲- $(e^{-2t}-te^{-t})u_{-1}(t)$

۳- $(e^{-2t}+te^{-t})u_{-1}(t)$ ۴- $\frac{2}{3}\delta(t)+(e^{-2t}+te^{-t})u_{-1}(t)$

۹- پاسخ پله واحد سیستم زیر برابر است با: $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{3(s+2)}{(s+4)(s+1)^2}$

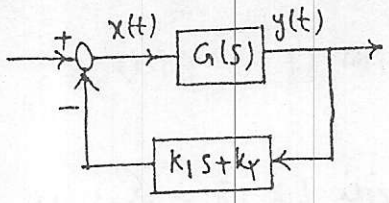
۱- $c(t) = \frac{3}{2} + \frac{1}{6}e^{-4t} - te^{-t} - \frac{5}{3}e^{-t}$

۲- $c(t) = \frac{3}{2} + \frac{1}{5}e^{-4t} - \frac{t}{2}e^{-t} - \frac{5}{3}e^{-t}$

۳- $c(t) = \frac{1}{4}e^{-4t} - te^{-t} - \frac{5}{3}e^{-t}$

۴- $c(t) = \frac{3}{2} - \frac{1}{4}e^{-4t} - te^{-t} - \frac{5}{3}e^{-t}$

۱۰- در شکل زیر معادله دینامیکی سیستم حلقه باز $G(s)$ به صورت $y''(t) - 3y'(t) + 2y(t) = x(t)$ می‌باشد. ضرایب k_2, k_1 چه مقداری باشند تا قطب‌های تابع تبدیل حلقه بسته در نقاط $s_1 = -1$ و $s_2 = -3$ قرار گیرند.



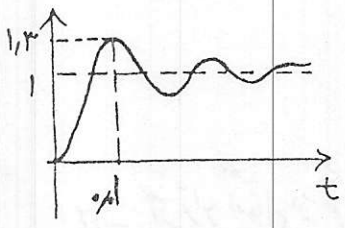
۱- $k_2 = 1$, $k_1 = 7$

۲- $k_2 = 3$, $k_1 = 5$

۳- $k_2 = 5$, $k_1 = 14$

۴- $k_2 = 3$, $k_1 = 13$

۱۱- پاسخ پله واحد سیستم مرتبه دومی در شکل زیر داده شده است. تابع تبدیل حلقه بسته این سیستم کدام است؟



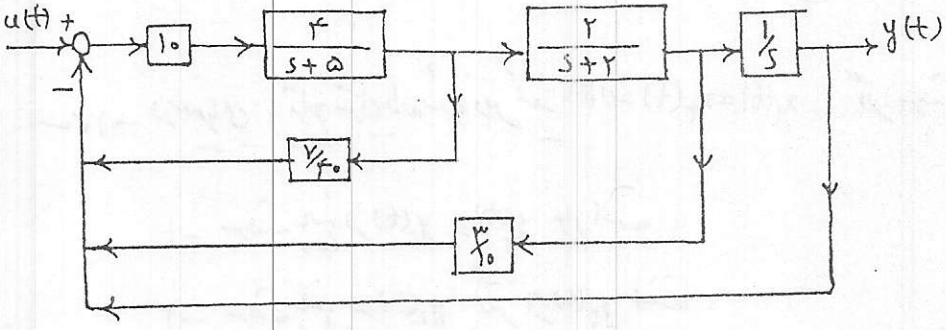
۱- $\frac{240}{s^2 + 136s + 240}$

۲- $\frac{(240)^2}{s^2 + 136s + (240)^2}$

۳- $\frac{336}{s^2 + 240s + 336}$

۴- $\frac{(336)^2}{s^2 + 240s + (336)^2}$

۱۲- پاسخ پله سیستم داده شده در شکل زیر کدام است؟



۱- $1 - \frac{1}{17}e^{-10t} + 1,72e^{-2t}\sin(2t + 30,9^\circ)$

۲- $1 - \frac{2}{17}e^{-10t} - 1,72e^{-2t}\sin(2t + 30,9^\circ)$

۳- $1 + \frac{1}{17}e^{-10t} + 1,72e^{-2t}\sin(2t + 30,9^\circ)$

۴- $1 + \frac{2}{17}e^{-10t} - 1,72e^{-2t}\sin(2t + 30,9^\circ)$

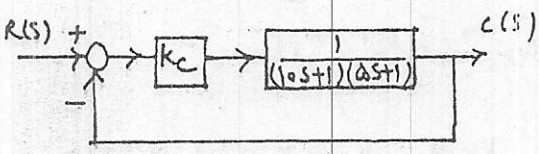
۱۳- تابع تبدیل حلقه باز سیستمی با فیدبک واحد عبارت است از: $G(s)=\frac{10}{s(s+1)(s+10)}$

این سیستم با کدام تابع تبدیل حلقه باز داده شده برای مقاصد کنترلی قابل ترجیح است؟

۱- $\hat{G}(s)=\frac{1}{s(s+10)}$ ۲- $\hat{G}(s)=\frac{10}{s(s+1)}$

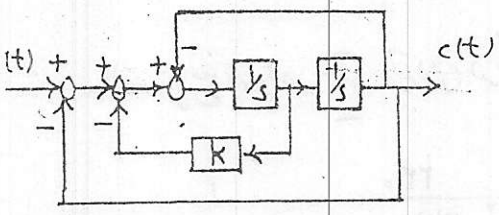
۳- $\hat{G}(s)=\frac{10}{s(s+10)}$ ۴- $\hat{G}(s)=\frac{1}{s(s+1)}$

۱۴- در سیستم کنترل زیر مقدار k_c در حالت مرزی برابر است با:



۱) ۴٫۲ ۲) ۱٫۲۵ ۳) ۰٫۱۲۵ ۴) ۰٫۴۲

۱۵- در شکل زیر مقدار k را چنان بیابید که نسبت میرایی قطبهای حلقه بسته برابر ۰٫۷۰۷ شود.



۱) $k=1$ ۲) $k=2$ ۳) $k=\sqrt{2}$ ۴) $k=2\sqrt{2}$

۱۶- اگر توابع انتقال دو سیستم کنترل به صورت $G_1(s)=\frac{10}{3s^2+4s+5}$ ، $G_2(s)=\frac{12}{3s^2+3s+6}$ باشد، کدام سیستم نسبت به دومی بلم زمان حرکت (riseTime) کمتری دارد؟

۱) G_1 ۲) G_2 ۳) زمان ضربه دو سیستم مساوی است ۴) اطلاعات مسأله کافی نیست.

۱۷- در سیستمهای با توابع تبدیل داده شده فرض کنید $x_1(t)=x_2(t)=U(t)$. اگر سرعت پاسخ گذرا متناسب با $\frac{1}{\zeta\omega_n}$ باشد:

$Y_1(s)=\frac{1}{s^2+1.2s+1}X_1(s)$

$Y_2(s)=\frac{1}{4s^2+2.4s+1}X_2(s)$

۱- سرعت پاسخ در $y_1(t)$ و $y_2(t)$ برابر است.

۲- سرعت پاسخ در $y_1(t)$ بیشتر از $y_2(t)$ است.

۳- سرعت پاسخ در $y_2(t)$ بیشتر از $y_1(t)$ است.

۴- اطلاعات مسأله برای این مقایسه کافی نیست.

۱۸- یک سیستم مرتبه دوم دارای قطب $-x \pm jy$ است. فرکانس طبیعی و نسبت میرایی پله واحد سیستم عبارتند از:

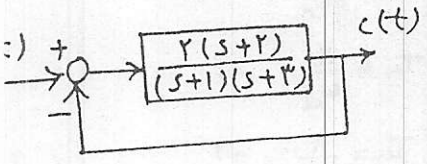
۱- $\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}$ ، $\sqrt{x^2+y^2}$

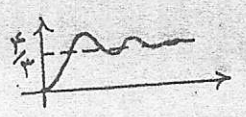
۲- $\frac{x}{x^2+y^2}$ ، $\sqrt{x^2+y^2}$

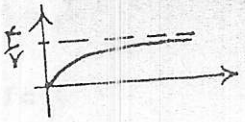
۳- $\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}$ ، x^2+y^2

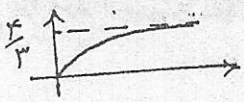
۴- x ، $\sqrt{x^2+y^2}$

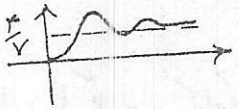
۱۹- کدامیک از پاسخهای زیر نمایش تقریبی عکس العمل سیستم نسبت به ورودی پله واحد است؟



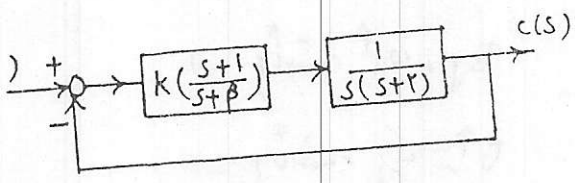
۱- 

۲- 

۳- 

۴- 

۲۰- در سیستم نشان داده شده در شکل زیر تقادیر k و β را چنان بیابید که قطبهای غالب حلقه بسته در $-2 \pm j2$ قرار گیرند.



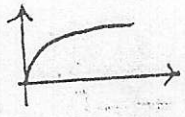
۱- $k = 5,33$ ، $\beta = 6,66$

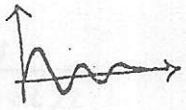
۲- $k = 0,187$ ، $\beta = 2,66$

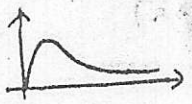
۳- $k = 0,187$ ، $\beta = 5,33$

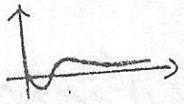
۴- $k = 5,33$ ، $\beta = 1,33$

۲۱- کدام گزینه می تواند معرف پاسخ ضربه واحد یک سیستم مرتبه دوم از نوع میرای مثبت باشد؟

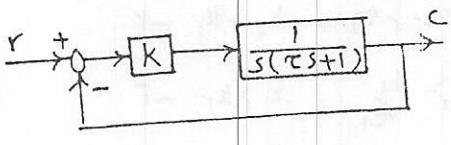
۱- 

۲- 

۳- 

۴- 

۲۲- در سیستم زیر بازای کدام تقادیر k و τ پاسخ $c(t)$ به ورودی ضربه واحد برابر با $\frac{5}{2}e^{-t}\sin 2t$ می شود؟



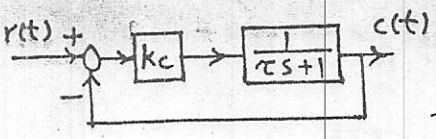
۱- $\tau = 0,5$ ، $k = 2,5$

۲- $\tau = 2$ ، $k = 2,5$

۳- $\tau = 0,5$ ، $k = 5$

۴- $\tau = 2$ ، $k = 5$

۲۳- در سیستم مقابل با فرض $k_c > 0$ داریم:



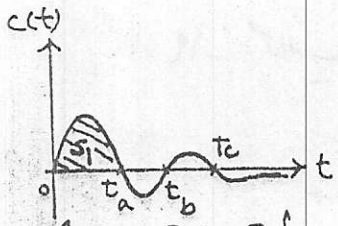
۱- ثابت زمانی سیستم حلقه‌بسته و حلقه‌باز برابر است

۲- سیستم حلقه‌باز سره‌تر است

۳- سیستم حلقه‌بسته سره‌تر است.

۴- سیستم حلقه‌بسته با زیاد شدن k_c ناپایدار می‌شود.

۲۴- شکل زیر پاسخ پله واحد یک سیستم درجه دوم را نشان می‌دهد. مقادیر t_a و s_1 مطرح چه کمیتهایی هستند؟



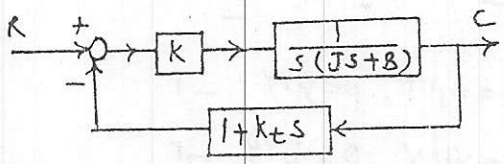
۱- $s_1 = MP$ ، $t_a = \frac{4}{\zeta\omega_n}$

۲- $s_1 = MP$ ، $t_a = \frac{\pi}{\omega_d}$

۳- $s_1 = 1 + MP$ ، $t_a = \frac{\pi}{\omega_d}$

۴- سیستم درجه دوم از نوع میرای شدید است، t_a ثابت زمانی آن می‌باشد.

۲۵- سیستم نشان داده شده در شکل زیر را در نظر بگیرید. کدامیک از گزینه‌ها تغییرات صحیح پارامترهای سیستم را نسبت به حالت $k_t = 0$ نشان می‌دهند؟



۱- ζ ثابت، $\omega_n \uparrow$ ، $T_s \downarrow$

۲- ζ ثابت، $\omega_n \downarrow$ ، $T_s \uparrow$

۳- $\zeta \uparrow$ ، ω_n ثابت، $s\%0 \downarrow$

۴- $\zeta \uparrow$ ، $\omega_n \uparrow$ ، $T_s \downarrow$

۲۶- تابع تبدیل حلقه‌بسته یک سیستم کنترل با فیدبک واحد به صورت $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{ks+b}{s^2+as+b}$ می‌باشد. تابع تبدیل حلقه‌باز این سیستم کدام است؟

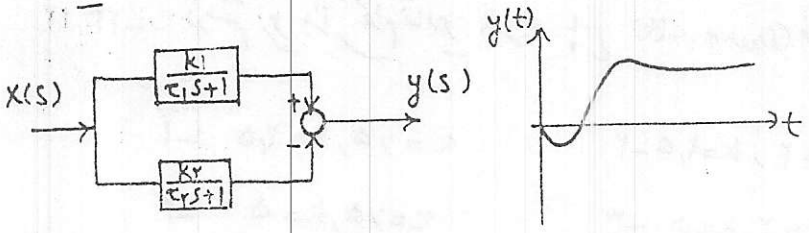
۱- $\frac{ks+b}{s(s+a-k)}$

۲- $\frac{b}{s(s+a-k)}$

۳- $\frac{ks+b}{s(s-a+k)}$

۴- $\frac{b}{s(s-a+k)}$

۲۷- دیاگرام بلوکی یک سیستم و منحنی پاسخ آن به ورودی پله واحد در شکل زیر آمده است. کدامیک از روابط زیر در مورد پارامترهای سیستم صادق است



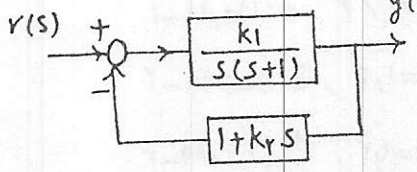
۱- $\tau_2 > \tau_1$ ، $k_2 > k_1$

۲- $\tau_2 > \tau_1$ ، $k_1 > k_2$

۳- $k_1 > k_2$ ، $\frac{k_2}{\tau_2} < \frac{k_1}{\tau_1}$

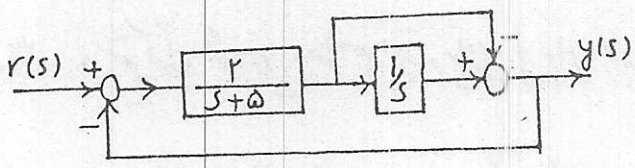
۴- $k_2 > k_1$ ، $\frac{k_2}{\tau_2} < \frac{k_1}{\tau_1}$

۲۸- بازای چه مقدار از k_2 در سیستم نشان داده شده در شکل زیر، حداکثر جهش در پاسخ پله ۲۰ از ۲۰ در پاسخ در یک ثانیه به اولین جهش خود می‌رسد



۱- ۱۲,۵ ۲- ۰,۲ ۳- ۱,۲ ۴- ۰,۱۷۸

۲۹- مشتق پاسخ پله سیستم زیر در زمان $t=0$ کدام است ؟



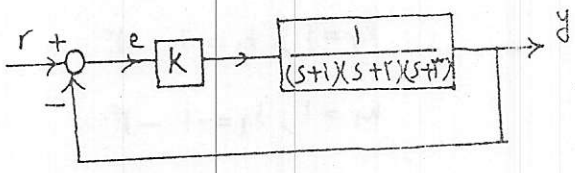
۱- ۲ ۲- ۱
۳- ۱ ۴- صفر

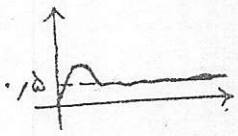
۳۰- هنگامیکه مقدار استهلاک (ζ) یک سیستم مرتبه ۲ کاهش می‌یابد چه تغییری در پاسخ آن سیستم به ورودی پله‌ای حاصل می‌گردد ؟

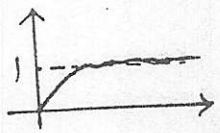
مقدار حداکثر جهش ..... می‌یابد و پاسخ سیستم ..... می‌شود .

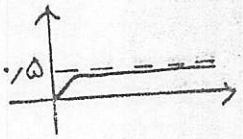
۱- افزایش ، سریعتر ۲- افزایش ، کندتر ۳- کاهش ، سریعتر ۴- کاهش ، کندتر

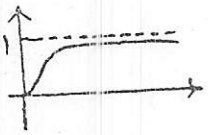
۳۱- در سیستم حداقل فاز مقابل بازای $k=6$ ، سیستم دارای کدامیک از پاسخهای زمانی زیر برای ورودی پله‌ای واحد ۲ است ؟



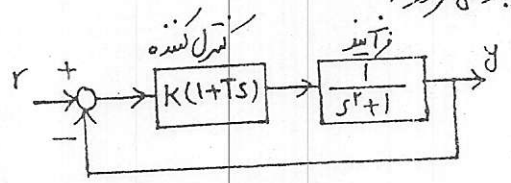
۱)


۲)


۳)


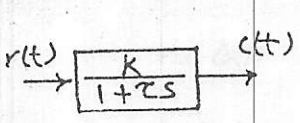
۴)


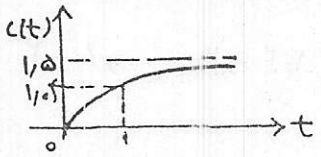
۳۲- در سیستم زیر بازای کدامیک از مقادیر k و T، قطبهای با $\zeta=\frac{\sqrt{2}}{2}$ و $\omega_n=2$ ایجاد می‌گردد ؟

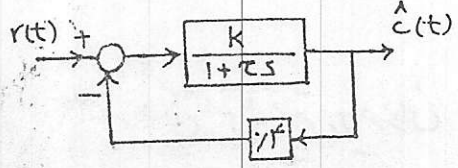


۱) $T=\frac{\sqrt{2}}{3}$ ، $k=3$
۲) $T=\frac{2\sqrt{2}}{3}$ ، $k=3$
۳) $T=\frac{2\sqrt{2}}{3}$ ، $k=1$
۴) $T=\frac{\sqrt{2}}{3}$ ، $k=1$

۳۳- با توجه به پاسخ $c(t)$ به ورودی پله واحد برای سیستم حلقه باز شکل زیر، کدام گزینه پاسخ پله صحیح سیستم حلقه بسته را نشان می‌دهد؟







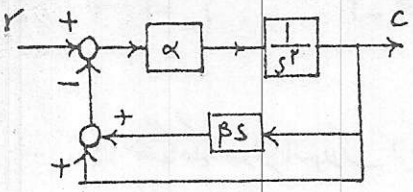
۱- $\hat{c}(1)=$٪۵۸ ، $\hat{c}_{ss}(t)=$٪۶

۲- $\hat{c}(1)=$٪۵۸ ، $\hat{c}_{ss}(t)=۱٫۲$

۳- $\hat{c}(1)=$٪۸۵ ، $\hat{c}_{ss}(t)=۱٫۲$

۴- $\hat{c}(1)=$٪۸۵ ، $\hat{c}_{ss}(t)=$٪۹۴

۳۴- در سیستم کنترل شکل زیر می‌خواهیم نسبت میرایی ζ برابر ۰٫۶ و فرکانس نوسانات طبیعی (ω_n) برابر ۲ باشد، مقادیر α و β برابر کدام است؟



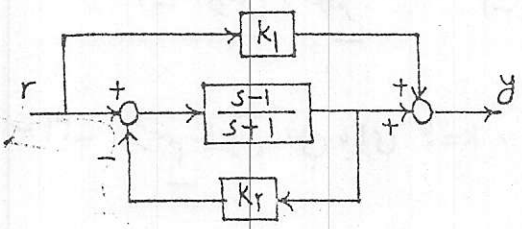
۱- $\beta=6$ ، $\alpha=4$

۲- $\beta=6$ ، $\alpha=$٪۴

۳- $\beta=$٪۶ ، $\alpha=$٪۴

۴- $\beta=$٪۶ ، $\alpha=4$

۳۵- بازای چه مقادیری از k_1 و k_2، صفر سیستم حلقه بسته زیر در $s=-1$ قرار خواهد گرفت؟



۱- $k_1=1$ ، $k_2=0$

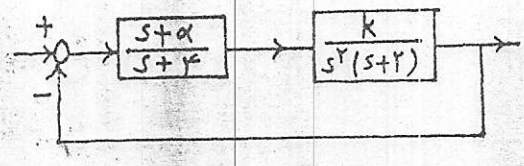
۲- $k_1=-1$ ، $k_2=0$

۳- $k_1=1$ ، $k_2=1$

۴- $k_1=-1$ ، $k_2=1$

«پایداری»

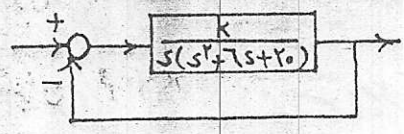
۱- در سیستم مداربسته شکل زیر اگر مقدار k را برابر ۱۲ بگیریم ولی α را به عنوان متغیر در نظر بگیریم، بازای چه مقادیری از α این سیستم پایدار خواهد بود؟



۱- $0<\alpha<1$ ۲- $0<\alpha<12$

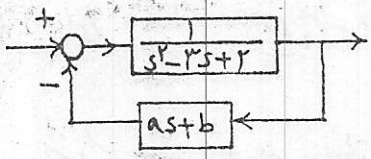
۳- $12<\alpha<12$ ۴- $0<\alpha<72$

۲- در سیستم کنترل مداربسته شکل زیر برای آنکه تمام مقطعهای طقه بسته در سمت چپ خط $\sigma=-1$ قرار گیرند حداکثر مقدار k چیست؟



۱- ۴۸ ۲- ۱۵ ۳- ۱۲۰ ۴- ۲۸۸

۳- سیستم فیدبک زیر را در نظر بگیرید. به ازای چه مقادیری از a و b سیستم نوسانی خواهد بود؟



۱- $b=2$, $a=1$ ۲- $b=6$, $a=5$

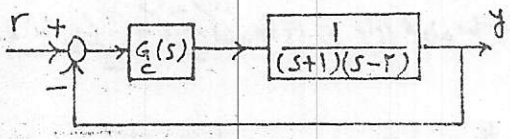
۳- $b>-2$, $a=3$ ۴- $a=3$ ، هر مقدار $b>0$

۴- تابع تبدیل حلقه باز یک سیستم با فیدبک منفی واحد عبارتست از: $G(s)=\frac{k(2+sT_1)}{s^2(1+sT_2)}$ $(T_1T_2>0\ ,\ k>0)$

۱- سیستم حلقه بسته همواره پایدار است ۲- سیستم حلقه بسته همواره ناپایدار است

۳- سیستم حلقه بسته بازای $T_1>2T_2$ پایدار است ۴- پایداری سیستم حلقه بسته به مقدار k بستگی دارد.

۵- سیستم حلقه بسته زیر را در نظر بگیرید. برای پایدارسازی این سیستم کنترل کننده مناسبی پیشنهاد کنید.



۱- $k\frac{s-2}{s+3}$, $k>0$

۲- k (برای تمام مقادیر k)

۳- $k(s+a)$, $ka>2$, $k>1$

۴- $k\frac{s+3}{s+2}$ (برای تمام مقادیر k)

۶ـ معادله حلقه‌ی بسته‌ی یک آونگ به صورت $\ddot{\theta}+\omega_0^2\theta=u$ می‌باشد. اجبارکننده $\frac{s+\alpha}{s+\beta}$ برای پایدارسازی آونگ در سر پندیک استفاده می‌شود. سیستم حلقه بسته به ازای کدام مقادیر α و β پایدار است؟

۱ـ $\beta>0,\ 0<\alpha<\beta$ ۲ـ $\beta>0,\alpha>0$ ۳ـ $\beta<0,-\beta\omega_0^2<\alpha<\beta$ ۴ـ $\beta>0,-\beta\omega_0^2<\alpha<\beta$

۷ـ معادله مشخصه سیستمی به صورت $\Delta(s)=s^2+(\alpha+\beta)s+\alpha\beta+k=0$ است که در آن $\alpha>0,\beta>0,\alpha\neq\beta$.
محدوده k را برای سیستم پایدار به دست آورده و k را چنان بیابید که ضریب ζ برابر ۰/۷۰۷ باشد.

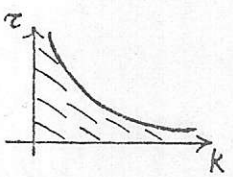
۱ـ برای $k>-\alpha\beta$ سیستم پایدار است و بازای $k=\frac{(\alpha+\beta)^2}{2}$ نسبت میرائی مطلوب به دست می‌آید.

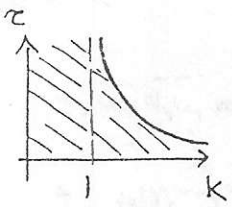
۲ـ برای $0<k<\alpha\beta$ سیستم پایدار و بازای $k=\frac{\alpha^2+\beta^2}{2}$ نسبت میرائی مطلوب به دست می‌آید.

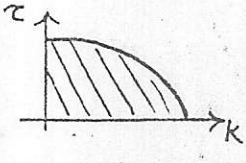
۳ـ برای $0<k<\infty$ سیستم پایدار و به ازای $k=\alpha\beta$ نسبت میرائی مطلوب به دست می‌آید.

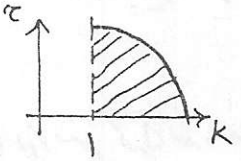
۴ـ برای $0<k<\infty$ سیستم پایدار و برای $k=\frac{\alpha^2+\beta^2}{2}$ نسبت میرائی مطلوب به دست می‌آید.

۸ـ در کدامیک از شکلهای زیر، منطقه‌ی هاشور خورده نشان دهنده‌ی پایداری سیستمی با معادله مشخصه $2\tau s^3+(\tau+2)s^2+2s+k=0$ بازای پارامترهای k و τ است؟

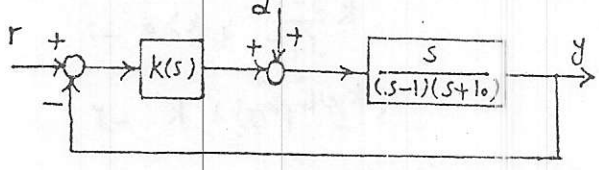
۱ـ 

۲ـ 

۳ـ 

۴ـ 

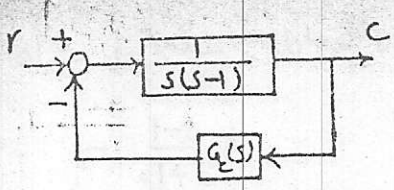
۹ـ کدامیک از کنترل کننده‌های زیر برای محدوده مناسب بهره k می‌تواند سیستم حلقه بسته زیر را از نظر صفری به صورت مجانبی پایدار کند؟



۱ـ $\frac{k(s-1)}{s+1}$ ۲ـ $\frac{k}{s+1}$

۳ـ $\frac{k}{s}$ ۴ـ $\frac{k}{s-1}$

۱۰- سیستم کنترل زیر را در نظر بگیرید.

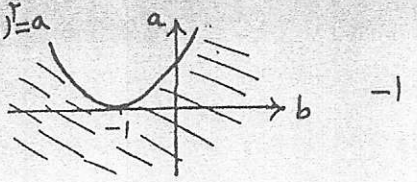


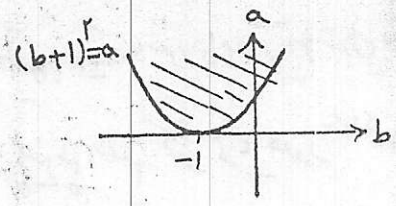
کنترل کننده $G_c(s)$ که سیستم حلقه بسته را پایدار کرده و قطبهای حلقه بسته را در $\{-1, -1\}$ قرار دهد عبارتست از:

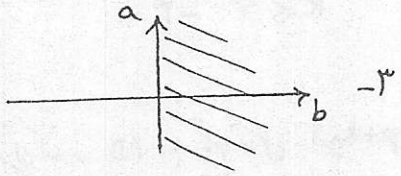
۱) $G_c(s)=2+\frac{4}{s}$ ۲) $G_c(s)=2s$ ۳) $G_c(s)=4$ ۴) $G_c(s)=2+4s$

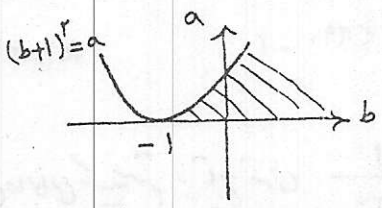
۱۱- تابع تبدیل حلقه باز سیستم حلقه بسته ای عبارتست از: $G(s)=\frac{s+a}{s(s+b)(s+1)}$ که در آن مقادیر a و b نامعلوم می باشند.

محدوده پایداری سیستم حلقه بسته برحسب تغییرات a و b در کدام شکل زیر رسم شده است؟

۱-


۲-


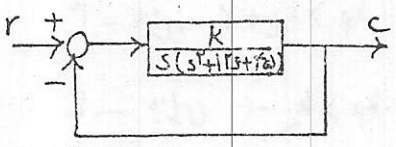
۳-


۴-


۱۲- تابع تبدیل حلقه باز یک سیستم کنترل حلقه بسته عبارتست از: $G(s)=\frac{k(s+1)^2}{s(s^2+1)(s+4)}$ $(H(s)=1)$. بازای چه مقادیری از k سیستم حلقه بسته پایدار است؟

۱- $1\leq k\leq 2$ ۲- $k>2$ ۳- $k\leq 1$ ۴- $k\leq 2$

۱۳- می خواهیم زمان نشست (Settling Time) سیستم نشان داده شده در زیر به ورودی پله واحد با تقریب ۲٪ کمتر از یک ثانیه شود. کدام شرط را روی k قرار می دهید.



۱- $k>52$ ۲- $0<k<52$

۳- $50<K<54$ ۴- زمان خواسته شده به هر حال از یک ثانیه بیشتر است.

۱۴- تابع تبدیل حلقه باز سیستمی با فیدبک واحد به صورت $G(s)=\frac{as+2}{s^2(s^2+3s+3)}$ می باشد، کدام گزینه درست است؟

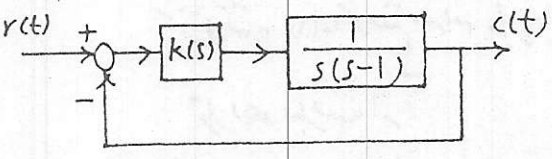
۱- سیستم حلقه بسته برای $6<a<9$ پایدار و برای $a=6$ ناپایدار است.

۲- سیستم حلقه بسته برای $a<6$ پایدار و برای $a=6$ ناپایدار است.

۳- سیستم حلقه بسته برای $3<a<6$ پایدار و برای $a=3$ ناپایدار است.

۴- سیستم حلقه بسته برای $a<3$ و $a>6$ پایدار است و برای $a=3$ یا $a=6$ ناپایدار است.

۱۵- برای کدامیک از کنترل کننده های زیر بهره k ای وجود دارد که سیستم حلقه بسته را پایدار می کند.



۱- $k\frac{s-1}{s+10}$ ۲- $k\frac{s+10}{s+1}$

۳- $k\frac{s+10}{s+2}$ ۴- $k\frac{s+1}{s+10}$

۱۶- معادله مشخصه سیستمی به صورت $s^4+ks^3+s^2+s+1=0$ توصیف می شود. گستره تغییرات k برای پایداری سیستم کدام است؟

۱- $k>0$ ۲- $k>1$ ۳- $1<k<2.72$ ۴- این سیستم با تغییر هیچ مقدار k پایدار نمی شود.

۱۷- در سیستمی با تحریک پله واحد و تابع تبدیل حلقه باز $G(s)=\frac{k}{s^3+9s^2+26s+24}$ بازای چه مقدار k ($k>0$) زمان نشست (T_s) در پاسخ پله سیستم کمتر و یا حدود 2^{sec} است.

۱- $k\geq 6$ ۲- $k<990$ ۳- $k\leq 210$ ۴- $k\leq 6$

۱۸- تابع تبدیل حلقه بسته یک سیستم $\frac{X(s)}{V(s)}=\frac{1}{s^2+2s}$ توسط یک کنترل کننده PD با تابع تبدیل $\frac{V(s)}{E(s)}=k_p+k_D s$ کنترل می گردد. در صورتیکه ورودی سیستم یک تابع شیب واحد بوده و تابع جابجایی سیستم توسط یک سنسور با تابع تبدیل $\frac{1}{s+1}$ اندازه گیری شود، سیستم:

۱- همواره پایدار بوده و خطای حالت ماندگار صفر است.

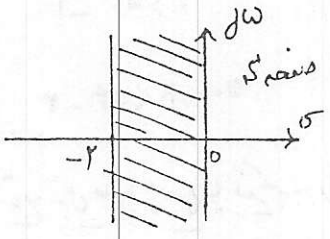
۲- بازای $k_p-3k_D<6$ پایدار و خطای حالت ماندگار $\frac{2}{k_p}$ است.

۳- بازای $k_p>k_D+6$ پایدار و خطای حالت ماندگار $\frac{2}{k_p}$ است.

۴- بازای $k_p>k_D-1$ پایدار و خطای حالت ماندگار $\frac{k_p}{2}$ است.

۱۹- معادله مشخصه سیستمی عبارتست از: $s^3+5s^2+11s+15=0$

ناحیه مشخص شده در شکل مقابل را در نظر بگیرید.



آنی معادله مشخصه:

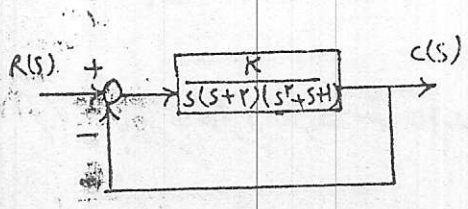
۱- یک ریشه در ناحیه هاشور زده شده دارد ۲- دو ریشه در ناحیه هاشور زده شده دارد

۳- سه ریشه در ناحیه هاشور زده شده دارد ۴- ریشه ای در ناحیه هاشور زده شده ندارد

۲۰- زیگلر و نیکولز (Zeigler, Nichols) مقدار بهینه بهره کنترل کننده های تناسبی (P) را معادل ۵۰ درصد مقدار بهره نهایی (Ultimate Gain) پیشنهاد می کنند. مقدار بهینه یک کنترل کننده تناسبی برای اساس برای سیستمی با تابع تبدیل حلقه $GH=k_c(s^3+s^2+2s)$ برابر است با:

۱- $k_c=1$ ۲- $k_c=2$ ۳- $k_c=0.25$ ۴- $k_c=0.5$

۲۱- سیستم کنترل شکل مقابل را در نظر بگیرید.



۱- بازای تمام مقادیر K سیستم پایدار است.

۲- بازای $K>\frac{14}{9}$ سیستم ناپایدار است.

۳- بازای $0<K\leq\frac{14}{9}$ سیستم پایدار است.

۴- بازای $0<K<\frac{14}{9}$ سیستم پایدار و بازای $K=\frac{14}{9}$ ناپایدار است.

۲۲- در یک سیستم که معادله دینامیکی آن به صورت $\frac{d^3y}{dt^3}+2\frac{d^2y}{dt^2}+3\frac{dy}{dt}+ky=5r$ بیان شده است ماکزیمم مقدار k که پیش از آن سیستم ناپایدار خواهد شد چیست؟

۱) $k=0$ ۲) $k=10$ ۳) $k=6$ ۴) سیستم هرگز ناپایدار نخواهد شد.

۲۳- اگر یک قطب در $s=-2$ به سیستم کنترلی که تابع تبدیل حلقه آن با معادله $G(s)H(s)=\frac{K(s+3)}{s^2}$ داده شده است اضافه کنیم در $K>0$ کدامیک از تغییرات زیر در مورد سیستم امکان پذیر است؟

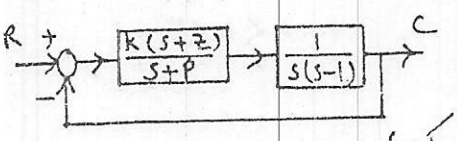
۱- از ناپایداری به پایداری ۲- از ناپایداری به پایداری ۳- از پایداری به ناپایداری ۴- از پایداری به ناپایداری

۲۴- معادله مشخصه سیستمی برابر است با: $s^3+7s^2+13s+k=0$، برای آنکه سیستم در ریشه روی محور موهومی داشته باشد داریم:

۱- $s=\pm\sqrt{9}j$ ، $k=63$ ۲- $s=\pm\sqrt{13}j$ ، $k=70$

۳- $s=\pm\sqrt{9}j$ ، $k=78$ ۴- $s=\pm\sqrt{13}j$ ، $k=78$

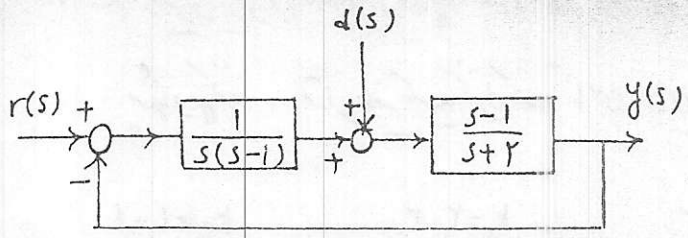
۲۵- سیستم نشان داده شده در شکل مقابل نوسانی است. فرض می شود که $z>0$ ، $p>0$.



در چه حالتی می توان سیستم حلقه بسته را با انتخاب مناسب بهره k در محدوده $0<K<\infty$ پایدار کرد؟

۱- $z>p+1$ ۲- $z\neq p-1$ ۳- $z=p-1$ ۴- سیستم حلقه بسته همواره ناپایدار است.

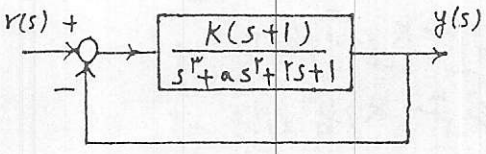
۲۶- سیستم حلقه بسته نشان داده شده در شکل زیر چگونه سیستمی است؟



۱- پایدار ۲- پایدار مرزی

۳- پایداری متناهی: $d(s)$ بستگی دارد ۴- ناپایدار

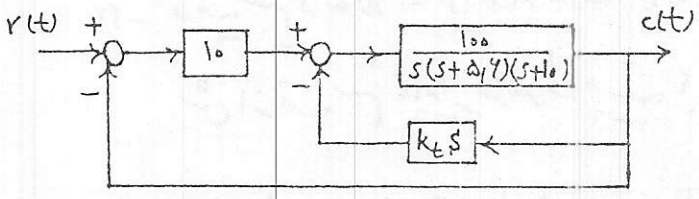
۲۷- بازای چه مقداری از a, k سیستم قابل نوسان با فرکانس $2\ \frac{rad}{sec}$ نوسان می‌کند؟



۱- $k=1, a=0$ ۲- $k=2, a=0/75$

۳- $k=2, a=1/25$ ۴- $k=1/25, a=1/7$

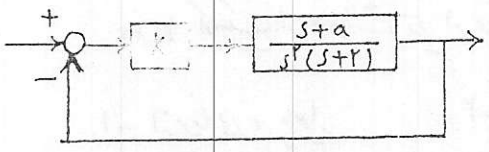
۲۸- سیستم کنترل شکل زیر بازای چه تساوی از k_t پایدار است؟



۱- $k_t > 0/05$ ۲- $k_t > 0/065$

۳- $k_t > 0/81$ ۴- برای تمام تساوی k_t

۲۹- سیستم کنترل شکل زیر را در نظر بگیرید. برای پایداری این سیستم صورت تغییرات k, a برابر است با:



۱- $k>0, 0<a<2$ ۲- $k>0, a<2$

۳- $k>0, a>0$ ۴- $k>0, a>2$

۳۰- تابع تبدیل حلقه باز یک سیستم کنترل با فیدبک واحد عبارتست از: $G(s) = \frac{k(0/1s+1)}{s(s+2)(s+3)}$

محدوده پایداری سیستم حلقه بسته بازای تغییرات k عبارتست از:

۱- $0<k<30$ ۲- $k>0$ ۳- $0<k<60$ ۴- این سیستم همواره پایدار است.

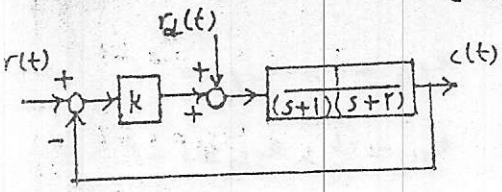
« تحلیل پاسخ دائمی »

۱- سیستمی که دارای تنها یک واحد بوده و تابع تبدیل حلقه بسته آن به صورت : $\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$ می‌باشد از کدام نوع است ؟

۱- نوع (Type) صفر ۲- نوع (Type) یک

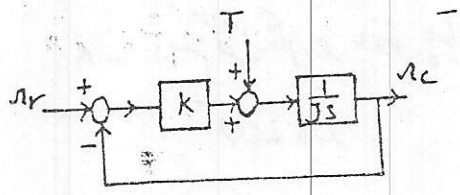
۳- نوع (Type) دو ۴- دارای شکل تابع تبدیل نوع سیستم مطرح نیست .

۲- در سیستم کنترل شکل زیر $r(t)$ ورودی مرجع و $r_d(t)$ اغتشاش وارد بر سیستم است . برای ورودی پله‌ای $r(t) = Ru(t)$ و اغتشاش پله‌ای $r_d(t) = Du(t)$ که R و D مقادیر ثابت هستند ، پاسخ حالت دائمی سیستم $c_{ss} = \lim_{t\to\infty} c(t)$ برای k (بهره کنترل کننده) خیلی بزرگ و مثبت برابر است با :



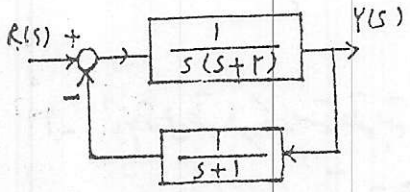
۱- بینهایت ۲- $R+D$ ۳- R ۴- هیچکدام

۳- در سیستم کنترل سرعت شکل زیر زمانی که اغتشال صفر است $\omega_c = \omega_r$ می‌باشد . پاسخ ماندگار سیستم به اغتشال پله واحد وقتی که $\omega_r(s) = 0$ است عبارتست از :



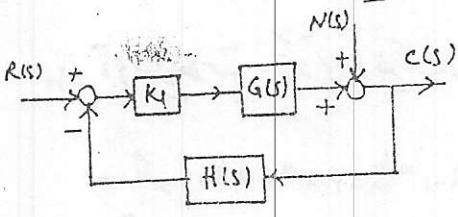
۱- k ۲- $\frac{1}{k}$ ۳- $\frac{k}{J}$ ۴- $\frac{1}{J}$

۴- خطای حالت ماندگار $E(s) = R(s) - Y(s)$ سیستم زیر برابر ورودی سرعت (شیب یا Ramp) واحد برابر است با :

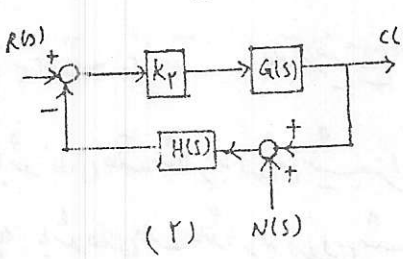


۱- بینهایت ۲- ۱ ۳- ۲ ۴- صفر

۵- در شکلهای (۱) و (۲) زیر ، $R(s)$ تبدیل لاپلاس ورودی ، $N(s)$ تبدیل لاپلاس اغتشاش ، $H(s)$ ، $G(s)$ توابع انتقال مستقیم و فیدبک هستند بهره‌های کنترل کننده مناسب (k_1 و k_2) را چگونه انتخاب کنیم تا اثر اغتشاش در خروجی مینیمم گردد ؟



(۱)



(۲)

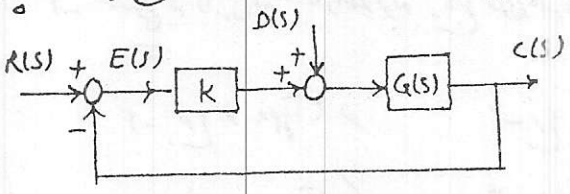
۱- k_1 خیلی زیاد ، k_2 خیلی زیاد

۲- k_1 خیلی زیاد ، k_2 خیلی کم

۳- k_1 خیلی کم ، k_2 خیلی کم

۴- k_1 خیلی کم ، k_2 خیلی زیاد

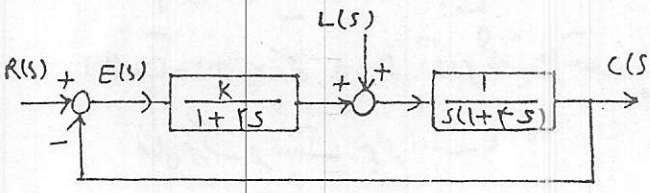
۶- خطای ماندگار سیستم حلقه بسته زیر به اغتشاش پله واحد برابر $B-$ می‌باشد. میزان خطای ماندگار ناشی از ورودی مرجع پله واحد چقدر است؟



۱- $1-B$ ۲- $1-\frac{1}{k}$

۳- $1-kB$ ۴- $1-\frac{B}{K}$

۷- در سیستم کنترل شکل زیر خطای ماندگار سیستم به یک تغییر پله‌ای واحد در ورودی $r(t)$ و اغتشاش $L(t)$ به ترتیب برابر است با: (تنها k هایی است که سیستم پایدار می‌باشد)



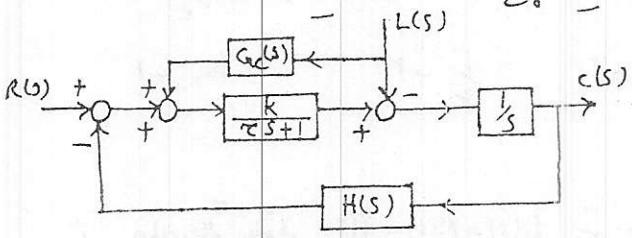
۱- $e_{ssR}=0$ ، $e_{ssL}=0$

۲- $e_{ssR}=0$ ، $e_{ssL}=\frac{-1}{K}$

۳- $e_{ssR}=0$ ، $e_{ssL}=\frac{1}{2}$

۴- $e_{ssR}=\frac{1}{K}$ ، $e_{ssL}=\infty$

۸- در سیستم کنترل شکل زیر با فرض پایداری سیستم حلقه بسته، $G_c(s)$ را چنان انتخاب نمایید تا پاسخ حالت ماندگار سیستم کاملاً مستقل از اغتشاش پله‌ای در $L(s)$ باشد.



۱- $G_c(s)=\frac{1}{s}$ ۲- $G_c(s)=s$

۳- $G_c(s)=\tau s+1$ ۴- $G_c(s)=\frac{1}{K}$

۹- تابع تبدیل حلقه باز یک سیستم حلقه بسته با فیدبک واحد به صورت $G(s)=\frac{2K}{s^3+3s^2+5s+2}$ است. حداکثر خطای حالت ماندگار سیستم حلقه بسته به ورودی پله واحد تقریباً چقدر است؟

۱- $e_{ss}\simeq 1/\%$ ۲- $e_{ss}\simeq 0$ ۳- $e_{ss}\simeq 1$ ۴- $e_{ss}\simeq \infty$

۱۰- تابع تبدیل حلقه بسته سیستم کنترلی با فیدبک واحد به صورت زیر است. کدام گزینه صحیح است؟ $\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{b_0 s^m+b_1 s^{m-1}+\cdots+b_{m-1}s+b_m}{s^n+a_1 s^{n-1}+\cdots+a_{n-1}s+a_n}\ ;\ m<n$

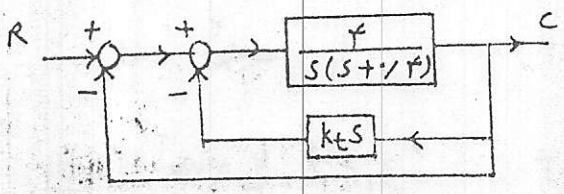
۱- اگر $a_n=b_m$ ، $a_{n-1}=b_{m-1}$ باشد خطای حالت ماندگار به ورودی شیب صفر است.

۲- اگر $a_n\neq b_m$ ، $a_{n-1}\neq b_{m-1}$ باشد خطای حالت ماندگار به ورودی شیب صفر است.

۳- اگر $a_n=b_m$ ، $a_{n-1}\neq b_{m-1}$ باشد خطای حالت ماندگار به ورودی شیب صفر است.

۴- اگر $a_n\neq b_m$ ، $a_{n-1}=b_{m-1}$ باشد خطای حالت ماندگار به ورودی شیب صفر است.

۱۱- در سیستم کنترل شکل زیر، مقدار k_t را طوری تعیین کنید که درصد فراجهش (overshoot) پله پاسخ پله $M_p \leq 0.2$ محاسبه گردد. خطای ماندگار سیستم به ورودی شیب قبل و بعد از اعمال فیدبک سرعت ($k_t s$) چقدر است؟



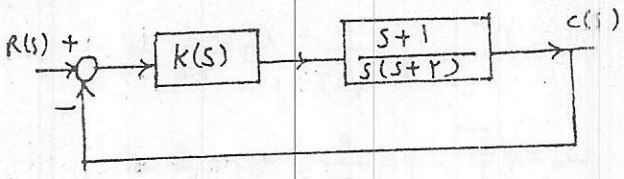
۱- $k_t = 0.68$، $e_{ss} = 0.17$ در حالتی که $k_t = 0$، $e_{ss} = 1$

۲- $k_t = 0.68$، $e_{ss} = 0$ در حالتی که $k_t = 0$، $e_{ss} = 1$

۳- $k_t = 0.12$، $e_{ss} = 0.22$ در حالتی که $k_t = 0$، $e_{ss} = 1$

۴- $k_t = 0.12$، $e_{ss} = 0$ در حالتی که $k_t = 0$، $e_{ss} = \infty$

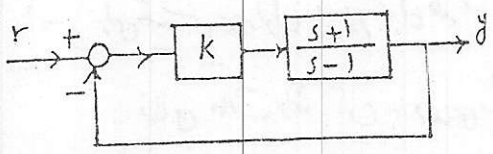
۱۲- در سیستم شکل زیر، ساده‌ترین جبران‌کننده $k(s)$ برای اینکه خطای ماندگار در پاسخ به ورودی $r(t) = 0.5t^2$ صفری از باشد کدام است



۱- $\frac{1}{s}$ ۲- $\frac{20}{s}$

۳- $\frac{s+2}{s}$ ۴- $s+2$

۱۳- در سیستم تقابل بازخوردی پله واحد، خطای حالت ماندگار:



۱- برای $k=2$ را نمی‌توان به دست آورد.

۲- برای $k=0.5$ را نمی‌توان به دست آورد.

۳- برای $k=0.5$ برابر ۲ است.

۴- برای $k=2$ برابر با ۱ است.

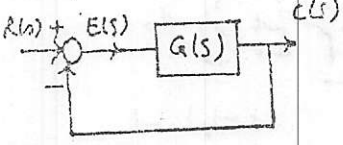
۱۴- تابع تبدیل حلقه بسته سیستمی با پسخور واحد به صورت زیر است:

$$M(s) = \frac{3(s+1)}{s^3+2s^2+4s+4}$$

خطای حالت ماندگار این سیستم به ورودی $r(t) = (3 - t + \frac{t^2}{4})u(t)$ برابر است با:

۱- صفر ۲- $\frac{1}{2}$ ۳- $\frac{1}{4}$ ۴- $\frac{1}{8}$

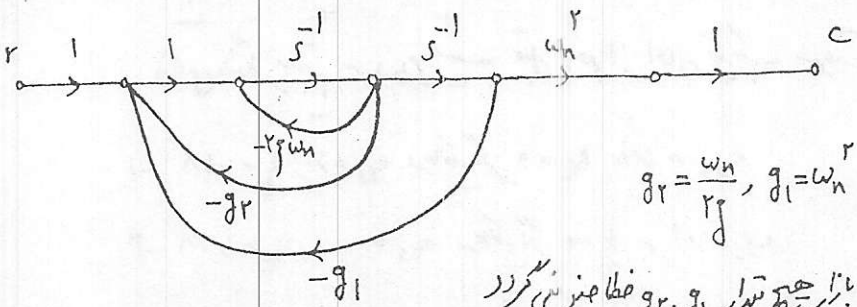
۱۵- برای سیستم کنترل شکل زیر، $G(s)$ از کمترین مرتبه را چنان تعیین کنید که اولاً خطای دائمی ناشی از اعمال ورودی شیب واحد صفری و ثانیاً تمام قطب‌های حلقه بسته سیستم در $\frac{3}{2}$ باشد.



۱- $\frac{4}{s(s^2+4s+6)}$ ۲- $\frac{6}{s(s^2+6s+4)}$

۳- $\frac{6}{s(s^2+4s+9)}$ ۴- $\frac{6}{s(s^2+6s+9)}$

۱۶- دیاگرام حالت یک سیستم مرتبه دوم در شکل زیر نشان داده شده است. بازای کدام مقادیر g_1 و g_2 خطای حالت دائمی به ورودی شیب برابر صفر خواهد شد؟



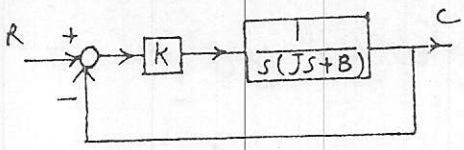
۱- $g_1 = g_2 = \omega_n^2$

۲- $g_1 = \omega_n^2$ ، $g_2 = \frac{\omega_n}{2\zeta}$

۳- $g_1 = \omega_n^2$ ، $g_2 = \frac{2\zeta}{\omega_n}$

۴- بازای هیچ مقدار g_1 و g_2 خطا صفر نمی‌گردد

۱۷- در سیستم زیر، کدام گزینه به ترتیب مقدار خطای حالت دائمی سیستم به ورودی شیب و مقادیر ζ و ω_n قطبهای حلقه بسته را نشان می‌دهد؟



۱- $\omega_n = \sqrt{\frac{J}{K}}$ ، $\zeta = \frac{B}{\sqrt{KJ}}$ ، $e_{ss} = \frac{1}{K}$

۲- $\omega_n = \sqrt{K}$ ، $\zeta = \frac{B}{2\sqrt{KJ}}$ ، $e_{ss} = \frac{1}{KB}$

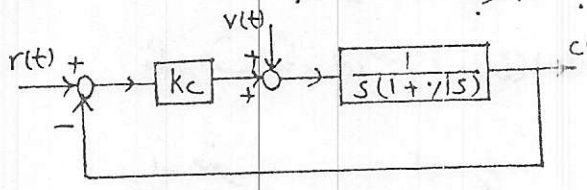
۳- $\omega_n = \sqrt{\frac{K}{J}}$ ، $\zeta = \frac{B}{2\sqrt{KJ}}$ ، $e_{ss} = \frac{B}{K}$

۴- $\omega_n = \sqrt{K}$ ، $\zeta = \frac{B}{\sqrt{KJ}}$ ، $e_{ss} = \frac{B}{K}$

۱- برای یک سیستم مرتبه اول با تابع تبدیل حلقه بسته $\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{1+Ts}$، کدام گزینه به ترتیب نشان دهنده شیب پاسخ پله واحد سیستم و خطای حالت دائمی آن به ورودی شیب واحد است؟

۱) T ، $\frac{1}{T}$ ۲) $\frac{1}{T}$ ، T ۳) $\frac{1}{T}$ ، $\frac{1}{T}$ ۴) T ، T

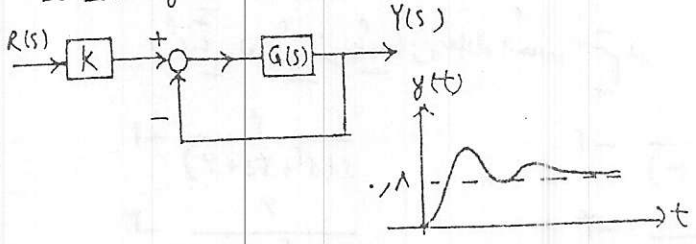
۱۹- در سیستم زیر با فرض آنکه $r(t)$ ورودی مبنا و $v(t)$ ورودی اغتشاش، هرکدام تابع پله‌ای واحد باشند مقدار k_c را طوری بیابید که اغتشاش در وضعیت حالت ماندگار کمتر از ۱۰ درصد اثر ورودی مبنا در وضعیت حالت ماندگار باشد.



۱- $k_c > 10$ ۲- $k_c > 2$

۳- $k_c > 5$ ۴- $k_c > 1$

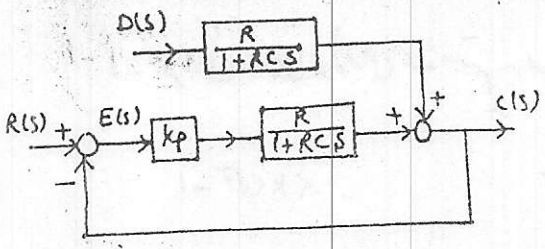
۲۰- سیستم کنترل زیر را در نظر بگیرید. پاسخ پله واحد این سیستم در حالت $k=1$ در شکل آمده است. مقدار k را چنان بیابید که خطای دائمی پاسخ سیستم به پله واحد صفر باشد.



۱- $k = 1/1$ ۲- $k = 1/25$

۳- $k = 1/4$ ۴- $k = 1/8$

۲۱- در سیستم کنترل زیر، خطای دائمی سیستم به ورودی اغتشاش پله‌ای با دامنه d_0 کدام است؟



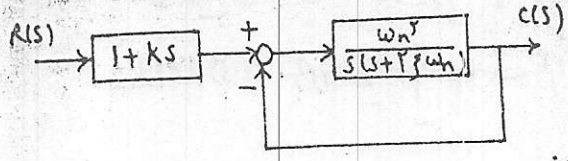
۱- $\frac{d_0}{1+k_pR}$

۲- $\frac{-Rd_0}{1+k_pR}$

۳- $\frac{Rd_0}{1+k_pR}$

۴- صفر

۲۲- در سیستم زیر مقدار k را چگونه تنظیم کنیم تا خطای دائمی سیستم به ورودی پله واحد صفر شود؟ ($e(t)=r(t)-c(t)$)



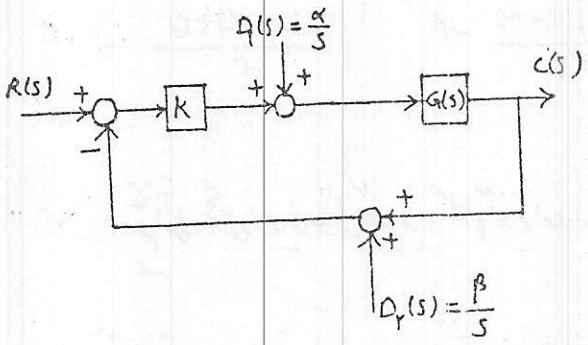
۱- $k=\frac{2\zeta}{\omega_n}$

۲- $k=\frac{\zeta}{2\omega_n}$

۳- $k=\frac{\zeta}{\omega_n}$

۴- با هر مقدار k خطا صفر نخواهد شد.

۲۳- در سیستم کنترل شکل زیر کدام گزینه صحیح است؟



۱- جمع خطای ناشی از دو اغتشاش D_1، D_2 به ازای $\alpha=-\beta$ صفر است.

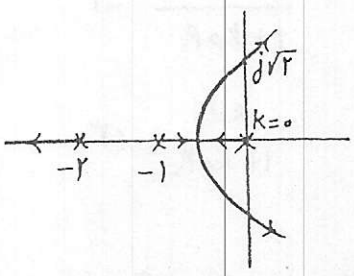
۲- جمع خطای ناشی از دو اغتشاش D_1، D_2 به ازای $\alpha=k\beta$ صفر است.

۳- جمع خطای ناشی از دو اغتشاش D_1، D_2 به ازای $\alpha=-k\beta$ صفر است.

۴- جمع خطای ناشی از دو اغتشاش D_1، D_2 به ازای $\alpha=\beta$ صفر است.

« مکان هندسی ریشه‌ها »

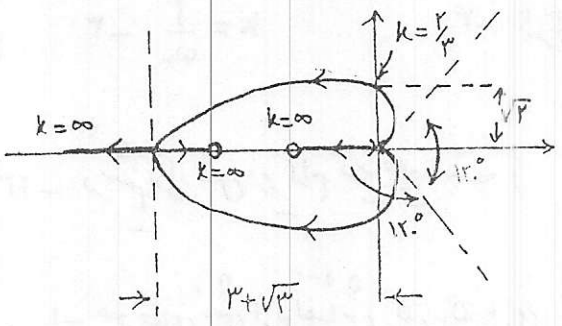
۱- اگر مکان هندسی ریشه‌های یک سیستم به صورت زیر باشد حد k را برای پایداری این سیستم بدست آورید .



۱- $0 < k < \sqrt{2}$ ۲- $0 < k < 6$

۳- $0 < k < 1$ ۴- هیچکدام

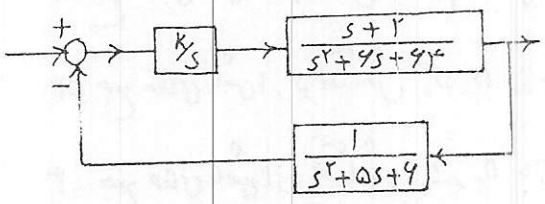
۲- مکان ریشه‌های معادله مشخصه یک سیستم کنترل برای $k > 0$ در شکل زیر رسم شده است (k بهره تقویت کننده است) . تابع انتقال $G(s)H(s)$ برای این سیستم کدام است ؟ (شکل تقریبی است و مقیاس بندی نشده است)



۱- $\frac{k(s+2)(s+4)}{s^2}$ ۲- $\frac{k(s+1)(s+3)}{s^3}$

۳- $\frac{k(s+1)(s+2)}{s^3}$ ۴- $\frac{k(s+2)(s+4)}{s^3}$

۳- سیستم کنترل شکل زیر را در نظر بگیرید . کدام گزینه در مورد این سیستم درست است ؟



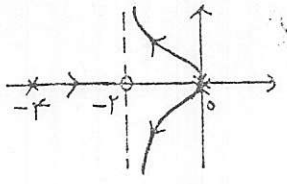
۱- نقاط تلاقی صفر و ۲- روی محور حقیقی جزء مکان هندسی ریشه‌ها هستند و سیستم به ازای $k \approx 27,6$ در مرز ناپایداری قرار می‌گیرد .

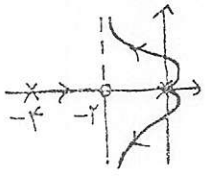
۲- نقاط تلاقی صفر و ۲- روی محور حقیقی جزء مکان هندسی ریشه‌ها هستند و سیستم به ازای $k \approx 54,65$ در مرز ناپایداری قرار می‌گیرد .

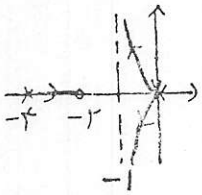
۳- نقاط تلاقی صفر و ۳- روی محور حقیقی جزء مکان هندسی ریشه‌ها هستند و سیستم به ازای $k \approx 1294,22$ در مرز ناپایداری قرار می‌گیرد .

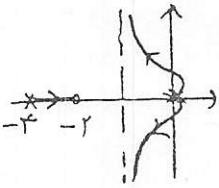
۴- نقاط تلاقی صفر و ۳- روی محور حقیقی جزء مکان هندسی ریشه‌ها هستند و سیستم به ازای $k \approx 2193,26$ در مرز ناپایداری قرار می‌گیرد .

۴- مکان هندسی قطبهای حلقه بسته سیستمی با تابع تبدیل حلقه $GH(s) = \frac{k(s+2)}{s^2(s+4)}$ به ازای تغییرات k از صفر تا $+\infty$ کدام است ؟

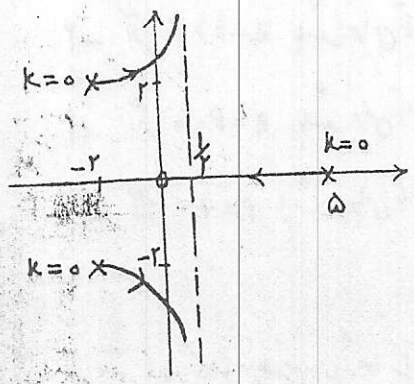
۱- 

۲- 

۳- 

۴- 

۵ـ مکان هندسی ریشه‌های معادله مشخصه یک سیستم کنترل در زیر بازای $0<k<\infty$ رسم شده است. مطلوب است زاویه خروج از قطب مختلط، مقدار k برای داشتن پاسخ دائمی سینوسی و فرکانس پاسخ دائمی سینوسی برای این سیستم. (ریشه‌های مختلط در $s=-2\pm j2$ قرار دارند)



۱ـ $\omega_0=\sqrt{40}\ \frac{rad}{s}$ ، $k=52$ ، $\theta=61^\circ$

۲ـ $\omega_0=\sqrt{40}\ \frac{rad}{s}$ ، $k=52$ ، $\theta=79^\circ$

۳ـ $\theta=79^\circ$ ، پاسخ دائمی سینوسی نخواهد برد.

۴ـ $\theta=61^\circ$ ، پاسخ دائمی سینوسی نخواهد برد.

۶ـ معادله مشخصه سیستمی با فیدبک واحد منفی به صورت $s^3+2s^2+s(k+1)+2k=0$ است. با فرض $k>0$ و با توجه به مکان هندسی ریشه‌ها، کدامیک از عبارات زیر درست است؟

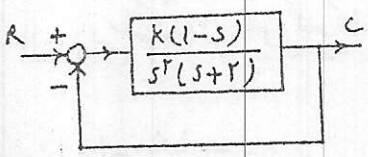
۱ـ ناحیه $(-\infty,-2]$ و $[0,1]$ از محور حقیقی جزو مکان است و سیستم برای $k>0$ پایدار است.

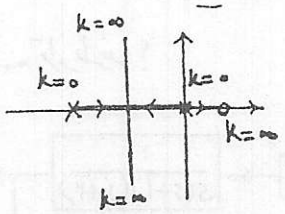
۲ـ ناحیه $[-2,0]$ از محور حقیقی جزو مکان است و سیستم نوسانی است.

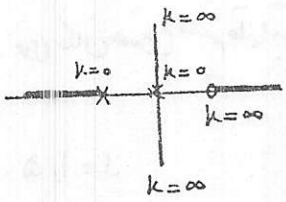
۳ـ ناحیه $(-\infty,-2]$ و $[-1,0]$ از محور حقیقی جزو مکان است و محور موهومی جزو مکان است.

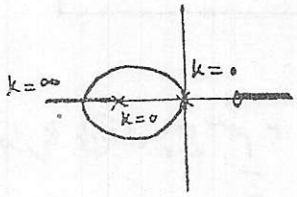
۴ـ ناحیه $[-2,0]$ از محور حقیقی جزو مکان است و محور موهومی جزو مکان است.

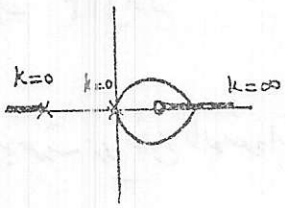
۷ـ مکان هندسی ریشه‌های معادله مشخصه سیستم حلقه بسته شکل زیر بازای تغییرات بهره k از صفر تا بینهایت کدام است؟



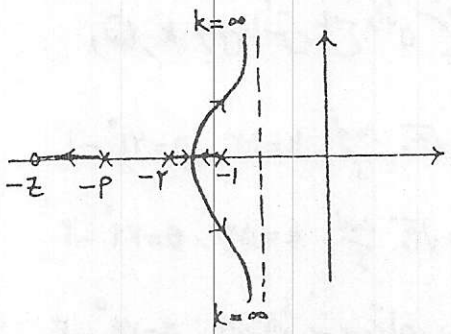
۱ـ


۲ـ


۳ـ


۴ـ


۸- مکان هندسی ریشه‌های معادله مشخصه سیستمی مطابق شکل زیر است. کدام گزینه در مورد پایداری سیستم صحیح است؟ (z و p بزرگتر از ۲ می‌باشند).



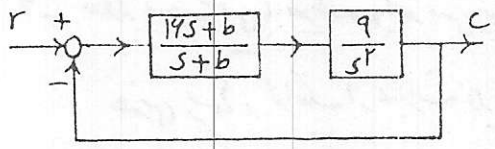
۱- اگر $۰ < z-p < ۳$ باشد برای تمام kهای مثبت سیستم پایدار است.

۲- اگر $z-p > ۳$ باشد برای تمام kهای مثبت سیستم پایدار است.

۳- اگر $z-p < ۰$ باشد برای تمام kهای مثبت سیستم پایدار است.

۴- اگر $z=p$ باشد برای تمام kهای مثبت سیستم پایدار است.

۹- در سیستم زیر مکان هندسی ریشه‌ها را نسبت به پارامتر b در نظر بگیرید. مقادیر b که بازای آنها نقاط شکست در مکان وجود دارد کدامست؟



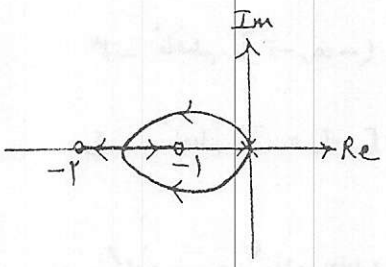
۱- $b=۹, ۱۴۴$

۲- $b=۲۰/۸, ۱۸/۲$

۳- $b=۲۵/۷, ۲۲/۴$

۴- $b=۳۰/۲, ۲۷/۶$

۱۰- شکل زیر مکان هندسی ریشه‌های یک سیستم حلقه بسته را نشان می‌دهد. بهره K به طوریکه سیستم دارای مقدارهای با نسبت میرایی $\zeta=\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ گردد و مقدار ω_n بازای این بهره چیست؟



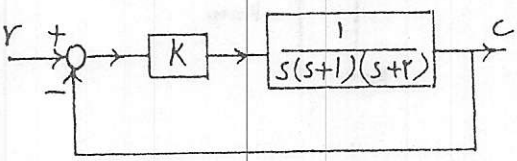
۱- $\omega_n=\frac{۳\sqrt{۲}}{۲}$ ، $k=\frac{۵}{۴}$

۲- $\omega_n=\frac{۳\sqrt{۲}}{۲}$ ، $k=\frac{۴}{۵}$

۳- $\omega_n=\frac{۲\sqrt{۲}}{۳}$ ، $k=\frac{۵}{۴}$

۴- $\omega_n=\frac{۲\sqrt{۲}}{۳}$ ، $k=\frac{۴}{۵}$

۱۱- در سیستم کنترل زیر تعیین کنید کدام یک از نقاط روی مکان هندسی سیستم حلقه بسته بازای k مثبت قرار دارند؟



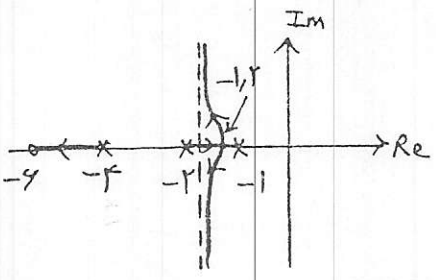
۱- $s=-۱/۵$

۲- $s=۱/۵$

۳- $s=j\sqrt{۲}$

۴- $s=j\sqrt{۳}$

۱۲- مکان هندسی ریشه‌های یک سیستم کنترل به صورت زیر نشان داده شده است. صدا کثر مقدار k برای آنکه پاسخ سیستم به ورودی پله‌ای غیر نوسانی باشد چقدر است؟



۱- ۱۰/۷۱

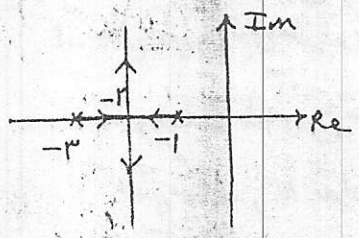
۲- ۲/۲۳

۳- ۰/۰۹۳

۴- ۰/۴۴۸

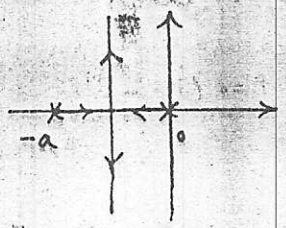
$\zeta = \frac{1}{2\omega_n^2}$

۱۳- مکان هندسی ریشه‌های معادله مشخصه سیستمی در شکل زیر آمده است. در صورتیکه زمان نشست پاسخ پله واحد سیستم ۰٫۷۰۷ باشد، ثابت میرایی پاسخ سیستم چقدر خواهد بود؟



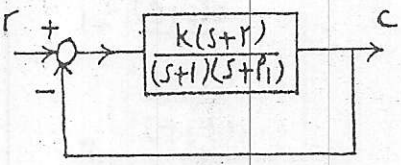
۱- $\zeta = 1/2$ ۲- $\zeta = 0/8$ ۳- $\zeta = 0/35$ ۴- $\zeta = 2$

۱۴- مکان هندسی ریشه‌های یک سیستم کنترل به شکل زیر است. صورتی زمان نشست (T_s) پاسخ پله واحد این سیستم با تغیر k کدام است؟



۱- $\frac{4}{a}$ ۲- $\frac{8}{a}$ ۳- $\frac{2}{a}$ ۴- $\frac{1}{a}$

۱۵- سیستم شکل زیر برای آنکه برای همه مقادیر مثبت k رفتار سیستم معادل بدون نوسان باشد، P_1 باید در چه شرطی صدق کند؟



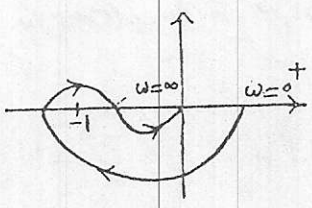
۱- $P_1 \geq 1$ ۲- $P_1 < 1$

۳- $P_1 < 2$ ۴- $P_1 > 2$

« نمودار قطبی - محک نایکوئیست »

۱- منحنی قطبی تابع تبدیل حلقه باز یک سیستم کنترل به شکل زیر است.

اگر هر دو تا از قطبهای تابع تبدیل حلقه باز در طرف راست محور موهومی قرار گرفته باشند با در نظر گرفتن: P_R تعداد قطبهای حلقه باز با قسمت حقیقی مثبت و N تعداد دوران منحنی نایکوئیست حول نقطه $-1+j0$ ، P تعداد ریشه‌های معادله مشخصه سیستم با قسمت حقیقی مثبت، کدام گزینه صحیح است؟



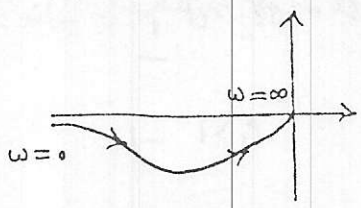
۱- چون $N \neq 0$ سیستم ناپایدار است

۲- $P=4$ سیستم ناپایدار است

۳- چون $P=0$ سیستم پایدار است

۴- $P_R = N$ سیستم پایدار است

۲- دیاگرام قطبی تقریبی رسم شده در شکل تقابل مربوط به کدام $G(s)H(s)$ می‌باشد؟ ($k>0$).



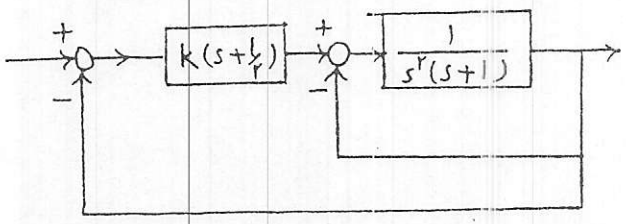
۱- $\frac{k(s+3)}{s^2}$

۲- $\frac{k(s+4)}{s(s+1)(s+3)}$

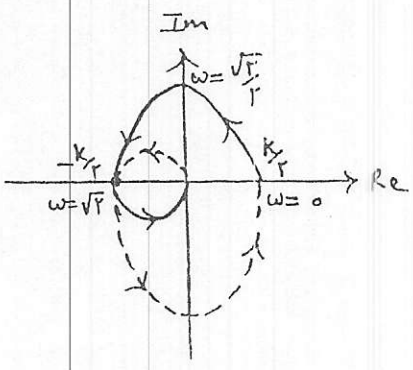
۳- $\frac{k(s+4)}{s^2(s+1)}$

۴- $\frac{k(s+1)}{s^2(s+4)}$

۳- سیستم کنترل شکل (۱) را در نظر بگیرید. دیاگرام نایکوئیست سیستم برای $k>0$ در شکل (۲) ترسیم شده است. محدوده مناسب k برای پایداری سیستم کدام است؟



(۱)



(۲)

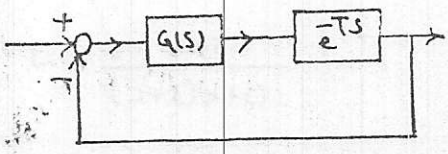
۱- $k \geq 2$

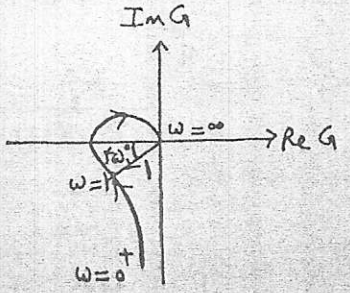
۲- $k<2$

۳- $k>2$

۴- $0<k<2$

۴- در سیستم کنترل شکل زیر تابع $G(s)$ هیچ صفر یا قطبی در سمت راست محور $j\omega$ ندارد. دیاگرام قطبی تابع G نیز در شکل ترسیم شده است. حداکثر تأخیر زمانی T که منجر به ناپایداری سیستم نشود کدام است؟ (نزدیکترین جواب را انتخاب کنید)





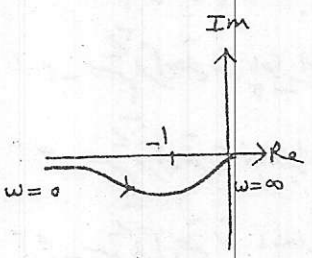
۱- $T=0.52^{s}$

۲- $T=0.78^{s}$

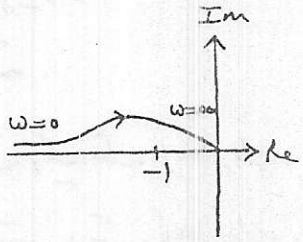
۳- $T=0.91^{s}$

۴- $T=1^{s}$

۵- سیستمی دارای تابع تبدیل حلقه باز $\frac{k(\tau_a s+1)}{s^2(\tau_b s+1)}$ و دارای دیاگرام نایکوئیست شکل (۱) است $(\tau_a > \tau_b > 0)$. اگر صفر تابع تبدیل حلقه باز را حذف کنیم دیاگرام نایکوئیست آن به صورت شکل (۲) خواهد بود. در باره پایداری سیستمهای حلقه بسته با فیدبک واحد بازای مقادیر مختلف $k>0$ چه میتوان گفت؟



(۱)



(۲)

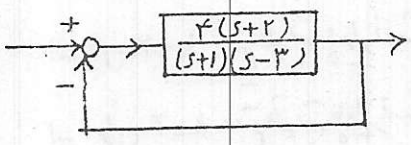
۱- سیستم (۱) ناپایدار با دو قطب سمت راست و سیستم (۲) پایدار است.

۲- هر دو سیستم پایدارند.

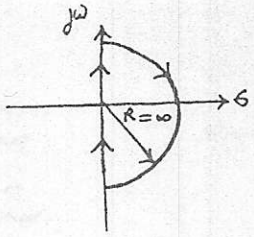
۳- هر دو سیستم ناپایدار با دو قطب سمت راست.

۴- سیستم (۱) پایدار است و سیستم (۲) با دو قطب سمت راست ناپایدار است.

۶- سیستم کنترل شکل زیر را در نظر بگیرید.

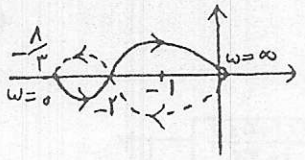


در رابطه با مسیر نایکوئیست متقابل:

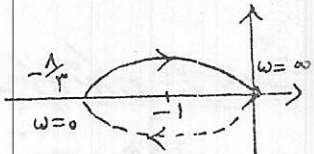


دیاگرام نایکوئیست سیستم برابر است با:

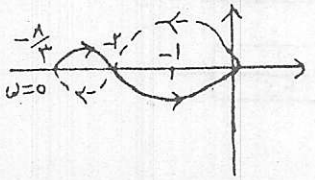
۱-



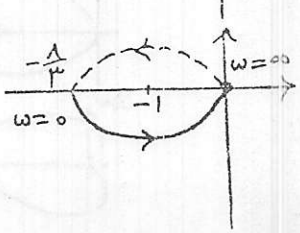
۲-



۳-

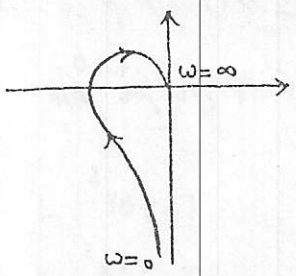


۴-



۷- دیاگرام قطبی سیستم حلقه باز $G(j\omega)$ با فاز مینیمم نوشته و به صورت زیر است:

کدامیک از توابع زیر می‌تواند دارای دیاگرام قطبی نشان داده شده باشد؟



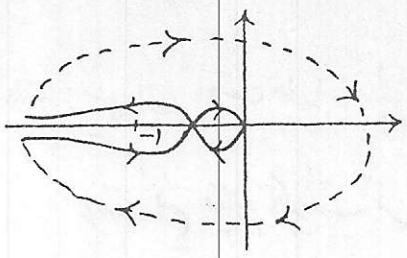
۱- $\frac{s+a}{s(s+b)(s+c)}$

۲- $\frac{k}{s(s+b)(s+c)}$

۳- $\frac{k}{(s+b)(s+c)}$

۴- $\frac{k(s+a)}{s^2(s+b)(s+c)}$

۸- دیاگرام نایکوئیست سیستمی عبارتست از:



اگر تابع تبدیل سیستم حلقه باز پایدار باشد کدامیک گزینه درست است؟

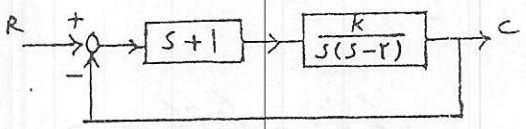
۱- سیستم کنترل حلقه بسته دو قطب ناپایدار دارد.

۲- سیستم کنترل حلقه بسته پایدار است.

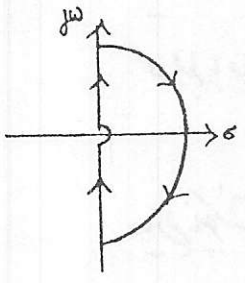
۳- سیستم کنترل حلقه بسته ناپایدار است و یک قطب ناپایدار دارد.

۴- سیستم کنترل حلقه بسته ناپایدار است و دو قطب ناپایدار دارد.

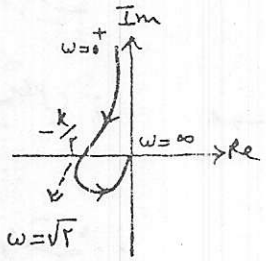
۹- سیستم شکل (الف) را در نظر بگیرید. با توجه به مسیر نایکوئیست شکل (ب) دیاگرام نایکوئیست در شکل (ج) ترسیم شده است. بر اساس تعیین پایداری نایکوئیست:



(الف)



(ب)



(ج)

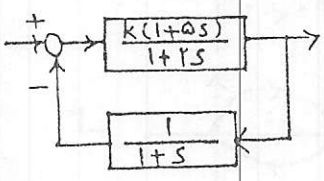
۱- برای $k<2$ سیستم حلقه بسته پایدار است.

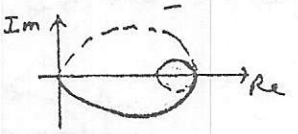
۲- برای $k=2$ سیستم حلقه بسته پایدار است.

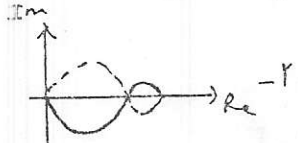
۳- برای $k<2$ سیستم حلقه بسته دارای یک قطب ناپایدار است.

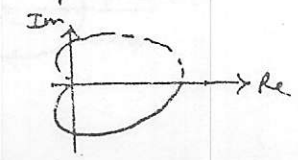
۴- برای $2>k\geq 0$ سیستم حلقه بسته دارای دو قطب ناپایدار است.

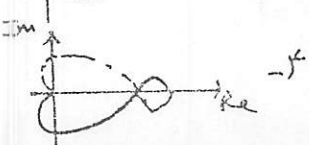
۱۰- معیار نایکوئیست سیستم کنترل شکل زیر با ازای k مثبت به کدام صورت زیر است؟



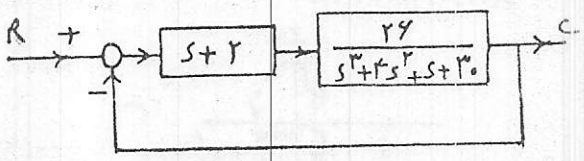
۱-


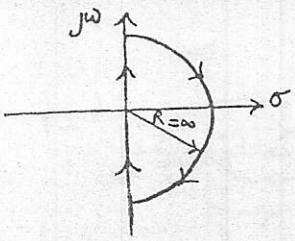
۲-


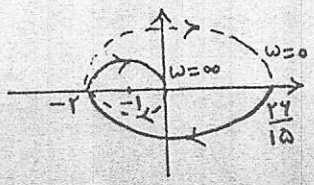
۳-


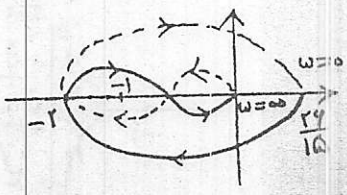
۴-


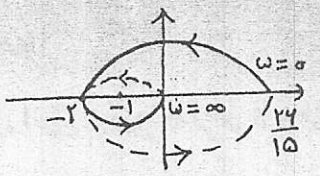
۱۱- سیستم کنترل شکل زیر را در نظر بگیرید. مدار با مسیر نایکوئیست ترسیم شده، دیاگرام نایکوئیست سیستم کدام است؟

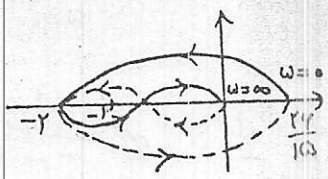




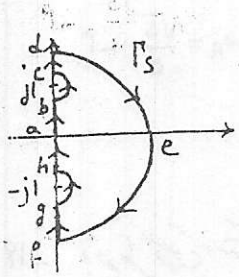
۱-


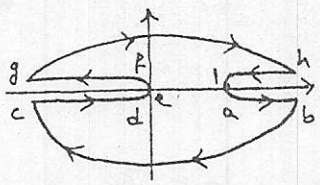
۲-


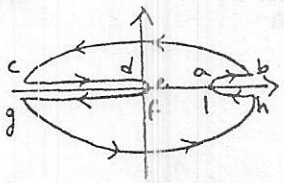
۳-


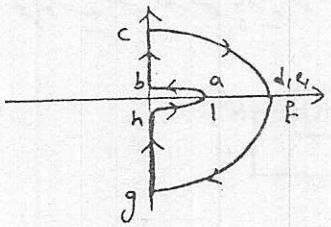
۴-


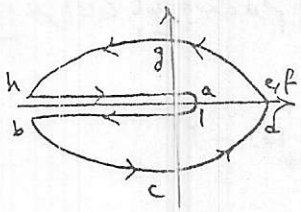
۱۲- دیاگرام نایکوئیست برای تابع تبدیل $GH(s)=\frac{1}{s^2+1}$ با توجه به مسیر نایکوئیست داده شده کدام است؟



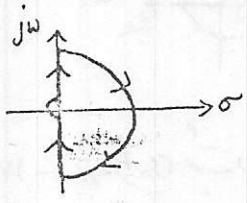
۱-


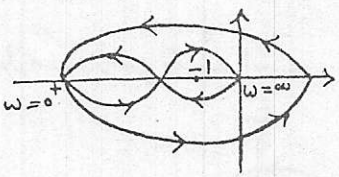
۲-


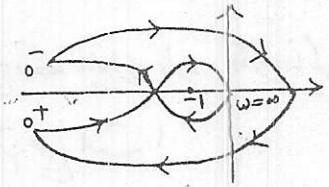
۳-


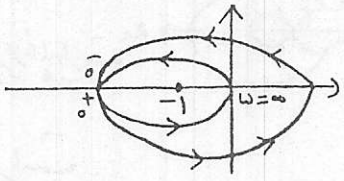
۴-


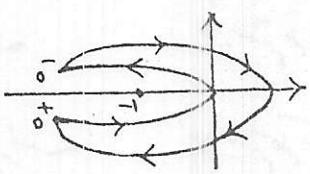
۱۳- برای یک سیستم با پسخور منفی و تابع تبدیل مدار باز $GH(s)=\frac{5(s+1)}{s^2(s^2+s+3)}$ مسیر نایکوئیست به صورت زیر انتخاب شده است.
منحنی نایکوئیست قوس این سیستم کدام است؟



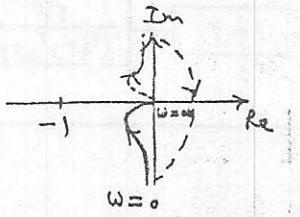
۱-


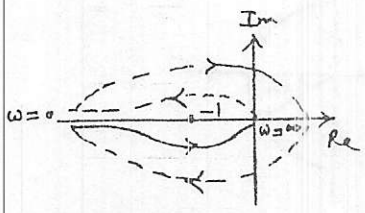
۲-


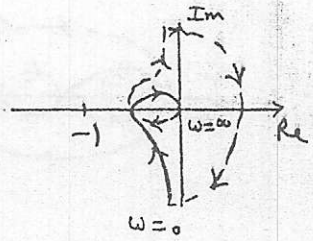
۳-


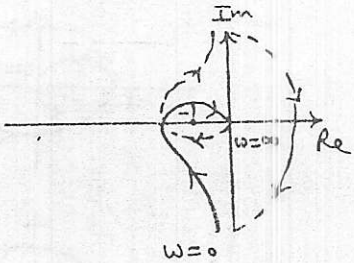
۴-


۱۴- دیاگرام نایکوئیست $G(s)=\frac{k}{s(1+0.1s)(1+0.2s)}$ بازای $k=20$ در کدام گزینه آمده است؟

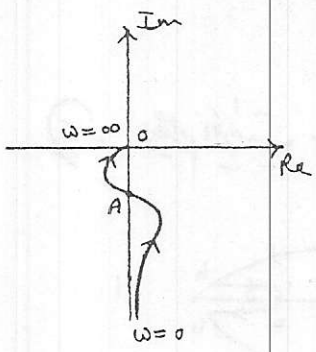
۱-


۲-


۳-


۴-


۱۵- نمایش قطبی دیاگرام نایکوئیست سیستمی با تابع تبدیل حلقه باز $\frac{1+3s}{s(s+1)(2s+1)}$ در شکل زیر آمده است. مقدار ω در نقطه A و طول oA چقدر است؟



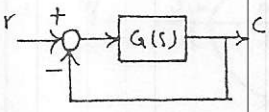
۱- $oA=\frac{2\sqrt{2}}{3}$ ، $\omega_A=\frac{\sqrt{2}}{2}$

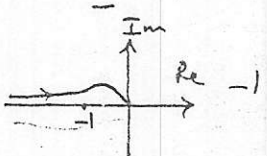
۲- $oA=2\sqrt{2}$ ، $\omega_A=\frac{\sqrt{2}}{2}$

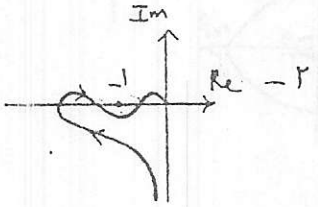
۳- $oA=2\sqrt{3}$ ، $\omega_A=\frac{\sqrt{3}}{3}$

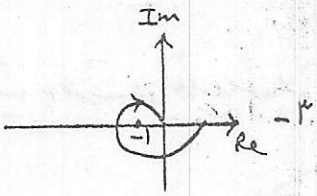
۴- $oA=\frac{3\sqrt{3}}{2}$ ، $\omega_A=\frac{\sqrt{3}}{3}$

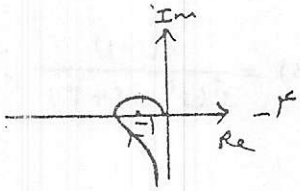
۱۶- با در نظر گرفتن سیستم کنترل شکل زیر، اگر $G(s)$ پایدار باشد، کدام پاسخ فرکانسی برای $G(s)$ منجر به یک سیستم حلقه بسته پایدار خواهد شد؟



۱-


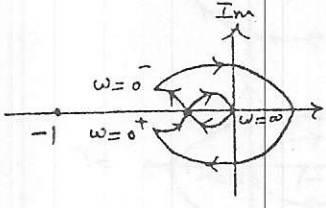
۲-


۳-


۴-


۱۷- پاسخ فرآیندی ثبت شده و هیچ قطب ناپایداری ندارد. دیاگرام نایکوئیست این سیستم برای یک مقدار مشخص از بهره داده شده است.

کدام گزینه در مورد این سیستم صحیح است؟



۱- سیستم حلقه بسته همواره پایدار است.

۲- سیستم حلقه بسته در بهره‌ای کمتر پایدار و در بهره‌ای زیادتر ناپایدار است.

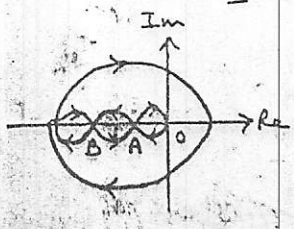
۳- سیستم حلقه بسته همواره ناپایدار است.

۴- سیستم حلقه بسته فقط در بهره‌های بالا پایدار است.

۱۸- اگر $G(s)=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$ باشد، اندازه‌ی $G(s)$ در فرکانس ω_n برابر است با:

۱- ۱ ۲- $\frac{1}{2\zeta}$ ۳- $\frac{\zeta}{2}$ ۴- $\frac{1}{2\zeta}$

۱۹- یک سیستم کنترل حلقه باز دارای یک صفر و چهار قطب در مبدأ مختصات می‌باشد. دیاگرام نایکوئیست این سیستم در شکل زیر آمده است.

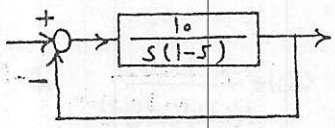


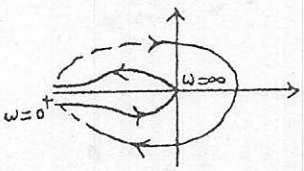
سیستم حلقه بسته مفروض در چه حالت پایدار خواهد بود؟

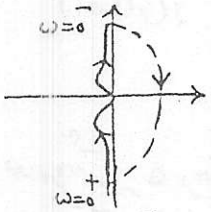
۱- $0<OA<1$ ۲- $OB<1$

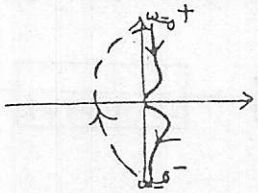
۳- $OA<1<OB$ ۴- سیستم حلقه بسته همواره ناپایدار است.

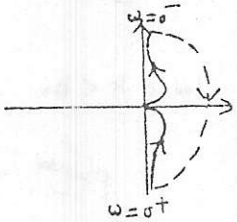
۲۰- دیاگرام نایکوئیست سیستم نشان داده شده در شکل زیر کدام است؟



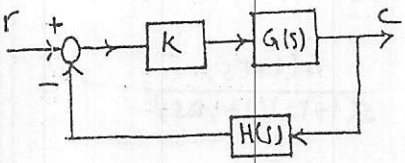
۱-


۲-


۳-


۴-


۲۱- در سیستم کنترل شکل زیر بازای $k>0$ کدام گزاره صحیح است؟



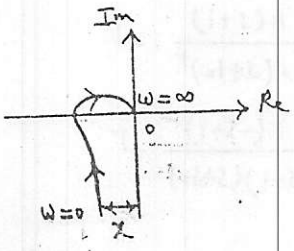
۱- صفرهای حلقه بسته همان صفرهای $G(s)$ و قطبهای $H(s)$ هستند.

۲- صفرهای حلقه بسته همان صفرهای $G(s)$ و صفرهای $H(s)$ هستند.

۳- صفرهای حلقه بسته قطب صفرهای $G(s)$ هستند.

۴- صفرها حلقه بسته قطب قطبهای $H(s)$ هستند.

۲۲- نمودار قطبی سیستمی با تابع تبدیل حلقه باز $GH(s)=\frac{1}{s(s+p_1)(s+p_2)}$ برای $p_1,p_2>0$ به شکل زیر است. با توجه به شکل مقدار χ کدام است؟

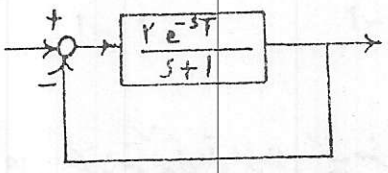


۱- $\frac{-\sqrt{p_1^2+p_2^2}}{p_1^2p_2^2}$ ۲- $\frac{-(p_1+p_2)}{p_1^2p_2^2}$

۳- $\frac{p_1p_2}{p_1^2+p_2^2}$ ۴- صفر

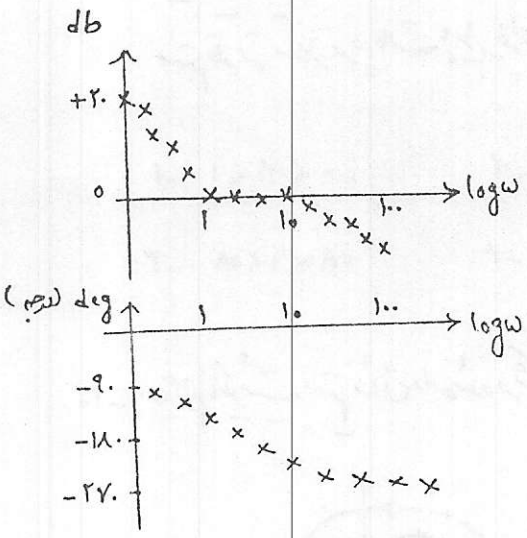
« نمودار Bode ـ پاسخ فرکانسی »

۱ـ حد فاز سیستم کنترل زیر چه مقدار است؟ $\left(T=\frac{\pi}{2\sqrt{3}}\right)$



۱ـ ۶۰ درجه ۲ـ ۳۰ درجه ۳ـ ۹۰ درجه ۴ـ هیچکدام

۲ـ نمودار Bode سیستمی از آزمایش به صورت زیر بدست آمده است.



تابع تبدیل این سیستم برابر است با:

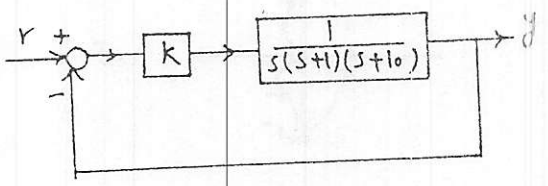
۱ـ $G(s)=\frac{s+1}{s(0.1s+1)}$

۲ـ $G(s)=\frac{1}{s(0.1s^2+1)}$

۳ـ $G(s)=\frac{1}{s(s+1)(0.1s+1)}$

۴ـ $G(s)=\frac{-(s-1)}{s(0.1s+1)}$

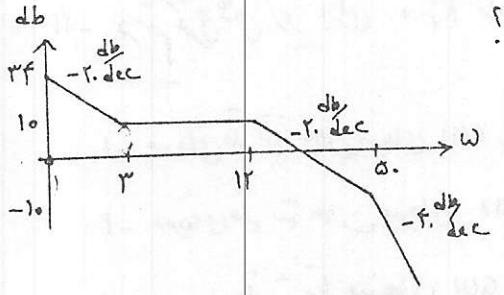
۳ـ در سیستم کنترل زیر بازای چه مقادیری از k، حد بهره بیشتر از ۵ و خطای ماندگار نسبت به ورودی شیب واحد کمتر از ۰.۱ خواهد بود؟



۱ـ $k>100$ ۲ـ $100<k<110$

۳ـ $k\geq 110$ ۴ـ هیچکدام

۴ـ نمودار دامنه Bode سیستمی به صورت زیر است. تابع تبدیل این سیستم کدام است؟



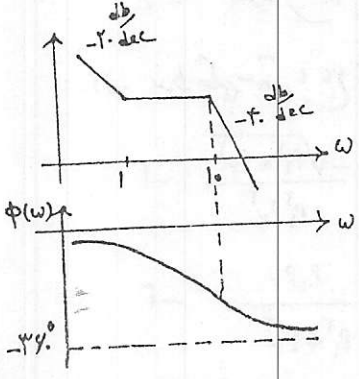
۱ـ $\frac{10(1+3s)}{s(1+2s)(1+0.5s)}$

۲ـ $\frac{10(1+3s)}{s^2(1+2s)(1+0.5s)}$

۳ـ $\frac{5(1+1.3s)}{s(1+0.12s)(1+0.5s)}$

۴ـ $\frac{(1+1.3s)}{s(1+1.5s+1)(1+1.12s+1)}$

۵ـ نمودار اندازه فاز یک سیستم در شکل زیر داده شده است. تابع انتقال سیستم را تعیین کنید. $(k>0)$



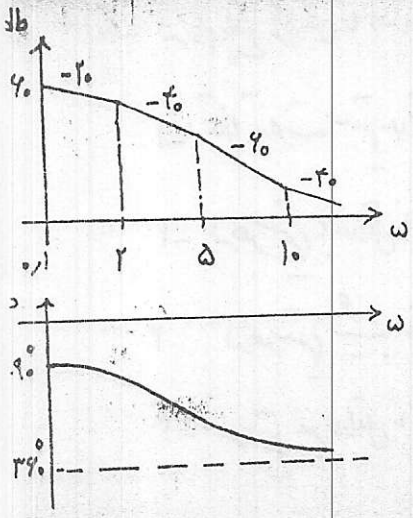
۱ـ $G(s)=\frac{k(s+1)}{s(s+10)^2}$

۲ـ $G(s)=\frac{k(s+1)}{(s+10)^2}$

۳ـ $G(s)=\frac{k(-s+1)}{(s+10)(s+1)}$

۴ـ $G(s)=\frac{k(-s+1)}{s(s+10)^2}$

۶- نمودار Bode سیستمی در شکل زیر داده شده است.



تابع تبدیل این سیستم عبارتست از:

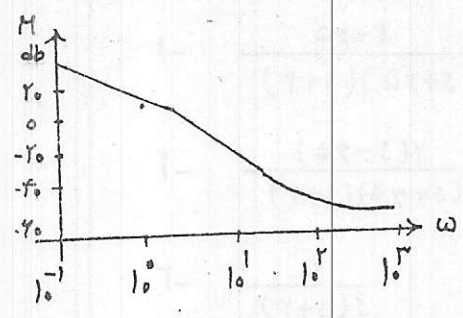
۱- $\frac{100(s+10)}{s(s+5)(s+2)}$

۲- $\frac{10(s-10)}{s(s+5)(s+2)}$

۳- $\frac{100(s-5)}{s(s+10)(s+2)}$

۴- $\frac{100(s-10)}{s(s+5)(s+2)}$

۷- نمودار Bode دامنه حلقه باز سیستمی در زیر نشان داده شده است:



با فرض پایداری سیستم حلقه بسته تحت فیدبک واحد، کدامیک از عبارات زیر صحیح است؟

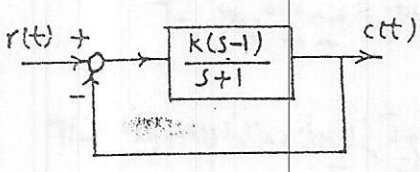
۱- خطای حالت ماندگار این سیستم اگیداً سره به ورودیهای پله، شیب و شتاب به ترتیب عبارتند از صفر، $\frac{1}{2}$ و بینهایت. این سیستم می‌تواند می‌نیمم فاز باشد.

۲- خطای حالت ماندگار این سیستم سره به ورودیهای پله، شیب و شتاب به ترتیب عبارتند از صفر، $\frac{1}{2}$ و بینهایت.

۳- خطای حالت ماندگار این سیستم به ورودیهای پله، شیب و شتاب به ترتیب عبارتند از یک، بینهایت و بینهایت. این سیستم می‌تواند می‌نیمم فاز یا غیرمی‌نیمم فاز باشد.

۴- خطای حالت ماندگار این سیستم به ورودیهای پله، شیب و شتاب به ترتیب عبارتند از یک، بینهایت و بینهایت. این سیستم می‌نیمم فاز است

۸- در سیستم حلقه بسته زیر مقدار بهره k را به گونه‌ای بیابید تا حد بهره سیستم حلقه بسته (تقریباً) ۲ باشد.



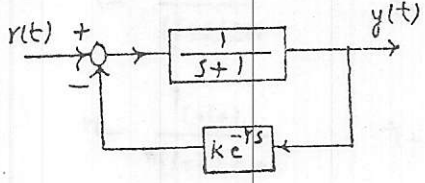
۱- $k=\frac{1}{3}$

۲- $k=\frac{1}{2}$

۳- $k=\frac{2}{3}$

۴- $k=1$

۹- حدود بهره k برای پایداری سیستم زیر چقدر است؟



۱- $k>-1$

۲- $0<k<1$

۳- $-1<k<1,52$

۴- $1,52<k<4,17$

۱۰- در رسم پاسخ فرکانسی با استفاده از دیاگرام Bode، کدامیک از عبارات زیر صحیح است؟ (n درجه مخرج و m درجه صورت تابع انتقال)

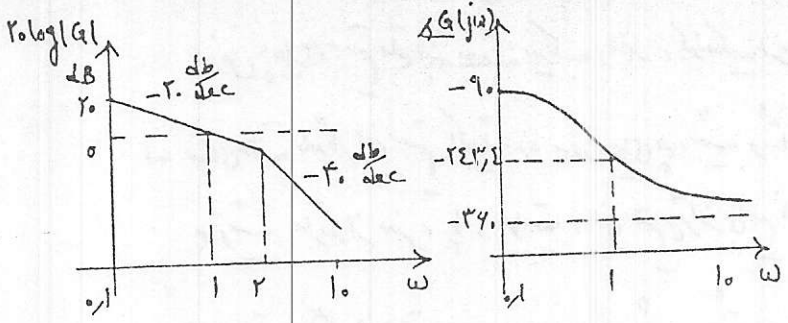
۱- تنها تفاوت سیستم حداقل فاز با غیر حداقل فاز این است که فاز در سیستم حداقل فاز با $\omega \to \infty$ به صفر میل می‌کند.

۲- در هر سیستمی با حداقل فاز شیب منحنی دامنه در $\omega = \infty$ برابر با $-20(n-m)\ \frac{dB}{dec}$ و فاز در $\omega = \infty$ برابر با $-90^\circ(n-m)$ است.

۳- در هر سیستمی شیب منحنی دامنه در $\omega = \infty$ برابر با $-20(n-m)\ \frac{dB}{dec}$ و فاز در $\omega = \infty$ برابر با $-90^\circ(n-m)$ است.

۴- در سیستم غیر حداقل فاز، اختلاف زاویه در منحنی Bode در $\omega = \infty$ می‌توان تفاضل درجه صورت و مخرج تابع انتقال را تعیین کرد.

۱۱- نمودار Bode سیستمی با فاز غیر مینیمم در شکل زیر ترسیم شده است. تابع انتقال سیستم برابر است با:



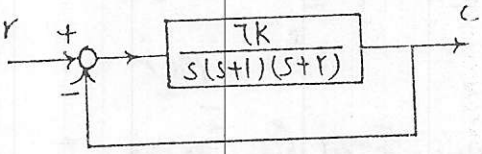
۱- $\frac{s-0.5}{s(s+0.5)(s+2)}$

۲- $\frac{2(s-0.5)}{s(s+0.5)(s+2)}$

۳- $\frac{2}{s(s+2)}$

۴- $\frac{1}{s(s+2)}$

۱۲- کدام بیان در مورد سیستم کنترل شکل زیر برای $k > 0$ معتبر نمی‌باشد؟



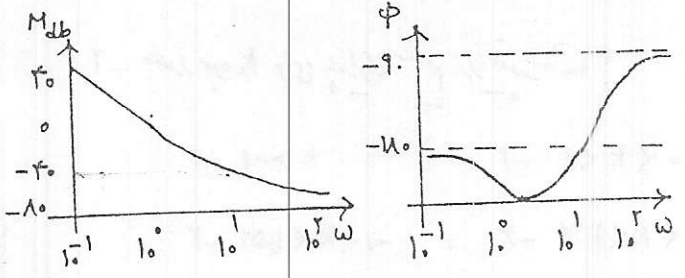
۱- سیستم برای $0 < k < 1$ پایدار است.

۲- نقطه شکست مکان ریشه در $s = -1.577$ است.

۳- شیب نهایی منحنی اندازه Bode برابر $-60\ \frac{db}{dec}$ است.

۴- منحنی ناکوئیست محور حقیقی منفی را در نقطه $-K$ قطع می‌کند.

۱۳- منحنی‌های اندازه و زاویه فاز تابع تبدیل $G(s)$ در شکل زیر داده شده است. تابع تبدیل $G(s)$ متناظر کدام است؟



۱- $\frac{s+10}{10s(s+1)}$

۲- $\frac{s+10}{100s^2(s+1)}$

۳- $\frac{(s+10)^2}{100s(s+1)^2}$

۴- $\frac{(s+10)^2}{100s^2(s+1)}$

۱۴- تابع تبدیل یک سیستم به صورت $G(s)=\frac{ke^{-Ts}}{s+1}$ $(k>1)$ داده شده است. اگر این سیستم با فیدبک واحد حلقه بسته شود، تحت چه شرایطی سیستم حلقه بسته پایدار است؟

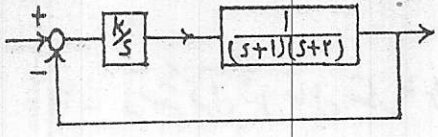
۱- $T\sqrt{k^2-1} < \tan^{-1}\sqrt{k^2-1}$

۲- $\left[T\sqrt{k^2-1}+\tan^{-1}\sqrt{k^2-1}\right] < \pi$

۳- $T\sqrt{k^2-1}+\tan^{-1}\sqrt{k^2-1} > \pi$

۴- $T\sqrt{k^2-1} > \tan^{-1}\sqrt{k^2-1}$

۱۵- در سیستم زیر، برای صفر کردن خطای حالت ماندگار در مقابل ورودی جهشی از یک کنترل کننده انتگرالی استفاده شده است. بهره k برای اینکه سیستم حلقه بسته دارای حد بهره برابر با ۲ باشد کدام است؟



۱- $k=2$ ۲- $k=3$ ۳- $k=6$ ۴- $k=12$

۱۶- اگر تابع تبدیل مدار باز یک سیستم کنترل به صورت $\frac{40}{(3s+1)(s^2+4s+4)}$ باشد در فرکانس $\omega=1.5\ \frac{rad}{s}$ شیب نمودار دامنه چقدر است؟

۱- ۳- ۲- ۲- ۳- ۱- ۴- صفر

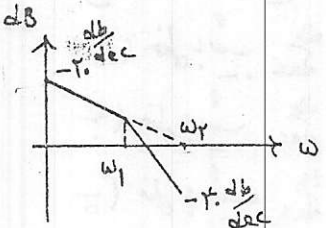
۱۷- اگر حاشیه بهره یک سیستم کنترل برابر با یک باشد:

۱- حاشیه فاز آن مثبت است ۲- حاشیه فاز آن منفی است ۳- حاشیه فاز می‌تواند مثبت یا منفی باشد ۴- حاشیه فاز صفر است

۱۸- اگر تابع تبدیل سیستم حلقه بسته به صورت $\frac{y(s)}{r(s)}=\frac{\sqrt{2}\,e^{-\frac{\pi}{4}s}}{s+1}$ باشد و ورودی $r(t)=\sin t$ پاسخ ماندگار خروجی $y(t)$ کدام است؟

۱- $-\cos t$ ۲- $\sin t$ ۳- $\sqrt{2}\sin t$ ۴- $-\sqrt{2}\cos t$

۱۹- تابع تبدیل حلقه باز یک سیستم کنترل با فیدبک واحد به صورت $\frac{k}{s(Js+B)}$ می‌باشد. اگر نمودار Bode دامنه‌ای سیستم به شکل زیر باشد مقادیر ω_1 و ω_2 عبارتند از:



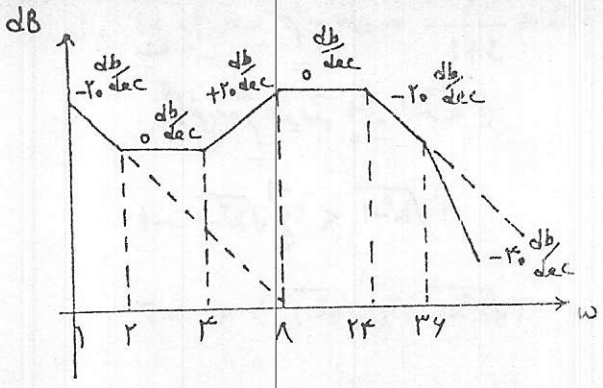
۱- $\omega_2=\frac{k}{B}$ ، $\omega_1=\frac{B}{J}$

۲- $\omega_2=\frac{k}{J}$ ، $\omega_1=\frac{B}{J}$

۳- $\omega_2=\frac{k}{J}$ ، $\omega_1=\frac{J}{B}$

۴- $\omega_2=\frac{k}{B}$ ، $\omega_1=\frac{J}{B}$

۲۰- نمودار Bode دامنه تابع تبدیل $G(s)=\frac{k(1+\frac{s}{5})(1+as)}{s(1+\frac{s}{8})(1+bs)(1+\frac{s}{36})}$ در شکل مقابل آمده است. مقادیر k, a, b عبارتند از:



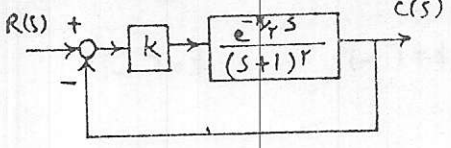
۱- $k=2\sqrt{2}, a=\frac{1}{4}, b=\frac{1}{24}$

۲- $k=2\sqrt{2}, a=\frac{1}{24}, b=\frac{1}{4}$

۳- $k=8, a=\frac{1}{4}, b=\frac{1}{24}$

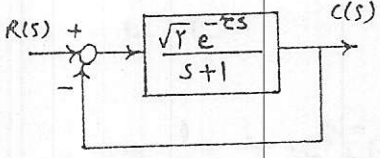
۴- $k=8, a=\frac{1}{24}, b=\frac{1}{4}$

۲۱- در سیستم کنترل شکل مقابل مقدار k برای اینکه حد بهره برابر ۲ باشد، کدام است؟



۱- $k=1$ ۲- $k=\frac{\sqrt{2}}{2}$ ۳- $k=\sqrt{2}$ ۴- $k=2\sqrt{2}$

۲۲- در سیستم نشان داده شده در شکل مقابل حد بهره برای مقادیر بسیار بزرگ a به ازای چه مقداری از a حاصل می‌شود؟

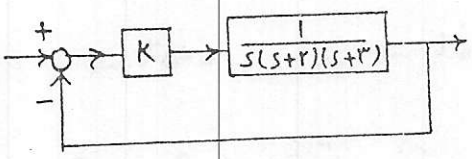


۱- $\frac{\pi}{2}$ ۲- $\frac{3\pi}{4}$ ۳- $\frac{\pi}{4}$ ۴- $\frac{\pi}{3}$

۲۳- تابع انتقال یک سیستم حلقه باز به صورت $G(s)=\frac{2\sqrt{3}}{s(s+1)}$ است. حد فاز این سیستم برابر است با:

۱- 30° ۲- 60° ۳- 120° ۴- 90°

۲۴- در سیستم کنترل زیر بازای چه مقدار k حد بهره برابر ۳ خواهد بود؟



۱- ۳ ۲- ۵ ۳- ۸ ۴- ۱۰

۲۵- پاسخ فرکانسی دامنه یک تابع تبدیل از قسمتهای زیر تشکیل شده است:

الف) خطی با شیب $20\ \frac{db}{dec}$ برای فرکانسهای کمتر از ۱ رادیان بر ثانیه

ب) خطی با شیب $40\ \frac{db}{dec}$ برای فرکانسهای بین ۱ تا ۱,۵ رادیان بر ثانیه

ج) خطی با شیب $20\ \frac{db}{dec}$ برای فرکانسهای بین ۱,۵ تا ۱۸ رادیان بر ثانیه

ت) خطی با شیب $60\ \frac{db}{dec}$ برای فرکانسهای بالاتر از ۱۸ رادیان بر ثانیه

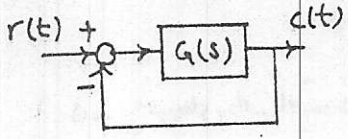
ضمناً اندازه تابع تبدیل در فرکانس ۱۰ رادیان بر ثانیه برابر یک می‌باشد. اگر این تابع تبدیل را به عنوان تابع حلقه باز یک سیستم کنترل با

فیدبک واحد منفی در نظر بگیرید، مقدار خطای حالت دائمی سیستم حلقه بسته را به ازای ورودی $r(t)=(5+3t)u(t)$ بدست آورید.

۱) $e_{ss}=1.515$ ۲) $e_{ss}=\%0.155$ ۳) $e_{ss}=\%15.5$ ۴) $e_{ss}=\%0.0155$

«پاسخ فرکانسی حلقه بسته - نمودار Nichols»

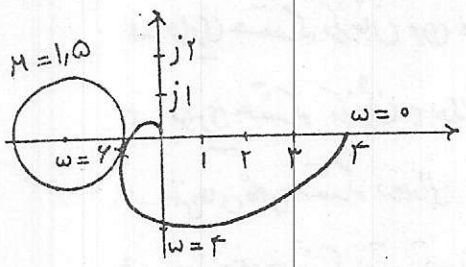
۱- دیاگرام نظیر تابع تبدیل مدار باز $G(j\omega)$ برای سیستم نشان داده شده در شکل الف به طریق تقریبی در شکل ب رسم شده است.



مقدار حالت دائمی خروجی سیستم حلقه بسته به ازای ورودی پله واحد عبارتست از:

۱- $c_{ss}=\frac{3}{4}$ ۲- $c_{ss}=\frac{4}{5}$

۳- $c_{ss}=1$ ۴- $c_{ss}=\frac{4}{3}$

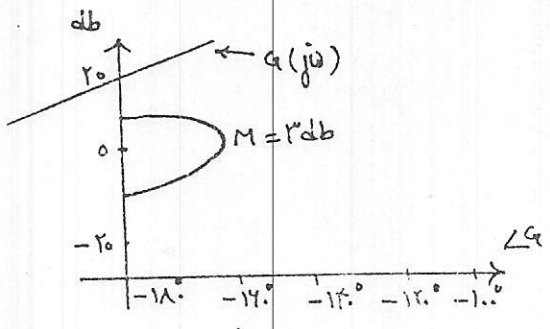


۲- در سؤال قبل اگر بخواهیم سیستم مداربسته را به طور تقریبی با یک سیستم مرتبه دوم با تابع تبدیل $\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{k}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$ مدلسازی کنیم مطلوب است تعیین ضرایب k، ζ، ω_n به طوری که حداکثر دامنه خروجی به ورودی M_p و فرکانس زاویه‌ای ω_p فقط شوند.

۱- $\zeta=0.28$, $\omega_n=6.5$, $k=34$ ۲- $\zeta=0.35$, $\omega_n=6$, $k=18$

۳- $\zeta=0.4$, $\omega_n=9$, $k=36$ ۴- $\zeta=0.51$, $\omega_n=4$, $k=16$

۳- دیاگرام اندازه (db) برحسب فاز (درجه) یک سیستم کنترل با فاز حداقل و فیدبک واحد مطابق شکل روی قسمتی از یک دیاگرام نیکولز رسم شده است می‌خواهیم M_r (resonant peak) سیستم حلقه بسته برابر با 3db شود. برای این منظور $G(j\omega)$ را در k_c ضرب می‌کنیم. مقدار k_c عبارتست از:



۱- $k_c=\frac{1}{10}$ ۲- $k_c=10$

۳- $k_c=100$ ۴- $k_c=\frac{1}{100}$

۴- تابع تبدیل حلقه باز سیستمی به صورت $G(s)=\frac{50(s+10)}{(s+1)(s+50)}$ می‌باشد. پهنای باند نقش سیستم چقدر است و اگر این سیستم به صورت حلقه بسته با فیدبک واحد در نظر گرفته شود، آیا پهنای باند تغییر خواهد کرد؟ در حالت اخیر پایداری و حد فاز و حد بهره سیستم را بدست آورید.

۱- $\omega_b=50$ ، بله ، پایدار ، $\phi=135^\circ$ ، $GM=\infty$

۲- $\omega_b=56.5$ ، بله ، پایدار ، $\phi=150^\circ$ ، $GM=\infty$

۳- $\omega_b=10$ ، بله ، پایدار ، $\phi=45^\circ$ ، $GM=\infty$

۴- $\omega_b=10$ ، خیر ، پایدار ، $\phi=135^\circ$ ، $GM=100$

۵- نقش‌های داخل ناحیه در نمودار نیکولز برای سیستم حلقه بسته با فیدبک واحد در صفحه $x-jy$ به صورت:

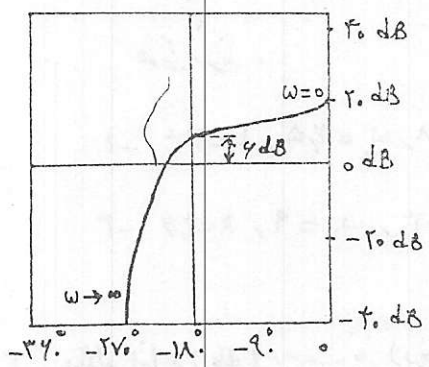
۱- دوایری هستند که مرکزشان بروی محور xها قرار دارد.

۲- دوایری هستند که مرکزشان به روی خط $x=-0.5$ و به موازات محور y است.

۳- نقش‌های خاصی هستند که در حوالی صفر دسی‌بل و -180° به صورت بیضی‌هایی می‌باشند.

۴- نقش‌هایی هستند که نسبت به تابع تبدیل حلقه باز و شکل فیدبک آن تغییر می‌کنند.

۶- نقش نگاریم دامنه برحسب فاز برای سیستم فیدبک فازی به صورت زیر است. کدام گزینه درمورد این سیستم صحیح است؟



۱- تفاوت در بهره صورت و نمرج دو واحد بهره سیستم 6db+ است.

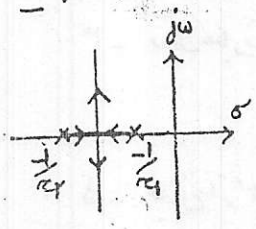
۲- تفاوت در بهره صورت و نمرج دو واحد بهره سیستم 6db- است.

۳- تفاوت در بهره صورت و نمرج سه واحد بهره سیستم 6db+ است.

۴- تفاوت در بهره صورت و نمرج سه واحد بهره سیستم 6db- است.

« جبران سازی »

۱- نمودار مکان ریشه‌های معادله مشخصه سیستمی با تنها یک واحد به صورت زیر است. اگر بخواهیم پاسخ سیستم به ورودی پله بدون نوسان باشد باید :



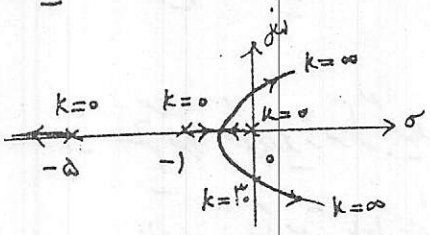
۱- یک کنترل کننده PD با بهره یک و ثابت زمانی $\tau_1 < \tau_2$ به آن اضافه کرد.

۲- یک کنترل کننده PD با بهره یک و ثابت زمانی $\tau_2 < \tau_1$ به آن اضافه کرد.

۳- یک کنترل کننده PI با بهره یک و ثابت زمانی $\tau_1 > \tau_2$ به آن اضافه کرد.

۴- یک کنترل کننده PI با بهره یک و ثابت زمانی $\tau_1 > \tau_2$ به آن اضافه کرد.

۲- سیستم کنترل با تابع تبدیل حلقه باز $G(s) = \frac{k}{s(s+1)(s+5)}$ و فیدبک واحد را در نظر می‌گیریم. می‌خواهیم جبران کننده ای برای این سیستم انتخاب کنیم که شرایط پایداری، $k_v = 20\ s^{-1}$، $\zeta = 0.5$، $\omega_n = 1$ را ایجاد کند. مکان هندسی ریشه‌های معادله مشخصه این سیستم جهت راهنمایی در شکل زیر رسم شده است. کدام جبران کننده را انتخاب می‌کنید؟



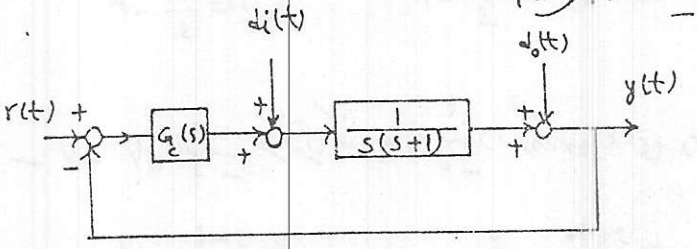
۱- جبران کننده Lead

۲- جبران کننده Lag

۳- جبران کننده Lead - Lag

۴- جبران کننده PI

۳- سیستم کنترل شکل زیر را در نظر بگیرید. می‌خواهیم نشان دهیم که سیستم پایدار باشد، اثر سیگنالهای اغتشاش ورودی d_i و خروجی d_o که پله‌ای واحد هستند در پاسخ حالت دائمی سیستم صفر باشد. کدامیک از کنترل کننده های زیر شرایط فوق را برای سیستم ایجاد می‌کند.



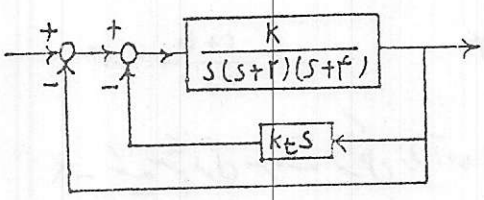
۱- $G_c(s) = \frac{1}{s}$

۲- $G_c(s) = \frac{s+2}{s}$

۳- $G_c(s) = 1$

۴- $G_c(s) = \frac{1+2s}{s}$

۴- سیستم کنترل شکل زیر را در نظر بگیرید. در رابطه با این سیستم می‌توان گفت :



۱- این جبران ساز ریشه‌های سیستم حلقه باز را به سمت چپ انتقال داده و لذا پاسخ زمانی را بهبود می‌بخشد.

۲- به علت حذف قطب - صفر با انتخاب $k_t = 0.5$ سیستم حلقه بسته تنها دارای دو قطب خواهد بود.

۳- با جبران سازی سری PD، می‌توان بهره‌های حلقه بسته سیستم را بهبود آورد.

آنگاه :

۱- هیچکدام از عبارات صحیح می باشند

۲- هیچکدام از عبارات صحیح نمی باشند .

۳- فقط عبارت اول صحیح است .

۴- فقط عبارت دوم غلط است .

۵- جبران ساز پس فاز در سیستم ها موجب آن می شود که :

۱- پاسخ گذرای سیستم بهبود یافته و زمان خطای آن بهتر شود .

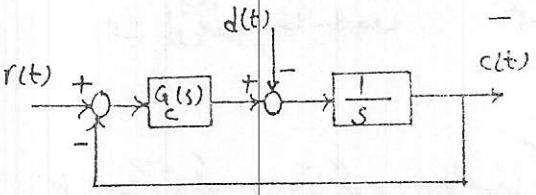
۲- پاسخ گذرای سیستم بهبود یافته و با بالا بردن بهره جبران ساز زمان خطای آن اندکی بهتر شود .

۳- پاسخ گذرای سیستم به طور اساسی تغییر نکرده ولی خطای آن به طور کلی بهتر شود .

۴- پاسخ گذرای سیستم و خطای آن بهبود کلی پیدا کنند .

۶- سیستم کنترل شکل زیر را در نظر بگیرید . $d(t)$ سیگنال اغتشاش ، $r(t)$ ورودی مرجع و $c(t)$ خروجی سیستم است .

می خواهیم ضمن اینکه سیستم پایدار باشد اثر سیگنال اغتشاش پله ای در حالت دائمی سیستم صفر شود . کدامیک از کنترل کننده های زیر شرایط فوق را برای سیستم تأمین می کند ؟



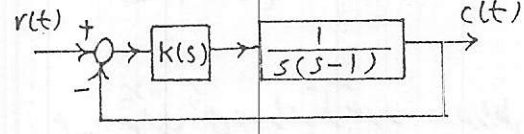
۱- $G_c(s)=10$

۲- $G_c(s)=s$

۳- $G_c(s)=\frac{1+s}{s}$

۴- $G_c(s)=\frac{1}{s}$

۷- برای کدام یک از کنترل کننده های پیشنهاد شده، بهره k ای وجود دارد که سیستم حلقه بسته زیر را پایدار می کند؟



۱- $k\frac{s-1}{s+10}$

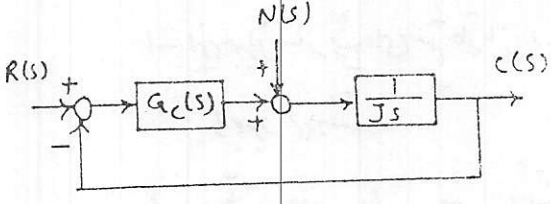
۲- $k\frac{s+10}{s+1}$

۳- $k\frac{s+10}{s+2}$

۴- $k\frac{s+1}{s+10}$

۸- یک سیستم کنترل سرعت در شکل زیر آمده است .

می خواهیم سیستم مداربسته پایدار بوده و اثر اغتشاش $N(s)$ که به صورت پله می باشد در حالت دائمی صفر باشد . لذا کنترل کننده باید یک کنترل کننده ..... باشد .



۱- I

۲- P

۳- PI

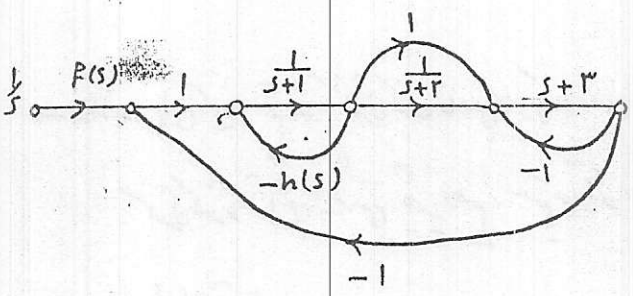
۴- PD

۹- یک جبران‌کننده پیش‌فاز با تابع تبدیل زیر در نظر بگیرید. در هم فرکانسی فاز جبران‌کننده حداکثر می‌شود؟

$$G_c(s)=\frac{\alpha(1+sT)}{1+\alpha Ts},\quad \alpha<1$$

۱- $T\sqrt{\alpha}$ ۲- $\frac{1}{T\sqrt{\alpha}}$ ۳- $\frac{\alpha+1}{2\alpha T}$ ۴- $\frac{2\alpha T}{\alpha+1}$

۱۰- نمودار گذر سیگنال یک سیستم کنترل به صورت زیر رسم شده است:



$h(s)$ یک کنترل‌کننده PD با فرض مناسبی یک و $F(s)$ یک جبران‌ساز مناسب است. اگر $\lim_{t\to\infty} c(t)=1$ باشد کدامیک از جفتهای $(F(s), h(s))$ زیر این شرط را برآورده می‌سازند؟

۱- $F(s)=\frac{1}{s+\frac{9}{25}}$, $h(s)=1+s$

۲- $F(s)=\frac{1}{s+1}$, $h(s)=1+s$

۳- $F(s)=\frac{9}{25}s+1$, $h(s)=1+3s$

۴- $F(s)=\frac{1}{\frac{9}{25}s+1}$, $h(s)=1+3s$

۱۱- در سیستم کنترل با تابع انتقال حلقه باز $G(s)=\frac{1}{s(s+2)}$ و فیدبک واحد منفی، برای صورتی که هدف رساندن به مشخصات دلخواه $\zeta=0.45$ و $e_{ss}=0.05$ (برای ورودی شیب) باشد کدام جبران‌کننده به نظر شما مناسب‌تر است؟

۱- lead با تابع انتقال $G_c(s)=\frac{5(s+0.1)}{s+0.125}$

۲- lag با تابع انتقال $G_c(s)=\frac{5(s+0.1)}{s+0.0125}$

۳- lag-lead با تابع انتقال $G_c(s)=\frac{25(s+2)(s+0.1)}{(s+20)(s+0.01)}$

۴- مناسب $G_c(s)=k_p=40$

۱۲- تابع تبدیل حلقه باز یک سیستم با فیدبک منفی واحد برابر $G(s)=\frac{1}{s+2}$ است. یک کنترل‌کننده PI با تابع تبدیل $G_c(s)$ طوری طرح کنید که

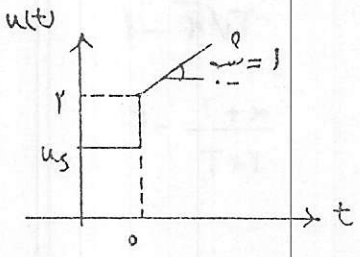
الف- برای ورودی پله، خطای ماندگار صفر باشد.

ب- برای ورودی شیب واحد، خطا برابر یک درصد باشد.

ج- نسبت میرایی قطبهای حلقه بسته سیستم $\zeta=0.7$ باشد.

۱- $G_c(s)=200+\frac{18}{s}$ ۲- $G_c(s)=100+\frac{18}{s}$ ۳- $G_c(s)=100+\frac{25}{s}$ ۴- $G_c(s)=18+\frac{200}{s}$

۱۳- اگر یک سیگنال خطا به شکل $e(t)=0.2tu(t)$ به یک کنترل کننده وارد شود و پاسخ زمانی کنترل کننده به شکل زیر باشد کدام گزینه در مورد نوع کنترل کننده درست است؟



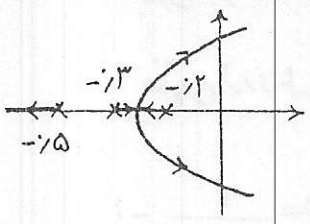
۱- PD با $\tau_D=2, k_c=5$

۲- PD با $\tau_D=10, k_c=5$

۳- PI با $\tau_i=10, k_c=5$

۴- PI با $\tau_i=2, k_c=5$

۱۴- برای یک سیستم که با کنترل کننده تناسبی کار می‌کند مکان هندسی ریشه‌ها مطابق شکل رسم شده است. گفته می‌شود که اگر کنترل کننده را با یک کنترل کننده تناسبی-مشتقی تغییر دهیم، سیستم می‌تواند بازای جمیع مقادیر بهره کنترل کننده، تناسبی پایدار بماند. حداقل مقدار ثابت زمانی کنترل مشتقی برابر است با:



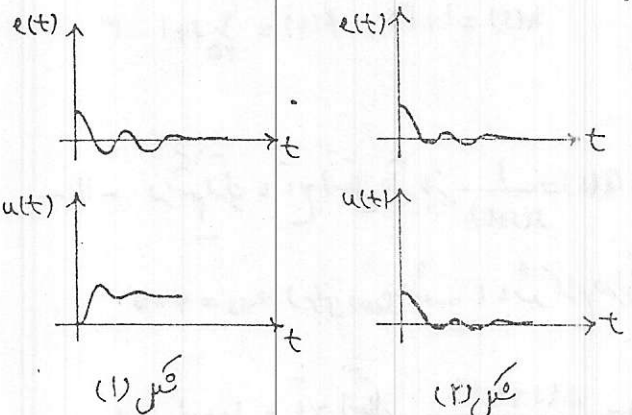
۱- ۰٫۲

۲- ۰٫۳

۳- ۰٫۵

۴- ۱

۱۵- شکل‌های زیر سیگنال خطای ورودی کنترل کننده و سیگنال کنترل خروجی آنرا نشان می‌دهند. هریک از این اشکال معرف چه نوع عملکرد کنترلی می‌تواند باشد؟



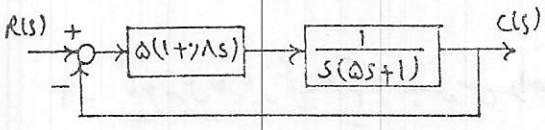
۱- شکل (۱): انتگرالی شکل (۲): تناسبی

۲- شکل (۱): مشتق شکل (۲): انتگرالی

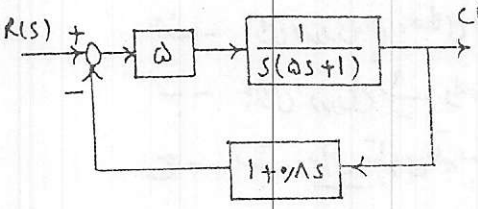
۳- شکل (۱): تناسبی شکل (۲): انتگرالی

۴- شکل‌ها اطلاعات مشخصی به دست نمی‌دهند.

۱۶- سیستم‌های نشان داده شده در شکل زیر را در نظر بگیرید. کدام گزینه در مورد این سیستم‌ها درست است؟



۱- تابع تبدیل حلقه GH برای دو سیستم یکسان است لذا مکان ریشه‌ها و در نتیجه پاسخ پله آنها کاملاً یکسان است.

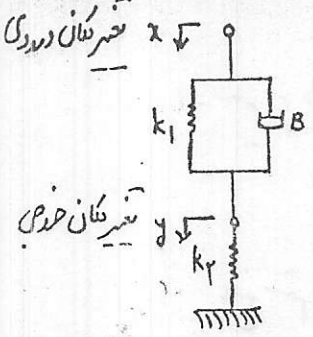


۲- صفرها و قطبهای حلقه بسته دو سیستم یکسان است لذا پاسخهای پله متناظر آنها یکسان است.

۳- تابع تبدیل حلقه GH برای دو سیستم یکسان است لذا مکان ریشه‌های دو سیستم یکسان است اما سیستم اول پاسخ سریعتر و خطای دائمی کمتری دارد.

۴- گزینه‌های ۱ و ۲ صحیح هستند.

۱۷ - سیستم مکانیکی شکل زیر را به عنوان کدامیک از کنترل کننده های داده شده می توان به کار برد ؟



۱- فیلتر phase lag ۲- فیلتر phase lead

۳- کنترل کننده PD ۴- کنترل کننده PI

۱۸ - تابع انتقال متقابل یک کنترل کننده Lead/lag را نشان می دهد : $\beta > 1$

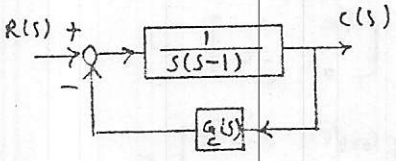
$$G(s) = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{s+\frac{1}{T_1}}{s+\frac{1}{\beta T_1}} \cdot \frac{s+\frac{1}{T_2}}{s+\frac{\beta}{T_2}}$$

هنگامی $\beta \to \infty$ این کنترل کننده به چه نوع کنترل کننده ای تبدیل می شود ؟

۱- P ۲- PD ۳- PI ۴- PID

۱۹ - سیستم کنترل شکل زیر را در نظر بگیرید .

کنترل کننده $G_c(s)$ را چنان طراحی کنید که سیستم حلقه بسته پایدار باشد و قطبهای حلقه بسته در -2 و -1 قرار گیرند .



۱- $G_c(s) = 2 + \frac{4}{s}$ ۲- $G_c(s) = 2s$

۳- $G_c(s) = 4$ ۴- $G_c(s) = 2 + 4s$

« فضای حالت »

۱- سیستم زیر داده شده است :

$$\dot{x}(t)=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -\omega^2 & 0\end{bmatrix}x(t)+\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u(t)$$

$$y(t)=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}x(t)\ ,\ x(0)=0\ ,\ u(t)=\begin{cases}1 & t>0\\ 0 & t\le 0\end{cases}$$

پاسخ سیستم عبارتست از :

۱- $\omega^2(1-\cos\omega t)$ ۲- $\omega^2(1-\sin\omega t)$ ۳- $\frac{1}{\omega^2}(1-\sin\omega t)$ ۴- $\frac{1}{\omega^2}(1-\cos\omega t)$

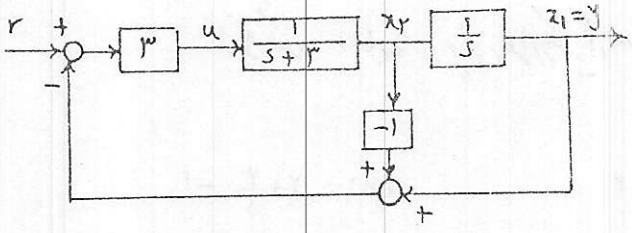
۲- معادلات دیفرانسیل سیستمی عبارتند از :

$$\dot{y}(t)=a\,y(t)+z(t)+u(t)$$
$$\dot{z}(t)=z(t)-2y(t)+u(t)$$
$$\dot{\omega}(t)=-\omega(t)$$

این سیستم بازای چه مقادیری از a پایدار است ؟

۱- $a>0$ ۲- $a<0$ ۳- $-2<a<-1$ ۴- $a<-1$

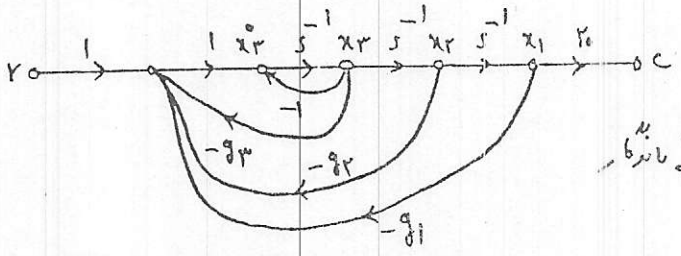
۳- ماتریس انتقال حالت سیستم زیر برابر است با :



۱- $\begin{bmatrix}3e^{-3t} & 0\\ 0 & e^{-t}\end{bmatrix}$ ۲- $\begin{bmatrix}3e^{-3t} & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$

۳- $\begin{bmatrix}\cos\sqrt{3}t & \sin\sqrt{3}t\\ -3\sin\sqrt{3}t & \cos\sqrt{3}t\end{bmatrix}$ ۴- $\begin{bmatrix}\cos\sqrt{3}t & \frac{\sqrt{3}}{3}\sin\sqrt{3}t\\ -\sqrt{3}\sin\sqrt{3}t & \cos\sqrt{3}t\end{bmatrix}$

۴- یک سیستم کنترل با شرایط حالت در شکل زیر نشان داده شده است .



بردار $[\,g_3\ g_2\ g_1\,]$ را چنان تعیین کنید که در مورد از مقادیر سیستم حلقه بسته در $z=-1$ قرار گرفته و ضمن حالت ماندگار سیستم به ورودی پله واحد صفر باشد :

۱- $[\,20\ 22\ 11\,]$ ۲- $[\,22\ 11\ 20\,]$

۳- $[\,22\ 20\ 20\,]$ ۴- برای پیدا کردن این بردار مشخص کردن سرعت تطبیق الزامی است .

۸- تابع تبدیل یک سیستم کنترل عبارتست از :

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{1}{s(R+Ls)(B+Js)}$$

با تعریف متغیرهای سیستم به صورت :

$$\begin{cases} x_1(s) = \dfrac{V(s)}{s} \\ x_2(s) = \dfrac{V(s)}{R+Ls} \\ x_3(s) = \dfrac{V(s)}{B+Js} \end{cases}$$

معادلات دینامیکی و خروجی کامل سیستم با تعریف $x(t) = [x_1\ x_2\ x_3]^T$ عبارتست از :

۱- $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R/L & 0 \\ 0 & 0 & -B/J \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 1/L \\ 1/J \end{bmatrix} V(t)$

$\theta(t) = \begin{bmatrix} \frac{1}{RB} & \frac{-L^2}{R(BL-JR)} & \frac{J^2}{B(LB-RJ)} \end{bmatrix} x(t)$

۲- $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R/L & 0 \\ 0 & 0 & -B/J \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 1/L \\ 1/J \end{bmatrix} V(t)$

$\theta(t) = \begin{bmatrix} \frac{1}{RB} & \frac{-L}{R(BL-JR)} & \frac{J}{B(LB-RJ)} \end{bmatrix} x(t)$

۳- $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R/L & 0 \\ 0 & 0 & -B/J \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 1/L \\ 1/J \end{bmatrix} V(t)$

$\theta(t) = \begin{bmatrix} \frac{-L^2}{R(BL-JR)} & \frac{J^2}{B(LB-RJ)} & \frac{1}{RB} \end{bmatrix} x(t)$

۴- هیچکدام

۹- در یک سیستم کنترل با معادله دیفرانسیل $\frac{d^2y}{dt^2} + 2\frac{dy}{dt} + y = u(t)$ اگر متغیرهای حالت را به صورت $x_1 = y$، $x_2 = \frac{dy}{dt}$ تعریف کنیم و برای قرار دادن قطبهای حلقه بسته در $s=-2$ و $s=-3$ از فیدبک حالت $u(t) = r(t) - g_1x_1 - g_2x_2$ استفاده کنیم مقادیر g_1 و g_2 کدامند؟

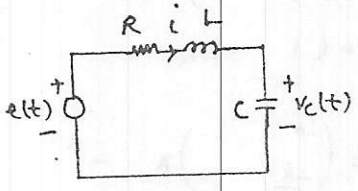
۱- $g_1=2$ ، $g_2=5$

۲- $g_1=3$ ، $g_2=5$

۳- $g_1=g_2=-7$

۴- $g_1=5$ ، $g_2=3$

۱۰- معادله حالت مدار زیر را تشکیل دهید.



۱- $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1/C \\ -1/L & R/L \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1/L \end{bmatrix} e(t)$

$y(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} x(t)$

۲- $\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1/C \\ -1/L & -R/L \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1/L \end{bmatrix} e(t)$

$y(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x(t)$

۵- درستی کدام یک از معادلات حالت زیر توصیف شده است. محدوده تغییرات k را برای پایداری سیستم بدست آورید.

$$\dot{x}_1(t) = 2x_1(t) + 2x_2(t) + x_3(t) + u_1(t)$$
$$\dot{x}_2(t) = x_1(t) + 2x_2(t) - x_3(t) + 2u_2(t)$$
$$\dot{x}_3(t) = kx_1(t) + x_2(t) + u_1(t) + u_2(t)$$
$$y(t) = x_1(t) + x_2(t) + x_3(t)$$

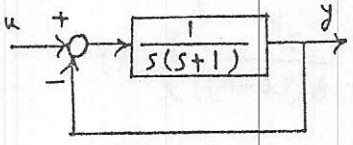
۱- $k > \frac{1}{5}$

۲- $\frac{1}{5} < k < 5$

۳- $k < \frac{1}{5}$ یا $k > 5$

۴- سیستم بازای کلیه مقادیر k ناپایدار است.

۶- سیستم کنترل شکل زیر را در نظر گیرید. با استفاده از متغیرهای حالت $x_1 = y$ ، $x_2 = \dot{y}$ توصیف سیستم را به صورت معادلات فضای حالت (معادلات حالت و معادلات خروجی) بنویسید.



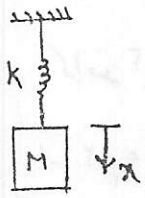
۱- $\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}u$ ، $y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$

۲- $\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}u$ ، $y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$

۳- $\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & -1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}u$ ، $y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$

۴- $\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}u$ ، $y = \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}$

۷- معادلات فضای سیستم نشان داده شده در شکل زیر را بدست آورید و شکل پاسخ سیستم به ورودی ضربه را تعیین کنید.



۱- $\dot{x} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k}{M} & 0 \end{pmatrix}x$ ، $x_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ، پاسخ میرا شونده است.

$y = \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix}x$

۲- $\dot{x} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k}{M} & 0 \end{pmatrix}x$ ، $x_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ ، پاسخ نوسانی است.

$y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix}x$

۳- $\dot{x} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k}{M} & 0 \end{pmatrix}x$ ، $x_0 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ ، پاسخ نوسانی است.

$y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix}x$

۴- $\dot{x} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k}{M} & 0 \end{pmatrix}x$ ، $x_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ، پاسخ میرا شونده است.

$y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix}x$

۳- $\dot{x}(t)=\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{3}{2} \end{bmatrix}x(t)+\begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{2} \end{bmatrix}e(t)$

$y(t)=\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}x(t)$

۴- $\dot{x}(t)=\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{3}{2} \end{bmatrix}x(t)+\begin{bmatrix} \frac{1}{2} \\ 0 \end{bmatrix}e(t)$

$y(t)=\begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}x(t)$

۱۱- معادلات فضای حالت سیستمی به صورت زیر داده شده است:

$\dot{x}(t)=\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix}x(t)+\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}u(t)$

$y(t)=\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}x(t)$

تابع تبدیل این سیستم عبارت است از:

۱- $g(s)=\frac{1}{s^2+3s+2}$

۲- $g(s)=\frac{s+1}{s^2+2s+3}$

۳- $g(s)=\frac{s+1}{s^2+2s+3}$

۴- $g(s)=\frac{s+1}{s^2+3s+2}$

۱۲- معادلات فضای حالت سیستمی عبارتند از:

$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}+\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}u$

$y=\begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$

که در آن r مقدار مرجع، y خروجی، x بردار حالت و w یک نویز داخلی و u سیگنال کنترل است.

$w=x_1+y$

$u=r-w$

تابع تبدیل سیستم حلقه بسته کدام است؟

۱- $g(s)=\frac{1}{s+1}$

۲- $g(s)=\frac{1}{(s+1)^2}$

۳- $g(s)=\frac{s+2}{(s+1)^2}$

۴- $g(s)=\frac{1}{(s+2)(s+1)}$

۱۳- معادلات حالت و خروجی سیستمی عبارتند از:

$\dot{x}(t)=\begin{bmatrix} 0 & k+1 \\ -k-2 & -2k-3 \end{bmatrix}x(t)+\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}u(t)$

$y(t)=\begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}x(t)$

بازاء چه مقادیری از k سیستم پایدار است؟

۱- $k>-2$

۲- $-2<k<-1$

۳- $k>-1$

۴- سیستم بازاء کلیه مقادیر k پایدار است.

۱۴- سیستم کنترل با معادلات $\dot{x}=\begin{bmatrix}0 & 0 & 1\\ 0.5 & 0.5 & 0\\ 0.5 & 0 & 0\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}1\\ 0\\ 0.5\end{bmatrix}u$ را در نظر بگیرید. اگر ورودی $u=\begin{bmatrix}-1 & 1\end{bmatrix}x$ به سیستم اعمال شود

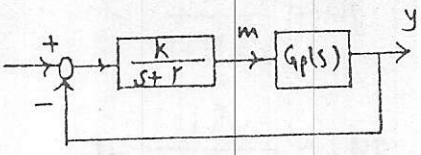
مقدار $\lim_{t\to\infty}$ از تأثیر انتقال حالت سیستم حلقه بسته برابر است با:

۱- e^{-t} ۲- e^{-2t} ۳- ۱ ۴- $1-e^{-t}$

۱۵- سیستم کنترل شکل زیر را در نظر بگیرید. اگر تابع تبدیل واحد تقویت کنترل $G_p(s)$ به صورت معادلات حالت زیر باشد:

$\dot{x}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ 0 & -3\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u$ ، $y=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}x$

مقدار k که بازای آن دو ریشه از ریشه‌های معادله مشخصه حلقه بسته روی محور jω قرار می‌گیرند کدام است؟



۱- ۳۰ ۲- ۲۰ ۳- ۳۰ ۴- ۴۰

۱۶- اگر برای سیستم $G(s)=\frac{10(s^3+1)}{s^3+3s^2+5s+1}$ ماتریس‌های فضای حالت $A=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ -1 & -5 & -3\end{bmatrix}$ و $B=\begin{bmatrix}0\\ 0\\ 10\end{bmatrix}$ باشند ماتریس‌های C, D کدام است؟

۱- $C=[1\ 0\ 0]$, $D=0$ ۲- $C=[1\ 0\ 0]$, $D=10$

۳- $C=[0\ -5\ -3]$, $D=10$ ۴- $C=[-1\ -5\ -3]$, $D=0$

۱۷- معادلات فضای حالت سیستمی عبارتند از:

$\dot{x}=\begin{bmatrix}0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ 0 & 0 & 0\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\ 0\\ 1\end{bmatrix}u$

$y=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\end{bmatrix}x$

تابع تبدیل این سیستم عبارتست از:

۱- $\frac{1}{s^3+s^2+s+1}$ ۲- $\frac{1}{s^3}$

۳- $\frac{s+1}{s^3}$ ۴- $\frac{s+1}{s(s^2+1)}$

۱۸- سیستم کنترل با معادلات حالت و خروجی زیر را در نظر بگیرید.

$$\dot{x}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u$$

$$y=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}x$$

$$u=-\begin{bmatrix}k_1 & k_2\end{bmatrix}x$$

می‌خواهیم نسبت میرائی سیستم حلقه بسته برابر ۰/۵ و فرکانس طبیعی میرانشده آن برابر یک رادیان بر ثانیه باشد. مقادیر k_1 و k_2 عبارتند از:

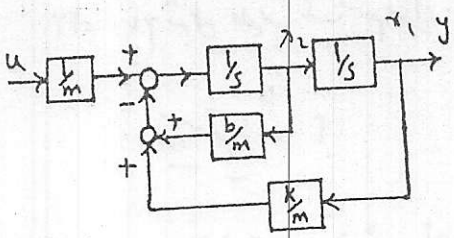
۱- $k_1=k_2=2$

۲- $k_1=k_2=-2$

۳- $k_1=2, k_2=1$

۴- $k_1=1, k_2=2$

۱۹- تابع فضای حالت سیستم نشان داده شده در شکل زیر کدام است؟



۱- $\dot{x}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -\frac{k}{m} & -\frac{b}{m}\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u$

$$y=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}x$$

۲- $\dot{x}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -\frac{k}{m} & -\frac{b}{m}\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\ -\frac{1}{m}\end{bmatrix}u$

$$y=\begin{bmatrix}\frac{b}{m} & 0\end{bmatrix}x$$

۳- $\dot{x}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -\frac{k}{m} & -\frac{b}{m}\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\ \frac{1}{m}\end{bmatrix}u$

$$y=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}x$$

۴- $\dot{x}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -\frac{k}{m} & -\frac{b}{m}\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\ \frac{1}{m}\end{bmatrix}u$

$$y=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}x$$

۲۰- تابع فضای حالت سیستمی به صورت $\dot{x}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ -2 & -3\end{bmatrix}x+\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u$ می‌باشد. پاسخ پله واحد سیستم با شرایط اولیه صفر کدام است؟

$$y=\begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix}x$$

۱- $y(t)=\frac{1}{2}-e^{-t}+\frac{1}{2}e^{-2t}$ $(t\geq 0)$

۲- $y(t)=1+e^{-t}+\frac{1}{2}e^{-2t}$ $(t\geq 0)$

۳- $y(t)=\frac{1}{2}+2e^{-t}-e^{-2t}$ $(t\geq 0)$

۴- $y(t)=-1+e^{-t}+\frac{1}{2}e^{-2t}$ $(t\geq 0)$

۲۱- در سیستم $\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) = Cx(t) \end{cases}$ اگر شرایط اولیه به صورت $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ باشد خروجی برابر e^{-t} و اگر شرایط اولیه به صورت $\begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}$ باشد خروجی برابر e^{-2t} می‌شود. ماتریس A کدامیک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد؟

۱- $\begin{bmatrix} -1 & 2 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}$ ۲- $\begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}$ ۳- $\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix}$ ۴- $\begin{bmatrix} 7 & 12 \\ -6 & -10 \end{bmatrix}$

۲۲- تابع تبدیل حلقه‌بسته یک سیستم کنترل به صورت $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{s+3}{s^2+3s+2}$ می‌باشد. کدامیک از گزینه‌ها می‌تواند نمایشی از فضای حالت این سیستم باشد؟

۱- $\dot{x} = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} u$
$y = \begin{bmatrix} 2 & -1 \end{bmatrix} x$

۲- $\dot{x} = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 2 \\ -1 \end{bmatrix} u$
$y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} x$

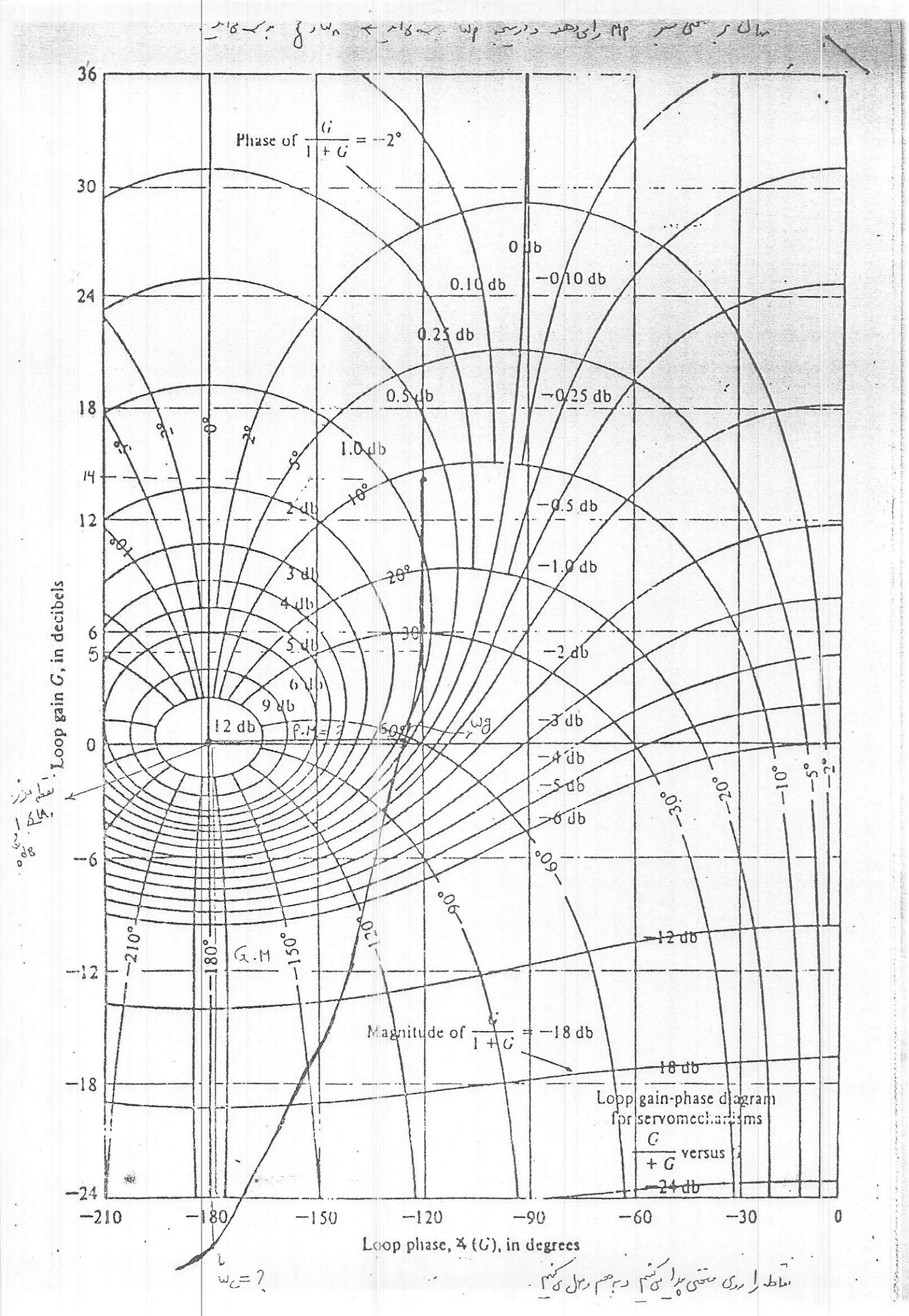
۳- $\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$
$y = \begin{bmatrix} 3 & 1 \end{bmatrix} x$

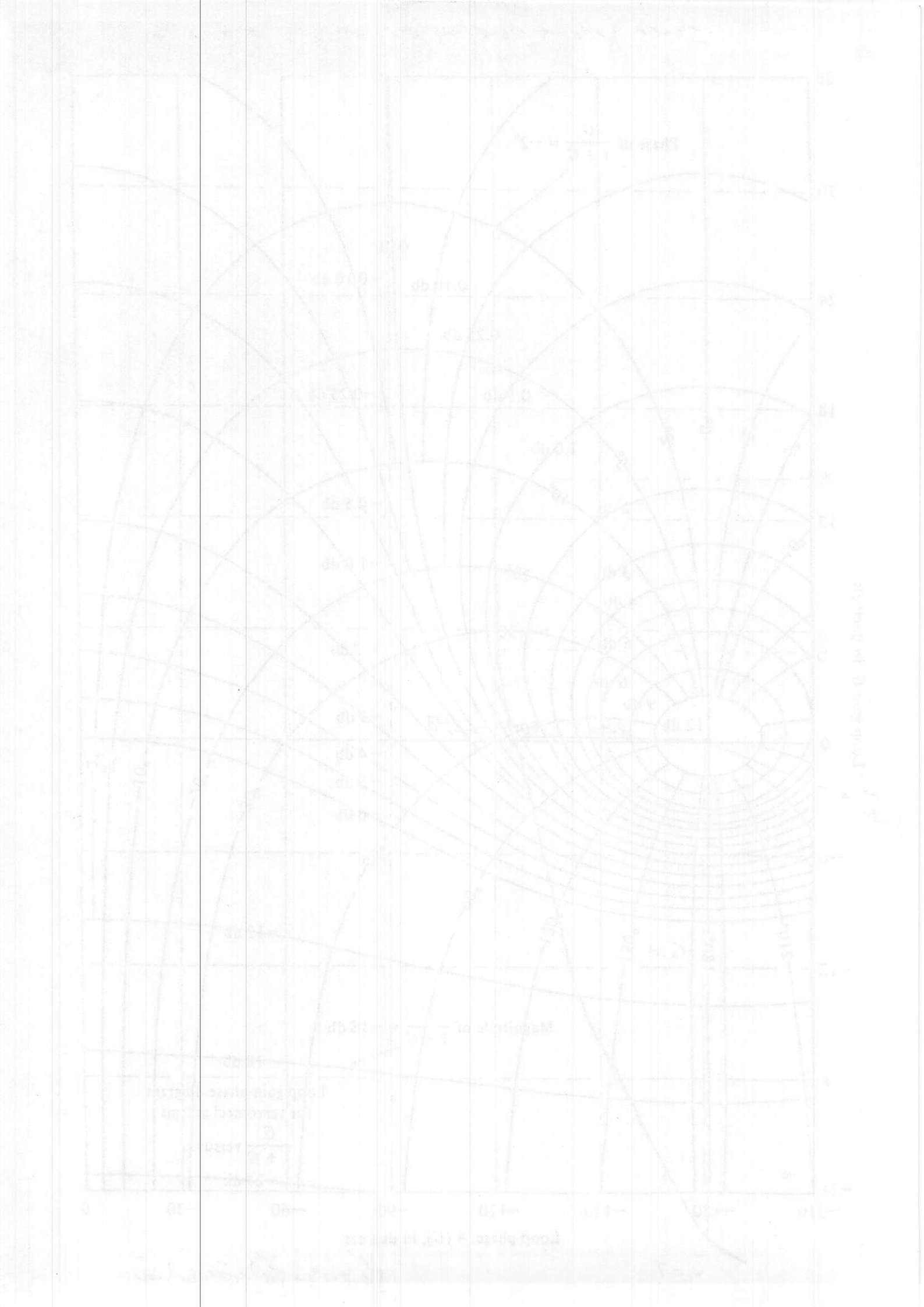
۴- $\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 3 \\ 1 \end{bmatrix} u$
$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} x$

۲۳- اگر ماتریس حالت سیستمی به صورت $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -2 \end{bmatrix}$ باشد ماتریس انتقال حالت این سیستم کدام است؟

۱- $\begin{bmatrix} 1 & 1-e^{-2t} \\ 0 & e^{-2t} \end{bmatrix}$ ۲- $\begin{bmatrix} 1 & 1-e^{-2t} \\ e^{-2t} & 0 \end{bmatrix}$

۳- $\begin{bmatrix} e^{-2t} & \frac{1}{2}-\frac{1}{2}e^{-2t} \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ ۴- $\begin{bmatrix} \frac{1}{2}-\frac{1}{2}e^{-2t} & 1 \\ e^{-2t} & 0 \end{bmatrix}$


Phase of $\frac{G}{1+G} = -2°$
Magnitude of $\frac{G}{1+G} = -18$ db
0 db
0.10 db
−0.10 db
0.25 db
−0.25 db
0.5 db
−0.5 db
1.0 db
−1.0 db
2 db
−2 db
3 db
−3 db
4 db
−4 db
5 db
−5 db
6 db
−6 db
9 db
12 db
−12 db
18 db
−18 db
24 db
−24 db
G.M
P.M
Loop gain G, in decibels
Loop phase, ∠ (G), in degrees
Loop gain-phase diagram for servomechanisms
$\frac{G}{1+G}$ versus



نمودار قطبی- محک نایکوئیست	
۱	۲
۲	۱
۳	۳
٤	۲
٥	٤
٦	۳
۷	۲
۸	۲
۹	٤
۱۰	۱
۱۱	۳
۱۲	۱
۱۳	۲
۱٤	٤
۱٥	٤
۱٦	۲
۱۷	۲
۱۸	٤
۱۹	۳
۲۰	۳
۲۱	۱
۲۲	۲

نمودار Bode	
۱	۲
۲	٤
۳	٤
٤	٤
٥	٤
٦	٤
۷	۲
۸	۲
۹	۳
۱۰	۲
۱۱	۲
۱۲	۲
۱۳	٤
۱٤	۲
۱٥	۲
۱٦	۳
۱۷	٤
۱۸	۱
۱۹	۱
۲۰	۳
۲۱	۱
۲۲	۲
۲۳	۱
۲٤	٤
۲٥	۲

نمودار Nichols	
۱	۲
۲	۱
۳	٤
٤	۱
٥	۱
٦	٤

جبران سازی	
۱	۱
۲	۳
۳	٤
٤	٤
٥	۳
٦	۳
۷	٤
۸	۳
۹	۲
۱۰	۱
۱۱	۲
۱۲	٤
۱۳	۱
۱٤	٤
۱٥	۱
۱٦	۳
۱۷	۲
۱۸	٤
۱۹	٤

فضای حالت	
٤	۱
۳	۲
٤	۳
۱	٤
٤	٥
۳	٦
۳	۷
۱	۸
٤	۹
۲	۱۰
٤	۱۱
۱	۱۲
۳	۱۳
۳	۱٤
۳	۱٥
۳	۱٦
۲	۱۷
۳	۱۸
٤	۱۹
۱	۲۰
۲	۲۱
۳	۲۲
٤	۲۳

سجادیان

ساده سازی	
۱	۱
۲	٤
۳	۱
٤	۳
٥	۱
٦	٤
۷	۱
۸	۱
۹	٤
۱۰	۳
۱۱	٤
۱۲	۳
۱۳	٤
۱٤	۳
۱٥	۱

تحلیل حساسیت	
۱	۳
۲	۱
۳	٤
٤	٤
٥	۲
٦	٤
۷	۳
۸	۱
۹	۲

تحلیل پاسخ گذرا	
۱	٤
۲	۱
۳	۱
٤	۳
٥	۱
٦	۳
۷	۲
۸	۳
۹	۱
۱۰	۱
۱۱	٤
۱۲	۲
۱۳	٤
۱٤	۳
۱٥	۲
۱٦	۲
۱۷	۲
۱۸	۱
۱۹	۲
۲۰	۱
۲۱	۳
۲۲	۱
۲۳	۳
۲٤	۳
۲٥	۳
۲٦	۱
۲۷	۳
۲۸	٤
۲۹	۱
۳۰	۱
۳۱	۱
۳۲	۲
۳۳	٤
۳٤و۳٥	٤

پایداری	
۱	۱
۲	۱
۳	۳
٤	۳
٥	۳
٦	٤
۷	٤
۸	۲
۹	٤
۱۰	٤
۱۱	٤
۱۲	۲
۱۳	٤
۱٤	۳
۱٥	٤
۱٦	٤
۱۷	٤
۱۸	۲
۱۹	۲
۲۰	۳
۲۱	٤
۲۲	۳
۲۳	٤
۲٤	٤
۲٥	۲
۲٦	٤
۲۷	۲
۲۸	۳
۲۹	۱
۳۰	۳

تحلیل پاسخ دائمی	
۱	۳
۲	۳
۳	۲
٤	۲
٥	۲
٦	۳
۷	۲
۸	٤
۹	۱
۱۰	۱
۱۱	۱
۱۲	۲
۱۳	۲
۱٤	۳
۱٥	۱
۱٦	٤
۱۷	۳
۱۸	۲
۱۹	۱
۲۰	۲
۲۱	۲
۲۲	۱
۲۳	۲

مکان هندسی ریشه ها	
۱	۲
۲	۳
۳	۳
٤	۳
٥	٤
٦	٤
۷	٤
۸	۲
۹	۳
۱۰	۳
۱۱	۳
۱۲	۳
۱۳	۳
۱٤	۲
۱٥	٤

سجادیان