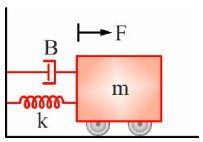
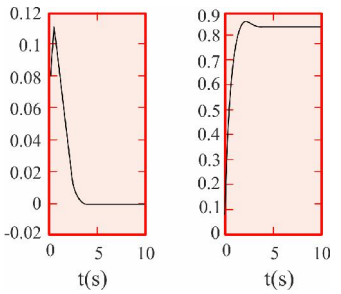
سیستم‌های کنترل خطی

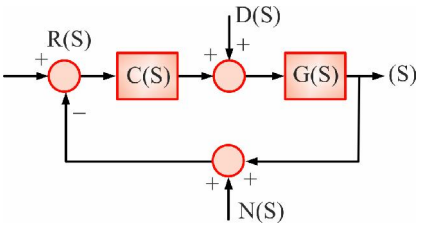
۱. در شکل زیر، هدف آن است که پس از اعمال نیروی $F=1N$ در زمان $t=0$، جرم در فاصله یک متری از نقطه‌ی اولیه متوقف شود، با فرض این که ضریب اصطکاک جرم با سطح زمین قابل صرف‌نظر باشد، به ازای جرم $1kg$ مقادیر K و B را به گونه‌ای به دست آورید، تا مسافت طی شده توسط جرم برای رسیدن به نقطه‌ی هدف مینیمم باشد؟



۱) $K=1, B>2$
۲) $K=1, B\geq 2$
۳) $K=1, -2<B<2$
۴) $B=2$ بستگی به K ندارد.

۲. سیستم حلقه بسته‌ی زیر را در نظر بگیرید. فرض کنید پاسخ پله‌ی واحد $y(s)$ به ازاء $\left(D(s)=\frac{1}{s}, R(s)=N(s)=0\right)$، y_d و پاسخ آن به ازاء $\left(R(s)=\frac{1}{s}, D(s)=N(s)=0\right)$، y_r باشد. اگر y_r و y_d به صورت شکل زیر باشند، کدام گزینه در مورد کران سیگنال‌ها، به ازای $R(s)=N(s)=\frac{1}{s}$ و $D(s)=0$ درست است؟

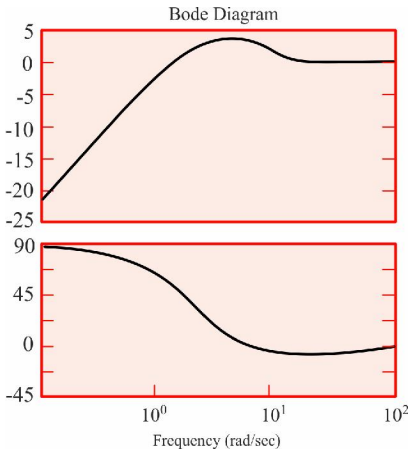




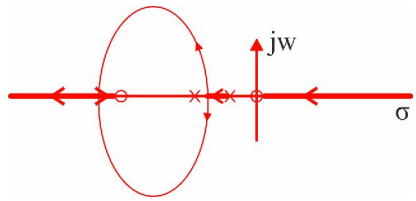
۱) سیگنال $u(t)$ محدود و $y(t)$ نامحدود
۲) سیگنال $y(t)$ نامحدود و $u(t)$ نامحدود
۳) سیگنال $u(t)$ نامحدود و $y(t)$ محدود
۴) سیگنال $y(t)$ محدود و $u(t)$ محدود

www.topsoal.ir

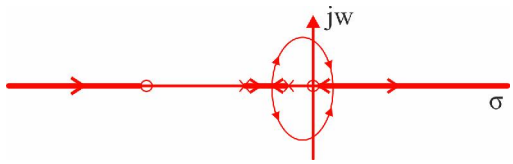
۳.سیستم فیدبک واحد با تابع مسیر پیشروی $G(s)$، که پاسخ فرکانسی آن در شکل نشان داده شده است را در نظر بگیرید. مکان هندسی ریشه‌های سیستم $(k<0)$ و وضعیت قطب‌ها به ازاء $k=-1$ چگونه است؟



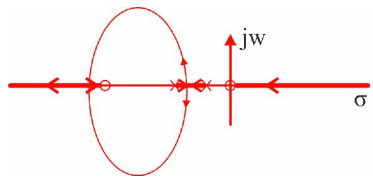
۱) با دو ریشه در LHP



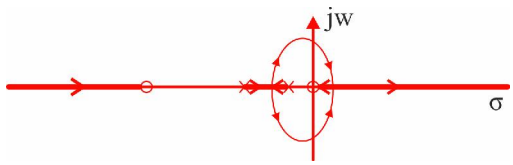
۲) با دو ریشه در RHP



۳) یک ریشه در ∞، یک ریشه در LHP



۴) یک ریشه در ∞، یک ریشه RHP



۴.گزینه‌ی نادرست، کدام است؟

۱) تأخیر زمانی، فرکانس گذر فاز را کاهش می‌دهد.

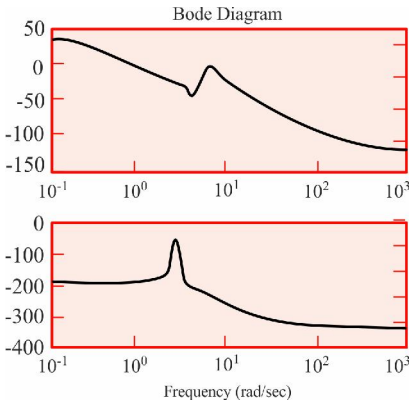
۲) زمان نشست تابع تبدیل $\frac{4}{s^2+2.8s+4}$ با معیار 5 درصد با $\frac{3}{1.14}$ برابر است.

۳) سیستم با صفر نزدیک به مبدأ، دارای بالازدگی نزدیک به بی‌نهایت در پاسخ پله می‌باشد.

۴) اگر منحنی فاز و اندازه نزولی باشند و سیستم مینیمم فاز باشد، درصورتی که فرکانس گذر فاز کوچک‌تر از فرکانس گذر بهره باشد، سیستم ناپایدار است.

www.topsoal.ir

۵. پاسخ فرکانسی $G(s)$ داده شده است، تابع تبدیل کدام است؟



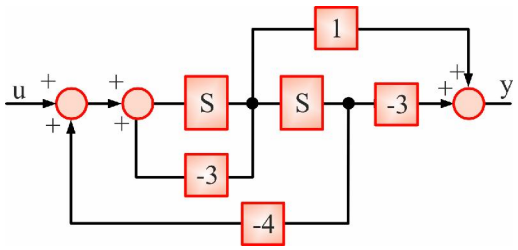
۱) $G(s)=\dfrac{(s^2+2\zeta_1\omega_{n1}s+\omega_{n1}^2)(1-\alpha s)}{s^2(s^2+2\zeta_2\omega_{n2}s+\omega_n^2)(1+\alpha s)}$ $\quad \zeta_1\cong\zeta_2,\ \alpha>0,\ \omega_{n1}<\omega_{n2}$

۲) $G(s)=\dfrac{(s^2+2\zeta_1\omega_{n1}s+\omega_{n1}^2)(s-\alpha)}{s^2(s^2+2\zeta_2\omega_{n2}s+\omega_{n2}^2)(s+\alpha)}$ $\quad \alpha>0,\ \omega_{n1}<\omega_{n2},\ \zeta_1\cong\zeta_2$

۳) $G(s)=\dfrac{(s^2+2\zeta_1\omega_{n1}s+\omega_{n1}^2)(1-\alpha s)}{s^2(s^2+2\zeta_2\omega_{n2}s+\omega_n^2)(1+\alpha s)}$ $\quad \alpha>0,\ \omega_{n1}<\omega_{n2},\ \zeta_1\gg\zeta_2$

۴) $G(s)=\dfrac{(s^2+2\zeta_1\omega_{n1}s+\omega_{n1}^2)(1-\alpha s)}{s^2(s^2+2\zeta_2\omega_{n2}s+\omega_n^2)(1+\alpha s)}$ $\quad \alpha>0,\ \omega_{n1}>\omega_{n2},\ \zeta_1\cong\zeta_2$

۶. بلوک دیاگرام حالت سیستمی به شکل زیر است. اگر $u=-y$ در نظر گرفته شود، پاسخ سیستم کدام است؟



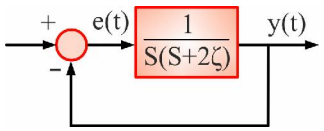
۱) پایدار و نوسانی میرا شونده

۲) نوسانی نامیرا

۳) ناپایدار

۴) پایدار و میرای بحرانی

۷. در سیستم کنترل زیر، $\zeta\geq1$ و $y(t)$ پاسخ پله‌ی سیستم می‌باشد. اگر $e(t)=1-y(t)$ بیانگر خطای پاسخ پله سیستم باشد، در این صورت مقدار شاخص $\int_0^\infty t|\dot{e}(t)|dt$ ، کدام است؟



۱) 2ζ ۲) ζ

۳) 1 ۴) 2

www.topsoal.ir

۸. گزینه‌ی صحیح کدام است؟

۱) با دورشدن قطب‌های سیستم حلقه بسته از محور موهومی، سرعت پاسخ زمانی افزایش می‌یابد.

۲) با دورشدن قطب‌های سیستم حلقه‌ی بسته از محور موهومی، ممکن است بالازدگی پاسخ پله افزایش یابد.

۳) افزودن فیدبک سرعت به سیستم کنترل وضعیت، باعث کاهش خطای حالت دائمی به ورودی شیب می‌گردد.

۴) در سیستم مرتبه دو استاندارد، افزایش ضریب مشتق‌گیر در کنترل کننده‌ی PD، باعث افزایش خطای حالت دائمی به ورودی شیب می‌شود.

۹. در سیستم روبه‌رو، تحت چه شرایطی $y(s)\equiv 0$ می‌شود.

۱) $R(t)=e^{+t}$ و $y(0)=1$

۲) آزاد $y(0)=$ و $R(t)=e^{-t}$

۳) $R(t)=e^{+t}$ و $y(0)=-1$

۴) $R(t)=e^{-t}$ و $y(0)=0$

۱۰. معادله‌ی مشخصه‌ی زیر را در نظر بگیرید:

$$Q(s)=s^5+3s^3+s^2+2s+2$$

تعداد ریشه‌های $Q(s)$ در LHP, RHP و روی محور $j\omega$ کدام است؟

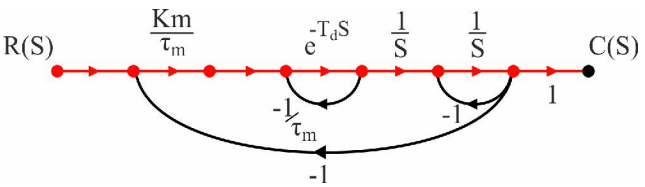
۱) صفر ریشه در RHP، دو ریشه $j\omega$ و سه ریشه در LHP

۲) دو ریشه در RHP، دو ریشه $j\omega$ و یک ریشه در LHP

۳) دو ریشه در RHP وسه ریشه در LHP

۴) یک ریشه در RHP، دو ریشه $j\omega$ و یک ریشه در LHP

۱۱. اگر $G(s)$ تابع تبدیل مسیر پیشرو در سیستم فیدبک واحد زیر باشد، حساسیت سیستم حلقه باز و سیستم حلقه بسته نسبت به تغییرات T_d $\left(S_{T_d}^{T}, S_{T_d}^{G}\right)$ کدام است؟



۱) $S_{T_d}^{T}=\dfrac{-T_d s(1+\tau_m s)(s+1)}{(\tau_m s+1)(s+1)+K_m e^{-T_d S}}$ و $S_{T_d}^{G}=\dfrac{-K_m s e^{-T_d s}}{(\tau_m s+1)(s+1)}$

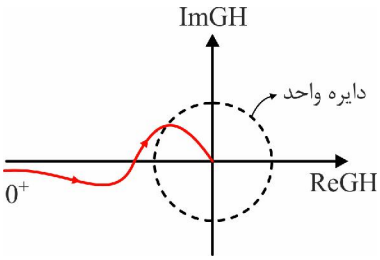
۲) $S_{T_d}^{T}=\dfrac{-T_d s(1+\tau_m s)(s+1)}{(\tau_m s+1)(s+1)+K_m e^{-T_d S}}$ و $S_{T_d}^{G}=T_d s$

۳) $S_{T_d}^{T}=\dfrac{-T_d s}{(\tau_m s+1)(s+1)+K_m e^{-T_d s}}$ و $S_{T_d}^{G}=-T_d s$

۴) $S_{T_d}^{T}=\dfrac{K_m s e^{-T_d s}}{(\tau_m s+1)(s+1)+K_m e^{-T_d S}}$ و $S_{T_d}^{G}=\dfrac{-K_m s e^{-T_d s}}{(\tau_m s+1)(s+1)}$

www.topsoal.ir

۱۲. نمودار قطبی مربوط به یک سیستم کنترلی مینیمم فاز، با فیدبک واحد منفی ترسیم شده است. جهت دستیابی به خطای حالت ماندگار صفر به ورودی شیب، ساده‌ترین جبران‌ساز سری کدام است؟



۱) تناسبی

۲) PID

۳) PI

۴) PD

www.topsoal.ir

پاسخ تشریحی

۱ .گزینه ۲ درست است.

از آنجاکه هدف مساله مینیمم کردن مسافت طی شده است از اینرو باید قطب‌های سیستم روی محور حقیقی باشد. از روی معادله سیستم داریم.

$$\left.\begin{array}{l}\dfrac{X}{F}=\dfrac{1}{S^2+BS+K}\\ F=1\end{array}\right\} \Rightarrow \quad X=\dfrac{1}{S^2+BS+K}$$

$$B^2-4K\geq 0 \;\rightarrow\; K=1 \;,\; B\geq 2$$

۲ .بدلیل مشخص نبوده $u(t)$ سوال حذف خواهد شد.

۳ .گزینه ۴ درست است.

دیاگرام بود یک سیستم مرتبه دوم سره است که تابع تبدیل آن به طور تقریبی $\dfrac{S(S+1)}{(S+0.4)(S+0.5)}$ خواهد بود. در $K=1$ سیستم یک حالت خالص دارد که مکان هندسی آن جهش خواهد داشت پس همان‌طور که در گزینه‌ها پیداست فقط گزینه 4 می‌توان صحیح باشد چون یک ریشه در بی نهایت دارد.

۴ . گزینه ۲ درست است.

$$T_S=\frac{3}{\xi\omega_n} \;\Rightarrow\; 2\xi\omega_n=2.8 \quad\rightarrow\quad \xi\omega_n=1.4 \quad\rightarrow\quad T_S=\frac{3}{1.4}$$

۵ .گزینه ۱ درست است.

۶ . گزینه ۱ درست است.

$$\frac{Y(S)}{U(S)}=\frac{3+S}{S^2+3S+4}$$

معادله مشخصه سیستم به صورت $S^2+3S+4=0$ است که دو ریشه سمت چپ محور موهومی و مختلط دارد لذا پایدار و نوسانی میراشونده است.

www.topsoal.ir

۷ . گزینه ۱ درست است.

$$\dot{e}(t)=\frac{de}{dt}$$

$\xi \geq 1 \leftarrow$ جهش در پاسخ پله نداریم.

خط با افزایش t کاهش می‌یابد.

$$\frac{de}{dt}>0 \;\Rightarrow\; \dot{e}(t)<0 \;\rightarrow\; |\dot{e}(t)|=-\dot{e}(t)$$

$$J=\int_0^{\infty} t\dot{e}(t)dt$$

$$J(S)=L\{t\dot{e}(t)\}=-\frac{d}{dS}L\{\dot{e}(t)\}=-\frac{d}{dS}\left[SE(S)-e(0)\right]$$

$$\rightarrow \int_0^{\infty} t\dot{e}(t)dt=\lim_{s\to 0}J(S)=\lim_{s\to 0}\frac{d}{dS}\left[SE(S)\right]=-\lim_{s\to 0}\left[E(S)+S\frac{dE(S)}{dS}\right]$$

اگر $e(t)=r(t)-y(t)$ باشد.

$$\frac{C(S)}{R(S)}=\frac{1}{S^2+2\xi S+1} \rightarrow E(S)=\frac{S+2\xi}{S^2+2\xi+1}$$

$$\Rightarrow \int t\dot{e}(t)=-\lim_{s\to 0}\left[\frac{S+2\xi}{S^2+2\xi+1}+\ldots\right] \rightarrow \int t\dot{e}(t)=-2\xi$$

۸ . گزینه ۱ درست است.

هرچه قطب از محور موهومی دور شود پاسخ زمانی سریعتر می‌شود.

۹ . گزینه ۳ درست است.

سوال بیشتر سوال معادلات دیفرانسیل است که به راحتی گزینه ۳ بدست می‌آید.

۱۰ . گزینه ۲ درست است.

با تشکیل جدول راث خواهیم داشت:

$$S^5+3S^3+S^2+2S+2$$

با توجه به صفر شدن درایه اول در S^4 آن را برابر $(\varepsilon>0)$ در نظر می‌گیریم.

$$\begin{array}{c|ccc}
S^5 & 1 & 3 & 2 \\
S^4 & 0 & 1 & 2 \\
S^3 & -1 & -2 & \\
S^2 & 1 & 2 & \rightarrow\; S^2+2=0 \rightarrow S=j\pm\sqrt{2} \\
S^1 & 0 & & \\
S & 2 & &
\end{array}$$

با توجه به اینکه 2 تغییر علامت داریم دو ریشه سمت راست، 2 ریشه روی محور موهومی و یک ریشه در سمت چپ داریم.

۱۱ . گزینه ۲ درست است.

تابع تبدیل مسیر پیش‌رو $G(S)=\dfrac{K_m e^{-T_d S}}{\tau_m S^2}$

www.topsoal.ir

$$S_{Td}^{G} = \frac{\partial G}{\partial Td}\,\frac{Td}{G} = \frac{K_m(-S)e^{-T_dS}}{\tau_m S^2}\,\frac{T_d\,\tau_m S^2}{K_m e^{-T_dS}}$$

$= -T_dS \quad \Rightarrow$ گزینه ۲ با ۳ صحیح می‌باشد.

$$T(S) = \frac{\dfrac{K_m e^{-T_dS}}{\tau_m S^2}}{1+\dfrac{K_m e^{-T_dS}}{\tau_m S^2}+\dfrac{1}{\tau_m S}+\dfrac{1}{S}+\dfrac{1}{\tau_m S^2}} = \frac{K_m e^{-T_dS}}{\tau_m S^2+(1+\tau_m)S+K_m e^{-T_dS}+1}$$

$$S_{T_d}^{T} = \frac{\partial T}{\partial T_d}\,\frac{T_d}{T} = \frac{-T_dS(1+\tau_m S)(1+S)}{(\tau-S+1)(S+1)+K_m e^{-T_dS}}$$

گزینه ۲ صحیح می‌باشد.

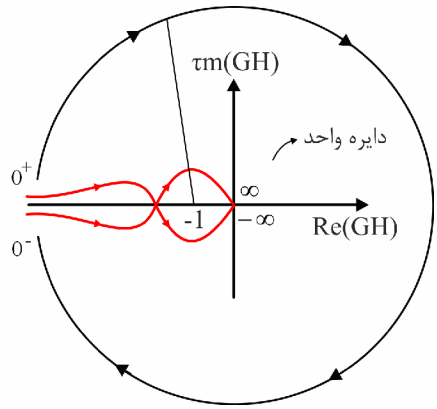
۱۲. گزینه ۴ درست است.

سیستم نوع 2 $\Leftarrow$ $N = 2$

سیستم مینیمم فاز exclude$\}$ $\Leftarrow$ $P = 0$

$N = Z - P$

$Z = N + P = 2$



سیستم دو قطب ناپایدار دارد. جهت بهبود پایداری سیستم، ساده‌ترین کنترل کننده‌ای که می‌توان استفاده کرد کنترلر PD (گزینه ۴) می‌باشد.

اگر سیستم پایدار شود خطای ماندگار آن به ورودی شیب برابر صفر خواهد شد زیرا سیستم نوع 2 است. (البته PD نیز می‌تواند صحیح باشد که در گزینه ۱ آمده است.)

www.topsoal.ir