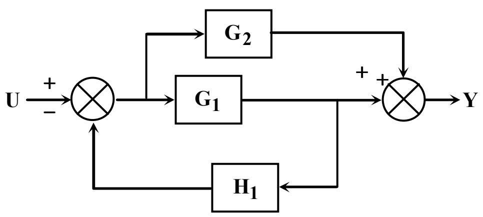
کنترل فرآیندها

۱ـ تابع انتقال $\frac{Y}{U}$ برای نمودار جعبه‌ای زیر کدام است؟



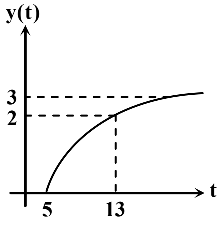
۱) $\frac{G_۱ + G_۲}{۱ + G_۱H_۱}$

۲) $\frac{G_۱ + G_۲}{۱ + G_۱G_۲H_۱}$

۳) $\frac{G_۱}{۱ + G_۱H_۱}$

۴) $\frac{G_۱}{۱ + G_۱G_۲H_۱}$

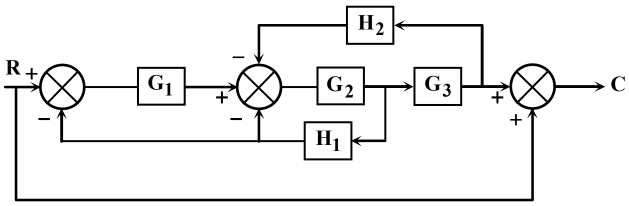
۲ ـ شکل زیر پاسخ سیستمی به یک ورودی پله‌ای واحد می‌باشد. تابع انتقال سیستم کدام است؟



۱) $\frac{۳e^{-۵s}}{۱۶s+۱}$　۲) $\frac{-۳e^{-۵s}}{۱۶s-۱}$

۳) $\frac{۳e^{-۵s}}{s(۱۶s+۱)}$　۴) $\frac{-۳e^{-۵s}}{s(۱۶s-۱)}$

۳ ـ تابع انتقال حلقهٔ بسته سیستم زیر کدام است؟



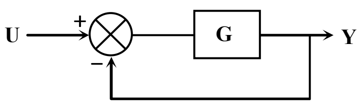
۱) $\frac{C}{R}=\frac{G_۱G_۲G_۳}{۱+H_۱G_۲+H_۲G_۲G_۳-H_۱G_۱G_۲}$

۲) $\frac{C}{R}=\frac{G_۱G_۲G_۳}{۱+H_۱G_۱G_۲+H_۲G_۲G_۳-H_۱G_۱G_۲}$

۳) $\frac{C}{R}=\frac{G_۱G_۲G_۳}{۱+H_۱G_۲+H_۲G_۲G_۳-H_۱G_۱G_۲}+۱$

۴) $\frac{C}{R}=\frac{G_۱G_۲G_۳}{۱+H_۱G_۱+H_۲G_۲-H_۱H_۲G_۱G_۲G_۳}$

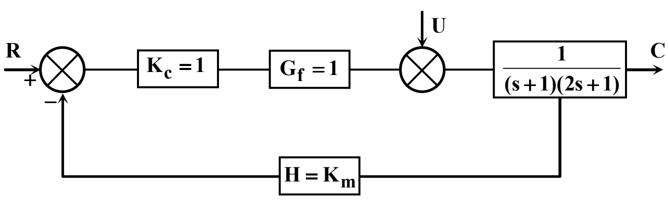
۴ ـ مدار زیر را در نظر بگیرید، اگر $\frac{Y(s)}{U(s)}=\frac{۱}{s(s+۱)}$ باشد، در آن صورت $G(s)$ کدام است؟



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

۳) $\frac{۱}{s(s+۱)+۱}$　۴) $\frac{-s}{s^۲-s+۱}$

۵ ـ در سیستم کنترل زیر برای داشتن پاسخ over damped مقدار k_m کدام‌یک از حالات زیر است؟



۱) $k_m>\frac{۱}{۸}$

۲) $k_m<\frac{۱}{۸}$

۳) $k_m<\frac{۳}{۲\sqrt{۲}}$

۴) $k_m>\frac{۳}{۲\sqrt{۲}}$

۶ ـ اگر تابع تبدیل سیستمی به صورت $G(s)=\frac{۵}{s^۲+۱۰s+۲۵}$ باشد، ماهیت پاسخ این سیستم به یک ورودی پله‌ای کدام است؟

۱) سینوسی با دامنهٔ ثابت　۲) میرایی بحرانی است.　۳) پرمیرا است.　۴) کم‌میرا است.

۷ ـ اگر پاسخ یک سیستم به ورودی پله‌ای واحد به صورت $y(t)=۱+۰/۲e^{-۶۰t}-۱/۲e^{-۱۰t}$ باشد ثابت زمانی سیستم برابر است با:

۱) $\tau=۱$　۲) $\tau=۰/۱$　۳) $\tau=۰/۰۴$　۴) $\tau=۰/۴$

۸ ـ در پاسخ یک سیستم درجه ۲ به ورودی ضربانی (pulse)، کدام عبارت صحیح است؟

۱) پاسخ یک سیستم درجه ۲ به ورودی ضربانی، مشتق پاسخ سیستم به ورودی پله‌ای است.

۲) برای سیستم درجه ۲ با تابع تبدیل $G(s)=\frac{۱}{۲۵s^۲+۱۰s+۱}$، پاسخ ضربانی همواره دارای نوسان میراشونده است.

۳) برای یک سیستم درجه ۲ پاسخ آن به ورودی ضربانی برای $\xi>۱$، همواره دارای نوسان دائم است.

۴) برای یک سیستم درجه ۲ پاسخ آن به ورودی ضربانی برای $\xi<۱$، سیستم دارای نوسان نمی‌باشد.

۹ ـ کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟ (ξ نسبت میرایی است.)

۱) $۱ > \xi_{\text{غیر تداخلی}} > \xi_{\text{تداخلی}}$

۲) پاسخ سیستم درجه ۲ به ورودی سینوسی اگر $\xi > \frac{\sqrt{۲}}{۲}$ باشد، دامنه پاسخ کمتر از دامنه ورودی است.

۳) در سیستم‌های متوالی همواره $\xi \geq ۱$ می‌باشد.

۴) $۱ \geq \xi_{\text{غیرتداخلی}} > \xi_{\text{تداخلی}}$

۱۰ـ اگر کنترل دمای سیستمی در محدودهٔ $۶۱-۷۱^\circ C$ مورد نظر باشد و محدوده کلی تغییرات دما در این سیستم $۵۰-۱۲۰^\circ C$ باشد. درصد پهنای تناسبی (proportional band) و نیز k_c برای شیرهای کنترل برقی و پنوماتیکی کدام است؟

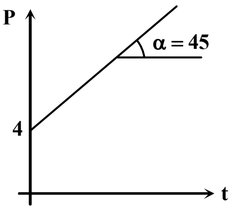
۱) $PB = ۱۰\%$ ، $K_{c\,\text{پنوماتیک}} = ۱/۵ \frac{psi}{^\circ C}$ ، $K_{c\,\text{برقی}} = ۱/۶ \frac{mA}{^\circ C}$

۲) $PB = ۱۴/۳\%$ ، $K_{c\,\text{پنوماتیک}} = ۱/۲ \frac{psi}{^\circ C}$ ، $K_{c\,\text{برقی}} = ۱/۶ \frac{mA}{^\circ C}$

۳) $PB = ۱۶/۱\%$ ، $K_{c\,\text{پنوماتیک}} = ۱/۶ \frac{psi}{^\circ C}$ ، $K_{c\,\text{برقی}} = ۱/۳ \frac{mA}{^\circ C}$

۴) $PB = ۲۰\%$ ، $K_{c\,\text{پنوماتیک}} = ۱/۲ \frac{psi}{^\circ C}$ ، $K_{c\,\text{برقی}} = ۱/۳ \frac{mA}{^\circ C}$

۱۱ ـ پاسخ یک کنترلر به ورودی خطی، خطا به صورت $\varepsilon(t) = ۲t$ ، مطابق شکل زیر است. نوع کنترلر و پارامترهای آن کدام است؟



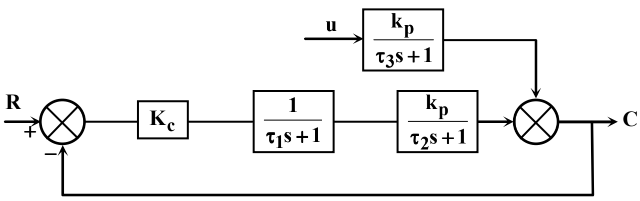
۱) کنترلر تناسبی، $(K_c = ۱)$

۲) کنترلر تناسبی ـ انتگرالی ـ مشتقی، $t(t_D = ۴, t_I = ۲, K_c = ۰/۵)$

۳) کنترلر تناسبی ـ انتگرالی، $(\tau_I = ۱۰, K_c = ۱)$

۴) کنترلر تناسبی ـ مشتقی، $(\tau_D = ۴, K_c = ۰/۵)$

۱۲ ـ برای سیستم کنترل زیر، برای یک ورودی پله‌ای در بار (load) خطای حالت دائم کدام است؟



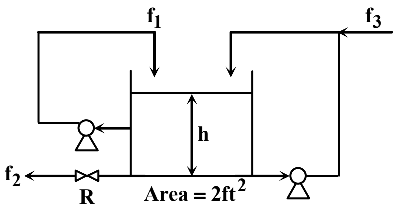
۱) $-\frac{k_p}{k_c k_p + ۱}$

۲) $\frac{k_c}{k_c k_p + ۱}$

۳) $\frac{k_c k_p}{k_c k_p + ۱}$

۴) $\frac{۱}{k_c k_p + ۱}$

۱۳ ـ تابع تبدیل فرآیند مقابل کدام است؟



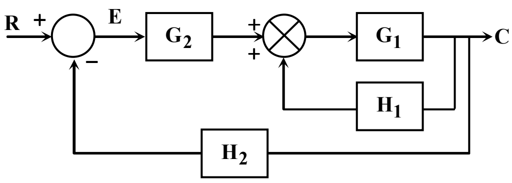
۱) $\frac{H(s)}{F_۳(s)} = \frac{R}{۲RS+۱}$

۲) $\frac{H(s)}{F_۱(s)} = \frac{۲R}{RS+۱}$

۳) $\frac{H(s)}{F_۳(s)} = \frac{۲R}{RS+۱}$

۴) $\frac{H(s)}{F_۱(s)} = \frac{۲R}{۲RS+۱}$

۱۴ ـ برای سیستم کنترلر روبرو نسبت $\frac{E}{R}$ کدام است؟



۱) $\frac{G_۱G_۲}{۱-G_۱H_۱+G_۱G_۲H_۲}$

۲) $\frac{۱-G_۱H_۱}{۱-G_۱H_۱+G_۱G_۲H_۲}$

۳) $\frac{G_۱G_۲H_۲}{۱+G_۱H_۱-G_۱G_۲H_۲}$

۴) $\frac{G_۱G_۲H_۱}{۱+G_۱H_۱-G_۱G_۲H_۱}$

۱۵ ـ کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

۱) کنترل کننده on-off می‌تواند حالت خاصی از کنترل کننده‌های تناسبی با بهره بسیار کم باشد.

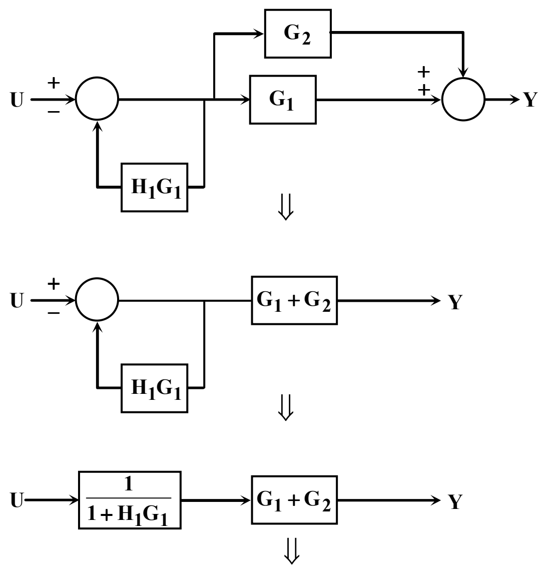
۲) کنترل کننده مشتق‌گیر عملاً میرائی به کنترل کننده تناسبی می‌افزاید ولی over shoot را افزایش می‌دهد.

۳) یک کنترل کنندهٔ انتگرال‌گیر، می‌تواند خطای حالت دائم در پاسخ به ورودی پله را حذف کند.

۴) هر سه گزینه بالا صحیح است.

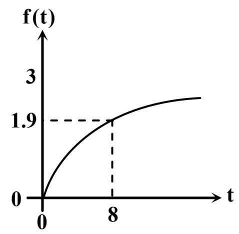
کنترل فرآیندها

۱ ـ گزینه «۱»



$$\Rightarrow \frac{Y}{U} = \frac{G_۱ + G_۲}{۱ + H_۱G_۱}$$

۲ ـ گزینه «۱»



$$y(t)=f(t-۵)u(t-۵)$$

$$f(t)=Ae^{-\alpha t}+B$$

$$\lim_{t\to\infty} f(t)=۳\;;\;\lim_{t\to\infty}(Ae^{-\alpha t}+B)=۳\;\Rightarrow\;B=۳(\alpha>۰ \text{ با فرض})$$

$$f(۰)=۰\;\Rightarrow\;A+B=۰\;\Rightarrow\;A=-۳$$

$$f(۸)=۱/۹\;\Rightarrow\;f(۸)=-۳e^{-\alpha(۸)}+۳=۲\;\Rightarrow$$

$$-۳e^{-۸\alpha}=-۱\Rightarrow\;e^{-۸\alpha}=\frac{۱}{۳}\;\Rightarrow\;-۸\alpha=\log\frac{۱}{۳}\;\Rightarrow\;\alpha=-\frac{۱}{۸}\log\frac{۱}{۳}$$

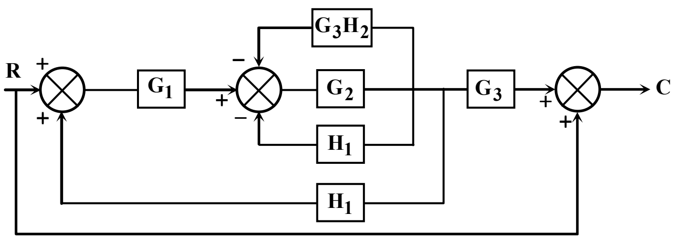
$$\alpha=+\frac{۰/۵}{۸}=\frac{۱}{۱۶}\;\Rightarrow\;f(t)=۳(۱-e^{-\frac{۱}{۱۶}t})u(t)\;\Rightarrow\;F(s)=۳[\frac{۱}{s}-\frac{۱}{s+\frac{۱}{۱۶}}]$$

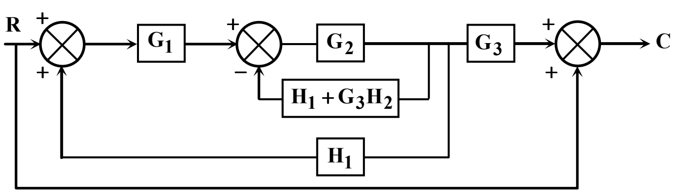
$$Y(s)=e^{-۵s}F(s)\;\Rightarrow\;Y(s)=۳e^{-۵s}[\frac{\frac{۱}{۱۶}}{s(s+\frac{۱}{۱۶})}]\;\Rightarrow\;H(s)=\frac{Y(s)}{X(s)}$$

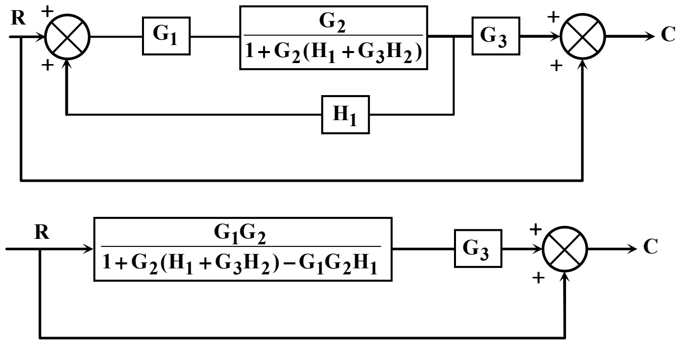
$$\text{تابع انتقال } H(s)=\frac{Y(s)}{X(s)}=\frac{\frac{۳}{۱۶}e^{-۵s}}{s(s+\frac{۱}{۱۶})}\times\frac{۱}{s-۱}=\frac{\frac{۳}{۱۶}e^{-۵s}}{s+\frac{۱}{۱۶}}=\frac{۳e^{-۵s}}{۱۶s+۱}$$

۳ ـ گزینه «۳»

حلقه مربوطه را می‌توان ساده‌سازی کرد:



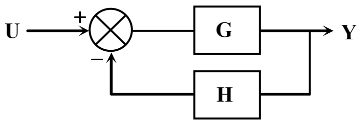




$$R\frac{G_1G_2G_3}{1+G_2H_1+G_2G_3H_2-G_1G_2H_1}+R=C$$

$$\Rightarrow\ \frac{C}{R}=\frac{G_1G_2G_3}{1+G_2H_1+G_2G_3H_2-G_1G_2H_1}+1$$

۴ ـ گزینه «۳»



$$\frac{Y(s)}{U(s)}=\frac{G(s)}{1+G(s)H(s)}\ \Rightarrow\ \frac{Y(s)}{U(s)}=\frac{G(s)}{1+G(s)}=\frac{1}{s(s+1)}$$

$$S^2G(s)+SG(s)=1+G(s)\ \Rightarrow\ S^2G(s)+SG(s)-G(s)=1$$

$$S^2G(s)+(s-1)G(s)-1=0$$

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

۵ ـ گزینه «۲»

برای داشتن یک پاسخ پرمیرا، باید باشد:

$$\frac{C(s)}{R(s)}=\frac{\frac{1}{(s+1)(2s+1)}}{1+\frac{k_m}{(s+1)(2s+1)}}=\frac{1}{2s^2+3s+1+k_m}$$

$$2s^2+3s+1+k_m=0\ \rightarrow\ s=\frac{-3\pm\sqrt{9-8(1+k_m)}}{4}$$

$$9-8(1+k_m)>0\ \Rightarrow\ k_m<\frac{1}{8}$$

۶ ـ گزینه «۲»

$$G(s)=\frac{\frac{۵}{۲۵}}{\frac{۱}{۲۵}s^{۲}+\frac{۱۰}{۲۵}+۱} \Rightarrow \tau=\sqrt{\frac{۱}{۲۵}}=\frac{۱}{۵}=۰/۲$$

$$۲\xi\tau=\frac{۱۰}{۲۵} \Rightarrow \xi=\frac{\frac{۱۰}{۲۵}}{۲\frac{۱}{۵}}=۱$$

۷ ـ گزینه «۳»

$$y(s)=\frac{۱}{s}+\frac{۰/۲}{s+۶۰}-\frac{۱/۲}{s+۱۰}=\frac{F(s)}{s(s+۶۰)(s+۱۰)}=\frac{\frac{F(s)}{s}}{(s+۶۰)(s+۱۰)}=\frac{\frac{F(s)}{s}}{s^{۲}+۷۰s+۶۰۰}$$

مخرج کسر: $\frac{۱}{۶۰۰}s^{۲}+\frac{۷۰}{۶۰۰}s+۱$

$$\tau=\sqrt{\frac{۱}{۶۰۰}}=۰/۰۴ \qquad \xi=\frac{\frac{۷۰}{۶۰۰}}{۲\times ۰/۰۴}=۱/۴۶$$

۸ ـ گزینه «۱»

پاسخ یک سیستم به ورودی ضربانی، مشتق پاسخ سیستم به ورودی پله‌ای است. بنابراین با مشتق گرفتن از معادلات مربوط به پاسخ سیستم درجه ۲ به ورودی پله‌ای می‌توان پاسخ سیستم درجه ۲ را به ورودی ضربانی به دست آورد:

$$\frac{y(s)}{x(s)}=\frac{۱}{\tau^{۲}s^{۲}+۲\xi\tau s+۱}=x(t)=s(t),x(s)=۱$$

$$\xi>۱ \Rightarrow y(t)=\frac{۱}{\tau}\frac{۱}{\sqrt{\xi^{۲}-۱}}e^{-\xi\frac{t}{T}}\sinh\frac{\sqrt{\xi^{۲}-۱}}{\tau}t$$

$$\xi<۱ \Rightarrow y(t)=\frac{۱}{\sqrt{۱-\xi^{۲}}}\frac{e^{-\xi\frac{t}{\tau}}}{\tau}\sin\frac{\sqrt{۱-\xi^{۲}}}{\tau}t$$

۹ ـ گزینه «۴»

$$x(t)=A\sin\omega t \;\Rightarrow\; x(s)=\frac{A\omega}{s^2+\omega^2} \;\rightarrow\; y(s)=\frac{A\omega}{s^2+\omega^2}\,\frac{1}{\tau^2 s^2 2\xi\tau s+1}$$

پاسخ سیستم درجه ۲ به ورودی سینوسی پس از زمان طولانی

$$y(t)=\frac{A}{\sqrt{[1-(\omega\tau)^2]^2+(2\xi\omega\tau)^2}}\sin(\omega t+\varphi) \;\Leftarrow$$

$$\varphi=\tan^{-1}\left(\frac{-2\xi\omega\tau}{1-(\omega\tau)^2}\right)$$

همانطور که از رابطه دیده می‌شود نسبت دامنه پاسخ به دامنه ورودی عبارت است از $\frac{1}{\sqrt{[1-(\omega\tau)^2]^2+(2\xi\omega\tau)^2}}$ که مقدار عبارت فوق نسبتی به مقادیر ξ و $\omega\tau$ دارد و ممکن است کمتر یا مساوی یا بیشتر از یک باشد. پس اگر $\xi<\frac{\sqrt{2}}{2}$ باشد دامنه پاسخ بزرگتر از دامنه ورودی است، و نیز درحالتی که $\xi>\frac{\sqrt{2}}{2}$ است دامنه پاسخ کمتر از دامنه ورودی است.

* با مقایسه تبدیل سیستم‌های متوالی به صورت $\frac{1}{\tau_1\tau_2 s^2+(\tau_1+\tau_2)s+1}$ با فرم استاندارد سیستم درجه ۲ $\frac{1}{\tau^2 s^2+2\xi\tau s+1}$

$$\Rightarrow\; \tau=\sqrt{\tau_1\tau_2}\,,\ \xi=\frac{\tau_1+\tau_2}{2\sqrt{\tau_1\tau_2}}>1$$

برای سیستم‌های تداخلی هم به طریق مشابه می‌توان اثبات کرد $\xi=\frac{\tau_1+\tau_2+A_1R_2}{2\sqrt{\tau_1\tau_2}}$ که همواره بزرگتر از یک است.

$$\xi_{\text{تداخلی}}>\xi_{\text{غیرتداخلی}}\geq 1$$

۱۰ ـ گزینه «۲»

$$PB\%=\frac{71-61}{120-50}=\frac{10}{70}=\frac{1}{7}\times 100=14/3\%$$

شیر پنوماتیک: $K_c=\frac{12}{10}=1/2\frac{Psi}{^\circ C}$

شیر برقی: $K_c=\frac{16}{10}=1/6\frac{mA}{^\circ C}$

کنترلر تناسبی: $P(t)=P_s+K_c\varepsilon(t)$

واحد K_c در شیرهای کنترلر پنوماتیک $\frac{Psi}{Error}$ و در شیرهای برقی $\frac{mA}{Error}$ است. اگر در فرآیند، کنترل دما صورت گیرد دیمانسیون K_c برای شیر کنترل پنوماتیک و برقی به ترتیب $\frac{Psi}{^\circ C}$ و $\frac{mA}{^\circ C}$ خواهد بود.

$$\xrightarrow{\text{Error}}\boxed{\text{کنترلر}}\longrightarrow P(psia)$$

نسبت $\frac{P(s)}{E(s)}$ تابع تبدیل کنترلر $G_c(s)$ می‌باشد.

$$\xrightarrow{\text{Error}}\boxed{\text{کنترلر}}\longrightarrow I(mA)$$

$$\left.\begin{array}{l} PB\%=\dfrac{Error}{Range}\times 100 \\ K_c=\dfrac{(15-3)psi}{Error}=\dfrac{12}{Error} \\ K_c=\dfrac{(20-4)mA}{Error}=\dfrac{16}{Error} \end{array}\right\}\Rightarrow \left.\begin{array}{l} PB\%=\dfrac{12\times 100}{K_c\times Range} \\ PB\%=\dfrac{16\times 100}{K_c\times Range} \end{array}\right\} PB\%\sim\frac{1}{K_c}$$

۱۱ ـ گزینه «۴»

$$\text{PID کنترلر}: P(s)=K_c(۱+\tau_D s+\frac{۱}{\tau_I s})\frac{۲}{S^۲}$$

$$P(t)=۲K_c t+\frac{K_c t^۲}{\tau_I}+۲K_c\tau_D$$

$$\text{شیب}=۱=۲K_c \Rightarrow K_c=۰/۵$$

$$\text{عرض از مبدأ}=۴=۲K_c\tau_D \Rightarrow \tau_D=۴$$

چون فرم پاسخ خطی است پس کنترلر عامل انتگرالی ندارد.

۱۲ ـ گزینه «۱»

$$\frac{C(s)}{u(s)}=\frac{\frac{k_p}{\tau_۳ s+۱}}{۱+\frac{k_c k_p}{(\tau_۱ s+۱)(\tau_۲ s+۱)}}=\frac{k_p(\tau_۱ s+۱)(\tau_۲ s+۱)}{[(\tau_۱ s+۱)(\tau_۲ s+۱)+k_c k_p](\tau_۳ s+۱)}=A$$

$$u(s)=\frac{۱}{s}$$

$$\lim_{t\to\infty}C(t)=\lim_{s\to ۰}sC(s)=\lim_{s\to ۰}[A]=\frac{k_p}{k_c k_p+۱}$$

$$\text{offset}=R(\infty)-C(\infty)=۰-\frac{k_p}{k_c k_p+۱}=-\frac{k_p}{k_c k_p+۱}$$

۱۳ ـ گزینه «۱»

موازنه حل تانک به صورت زیر است:

$$f_۱+(f_۳+c)-f_۲-c-f_۱=A\frac{dh}{dt}$$

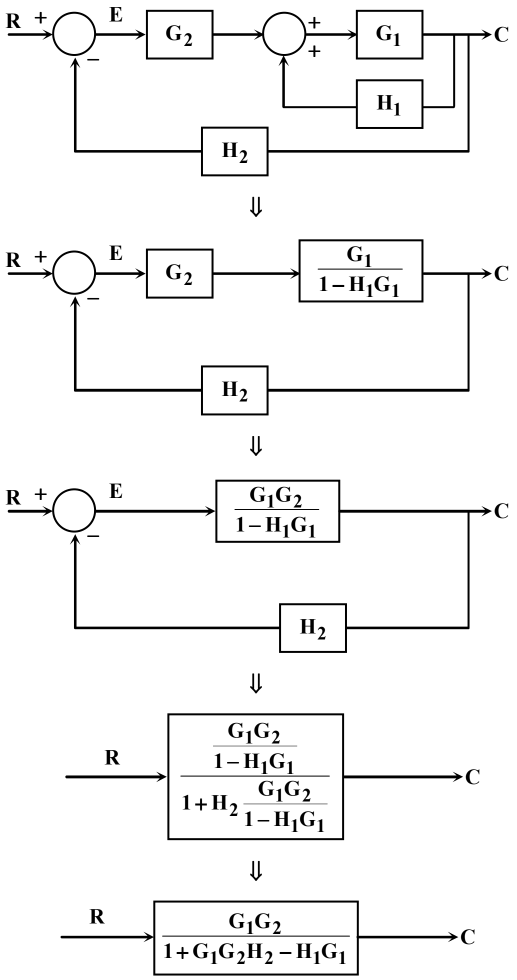
$$\to F_۳(t)-\frac{H}{R}=A\frac{dH}{dt}$$

$$\to F_۳(s)=H(s)+AsH(s)$$

$$\to \frac{H(s)}{F_۳(s)}=\frac{R}{۲Rs+۱}$$

۱۴ ـ گزینه «۲»

دیاگرام به صورت زیر ساده می‌شود:



$$\Rightarrow \frac{C}{R}=\frac{G_۱G_۲}{۱+G_۱G_۲H_۲-H_۱G_۱}$$

با توجه به شکل صورت مسأله داریم:

$$E=R-CH_۲=R(۱-H_۲\times\frac{C}{R}) \Rightarrow \frac{E}{R}=۱-H_۲\frac{C}{R}=۱-H_۲\times\frac{G_۱G_۲}{۱+G_۱G_۲H_۲-H_۱G_۱} \Rightarrow \frac{E}{R}=\frac{۱-H_۱G_۱}{۱-H_۱G_۱+G_۱G_۲H_۲}$$

۱۵ ـ گزینه «۳»

گزینه ۱ـ کنترل تناسبی با بهره بسیار بالا $K_c \to \infty$

گزینه ۲ـ کنترل مشتقی overshoot را کاهش می‌دهد.

گزینه ۴ـ عملاً نادرست است.