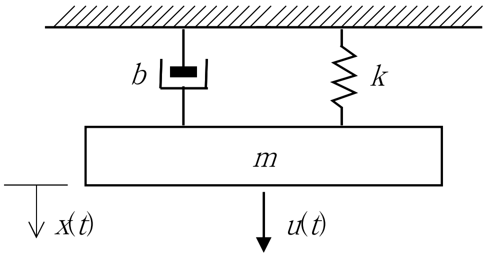
자동제어

문 1. 질량(m), 댐퍼(b) 그리고 스프링(k)으로 구성된 다음과 같은 시스템이 있다. 입력 $u(t)$가 주어지면 출력인 질량의 변위 $x(t)$가 변화한다. 이 시스템의 전달함수 $G(s)=\dfrac{X(s)}{U(s)}$와 고유주파수 (ω_n, undamped natural frequency)는?



① $G(s)=\dfrac{1}{ms^2+bs+k}$, $\omega_n=\sqrt{\dfrac{k}{m}}$

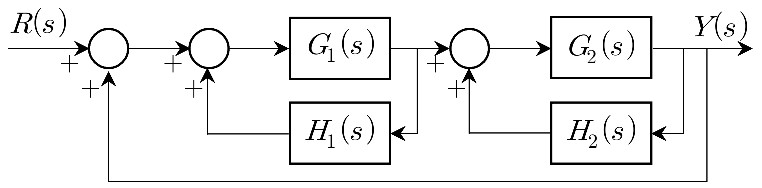
② $G(s)=\dfrac{1}{bs^2+ms+k}$, $\omega_n=\dfrac{k}{b}$

③ $G(s)=\dfrac{1}{ms^2+bs+k}$, $\omega_n=\sqrt{\dfrac{m}{k}}$

④ $G(s)=\dfrac{1}{ks^2+bs+m}$, $\omega_n=\sqrt{\dfrac{k}{m}}$

문 2. 다음 블록선도에서 전체 시스템의 전달함수 $\dfrac{Y(s)}{R(s)}$는?

(단, 보기에서는 전달함수를 표시할 때, 복소수 변수 s를 생략한다)



① $\dfrac{Y(s)}{R(s)}=\dfrac{G_1G_2}{1-G_1H_1-G_2H_2-G_1G_2+G_1H_1G_2H_2}$

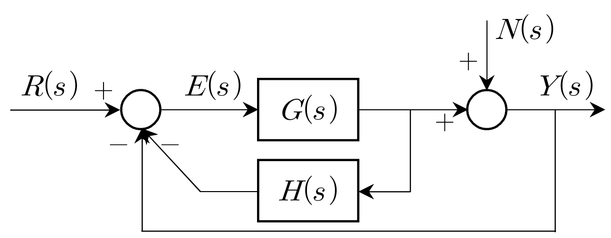
② $\dfrac{Y(s)}{R(s)}=\dfrac{G_1G_2}{1+G_1H_1+G_2H_2+G_1G_2+G_1H_1G_2H_2}$

③ $\dfrac{Y(s)}{R(s)}=\dfrac{G_1G_2}{1-G_1H_1-G_2H_2-G_1G_2}$

④ $\dfrac{Y(s)}{R(s)}=\dfrac{G_1G_2}{1+G_1H_1+G_2H_2+G_1G_2}$

문 3. 다음 블록선도에서 외란토크 $N(t)$가 0이고, 입력이 단위램프함수 $r(t)=t$ 일 때, $e(t)$의 정상상태가 0.1이 되기 위한 K값은?

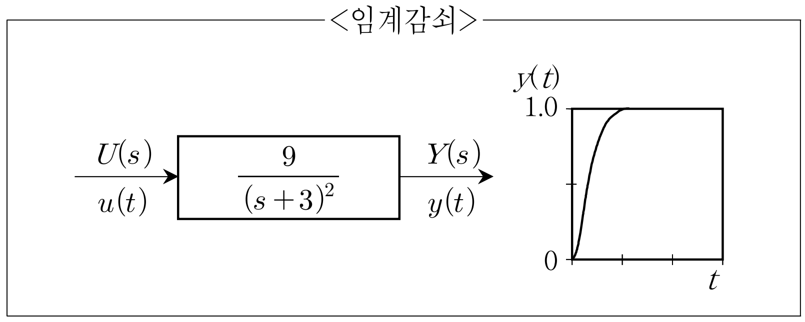
$$G(s)=\frac{K}{s(s+1)},\quad H(s)=-s(s+1)$$



① 0.1 ② 1

③ 10 ④ 100

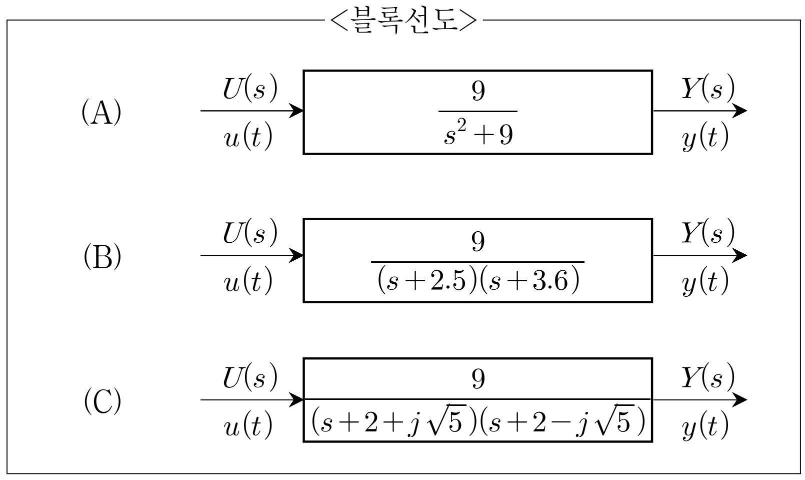
문 4. 2차 시스템의 단위계단응답은 감쇠비(damping ratio)의 변화에 따라 구분될 수 있다. 임계감쇠(critically damped)를 갖는 2차 시스템인 경우에는 다음과 같은 블록선도(block diagram)와 시간응답으로 관련지을 수 있다.

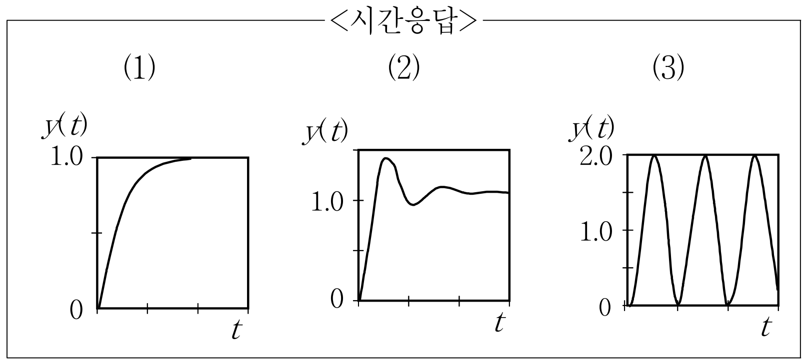


다음 사항들 중 감쇠비에 따른 분류, 블록선도 그리고 시간응답을 관련 있는 것으로만 묶은 것은?

<감쇠비에 따른 분류>

(가) 부족감쇠(underdamped)
(나) 과감쇠(overdamped)
(다) 비감쇠(undamped)





① (가) − (C) − (2), (나) − (B) − (1), (다) − (A) − (3)
② (가) − (B) − (2), (나) − (C) − (3), (다) − (A) − (1)
③ (가) − (B) − (2), (나) − (A) − (1), (다) − (C) − (3)
④ (가) − (C) − (2), (나) − (A) − (1), (다) − (B) − (3)

문 5. 폐루프(closed-loop) 전달함수 $\dfrac{Y(s)}{R(s)}=\dfrac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2}$ 에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① $0<\zeta<1$일 때, 시스템은 부족감쇠(underdamped) 운동을 한다.

② 0보다 큰 ζ값에 대하여 ζ가 커질수록 복소 $s-$평면(s-plane)에서 특성방정식(characteristic equation)의 근(root)의 위치가 허수축($j\omega$)에 가까워진다.

③ ω_n값이 커질수록 복소 $s-$평면에서 특성방정식의 근의 위치가 원점에서부터 멀어진다.

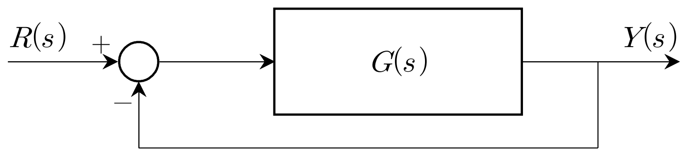
④ 단위계단응답 해석에서 정의되는 최대 오버슈트(maximum overshoot)의 크기는 ζ에 종속되고 ω_n과는 무관하다.

문 6. 폐루프(closed-loop) 제어시스템의 제어특성 또는 제어목표에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 시스템의 과도응답을 조절할 수 있다.
② 시스템의 정상상태오차를 조절할 수 있다.
③ 시스템 매개변수(system parameter) 변화에 따른 민감도(sensitivity)를 증대시킨다.
④ 외부로부터 부가되는 외란의 영향을 줄일 수 있다.

문 7. 제어대상의 전달함수 $G(s)$가 N형 전달함수로 주어지는 단위 피드백(unit feedback) 제어시스템에서 정상상태오차(e_{ss})에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

$$G(s)=\frac{K}{s^N(s+p)},\quad p>0$$



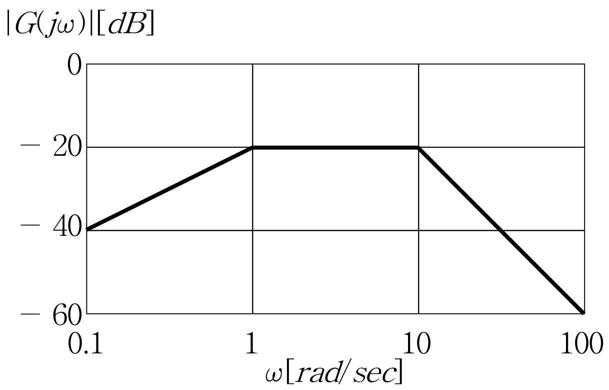
① $N=0$인 경우, 단위계단입력 $r(t)=1$에 대한 정상상태오차 $e_{ss}=\dfrac{p}{p+K}$이다.
② $N=0$인 경우, 단위램프입력 $r(t)=t$에 대한 정상상태오차 $e_{ss}=\infty$이다.
③ $N=1$인 경우, 단위계단입력 $r(t)=1$에 대한 정상상태오차 $e_{ss}=0$이다.
④ $N=1$인 경우, 단위램프입력 $r(t)=t$에 대한 정상상태오차 $e_{ss}=\dfrac{K}{p}$이다.

문 8. 다음 개루프(open-loop) 전달함수 $G(s)$의 이득여유(gain margin)가 20 $[dB]$일 때, K 값은 ?

$$G(s)=\frac{K}{s(s+2)(s+8)}$$

① 16 ② 20
③ 24 ④ 28

문 9. 다음 그림은 점근선으로 표시한 크기 보드선도이다. 그림에 해당되는 전달함수 $G(s)$로 옳은 것은? (단, $\omega<0.1\,[rad/sec]$ 영역에서 $|G(j\omega)|$의 기울기는 $0.1\le\omega\le1$영역에서의 기울기와 같고, $\omega>100\,[rad/sec]$영역에서의 기울기는 $10\le\omega\le100$영역에서의 기울기와 같다)



① $\dfrac{10s}{(s+1)(s+10)^2}$ ② $\dfrac{20s}{(s+1)(s+10)^2}$
③ $\dfrac{10s}{(s+1)^2(s+10)^2}$ ④ $\dfrac{20s}{(s+1)^2(s+10)}$

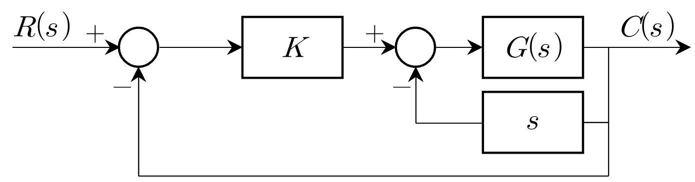
문 10. 상태방정식과 상태피드백(state feedback) 제어입력이 다음과 같을 때, 제어 후 고유주파수(undamped natural frequency)는 제어 전 고유주파수의 두 배가 되고, 제어 후 감쇠비는 1이 되도록 하기 위한 상태피드백이득 k_1, k_2 값은?

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1(t)\\ \dot{x}_2(t)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0&1\\-9&0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1(t)\\x_2(t)\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}u(t),\quad u(t)=-\begin{bmatrix}k_1&k_2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1(t)\\x_2(t)\end{bmatrix}$$

	k_1	k_2
①	12	27
②	27	12
③	− 12	− 27
④	− 27	− 12

문 11. 다음의 피드백시스템에서 이득 K값이 0에서 $+\infty$로 변화함에 따라 시스템의 시간응답은 달라진다. 시스템의 시간응답이 지속적으로 진동하게 되는 주파수 $[rad/sec]$는?

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



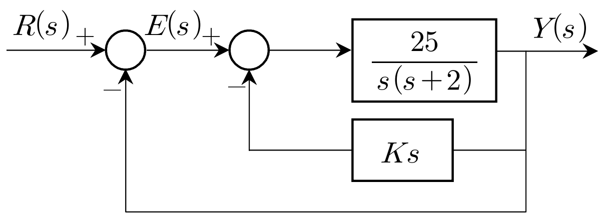
① 6 ② 7
③ $\sqrt{6}$ ④ $\sqrt{7}$

문 12. 전달함수 $G(s)$와 입력신호 $u(t)$가 다음과 같이 주어졌을 때, 정상상태응답(steady-state response)은?

$$G(s)=\frac{8}{s^2+s+4},\quad u(t)=1+\cos(2t)$$

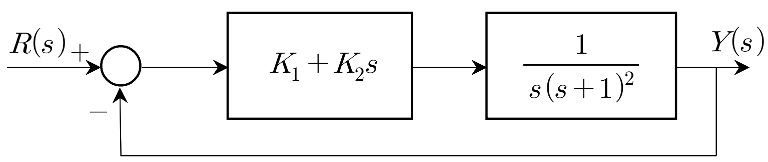
① 2
② $4\cos(2t)$
③ $2+4\cos(2t)$
④ $2+4\cos(2t-90°)$

문 13. 다음 속도 피드백 제어시스템의 감쇠비(damping ratio)가 0.5가 되도록 설계할 때, 속도 제어기의 이득 K 값은?



① 0.10 ② 0.12
③ 0.24 ④ 0.28

문 14. 다음 피드백 시스템이 안정화되기 위한 상수 K_1과 K_2의 범위로 옳은 것은?



① $K_1<0,\quad K_2>\dfrac{K_1}{2}-1$ ② $K_1>0,\quad K_2>K_1-2$
③ $K_1>0,\quad K_2>\dfrac{K_1}{2}-1$ ④ $K_1<0,\quad K_2>\dfrac{K_1}{2}+2$

문 15. 제어시스템의 상태방정식과 출력방정식이 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix}\dot{x}_1(t)\\ \dot{x}_2(t)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0 & 1\\ 2 & 3\end{bmatrix}\begin{bmatrix}x_1(t)\\ x_2(t)\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\ 1\end{bmatrix}u(t),\quad y(t)=[1\ \ 1]\begin{bmatrix}x_1(t)\\ x_2(t)\end{bmatrix}$$

상태피드백제어 입력 $u(t)$를 다음과 같이 설계하였다.

$$u(t)=-[27\ \ k]\begin{bmatrix}x_1(t)\\ x_2(t)\end{bmatrix}+p\cdot r(t)$$

제어시스템의 고유값이 $-4\pm j3$이고 $r(t)$가 단위계단함수일 때, 정상상태응답이 1이 되는 k와 p 값은?

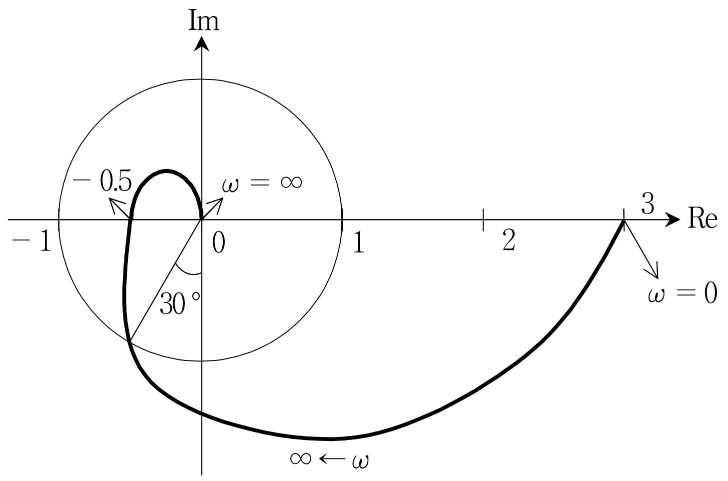
① $k=9,\ p=25$　② $k=11,\ p=25$
③ $k=11,\ p=8$　④ $k=25,\ p=8$

문 16. 시스템의 입력 $u(t)$와 출력 $y(t)$ 사이의 관계가 다음과 같을 때, 전달함수는?

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2}+5\frac{dy(t)}{dt}+6y(t)=\frac{du(t-h)}{dt}+u(t-h)$$

① $\dfrac{s+1}{s^2+5s+6}$　② $\dfrac{s+1}{s^2+5s+6}e^{-hs}$
③ $\dfrac{s+1}{s^2+5s+6}e^{hs}$　④ $\dfrac{s^2+5s+6}{s+1}e^{-hs}$

문 17. 안정한 단위피드백 제어시스템의 개루프 전달함수의 극좌표선도 (Nyquist plot)가 다음과 같다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 위상여유(phase margin)는 60°이다.
② 이득여유(gain margin)는 20log2 [dB]이다.
③ 단위계단입력에 대한 정상상태오차는 $\dfrac{1}{3}$이다.
④ 개루프 전달함수의 분모와 분자의 차수 차이는 3이다.

문 18. 다음과 같은 전달함수를 갖는 제어대상을 단위피드백시켜 폐루프 시스템을 구성하였을 때, 안정성 여부와 복소 s−평면의 오른쪽 반평면에 존재하는 폐루프 극점(pole)의 수는?

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

① 안정하므로 복소 s−평면의 오른쪽 반평면에 존재하는 폐루프 극점의 수는 0개이다.
② 임계 안정하므로 복소 s−평면의 오른쪽 반평면에 존재하는 폐루프 극점의 수는 0개이다.
③ 불안정하고 복소 s−평면의 오른쪽 반평면에 존재하는 폐루프 극점의 수는 2개이다.
④ 불안정하고 복소 s−평면의 오른쪽 반평면에 존재하는 폐루프 극점의 수는 1개이다.

문 19. 다음 1차 시스템의 단위계단입력에 대한 시간응답특성으로 옳지 않은 것은?

$$G(s)=\frac{a}{s+a},\quad a>0$$

① 시간응답은 $y(t)=1-e^{-at},\ t\geq 0$이다.
② 시간응답이 최종치의 63.2%에 도달하는 시간은 $\dfrac{1}{a}$[sec]이다.
③ 시간이 무한히 경과해야 수학적으로 최종값에 도달할 수 있다.
④ 출력이 최종치의 ±5%이내에 도달할 때까지 시간은 $\dfrac{5}{a}$[sec]이다.

문 20. 다음 선형시스템에서 가제어성 (controllability)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

$$\dot{\mathrm{x}}(t)=\boldsymbol{A}\mathrm{x}(t)+\boldsymbol{B}u(t)$$
$$y(t)=\boldsymbol{C}\mathrm{x}(t)$$

① 선형시스템의 가제어성은 계수행렬 $\boldsymbol{A}$와 $\boldsymbol{B}$에만 의존한다.
② 주어진 선형시스템이 안정하지 않더라도 가제어성을 갖고 있다면 안정화 시킬 수 있다.
③ 구속조건이 없는 제어입력에 의해, 임의의 초기 상태를 유한한 시간 안에 임의의 상태로 이동시킬 수 있다면, 주어진 선형시스템은 가제어성을 갖는다.
④ 주어진 선형시스템이 안정된 시스템이라면 가제어성을 가져야 한다.