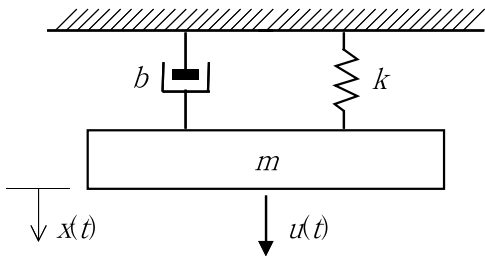


자동제어

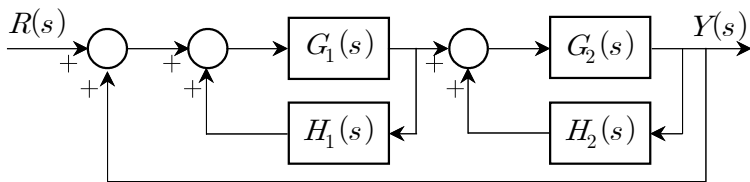
문 1. 질량(m), 댐퍼(b) 그리고 스프링(k)으로 구성된 다음과 같은 시스템이 있다. 입력 $u(t)$ 가 주어지면 출력인 질량의 변위 $x(t)$ 가 변화한다. 이 시스템의 전달함수 $G(s) = \frac{X(s)}{U(s)}$ 와 고유주파수 (ω_n , undamped natural frequency)는?



- ① $G(s) = \frac{1}{ms^2 + bs + k}$, $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$
- ② $G(s) = \frac{1}{bs^2 + ms + k}$, $\omega_n = \frac{k}{b}$
- ③ $G(s) = \frac{1}{ms^2 + bs + k}$, $\omega_n = \sqrt{\frac{m}{k}}$
- ④ $G(s) = \frac{1}{ks^2 + bs + m}$, $\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$

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

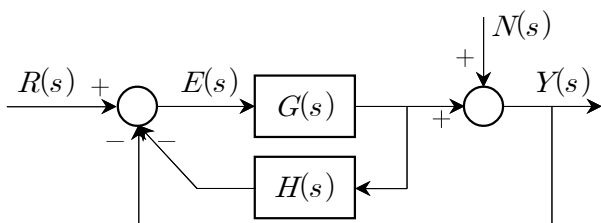
(단, 보기에서는 전달함수를 표시할 때, 복소수 변수 s 를 생략한다)



- ① $\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_1 G_2}{1 - G_1 H_1 - G_2 H_2 - G_1 G_2 + G_1 H_1 G_2 H_2}$
- ② $\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_1 G_2}{1 + G_1 H_1 + G_2 H_2 + G_1 G_2 + G_1 H_1 G_2 H_2}$
- ③ $\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_1 G_2}{1 - G_1 H_1 - G_2 H_2 - G_1 G_2}$
- ④ $\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G_1 G_2}{1 + G_1 H_1 + G_2 H_2 + G_1 G_2}$

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

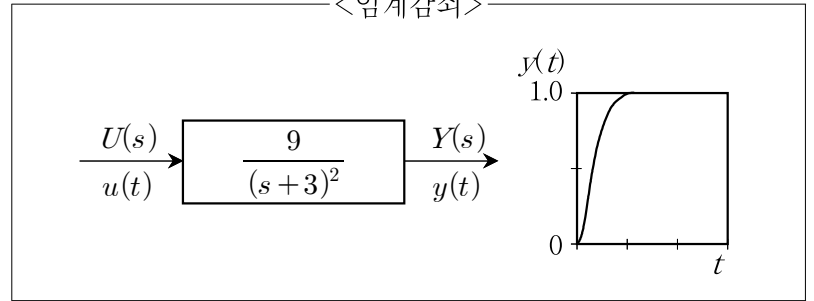
$$G(s) = \frac{K}{s(s+1)}, \quad H(s) = -s(s+1)$$



- 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.

<임계감쇠>

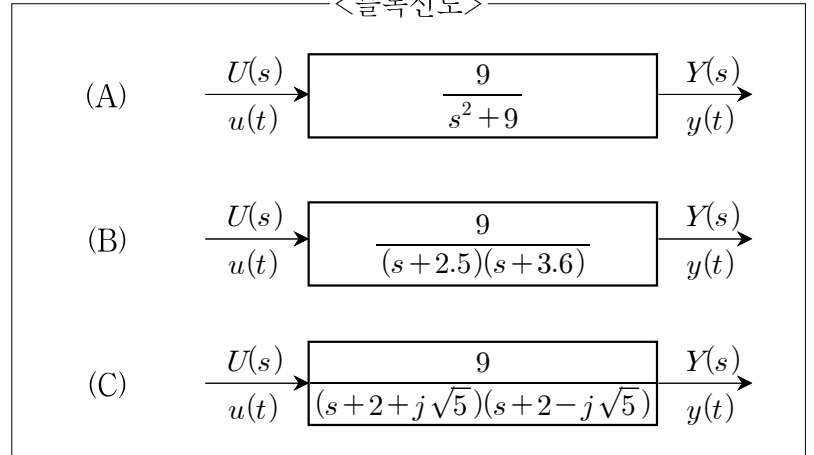


다음 사항들 중 감쇠비에 따른 분류, 블록선도 그리고 시간응답을 관련 있는 것으로만 묶은 것은?

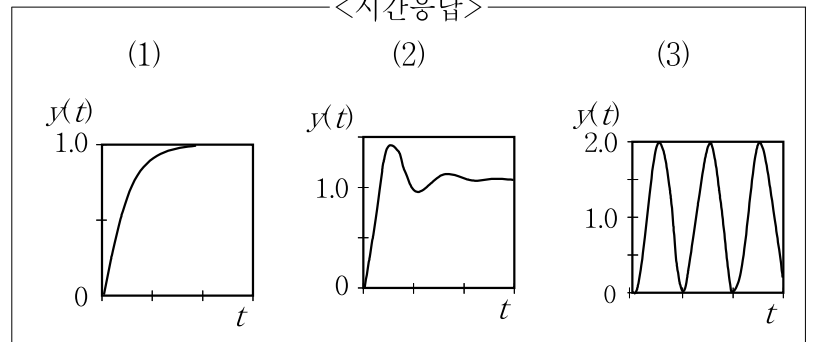
<감쇠비에 따른 분류>

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

<블록선도>



<시간응답>



- 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 $\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$ 에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

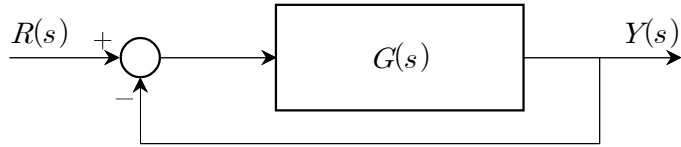
- ① $0 < \zeta < 1$ 일 때, 시스템은 부족감쇠(underdamped) 운동을 한다.
- ② 0보다 큰 ζ 값에 대하여 ζ 가 커질수록 복소 s -평면(s -plane)에서 특성방정식(characteristic equation)의 근(root)의 위치가 허수축($j\omega$)에 가까워진다.
- ③ ω_n 값이 커질수록 복소 s -평면에서 특성방정식의 근의 위치가 원점에서부터 멀어진다.
- ④ 단위계단응답 해석에서 정의되는 최대 오버슈트(maximum overshoot)의 크기는 ζ 에 종속되고 ω_n 과는 무관하다.

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 N 형 전달함수로 주어지는 단위 피드백(unit feedback) 제어시스템에서 정상상태오차(e_{ss})에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

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



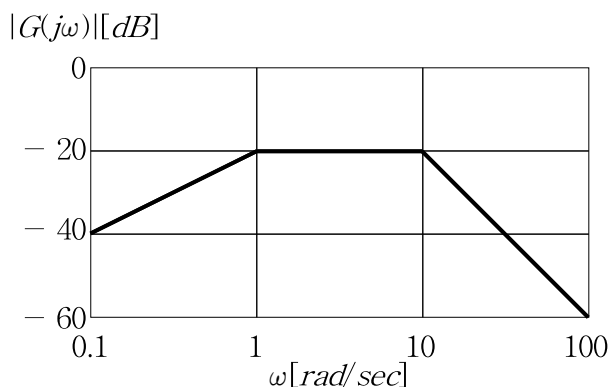
- ① $N=0$ 인 경우, 단위계단입력 $r(t)=1$ 에 대한 정상상태오차 $e_{ss} = \frac{p}{p+K}$ 이다.
- ② $N=0$ 인 경우, 단위램프입력 $r(t)=t$ 에 대한 정상상태오차 $e_{ss} = \infty$ 이다.
- ③ $N=1$ 인 경우, 단위계단입력 $r(t)=1$ 에 대한 정상상태오차 $e_{ss}=0$ 이다.
- ④ $N=1$ 인 경우, 단위램프입력 $r(t)=t$ 에 대한 정상상태오차 $e_{ss} = \frac{K}{p}$ 이다.

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 $0.1 \leq \omega \leq 1$ 영역에서의 기울기와 같고, $\omega > 100 [rad/sec]$ 영역에서의 기울기는 $10 \leq \omega \leq 100$ 영역에서의 기울기와 같다)



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

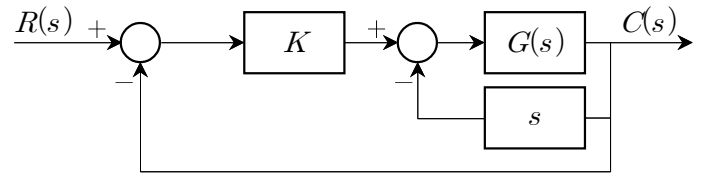
문 10. 상태방정식과 상태피드백(state feedback) 제어입력이 다음과 같을 때, 제어 후 고유주파수(undamped natural frequency)는 제어 전 고유주파수의 두 배가 되고, 제어 후 감쇠비는 1이 되도록 하기 위한 상태피드백이득 k_1, k_2 값은?

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

- | | k_1 | k_2 |
|---|-------|-------|
| ① | 12 | 27 |
| ② | 27 | 12 |
| ③ | -12 | -27 |
| ④ | -27 | -12 |

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

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



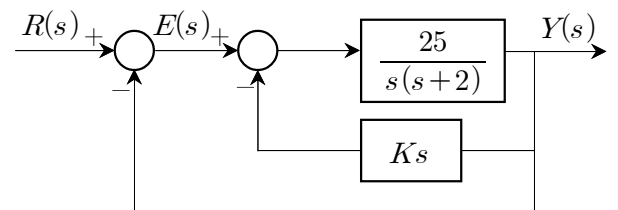
- ① 6
- ② 7
- ③ $\sqrt{6}$
- ④ $\sqrt{7}$

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

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

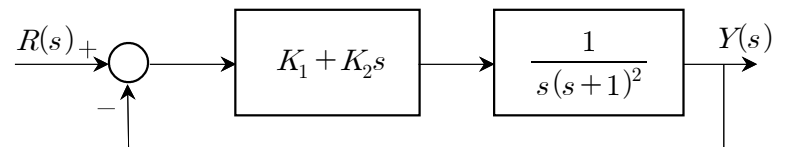
- ① 2
- ② $4\cos(2t)$
- ③ $2 + 4\cos(2t)$
- ④ $2 + 4\cos(2t - 90^\circ)$

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_1 과 K_2 의 범위로 옳은 것은?



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

문 15. 제어시스템의 상태방정식과 출력방정식이 다음과 같다.

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

상태피드백제어 입력 $u(t)$ 를 다음과 같이 설계하였다.

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

제어시스템의 고유값이 $-4 \pm j\beta$ 이고 $r(t)$ 가 단위계단함수일 때, 정상상태응답이 1이 되는 k 와 p 값은?

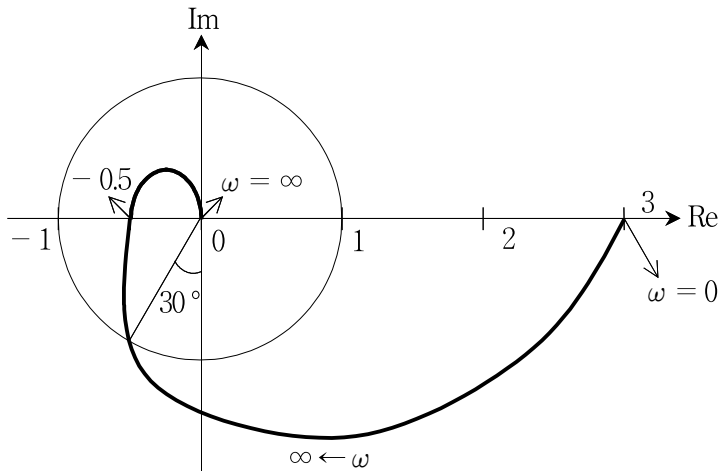
- ① $k=9, p=25$ ② $k=11, p=25$
 ③ $k=11, p=8$ ④ $k=25, p=8$

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

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 $20\log 2 [dB]$ 이다.
 ③ 단위계단입력에 대한 정상상태오차는 $\frac{1}{3}$ 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 $\frac{1}{a} [sec]$ 이다.
 ③ 시간이 무한히 경과해야 수학적으로 최종값에 도달할 수 있다.
 ④ 출력이 최종치의 $\pm 5\%$ 이내에 도달할 때까지 시간은 $\frac{5}{a} [sec]$ 이다.

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

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}u(t) \\ y(t) &= \mathbf{C}\mathbf{x}(t) \end{aligned}$$

- ① 선형시스템의 가제어성은 계수행렬 \mathbf{A} 와 \mathbf{B} 에만 의존한다.
 ② 주어진 선형시스템이 안정하지 않더라도 가제어성을 갖고 있다면 안정화시킬 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.