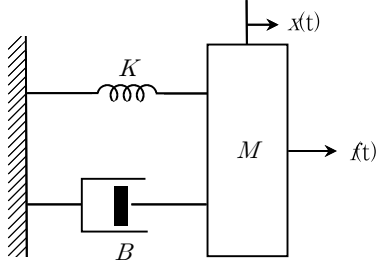


자동제어

문 1. 다음 그림의 시스템에서 $M = 3 \text{ kg}$, $B = 3 \text{ N}\cdot\text{s/m}$, $K = 300 \text{ N/m}$ 일 때, 이 시스템의 감쇠비(damping ratio)는?



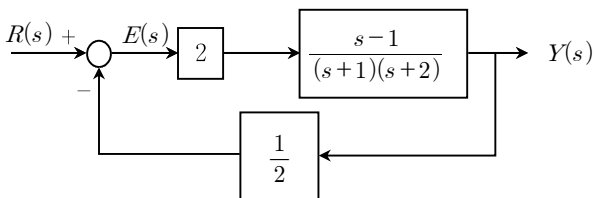
- ① $\frac{1}{2\sqrt{300}}$ ② $\frac{1}{\sqrt{300}}$
 ③ $\frac{1}{20}$ ④ $\frac{1}{10}$

문 2. 다음과 같은 전달함수를 갖는 시스템의 가제어표준형(controllable canonical form) 상태방정식 표현 방법 중 옳은 것은?

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{2s+3}{s^4+2s^3+s^2+5s+10}$$

- ① $\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -10 & -5 & -1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u, \quad y = [3 \ 2 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$
 ② $\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -10 & -5 & -1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u, \quad y = [3 \ 2 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$
 ③ $\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -10 & -5 & -1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u, \quad y = [0 \ 0 \ 3 \ 2] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$
 ④ $\dot{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -10 & -5 & -1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u, \quad y = [0 \ 0 \ 3 \ 2] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$

문 3. 다음 그림의 시스템에서 입력신호 $r(t)$ 가 단위계단 함수(unit-step function)일 때, 정상상태 오차(steady-state error) $e(\infty)$ 는? (단, $R(s)$, $E(s)$, $Y(s)$ 는 $r(t)$, $e(t)$, $y(t)$ 의 라플라스(Laplace) 변환이다)



- ① $\frac{1}{2}$
 ② 0
 ③ 2
 ④ ∞

문 4. 지상보상기(lag compensator)에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 정상상태 오차를 감소시킨다.
 ② 원점(origin)에 극점을 갖는다.
 ③ 시스템형(system type)을 증가시킨다.
 ④ 보상기 극점(pole)은 보상기 영점(zero)보다 항상 왼쪽에 위치하도록 설계해야 한다.

문 5. 다음 상태방정식으로 표현되는 선형시스템의 시스템 행렬 A 가 $\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$ 일 때, 이 시스템의 스텝 응답(step response) 형태는?

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}} &= A\mathbf{x} + Bu \\ y &= C\mathbf{x} + Du \end{aligned}$$

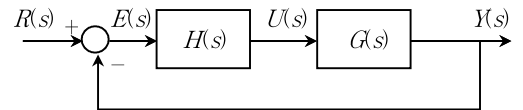
- ① 부족감쇠 응답(underdamped response)
 ② 과감쇠 응답(overdamped response)
 ③ 임계감쇠 응답(critically damped response)
 ④ 불안정 응답(unstable response)

문 6. 다음과 같이 시스템 신호간의 관계식이 주어졌다.

$$\frac{d^2y(t)}{dt^2} - 20y(t) = z(t), \quad 0.2\frac{dz(t)}{dt} + z(t) = u(t)$$

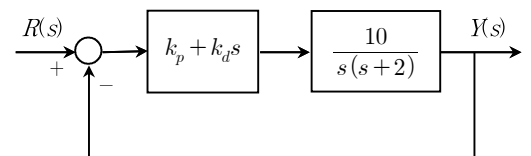
이 시스템을 아래의 블록선도(block diagram)와 같이 페루프 시스템으로 구성하여 안정화시키려고 한다. 오차 $e(t)$ 와 제어입력 $u(t)$ 와의 관계가 $u(t) = k_p e(t) + k_d \frac{de(t)}{dt}$ 일 때, 페루프 시스템

$\frac{Y(s)}{R(s)}$ 의 특성방정식은? (단, 모든 초기조건은 0이다)



- ① $s^3 + 10s^2 + (5k_d - 20)s + 5k_p - 100 = 0$
 ② $s^3 + 5s^2 + (5k_d - 20)s + 5k_p - 100 = 0$
 ③ $s^3 + 10s^2 + (5k_p - 20)s + 5k_d - 100 = 0$
 ④ $s^3 + 5s^2 + (5k_p - 20)s + 5k_d - 100 = 0$

문 7. 2차 플랜트를 가지는 단위피드백 시스템에 선형 PD 제어를 다음 그림과 같이 추가하였다. 램프입력(ramp input)에 대한 정상상태 오차를 0.02로 유지하기 위한 k_p 의 값을 결정한 후, 페루프 전달함수의 특성방정식으로부터 감쇠비(damping ratio)를 0.5로 하기 위한 k_d 의 값을 결정했을 때, k_p 와 k_d 의 값은?



- | k_p | k_d |
|-------|-------|
| ① 10 | 0.8 |
| ② 10 | 0.5 |
| ③ 1 | 0.8 |
| ④ 1 | 0.5 |

문 8. 단위피드백 제어시스템의 전방경로(forward path) 전달함수가 다음과 같을 때, 폐루프 시스템이 안정하기 위한 K 의 범위는?

$$G(s) = \frac{K(s+10)(s+20)}{s^2(s+2)}$$

- ① $K < \frac{14}{3}$
- ② $K > \frac{14}{3}$
- ③ $K > 2$
- ④ $K < 2$

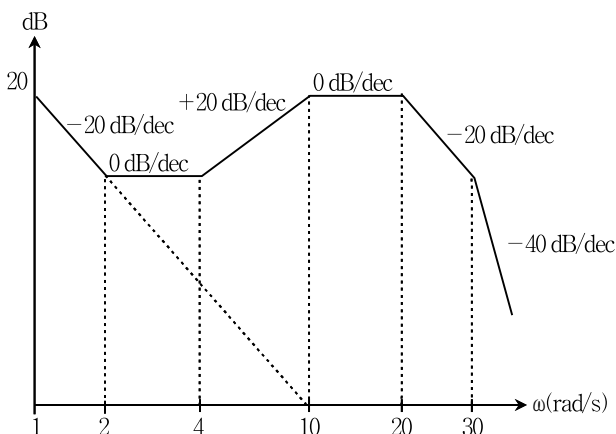
문 9. 제어시스템이 다음과 같은 상태공간 방정식으로 표현될 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

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

$$y = [1 \quad 0] \mathbf{x}$$

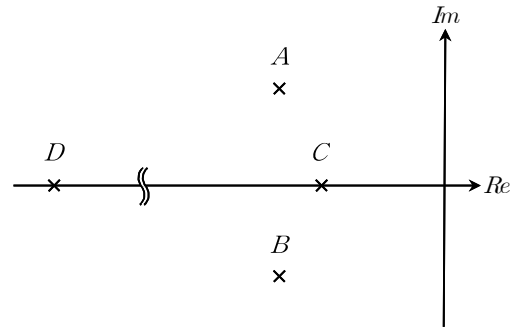
- ① $\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{1}{s^2 + 3s + 2}$ 이다.
- ② 주어진 시스템은 완전 가제어성을 만족한다.
- ③ 주어진 시스템은 완전 가관측성을 만족한다.
- ④ 상태전이 행렬은 $\begin{bmatrix} 2e^{-t} - e^{-2t} & e^{-t} - e^{-2t} \\ 2e^{-t} + 2e^{-2t} & -e^{-t} + 2e^{-2t} \end{bmatrix}$ 이다.

문 10. 제어시스템의 전달함수가 $G(s) = \frac{K(1+0.5s)(1+as)}{s(1+s/10)(1+bs)(1+s/30)}$ 으로 주어질 때, 다음의 근사화된 보드선도로부터 K , a , b 의 값은?



- | K | a | b |
|------------------|---------------|----------------|
| ① 10 | 4 | 20 |
| ② $\frac{1}{10}$ | 4 | 20 |
| ③ $\frac{1}{10}$ | 4 | $\frac{1}{20}$ |
| ④ 10 | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{20}$ |

문 11. 어떤 시스템이 네 개의 극점(pole)을 가지고 있으며, s -평면상에 다음과 같이 표시된다고 하자. 시스템을 저차(low order) 시스템으로 근사화할 때, 이 중에서 시스템 응답에 가장 영향이 작아서 무시할 수 있는 극점은?



- ① A
- ② B
- ③ C
- ④ D

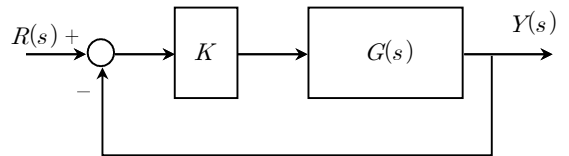
문 12. 동적시스템(dynamic system)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 선형 시스템(linear system)은 $f(ax_1 + bx_2) = af(x_1) + bf(x_2)$ 의 특성을 갖는 시스템이다. 이때 a, b 는 상수를 나타낸다.
- ② 선형 시불변(time-invariant) 시스템의 입력단에 정현파(sinusoidal wave)가 인가되면, 출력은 입력 정현파와 동일한 주파수를 갖고, 출력의 크기(magnitude)는 입력 정현파의 크기와 동일하다.
- ③ 선형 시변(time-varying) 시스템은 시스템의 계수 값들이 시간에 따라 변화하는 시스템이다.
- ④ 비선형(nonlinear) 시불변 시스템의 계수 값들은 시간에 따라 변화하지 않는다.

문 13. 루프이득(loop-gain) $G(s)H(s)$ 를 갖는 시스템의 이득여유(gain margin)와 위상여유(phase margin)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 위상교차주파수(phase-crossover frequency) ω_p 에서 $G(j\omega_p)H(j\omega_p)$ 의 크기가 [dB] 단위로 음수이면 이득여유는 양수이다.
- ② 이득교차주파수(gain-crossover frequency) ω_g 에서 $G(j\omega_g)H(j\omega_g)$ 의 위상이 -180° 보다 더 크면 위상여유는 양수이다.
- ③ 이득교차주파수가 위상교차주파수보다 크면 폐루프(closed-loop) 시스템은 안정하다.
- ④ 폐루프 시스템이 안정하기 위한 필요충분조건은 이득여유와 위상여유가 모두 양수이어야 한다.

문 14. 다음과 같은 단위피드백(unit-feedback) 시스템이 있다.



폐루프 전달함수가 아래와 같이 주어졌을 때, 개루프 전달함수 $G(s)$ 는?

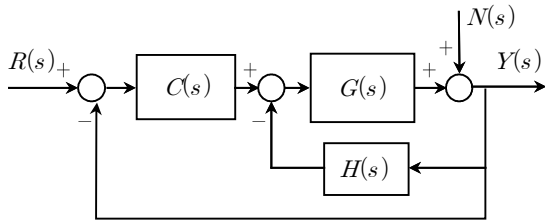
$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{Kb}{s^2 + as + Kb} \quad (\text{단, } a, b > 0)$$

- ① $G(s) = \frac{b}{s^2 + as}$
- ② $G(s) = \frac{a}{s^2 + bs}$
- ③ $G(s) = \frac{b}{s^2 + as + b}$
- ④ $G(s) = \frac{a}{s^2 + bs + a}$

문 15. 어떤 선형제어시스템의 특성방정식(characteristic equation)이 $s^2(s+10)+K(s+1)=0$ (단, $K>0$)으로 주어질 때, K 의 변화에 따른 근궤적에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 실수축 상의 -10 과 -1 사이에 근궤적이 존재한다.
- ② 모든 양의 K 값에 대하여, 근궤적이 s -평면의 우반부(right-half plane)에 존재한다.
- ③ K 값이 증가함에 따라서 근의 위치는 변하고, 근궤적은 실수축에 대하여 대칭이다.
- ④ 모든 양의 K 값에 대하여, 실수축 상의 -1 과 0 사이에 근궤적이 존재하지 않는다.

문 16. 다음 그림에 제시된 시스템의 전달함수 $\frac{Y(s)}{N(s)}$ 는?



- ① $\frac{1}{1+C(s)G(s)+G(s)H(s)}$
- ② $\frac{C(s)G(s)}{1+C(s)G(s)+G(s)H(s)}$
- ③ $\frac{G(s)H(s)}{1+C(s)G(s)+G(s)H(s)}$
- ④ $\frac{C(s)G(s)+G(s)H(s)}{1+C(s)G(s)+G(s)H(s)}$

문 17. 시스템의 모든 초기조건이 0일 때, 단위계단(unit-step) 응답이 $y(t)=1-e^{-at}$ (단, $a>0$)인 시스템의 전달함수는?

- ① $\frac{as}{s+a}$
- ② $\frac{s}{s+a}$
- ③ $\frac{a}{s(s+a)}$
- ④ $\frac{a}{s+a}$

문 18. $\frac{d^2y(t)}{dt^2}+4\frac{dy(t)}{dt}+3y(t)=2r(t)$ 의 미분방정식으로 표현되는 시스템에서 입력신호가 $r(t)=1$ ($t \geq 0$)과 같이 주어질 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, $y(0)=1$, $\frac{dy(0)}{dt}=0$)

- ① $\frac{Y(s)}{R(s)}=\frac{1}{s^2+4s+3}$ 이다.
- ② 정상상태 응답은 $\frac{1}{3}$ 이다.
- ③ 과도 응답은 $-e^{-t}+\frac{1}{3}e^{-3t}$ 이다.
- ④ 주어진 시스템은 불안정하다.

문 19. 단위계단 입력에 대한 어떤 시스템의 출력 $Y(s)$ 가 다음과 같다.

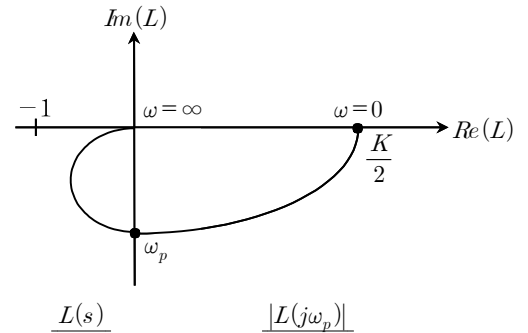
$$Y(s)=\frac{1}{(s+1)(s+2)}$$

이 시스템의 단위임펄스 응답(unit-impulse response)은? (단, $t \geq 0$)

- ① $y(t)=e^{-t}-2e^{-2t}$
- ② $y(t)=-e^{-t}+2e^{-2t}$
- ③ $y(t)=2e^{-t}-e^{-2t}$
- ④ $y(t)=-2e^{-t}+e^{-2t}$

문 20. 다음 나이퀴스트 선도(Nyquist diagram)에 적합한 루프전달함수 $L(s)$ 와 허수축과의 교차점 ω_p 에서의 $|L(j\omega_p)|$ 값은?

(단, 제어기의 이득 $K>0$)



- | | $L(s)$ | $ L(j\omega_p) $ |
|---|-----------------------------|-----------------------|
| ① | $\frac{K}{(s+1)(s+2)}$ | $\frac{\sqrt{3}K}{9}$ |
| ② | $\frac{K}{(s+1)(s+2)}$ | $\frac{\sqrt{2}K}{6}$ |
| ③ | $\frac{K}{(s+1)(s+2)(s+3)}$ | $\frac{\sqrt{3}K}{9}$ |
| ④ | $\frac{K}{(s+1)(s+2)(s+3)}$ | $\frac{\sqrt{2}K}{6}$ |