

자동제어

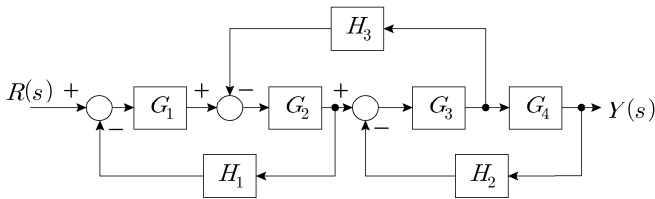
문 1. 극점(pole)과 영점(zero)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 시스템의 안정도(stability)는 극점에 의해 결정된다.
- ② 시스템의 과도응답(transient response)은 s 평면상의 허수축에 가까운 극점에 의하여 지배된다.
- ③ 시스템의 과도응답은 극점뿐만 아니라 영점에 의해 결정된다.
- ④ 우반평면에 영점을 갖는 시스템은 최소위상(minimum phase) 시스템이다.

문 2. 주파수영역에서 단일 입출력 제어시스템의 해석에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

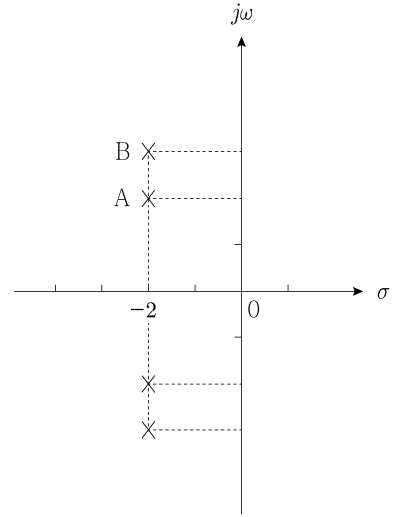
- ① 주파수 대역폭(bandwidth)이 커질수록 시스템의 응답속도는 느리다.
- ② 일반적으로 첨두공진치(resonant peak value)가 커지면 시간영역에서 단위계단응답의 오버슈트(overshoot)가 커진다.
- ③ 페루프시스템의 안정도는 루프 전달함수(loop transfer function)의 나이퀴스트(Nyquist) 선도를 이용하여 판별할 수 있다.
- ④ 상대안정도(relative stability)는 일반적으로 이득여유(gain margin)와 위상여유(phase margin)로 나타낼 수 있다.

문 3. 다음 블록선도에서 시스템의 입출력 전달함수 $\frac{Y(s)}{R(s)}$ 는?



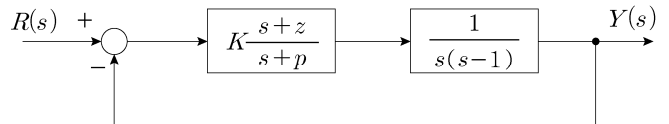
- ① $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_1 G_2 H_1 + G_3 G_4 H_2 - G_2 G_3 H_3}$
- ② $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_1 G_2 H_1 + G_3 G_4 H_2 + G_2 G_3 H_3}$
- ③ $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_1 G_2 H_1 + G_3 G_4 H_2 - G_2 G_3 H_3 + G_1 G_2 G_3 G_4 H_1 H_2}$
- ④ $\frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_1 G_2 H_1 + G_3 G_4 H_2 + G_2 G_3 H_3 + G_1 G_2 G_3 G_4 H_1 H_2}$

문 4. 다음 그림과 같이 2차 표준형 시스템의 극점의 위치가 A, B와 같이 주어질 때, 시스템의 응답특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



- ① 극점 B에서의 상승시간(rise time)이 A보다 감소한다.
- ② 극점 B에서의 최대 오버슈트(maximum overshoot)가 A보다 크다.
- ③ 극점 B에서의 정착시간(settling time)이 A보다 감소한다.
- ④ 극점 B에서의 감쇠비(damping ratio)가 A보다 작다.

문 5. 다음 그림과 같은 피드백 제어시스템이 안정하기 위한 필요조건으로 옳지 않은 것은? (단, $K > 0$, $p > 0$, $z > 0$ 이고 $p \neq z$ 이다)



- ① $z < p-1$
- ② $p > 1$
- ③ $K > \frac{p(p-1)}{p-z-1}$
- ④ $K < p$

문 6. 함수 $y(t)$ 의 라플라스 변환 $Y(s)$ 가 다음과 같이 주어질 때, ω 와 T 의 값은? (단, $u_s(t)$ 는 단위계단함수이다)

$$y(t) = e^{-2(t-1)} \cos(\omega(t-1)) u_s(t-1)$$

$$Y(s) = e^{-Ts} \frac{s+2}{s^2+4s+13}$$

- | | ω | T |
|---|-------------|-----|
| ① | 3 | 1 |
| ② | 3 | 2 |
| ③ | $\sqrt{13}$ | 1 |
| ④ | $\sqrt{13}$ | 2 |

문 7. 제어대상의 단위임펄스응답 $y(t)$ 가 다음과 같이 주어질 때, 입출력 전달함수 $G(s)$ 는? (단, $t \geq 0$ 이다)

$$y(t) = 3e^t - 3e^{-t}(\sin(t) + \cos(t))$$

- $$\begin{array}{l} \textcircled{1} \quad \frac{3(s-4)}{(s+1)(s^2-2s+2)} \\ \textcircled{2} \quad \frac{3(s+4)}{(s-1)(s^2+2s+2)} \\ \textcircled{3} \quad \frac{s-4}{(s+1)(s^2-2s+2)} \\ \textcircled{4} \quad \frac{s+4}{(s-1)(s^2+2s+2)} \end{array}$$

문 8. 전달함수 $G(s) = \frac{1}{s+1}$ 에 각주파수 ω [rad/sec]인 정현파 입력이 주어지고 그 입출력비가 -3 dB일 때, 출력되는 정현파의 주파수 [Hz]와 위상지연 [rad]은? (단, 각주파수 $\omega > 0$ 이고 $\log_{10} 2 \approx 0.3$ 이다)

	주파수	위상 지연
①	$\frac{1}{2\pi}$	$\frac{\pi}{4}$
②	$\frac{1}{2\pi}$	$\frac{\pi}{3}$
③	1	$\frac{\pi}{4}$
④	1	$\frac{\pi}{3}$

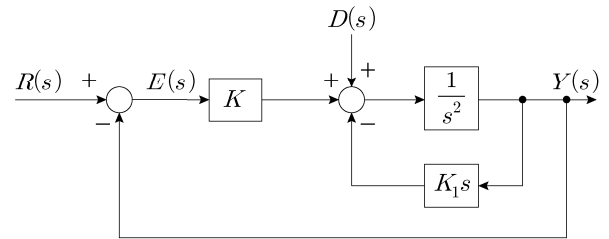
문 9. 다음과 같은 상태공간방정식에서 특성방정식(characteristic equation)의 근궤적(root locus)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $K > 0$ 이고, $j = \sqrt{-1}$ 이다)

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -K-4 & -5 & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} r$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

- ① 점근선의 각도는 60° , 180° , 300° 이다.
- ② 점근선의 실수축과 교차점은 -2 이다.
- ③ 근궤적의 허수축과 교차점은 $+j2$ 와 $-j2$ 이다.
- ④ 근궤적의 허수축과 교차점에서의 K 값은 20 이다.

문 10. 다음 그림과 같은 피드백 제어시스템의 안정도와 성능에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 기준입력 $R(s) = \frac{1}{s^2}$ 이고 외란입력 $D(s) = \frac{1}{s}$ 이며, $K > 0$, $K_1 > 0$ 이다)



- ① 페루프시스템은 항상 안정하다.
- ② K 는 고정하고 K_1 이 증가하면 $R(s)$ 에 대한 정상상태오차 크기는 증가한다.
- ③ K 는 고정하고 K_1 이 증가하면 $D(s)$ 에 대한 정상상태오차 크기는 감소한다.
- ④ K_1 은 고정하고 K 가 증가하면 $R(s)$ 와 $D(s)$ 에 대한 정상상태오차 크기는 모두 감소한다.

문 11. 다음과 같은 단일 입출력 상태공간방정식에서 $x = Pz$ 를 이용하여 새로운 상태변수 z 인 같은 차원의 상태공간방정식으로 사상변환(similarity transformation)할 때, 극점과 영점에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, x 는 $n \times 1$ 상태벡터이고 P 는 $n \times n$ 정칙행렬(nonsingular matrix)이다)

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx\end{aligned}$$

- ① 상사변환 전후의 극점과 영점의 위치는 동일하다.
- ② 상사변환 전후의 극점의 위치는 동일하지만 영점의 위치는 달라진다.
- ③ 상사변환 전후의 극점의 위치는 달라지지만 영점의 위치는 동일하다.
- ④ 상사변환 전후의 극점과 영점의 위치는 달라진다.

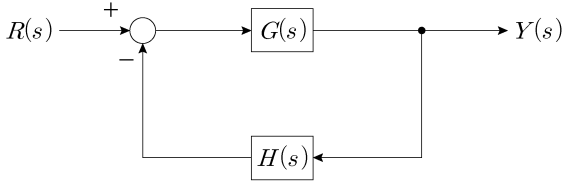
문 12. 다음과 같은 상태공간방정식에서 단위계단입력에 대한 정상상태 출력은?

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 1 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

- ① -3 ② $-\frac{3}{2}$
 ③ $\frac{3}{2}$ ④ 3

- 문 13. 다음 그림과 같은 피드백 제어시스템에서 제어기 $H(s)$ 의 변화에 대한 폐루프 전달함수 $T(s)$ 의 감도(sensitivity) S_H^T 는?



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

- 문 14. 다음 상태방정식에서 상태천이행렬(state transition matrix)을

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \text{이라 할 때, } a_{12} \text{는?}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

- ① $e^{-t} + e^{-2t}$
 ② $e^{-t} - e^{-2t}$
 ③ $-e^{-t} + e^{-2t}$
 ④ $-e^{-t} - e^{-2t}$

- 문 15. 보상기(compensator) $C(s) = \frac{aTs+1}{Ts+1}$ 에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $a=3$, $T=1$ 이다)

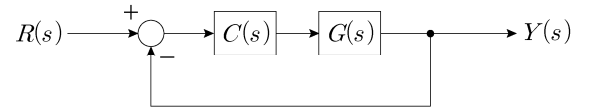
- ① $a > 1$ 이므로 진상보상기(phase lead compensator)가 된다.
 ② 보상기 $C(s)$ 는 $\frac{d}{d\omega} [\tan^{-1}(aT\omega) - \tan^{-1}(T\omega)] = 0$ 을 만족하는 주파수에서 최대 위상을 갖는다.
 ③ 보상기의 최대 위상각 ϕ_m 은 $\frac{\pi}{6}$ rad이다.
 ④ 보상기가 최대 위상을 갖는 각주파수 ω_m 은 $\sqrt{3}$ rad/sec이다.

- 문 16. 전달함수 $G(s) = \frac{4}{s^2 + 2s + 4}$ 를 다음의 상태공간방정식으로 나타낼 때, ab 의 값은?

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \begin{bmatrix} -1 & \sqrt{3} \\ -\sqrt{3} & -1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ a \end{bmatrix} u \\ y &= [b \ 0] x \end{aligned}$$

- ① $\frac{1}{\sqrt{3}}$
 ② $\frac{2}{\sqrt{3}}$
 ③ $\frac{3}{\sqrt{3}}$
 ④ $\frac{4}{\sqrt{3}}$

- 문 17. 다음과 같은 피드백 제어시스템에서 보상기 $C(s) = K \frac{s+z}{s+p}$ 를 사용하여 안정한 폐루프시스템을 설계할 때, 제어시스템의 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $G(s)$ 는 최소위상시스템이고, $K > 0$, $p > 0$, $z > 0$, $p \neq z$ 이다)



- ① $z > p$ 일 때 보상기는 폐루프시스템의 정상상태오차를 개선할 수 있다.
 ② $z < p$ 일 때 보상기는 폐루프시스템의 과도응답을 개선할 수 있다.
 ③ z 와 p 는 고정하고 K 가 증가하면 루프 전달함수의 이득여유는 증가한다.
 ④ z 와 p 는 고정하고 K 가 증가하면 루프 전달함수의 위상여유는 감소한다.

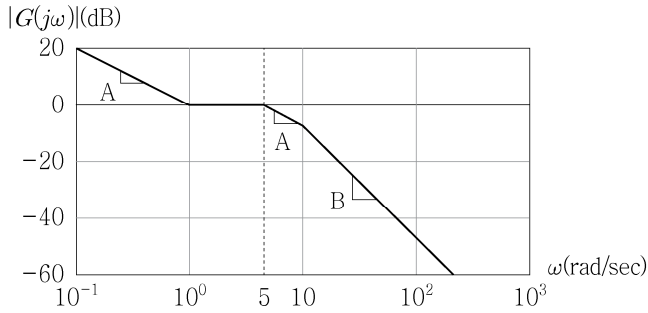
- 문 18. 다음과 같은 상태변수 피드백 제어시스템에서 폐루프시스템의

극점이 -2 , -2 일 때, 제어이득 k_1 과 k_2 는?

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= u \\ u &= -k_1 x_1 - k_2 x_2 \end{aligned}$$

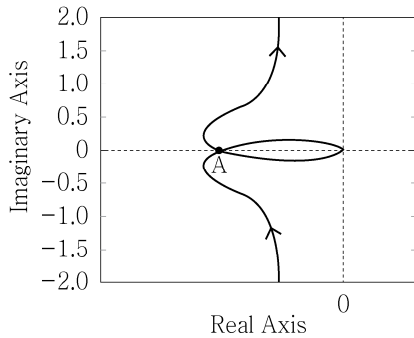
- | | k_1 | k_2 |
|---|-------|-------|
| ① | 2 | 2 |
| ② | 2 | 4 |
| ③ | 4 | 2 |
| ④ | 4 | 4 |

- 문 19. 다음 그림은 점근선으로 표시한 보드(Bode) 선도이다. 그림에 가장 적합한 전달함수 $G(s)$ 는? (단, $\omega < 0.1$ rad/sec에서 기울기는 $0.1 \leq \omega < 1$ 에서의 기울기와 같고, A는 -20 dB/dec, B는 -40 dB/dec의 기울기이다)



- ① $\frac{10(s+1)}{s(s+5)(s+10)}$
 ② $\frac{50(s+1)}{s(s+5)(s+10)}$
 ③ $\frac{10(s+1)}{s(s+0.2)(s+0.1)}$
 ④ $\frac{50(s+1)}{s(s+0.2)(s+0.1)}$

- 문 20. 전달함수 $G(s) = \frac{1}{s(s^2 + s + 2)}$ 의 나이퀴스트(Nyquist) 선도가 다음 그림과 같다. A점의 좌표는 $(a, 0)$ 이고 A점에 해당하는 각주파수는 b [rad/sec]일 때, ab^2 의 값은?



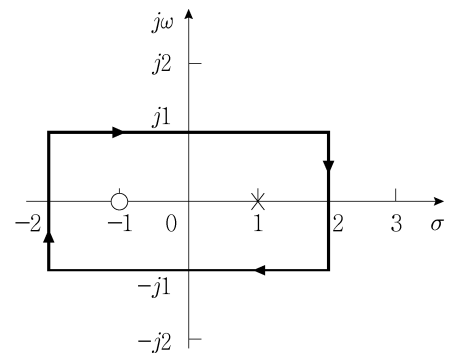
- ① -4
 ② -3
 ③ -2
 ④ -1

- 문 21. 다음과 같은 제어시스템과 전차수 상태관측기(full-order state observer)에서 상태관측기의 고윳값(eigenvalue)이 $-4, -8$ 일 때, 관측기 이득행렬 K_e 와 시스템의 가관측성 행렬(observability matrix) N 과의 곱인 NK_e 의 값은? (단, \hat{x} 은 x 의 추정 상태변수이고, $A = \begin{bmatrix} 0 & 3 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$, $C = [0 \ 1]$ 이다)

$$\begin{aligned}\dot{\hat{x}} &= A\hat{x} + Bu \\ y &= Cx \\ \dot{\hat{x}} &= A\hat{x} + Bu + K_e(y - C\hat{x})\end{aligned}$$

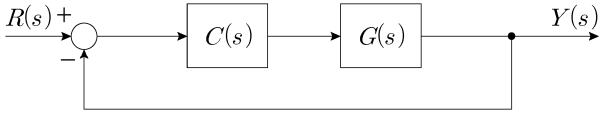
- ① $\begin{bmatrix} 8 \\ 32 \end{bmatrix}$
 ② $\begin{bmatrix} 12 \\ 35 \end{bmatrix}$
 ③ $\begin{bmatrix} 32 \\ 8 \end{bmatrix}$
 ④ $\begin{bmatrix} 35 \\ 12 \end{bmatrix}$

- 문 22. 전달함수가 $G(s) = \frac{s+1}{s-1}$ 이고 s 평면에서 폐경로(closed path)가 다음과 같이 주어질 때, 사상(mapping)은 $G(s)$ 평면에서 폐곡선으로 나타난다. 이때 $G(s)$ 평면으로 사상된 폐곡선에 대한 설명으로 옳은 것은?



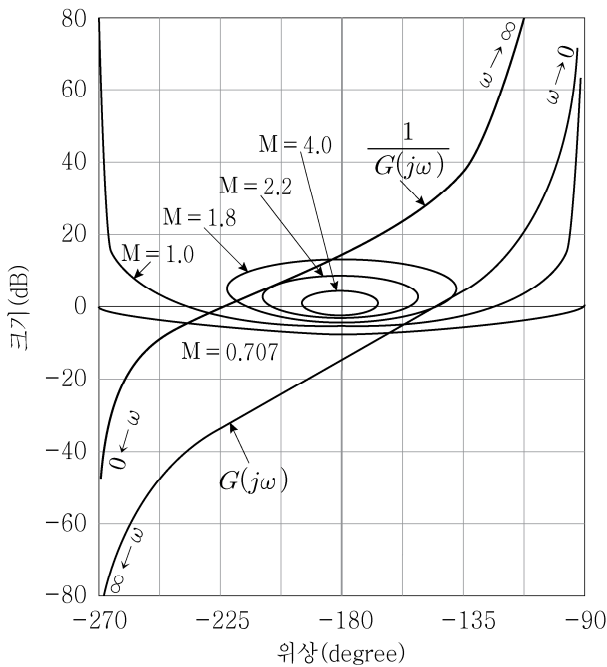
- ① 원점을 감싸지 않는다.
 ② 원점을 시계방향으로 1회 감싼다.
 ③ 원점을 시계방향으로 2회 감싼다.
 ④ 원점을 반시계방향으로 1회 감싼다.

- 문 23. 전달함수 $G(s)$ 의 단위계단응답이 $(1 - e^{-t})u_s(t)$ 이고 제어기 $C(s) = K_P \left(1 + \frac{T_I}{s}\right)$ 로 단위 피드백 제어시스템을 구성한다. 폐루프 극점의 감쇠비가 0.5이고 단위경사입력(unit ramp input)에 대한 정상상태오차가 $\frac{1}{9}$ 일 때, K_P 와 T_I 의 값은? (단, $u_s(t)$ 는 단위계단함수이다)



	K_P	T_I
①	1	4.5
②	1	9
③	2	4.5
④	2	9

- 문 24. 루프 전달함수 $G(s)$ 에 대한 단위 피드백 제어시스템에서 니콜스(Nichols) 선도가 다음 그림과 같다. 일정 M 궤적(constant M-loci), $G(j\omega)$ 및 $\frac{1}{G(j\omega)}$ 이 그림과 같이 표시될 때, 니콜스 선도에서 위상여유(PM)[°], 첨두공진치(M_r) 그리고 감도 최대크기(S_m) 값으로 가장 옳은 것은?



	PM	M_r	S_m
①	34	1.8	2.2
②	34	2.2	1.8
③	146	1.8	2.2
④	146	2.2	1.8

- 문 25. 루프 전달함수 $G_1(s) = \frac{1}{s^3 + s^2 + 3s}$ 에 대한 단위 피드백 제어시스템의 이득여유는 A 이고 위상여유는 B 일 때, 루프 전달함수 $G_2(s) = \frac{1}{27s^3 + 9s^2 + 9s}$ 에 대한 단위 피드백 제어시스템의 이득여유와 위상여유는?

	이득여유	위상여유
①	$\frac{A}{3}$	$\frac{B}{3}$
②	$\frac{A}{3}$	B
③	A	B
④	$3A$	$3B$