

## 2013년 국가직 7급 자동제어 인책형 해설

01. ② 02. ③ 03. ② 04. ① 05. ④ 06. ① 07. ④ 08. ① 09. ④ 10. ④  
 11. ② 12. ③ 13. ③ 14. ③ 15. ④ 16. ④ 17. ① 18. ② 19. ③ 20. ②

1. 【정답】 ②

$$Y = \left( \left( R - \frac{Y}{G_3} H_1 \right) G_1 - Y H_2 \right) G_2 G_3$$

$$(1 + G_1 G_2 H_1 + G_2 G_3 H_2) Y = R G_1 G_2 G_3$$

$$\frac{Y}{R} = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 G_2 H_1 + G_2 G_3 H_2}$$

2. 【정답】 ③

③ 안정한 시스템의 지배극점(dominant pole)이  $s$ 평면의 허수축으로부터 멀어질수록 일반적으로 시스템의 대역폭은 넓어진다.

3. 【정답】 ②

$$\omega_n^2 = 4K, \quad 2\zeta\omega_n = K+3 \text{ 이므로 } \zeta = \frac{K+3}{4\sqrt{K}} \text{ 이다.}$$

오버슈트(overshoot)가 발생하기 위해서는  $0 < \zeta < 1$  면 되므로

$$0 < \frac{K+3}{4\sqrt{K}} < 1$$

$$K > 0, \quad \frac{K+3-4\sqrt{K}}{4\sqrt{K}} < 0$$

$$(\sqrt{K}-3)(\sqrt{K}-1) < 0$$

$$1 < \sqrt{K} < 3, \quad 1 < K < 9$$

4. 【정답】 ①

출력신호의 진폭은 입력신호의 진폭에 이득  $|G(j\omega)|$  을 곱하면 되므로

$$|G(j\omega)| = \left| \frac{1}{(j3)^2 + 2 \cdot j3 + 9} \right| = \left| \frac{1}{6j} \right| = \frac{1}{6}$$

$$10 \times \frac{1}{6} = \frac{5}{3}$$

5. 【정답】 ④

$$e(\infty) = \frac{1}{\lim_{s \rightarrow 0} sG(s)} = \frac{1}{\lim_{s \rightarrow 0} \frac{K(s+3)}{(s+1)(s+2)}} = \frac{2}{3K}$$

$$\frac{2}{3K} \leq 0.1, K \geq \frac{20}{3}$$

6. 【정답】 ①

그림 (a) :  $M\ddot{x} + f\dot{x} + Kx = F(t)$

그림 (b) :  $\frac{dq}{dt}R + L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{C}q = F(t)$

따라서  $R$ 은  $f$ 에 대응하고,  $L$ 은  $M$ ,  $C$ 는  $\frac{1}{K}$ 에 대응한다.

7. 【정답】 ④

$$X = \begin{bmatrix} s & -1 \\ 3 & s+4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} U$$

$$Y = [1 \ 3] \begin{bmatrix} s & -1 \\ 3 & s+4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} U = \frac{1}{s^2 + 4s + 3} [1 \ 3] \begin{bmatrix} s+4 & 1 \\ -3 & s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} U$$

$$\frac{Y}{U} = \frac{3s+1}{s^2+4s+3} = \frac{-1}{s+1} + \frac{4}{s+3}$$

임펄스응답은 전달함수의 라플라스역변환이므로

$$h(t) = \begin{cases} -e^{-t} + 4e^{-3t} & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

8. 【정답】 ①

블록선도에서  $Y(s)$ 로 들어가는 분기는 2개이고,  $Y = CX + DU$ 이므로 (나)는  $D$ 이고, (다)는  $C$ 임을 알 수 있다. 그리고  $sX = AX + BU$ 의 관계로부터 (가)는  $A$ 이고, (라)는  $B$ 임을 알 수 있다.

(가) : A, (나) : D, (다) : C, (라) : B

9. 【정답】 ④

최대오버슈트는 감쇠비와만 관련 있으므로 (a)와 (b)의 감쇠비는  $\zeta = 0.5$ 이고, 상승 시간은 빨라졌으므로 상승시간에 반비례하는 고유진동수는 2보다 큰  $\omega_n = 4$ 가 된다.

10. 【정답】 ④

$$Y = (R - N - Y)KG + D$$

$$(1 + KG)Y = (R - N)KG + D$$

$$Y = \frac{KG(R - N)}{1 + KG} + \frac{D}{1 + KG}$$

$R(s)$ 와  $D(s)$ 는 저주파일 때 시스템에 대한 영향이 커지고,  $N(s)$ 는 고주파일 때 시스템에 대한 영향이 커진다.

- ① 명령추종 성능을 좋게하기 위해서는  $K(s)G(s)$ 의 이득이 저주파영역에서 큰 값을 가져야 한다.
- ② 외란제거 성능을 좋게하기 위해서는  $K(s)G(s)$ 의 이득이 저주파영역에서 큰 값을 가져야 한다.
- ③ 센서잡음 영향을 작게하기 위해서는  $K(s)G(s)$ 의 이득이 고주파영역에서 작은 값을 가져야 한다.

11. 【정답】 ②

가제어성행렬 :  $S = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -4 \end{bmatrix}$ ,  $\det S = -5 \neq 0$ 이므로 제어가능하다.

가관측성행렬 :  $V = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$ ,  $\det V = 0$ 이므로 관측불가능하다.

12. 【정답】 ③

$$G(s) = \frac{2s + 5}{s^2 + 4s + 5} = \frac{2(s + 2)}{(s + 2)^2 + 1} + \frac{1}{(s + 2)^2 + 1}$$

따라서 단위임펄스응답은  $e^{-2t}(2\cos t + \sin t)$

13. 【정답】 ③

$$\text{폐루프 전달함수는 } \frac{\frac{2(k_p + k_d s)}{s^2 + 2s + 3}}{1 + \frac{2(k_p + k_d s)}{s^2 + 2s + 3}} = \frac{2(k_p + k_d s)}{s^2 + 2(1 + k_d)s + 3 + 2k_p}$$

$$s = -3 \pm 3\sqrt{3}j, \quad s^2 + 6s + 9 = -27, \quad s^2 + 6s + 36 = 0$$

$$3 + 2k_p = 36, \quad k_p = 16.5$$

$$2(1 + k_d) = 6, \quad k_d = 2$$

14. 【정답】 ③

ㄱ. 극점 3개, 영점 0개이고  $\frac{(2k+1)\pi}{3-0}$ ,  $k=0, 1, 2$ 이므로 점근선의 각도는  $60^\circ, 180^\circ, 300^\circ$ 이다.

ㄴ. 점근선이 실수축과 만나는 점은  $\frac{-5}{3-0} = -\frac{5}{3}$ 이다.

ㄷ. 허수축을 지날 때는 특성방정식  $s^3 + 5s^2 + 4s + K = 0$ 이 순허수근  $j\omega$ 를 가질 때이므로  $(j\omega)^3 + 5(j\omega)^2 + 4j\omega + K = 0$ ,  $(-5\omega^2 + K) + (-\omega^3 + 4\omega)j = 0$   
 $\omega^3 = 4\omega$ 이므로  $\omega = \pm 2$ 이다.

ㄹ. 실수부  $-5\omega^2 + K = 0$ 이므로  $K = 20$ 이다.

15. 【정답】 ④

$\frac{1}{s+2}$ 에서 분모에  $s$ 가 추가된 형태이므로  $\omega = 0, \omega = \infty$ 일 때 위상이  $-90^\circ$ 만큼 변하여 ④번과 같은 형태가 된다.

16. 【정답】 ④

ㄱ. 비례미분(PD)제어기를 사용하면 오버슈트(overshoot)와 상승시간(rise time)을 동시에 줄일 수 있다.

ㄴ. 비례적분(PI)제어기를 사용하면 정상상태오차(steady state error)를 줄일 수 있다.

ㄷ. 비례미분(PD)제어기의 효과는 진상(phase-lead)제어기의 효과와 비슷하다.

ㄹ. 비례적분미분(PID)제어기는 PI제어기와 PD제어기의 곱으로 표현할 수도 있다.

17. 【정답】 ①

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -1 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} (-[k_1 \ k_2]x + r)$$

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -1 \end{bmatrix} x - \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ k_1 & k_2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} r = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 - k_1 & -1 - k_2 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} r$$

$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 - k_1 & -1 - k_2 \end{bmatrix}$ 라 하면 시스템의 특성방정식은  $\det(sI - A) = 0$ 이다.

$$\det(sI - A) = s(s + 1 + k_2) + 2 + k_1 = s^2 + (1 + k_2)s + 2 + k_1 = 0$$

$$2 + k_1 = \omega_n^2 = 100, \quad k_1 = 98$$

$$2 \cdot 0.5 \cdot 10 = 1 + k_2, \quad k_2 = 9$$

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{9}{98}$$

18. 【정답】 ②

개루프 전달함수 :  $\frac{K}{s(s^2 + 2s + 2)}$

이득여유  $20\log\frac{1}{|G(j\omega)|} = 20, |G(j\omega)| = 0.1$

$$G(j\omega) = \frac{K}{j\omega(-\omega^2 + 2j\omega + 2)} = \frac{K}{-2\omega^2 + (-\omega^3 + 2\omega)j}$$

$-\omega^3 + 2\omega = 0, \omega = \sqrt{2}$

$|G(j\omega)| = \left| \frac{K}{-4} \right| = 0.1$

$K = 0.4$

19. 【정답】 ③

폐루프 전달함수의 특성방정식은  $s^3 + 2s^2 + (K+2)s + 4K+2 = 0$

Routh-Hurwitz 판별법을 쓰면

$s^3$	1	$K+2$
$s^2$	2	$4K+2$
$s^1$	$\frac{-2K+2}{2}$	
$s^0$	$4K+2$	

$-2K+2 > 0, 4K+2 > 0$

공통범위는  $-0.5 < K < 1$

20. 【정답】 ②

출력진폭이 입력진폭의  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  일 때의 주파수가 대역폭이므로

$2\pi f = 50\pi, f = 25 \text{ Hz}$

입력이  $\sin(100\pi t)$ 와 출력  $\frac{1}{2}\sin(100\pi t - \pi)$ 의 위상은 반대이므로 50 Hz가 위상교차주

파수가 된다. 따라서 이득은  $\frac{1}{2}$ 이므로 dB단위로 나타내면

$20\log\frac{1}{2} = -20\log 2 = -20 \times 0.3 = -6 \text{ dB}$