

2022년 서울시 연구직 공정제어설계 A책형 해설

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

1. 【정답】 ②

$Y(t) = 1 - \left(1 + \frac{t}{2}\right)e^{-\frac{t}{2}}$ 를 라플라스 변환하면

$$Y(s) = \frac{1}{s} - \frac{1}{s + \frac{1}{2}} - \frac{1}{2} \frac{1}{\left(s + \frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\left(s + \frac{1}{2}\right)^2 - s\left(s + \frac{1}{2}\right) - \frac{1}{2}s}{s\left(s + \frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\frac{1}{4}}{s\left(s + \frac{1}{2}\right)^2}$$

따라서 전달함수 $G(s) = sY(s) = \frac{\frac{1}{4}}{\left(s + \frac{1}{2}\right)^2}$ 이므로

단위 충격 응답(= 전달함수의 라플라스 변환) $g(t) = \frac{t}{4}e^{-\frac{t}{2}}$ 이다.

2. 【정답】 ②

농도제어시스템이 선형 특성을 가지고 있으므로

농도와 펜의 위치를 각각 x , y 로 놓으면 $y = ax + b$ 의 관계식을 갖는다.

$$0.02x + b = 0$$

$$0.06x + b = 4$$

$$0.04x = 4, \quad x = 100, \quad b = -2$$

$y = 100x - 2$ 이므로 이득 $a = 100 \text{ L} \cdot \text{cm} / \text{mol}$ 이고

농도 $x = 0.035 \text{ mol/L}$ 에서 펜의 위치 $100 \cdot 0.035 - 2 = 1.5 \text{ cm}$ 이다.

3. 【정답】 ①

$$\textcircled{1} \quad \text{출력진폭} \quad A \times \left| \frac{Y(jw)}{X(jw)} \right| = A \times \frac{1}{|-\tau^2 w^2 + 2\zeta\tau jw + 1|} = \frac{A}{\sqrt{(1 - \tau^2 w^2)^2 + (2\zeta\tau w)^2}}$$

이므로 $\frac{1}{\sqrt{(1 - \tau^2 w^2)^2 + (2\zeta\tau w)^2}} > 1$ 인 경우 입력진폭보다 출력진폭이 커질 수 있다.

② 입력함수와 응답의 주파수는 서로 같다.

$$\textcircled{3} \quad \text{출력의 위상지연} \quad \angle \frac{Y(jw)}{X(jw)} = \angle \frac{1}{-\tau^2 w^2 + 2\zeta\tau jw + 1} = -\tan^{-1}\left(\frac{2\zeta\tau w}{1 - \tau^2 w^2}\right) \text{이므로}$$

$\frac{2\zeta\tau w}{1-\tau^2 w^2} < 0$ 인 경우 위상지연은 90° 보다 크다.

④ 진폭비 $\left| \frac{Y(jw)}{X(jw)} \right| = \frac{1}{\sqrt{(1-\tau^2 w^2)^2 + (2\zeta\tau w)^2}}$ 이므로 주파수 w 에 영향을 받는다.

4. 【정답】 ③

특성방정식 $1 + \frac{K}{(s+1)(s+2)(s+4)} = 0$

$$(s+1)(s+2)(s+4) + K = 0, \quad s^3 + 7s^2 + 14s + 8 + K = 0$$

Routh-Hurwitz 판별법을 쓰면

$$\begin{array}{ccc} s^3 & 1 & 14 \\ s^2 & 7 & 8+K \\ s^1 & \frac{7 \cdot 14 - (8+K)}{7} & \\ s^0 & 8+K & \end{array}$$

$$\frac{7 \cdot 14 - (8+K)}{7} = 0 \text{ 일 때 근이 허수축과 교차하므로 } K = 7 \cdot 14 - 8 = 90$$

5. 【정답】 ④

① ζ 가 증가하면 오버슈트(overshoot) $e^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$ A/B 는 감소한다.

② ζ 가 증가하면 쇠퇴비(decay ratio) $e^{-\frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}}$ C/A 는 감소한다.

③ ζ 가 증가하면 상승시간 t_r 은 증가한다.

④ ζ 가 증가하면 주기 T 도 증가한다.

6. 【정답】 ③

문제에서 설명하는 조작할 수 없는 변수는 ‘외란 변수’ 이다.

7. 【정답】 ②

$$F(s) = \frac{(s+2)e^{-s}}{s^2(s^2+2s+2)} = \left\{ \frac{A}{s} + \frac{B}{s^2} + \frac{Cs+D}{s^2+2s+2} \right\} e^{-s} \text{로 놓고 양변을 비교하면}$$

$$A = -\frac{1}{2}, \quad B = 1, \quad C = \frac{1}{2}, \quad D = 0$$

$$F(s) = \left\{ -\frac{1}{2} + \frac{1}{s^2} + \frac{\frac{1}{2}s}{(s+1)^2+1} \right\} e^{-s} \quad \text{이므로 역변환하면}$$

$$= \left[-\frac{1}{2} + \frac{1}{s^2} + \left\{ \frac{1}{2} \frac{s+1}{(s+1)^2+1} - \frac{1}{2} \frac{1}{(s+1)^2+1} \right\} \right] e^{-s}$$

$$F(s) = [-0.5 + (t-1) + 0.5e^{-t+1}\{\cos(t-1) - \sin(t-1)\}] S(t-1)$$

8. 【정답】 ③

$f(t) = 1.5t - 1.5(t-h)u(t-h) - 0.5hu(t-h) - (t-2h)u(t-2h) + (t-3h)u(t-3h)$
 라플라스 변환하면

$$F(s) = 1.5 \frac{1}{s^2} - 1.5 \frac{e^{-hs}}{s^2} - \frac{h}{2} \frac{e^{-hs}}{s} - \frac{e^{-2hs}}{s^2} + \frac{e^{-3hs}}{s^2}$$

9. 【정답】 ②

문제 보기의 전달함수는 모두 2차 시스템이고, 응답 초기 거동과 시간이 많이 흐른 후 정상상태에서의 응답 거동이 서로 반대로 나타나므로 출력에 언더슈트(undershoot)가 발생하여야 한다. 따라서 전달함수의 영점이 우반평면에 있는 경우 역응답 공정이 된다.

- ① $\frac{4}{2s+1} - \frac{1}{s+1} = \frac{2s+3}{(2s+1)(s+1)}$, 영점 $-\frac{3}{2}$
- ② $\frac{4}{2s+1} - \frac{5}{3s+1} = \frac{2s-1}{(2s+1)(3s+1)}$, 영점 $\frac{1}{2} \rightarrow$ 역응답 공정
- ③ $\frac{4}{2s+1} - \frac{2}{3s+1} = \frac{8s+2}{(2s+1)(3s+1)}$, 영점 $-\frac{1}{4}$
- ④ $\frac{4}{2s+1} - \frac{8}{3s+1} = \frac{-4s-4}{(2s+1)(3s+1)}$, 영점 -1

10. 【정답】 ④

$$\text{특성방정식 } 1 + \frac{2K_c}{(s+2)(s^2+3s+1)} = 0$$

$$(s+2)(s^2+3s+1) + 2K_c = 0, \quad s^3 + 5s^2 + 7s + 2 + 2K_c = 0$$

Routh-Hurwitz 판별법을 쓰면

s^3	1	7
s^2	5	$2 + 2K_c$
s^1	$\frac{5 \cdot 7 - (2 + 2K_c)}{5}$	
s^0	$2 + 2K_c$	

$$\frac{5 \cdot 7 - (2 + 2K_c)}{5} > 0 \text{ 일 때 제어계가 안정하므로 } 0 < K_c < \frac{33}{2} = 16.5 \text{ 이어야 한다.}$$

따라서 ④번 '18'은 제어계를 안정화시킬 수 있는 제어이득 K_c 가 될 수 없다.

11. 【정답】 ②

감쇠비 $0 < \zeta = \frac{b}{2\sqrt{a}} < 1$ 이어야 과소감쇠된 출력을 보이므로

$$\textcircled{1} \zeta = 0 \quad \textcircled{2} \zeta = \frac{1}{2} \quad \textcircled{3} \zeta = 1 \quad \textcircled{4} \zeta = \frac{3}{2}$$

따라서 2차 공정의 계수로 a 와 b 로 가장 옳은 보기는 '②번'이다.

12. 【정답】 ③

$$Y(s) = C(s)X(s) + (A(s)X(s) - Y(s))B(s)$$

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{A(s)B(s) + C(s)}{1 + B(s)}$$

13. 【정답】 ①

$$G(s) = \frac{1}{(s+1)^2} \text{ 이므로 코너 진동수(corner frequency) } \omega_b = 1 \text{ [rad/s]}$$

$$\text{이때 진폭비 } AR = |G(j)| = \frac{1}{|(j+1)^2|} = \frac{1}{2} \text{ 이다.}$$

14. 【정답】 ④

$$\text{진폭 : } 1 \times |G(j)| = \frac{2}{|\sqrt{3}j+1|} = \frac{2}{2} = 1$$

$$\angle G(j) = \angle \frac{2}{\sqrt{3}j+1} = 0^\circ - 60^\circ = -60^\circ \text{ 이므로 위상지연 } 60^\circ \text{ 이다.}$$

15. 【정답】 ①

$$\text{PD 제어기 : } K_c(1 + \tau_D s) = 2(1 + 2s)$$

$$\text{폐루프 전달함수 } \frac{\frac{2(1+2s)}{s+2}}{1 + \frac{2(1+2s)}{s+2} \cdot \frac{1}{s+1}} = \frac{2(1+2s)(s+1)}{(s+1)(s+2) + 2(1+2s)}$$

$$\text{출력 } C \text{의 최종값 } C(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{2(1+2s)(s+1)}{(s+1)(s+2) + 2(1+2s)} = \frac{2}{2+2} = \frac{1}{2} = 0.5$$

16. 【정답】 ①

$$Q = Av \text{에서 유속 } v = \frac{Q}{A} = \frac{0.5}{0.05} = 10 \text{ m/min}$$

$$\text{길이 } 10 \text{ m을 이동하는데 걸리는 시간 } t = \frac{10}{10} = 1 \text{ min}$$

따라서 수송지연(transportation lag)의 전달함수 e^{-s} 이다.

17. 【정답】 ④

초기정상상태에서 입력 0이므로 출력 또한 $y = 0$ 이다.

$$Y = \left(\frac{1}{s+1} Y \cdot \frac{1}{3} + X \right) \cdot \frac{1}{s+1}, \quad \frac{Y}{X} = \frac{\frac{1}{s+1}}{1 - \frac{1}{3} \frac{1}{(s+1)^2}} = \frac{3(s+1)}{3(s+1)^2 - 1}$$

$$\text{정상상태 출력 } y(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} s \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{3(s+1)}{3(s+1)^2 - 1} = \frac{3}{2} \text{이므로}$$

$$\text{정상상태 변화량 } \frac{3}{2} - 0 = \frac{3}{2} \text{이다.}$$

18. 【정답】 ③

$$C = ((R - C)G_c + C_i G_f)G_p + C_i G_1$$

$$(1 + G_c G_p)C = R G_c G_p + C_i (G_f G_p + G_1)$$

$G_f G_p + G_1 = 0$ 이면 외란 C_i 이 제거되어 제어변수 C 를 유지할 수 있으므로

$$G_f(s) = -\frac{G_1}{G_p} = -\frac{\frac{2}{(5s+1)(s+1)}e^{-2s}}{\frac{4}{(3s+1)(s+1)}e^{-s}} = \frac{1}{2} \frac{3s+1}{5s+1} e^{-s}$$

19. 【정답】 ④

④ 적분제어기는 오차 신호가 일정시간 지속되어야 제어 동작이 작동하므로 독자적으로 사용되지 않는다.

20. 【정답】 ①

① 피제어 변수에 편차가 발생하기 전까지는 보상 동작이 일어나지 않는다.

→ 피드백 제어에 대한 설명이다.