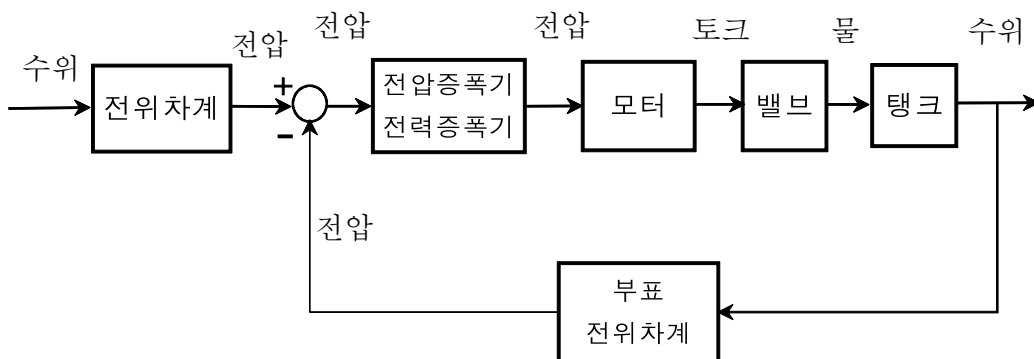


## Chapter 01 연습문제 답안

- 1.1 나      1.2 가      1.3 다      1.4 가      1.5 라
- 1.6 가      1.7 나      1.8 다      1.9 라      1.10 라
- 1.11 가      1.12 가      1.13 다      1.14 나      1.15 라
- 1.16 나      1.17 다      1.18 가      1.19 다      1.20 라
- 1.21 다      1.22 라

1.23~1.28 생략

1.29



## Chapter 02 연습문제 답안

- 2.1 Ⓟ      2.2 Ⓟ      2.3 Ⓟ      2.4 가      2.5 Ⓟ
- 2.6 가      2.7 Ⓟ      2.8 Ⓟ      2.9 가      2.10 Ⓟ
- 2.11 Ⓟ      2.12 Ⓟ      2.13 Ⓟ      2.14 가      2.15 Ⓟ
- 2.16 Ⓟ      2.17 Ⓟ      2.18 가      2.19 Ⓟ      2.20 Ⓟ
- 2.21 Ⓟ      2.22 가      2.23 Ⓟ      2.24 Ⓟ      2.25 Ⓟ
- 2.26 Ⓟ      2.27 가      2.28 Ⓟ      2.29 Ⓟ      2.30 가
- 2.31 가
- 2.32  $i0.24$
- 2.33  $-1 + i4$
- 2.34 영점 :  $s = 2, -2, 5, \infty$   
극점 :  $s = 0, -1, -3, -4$
- 2.35  $F(s) = \frac{e^5}{s+2}$
- 2.36  $F(s) = 3 \times \frac{2}{s^3} - \frac{1}{s+2} + 10 \times \frac{5}{s^2+5^2} + \frac{s+3}{(s+3)^2+10^2}$
- 2.37  $F(s) = \frac{e^{-2s}}{s}$
- 2.38  $F(s) = \frac{50\sqrt{3}(s+2.4)}{s^2+25}$

2.39  $f(t) = \frac{1}{6}t^3$

2.40  $f(t) = 1.6e^{-1.6t}$

2.41  $f(t) = e^{-2t}(2\cos 4t + 5.25\sin 4t)$

2.42  $f(t) = 2e^{-t} - 3e^{-2t} + 5e^{-3t}$

2.43

(a)  $f_1(\infty) = 10, f_2(\infty) = 5$

(b)  $f_1(\infty) = 10, f_2(\infty) = \infty$

(c) 생략

2.44 생략

2.45

(a)  $\begin{bmatrix} 5 & 0 & 2 \\ 2 & -2 & 5 \\ 4 & 5 & -3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 5 & -2 & 2 \\ 6 & -2 & -5 \\ -4 & -7 & 3 \end{bmatrix}$

(b)  $\begin{bmatrix} 10 & 17 & -11 \\ 4 & 4 & -10 \\ 2 & 0 & -5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 4 & -2 & 0 \\ -10 & -3 & -4 \\ 44 & -13 & 8 \end{bmatrix}$

(c)  $\begin{bmatrix} 10 & 4 & 2 \\ 17 & 4 & 0 \\ -11 & -10 & -5 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 10 & 4 & 2 \\ 17 & 4 & 0 \\ -11 & -10 & -5 \end{bmatrix}$

(d)  $-\frac{1}{112}\begin{bmatrix} -20 & 85 & -126 \\ 0 & -28 & 56 \\ -8 & 34 & -28 \end{bmatrix}, -\frac{1}{112}\begin{bmatrix} -20 & 85 & -126 \\ 0 & -28 & 56 \\ -8 & 34 & -28 \end{bmatrix}$

(e)  $\lambda_1 = 4, \lambda_2 = -2, \lambda_3 = 1$

$$\mathbf{X}_1 = \begin{bmatrix} 6 \\ 4 \\ -1 \end{bmatrix}, \mathbf{X}_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}, \mathbf{X}_3 = \begin{bmatrix} 3 \\ 4 \\ -4 \end{bmatrix}$$

(f)  $\begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

2.46 생략

2.47 생략

## Chapter 03 연습문제 답안

- 3.1 라      3.2 다      3.3 가      3.4 라      3.5 나  
 3.6 가      3.7 다      3.8 나      3.9 가      3.10 라  
 3.11 나      3.12 다      3.13 나      3.14 라      3.15 가  
 3.16 다      3.17 라      3.18 라      3.19 나

3.20 생략

3.21 (a)  $\frac{10}{s^3 + 5s^2 + 8s + 10}$       (b)  $\frac{s + 20}{s^2 + 10s + 24}$

3.22 (a)  $\frac{d^3}{dt^3}y(t) + 4\frac{d^2}{dt^2}y(t) + 10\frac{d}{dt}y(t) = \frac{d}{dt}x(t) + 5x(t)$

(b)  $\frac{d^4}{dt^4}y(t) + 18\frac{d^3}{dt^3}y(t) + 180\frac{d^2}{dt^2}y(t) + 800\frac{d}{dt}y(t) = 800x(t)$

3.23 (a)  $\frac{20}{s}$       (b)  $\frac{10}{\sqrt{2}} \left\{ \frac{s + 12}{(s + 5)^2 + 100} \right\}$

3.24 (a) 생략      (b)  $\frac{200s + 800}{s^4 + 17s^3 + 120s^2 + 460s + 800}$

3.25  $\frac{50s^2 + 200s + 10}{s^4 + 9s^3 + 32s^2 + 52s}$

3.26 생략

3.27 생략

## Chapter 04 연습문제 답안

4.1 Ⓣ

4.2 가

4.3 Ⓣ

4.4 나

4.5 가

4.6 Ⓣ

4.7 라

4.8 Ⓣ

4.9 나

4.10 가

4.11 가

4.12 라

4.13 나

4.14 Ⓣ

4.15 나

4.16 라

4.17

(a)  $\frac{s}{s+1}$

(b) 
$$\begin{bmatrix} \frac{d}{dt} i_L \\ \frac{d}{dt} v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -40 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L \\ v_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix} e_i$$

4.18

(a)  $\frac{5s+2.5}{3s^2+501s+250}$

(b)  $\frac{s}{3s^2+501s+250}$

(c) 
$$\begin{bmatrix} \frac{d}{dt} v_C \\ \frac{d}{dt} i_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{3} & -\frac{100}{3} \\ \frac{2.5}{3} & -\frac{500}{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_C \\ i_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{3} \\ \frac{5}{3} \end{bmatrix} e_i$$

4.19 
$$-\frac{30 \times 10^3 \left( s^2 + \frac{2.5}{30 \times 10^3} s + \frac{1}{600 \times 10^6} \right)}{s}$$

4.20

$$(a) \frac{1}{s(5s+1)}$$

$$(b) \begin{bmatrix} \frac{d}{dt}x_2 \\ \frac{d}{dt}v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -\frac{1}{5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ v \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{5} \end{bmatrix} f(t)$$

$$4.21 \frac{0.21}{s(s+2.53)}$$

4.22

$$(a) \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -80 & -68 & -16 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} r$$

$$y = [80 \ 228 \ 94 \ 12] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$$

(b) 종속표준형의 상태방정식을 구할 수 없다.

$$(c) \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ -2 \\ 10 \end{bmatrix} r$$

$$y = [1 \ 1 \ 1 \ 1] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$$

$$(d) \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -16 & -68 & -80 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} r$$

$$y = [12 \ 94 \ 228 \ 80] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$$

$$(e) \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -16 & 1 & 0 & 0 \\ -68 & 0 & 1 & 0 \\ -80 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 12 \\ 94 \\ 228 \\ 80 \end{bmatrix} r$$

$$y = [1 \ 0 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix}$$

$$4.23 \quad \frac{9s^2 + 52s + 67}{s^3 + 9s^2 + 23s + 15}$$

4.24 생략

4.25 생략

## Chapter 05 연습문제 답안

- 5.1 Ⓐ      5.2 Ⓐ      5.3 가      5.4 라      5.5 라
- 5.6 Ⓐ      5.7 나      5.8 다      5.9 나      5.10 가
- 5.11 나      5.12 Ⓐ      5.13 라      5.14 가      5.15 나
- 5.16 Ⓐ      5.17 나      5.18 라      5.19 가      5.20 라
- 5.21 Ⓐ      5.22 가      5.23 다      5.24 나      5.25 가
- 5.26 Ⓐ      5.27 라      5.28 나      5.29 나      5.30 가
- 5.31 Ⓐ
- 5.32  $c(t) = 10.96e^{-0.5t} - 11.7e^{-2t}\sin(4t + 69.4^\circ)$
- 5.33  $y(t) = 0.1 - 0.1054e^{-t}\sin(3t + 71.57^\circ)$
- 5.34  $e_o(t) = 100 - 11.7e^{-3.82t} + 1.71e^{-26.18t}$
- 5.35 시정수 : 2[sec]  
상승시간 : 4.4 [sec]
- 5.36
- (a) 무제동
  - (b) 과제동
  - (c) 임계제동
  - (d) 부족제동



5.37  $c(t) = 0.5 - 0.535e^{-5t}\sin(5\sqrt{7}t + 69.2^\circ)$

특성방정식의 근 :  $s_1 = -5 + j5\sqrt{7}$ ,  $s_2 = -5 - j5\sqrt{7}$

감쇠비 : 0.354

고유주파수 : 14.14

침투값시간 : 0.24[sec]

지연시간 : 0.088[sec]

상승시간 : 0.12[sec]

정정시간 : 0.8[sec]

백분율 오버슈트 : 30.45[%]

5.38

(a)  $c(t) = 1 - \frac{5}{\sqrt{21}}e^{-4t}\sin(\sqrt{84}t + 66.4^\circ)$

(b)  $c(t) = 1 - 0.83e^{-10t} - 0.999e^{-4t}\sin(\sqrt{84}t + 9.8^\circ)$

(c)  $c(t) = 1 + 2.012e^{-4t}\sin(\sqrt{84}t - 29.8^\circ)$

5.39  $y(t) = \frac{1}{3} + \frac{1}{2}e^{-t} - \frac{5}{6}e^{-3t}$

5.40

(a)  $(s+2)^2(s+3) = 0$

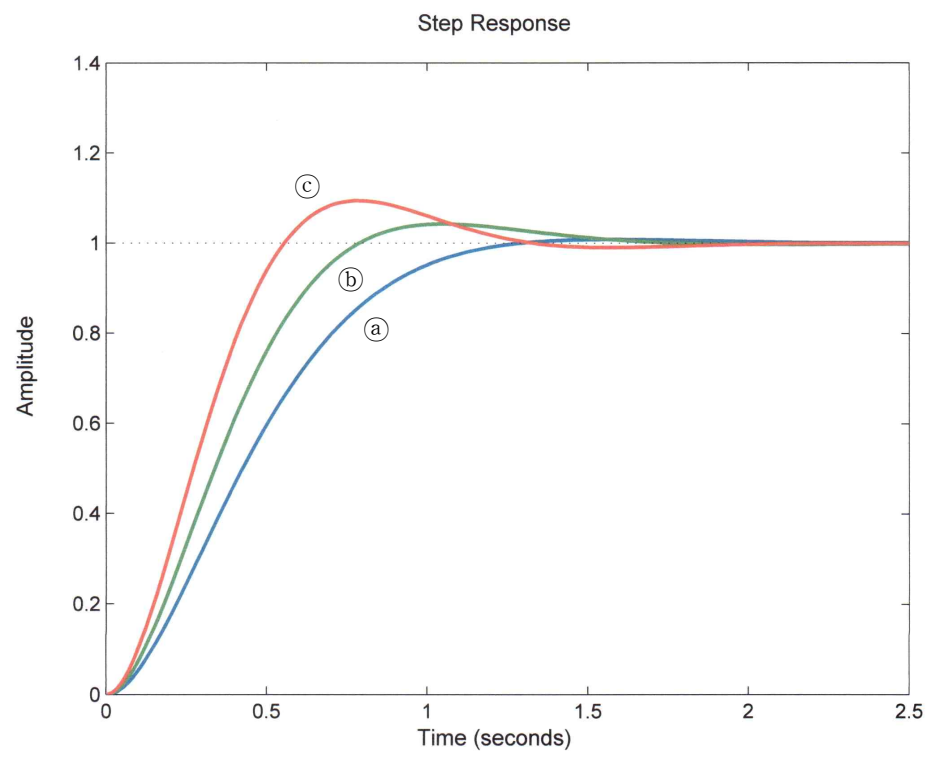
$\therefore s_1 = -2, s_2 = -2, s_3 = -3$

(b)  $\begin{bmatrix} e^{-2t} & te^{-2t} & 0 \\ 0 & e^{-2t} & 0 \\ 0 & 0 & e^{-3t} \end{bmatrix}$

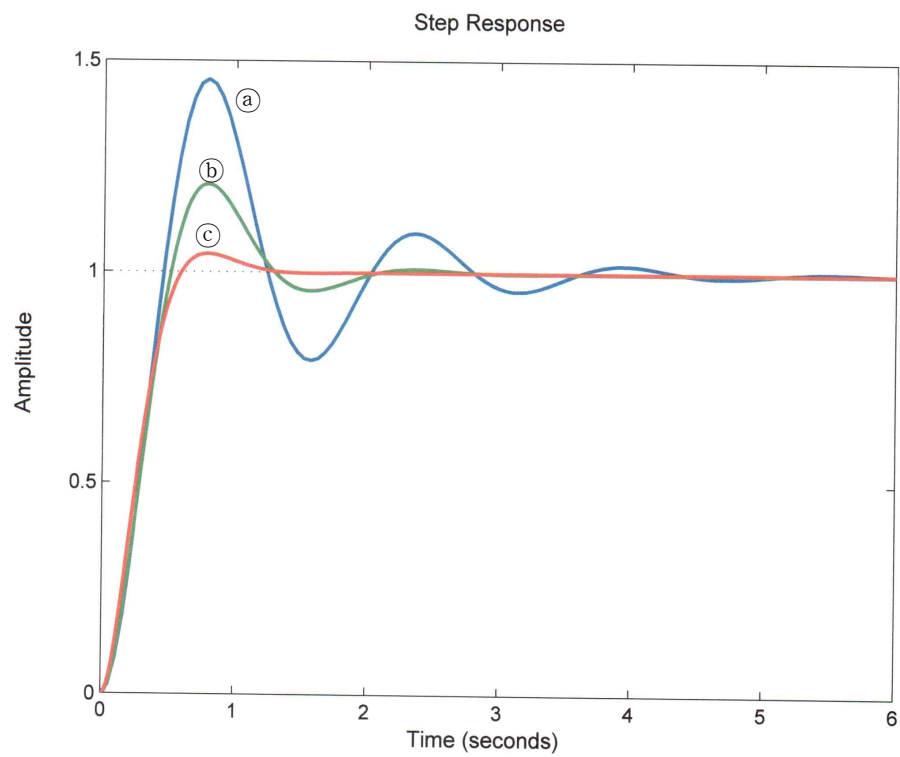
(c)  $y(t) = \frac{25}{12} - \frac{3}{2}te^{-2t} - \frac{7}{4}e^{-2t} - \frac{1}{3}e^{-3t}$

(d) 생략

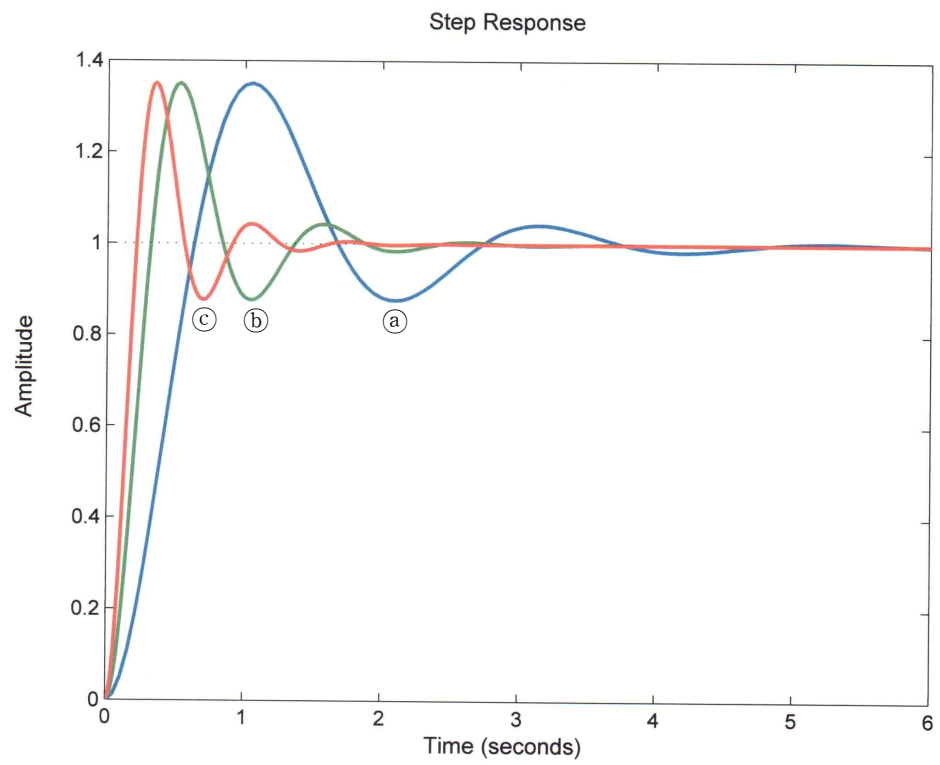
5.41



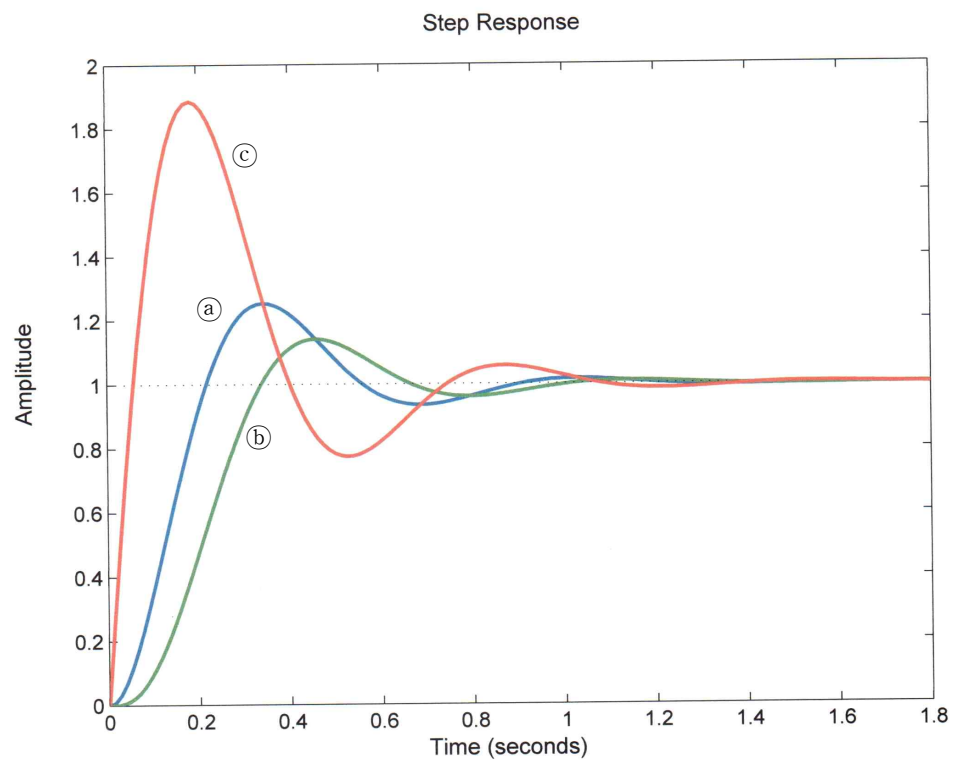
5.42



5.43



5.44



## Chapter 06 연습문제 답안

- 6.1 가      6.2 나      6.3 가      6.4 라      6.5 라
- 6.6 다      6.7 가      6.8 나      6.9 다      6.10 가
- 6.11 가      6.12 다      6.13 가      6.14 라      6.15 다
- 6.16 나      6.17 다      6.18 나      6.19 다      6.20 라
- 6.21 가      6.22 다      6.23 나      6.24 가      6.25 다
- 6.26 가      6.27 라      6.28 나      6.29 라      6.30 나
- 6.31 나      6.32 가      6.33 라      6.34 다      6.35 다

6.39

- (a) 불안정
- (b) 불안정
- (c) 불안정
- (d) 불안정

6.40

- (a)  $0 < K < 15$
- (b)  $0 < K < \frac{10}{9}$
- (c)  $3 < K < 4$

6.41 불안정

6.42  $K_p = \infty$ ,  $K_v = 4$ ,  $K_a = 0$

$$e_{step}(\infty) = 0, e_{ramp}(\infty) = 0.25, e_{parabola}(\infty) = \infty$$

6.43  $K = 80$

6.44 불안정

6.45 불안정

6.46 불안정

6.47 생략

## Chapter 07 연습문제 답안

7.1 나

7.2 다

7.3 라

7.4 다

7.5 나

7.6 다

7.7 가

7.8 라

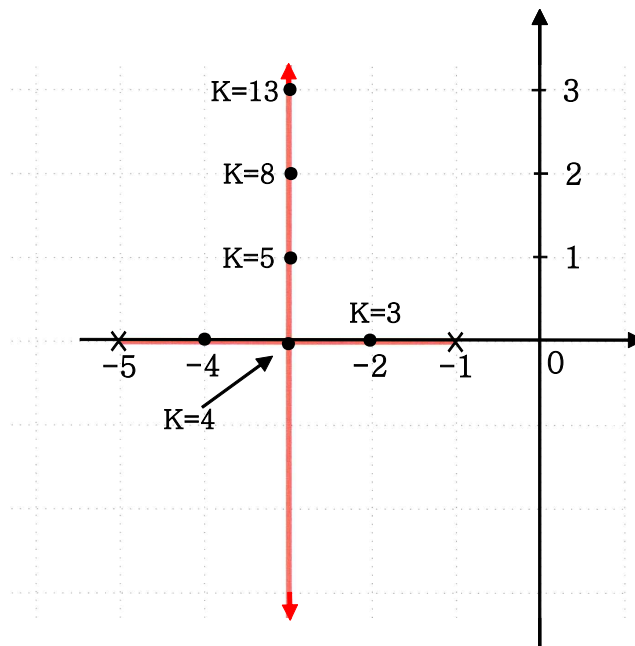
7.9 나

7.10 가

7.11 나

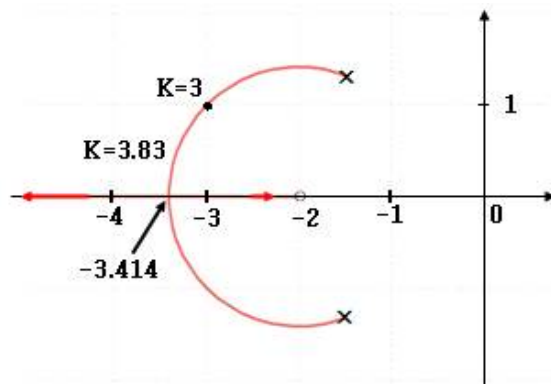
7.12 라

7.13



7.14 (b)와 (c)는 특성방정식의 근이 될 수 있고, 그때의  $K$ 값은 각각 3과 13이다.

7.15



7.16  $K < 1.2$

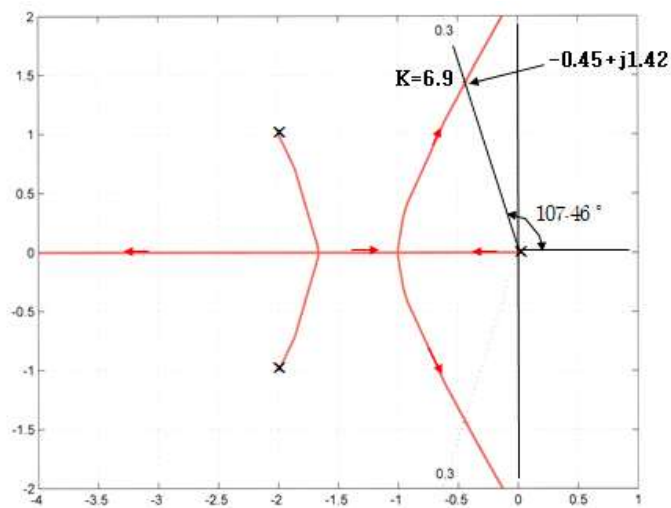
7.17

(a)  $K < 40$

(b)  $c(t) = \frac{4}{9} - \frac{2}{9}e^{-3t} - \frac{2}{3}e^{-t}\sin(\sqrt{2}t + 19.47^\circ)$

7.18

(a)



(b)  $K = 6.9$

(c)  $T_p \approx 2.21[\text{sec}]$ ,  $\%OS \approx 37.2[\%]$ ,  $T_s \approx 8.95[\text{sec}]$

7.19 생략

## Chapter 08 연습문제 답안

8.1 라

8.2 다

8.3 나

8.4 가

8.5 가

8.6 라

8.7 나

8.8 다

8.9 나

8.10 다

8.11 나

8.12 라

8.13  $K = 20$

8.14  $K \asymp 15.6$

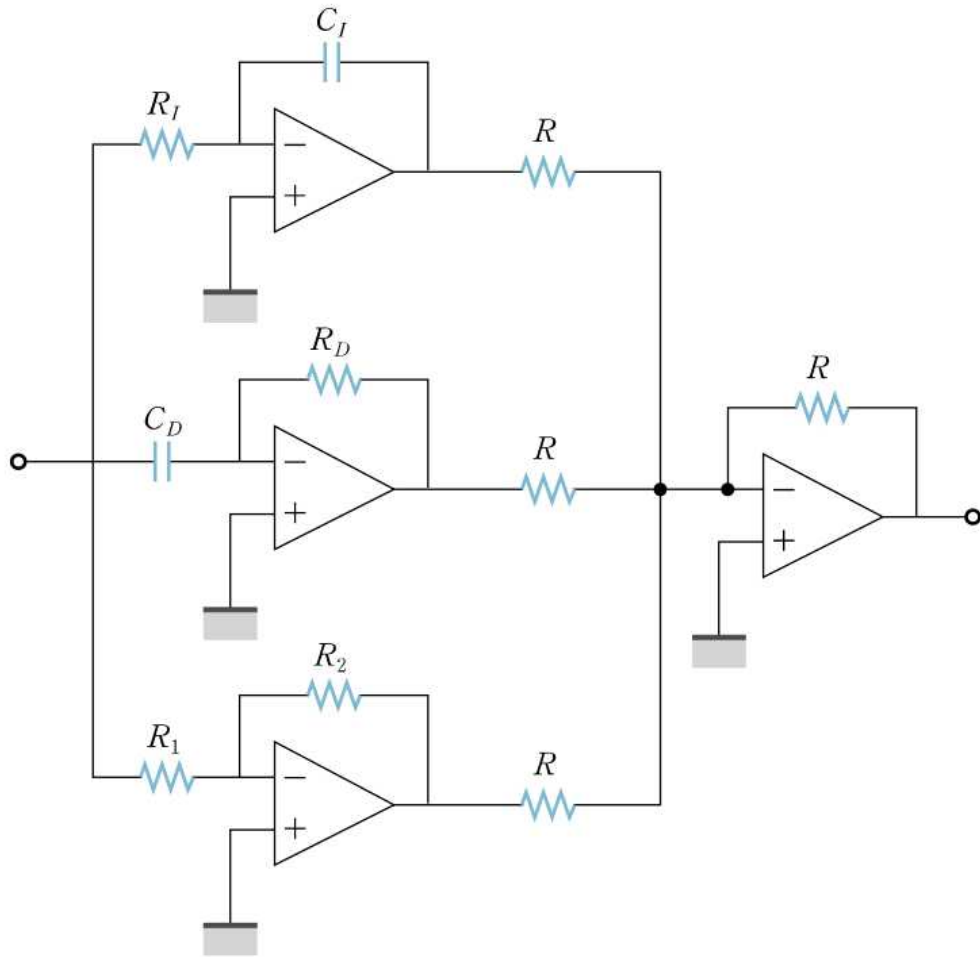
8.15  $K \asymp 0.72$

8.16  $K \asymp 5.67$

8.17  $G_c(s) = \frac{4.86(s+7.85)(s+0.1)}{s}$



8.18



$$K_P = \frac{R_2}{R_1}, \quad K_D = R_D C_D, \quad K_I = \frac{1}{R_I C_I}$$

8.19 생략

## Chapter 09 연습문제 답안

- 9.1 나      9.2 가      9.3 다      9.4 라      9.5 가
- 9.6 라      9.7 나      9.8 다      9.9 다      9.10 나
- 9.11 가      9.12 라      9.13 나      9.14 가      9.15 다
- 9.16 나      9.17 다      9.18 나      9.19 다      9.20 가
- 9.21 가      9.22 다      9.23 가      9.24 라      9.25 나
- 9.26 라
- 9.27 생략
- 9.28 생략
- 9.29  
(a)  $-26.02[\text{dB}]$       (b)  $3.52[\text{dB}]$       (a)  $46.02[\text{dB}]$       (a)  $12.96[\text{dB}]$
- 9.30  
(a)  $g = 0[\text{dB}], \theta = \angle 36.87^\circ$   
(b)  $g \doteq 13.98[\text{dB}], \theta \doteq -126.87^\circ$   
(c)  $g \doteq 40[\text{dB}], \theta = 180^\circ$   
(d)  $g \doteq -10[\text{dB}], \theta \doteq -18.43^\circ$

### 9.31

(a) 진폭비 :  $\frac{20}{40} = 0.5$

위상차 :  $-210^\circ$

(b) 진폭비 :  $\frac{40}{100} = 0.4$

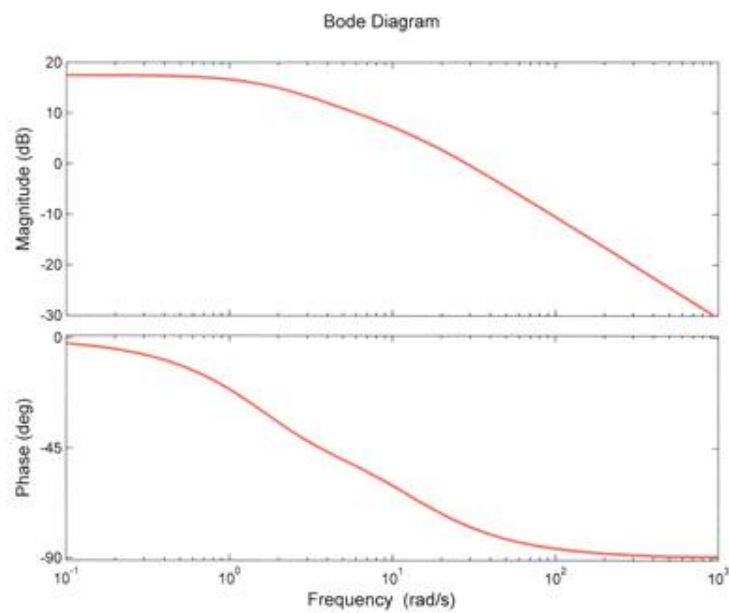
위상차 :  $-55^\circ$

(c) 진폭비 :  $\frac{5}{20} = 0.25$

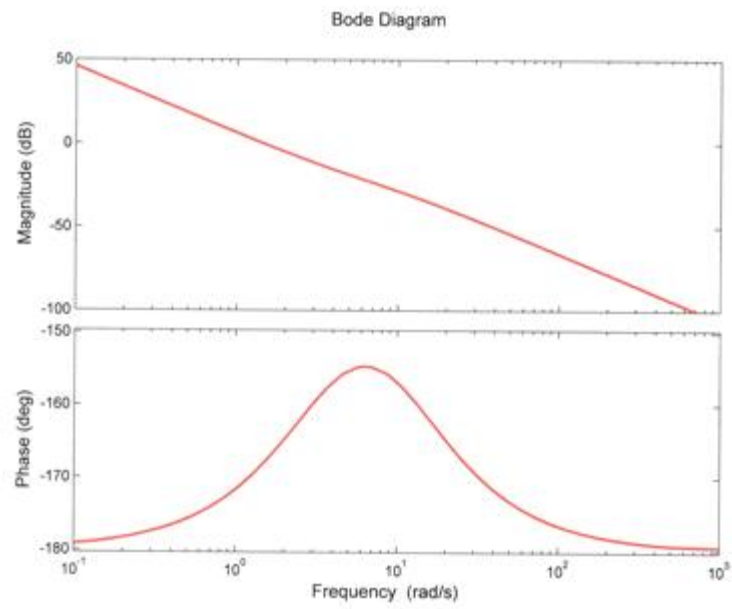
위상차 :  $-36.87^\circ$

### 9.32

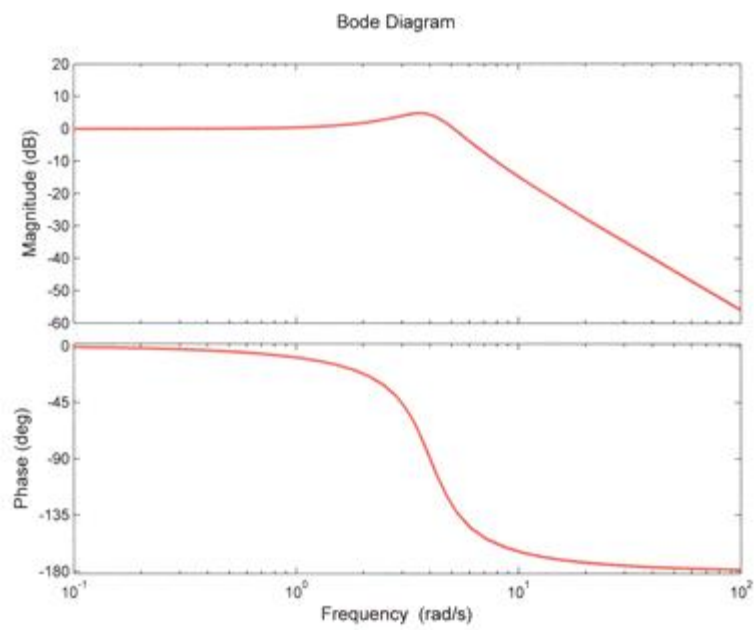
(a)



(b)

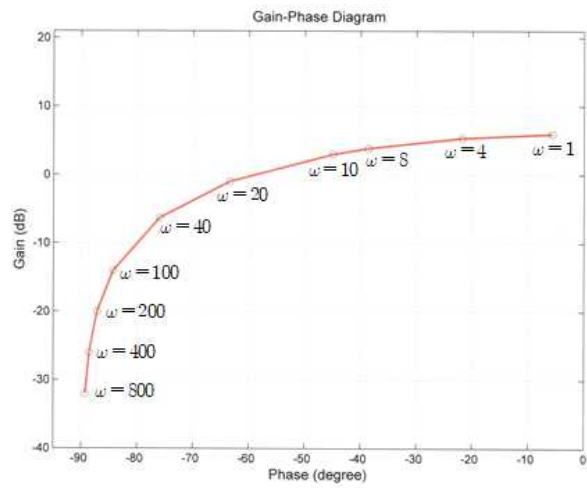
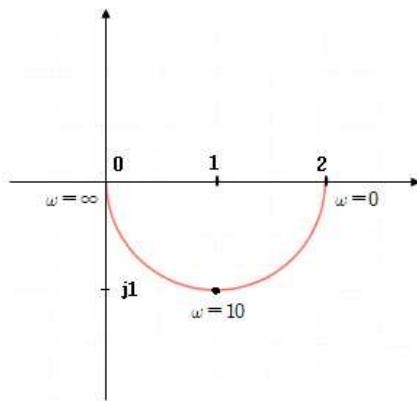


(c)

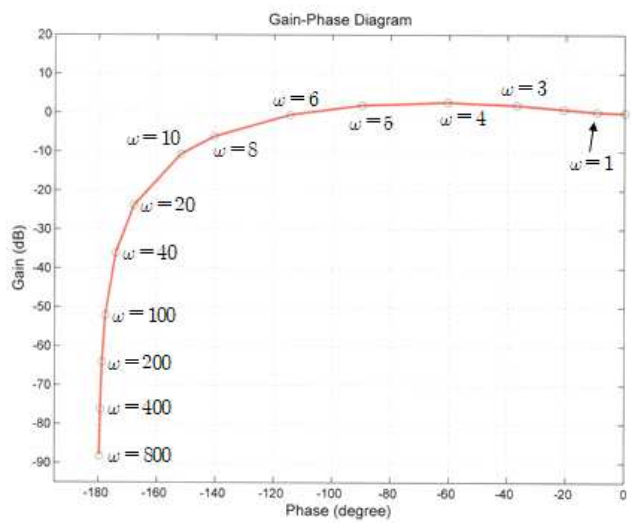
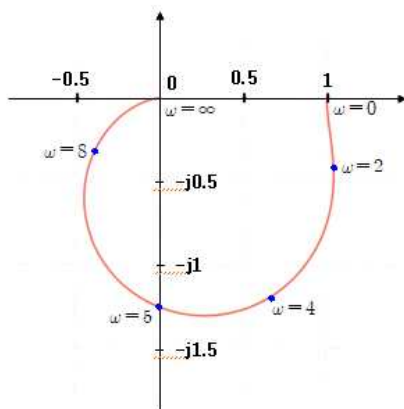


9.33

(a)



(b)



9.34 생략

## Chapter 10 연습문제 답안

10.1 라      10.2 다      10.3 가      10.4 다      10.5 가

10.6 라      10.7 다      10.8 가      10.9 가      10.10 다

10.11 가      10.12 다      10.13 라      10.14 다      10.15 라

10.16 라

10.17 생략

10.18  $6.69[\text{dB}]$ ,  $29.3^\circ$

10.19  $K = 1.778$

10.20  $G_M = 13.6[\text{dB}]$ ,  $\Phi_M = 47.0^\circ$

10.21

(a)  $\omega_{GM} = \infty$ ,  $G_M = \infty$ ,  $\omega_{\Phi M} = 4.6[\text{rad/sec}]$ ,  $\Phi_M = 33.3^\circ$

(b)  $M_p = 4.8[\text{dB}]$ ,  $\omega_r = 4.6[\text{rad/sec}]$ ,  $\omega_{BW} = 7.6[\text{rad/sec}]$

(c)  $T_s \doteq 2.54[\text{sec}]$ ,  $T_r \doteq 0.3[\text{sec}]$ ,  $T_p \doteq 0.63[\text{sec}]$ ,  $\%OS = 37.2[\%]$

10.22 생략

## Chapter 11 연습문제 답안

- 11.1 가      11.2 라      11.3 라      11.4 가      11.5 다
- 11.6 다      11.7 나      11.8 가      11.9 다      11.10 나
- 11.11 라      11.12 가      11.13 다      11.14 나
- 11.15 생략
- 11.16 생략
- 11.17 생략
- 11.18 생략
- 11.19
- (a) 50[%]
  - (b)  $K=19$
  - (c) 시스템이 불안정해진다.
  - (d)  $G_{lag}(s) = \frac{s+0.19}{s+0.01}$
- 11.20
- (a) 1.68
  - (b)  $T_s \doteq 8.187[\text{sec}]$

### 11.21

(a)  $2.3[\%]$

(b)  $G_{lead}(s) = \frac{58}{27} \times \frac{s+27}{s+58}$

(c)  $T_p \doteq 0.07[\text{sec}]$

(d)  $T_s = 0.22[\text{sec}], T_r = 0.03[\text{sec}], T_p = 0.08[\text{sec}], \%OS = 25.9[\%]$

### 11.22

(a)  $G_c(s) = 237 \times \frac{(s+0.19)(s+2.32)}{(s+0.03)(s+232)}$

(b) 생략

(c) 생략

### 11.24 생략



## Chapter 12 연습문제 답안

12.1 라 12.2 나 12.3 가 12.4 다 12.5 나

12.6 라 12.7 다 12.8 가 12.9 나 12.10 나

12.11 가 12.12 나 12.13 다 12.14 가 12.15 가

12.16  $k_1 = 12, k_2 = 6$

12.17  $k_1 = 23, k_2 = 185.8, k_3 = 836$

12.18  $k_1 = 13, k_2 = -5, k_3 = -2$

12.19  $q_1 = 3.6, q_2 = 84.6$

12.20  $q_1 = 81, q_2 = 1980, q_3 = 11988$

12.21  $q_1 = 1.8, q_2 = 58.25, q_3 = -41$

12.22  $K = [1136.8 \quad 156.8 \quad 14], Q = \begin{bmatrix} -189.5 \\ 1521.5 \\ -11774.7 \end{bmatrix}$

12.23 가제어이며 가관측하다.

12.24 가제어이며 가관측하다.

12.25 가제어이며 가관측하다.

12.26 가제어이지만 가관측하지 않다.

12.27 생략