

## 2020년 국가직 7급 회로이론 나책형 해설

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

### 1. 【정답】 ①

① 중첩의 원리는 선형 회로에서만 적용할 수 있다.

### 2. 【정답】 ④

④ 연산증폭기 회로에서 저항을 사용하여 출력단자와 반전단자에 연결하는 것을 부궤환 (negative feedback)이라 한다.

### 3. 【정답】 ②

$$V_i(s) = \frac{1}{s} + \frac{3}{s+2}$$

$$\text{출력 } V_o(s) = V_i(s)H(s) = \frac{s+4}{s(s+1)(s+2)^2} + \frac{3(s+4)}{(s+1)(s+2)^3}$$

$$\text{정상상태 출력 } v_o(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} s \left( \frac{s+4}{s(s+1)(s+2)^2} + \frac{3(s+4)}{(s+1)(s+2)^3} \right) = \frac{4}{2^2} + 0 = 1 \text{ [V]}$$

### 4. 【정답】 ①

$$f(t) = 5u(t) - 3u(t-1) + 3u(t-3) - 5u(t-4)$$

$$\text{라플라스 변환하면 } F(s) = \frac{1}{s}(5 - 3e^{-s} + 3e^{-3s} - 5e^{-4s})$$

### 5. 【정답】 ②

$$\frac{v_2 - v_3}{8} + 3 - i_x = 2i_x, \quad \frac{v_2 - v_3}{8} = 3i_x - 3$$

$$4(3 - i_x) = 2i_x + 8(3i_x - 3), \quad i_x = 1.2 \text{ [A]}$$

$$\frac{v_1 - v_2}{2} = i_x, \quad v_1 - v_2 = 2i_x = 2.4 \text{ [V]}$$

### 6. 【정답】 ②

$$R_{Th} = (3 + R) \parallel 3 = \frac{3(3+R)}{R+6} = 2 \text{ [}\Omega\text{]}, \quad R = 3 \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$V_{ab} = 10i = 20 \text{ [V]}$$

$R = 3 [\Omega]$  저항에 흐르는 전류  $i_R$  이라 하면

$$-3i_R + 26 - 3i_R = 20, \quad i_R = 1 [\text{A}]$$

$$V_0 = 20 - 3(i_R - i) = 20 - 3 \cdot (-1) = 23 [\text{V}]$$

7. 【정답】 ③

$$\frac{V_i - 0}{10^4} = \frac{0 - V_o}{\frac{10^4}{\frac{s \cdot 50 \cdot 10^{-6}}{10^4 + \frac{1}{s \cdot 50 \cdot 10^{-6}}}}}, \quad \frac{V_i}{10^4} = \frac{-V_o}{\frac{10^4}{0.5s + 1}}$$

$$V_o = -\frac{1}{0.5s + 1} V_i = -\frac{1}{0.5s + 1} \cdot \frac{3}{s + 5} = -\frac{6}{(s + 2)(s + 5)} = -\frac{2}{s + 2} + \frac{2}{s + 5}$$

라플라스 역변환하면  $v_o(t) = -2e^{-2t} + 2e^{-5t} = 2(e^{-5t} - e^{-2t})u(t) [\text{V}]$

8. 【정답】 ④

$$\frac{V_1}{N_1 + N_2} = \frac{V_2}{N_2}, \quad V_2 = I_2 Z_L$$

$$I_1 N_1 = -(I_1 - I_2) N_2, \quad I_1 = \frac{N_2}{N_1 + N_2} I_2$$

$$Z_{in} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{\frac{N_1 + N_2}{N_2} V_2}{\frac{N_2}{N_1 + N_2} I_2} = \left( \frac{N_1 + N_2}{N_2} \right)^2 Z_L$$

9. 【정답】 ①

$$V_0 = 20 \times \frac{1}{1 + 1} = 10 [\text{V}]$$

$25 [\mu\text{F}]$ 의 커패시터에서 본 테브넬 등가저항  $R_{Th} = 1 \parallel 1 + 0.5 = 1 [\text{k}\Omega]$

시정수  $\tau = t_0 = R_{Th} C = 10^3 \times 25 \times 10^{-6} = 0.025 [\text{sec}]$

10. 【정답】 ③

$$v_c(0) = 2 \times 5 = 10 [\text{V}]$$

스위치  $S_2$ 가 닫히면  $5 [\Omega]$  저항에는 전류가 흐르지 않는다.

$$v_c(t) = 4 \times 10^{-3} \frac{di_L(t)}{dt}, \quad 10^{-9} \frac{dv_c(t)}{dt} + i_L(t) + \frac{v_c(t)}{R} = 0$$

$$10^{-9} \frac{dv_c(t)}{dt} + i_L(t) + \frac{v_c(t)}{R} = 0 \text{을 미분하면 } 10^{-9} \frac{d^2v_c(t)}{dt^2} + \frac{di_L(t)}{dt} + \frac{1}{R} \frac{dv_c(t)}{dt} = 0$$

$$\frac{di_L(t)}{dt} = \frac{v_c(t)}{4 \times 10^{-3}} \text{이므로 } 10^{-9} \frac{d^2v_c(t)}{dt^2} + \frac{1}{R} \frac{dv_c(t)}{dt} + \frac{v_c(t)}{4 \times 10^{-3}} = 0$$

$$\text{따라서 특성방정식 } 10^{-9}s^2 + \frac{1}{R}s + \frac{1}{4 \times 10^{-3}} = 0$$

임계감쇠(critically damped)가 발생하여야 하므로

$$\text{판별식 } D = \frac{1}{R^2} - 4 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{1}{4 \times 10^{-3}} = 0, \quad R = 10^3 = 1,000 [\Omega]$$

### 11. 【정답】 ④

② 전원과 증폭기가 없고 저항 소자(수동 소자)만으로 구성된 4단자망 회로에서는 가역 정리(Reciprocity Theorem)가 성립하므로  $V_1 I_2 = V_2 I_1$ 이다. 따라서 임피던스 파라

$$\text{미터 중 } z_{12} = \left. \frac{V_1}{I_2} \right|_{I_1=0} \text{는 } z_{12} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0} \text{과 같다.}$$

$$\text{④ 어드미턴스 파라미터 } y_{11} = \left. \frac{I_1}{V_1} \right|_{V_2=0}, \text{ 임피던스 파라미터 } z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} \text{이므로}$$

서로 역수관계가 아니다.

### 12. 【정답】 ①

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{\frac{sR_2L}{sL+R_2}}{R_1 + \frac{sR_2L}{sL+R_2}} = \frac{sR_2L}{s(R_1+R_2)L + R_1R_2} = \frac{s \frac{R_2}{R_1+R_2}}{s + \frac{R_1R_2}{(R_1+R_2)L}}$$

따라서  $\frac{Ks}{s + \omega_c}$ 의 형태를 가지므로 필터는 ‘고역통과필터’이고

$$\text{차단주파수 } \omega_c = \frac{R_1R_2}{(R_1+R_2)L} [\text{rad/sec}] \text{이다.}$$

### 13. 【정답】 ④

$\omega \leq 1$ 일 때  $20 \log |H(j\omega)| = 20$ 이므로  $\omega \leq 1$ 에서  $H(s) = 10$ 이다.

$\omega = 1$ 일 때 기울기가 +20이 되므로  $1+s$ 가 전달함수의 분자에 들어간다.

$\omega = 10$ 일 때 기울기가 0이 되므로  $1 + \frac{s}{10}$ 가 전달함수의 분모에 들어간다.

$\omega = 100$ 일 때 기울기가 -40이 되므로  $\left(1 + \frac{s}{100}\right)^2$ 이 전달함수의 분모에 들어간다.

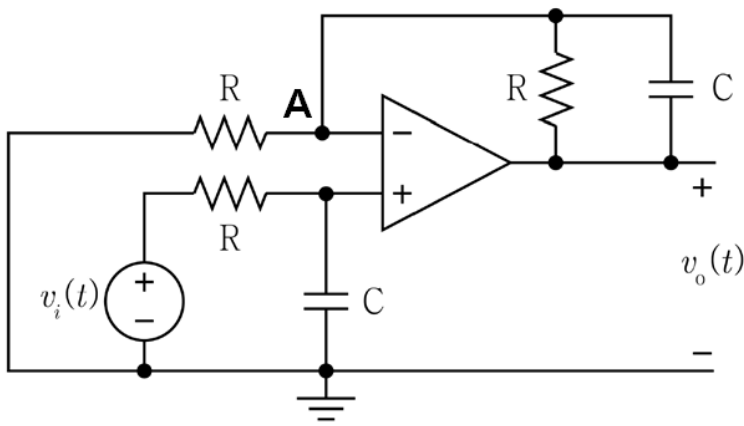
$$H(s) = \frac{10(1+s)}{\left(1+\frac{s}{10}\right)\left(1+\frac{s}{100}\right)^2} = \frac{10^6(s+1)}{(s+10)(s+100)^2}$$

14. 【정답】 ④

$$P = 3 V_p I_p \cos \theta, \quad I_p = \frac{P}{3 V_p \cos \theta} = \frac{5.4 \times 10^3}{3 \times 400 \times 0.9} = 5 \text{ [A]}$$

$$I_l = \sqrt{3} I_p = 5\sqrt{3} \text{ [A]}$$

15. 【정답】 ②



$$\frac{V_i - V_A}{R} = \frac{V_A}{\frac{1}{sC}}, \quad V_i = (sRC + 1)V_A$$

$$\frac{0 - V_A}{R} = \frac{V_A - V_o}{R \parallel \frac{1}{sC}} = \frac{V_A - V_o}{\frac{R}{sRC + 1}}, \quad (sRC + 2)V_A = (sRC + 1)V_o$$

$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{\frac{sRC + 2}{sRC + 1} V_A}{(sRC + 1)V_A} = \frac{2 + sCR}{(1 + sCR)^2}$$

16. 【정답】 ③

$$i(0) = \frac{2}{4} = 0.5 \text{ [A]}, \quad i(\infty) = \frac{3}{1} = 3 \text{ [A]}, \quad \tau = \frac{L}{R} = \frac{2}{1} = 2 \text{ [sec]}$$

$$i(t) = 3 + (0.5 - 3)e^{-t/2} = 3 - 2.5e^{-\frac{1}{2}t} \text{ [A]}$$

17. 【정답】 ②

두 코일에 의한 자속의 방향이 반시계방향으로 같으므로 도트는 모두 전류가 들어가는 방향에 표시된다.

따라서 이상적인 변압기에 축적되는 에너지는  $W = \frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$ 이다.

18. 【정답】 ②

$$8 \angle 20^\circ = 4I_o + 0.1V_o$$

$$-\left(8I_o + \frac{V_o}{5}\right) \cdot j5 - \frac{V_o}{5} \cdot (-j5) - V_o = 0, \quad -j40I_o - jV_o + jV_o - V_o = 0$$

$$I_o = -\frac{1}{j40}V_o, \quad 8 \angle 20^\circ = -\frac{1}{j10}V_o + 0.1V_o = (0.1 + j0.1)V_o$$

$$V_o = \frac{8 \angle 20^\circ}{0.1 + j0.1}, \quad |V_o| = \frac{8}{\sqrt{0.1^2 + 0.1^2}} = \frac{8}{0.1\sqrt{2}} = 40\sqrt{2} \text{ 이므로}$$

$$\text{저항 } 5 [\Omega] \text{ 에서 소비되는 평균전력 } P_{\text{avg}} = \frac{(40\sqrt{2})^2}{5} = \frac{3200}{5} = 640 [\text{W}]$$

19. 【정답】 ③

$$V_1 = 10I_1 + 4(I_1 - 0.5V_2) + V_2, \quad V_1 = 14I_1 - V_2$$

$$6(I_1 - 0.5V_2 + I_2) = V_2, \quad V_2 = \frac{3}{2}I_1 + \frac{3}{2}I_2$$

$$V_1 = 14I_1 - V_2 = 14I_1 - \frac{3}{2}I_1 - \frac{3}{2}I_2 = \frac{25}{2}I_1 - \frac{3}{2}I_2$$

$$z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} = \frac{25}{2} [\Omega], \quad z_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{I_1=0} = \frac{3}{2} [\Omega]$$

$$z_{11} + z_{22} = \frac{25}{2} + \frac{3}{2} = 14 [\Omega]$$

20. 【정답】 ①

$$V_o(s) = \frac{R \parallel \frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC} + R \parallel \frac{1}{sC}} V_i(s) - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i(s)$$

입력전압과 출력전압의 위상차가  $0^\circ$  가 되는 주파수가  $\omega_0 [\text{rad/sec}]$  이려면

$$\left. \frac{R \parallel \frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC} + R \parallel \frac{1}{sC}} \right|_{s=j\omega_0} \text{ 의 허수부가 0이어야 한다.}$$

$$\left. \frac{R \parallel \frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC} + R \parallel \frac{1}{sC}} \right|_{s=j\omega_0} = \left. \frac{1}{1 + \frac{R + \frac{1}{sC}}{R \parallel \frac{1}{sC}}} \right|_{s=j\omega_0} = \frac{1}{1 + \frac{\left(R + \frac{1}{j\omega_0 C}\right)^2}{\frac{R}{j\omega_0 C}}}$$

$$= \frac{1}{R^2 - \frac{1}{\omega_0^2 C^2} + \frac{2R}{j\omega_0 C} + 1 + \frac{R}{j\omega_0 C}}, \quad R = \frac{1}{\omega_0 C} \text{ 이면 허수부가 사라지므로}$$

이때  $= \frac{1}{1+2} = \frac{1}{3}$  이다.

$$V_o(j\omega_0) = \frac{1}{3}V_i(j\omega_0) - \frac{R_2}{R_1 + R_2}V_i(j\omega_0), \quad \frac{V_o(j\omega_0)}{V_i(j\omega_0)} = \frac{1}{3} - \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$