

2022년 국가직 7급 회로이론 나책형 해설

01. ④	02. ①	03. ③	04. ③	05. ④	06. ①	07. ①	08. ①	09. ③	10. ①
11. ③	12. ②	13. ③	14. ④	15. ③	16. ②	17. ③	18. ②	19. ②	20. ④
21. ①	22. ①	23. ①	24. ②	25. ②					

1. 【정답】 ④

$$\frac{v_1 - 0}{R_1} + \frac{v_2 - 0}{R_2} = \frac{0 - v_o}{R_f}$$

$$v_o = - \left(\frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_f}{R_2} v_2 \right) \text{이므로 회로의 연산증폭기의 동작은 '가산증폭기' 이다.}$$

2. 【정답】 ①

커패시터와 저항이 병렬로 연결되어있으므로 '저주파통과필터(lowpass filter)'이다.

다른 풀이

$$\frac{V_i - 0}{R_1} = \frac{0 - V_o}{R_2 \parallel \left(\frac{1}{sC} \right)}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = - \frac{R_2 \parallel \left(\frac{1}{sC} \right)}{R_1} = - \frac{\frac{\frac{R_2}{sC}}{R_2 + \frac{1}{sC}}}{R_1} = - \frac{\frac{R_2}{sR_2C + 1}}{R_1} = - \frac{1}{R_1C} \frac{1}{s + \frac{1}{R_2C}} \text{이므로}$$

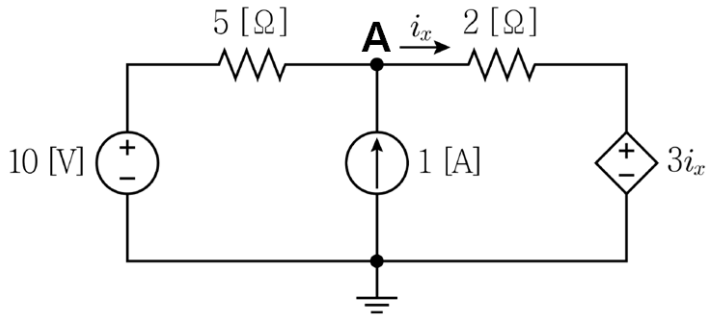
'저주파통과필터(lowpass filter)' 이다.

3. 【정답】 ③

$$\text{초기치 정리 : } f(0^+) = \lim_{s \rightarrow \infty} sF(s) = \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{2s(s^2 + 2s + 6)}{(s+1)(s+2)(s+3)} = 2$$

$$\text{최종값 정리 : } f(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{2s(s^2 + 2s + 6)}{(s+1)(s+2)(s+3)} = 0$$

4. 【정답】 ③

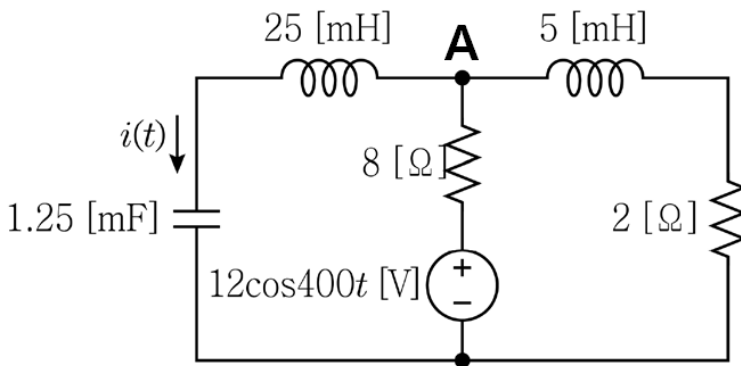


$$V_A = 3i_x + 2 \cdot i_x = 5i_x$$

$$\text{KCL : } \frac{10 - 5i_x}{5} + 1 = i_x, \quad 3 - i_x = i_x, \quad i_x = 1.5 \text{ [A]}$$

저항 $2 \text{ [}\Omega\text{]}$ 에서 소비되는 전력 $P = i_x^2 \cdot 2 = \left(\frac{3}{2}\right)^2 \cdot 2 = 4.5 \text{ [W]}$ 이다.

5. 【정답】 ④



주파수 영역으로 임피던스로 변환하면

$$25 \text{ [mH]} : j(400 \times 25 \times 10^{-3}) = j10 \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$5 \text{ [mH]} : j(400 \times 5 \times 10^{-3}) = j2 \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$1.25 \text{ [mF]} : \frac{1}{j(400 \times 1.25 \times 10^{-3})} = -j2 \text{ [}\Omega\text{]}$$

$$\frac{12 \angle 0^\circ - V_A}{8} = \frac{V_A}{j10 - j2} + \frac{V_A}{j2 + 2}, \quad 12 \angle 0^\circ = \left(1 + \frac{1}{j} + \frac{4}{1+j}\right) V_A$$

$$(1 - j + 2 - j2) V_A = 12 \angle 0^\circ, \quad V_A = \frac{12 \angle 0^\circ}{3 - j3} = \frac{12 \angle 0^\circ}{3\sqrt{2} \angle -45^\circ} = 2\sqrt{2} \angle 45^\circ \text{ [V]}$$

$$I = \frac{V_A}{j10 - j2} = \frac{2\sqrt{2} \angle 45^\circ}{8 \angle 90^\circ} = \frac{\sqrt{2}}{4} \angle -45^\circ, \quad i(t) = \frac{\sqrt{2}}{4} \cos(400t - 45^\circ) \text{ [A]}$$

6. 【정답】 ①

스위치가 단자 B에 연결되었을 때 $0.5 [\mu\text{F}]$ 커패시터에서 바라본
태브냉 등가저항 $R_{\text{Th}} = 5 + 40 \parallel 40 = 5 + 20 = 25 [\text{k}\Omega]$,

태브냉 전압 $V_{\text{Th}} = \frac{40}{40+40} \times (-60) = -30 [\text{V}]$ 이므로

$$v(0) = \frac{20}{20+20} \times 40 = 20 [\text{V}], \quad v(\infty) = V_{\text{Th}} = -30 [\text{V}]$$

$$\tau = R_{\text{Th}} C = 25 \times 10^3 \times 0.5 \times 10^{-6} = \frac{1}{80} [\text{sec}]$$

$$v(t) = -30 + (20 - (-30))e^{-t/(1/80)} = -30 + 50e^{-80t} [\text{V}]$$

7. 【정답】 ①

$$\text{KVL} : 10i(t) + \frac{\int i(t)dt}{0.01} = v_i(t) = u(t-1) - u(t-2)$$

$$\text{양변을 미분하면 } 10 \frac{di(t)}{dt} + 100i(t) = \delta(t-1) - \delta(t-2)$$

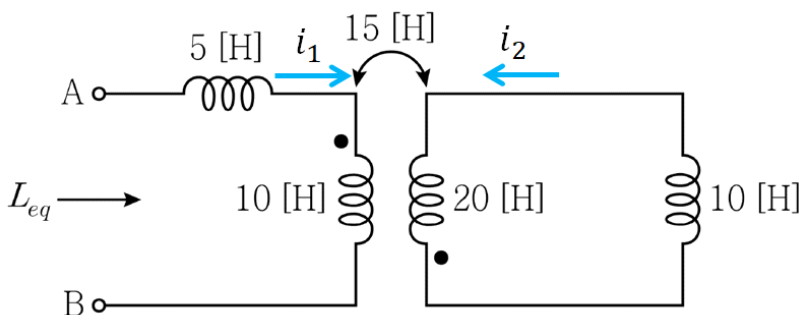
$$\frac{di(t)}{dt} + 10i(t) = \frac{1}{10} \{ \delta(t-1) - \delta(t-2) \}$$

$$\text{양변을 라플라스변환하면 } (s+10)I(s) = \frac{1}{10}(e^{-s} - e^{-2s})$$

$$I(s) = \frac{1}{10} \frac{1}{s+10} (e^{-s} - e^{-2s}), \quad \text{역변환하면 } i(t) = \frac{1}{10} (e^{-10(t-1)} - e^{-10(t-2)})$$

$$i(3) = \frac{1}{10} (e^{-20} - e^{-10}) = \frac{1}{10} e^{-10} (e^{-10} - 1) [\text{A}]$$

8. 【정답】 ①



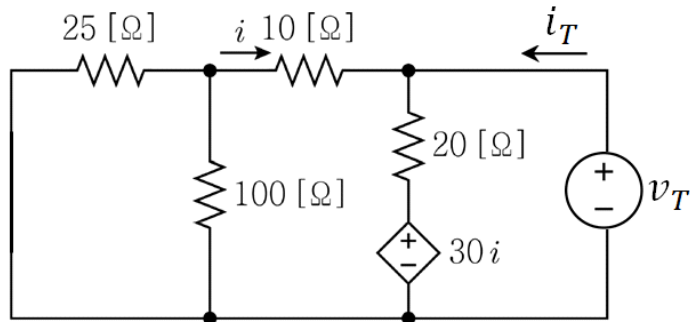
$$v_{\text{AB}} - (5+10) \frac{di_1}{dt} + 15 \frac{di_2}{dt} = 0$$

$$-(10+20) \frac{di_2}{dt} + 15 \frac{di_1}{dt} = 0, \quad \frac{di_1}{dt} = 2 \frac{di_2}{dt}$$

$$v_{AB} = 15 \frac{di_1}{dt} - 15 \frac{di_2}{dt} = 15 \frac{di_1}{dt} - \frac{15}{2} \frac{di_1}{dt} = \frac{15}{2} \frac{di_1}{dt}$$

$$L_{eq} = \frac{15}{2} = 7.5 \text{ [H]}$$

9. 【정답】 ③



R_L 에서 본 테브넵 등가저항을 구하기 위해 그림과 같이 독립전원을 동작시키지 않고 R_L 자리에 테스트 전압원 v_T 를 연결하면

$$i_T = \frac{v_T - 30i}{20} + \frac{v_T}{10 + 25 \parallel 100}, \quad i = -\frac{v_T}{10 + 25 \parallel 100}$$

$$i_T = \frac{v_T - 30i}{20} + \frac{v_T}{10 + 20} = \frac{v_T - 30i}{20} + \frac{v_T}{30}, \quad i = -\frac{v_T}{10 + 20} = -\frac{v_T}{30}$$

$$i_T = \frac{v_T + v_T}{20} + \frac{v_T}{30} = \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{30} \right) v_T = \frac{4}{30} v_T$$

$$R_{Th} = \frac{v_T}{i_T} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ [}\Omega\text{]}$$

따라서 저항 R_L 에 최대전력을 전달하기 위한 $R_L = R_{Th} = 7.5 \text{ [}\Omega\text{]}$ 이다.

10. 【정답】 ①

$100 \text{ [}\Omega\text{]}$ 저항에 흐르는 전류는 $\frac{I_o Z}{100}$ 이므로 전체전류는 $I_o + \frac{I_o Z}{100} \text{ [A]}$ 이다.

$$I_o Z + \left(I_o + \frac{I_o Z}{100} \right) \cdot 25 = 25 \angle 0^\circ \text{ [V]}$$

$$Z = \frac{25 - 25 I_o}{I_o + \frac{25}{100} I_o} = \frac{20}{I_o} - 20 = \frac{20}{\frac{1}{\sqrt{2}} \angle -45^\circ} - 20 = 20 \sqrt{2} \angle 45^\circ - 20 = j20 \text{ [}\Omega\text{]}$$

11. 【정답】 ③

① 유도리액턴스와 용량리액턴스가 같을 때 공진이 일어나므로 어드미턴스의 크기는 공진 시에 최소가 된다. (어드미턴스 $Y = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C = R + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$,

$\omega C = \frac{1}{\omega L}$ 일 때 어드미턴스 Y 가 최소)

② RLC 병렬 공진회로에서 양호도 $Q = \frac{Y_L}{G} = \frac{Y_C}{G} = \frac{\frac{1}{\omega_0 L}}{\frac{1}{R}} = \frac{\omega_0 C}{\frac{1}{R}}, \frac{R}{\omega_0 L} = \omega_0 RC$

$$Q^2 = \frac{R}{\omega_0 L} \cdot \omega_0 RC = R^2 \frac{C}{L}, \quad Q = R \sqrt{\frac{C}{L}} \text{ 이다.}$$

따라서 양호도(quality factor)는 R 에 비례한다.

③ 대역폭 $\beta = \frac{\omega_0}{Q} = \frac{\frac{1}{\sqrt{LC}}}{R \sqrt{\frac{C}{L}}} = \frac{1}{RC}$ 이므로 대역폭(bandwidth)은 C 에 반비례한다.

④ 양호도와 대역폭의 곱은 공진주파수로 일정하다. ($Q \cdot \beta = \omega_0$)

12. 【정답】 ②

$$P_{\text{avg}} = \left(\frac{10}{\sqrt{2}}\right)^2 \cdot 10 + \left(\frac{5}{\sqrt{2}}\right)^2 \cdot 10 + \left(\frac{2}{\sqrt{2}}\right)^2 \cdot 10 = 500 + 125 + 20 = 645 \text{ [W]}$$

13. 【정답】 ③

저항 $20 \text{ }[\Omega]$ 에 흐르는 전류 $I = 0 \text{ [A]}$ 이므로 회로는 ‘휘트스톤 브릿지’이고, 따라서 대각선끼리의 저항의 곱이 같다.

$$10Z = (2 + j3)(4 - j2) = 14 + j8$$

임피던스 $Z = 1.4 + j0.8 \text{ }[\Omega]$ 이므로 Z 의 리액턴스 $0.8 \text{ }[\Omega]$ 이다.

14. 【정답】 ④

$$v(0^+) = \frac{3}{6+3} \times 18 = 6 \text{ [V]}$$

$$v(\infty) = 18 \text{ [V]}$$

$$v(0^+) + v(\infty) = 6 + 18 = 24 \text{ [V]}$$

15. 【정답】 ③

오른쪽회로에서 KVL : $-I_2 \cdot (j \cdot 2 \cdot 3) + I_1 \cdot (j \cdot 2 \cdot 1) - 10I_2 = 0$

$$-j6I_2 + j2I_1 - 10I_2 = 0$$

$$I_2 = \frac{j2}{10+j6} I_1, \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{j}{5+j3} = \frac{1}{3-j5}$$

16. 【정답】 ②

Z_L 에서 본 테브넬 임피던스를 구하기 위해 $10[V]$ 독립전원을 단락하면

$$-5I_1 - V_1 = 0, \quad V_1 = -5I_1$$

임피던스 파라미터 관계에서

$$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2 = 20I_1 + 50I_2 = -5I_1, \quad I_1 = -2I_2$$

$$V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2 = 40I_1 + 100I_2 = 40 \cdot (-2I_2) + 100I_2 = 20I_2$$

$$\text{최대전력을 전달하기 위한 부하 임피던스 } Z_L = Z_{Th} = \frac{V_2}{I_2} = 20 [\Omega]$$

17. 【정답】 ③

Δ 결선으로 연결된 임피던스를 Y결선으로 변환하면 $Z_Y = \frac{Z_{\Delta}}{3} = 6 + j4 [\Omega]$

$$\text{선전류 } I_L = \frac{V_p}{Z} = \frac{\frac{120}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(6+2)^2 + (4+2)^2}} = \frac{40\sqrt{3}}{10} = 4\sqrt{3} [A]$$

18. 【정답】 ②

$$i(0) = \frac{50}{25} = 2 [A], \quad i(\infty) = \frac{100}{25} = 4 [A], \quad \tau = \frac{L}{R} = \frac{0.01}{25} = \frac{1}{2500} [\text{sec}]$$

$$i(t) = 4 + (2-4)e^{-t/(1/2500)} = 4 - 2e^{-2500t} [A]$$

19. 【정답】 ②

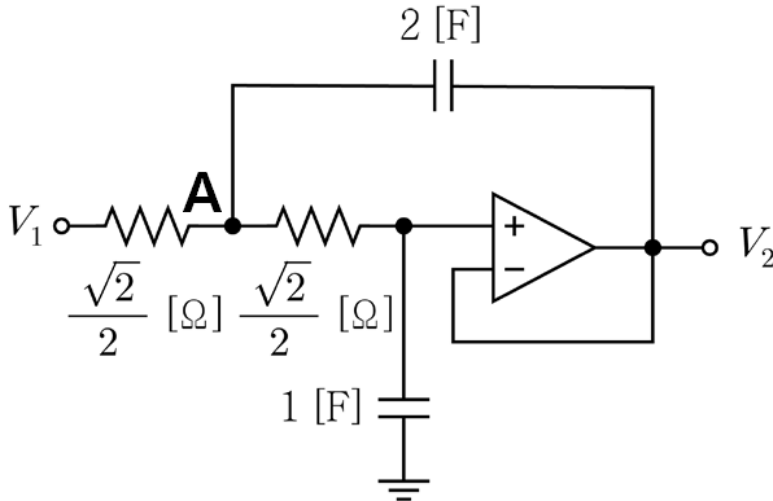
$$\frac{V_s - 5I_a}{10} = I_a, \quad 5I_a = V_o + \frac{V_o}{\frac{1}{sC}} \cdot 50$$

$$V_s = 15I_a, \quad 5I_a = (50sC + 1)V_o$$

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{5I_a}{15I_a} = \frac{1}{3} \frac{1}{50sC + 1}, \quad \text{차단주파수 } \omega = \frac{1}{50C} = 10 \text{이므로}$$

$$\text{커패시턴스 } C = \frac{1}{500} = 2 \times 10^{-3} [F] = 2 [mF]$$

20. 【정답】 ④



$$\frac{V_1 - V_A}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{V_A - V_2}{\frac{\sqrt{2}}{2}} + \frac{V_A - V_2}{\frac{1}{2s}}, \quad \sqrt{2}(V_1 - V_A) = \sqrt{2}(V_A - V_2) + 2s(V_A - V_2)$$

$$\frac{V_A - V_2}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{V_2}{\frac{1}{s}}, \quad \sqrt{2}(V_A - V_2) = sV_2, \quad V_A - V_2 = \frac{s}{\sqrt{2}}V_2$$

$$\sqrt{2}(V_1 - V_A) = (2s + \sqrt{2}) \cdot \frac{s}{\sqrt{2}}V_2 = s(\sqrt{2}s + 1)V_2$$

$$V_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot s(\sqrt{2}s + 1)V_2 + \frac{s + \sqrt{2}}{\sqrt{2}}V_2 = \frac{\sqrt{2}s^2 + 2s + \sqrt{2}}{\sqrt{2}}V_2$$

$$H(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}s^2 + 2s + \sqrt{2}} = \frac{1}{s^2 + \sqrt{2}s + 1}$$

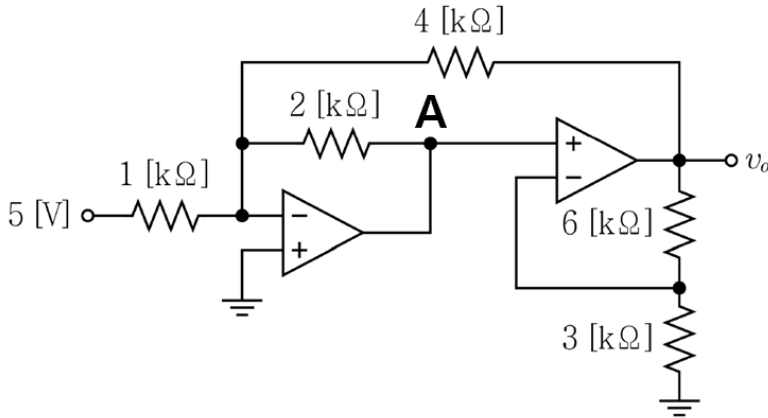
21. 【정답】 ①

등가인덕턴스를 L_{eq} 라 하면 공진주파수 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}}$ 에서

$$L_{eq} = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 \times (10^3)^2 \times \frac{1}{40\pi^2} \times 10^{-3}} = \frac{1}{10^2} = 0.01 [\text{H}] = 10 [\text{mH}]$$

$$L_{eq} = 4 + 4 + 2M = 10, \quad M = 1 [\text{mH}]$$

22. 【정답】 ①

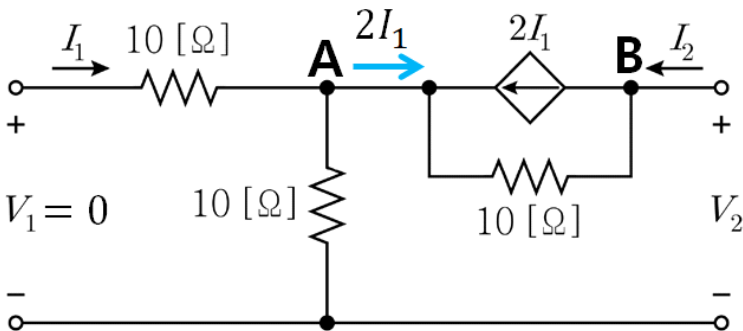


$$\frac{5-0}{1} = \frac{0-v_o}{4} + \frac{0-v_A}{2}, \quad v_o + 2v_A = -20$$

$$\frac{v_o - v_A}{6} = \frac{v_A}{3}, \quad v_o = 3v_A$$

$$v_A = -4 \text{ [V]}, \quad v_o = -12 \text{ [V]}$$

23. 【정답】 ①



$$y_{22} = \left. \frac{I_2}{V_2} \right|_{V_1=0} \quad \text{이므로 } V_1 = 0 \text{으로 가정하면}$$

$$V_A = I_1 \cdot 10 = 10I_1, \quad I_A = I_1 + I_2 = 2I_1$$

$$V_2 = -10I_1 - (2I_1 + 2I_1) \cdot 10 = -50I_1$$

$$\text{B점에서 KCL : } I_2 + 4I_1 = 2I_1, \quad I_2 = -2I_1$$

$$V_2 = -50I_1 = -50 \cdot \left(-\frac{1}{2}I_2\right) = 25I_2$$

$$y_{22} = \left. \frac{I_2}{V_2} \right|_{V_1=0} = \frac{1}{25} \text{ [S]}$$

24. 【정답】 ②

복소전력

$$S = |I_{\text{rms}}|^2 Z = 1^2 \cdot \frac{25 \cdot j(5 \cdot 5)}{25 + j(5 \cdot 5)} = \frac{j25}{1 + j} = \frac{25 \angle 90^\circ}{\sqrt{2} \angle 45^\circ} = \frac{25}{\sqrt{2}} \angle 45^\circ \text{ [VA]}$$

25. 【정답】 ②

$$\angle H(\omega) = \angle(1 + jb\omega) - \angle(j\omega) - \angle(1 + ja\omega) = \angle(1 + jb\omega) - 90^\circ - \angle(1 + ja\omega)$$

문제의 그림과 같이 위상이 나타나려면 주파수에 따른 위상이 아래와 같아야 한다.

ω [rad/sec]	0.1	1	10	100
$\angle(1 + jb\omega)$	0°	0°	45°	90°
$\angle(j\omega)$	90°	90°	90°	90°
$\angle(1 + ja\omega)$	0°	45°	90°	90°
$\angle H(j\omega)$	-90°	-135°	-135°	-90°

$\angle(1 + ja\omega)$ 는 $\omega = 1$ [rad/sec]에서 45° 이므로 $a = 1$

$\angle(1 + jb\omega)$ 는 $\omega = 10$ [rad/sec]에서 45° 이므로 $b = 0.1$