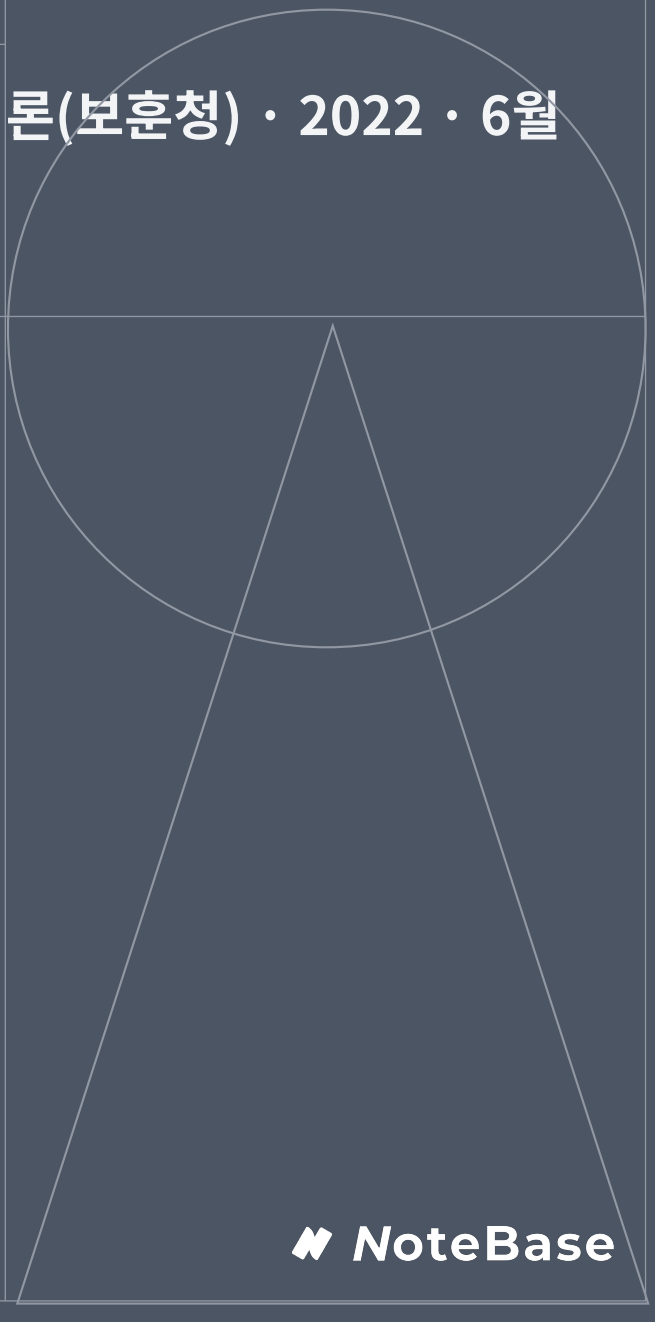
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론(보훈청) · 2022 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론(보훈청) · 2022 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기이론(보훈청) · 2022 · 6월

문 1. (+)x 방향으로 3 kV/m, (+)y 방향으로 5 kV/m인 전기장이 있다. 시간 $t = 0$일 때 원점에 있는 전하 $Q = 4\text{nC}$를 띤 질량 $m = 4\text{mg}$인 입자가 (+)x 방향으로 4 m/s, (+)y 방향으로 10 m/s로 움직일 경우 1초 후에 이 입자 가속도의 (+)x 방향 및 (+)y 방향의 값[m/s^2]은?

① (+)x 방향: 1, (+)y 방향: 3

② (+)x 방향: 3, (+)y 방향: 3

③ (+)x 방향: 1, (+)y 방향: 5

④ (+)x 방향: 3, (+)y 방향: 5

정답 4번

간단한 해설

전기장 속 입자의 가속도는 $a = \frac{QE}{m}$으로 구한다. 주어진 전기장이 일정하므로 **초기속도나 경과 시간과 관계없이** 가속도는 (+)x 방향으로 3 m/s^2, (+)y 방향으로 5 m/s^2이다.

계산 과정

전하 Q가 전기장 E에서 받는 전기력은 $F = QE$이고, 뉴턴의 운동 법칙은 $F = ma$이다. 따라서 각 방향의 가속도는 $a_x = \frac{QE_x}{m}$, $a_y = \frac{QE_y}{m}$으로 구한다. Q가 양수이므로 **가속도의 방향은 전기장의 방향과 같다**.

단위 환산: 전하량은 $Q = 4 \times 10^{-9}\text{C}$, 질량은 $m = 4 \times 10^{-6}\text{kg}$이다. 전기장 성분은 $E_x = 3 \times 10^3\text{V/m}$, $E_y = 5 \times 10^3\text{V/m}$이다. 특히 **mg을 kg으로 바꿀 때** $1\text{mg} = 10^{-6}\text{kg}$을 적용한다.

(+)x 방향: $F_x = QE_x = 12 \times 10^{-6}\text{N}$이다. 이는 x 방향으로 작용하는 전기력이며, 이를 질량으로 나누면 $a_x = \frac{12 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-6}} = 3\text{m/s}^2$이다.

(+)y 방향: $F_y = QE_y = 20 \times 10^{-6}\text{N}$이다. 같은 방법으로 $a_y = \frac{20 \times 10^{-6}}{4 \times 10^{-6}} = 5\text{m/s}^2$이다.

주어진 전기장은 위치나 시간에 따라 변하지 않으므로 전기력과 가속도도 일정하다. 초기속도인 x 방향 4 m/s와 y 방향 10 m/s는 이후 속도와 위치를 구할 때 쓰는 값이며, **가속도 계산에는 필요하지 않다**. 따라서 1초 후에도 (+)x 방향 3 m/s^2, (+)y 방향 5 m/s^2로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 자기 인덕턴스(self-inductance), $L = 1\text{H}$인 코일에 교류 전류 $i = \sqrt{2}\sin(120\pi t)\text{A}$가 흐른다고 할 때, 코일의 전압의 실효값[V]은?

① 1

② 60π

③ 120π

④ $\sqrt{2}(120\pi)$

정답 3번

간단한 해설

정현파 전류가 흐르는 인덕터의 전압 실효값은 $V = \omega LI$이다. 주어진 전류의 **실효값은 1 A**이므로 전압의 실효값은 $120\pi\text{V}$이다.

계산 과정

전류의 최대값과 실효값: 정현파 전류를 $i = I_m\sin(\omega t)$로 나타내면, I_m은 최대값이고 ω는 각주파수이다. 주어진 식에서 $I_m = \sqrt{2}\text{A}$, $\omega = 120\pi\text{rad/s}$이다. 정현파의 실효값은 **최대값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값**이므로 $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 1\text{A}$이다.

전압과 전류의 관계: 자기 인덕턴스 L이 일정한 인덕터의 전압은 $v = L\frac{di}{dt}$이다. 정현파 전류를 미분하면 최대값에 각주파수 ω가 곱해지므로, 전압과 전류의 실효값 사이에도 $V = \omega LI$가 성립한다.

유도 리액턴스: $X_L = \omega L$은 교류 전류에 대한 인덕터의 방해 정도를 나타낸다. L = 1 H를 대입하면 $X_L = 120\pi \cdot 1 = 120\pi\Omega$이다.

전압의 실효값: $V = X_L I$에 전류의 실효값 1 A를 대입하면 $V = 120\pi \cdot 1 = 120\pi\text{V}$이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 어떤 도선에 5A의 직류전류가 10초간 흘렀다면, 도체 단면을 통과한 전자의 개수는? (단, 전자의 전하량은 -1.6×10^{-19} C으로 계산한다.)

① 3.125×10^{20}

② 50

③ 1.6×10^{-19}

④ 6.25×10^{18}

정답 1번

간단한 해설

전류에 시간을 곱하면 도체 단면을 통과한 전하량의 크기는 50 C이다. 이를 **전자 한 개의 전하량의 크기**로 나누면 전자의 개수는 3.125×10^{20}개이다.

계산 과정

통과한 전하량: 전류는 단위 시간에 도체 단면을 통과하는 전하량이다. 전류의 크기 I가 일정하므로, 시간 t 동안 통과한 전하량의 크기 Q는 $Q = It$이다. I = 5 A, t = 10 s를 대입하면 $Q = 5 \times 10 = 50$C이다. 즉, 10초 동안 단면을 통과한 전하량의 크기가 50 C이다.

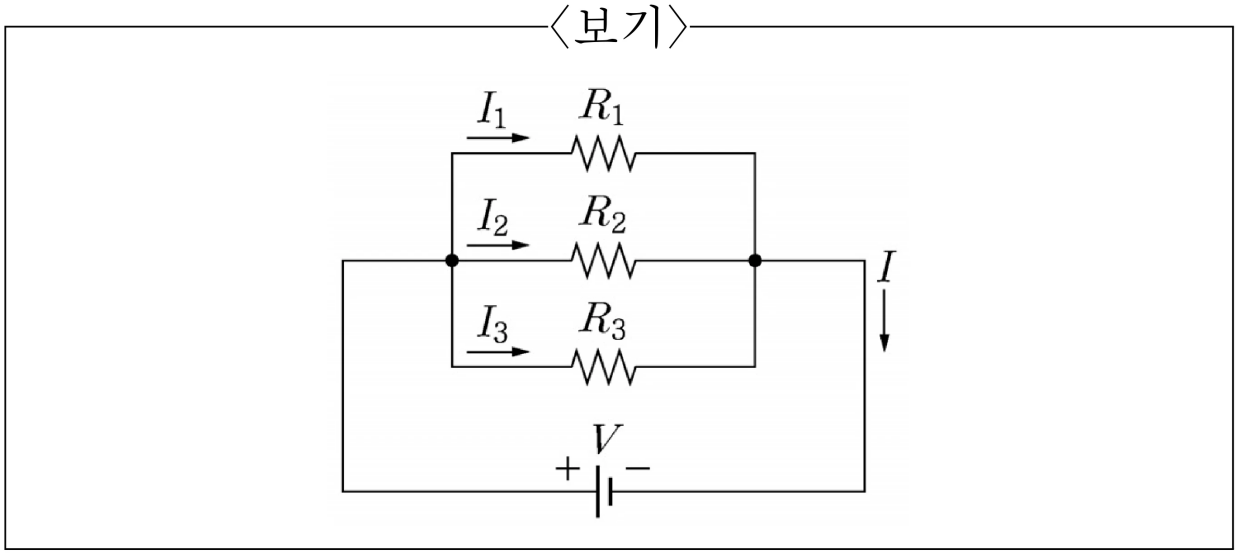
전자 한 개의 전하량: 주어진 전자의 전하량은 $q = -1.6 \times 10^{-19}$C이다. 음의 부호는 전자가 음전하임을 뜻하며, **전자의 개수를 구할 때는 전하량의 크기**인 $|q| = 1.6 \times 10^{-19}$C를 사용한다.

전자의 개수: 전자 N개가 운반하는 전하량의 크기는 $Q = N|q|$이므로 $N = \frac{Q}{|q|}$이다. 따라서 $N = \frac{50}{1.6 \times 10^{-19}}$를 계산하면 $N = 3.125 \times 10^{20}$개이다. 이 값은 ①의 수치와 일치한다.

NoteBase

문 4. <보기>의 회로에서 R_1=10Ω, R_2=5Ω, R_3=15Ω일 때, 이 회로에 흐르는 전류 I와 전원 V 사이의 관계로 옳은 것은?

〈보기〉



① $V[\mathrm{V}] = \frac{11}{30}[\Omega] \cdot I[\mathrm{A}]$

② $V[\mathrm{V}] = \frac{30}{11}[\Omega] \cdot I[\mathrm{A}]$

③ $V[\mathrm{V}] = 11[\Omega] \cdot I[\mathrm{A}]$

④ $V[\mathrm{V}] = 30[\Omega] \cdot I[\mathrm{A}]$

정답 2번

간단한 해설

세 저항은 **병렬 연결**이므로 합성저항은 $\frac{30}{11}\Omega$이다. 전원 전압은 전체 전류에 합성저항을 곱한 값이므로 $V = \frac{30}{11}I$의 관계가 성립한다.

NoteBase

계산 과정

회로 연결 확인: R_1, R_2, R_3의 양 끝은 각각 같은 두 접점에 연결되어 있다. 따라서 세 저항은 **양단 전압이 같은 병렬 연결**이며, 각 저항에 걸리는 전압은 전원 전압 V와 같다. 전체 전류 I는 각 가지의 전류를 합한 $I = I_1 + I_2 + I_3$이다.

합성저항 계산: 각 가지에 옴의 법칙 $I_k = \frac{V}{R_k}$를 적용하고 전류를 더하면, 합성저항의 역수는 각 저항의 역수를 더한 값이 된다. 주어진 저항값을 대입하면 $\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{15} = \frac{11}{30}[\Omega^{-1}]$이다. 이 값의 역수를 취한 $R_{\text{eq}} = \frac{30}{11}\Omega$가 전원에서 본 회로 전체의 저항이다.

전압과 전류의 관계: 전원 전압 V와 전체 전류 I 사이에도 옴의 법칙 $V = R_{\text{eq}} I$가 성립한다. 따라서 $V[\text{V}] = \frac{30}{11}[\Omega] \cdot I[\text{A}]$이며, 이는 ②의 관계식과 일치한다.

NoteBase

문 5. <보기>의 빈 칸에 들어갈 숫자는?

<보기>
공기 중에 평행한 두 도선의 길이와 도선 사이의 거리가 각각 두 배가 되고, 각 도선에 흐르는 전류가 반으로 줄어들면, 도선 사이에 작용하는 힘은 _____ 배가 된다. 단, 도선은 충분히 길다고 가정한다.

① $\frac{1}{8}$
② $\frac{1}{4}$
③ $\frac{1}{2}$
④ 1

정답 2번

간단한 해설

평행한 두 도선 사이의 힘은 **두 전류의 곱과 도선 길이에 비례하고, 도선 사이의 거리에 반비례**한다. 길이와 거리가 각각 두 배가 되는 효과는 서로 상쇄되고, 두 전류가 각각 반으로 줄어 힘은 처음의 $\frac{1}{4}$배가 된다.

계산 과정

공기 중에서 충분히 긴 두 평행 도선 사이에 작용하는 힘의 크기는 $F = \frac{\mu I_1 I_2 l}{2\pi d}$이다. 여기서 I_1, I_2는 각 도선의 전류, l은 힘을 받는 도선의 길이, d는 도선 사이의 거리, μ는 공기의 투자율이다. 한 도선이 만드는 자기장이 전류에 비례하고 거리에 반비례하며, 다른 도선이 받는 힘은 그 도선의 전류와 길이에 비례하므로 이 관계를 적용한다.

길이와 거리의 변화: 길이가 두 배가 되면 힘은 2배가 되고, 거리가 두 배가 되면 힘은 1/2배가 된다. 따라서 **길이 증가와 거리 증가에 따른 효과는 서로 상쇄**된다.

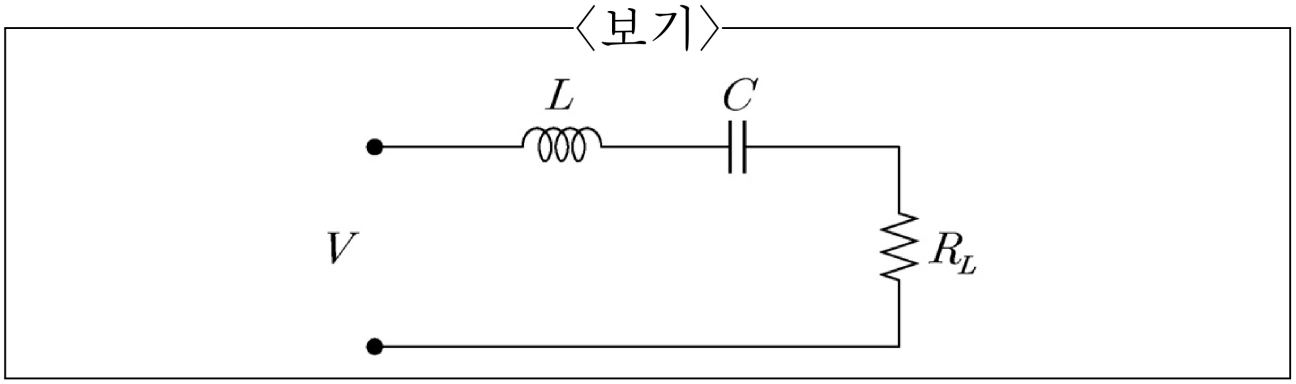
전류의 변화: 각 도선의 전류가 모두 반으로 줄어들므로 **두 전류의 곱**은 처음의 $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$배가 된다. 한 도선의 전류 변화만 반영하면 힘의 감소 비율을 잘못 계산하게 된다.

변화 후의 힘을 F′라 하면, 같은 공기 중이므로 투자율은 변하지 않는다. 전체 변화 비율은 $\frac{F'}{F} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{2} = \frac{1}{4}$이다. 따라서 힘은 처음의 $\frac{1}{4}$배로, 빈칸에 들어갈 수는 ②의 $\frac{1}{4}$이다. 이는 힘의 비율이므로 단위가 없다.

NoteBase

문 6. 〈보기〉 RLC 직렬회로의 $L = 10\text{mH}$, $C = 100\mu\text{F}$이며, 정현파 교류 전원 V의 최댓값(amplitude)이 일정할 때, R_L에 공급되는 전력을 최대로 하는 전원 V의 주파수[kHz]는?

〈보기〉



① $\frac{1}{2\pi}$

② 2π

③ 1

④ 1,000

정답 1번

간단한 해설

전원 전압의 최댓값이 일정하면, 직렬회로에서 **유도성 리액턴스와 용량성 리액턴스가 상쇄되는 공진** 때 전류와 부하 전력이 최대가 된다. 주어진 L과 C로 구한 공진 주파수는 $\frac{1}{2\pi}$kHz이다.

NoteBase

계산 과정

전력의 최대 조건: 그림의 L, C, R_L에는 같은 전류가 흐른다. 전압의 최댓값을 V_m, 실효값을 V_{rms}라 하면 $V_{\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$이므로 전압의 실효값도 일정하다. 부하의 평균 전력은 $P = I_{\text{rms}}^2 R_L$이다. 따라서 일정한 부하 저항에서 **전류의 실효값이 최대**가 되도록 회로의 임피던스 크기를 최소로 해야 한다.

공진 조건: 각주파수를 $\omega = 2\pi f$라 하면 직렬회로의 임피던스는 $|Z|^2 = R_L^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2$을 만족한다. 뒤의 제곱항은 0 이상이므로, **두 리액턴스의 차가 0**일 때 임피던스 크기가 가장 작다. 즉 $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$이며, 공진 각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다.

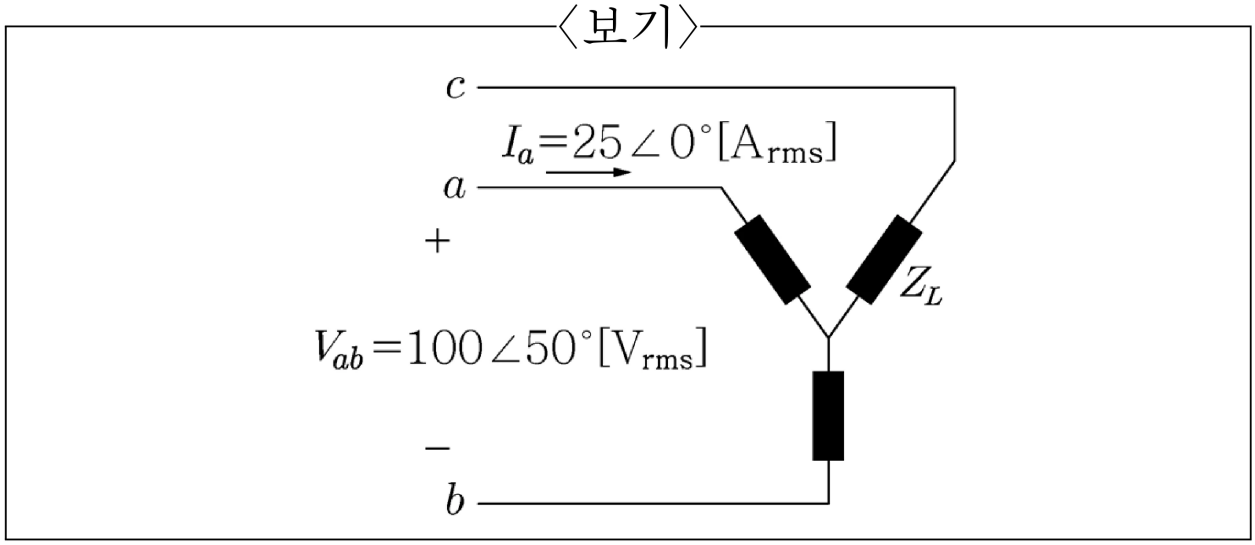
단위 변환과 중간값: $L = 10\text{mH} = 10^{-2}\text{H}$, $C = 100\mu\text{F} = 10^{-4}\text{F}$로 바꾼다. 두 값의 곱은 $LC = 10^{-6}\text{s}^2$이고, $\sqrt{LC} = 10^{-3}\text{s}$이다. 따라서 $\omega_0 = 1000\text{rad/s}$이다. 이 값은 초당 회전각을 나타내는 **각주파수**이다.

주파수 계산: 주파수는 각주파수를 2π로 나눈 값이므로 $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1000}{2\pi}\text{Hz}$이다. 1 kHz = 1,000 Hz이므로 $f_0 = \frac{1}{2\pi}\text{kHz}$이며, ①과 일치한다.

NoteBase

문 7. <보기>와 같은 평형 3상 회로의 역률은? (단, 3상의 위상순서는 a-b-c이다.)

<보기>



① cos20° (지상)

② cos20° (진상)

③ cos80° (지상)

④ cos80° (진상)

정답 1번

간단한 해설

a-b-c 상순서에서는 선간전압이 대응하는 상전압보다 **30° 앞선다**. 따라서 a상 전압의 위상은 20°이고 전류의 위상은 0°이므로, 전류가 전압보다 20° 늦는 **지상 역률** cos 20 °이다.

NoteBase

계산 과정

회로 조건: 그림의 부하는 평형 Y결선이다. a상 선전류는 $I_a = 25\angle 0^\circ$ A, 선간전압은 $V_{ab} = 100\angle 50^\circ$ V이며 모두 실효값이다. Y결선에서는 **선전류와 상전류가 같으므로**, 부하의 역률각은 a상 상전압과 이 전류의 위상차로 구한다. 부하의 공통 접속점을 n이라 하고, a상 상전압을 V_{an}이라 둔다.

상전압 계산: a-b-c 상순서에서 b상 전압은 a상 전압보다 120° 늦고, $V_{ab} = V_{an} - V_{bn}$이다. 이 벡터 차에 의해 선간전압의 크기는 상전압의 $\sqrt{3}$배이고, 위상은 **상전압보다 30° 앞선다**. 따라서 $V_{an} = \frac{100}{\sqrt{3}}\angle(50^\circ - 30^\circ)$V, 즉 $V_{an} = \frac{100}{\sqrt{3}}\angle 20^\circ$ V이다.

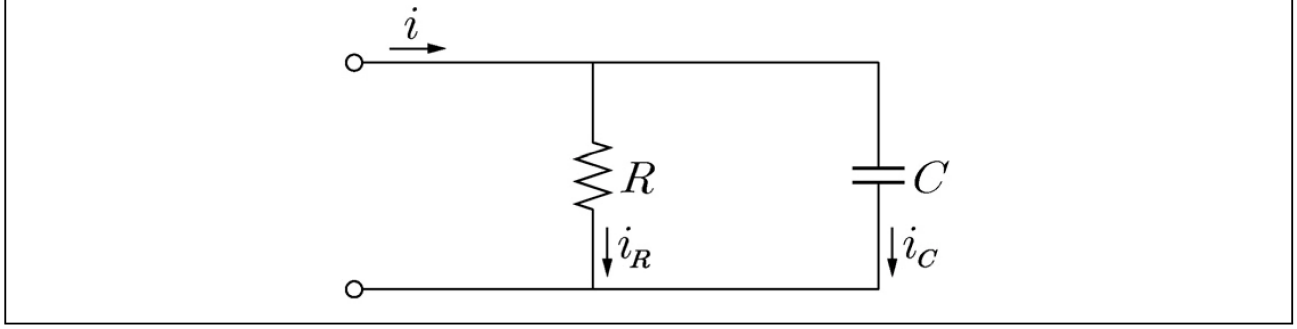
역률각 계산: 역률각은 같은 상의 전압 위상에서 전류 위상을 뺀 값이므로
$\varphi = \angle V_{an} - \angle I_a = 20^\circ - 0^\circ = 20^\circ$이다. 전류의 위상이 전압보다 작으므로 전류가 전압보다 20° 늦는 지상 상태이다.

역률: 평형 정현파 3상 회로의 역률은 $\cos\varphi$이므로 $\cos 20^\circ$이며, 역률은 단위가 없는 비율이다. 따라서 $\cos 20^\circ$ (지상)인 ①에 해당한다.

NoteBase

문 8. <보기>의 회로에서 정현파 전류 i_R과 i_C의 실횻값이 각각 4A와 3A일 때, 전류 i의 최댓값[A]은?

〈보기〉



① 5

② 7

③ $5\sqrt{2}$

④ $7\sqrt{2}$

정답 3번

간단한 해설

저항 전류와 커패시터 전류는 **위상차가 90°**이므로 전체 전류의 실횻값은 5 A이다. 정현파의 최댓값은 실횻값의 $\sqrt{2}$배이므로 $5\sqrt{2}$A이다.

계산 과정

그림에서 저항 R과 커패시터 C는 병렬로 연결되어 같은 전압이 걸린다. 저항 전류 i_R은 전압과 동상이고, 커패시터 전류 i_C는 전압보다 90° 앞서므로 **두 전류의 위상차는 90°**이다. 화살표 방향에 따라 순간 전류는 $i = i_R + i_C$이지만, 실횻값은 위상을 고려하여 합해야 한다.

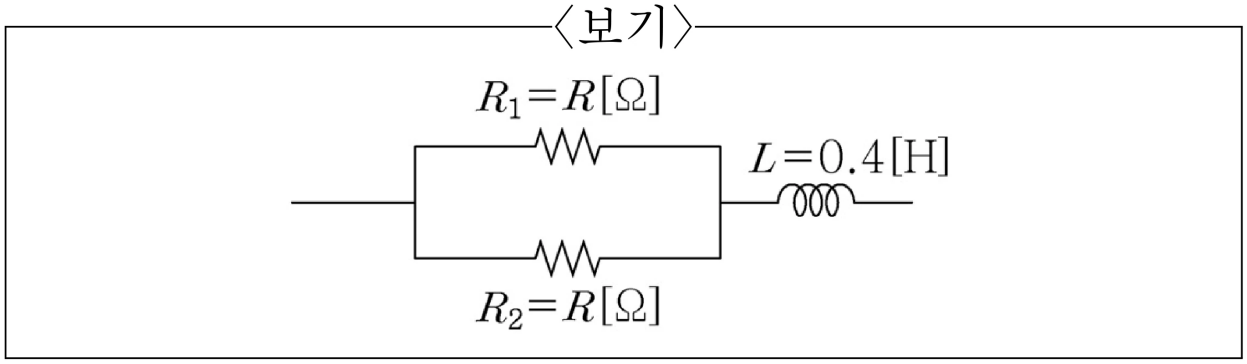
전체 전류의 실횻값을 I, 각 가지 전류의 실횻값을 I_R, I_C라 하자. 두 전류의 페이저가 직각을 이루므로 $I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$이다. 주어진 값을 대입하면 $I = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$A이다. 이 5 A는 **전체 전류의 실횻값**이며, 아직 문제에서 묻는 최댓값은 아니다.

같은 주파수의 두 정현파를 합한 전체 전류도 정현파이므로, 최댓값 I_m은 실횻값의 $\sqrt{2}$배이다. 따라서 $I_m = \sqrt{2}I = 5\sqrt{2}$A이며, 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 〈보기〉의 회로에서 양단에 교류전압 $v = 100\sqrt{2}\sin(10t)$V인 정현파를 가할 때, 저항 R_1에 흐르는 전류의 실횻값이 10A였다면, 저항값 R[Ω]은?

〈보기〉



① 1

② 6

③ 9

④ 12

정답 2번

간단한 해설

두 저항이 같은 병렬회로이므로 코일에 흐르는 전체 전류는 **20 A**이다. 전체 임피던스의 크기 5 Ω과 유도리액턴스 4 Ω으로부터 병렬 합성저항은 3 Ω이며, 각 저항은 그 두 배인 **6 Ω**이다.

NoteBase

계산 과정

전원 전압과 각주파수: 정현파 전압의 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이다. 따라서 $v = 100\sqrt{2}\sin(10t)$ V에서 전압의 실효값은 $V = \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 100$ V이고, 각주파수는 $\omega = 10$ rad/s이다.

병렬회로의 전류: 그림에서 $R_1 = R_2 = R$이고 두 저항에는 같은 전압이 걸린다. 두 가지 전류는 크기가 같고 **위상도 같으므로**, R_1에 10 A가 흐르면 R_2에도 10 A가 흐른다. 두 전류가 합쳐져 코일을 통과하므로 전체 전류의 실효값은 I = 10 + 10 = 20 A이다. 병렬 합성저항을 R_p라 하면 $R_p = \frac{R}{2}$이다.

전체 임피던스: 코일의 유도 리액턴스는 $X_L = \omega L = 10 \cdot 0.4 = 4\ \Omega$이다. 전압과 전류의 실효값으로 구한 전체 임피던스의 크기는 $|Z| = \frac{V}{I} = \frac{100}{20} = 5\ \Omega$이다. 병렬 합성저항과 코일은 직렬이고, 저항 전압과 코일 전압은 **위상이 90° 다르므로** $|Z| = \sqrt{R_p^2 + X_L^2}$의 관계가 성립한다.

각 저항값: 위 관계에서 $R_p = \sqrt{|Z|^2 - X_L^2} = \sqrt{25 - 16} = 3\ \Omega$이다. 이는 두 저항을 병렬로 합성한 값이므로 각 저항은 $R = 2R_p = 2 \cdot 3 = 6\ \Omega$이다. 따라서 구한 저항값은 ②의 6 Ω에 해당한다.

NoteBase

문 10. 라플라스 함수 $F(s) = \frac{1.5s + 3}{s^3 + 2s^2 + s}$일 때, 역변환 함수 $f(t)$의 최종값은?

① 1.5

② 2

③ 3

④ 4.5

정답 3번

간단한 해설

최종값 정리는 $sF(s)$의 모든 극점이 **실수부가 음수**일 때 적용할 수 있다. 이 문제에서는 극점이 −1뿐이므로 최종값은 $\lim_{s\to 0} sF(s) = 3$이다.

계산 과정

분모 정리: $s^3 + 2s^2 + s = s(s + 1)^2$이므로, $F(s)$에 s를 곱하면 원점의 극점에 해당하는 인수가 소거되어 $sF(s) = \frac{1.5s + 3}{(s + 1)^2}$가 된다.

적용 조건: **최종값 정리의 극점 조건은 sF(s)에 대해 확인**한다. 이 함수의 극점은 −1의 중근으로 모두 실수부가 음수이므로 최종값 정리를 적용할 수 있다. 따라서 $\lim_{t\to\infty} f(t) = \lim_{s\to 0} sF(s)$로 구한다.

최종값 계산: $sF(s)$의 분모는 s = 0에서 0이 아니므로 그대로 대입한다. $\lim_{s\to 0} \frac{1.5s+3}{(s+1)^2} = \frac{3}{1} = 3$이다. 따라서 역변환 함수가 시간이 충분히 지난 뒤 수렴하는 값은 3이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 전하량이 4C인 두 전하가 진공에서 2m 떨어져 있을 때 두 전하 간에 작용하는 힘의 크기[N]는?

① $\frac{1}{8\pi\varepsilon_0}$
② $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$
③ $\frac{1}{2\pi\varepsilon_0}$
④ $\frac{1}{\pi\varepsilon_0}$

정답 4번

간단한 해설

쿨롱 법칙에 따라 두 전하 사이의 힘은 **전하량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례**한다. 각 전하량 4 C와 거리 2 m를 대입하면 힘의 크기는 $\frac{1}{\pi\varepsilon_0}$ N이다.

계산 과정

진공에서 두 전하 사이에 작용하는 힘의 크기는 쿨롱 법칙 $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$로 구한다. 여기서 q_1, q_2는 각 전하량, r은 두 전하 사이의 거리, ε_0는 진공의 유전율이다. 주어진 값은 $q_1 = q_2 = 4\text{C}$, $r = 2\ \text{m}$이며, 모두 SI 단위이므로 단위 변환은 필요 없다.

힘을 구할 때는 **두 전하량을 곱하고 거리의 제곱으로 나눈다**. 전하량의 곱은 $4 \times 4 = 16\ \text{C}^2$이고 거리의 제곱은 $4\ \text{m}^2$이므로, 공식에 들어가는 수치 부분은 $\frac{4 \cdot 4}{2^2} = 4$가 된다.

따라서 $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot 4 = \frac{1}{\pi\varepsilon_0}$ N이며, 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 2개의 서로 다른 자성체 경계면에서 수직성분의 경계 조건으로 옳은 것은? (단, ε_1: 영역 1의 유전율, ε_2: 영역 2의 유전율, μ_1: 영역 1의 투자율, μ_2: 영역 2의 투자율, H_{1n}: 영역 1의 자계의 수직성분, H_{2n}: 영역 2의 자계의 수직성분이다.)

① $\mu_1 H_{1n} = \mu_2 H_{2n}$

② $\mu_2 H_{1n} = \mu_1 H_{2n}$

③ $\varepsilon_1 H_{1n} = \varepsilon_2 H_{2n}$

④ $\varepsilon_2 H_{1n} = \varepsilon_1 H_{2n}$

정답 1번

간단한 해설

자성체 경계면에서는 **자속밀도의 수직성분이 연속**이다. 자속밀도와 자계의 관계가 $B = \mu H$이므로 경계 조건은 $\mu_1 H_{1n} = \mu_2 H_{2n}$이다.

공통 해설

자계의 수직성분은 경계면에 수직인 방향의 성분이다. 자기장에 대한 가우스 법칙에 따르면 닫힌 면을 통과하는 전체 자속은 0이다. 경계면을 가로지르는 매우 얇은 폐곡면을 잡으면 한쪽에서 들어온 자속이 다른 쪽으로 그대로 나가야 하므로, **자속밀도의 수직성분은 경계면에서 연속**이다. 양쪽에서 같은 방향의 법선을 기준으로 하면 $B_{1n} = B_{2n}$으로 나타낸다.

각 매질에서 자속밀도와 자계의 관계는 $B = \mu H$이다. 따라서 영역 1에서는 $B_{1n} = \mu_1 H_{1n}$, 영역 2에서는 $B_{2n} = \mu_2 H_{2n}$이며, 이를 연속 조건에 대입하면 $\mu_1 H_{1n} = \mu_2 H_{2n}$이다.

이 관계에서 투자율은 **같은 영역의 자계 성분과 곱해야** 한다. 투자율의 영역 번호를 서로 바꾼 식은 이 경계 조건을 나타내지 않는다. 또한 자속밀도와 자계를 연결하는 물성값은 투자율이므로, 유전율 ε을 곱한 식도 자계의 수직성분에 대한 경계 조건이 아니다.

NoteBase

문 13. 5V의 건전지를 넣어 작동하는 조명을 3분간 켰을 때, 흐르는 전류가 0.2A로 일정하였다. 이때 조명에서 소비한 에너지[J]는?

① 60

② 100

③ 120

④ 180

정답 4번

간단한 해설

소비 에너지는 **전력과 시간의 곱**이다. 조명의 전력이 1 W이고 3분은 180초이므로 소비 에너지는 180 J이다.

계산 과정

1. 시간 환산: 에너지를 J로 구하려면 전력의 단위 W가 J/s이므로 시간을 **초 단위**로 맞춘다. 조명을 켠 시간은 3분 = 3 × 60 = 180초이다.

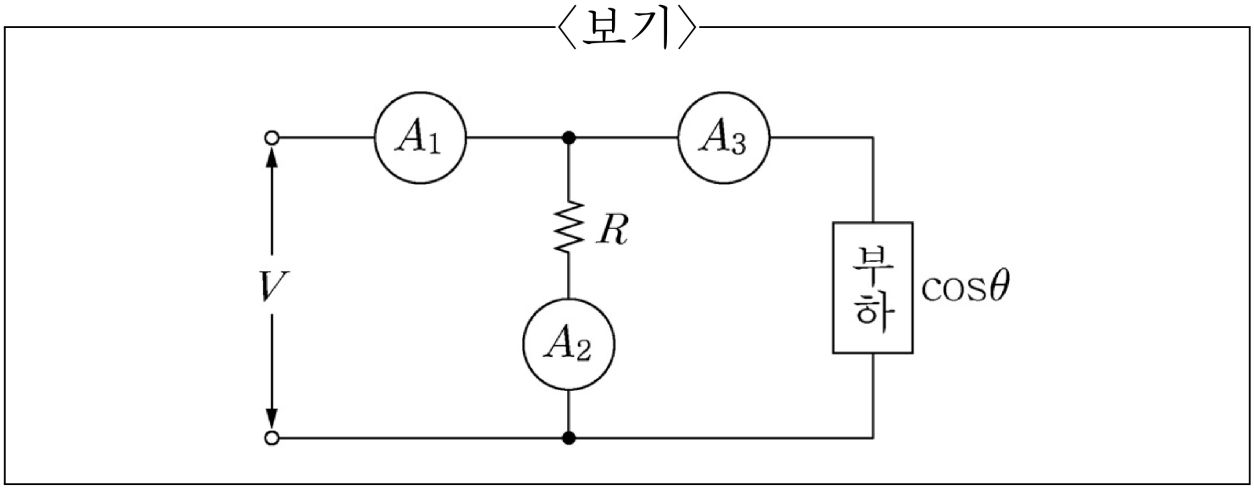
2. 소비 전력: 전압을 V, 전류를 I라 하면 직류 회로의 전력은 $P = VI$이다. 주어진 전압 5 V와 일정한 전류 0.2 A를 곱하면 소비 전력은 5 × 0.2 = 1 W이다. 이는 조명이 **매초 1 J의 에너지를 소비**한다는 뜻이다.

3. 소비 에너지: 전력이 일정하므로 시간 t 동안 소비한 에너지는 $E = Pt$이다. 따라서 1 × 180 = 180 J를 소비하며, 이는 ④의 180에 해당한다.

NoteBase

문 14. <보기>와 같이 전류계 $A_1 = 7\text{A}$, $A_2 = 3\text{A}$, $A_3 = 4\text{A}$이고, $R = 20\Omega$일 때 부하의 역률과 유효전력[W]은?

〈보기〉



① 역률: 0.5, 유효전력: 240

② 역률: 0.625, 유효전력: 120

③ 역률: 1, 유효전력: 120

④ 역률: 1, 유효전력: 240

정답 4번

간단한 해설

전체 전류 7 A가 두 분기 전류의 합 3 + 4 = 7 A와 같으므로, 두 분기 전류가 동상이고 부하의 **역률은 1**이다. 부하 전압은 3 × 20 = 60 V이므로 유효전력은 60 × 4 = 240 W이다.

NoteBase

계산 과정

회로에서 A_1은 전체 전류, A_2는 저항 R의 전류, A_3은 부하 전류를 측정한다. 각 전류의 실효값을 각각 $I_1 = 7\text{A}$, $I_2 = 3\text{A}$, $I_3 = 4\text{A}$로 놓는다. 전류계는 이상적으로 보고, 저항과 부하가 **병렬이므로 양단 전압이 같다**. 따라서 공통 전압은 $V = I_2 R = 3 \times 20 = 60\text{V}$이다.

저항 전류는 전압과 동상이므로, 부하 전압과 부하 전류 사이의 위상차를 θ라 하면 두 분기 전류 사이의 위상차도 θ이다. 교류 전류는 **위상을 고려하여 합성**해야 하므로 $I_1^2 = I_2^2 + I_3^2 + 2I_2 I_3 \cos\theta$가 성립한다. 수치를 대입하면 $49 = 9 + 16 + 24\cos\theta$이고, 역률은 $\cos\theta = \frac{49 - 9 - 16}{24} = 1$이다. 이는 부하 전류가 전압과 동상임을 뜻한다.

부하의 유효전력은 전압, 부하 전류 및 역률의 곱인 $P = VI_3\cos\theta$이다. 여기에는 전체 전류 7 A가 아니라 **부하에 흐르는 전류 4 A**를 사용한다. 따라서 $P = 60 \times 4 \times 1 = 240\text{W}$이다.

부하의 역률은 1, 유효전력은 240 W이므로 ④에 해당한다.

NoteBase

문 15. 단면적이 S[m^2]이고 평균 자로의 길이가 l[m]인 N회 감긴 환상 코일의 인덕턴스는 L[H]이다. 코일의 권수를 반으로 줄이고 단면적을 2배로 늘렸을 때 인덕턴스[H]는? (단, 자로의 길이는 일정하다.)

① $\frac{1}{8}L$
② $\frac{1}{4}L$
③ $\frac{1}{2}L$
④ L

정답 3번

간단한 해설

투자율과 자로의 길이가 같으면 인덕턴스는 **권수의 제곱과 단면적에 비례**한다. 권수가 반이 되면 1/4배, 단면적이 2배가 되면 2배가 되어, 바뀐 인덕턴스는 $\frac{1}{2}L$[H]이다.

계산 과정

자로의 투자율을 μ라 하면 환상 코일의 인덕턴스는 $L = \frac{\mu N^2 S}{l}$이다. 같은 전류에서 권수가 늘면 자속이 증가하고, 그 자속이 쇄교하는 권수도 늘어나므로 **권수의 제곱에 비례**한다. 이 문제에서는 자로의 재질이 바뀌지 않아 투자율은 같다고 보며, 자로의 길이도 일정하다.

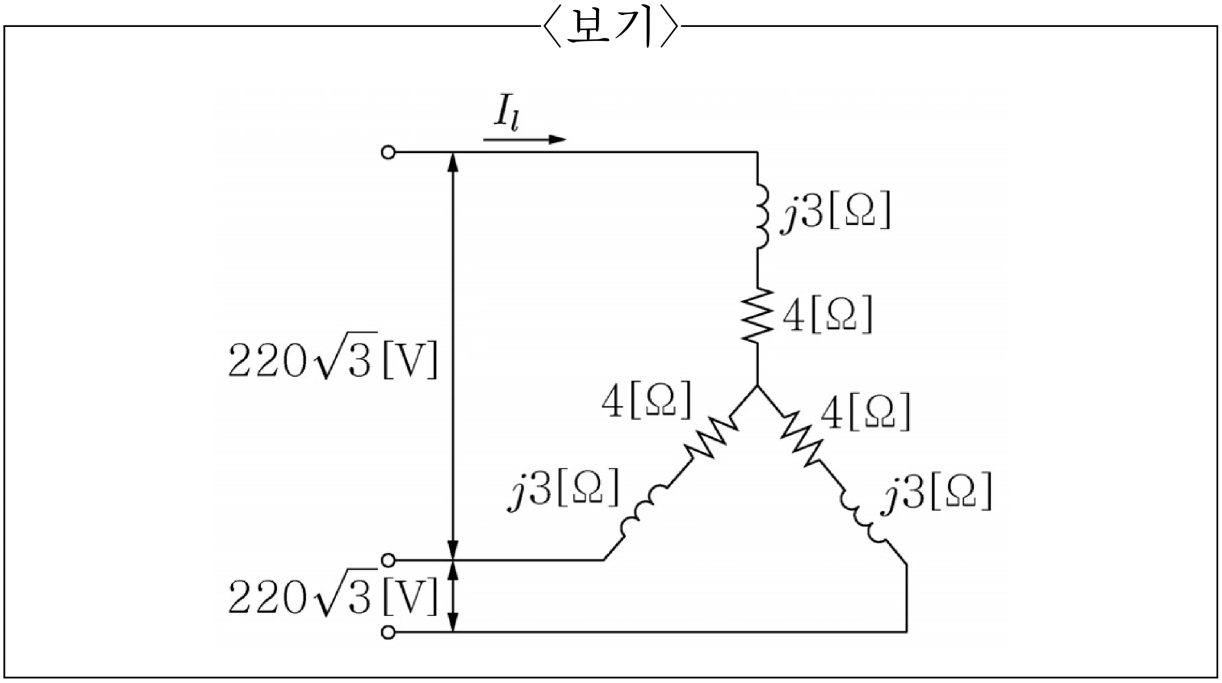
변경 후 권수는 $N/2$이므로 권수 변화에 따른 인덕턴스의 배율은 $\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$이다. 단면적은 2S로 늘어나므로 인덕턴스는 다시 2배가 된다. 두 변화가 동시에 일어나므로 **각 변화의 배율을 곱한다**.

따라서 변경 후 인덕턴스를 L'라 하면 $L' = \frac{1}{4} \cdot 2L = \frac{1}{2}L$이고, 단위는 H이다. 이는 ③의 값과 같다.

NoteBase

문 16. <보기>와 같은 평형 3상 회로의 Y형 결선에서 흐르는 I_l의 크기[A]는? (단, 모든 전압과 전류는 실횻값이다.)

〈보기〉



① 36

② 40

③ 44

④ 48

정답 3번

간단한 해설

Y형 결선에서는 **선전류와 상전류가 같으며**, 주어진 선간전압에 대응하는 상전압은 220 V이다. 각 상의 임피던스 크기가 5 Ω이므로 선전류는 44 A이다.

NoteBase

계산 과정

상전압: 그림의 $220\sqrt{3}\text{V}$는 두 선 사이의 전압인 선간전압이다. 평형 Y형 결선에서는 **선간전압이 상전압의 $\sqrt{3}$배**이므로, 각 상의 부하에 걸리는 전압은 $V_{\text{ph}} = \frac{220\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = 220\text{V}$이다.

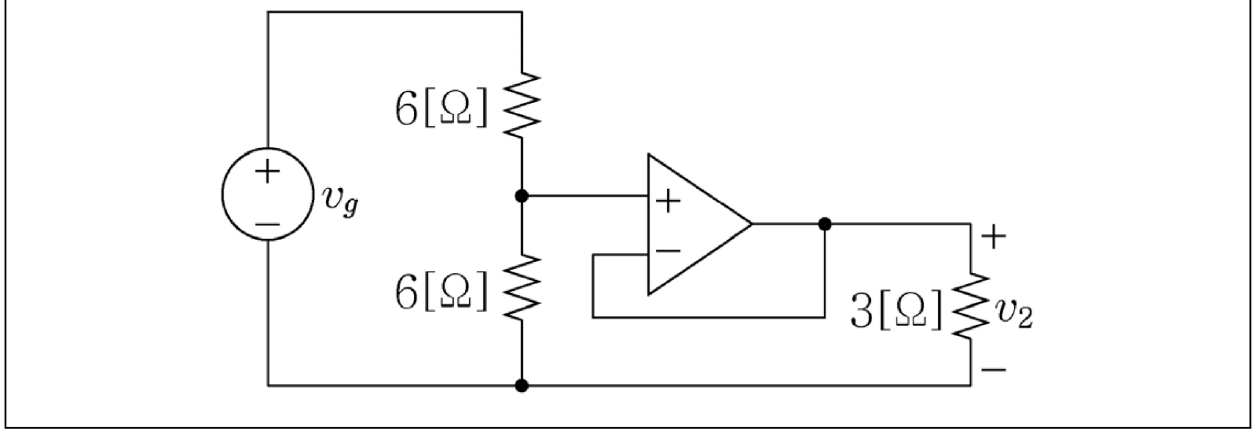
상임피던스: 각 상에는 저항 4 Ω과 유도성 리액턴스 3 Ω이 직렬로 연결되어 있어 $Z_{\text{ph}} = (4 + j3)\Omega$이다. 저항 성분과 리액턴스 성분은 복소평면에서 서로 직교하므로, 임피던스 크기는 단순히 더하지 않고 $|Z_{\text{ph}}| = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\Omega$로 구한다.

선전류: Y형 결선에서는 각 선이 해당 상의 부하와 직렬로 이어지므로 **선전류와 상전류가 같다**. 교류 회로의 옴의 법칙에 따라 전류의 크기는 $I_l = I_{\text{ph}} = \frac{V_{\text{ph}}}{|Z_{\text{ph}}|} = \frac{220}{5} = 44\text{A}$이다. 따라서 선전류의 크기 44 A는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. <보기>와 같은 연산증폭기 회로에서 $v_g = 5V$일 때, v_2[V]는? (단, 연산증폭기는 이상적이다.)

〈보기〉



① 1.5

② 2.0

③ 2.5

④ 3.0

정답 3번

간단한 해설

두 6 Ω 저항의 중점 전압은 입력 전압의 절반인 2.5 V이다. 연산증폭기가 **전압 팔로어**로 연결되어 있으므로 출력 전압 v_2도 2.5 V가 된다.

NoteBase

계산 과정

비반전 입력 전압: 아래쪽 공통선을 0 V로 잡고, 비반전 입력 단자의 전압을 v_+라 하자. 이상적 연산증폭기는 **입력 전류가 0**이므로 비반전 입력으로 전류가 빠져나가지 않는다. 따라서 두 6 Ω 저항에는 같은 전류가 흐르며, 전원 전압 5 V가 두 저항에 나뉘어 걸린다. 아래쪽 6 Ω 저항에 걸리는 전압이 비반전 입력 전압이므로 $v_+ = 5 \cdot \frac{6}{6+6} = 2.5\text{V}$이다.

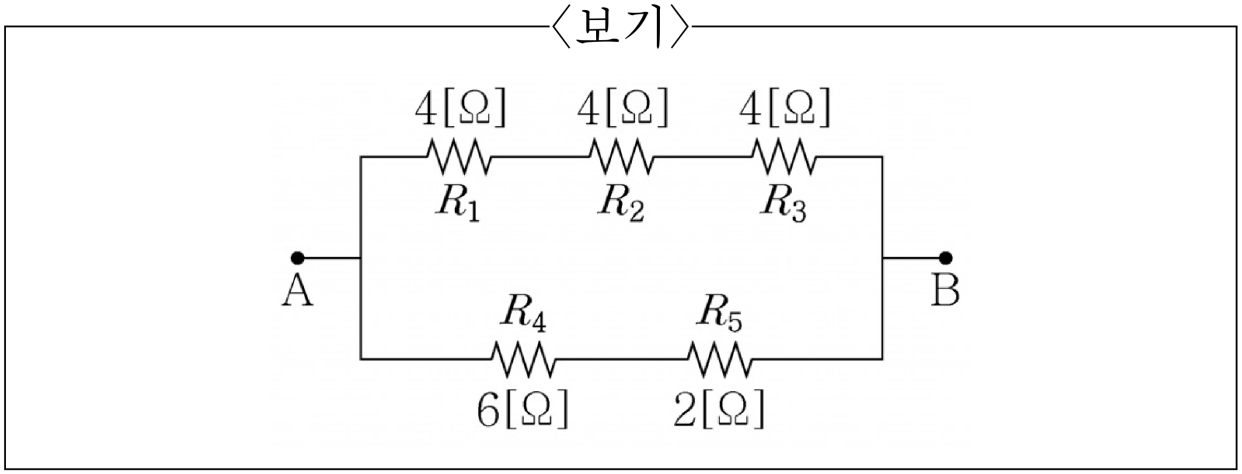
출력과 입력의 관계: 출력이 반전 입력 단자에 직접 연결되어 **음의 되먹임**을 이루므로, 이상적 연산증폭기의 두 입력 전압은 같아진다. 반전 입력 전압을 v_-라 하면 $v_- = v_+$이고, 직접 연결된 출력 전압은 $v_2 = v_-$이다. 따라서 이 회로는 비반전 입력의 전압을 그대로 출력하는 전압 팔로어이다.

부하와 최종 전압: 오른쪽 3 Ω 저항은 출력과 아래쪽 공통선 사이에 연결된 부하이다. 이상적 연산증폭기는 출력 저항이 0이므로 이 부하가 연결되어도 출력 전압이 낮아지지 않으며, 부하를 왼쪽 6 Ω 저항과 병렬로 합성하지 않는다. 따라서 $v_2 = 2.5\text{V}$이며, 이는 ③의 2.5에 해당한다.

NoteBase

문 18. <보기>의 회로에서 R_2 양단에서 측정된 전압의 크기가 8V였다면 R_5 양단에서 측정되는 전압의 크기[V]는?

〈보기〉



① 2

② 6

③ 12

④ 24

정답 2번

간단한 해설

위쪽의 4 Ω 저항 세 개에는 각각 8 V가 걸리므로 A–B 사이 전압은 24 V이다. 아래쪽의 두 직렬 저항에는 **저항값에 비례하여 전압이 분배**되므로 2 Ω인 R_5의 전압은 6 V이다.

계산 과정

위쪽 가지의 전압: R_1, R_2, R_3는 모두 4 Ω이고 직렬로 연결되어 **같은 전류가 흐른다**. 옴의 법칙 $V = IR$에 따라 저항값이 같으면 전압도 같으므로 세 저항에 각각 8 V가 걸린다. 따라서 위쪽 가지 전체의 전압은 8 + 8 + 8 = 24 V이다.

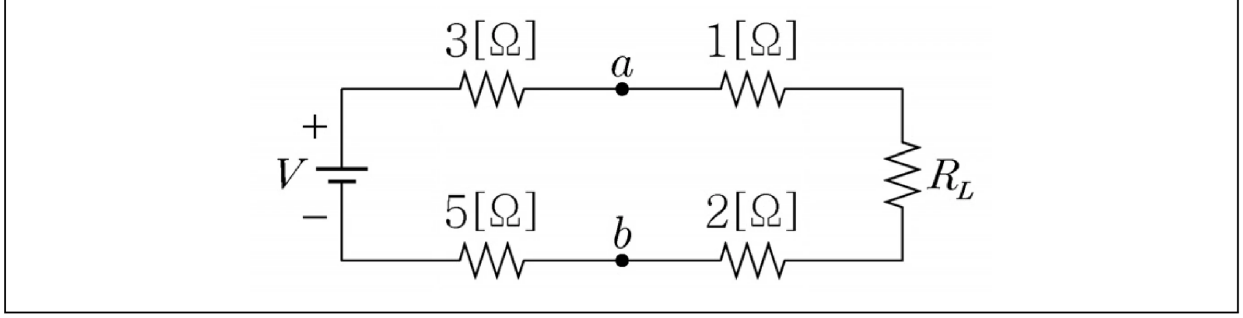
A–B 사이 전압: 위쪽 가지와 아래쪽 가지는 양 끝이 각각 A와 B에 연결된 **병렬 관계**이다. 따라서 아래쪽의 R_4와 R_5에 걸리는 전압의 합도 24 V이다.

R_5의 전압: 아래쪽의 $R_4 = 6\Omega$과 $R_5 = 2\Omega$에는 같은 전류가 흐르므로 전압은 저항값에 비례하여 나뉜다. 아래쪽 가지의 전체 저항은 6 + 2 = 8 Ω이므로 R_5에 걸리는 전압은 $V_5 = 24 \cdot \frac{2}{6+2} = 6\text{V}$이다. 이는 ②의 6 V에 해당한다.

NoteBase

문 19. <보기>와 같은 회로에서 V_{ab}의 전압[V]이 입력전압 V[V]의 반이 되는 부하저항 R_L[Ω]은?

<보기>



① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 4번

간단한 해설

a–b 사이에는 부하저항뿐 아니라 **1 Ω과 2 Ω도 포함**된다. 전압이 입력전압의 반이 되려면 이 구간의 합성저항이 나머지 구간의 3 + 5 = 8 Ω과 같아야 하므로, $R_L = 5\Omega$이다.

계산 과정

회로에는 분기점이 없으므로 3 Ω, 1 Ω, 부하저항 R_L, 2 Ω, 5 Ω에 같은 전류 I가 흐른다. 전체 저항은 $R_L + 11[\Omega]$이므로 옴의 법칙에 따라 $V = I(R_L + 11)$이다.

V_{ab}는 a점과 b점 사이의 전위차이다. a점에서 오른쪽을 거쳐 b점까지는 1 Ω, R_L, 2 Ω이 직렬로 연결되어 있으므로, **부하저항 양단의 전압만을 뜻하지 않는다**. 이 구간의 저항은 $R_L + 3[\Omega]$이고, $V_{ab} = I(R_L + 3)$이다.

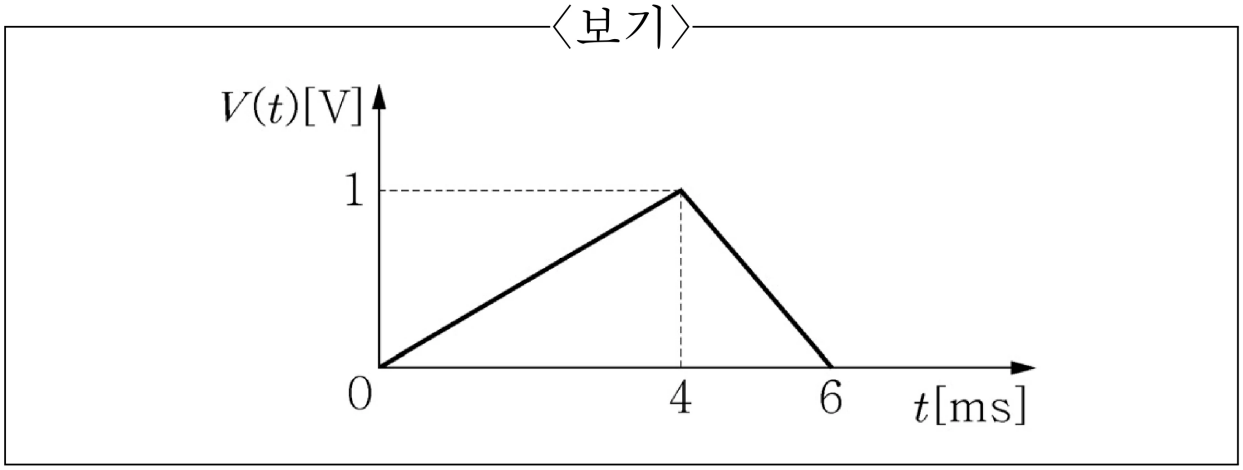
같은 전류가 흐르는 직렬회로에서 전압은 저항에 비례한다. 따라서 $\frac{V_{ab}}{V} = \frac{R_L + 3}{R_L + 11} = \frac{1}{2}$이다. 이를 정리하면 $2(R_L + 3) = R_L + 11$, $R_L = 5\Omega$을 얻는다. 이때 a–b 구간과 나머지 구간의 저항이 각각 8 Ω이어서 입력전압을 절반씩 나누어 갖는다.

따라서 구하는 부하저항은 5 Ω으로, ④의 값에 해당한다.

NoteBase

문 20. 6 μF 커패시터에 인가되는 전압의 파형이 <보기>와 같다. 시간이 t = 4ms일 때 커패시터의 전기장에 축적된 에너지[μJ]는?

〈보기〉



① 1

② 3

③ 6

④ 12

정답 2번

간단한 해설

4 ms에서의 전압은 **1 V**이다. 커패시터의 저장 에너지는 $W = \frac{1}{2}CV^2$이므로, 6 μF 커패시터에 축적된 에너지는 3 μJ이다.

계산 과정

전압 읽기: 그래프의 가로축은 시간 t[ms], 세로축은 전압 V[V]이다. 4 ms에서 파형은 꼭짓점에 있고, 가로 점선이 가리키는 전압은 1 V이다.

에너지 관계: 정전용량 C가 일정한 커패시터의 전기장에 저장된 에너지는 $W = \frac{1}{2}CV^2$이다. 여기서 V는 에너지를 구하려는 **그 순간의 전압**이다. 따라서 전압 파형 아래의 면적을 구하지 않고, 4 ms에서 읽은 1 V를 대입한다.

수치 대입: C = 6 μF이고 V = 1 V이므로 $W = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 1^2 = 3\mu J$이다. 정전용량을 μF, 전압을 V로 넣으면 에너지는 μJ 단위로 얻어진다. 따라서 축적된 에너지는 3 μJ로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase