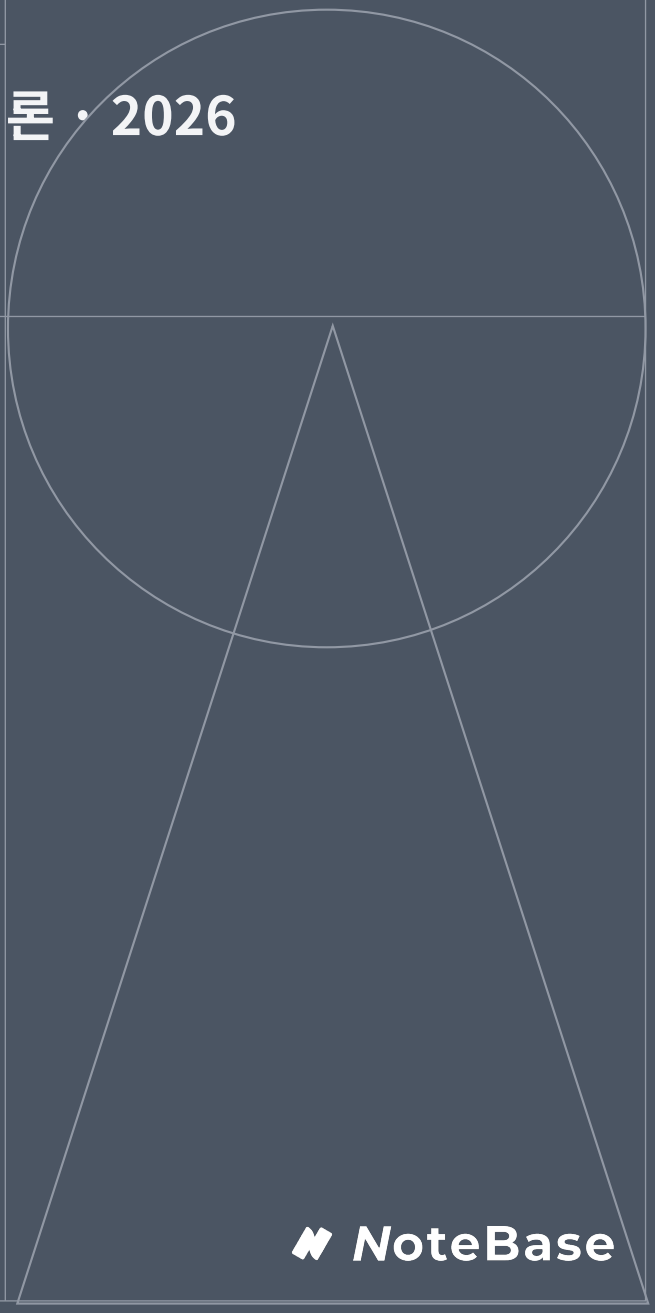
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2026

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2026

문 1. 이상적인 전압원과 전류원에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 이상적인 전압원과 전류원의 내부저항은 모두 0이다.

② 이상적인 전압원과 전류원의 내부저항은 모두 ∞이다.

③ 이상적인 전압원의 내부저항은 0이고, 이상적인 전류원의 내부저항은 ∞이다.

④ 이상적인 전압원의 내부저항은 ∞이고, 이상적인 전류원의 내부저항은 0이다.

정답 3번

간단한 해설

이상적인 전압원은 부하전류가 변해도 전압을 일정하게 유지하므로 내부저항이 **0 Ω**이다. 이상적인 전류원은 부하전압이 변해도 전류를 일정하게 유지하므로 내부저항이 **∞ Ω**이다.

개념 구분

이상적인 전압원: 부하에 흐르는 전류와 관계없이 단자전압을 일정하게 유지한다. 전압원의 내부저항은 전원에 **직렬로 연결된 저항**으로 나타낸다. 이 저항이 있으면 전류가 흐를 때 내부에서 전압강하가 생겨 단자전압이 달라지므로, 이상적인 전압원의 내부저항은 0 Ω이다.

이상적인 전류원: 부하 양단의 전압과 관계없이 부하에 일정한 전류를 공급한다. 전류원의 내부저항은 전원에 **병렬로 연결된 저항**으로 나타낸다. 이 저항이 유한하면 내부 저항에도 전류가 흘러 부하에 공급되는 전류가 달라지므로, 이상적인 전류원의 내부저항은 ∞ Ω이다. 이는 내부의 병렬 저항으로 전류가 흐르지 않는다는 뜻이다.

NoteBase

문 2. RLC 직렬회로에 전압 $v(t) = \sin \omega t$ [V]를 인가할 때, 유도성 리액턴스 X_L[Ω]은 용량성 리액턴스 X_C [Ω]의 2배이다. 동일한 회로의 전압을 $v(t) = \sin 3\omega t$ [V]로 변경하면, 유도성 리액턴스와 용량성 리액턴스는 각각 X_{L1}[Ω]과 X_{C1}[Ω]이 된다. 이때 리액턴스의 비 $\frac{X_{L1}}{X_{C1}}$는?

① 3

② 6

③ 9

④ 18

정답 4번

간단한 해설

각주파수가 3배가 되면 유도성 리액턴스는 **3배**, 용량성 리액턴스는 **1/3배**가 된다. 따라서 두 리액턴스의 비는 처음의 9배가 되어 $2 \times 9 = 18$이다.

계산 과정

동일한 회로이므로 인덕턴스 L과 정전용량 C는 변하지 않는다. 정현파 전압의 각주파수가 ω일 때 유도성 리액턴스는 $X_L = \omega L$, 용량성 리액턴스는 $X_C = \frac{1}{\omega C}$이며, 각각의 단위는 Ω이다. 처음에는 $X_L = 2X_C$이므로 $\frac{X_L}{X_C} = 2$이다.

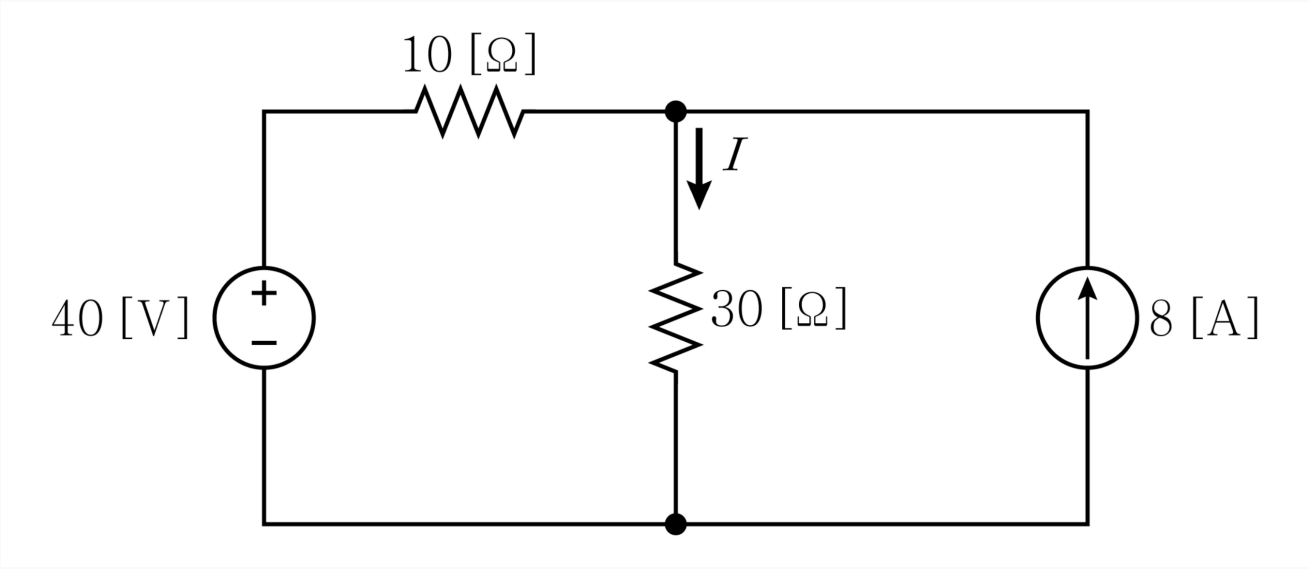
유도성 리액턴스의 변화: 전압이 $\sin \omega t$에서 $\sin 3\omega t$로 바뀌면 **각주파수가 3배**가 된다. 유도성 리액턴스는 각주파수에 비례하므로 $X_{L1} = 3\omega L = 3X_L$이다.

용량성 리액턴스의 변화: 용량성 리액턴스는 **각주파수에 반비례**하므로 $X_{C1} = \frac{1}{3\omega C} = \frac{X_C}{3}$이다. 즉, 비의 분자는 3배로 커지고 분모는 1/3배로 작아진다.

변경 후 리액턴스의 비는 $\frac{X_{L1}}{X_{C1}} = \frac{3X_L}{X_C/3} = 9\frac{X_L}{X_C}$이다. 처음의 비 2를 대입하면 $9 \times 2 = 18$이므로 ④의 18과 일치한다. 같은 단위 Ω끼리 나눈 비이므로 단위는 없다.

NoteBase

문 3. 그림의 회로에서 전류 /[A]는?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

간단한 해설

위쪽 접점에 **키르히호프의 전류 법칙**을 적용하면 아래쪽 접점을 기준으로 한 전위는 90 V이다. 30 Ω 저항에 이 전압이 걸리므로 아래 방향 전류는 3 A이다.

NoteBase

계산 과정

전위 설정: 아래쪽 공통 접점의 전위를 0 V, 위쪽 공통 접점의 전위를 V로 둔다. 왼쪽 40 V 전압원은 위쪽이 +극이므로 10 Ω 저항의 왼쪽 끝 전위는 40 V이다. 구하는 I는 30 Ω 저항을 위에서 아래로 흐르는 전류이다.

접점 방정식: 오른쪽 전류원은 위쪽 접점으로 8 A를 공급한다. 위쪽 접점에서 왼쪽으로 나가는 전류는 옴의 법칙에 따라 $\frac{V-40}{10}$, 아래쪽으로 나가는 전류는 $\frac{V}{30}$이다. **유입 전류의 합과 유출 전류의 합은 같으므로** $8=\frac{V-40}{10}+\frac{V}{30}$이 성립한다. 전위는 V, 저항은 Ω 단위이므로 각 분수는 A 단위의 전류이다.

접점 전위 계산: 양변에 30을 곱하면 $240=3(V-40)+V$이다. 이를 정리하면 $4V=360$이므로 위쪽 접점의 전위는 90 V이다. 이 값은 **30 Ω 저항 양단의 전압**이기도 하다.

전류 계산: $I=\frac{90}{30}=3\text{A}$이다. 양수이므로 실제 전류는 그림의 화살표와 같은 아래 방향으로 흐르며, ③의 3 A에 해당한다.

NoteBase

문 4. 자유공간에서 반지름이 1 [m]인 원형 루프에 1 [A]의 전류가 흐를 때, 루프의 중심점에서 자속밀도의 크기 [Wb/m^2]는? (단, μ_0는 자유공간의 투자율이다)

① $\frac{\mu_0}{4}$
② $\frac{\mu_0}{2}$
③ μ_0
④ $2\mu_0$

정답 2번

간단한 해설

원형 루프의 **중심 자속밀도**는 $B = \frac{\mu_0 I}{2r}$이다. 반지름 1 m와 전류 1 A를 대입하면 $\frac{\mu_0}{2}$ Wb/m^{2}가 된다.

계산 과정

주어진 원형 루프의 반지름은 r = 1 m, 전류는 I = 1 A이다. 자유공간이므로 투자율은 μ_0이며, 구할 값은 루프 중심에서의 자속밀도 B이다.

비오·사바르 법칙에 따르면 전류가 흐르는 각 미소 도선이 중심에 만드는 자속밀도는 루프 면에 수직이다. 원형 루프에서는 중심까지의 거리가 모두 r로 같고 **각 미소 도선이 만드는 자속밀도의 방향도 같으므로**, 원 둘레 전체의 기여를 더하면 $B = \frac{\mu_0 I}{2r}$이 된다.

주어진 값을 대입하면 $B = \frac{\mu_0 \cdot 1}{2 \cdot 1} = \frac{\mu_0}{2}$ Wb/m^{2}이다. 이는 루프 전체의 전류가 중심에 만드는 자속밀도의 크기이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 무한 직선 도선에 4 [A]의 전류가 흐를 때, 이 도선으로부터 2 [m] 떨어진 점에서 자계의 크기 [A/m]는?

① $\frac{1}{2\pi}$

② $\frac{1}{\pi}$

③ π

④ 2π

정답 2번

간단한 해설

무한 직선 도선의 자계는 전류를 **도선을 중심으로 한 원의 둘레**로 나눈 값이다. 전류 4 A와 거리 2 m를 적용하면 자계의 크기는 $\frac{1}{\pi}$ A/m이다.

계산 과정

전류 I = 4 A, 도선으로부터의 수직거리 r = 2 m이며, 구하려는 값은 자계의 크기 H이다. 주어진 전류와 거리는 각각 A와 m 단위이므로 단위 변환이 필요 없다.

무한 직선 도선 주위의 자계는 도선을 중심으로 하는 원의 접선 방향이며, 같은 거리에서는 크기가 같다. 따라서 **암페어의 주회 법칙**을 반지름 r인 원에 적용하면 $H \cdot 2\pi r = I$이다. 여기서 $2\pi r$은 자계를 따라 잡은 원형 경로의 둘레이므로, $H = \frac{I}{2\pi r}$로 구한다.

거리 r = 2 m에서 원형 경로의 둘레는 $2\pi r = 4\pi$ m이다. 전류 4 A를 이 둘레로 나누면 $H = \frac{4}{2\pi \cdot 2} = \frac{1}{\pi}$ A/m이다.

자계의 크기는 $\frac{1}{\pi}$ A/m이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 내부 임피던스 $Z_g = 0.5 + j1.5$ [Ω]인 전원과 임피던스 $Z_l = 1.5 + j0.5$ [Ω]인 선로에 부하를 직렬로 연결하였다. 최대 평균전력을 공급하기 위한 부하 임피던스 [Ω]는?

① 2 - j0.5

② 2 - j2

③ 2 + j0.5

④ 2 + j2

정답 2번

간단한 해설

최대 평균전력은 부하 임피던스가 전원과 선로를 합한 임피던스의 **켤레복소수**일 때 전달된다. 합성 임피던스가 $2 + j2\,\Omega$이므로 부하는 $2 - j2\,\Omega$이어야 한다.

계산 과정

1. 부하에서 본 등가 임피던스: 전원 내부 임피던스와 선로 임피던스가 직렬이므로 **두 임피던스를 더한다**. $Z_{th} = Z_g + Z_l = (0.5 + j1.5) + (1.5 + j0.5) = 2 + j2\,\Omega$이다. 따라서 부하를 제외한 회로의 등가 저항은 2 Ω, 등가 리액턴스는 2 Ω이다.

2. 최대 평균전력 조건: 부하를 $Z_L = R + jX$로 놓고, 전원의 실효값 전압을 V라 하면 부하의 평균전력은 $P = \frac{|V|^2 R}{(2+R)^2 + (2+X)^2}$이다. 부하의 저항과 리액턴스를 모두 조절할 수 있으므로 먼저 **전체 리액턴스가 0**이 되도록 $X = -2\,\Omega$으로 정한다. 이때 저항 R을 변화시키면 평균전력은 등가 저항과 같은 R = 2 Ω에서 최대가 된다. 이는 부하 임피던스를 등가 임피던스의 켤레복소수로 맞추는 조건이다.

3. 부하 임피던스: 저항은 2 Ω, 리액턴스는 −2 Ω이므로 $Z_L = 2 - j2\,\Omega$이다. 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 평형 3상회로에서 유효전력에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 유효전력은 저항에서 소비되는 전력이다.

② 선간전압이 증가하면 유효전력은 증가한다.

③ 3상회로 유효전력은 등가 단상회로 유효전력의 3배이다.

④ 부하의 저항은 일정하고 리액턴스의 크기가 증가하면 유효전력은 증가한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '유효전력은 증가한다'는 '유효전력은 감소한다'로 고쳐야 한다. 공급전압과 부하 저항이 일정할 때 리액턴스의 크기가 커지면 임피던스의 크기가 커져 전류가 줄고, **저항에서 소비되는 유효전력도 감소한다**.

선지별 해설

① O: 유효전력은 전기에너지가 열이나 일 등으로 실제 소비되는 평균전력이다. 회로의 등가 부하에서 이 전력은 **저항 성분에서 소비**된다. 이상적인 인덕터와 커패시터는 에너지를 저장했다가 전원에 돌려주므로 한 주기 평균으로 소비하는 전력은 0이다.

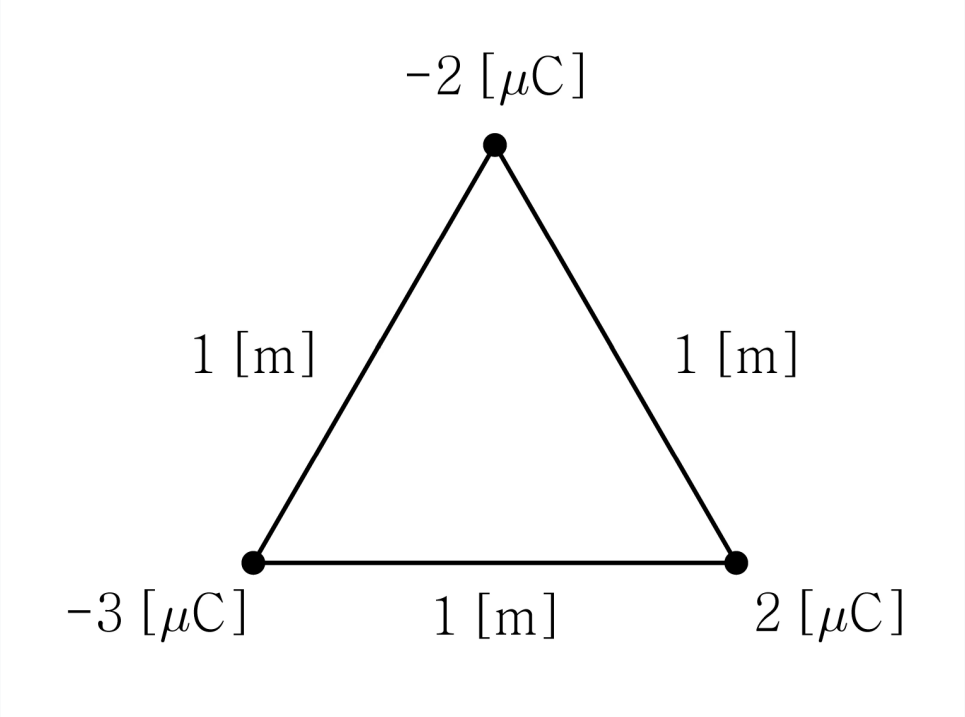
② O: **부하 임피던스와 결선이 같을 때** 선간전압이 증가하면 각 상에 걸리는 상전압도 같은 비율로 증가한다. 상전압의 실효값을 V_{ph}, 각 상의 저항을 R, 리액턴스를 X라 하면 전체 유효전력은 $P=\frac{3V_{\mathrm{ph}}^2R}{R^2+X^2}$이다. 따라서 나머지 조건이 같으면 유효전력은 선간전압의 제곱에 비례하여 증가한다.

③ O: 평형 3상회로에서는 각 상의 전압·전류의 크기와 부하의 역률이 같아 **각 상의 유효전력이 동일**하다. 등가 단상회로는 그중 한 상을 나타내므로, 한 상의 유효전력을 P_{ph}라 하면 전체 유효전력은 세 상의 합인 $P=3P_{\mathrm{ph}}$이다.

④ X: **공급전압과 저항이 일정하면** 리액턴스의 크기가 증가할수록 R^2+X^2가 커지므로 $P=\frac{3V_{\mathrm{ph}}^2R}{R^2+X^2}$는 감소한다. 이는 임피던스의 크기가 커져 상전류가 줄기 때문이다. 상전류의 실효값을 I_{ph}라 하면 $P=3I_{\mathrm{ph}}^2R$이므로, 선지의 '증가한다'는 '감소한다'로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 자유공간에서 한 변의 길이가 1 [m]인 정삼각형의 꼭짓점에 3개의 점전하가 놓여 있을 때, 점전하 −3 [μC]에 작용하는 힘의 크기[N]는? (단, ε_0는 자유공간의 유전율이다)



① $\frac{6\times10^{-12}}{4\pi\varepsilon_0}$
② $\frac{6\sqrt{3}\times10^{-12}}{4\pi\varepsilon_0}$
③ $\frac{2\times10^{-6}}{4\pi\varepsilon_0}$
④ $\frac{2\sqrt{3}\times10^{-6}}{4\pi\varepsilon_0}$

정답 1번

간단한 해설

−3 μC에 작용하는 두 힘은 크기가 같지만, 인력과 척력의 방향을 반영하면 **두 힘 사이의 각은 120°**이다. 벡터 합성한 힘의 크기는 각 힘 하나의 크기와 같은 $\frac{6\cdot10^{-12}}{4\pi\varepsilon_0}$N이다.

NoteBase

계산 과정

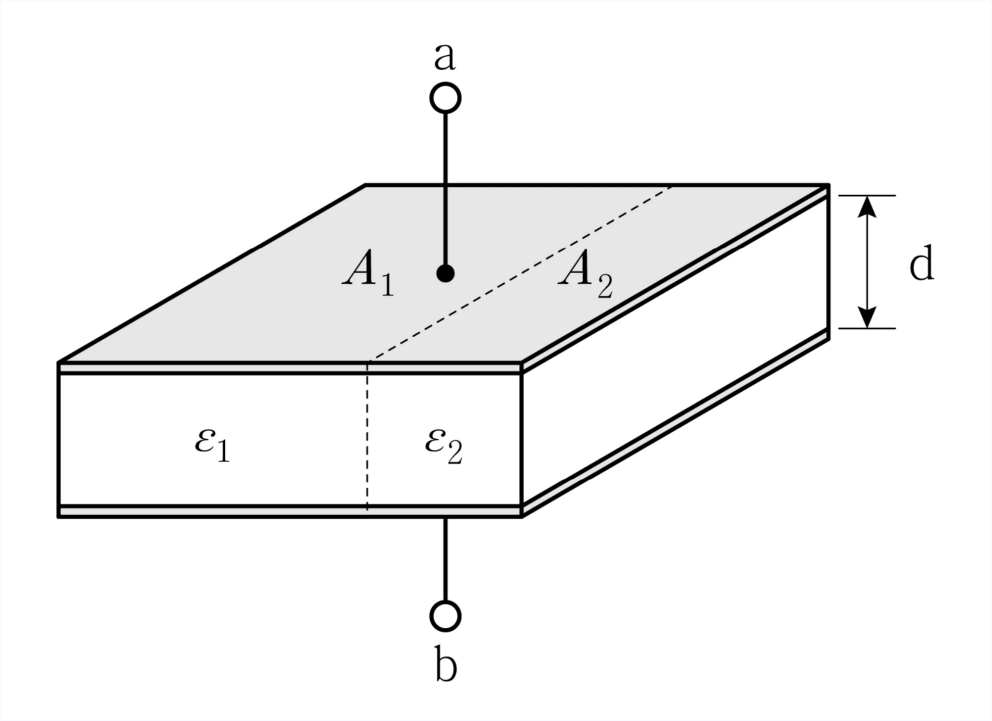
자유공간의 점전하 사이에 작용하는 힘은 쿨롱 법칙 $F = k\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$으로 구한다. 여기서 $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$, r은 두 전하 사이의 거리이다. 그림에서 −3 μC는 왼쪽 아래, −2 μC는 위쪽, +2 μC는 오른쪽 아래에 있고, 각 전하 사이의 거리는 모두 1 m이다.

두 힘의 크기: $1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}$이므로, −3 μC와 나머지 각 전하의 전하량 곱의 절댓값은 $6 \cdot 10^{-12}\text{C}^2$이다. 두 전하의 절댓값과 거리가 각각 같으므로 −3 μC가 받는 두 힘의 크기도 같다. 각 힘의 크기를 F_0라 하면 $F_0 = 6k \cdot 10^{-12}\text{N}$이다.

두 힘의 방향: 위쪽의 −2 μC는 같은 부호인 −3 μC를 밀어내므로 왼쪽 아래 방향의 척력을 가한다. 오른쪽의 +2 μC는 다른 부호인 −3 μC를 끌어당기므로 오른쪽 방향의 인력을 가한다. 따라서 **척력은 삼각형의 변을 바깥쪽으로 연장한 방향**이고, 두 힘 사이의 각은 180° − 60° = 120°이다.

힘의 합성: 오른쪽을 x축의 양의 방향, 위쪽을 y축의 양의 방향으로 잡는다. 인력은 오른쪽으로만 작용하고, 척력은 왼쪽과 아래쪽 성분을 갖는다. 합력의 성분은 $F_x = F_0 - F_0\cos 60^\circ = \frac{F_0}{2}$, $F_y = -F_0\sin 60^\circ = -\frac{\sqrt{3}F_0}{2}$이다. 따라서 $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = F_0$이므로, 구하는 힘의 크기는 $\frac{6 \cdot 10^{-12}}{4\pi\varepsilon_0}$N이며 ①과 일치한다.

문 9. 그림과 같이 평행한 극판 사이에 서로 다른 유전체를 가진 2개의 커패시터가 결합되어 있을 때, 단자 a-b의 합성 정전용량[F]은? (단, d는 극판 사이의 길이[m], A_1과 A_2는 유전체의 단면적[m^2], ε_1과 ε_2는 유전체의 유전율[F/m]이고, $A_1 = 2A_2$, $\varepsilon_1 = 4\varepsilon_2$이다)



① $\frac{9}{8}\frac{\varepsilon_1 A_1}{d}$
② $9\frac{\varepsilon_1 A_1}{d}$
③ $\frac{1}{9}\frac{\varepsilon_2 A_2}{d}$
④ $\frac{8}{9}\frac{\varepsilon_2 A_2}{d}$

정답 1번

간단한 해설

두 유전체 영역은 같은 두 극판 사이에 나란히 있으므로 **병렬 연결**로 계산한다. 주어진 면적·유전율 관계에서 $C_1 = 8C_2$이므로 합성 정전용량은 $\frac{9}{8}\frac{\varepsilon_1 A_1}{d}$ F이다.

NoteBase

계산 과정

연결 관계: 그림에서 두 유전체 영역은 모두 위쪽 극판 a와 아래쪽 극판 b 사이에 놓여 있고, 극판 간격은 동일하게 d이다. 따라서 두 영역에 걸리는 전압이 같으므로 **병렬 연결**이다. 전체 전하량은 각 영역의 전하량을 더한 값이므로 합성 정전용량도 $C = C_1 + C_2$가 된다.

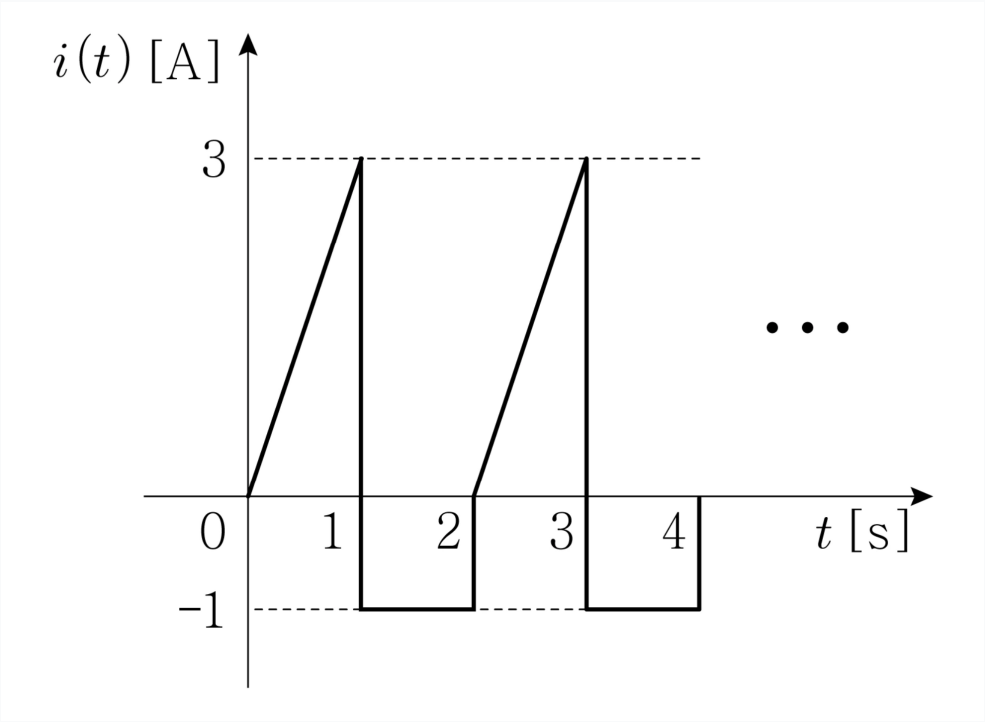
각 영역의 정전용량: 가장자리 효과를 무시하는 평행판 커패시터에서는 $C = \frac{\varepsilon A}{d}$를 적용한다. 유전율과 극판 면적이 클수록 저장하는 전하량이 커지고, 극판 간격이 클수록 정전용량은 작아진다. 두 영역의 정전용량을 각각 C_1, C_2라 하면 $C_1 = \frac{\varepsilon_1 A_1}{d}$, $C_2 = \frac{\varepsilon_2 A_2}{d}$이다. 유전율의 단위가 F/m, 면적이 m^2, 간격이 m이므로 정전용량의 단위는 F이다.

정전용량의 비: $A_1 = 2A_2$, $\varepsilon_1 = 4\varepsilon_2$이고 간격이 같으므로 $\frac{C_1}{C_2} = \frac{\varepsilon_1 A_1}{\varepsilon_2 A_2} = 4 \cdot 2 = 8$이다. 즉, **첫 번째 영역의 정전용량이 두 번째의 8배**이므로 $C_2 = \frac{C_1}{8}$로 나타낼 수 있다.

합성 정전용량: 병렬 합성식에 대입하면 $C = C_1 + \frac{C_1}{8} = \frac{9}{8}C_1$이다. 따라서 $C = \frac{9}{8}\frac{\varepsilon_1 A_1}{d}$ F이며, ①의 식과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 주기적으로 변하는 전류 $i(t)$의 실횻값[A]은?



① 1
② $\sqrt{2}$
③ $\sqrt{3}$
④ 2

정답 2번

간단한 해설

실횻값은 전류를 **제곱하여 한 주기 동안 평균한 뒤 제곱근을 취한 값**이다. 그림의 한 주기 2초에서 전류 제곱의 평균은 2 A^2이므로 실횻값은 $\sqrt{2}$ A이다.

NoteBase

계산 과정

파형과 주기: 그림에서 0~1초에는 전류가 0 A에서 3 A까지 직선적으로 증가하고, 1~2초에는 −1 A로 일정하다. 같은 모양이 2초마다 반복되므로 주기 T는 2초이다. 시간 t를 초 단위, 전류를 A 단위의 수치로 나타내면 첫 구간은 $i(t) = 3t$, 둘째 구간은 $i(t) = -1$이다.

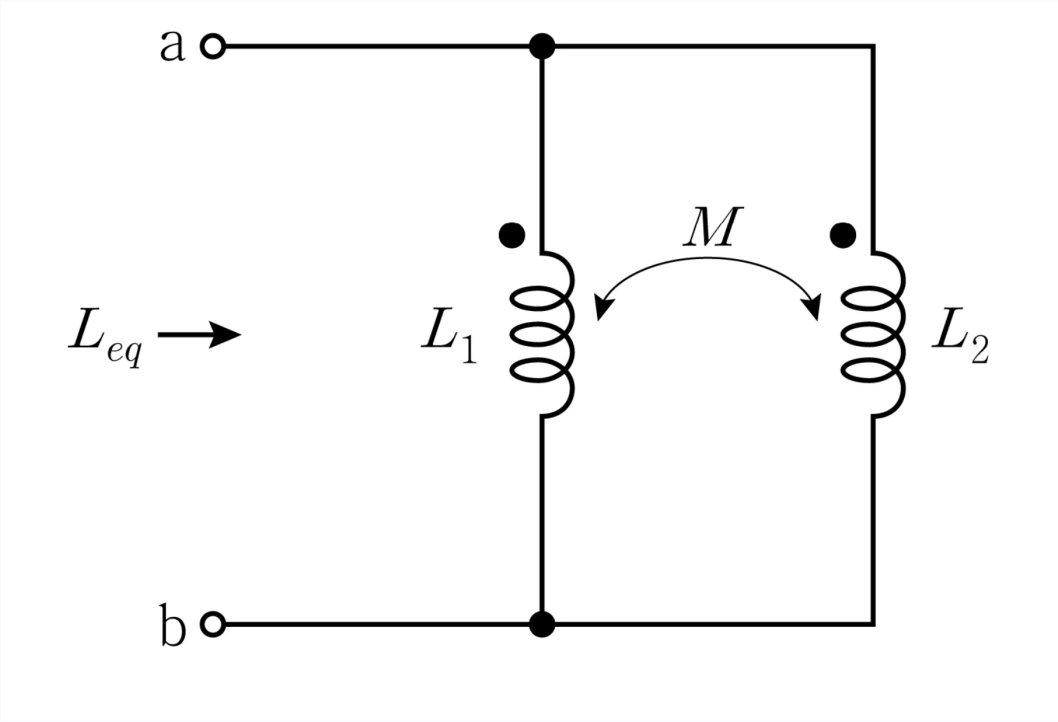
실횻값의 의미: 실횻값은 같은 저항에서 이 전류와 동일한 평균 전력을 발생시키는 직류 전류의 크기이다. 저항의 소비 전력은 전류의 제곱에 비례하므로 $I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)\,dt}$를 적용한다. **음의 전류도 제곱하면 양수로 기여**한다.

구간별 제곱 적분: 0~1초의 기여는 $\int_0^1 (3t)^2 dt = 9\left[\frac{t^3}{3}\right]_0^1 = 3$이고, 1~2초의 기여는 $\int_1^2 (-1)^2 dt = 1$이다. 각 적분의 단위는 $\text{A}^2\cdot\text{s}$이며, 한 주기에서 전류 제곱을 시간에 따라 누적한 값은 $3 + 1 = 4\ \text{A}^2\cdot\text{s}$이다.

평균과 제곱근: 누적값을 **전체 주기 2초로 나누어** 전류 제곱의 시간 평균을 구하면 $I_{\text{rms}}^2 = \frac{3+1}{2} = 2\text{A}^2$이다. 여기에 제곱근을 취한 실횻값은 $\sqrt{2}\,\text{A}$이며, 선택지 ②에 해당한다.

NoteBase

문 11. 그림의 회로에서 단자 a-b의 등가 인덕턴스 L_{eq}[H]는?



① $\frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$
② $\frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$
③ $\frac{L_1L_2 + M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$
④ $\frac{L_1L_2 + M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$

정답 1번

간단한 해설

두 코일은 **점이 표시된 단자끼리 연결된 병렬 접속**이므로 상호유도 전압을 더하는 부호를 적용한다. 이에 따른 등가 인덕턴스는 $L_{eq} = \frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$[H]이다.

NoteBase

핵심 풀이

그림에서 두 코일의 위쪽 단자는 a에, 아래쪽 단자는 b에 연결되어 있으므로 **두 코일의 전압은 같다**. 또한 두 점이 모두 위쪽에 있다. 각 가지 전류 i_1, i_2의 기준 방향을 a에서 b로 잡으면 두 전류 모두 점이 표시된 단자로 들어간다.

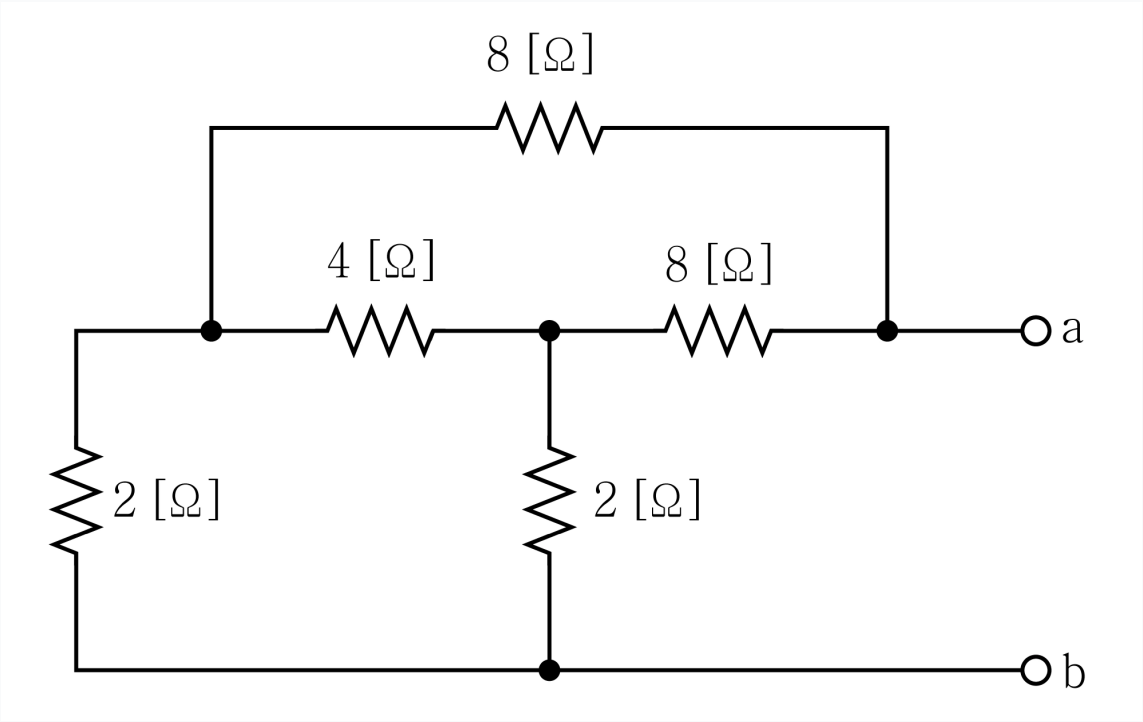
단자 a의 전위를 b에 대해 나타낸 전압을 v라 하면, 점의 극성에 따라 **상호유도 항의 부호는 양수**이다. 따라서 각 코일에는 $v = L_1\frac{di_1}{dt} + M\frac{di_2}{dt}$, $v = M\frac{di_1}{dt} + L_2\frac{di_2}{dt}$가 성립한다. 여기서 L_1, L_2는 각 코일의 자기 인덕턴스이고 M은 상호 인덕턴스이다.

전체 전류는 $i = i_1 + i_2$이다. 위 두 식을 연립하여 각 가지 전류의 변화율을 구한 뒤 더하면 $\frac{di}{dt} = \frac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1L_2 - M^2}v$가 된다. 연립식에서 나타나는 $L_1L_2 - M^2$는 대각 계수의 곱에서 상호유도 계수의 곱을 뺀 값이므로, 분자의 부호를 $+M^2$로 바꿀 수 없다. 한쪽 코일의 점 위치가 반대인 병렬 접속이라면 상호유도 항이 음수가 되어 등가 인덕턴스의 분모가 $L_1 + L_2 + 2M$으로 바뀐다.

등가 인덕턴스의 정의인 $v = L_{eq}\frac{di}{dt}$와 비교하면 $L_{eq} = \frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$[H]이며, 이는 ①의 식과 일치한다.

NoteBase

문 12. 그림의 회로에서 단자 a-b의 등가저항[Ω]은?



① 1

② 2

③ 5

④ 10

정답 3번

간단한 해설

a에서 b로 이어지는 두 경로의 저항비가 같아, 가운데 4 Ω 저항의 양 끝은 **같은 전위**가 되어 전류가 흐르지 않는다. 남은 두 경로는 각각 10 Ω이므로, 병렬 합성한 등가저항은 5 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

1. 4 Ω 저항의 전류: 4 Ω 저항의 왼쪽 접점을 c, 오른쪽 접점을 d라고 하자. a–c–b 경로와 a–d–b 경로는 모두 a 쪽에 8 Ω, b 쪽에 2 Ω이 놓여 있다. 4 Ω을 잠시 분리해 보면 두 경로의 전압 분배 비율이 같으므로 c와 d의 전위가 같다. 따라서 4 Ω을 연결해도 그 양 끝의 전압은 0 V이고 전류가 흐르지 않는다. 이처럼 **평형을 이룬 브리지**에서는 가운데 4 Ω 저항을 제외하고 등가저항을 구할 수 있다.

2. 각 경로의 직렬 합성: 4 Ω 저항에 전류가 흐르지 않으므로, 각 경로의 8 Ω과 2 Ω에는 같은 전류가 흐른다. 따라서 두 저항을 직렬 합성하면 각 경로의 저항은 8 + 2 = 10 Ω이다.

3. 두 경로의 병렬 합성: 두 10 Ω 경로는 **같은 단자 a와 b 사이에 연결**되어 있으므로 병렬이다. 두 병렬 저항의 합성값은 저항의 곱을 합으로 나누어 구하므로, $R_{ab} = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5\Omega$이다. 이는 ③의 5 Ω과 일치한다.

NoteBase

문 13. RC 병렬회로에 직류전압 10 [V]를 인가 시 정상상태에서 회로의 전체 직류전류는 5 [A]이고, 교류전압 10 [V]를 인가 시 정상상태에서 회로의 전체 교류전류는 15 [A]이다. 이때 저항 R [Ω]과 용량성 리액턴스 X_C [Ω]는? (단, 교류전압과 교류전류는 실횻값이다)

① R [Ω]: $\sqrt{2}$, X_C [Ω]: $\frac{1}{2}$
② R [Ω]: $\sqrt{2}$, X_C [Ω]: $\frac{1}{\sqrt{2}}$
③ R [Ω]: 2, X_C [Ω]: $\frac{1}{2}$
④ R [Ω]: 2, X_C [Ω]: $\frac{1}{\sqrt{2}}$

정답 4번

간단한 해설

직류 정상상태에서는 **커패시터 전류가 0**이므로 R = 2 Ω이다. 교류에서는 저항 전류와 커패시터 전류의 **위상차가 90°**인 점을 적용하면 $X_C = \frac{1}{\sqrt{2}}\Omega$이다.

계산 과정

1. 저항 R 구하기: 직류 정상상태에서 커패시터는 충전이 끝나 **개방회로처럼 동작**한다. 따라서 전체 직류전류 5 A는 모두 저항에 흐른다. 저항 양단 전압은 10 V이므로 옴의 법칙에 따라 $R = \frac{10}{5} = 2\Omega$이다.

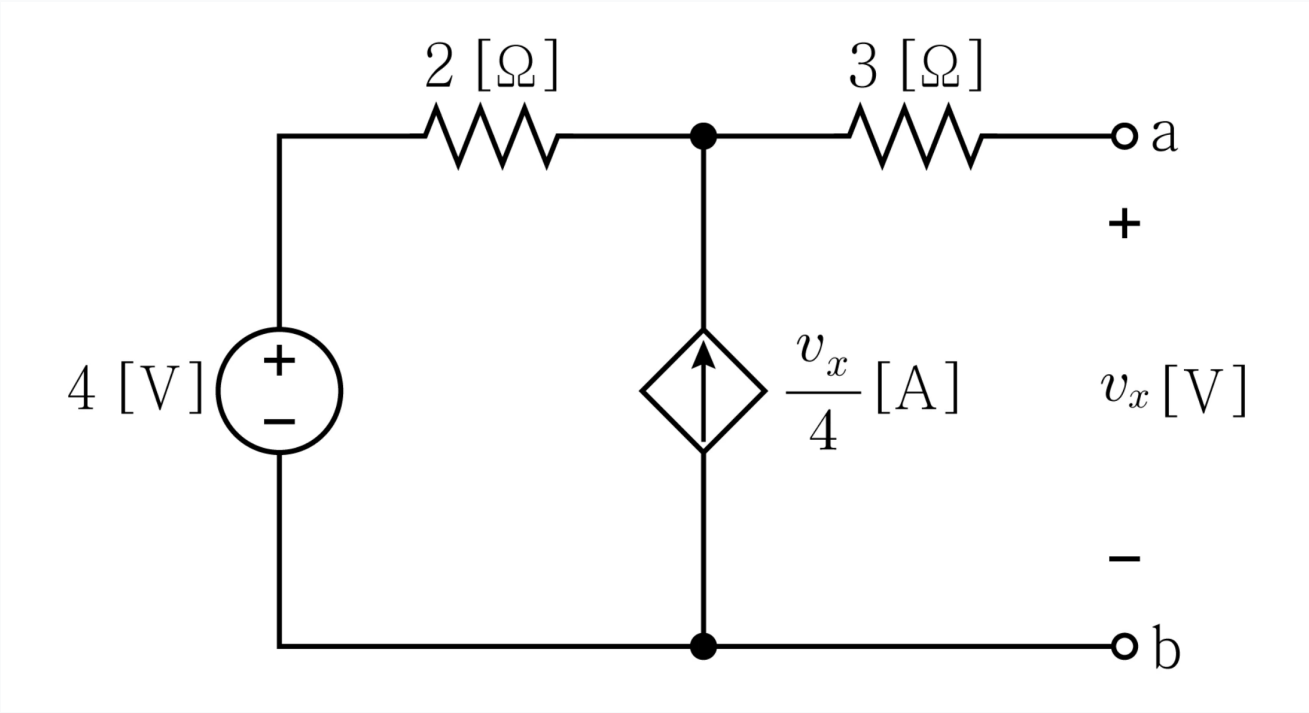
2. 커패시터 전류 구하기: 병렬회로에서는 각 가지에 같은 전압이 걸린다. 교류전압도 실효값이 10 V이므로 저항 전류는 $I_R = \frac{10}{2} = 5\text{A}$이다. 저항 전류는 전압과 동상이고, 커패시터 전류는 전압보다 90° 앞선다. 따라서 전체 전류의 실효값 I는 **두 가지 전류를 직각으로 합성한 크기**이며, $I^2 = I_R^2 + I_C^2$가 성립한다. 전체 전류가 15 A이므로 커패시터 전류는 $I_C = \sqrt{15^2 - 5^2} = 10\sqrt{2}\,\text{A}$이다.

3. 용량성 리액턴스 구하기: 용량성 리액턴스의 크기는 커패시터 양단 전압을 커패시터 전류로 나눈 값이다. 따라서 $X_C = \frac{10}{10\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}\Omega$이다.

구한 값은 R = 2 Ω, $X_C = \frac{1}{\sqrt{2}}\Omega$이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 그림의 회로에서 단자 a-b의 테브난 등가저항 R_{Th}[Ω]는?



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 2번

간단한 해설

4 V 독립 전압원만 단락하고 **종속 전류원은 유지**한 채 단자 a-b에 시험전압을 가한다. 종속전류까지 포함해 노드 방정식을 세우면 시험전압과 유입 전류의 비인 테브난 등가저항은 10 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전원 처리와 시험전원 설정: 테브난 등가저항은 독립전원을 0으로 만든 회로를 단자 a-b에서 바라본 저항이다. 따라서 4 V 독립 전압원은 단락하되, 단자전압에 따라 전류가 달라지는 **종속 전류원은 그대로 둔다**. b를 기준 전위 0 V로 잡고 a-b에 시험전압 V_t를 가한다. a에서 회로로 들어가는 시험전류를 I_t라 하면 $R_{Th} = \frac{V_t}{I_t}$이다.

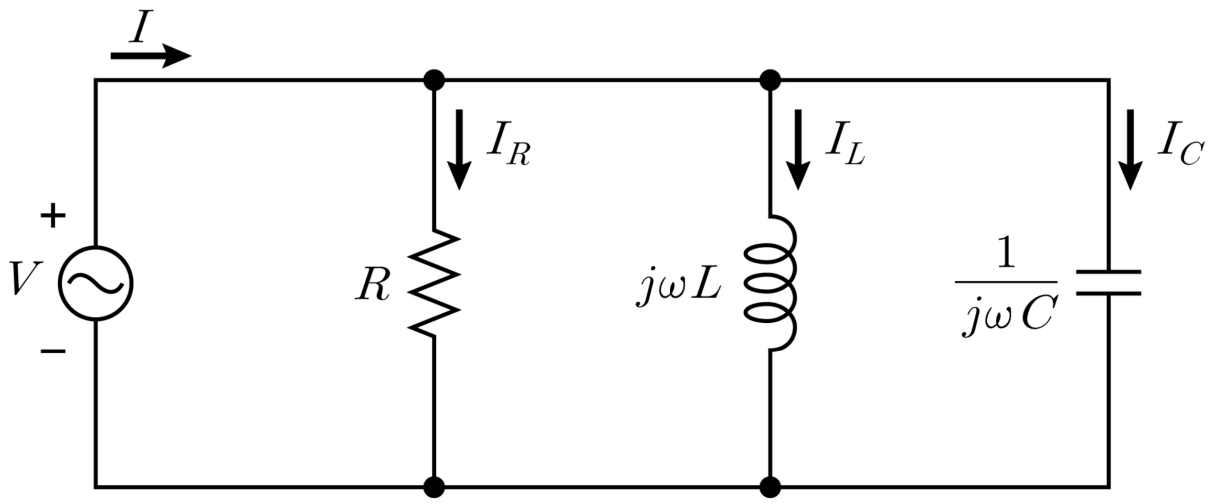
2. 저항 전압과 종속전류: 2 Ω 저항과 3 Ω 저항이 만나는 중앙 노드의 전압을 V_c라 한다. 그림에서 제어전압의 극성은 a가 +, b가 −이므로 $v_x = V_t$이고, 종속전류는 b에서 중앙 노드로 $\frac{V_t}{4}$ A만큼 흐른다. a로 들어온 시험전류는 3 Ω 저항을 지나므로 $V_t - V_c = 3I_t$, 즉 $V_c = V_t - 3I_t$이다. 여기서 전압·전류·저항의 단위는 각각 V·A·Ω이다.

3. 중앙 노드의 전류 법칙: 독립 전압원을 단락했으므로 2 Ω 저항의 왼쪽 끝은 b와 같은 전위이다. 따라서 중앙 노드에서 2 Ω 저항을 통해 나가는 전류는 $\frac{V_c}{2}$이고, 이는 **시험전류와 종속전류의 합**과 같다. 키르히호프 전류 법칙을 적용하면 $\frac{V_c}{2} = I_t + \frac{V_t}{4}$이다. 앞서 구한 중앙 노드 전압을 대입하면 $\frac{V_t - 3I_t}{2} = I_t + \frac{V_t}{4}$이고, 양변에 4를 곱해 $2V_t - 6I_t = 4I_t + V_t$를 얻는다. 이를 정리하면 $V_t = 10I_t$이다.

4. 등가저항: 시험전압을 시험전류로 나누면 $R_{Th} = \frac{V_t}{I_t} = 10\Omega$이다. 이는 ②의 10 Ω에 해당한다.

NoteBase

문 15. 그림의 RLC 병렬회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 대역폭은 $BW = \frac{R}{L}$[rad/s]이다.

② $\omega L > \frac{1}{\omega C}$이면 용량성 회로이다.

③ 공진주파수는 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$[Hz]이다.

④ 병렬공진 시에 저항 R에 흐르는 전류 I_R은 전류 I와 같다.

정답 1번

간단한 해설

①의 R/L은 직렬 RLC 회로의 대역폭이다. 그림처럼 세 소자가 병렬로 연결된 회로의 **각주파수 대역폭**은 $BW = \frac{1}{RC}$[rad/s]이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 그림은 저항, 코일, 커패시터가 각각 별도의 가지에 연결된 **병렬 RLC 회로**이다. 대역폭은 임피던스 크기가 공진 때의 $1/\sqrt{2}$가 되는 두 각주파수의 차이다. 이때 어드미턴스의 허수부는 $\omega C - \frac{1}{\omega L} = \pm\frac{1}{R}$을 만족하며, 두 각주파수의 차는 $BW = \frac{1}{RC}$[rad/s]이다. 선지의 $BW = \frac{R}{L}$은 직렬 RLC 회로에 적용되는 식이다.

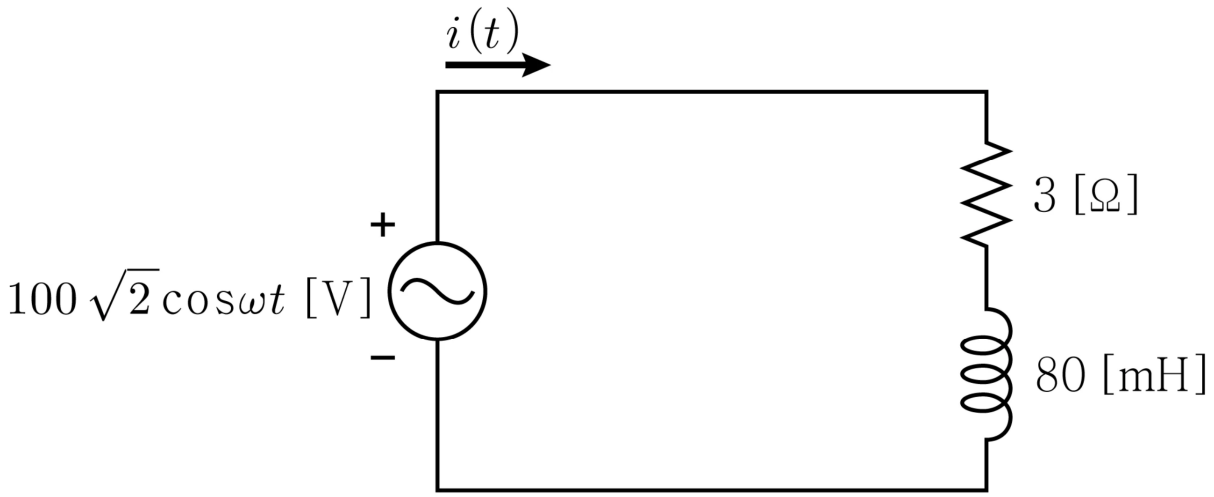
② O: 병렬회로에서는 각 가지에 같은 전압이 걸리므로 전류의 크기는 $I_L = \frac{V}{\omega L}$, $I_C = \omega CV$이다. 따라서 $\omega L > \frac{1}{\omega C}$이면 $I_C > I_L$이다. 전압보다 90° 앞서는 커패시터 전류가 90° 뒤지는 코일 전류보다 커서, 전체 전류는 전압보다 **위상이 앞서는 용량성**이 된다.

③ O: 병렬공진은 코일과 커패시터의 전류가 크기는 같고 위상은 반대여서 상쇄되는 상태이다. 공진 조건 $\omega_0 C = \frac{1}{\omega_0 L}$에서 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$를 얻는다. 각주파수와 주파수의 관계 $\omega_0 = 2\pi f_0$를 적용하면 공진주파수는 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$[Hz]이다.

④ O: 전체 전류는 세 가지 전류의 **위상을 고려한 합**이다. 공진 때에는 코일 전류와 커패시터 전류가 서로 상쇄되어 전원에서 공급하는 전체 전류는 저항 전류만 남는다. 따라서 $I = I_R = \frac{V}{R}$이다. 이때 코일과 커패시터의 각 가지 전류가 0이 되는 것은 아니다.

NoteBase

문 16. 그림의 회로에서 전류 $i(t)$의 실효값 I[A]와 저항의 평균전력 P[W]는? (단, 각주파수 ω는 50 [rad/s]이다)



① I[A]: 20, P[W]: 1,200

② I[A]: 20, P[W]: 2,400

③ I[A]: $20\sqrt{2}$, P[W]: 1,200

④ I[A]: $20\sqrt{2}$, P[W]: 2,400

정답 1번

간단한 해설

전압의 실효값은 100 V이고, 저항과 유도 리액턴스를 함께 반영한 **임피던스의 크기는 5 Ω**이므로 전류의 실효값은 20 A이다. 저항의 평균전력은 $P = I^2R$로 구하며, 그 값은 **1,200 W**이다.

NoteBase

계산 과정

전원과 회로 조건: 정현파 정상상태에서 해석한다. 전원 전압은 $v(t) = 100\sqrt{2}\cos\omega t$ V이므로 최댓값은 $100\sqrt{2}$ V이다. 정현파의 실횻값은 **최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값**이므로 전압의 실횻값은 $V = \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 100$ V이다. 회로의 저항은 R = 3 Ω, 인덕턴스는 L = 80 mH = 0.08 H이고, 각주파수는 $\omega = 50$ rad/s이다.

유도 리액턴스와 임피던스: 코일이 교류 전류를 방해하는 정도인 유도 리액턴스는 $X_L = \omega L = 50 \cdot 0.08 = 4$ Ω이다. 저항과 코일이 직렬로 연결되어 있으므로 임피던스는 $Z = R + jX_L = 3 + j4$ Ω이다. 여기서 j는 허수단위이며, 저항 성분과 유도 리액턴스 성분은 위상이 90° 다르므로 **두 값을 단순히 더하지 않고** $|Z| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$ Ω으로 크기를 구한다.

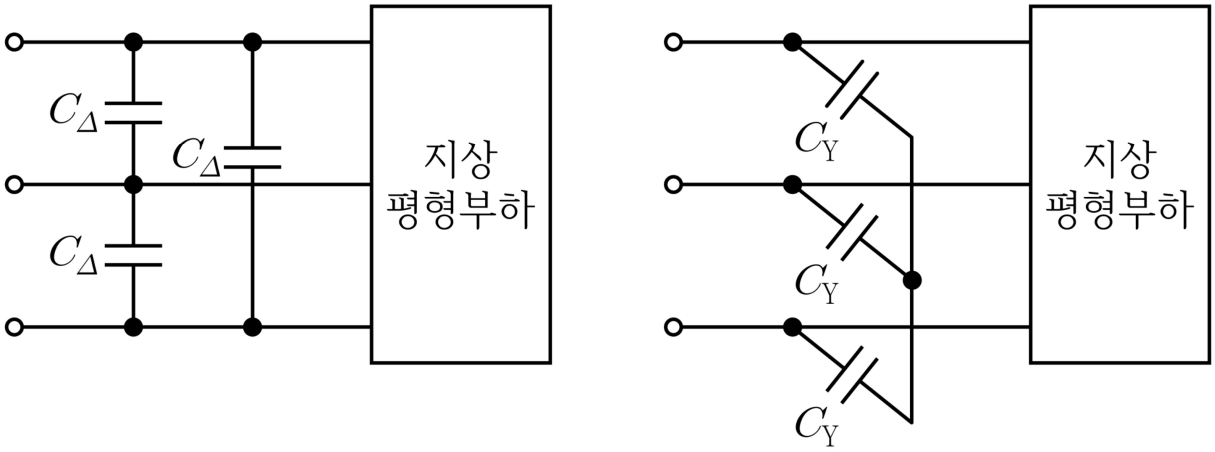
전류의 실횻값: 실횻값으로 나타낸 전압을 임피던스의 크기로 나누면 전류의 실횻값을 얻는다. 따라서 $I = \frac{V}{|Z|} = \frac{100}{5} = 20$ A이다. 전압을 이미 실횻값으로 바꾸었으므로 이 전류에 다시 $\sqrt{2}$를 곱하지 않는다.

저항의 평균전력: 직렬회로에서는 저항에도 실횻값 20 A의 전류가 흐른다. 저항의 순간전력은 $p_R(t) = Ri^2(t)$이고, 전류 제곱의 한 주기 평균이 실횻값의 제곱이므로 **실횻값 전류의 제곱에 저항을 곱한다**. 따라서 $P = I^2R = 20^2 \cdot 3 = 1{,}200$ W이다.

전류의 실횻값 20 A와 저항의 평균전력 1,200 W는 ①의 값에 해당한다.

NoteBase

문 17. 평형 3상회로에서 지상 평형부하에 커패시터 C_Δ와 C_Y를 그림과 같이 각각 Δ와 Y결선으로 연결하여 동일한 역률이 되도록 개선한다. 이때 커패시터 정전용량의 비 $\frac{C_\Delta}{C_Y}$는?



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

정답 1번

간단한 해설

Δ결선의 각 커패시터에는 선간전압이, Y결선의 각 커패시터에는 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배가 걸린다. 커패시터의 보상 무효전력은 **정전용량과 인가전압의 제곱에 비례**하므로, 같은 역률 개선에 필요한 정전용량의 비는 $\frac{C_\Delta}{C_Y} = \frac{1}{3}$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 비교 조건: 선간전압의 실효값을 V, 전원의 각주파수를 ω라 하고, C_Δ와 C_Y는 각각 커패시터 한 개의 정전용량으로 둔다. 같은 지상 평형부하에 이상적인 커패시터를 연결하면 유효전력은 변하지 않는다. 따라서 같은 역률로 개선하려면 두 결선이 공급하는 **전체 보상 무효전력이 같아야 한다**.

2. 커패시터에 걸리는 전압: 그림의 왼쪽 Δ결선은 각 커패시터가 두 선 사이에 연결되어 있으므로 각 커패시터의 전압은 V이다. 오른쪽 Y결선은 세 커패시터의 한쪽 끝이 공통점에 연결되어 있다. 평형이므로 각 커패시터에 걸리는 상전압은 $\frac{V}{\sqrt{3}}$이다.

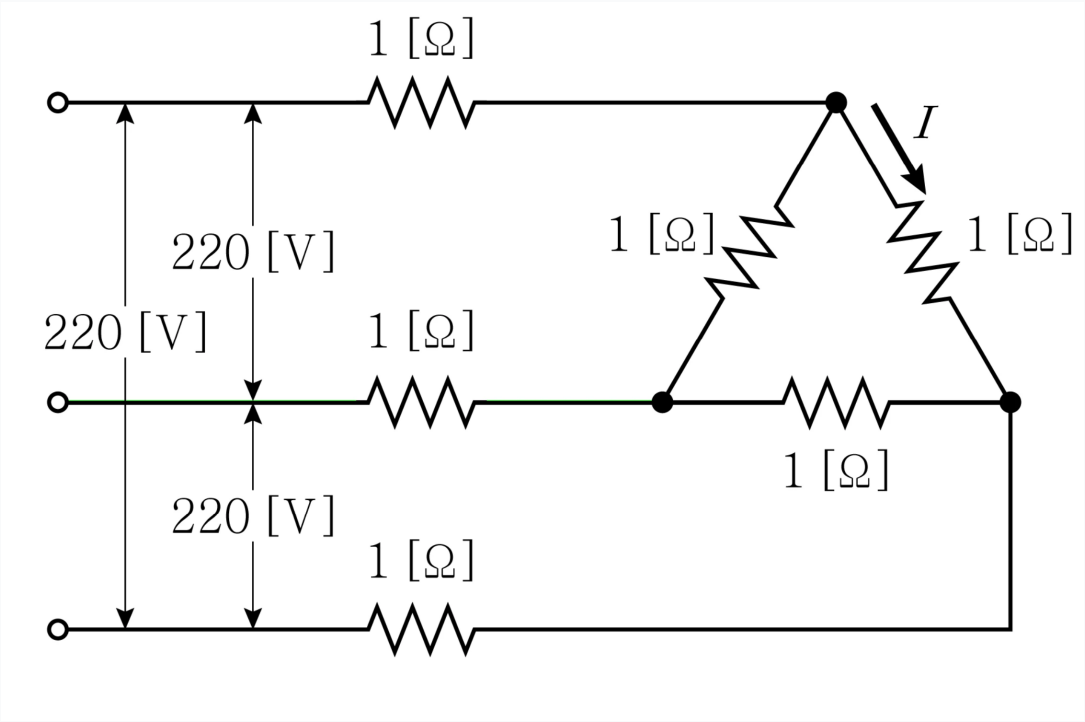
3. 무효전력 계산 원리: 정전용량 C인 커패시터에 실효값 V_c인 정현파 전압이 걸리면 전류의 실효값은 $I_c = \omega C V_c$이다. 전류가 전압보다 90° 앞서므로 보상 무효전력의 크기는 $Q_c = V_c I_c = \omega C V_c^2$이다. 즉, **커패시터 한 개의 무효전력에 3을 곱하면** 평형 3상 커패시터 전체의 보상량이 된다. C를 F, 전압을 V, 각주파수를 rad/s로 넣으면 무효전력의 단위는 var이다.

4. 결선별 전체 보상량: Δ결선은 세 커패시터에 각각 선간전압이 걸리므로 $Q_\Delta = 3\omega C_\Delta V^2$이다. Y결선은 각 커패시터 전압의 제곱이 선간전압 제곱의 1/3이므로 $Q_Y = 3\omega C_Y\left(\frac{V}{\sqrt{3}}\right)^2$, 즉 $Q_Y = \omega C_Y V^2$이다.

5. 정전용량의 비: 두 보상량을 같게 놓으면 $3\omega C_\Delta V^2 = \omega C_Y V^2$이다. 공통인 전압과 각주파수 항을 약분하면 $3C_\Delta = C_Y$이므로 $\frac{C_\Delta}{C_Y} = \frac{1}{3}$이다. 이 비는 단위가 없으며 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림의 평형 3상회로에서 상전류 /[A]는? (단, 전압과 전류는 실횻값이다)



① 11

② 22

③ 33

④ 55

정답 4번

간단한 해설

Δ 부하를 Y로 환산하면 각 상의 저항은 $\frac{1}{3}\Omega$이며, 선로저항을 포함한 선전류는 $55\sqrt{3}$A이다. 평형 Δ 결선의 **상전류는 선전류의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배**이므로 55 A이다.

NoteBase

계산 과정

회로 조건: 전원 측의 220 V는 두 선 사이에 표시된 선간전압이다. 각 선로에는 1 Ω의 저항이 있고, Δ 부하의 각 상저항도 1 Ω이다. 화살표 I는 **Δ 부하의 한 가지에 흐르는 상전류**를 나타낸다. 주어진 전압과 구할 전류는 모두 실횻값이다.

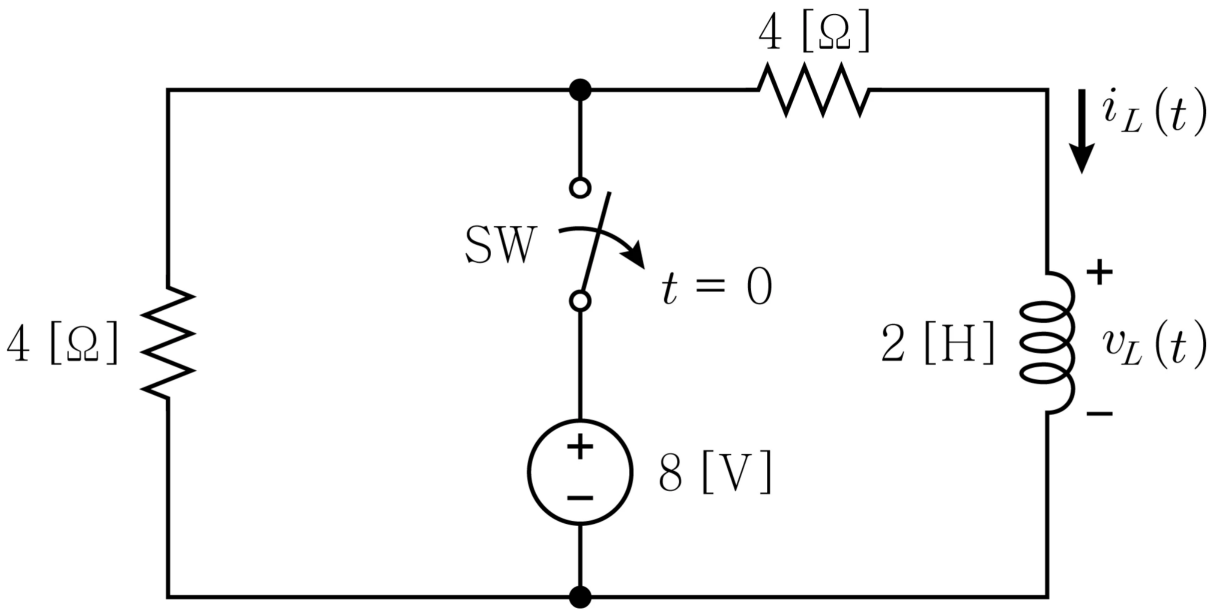
Y 등가회로: 평형 Δ 부하를 Y로 환산하면 각 상저항은 $R_Y = \frac{R_\Delta}{3} = \frac{1}{3}\Omega$이다. 평형회로이므로 전원과 등가 Y 부하의 중성점 사이에 전위차가 없어 한 상만으로 계산할 수 있다. 전원 상전압은 $V_s = \frac{220}{\sqrt{3}}\mathrm{V}$이고, 한 상에서 선로저항과 Y 부하저항은 **직렬로 연결**된다. 따라서 한 상의 전체 저항은 R_전체=1+(1)/(3)=(4)/(3) Ω이다.

선전류 계산: 한 상의 전압을 전체 저항으로 나누면 선로에 흐르는 선전류를 얻는다. $I_L = \frac{220/\sqrt{3}}{4/3} = 55\sqrt{3}\,\mathrm{A}$이다. 이 값은 Y 등가회로의 상전류이자 실제 회로의 선전류이며, 원래 Δ 부하의 가지전류 I와는 구별한다.

Δ 상전류 계산: 평형 Δ 결선에서는 각 선전류가 위상이 120° 다른 두 상전류의 차이이므로, 선전류의 크기는 상전류의 $\sqrt{3}$배이다. 따라서 $I = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{55\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = 55\mathrm{A}$이며, ④의 55에 해당한다.

NoteBase

문 19. 그림의 회로에서 스위치 SW가 충분히 긴 시간 동안 닫혀 있다가 $t = 0$에서 개방되었다. $t > 0$에서 인덕터 전압 $v_L(t)$ [V]는?



① $-8e^{-4t}$

② $-8e^{-2t}$

③ $-16e^{-4t}$

④ $-16e^{-2t}$

정답 3번

간단한 해설

스위치 개방 후 방전 경로의 저항은 **두 저항의 합인 8 Ω**이므로 시정수는 0.25초이다. 초기 전류 2 A가 감소하므로 그림의 극성에서 인덕터 전압은 $v_L(t) = -16e^{-4t}$V이다.

NoteBase

계산 과정

1. 초기 전류: 스위치가 충분히 오래 닫혀 있었으므로 직류 정상상태에서 인덕터는 단락으로 취급한다. 오른쪽 4 Ω 저항과 인덕터가 연결된 가지에 8 V가 걸리므로 $i_L(0^-) = \frac{8}{4} = 2\text{A}$이다. 인덕터 전류는 **스위치 개방 순간에도 연속**이므로 $i_L(0^+) = 2\text{A}$이며, 방향은 그림처럼 아래쪽이다.

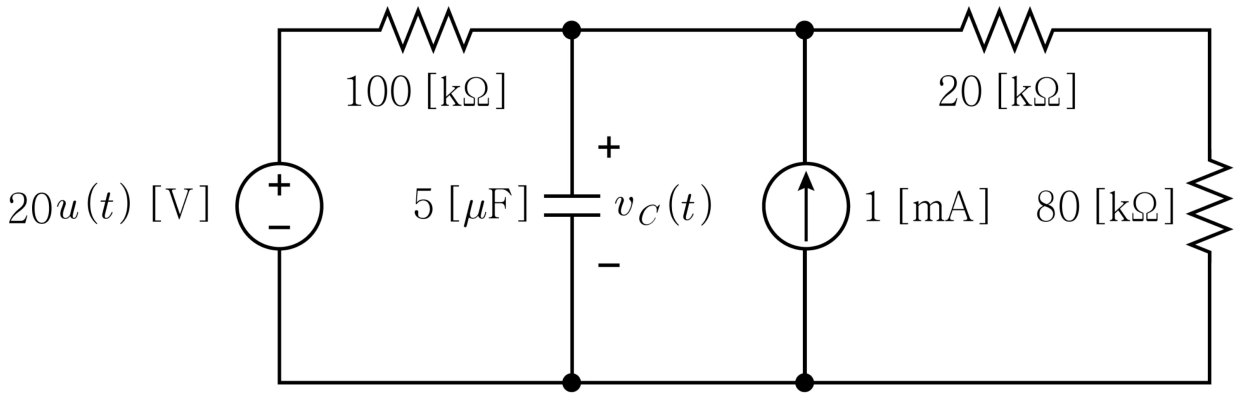
2. 개방 후 저항과 시정수: 스위치가 열리면 전원 가지가 끊어진다. 인덕터 전류는 위쪽 4 Ω 저항과 왼쪽 4 Ω 저항을 차례로 지나는 폐회로를 따라 흐르므로 **두 저항은 직렬**이다. 등가저항은 $R = 4 + 4 = 8\Omega$이고, 인덕턴스가 2 H이므로 시정수는 $\tau = \frac{L}{R} = \frac{2}{8} = 0.25\text{s}$이다. 이는 전류가 초기값의 e^{-1}배로 줄어드는 데 걸리는 시간이다.

3. 인덕터 전류: 전원이 분리된 RL 회로에서는 인덕터에 저장된 에너지가 저항에서 소비되어 전류가 지수적으로 감소한다. 자연응답 식 $i_L(t) = i_L(0^+)e^{-t/\tau}$에 초기 전류와 시정수를 대입하면 $i_L(t) = 2e^{-4t}\text{A}$이다.

4. 인덕터 전압: 그림에서 전류가 인덕터의 +단자로 들어가므로 수동 부호 규약에 따라 $v_L(t) = L\frac{di_L}{dt}$이다. 전류를 미분하면 $\frac{di_L}{dt} = -8e^{-4t}\text{A/s}$이고, 여기에 2 H를 곱하면 $v_L(t) = -16e^{-4t}\text{V}$이다. 음의 부호는 **전류가 감소하여 실제 전압의 극성이 표시된 기준과 반대**임을 뜻한다. 이 전압식은 ③과 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림의 회로에서 $t = 0$일 때 커패시터 전압 $v_C(0)[V]$와 $t = \infty$일 때 $v_C(\infty)[V]$는? (단, $u(t)$는 단위계단함수이다)



① $v_C(0)[V]$: 10, $v_C(\infty)[V]$: 50

② $v_C(0)[V]$: 10, $v_C(\infty)[V]$: 60

③ $v_C(0)[V]$: 50, $v_C(\infty)[V]$: 50

④ $v_C(0)[V]$: 50, $v_C(\infty)[V]$: 60

정답 4번

간단한 해설

커패시터 전압은 **순간적으로 변하지 않으므로** 계단전압이 인가되는 순간에도 기존의 50 V를 유지한다. 충분한 시간이 지난 뒤에는 커패시터 전류가 0이 되어, 두 저항 가지의 전류 합이 1 mA가 되는 전압 60 V에 도달한다.

NoteBase

계산 과정

회로 아래쪽 도선을 기준전위로 잡으면 위쪽 공통 노드의 전압이 5 μF 커패시터의 전압 $v_C(t)$이다. 오른쪽 20 kΩ과 80 kΩ은 직렬이므로 합성저항은 100 kΩ이다. **직류 정상상태에서 커패시터는 개방회로**로 취급한다.

인가 전의 전압: $t<0$에서는 $u(t)=0$이므로 왼쪽 전압원은 0 V, 즉 단락으로 작용한다. 정상상태에서는 1 mA가 왼쪽 100 kΩ과 오른쪽 합성저항 100 kΩ으로 똑같이 나뉜다. 따라서 각 가지의 전류는 0.5 mA이고, $v_C(0^-)=0.5\text{mA}\cdot 100\text{k}\Omega=50\text{V}$이다.

인가 순간의 전압: 계단전압은 100 kΩ 저항을 거쳐 연결되므로 커패시터에 충격전류를 만들지 않는다. 따라서 **커패시터 전압의 연속성**에 의해 $v_C(0)=v_C(0^+)=v_C(0^-)=50\text{V}$이다.

충분한 시간이 지난 뒤의 전압: $t>0$에서 왼쪽 전압원은 20 V이고, 최종 정상상태에서는 커패시터 전류가 0이다. 위쪽 노드에서 왼쪽으로 흐르는 전류와 오른쪽으로 흐르는 전류의 합은 전류원이 공급하는 1 mA와 같다. 전압을 V, 저항을 kΩ으로 대입하면 전류 단위는 mA이므로 $\frac{v_C(\infty)-20}{100}+\frac{v_C(\infty)}{100}=1$이다. 이를 정리하면 $2v_C(\infty)-20=100$이므로 $v_C(\infty)=60\text{V}$이다. 이때 두 가지 전류는 각각 0.4 mA와 0.6 mA로, 합이 1 mA이다.

따라서 $v_C(0)=50\text{V}$, $v_C(\infty)=60\text{V}$이며, 이 값의 쌍은 ④와 일치한다.

NoteBase