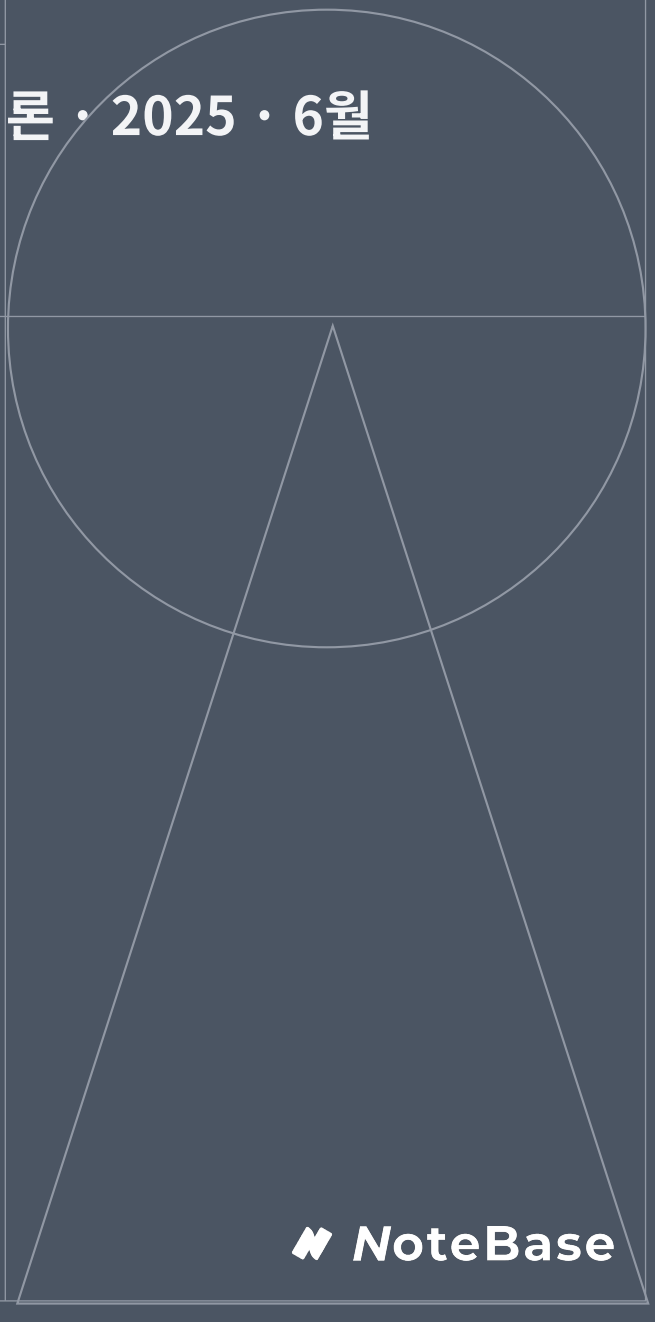
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2025 · 6월



NoteBase

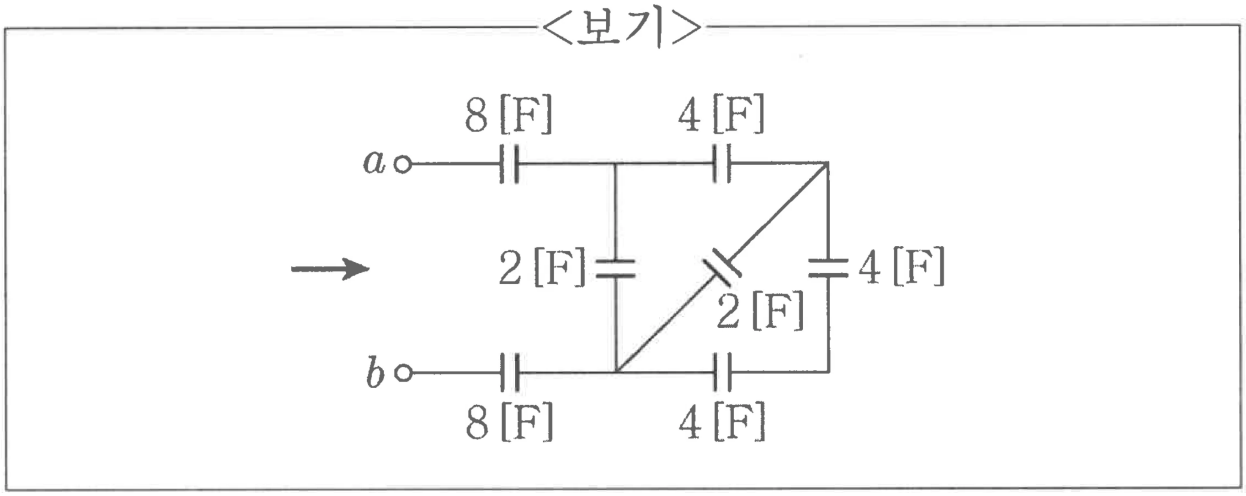
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2025 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2025 · 6월

문 1. <보기> 회로의 a-b 단자에서 본 등가 커패시턴스의 값[F]은?

<보기>



① 1

② 2

③ 4

④ 8

정답 2번

간단한 해설

오른쪽부터 직렬·병렬 연결을 차례로 합치면 두 8 F 사이의 회로는 **4 F**가 된다. 이를 양쪽 8 F와 직렬로 합친 등가 커패시턴스는 2 F이다.

NoteBase

계산 과정

커패시터의 직렬 연결에서는 각 커패시터에 저장되는 전하량의 크기가 같고 전압이 나뉘므로 등가 커패시턴스의 역수는 각 커패시턴스 역수의 합이다. 병렬 연결에서는 전압이 같고 전하량이 더해지므로 커패시턴스를 그대로 더한다. 그림에서 위쪽 8 F의 오른쪽 접점을 P, 아래쪽 8 F의 오른쪽 접점을 Q, 오른쪽 위 접점을 R이라 두고 P-Q 사이부터 합성한다.

1. 오른쪽 세로 4 F와 아래쪽 가로 4 F는 **둘 사이 접점에 다른 가지가 없는 직렬 연결**이다. 따라서 $\frac{4\cdot 4}{4+4} = 2\text{F}$가 된다. 이 2 F는 R에서 오른쪽 아래를 거쳐 Q로 이어지는 경로의 등가값이다.

2. 방금 구한 2 F와 대각선의 2 F는 **양 끝이 모두 R과 Q에 연결된 병렬 연결**이다. 따라서 R-Q 사이의 등가 커패시턴스는 2 + 2 = 4 F이다.

3. 위쪽 가로 4 F는 P-R 사이에 있고, 앞에서 구한 4 F는 R-Q 사이에 있다. 두 부분은 직렬이므로 P에서 R을 거쳐 Q로 가는 가지의 등가 커패시턴스는 $\frac{4\cdot 4}{4+4} = 2\text{F}$이다.

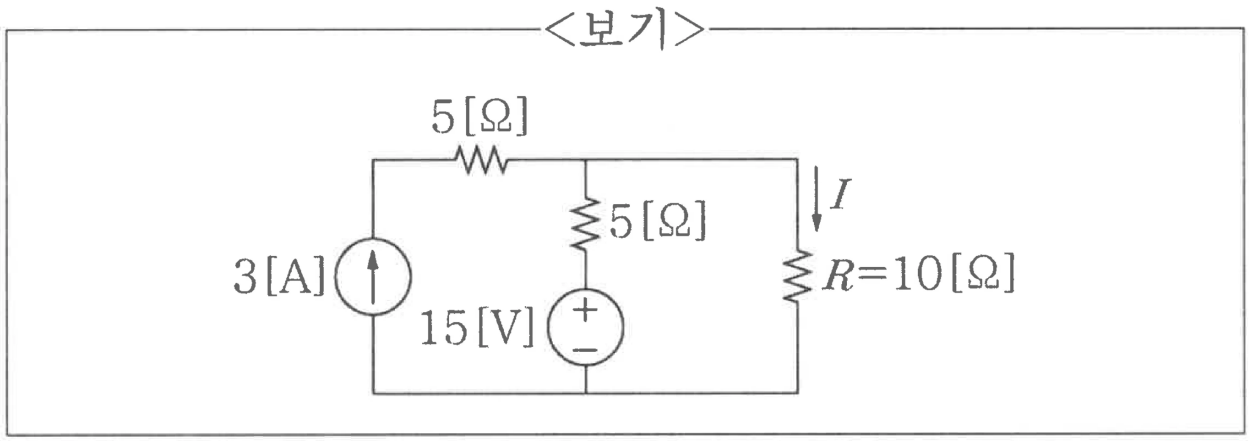
4. 이 가지의 2 F는 중앙 세로 2 F와 P-Q 사이에 병렬로 연결된다. 따라서 두 8 F 사이에 있는 **내부 회로 전체의 등가값**은 2 + 2 = 4 F이다.

5. 이제 a-b 사이에는 위쪽 8 F, 내부 회로의 4 F, 아래쪽 8 F가 차례로 직렬 연결된다. 전체 등가 커패시턴스를 C_{eq}라 하면 $\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$이다. 따라서 $C_{\text{eq}} = 2\text{F}$이며, 선택지 ②의 2 F에 해당한다.

NoteBase

문 2. <보기>의 회로에서 저항 R에 흐르는 전류 I의 값[A]은?

<보기>



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

위쪽 접점으로 들어오는 3 A가 가운데 가지와 10 Ω 저항으로 나뉘므로 **키르히호프 전류 법칙**을 적용한다. 아래쪽 도선을 기준으로 위쪽 접점의 전위는 20 V이며, 10 Ω 저항에 흐르는 전류는 아래 방향으로 2 A이다.

계산 과정

아래쪽 공통 도선의 전위를 0 V, 가운데 5 Ω 저항과 오른쪽 10 Ω 저항이 만나는 위쪽 접점의 전위를 V라 둔다. 15 V 전압원은 위쪽이 (+)이므로 가운데 5 Ω 저항의 아래쪽 단자 전위는 15 V이다.

왼쪽의 3 A 전류원과 위쪽 5 Ω 저항은 직렬이고 중간에 분기점이 없으므로, 이 저항을 거쳐 위쪽 접점으로 **3 A가 그대로 유입**된다. 위쪽 5 Ω 저항의 전압 강하를 별도로 구할 필요는 없다.

위쪽 접점에서 아래로 나가는 전류를 기준으로 잡는다. 옴의 법칙에 따라 가운데 가지 전류는 $\frac{V-15}{5}$ A, 오른쪽 저항의 전류는 $I = \frac{V}{10}$ A이다. 가운데 저항의 양단 전압은 접점 전위 자체가 아니라 **두 단자 전위의 차**이므로 15 V를 빼야 한다. 접점에 들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합이 같으므로 $3 = \frac{V-15}{5} + \frac{V}{10}$이다. 양변에 10을 곱하면 $30 = 2(V-15) + V$, 즉 $3V = 60$이므로 위쪽 접점의 전위는 20 V이다.

따라서 $I = \frac{20}{10} = 2$A이다. 양수이므로 그림의 화살표와 같은 아래 방향으로 흐르며, 이는 ②의 2 A에 해당한다.

NoteBase

문 3. 권선수가 10이고, 단면적이 10[cm^2]인 환상 솔레노이드의 인덕턴스가 2[mH]라고 한다. 해당 환상 솔레노이드의 권선수와 단면적을 각각 20, 30[cm^2]로 변경하였을 때, 변경된 환상 솔레노이드의 인덕턴스의 값[mH]은? (단, 환상 솔레노이드의 평균 길이는 일정하다.)

① 6

② 12

③ 24

④ 72

정답 3번

간단한 해설

평균 길이와 투자율이 같으면 인덕턴스는 **권선수의 제곱과 단면적에 비례**한다. 권선수가 2배, 단면적이 3배가 되므로 인덕턴스는 12배인 24 mH가 된다.

계산 과정

환상 솔레노이드의 인덕턴스는 $L = \frac{\mu N^2 A}{\ell}$로 구한다. 여기서 μ는 투자율, N은 권선수, A는 단면적, ℓ은 자기회로의 평균 길이이다. 권선수와 단면적만 변경하므로 투자율은 같은 것으로 두며, 문제에서 평균 길이도 일정하다고 하였다. 따라서 변경 전후를 비교하면 **투자율과 평균 길이는 비에서 소거**된다.

권선수는 10에서 20으로 2배가 된다. 인덕턴스에는 권선수의 제곱이 반영되므로 이 변화에 따른 배율은 $\left(\frac{20}{10}\right)^2 = 4$이다. 같은 전류에서 권선수가 늘면 자속이 커지고, 그 자속이 쇄교하는 권선수도 늘어나기 때문이다.

단면적은 10 cm^2에서 30 cm^2로 늘어나므로 이 변화에 따른 배율은 $\frac{30}{10} = 3$이다. 두 단면적의 단위가 같으므로 비를 구할 때 m^2로 환산할 필요는 없다.

두 변화의 효과를 곱하면 전체 인덕턴스는 4 × 3 = 12배가 된다. 변경 후 인덕턴스는 2 × 12 = 24 mH이며, 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. <보기>의 식으로 표현되는 비정현파 전압의 실횻값[V]은?

<보기>

$v = 50\sqrt{2}\sin\omega t + 30\sqrt{2}\sin 2\omega t + 10\sqrt{2}\sin 3\omega t$

① $3\sqrt{10}$

② $15\sqrt{2}$

③ $10\sqrt{35}$

④ $10\sqrt{105}$

정답 3번

간단한 해설

서로 다른 주파수의 정현파 성분으로 이루어진 전압은 **각 성분의 실횻값을 제곱하여 더한 뒤 제곱근**을 구한다. 각 성분의 실횻값은 50 V, 30 V, 10 V이므로 전체 실횻값은 $10\sqrt{35}\,\mathrm{V}$이다.

계산 과정

실횻값은 전압의 제곱을 한 주기 동안 평균한 뒤 제곱근을 취한 값이다. 주어진 전압은 기본파와 제2·제3고조파의 합이며 직류 성분은 없다. 기본파의 한 주기 동안 서로 다른 주파수 성분의 곱을 평균하면 0이 되므로, **전체 전압의 제곱평균은 각 성분의 제곱평균의 합**이다.

각 성분의 실횻값: 정현파의 실횻값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이다. 따라서 기본파는 $V_1 = \frac{50\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 50\mathrm{V}$, 제2고조파는 $V_2 = \frac{30\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 30\mathrm{V}$, 제3고조파는 $V_3 = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 10\mathrm{V}$이다.

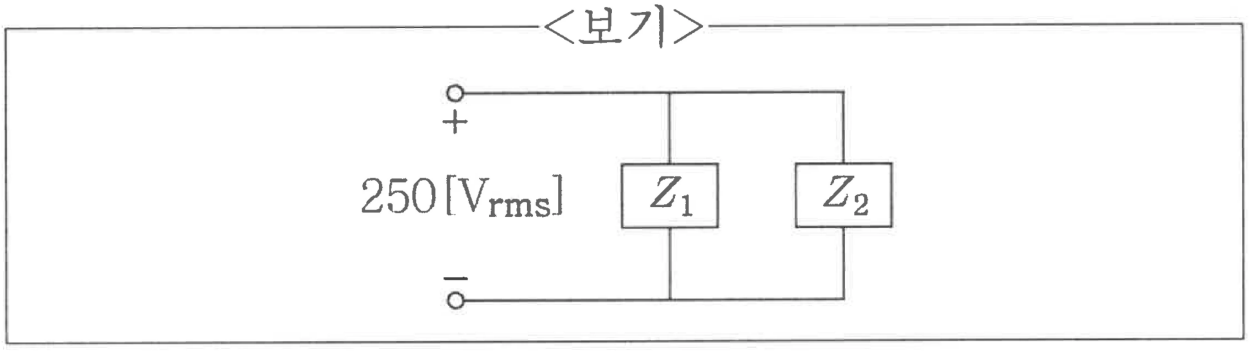
전체 전압의 제곱평균: 전체 실횻값을 V라 하면 $V^2 = V_1^2 + V_2^2 + V_3^2$이다. 수치를 대입하면 $V^2 = 50^2 + 30^2 + 10^2 = 3500\mathrm{V}^2$이다. 이 중간값은 전압 자체가 아니라 **전압 제곱의 평균값**이므로 제곱근을 취해야 한다.

전체 실횻값: $V = \sqrt{3500} = 10\sqrt{35}\,\mathrm{V}$이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. <보기>와 같이 2개의 부하 Z_1과 Z_2가 병렬로 연결된 회로가 있다. Z_1은 진상 역률 0.8로 16[kW]의 평균 전력을 소비하고 있고, Z_2는 지상 역률 0.6으로 15[kVA]의 피상 전력을 소비하고 있을 때, 250[V_{rms}] 전원에서 본 전체 부하의 합성 역률은?

<보기>



① 0.25 (지상)

② 0.5 (진상)

③ 0.75 (지상)

④ 1

정답 4번

간단한 해설

진상 부하의 무효전력 −12 kvar와 지상 부하의 무효전력 +12 kvar가 **서로 상쇄**된다. 전체 무효전력이 0이므로 전원 전압과 전체 전류의 위상이 같아져 합성 역률은 1이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 두 부하는 같은 250 V 실효값 전원에 병렬로 연결되어 있다. 합성 역률은 각 역률의 평균이 아니라, **유효전력과 무효전력을 각각 합산**하여 구한다. 유효전력을 P, 무효전력을 Q, 피상전력을 S라 하면 역률은 $\cos\phi = \frac{P}{S}$이고, $S^2 = P^2 + Q^2$이다. 여기서는 지상 무효전력을 양수, 진상 무효전력을 음수로 둔다.

부하 Z_1의 전력: 평균 전력은 유효전력이므로 $P_1 = 16\text{kW}$이다. 역률이 0.8이므로 피상전력은 $S_1 = \frac{16}{0.8} = 20\text{kVA}$이다. **진상 부하이므로 무효전력은 음수**이며, $Q_1 = -\sqrt{20^2 - 16^2} = -12\text{kvar}$이다.

부하 Z_2의 전력: 주어진 값은 피상전력 $S_2 = 15\text{kVA}$이다. 따라서 유효전력은 $P_2 = 15 \cdot 0.6 = 9\text{kW}$이다. 지상 부하이므로 무효전력은 양수이며, $Q_2 = \sqrt{15^2 - 9^2} = 12\text{kvar}$이다.

전체 전력: 유효전력은 $P = P_1 + P_2 = 25\text{kW}$, 무효전력은 $Q = Q_1 + Q_2 = 0\text{kvar}$이다. 두 부하의 무효전력이 상쇄되므로 전체 피상전력은 $S = \sqrt{25^2 + 0^2} = 25\text{kVA}$이다. 각 부하의 피상전력 크기인 20 kVA와 15 kVA를 단순히 더하지 않는다.

합성 역률: $\cos\phi = \frac{25}{25} = 1$이다. 이는 전원에서 본 전체 전류에 무효 성분이 없다는 뜻이며, 선지 ④의 1에 해당한다. 역률은 단위가 없는 비율이다. 주어진 전압 250 V는 전류를 구할 때 사용할 수 있지만, 이처럼 전력으로 합성 역률을 구하는 데에는 직접 대입할 필요가 없다.

NoteBase

문 6. A라는 평행판 커패시터의 극판 사이 간격을 2배로 하고 판의 면적을 2배로 하여 B라는 평행판 커패시터를 만들었다. A, B 커패시터에 동일한 전압을 인가하여, 각각 축적된 에너지를 E_A, E_B라고 할 때, 에너지의 비 $\left(\frac{E_B}{E_A}\right)$는? (단, 각 커패시터의 유전율은 동일하다.)

① 0.5

② 1

③ 2

④ 4

정답 2번

간단한 해설

극판 면적과 간격이 모두 2배가 되면 그 비가 같아 **정전용량은 변하지 않는다**. 같은 전압에서 축적에너지는 정전용량에 비례하므로 두 에너지는 같고, 에너지의 비는 1이다.

계산 과정

평행판 커패시터의 정전용량은 $C = \varepsilon\frac{S}{d}$이다. 여기서 S는 극판 면적, d는 극판 사이 간격, ε은 유전율이다. 따라서 **유전율이 같으면** 정전용량은 면적에 비례하고 간격에 반비례한다.

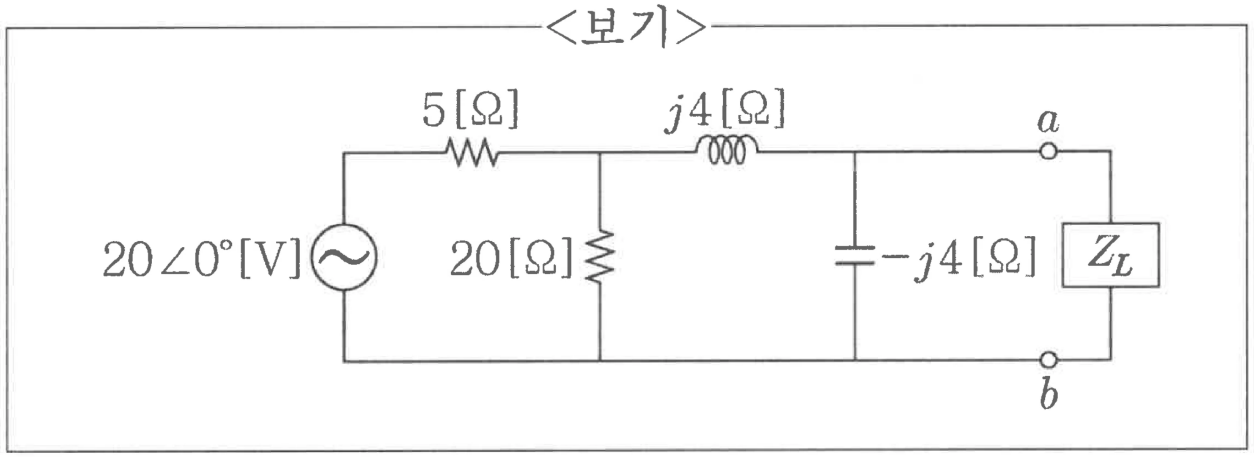
A의 면적과 간격을 각각 S, d라 하면 B는 각각 2S, 2d이다. 이를 대입하면 $C_B = \varepsilon\frac{2S}{2d} = \varepsilon\frac{S}{d} = C_A$이다. 면적 증가로 정전용량이 2배가 되는 효과와 간격 증가로 절반이 되는 효과가 서로 상쇄된다.

전압 V가 인가된 커패시터의 축적에너지는 $E = \frac{1}{2}CV^2$이다. 두 커패시터에 **동일한 전압**을 인가하므로 에너지의 비는 정전용량의 비와 같아 $\frac{E_B}{E_A} = \frac{C_B}{C_A} = 1$이다. 에너지의 비는 단위가 없는 1이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. <보기>의 회로에서 부하 Z_L에 최대 전력을 전달하게 되는 Z_L의 값[Ω]은?

<보기>



① $2 + j2$

② 2-j2

③ $4 + j4$

④ 4-j4

정답 3번

간단한 해설

교류 회로의 최대 전력 전달 조건은 부하 임피던스가 전원 측 테브난 임피던스의 **켤레복소수**가 되는 것이다. 이 회로의 테브난 임피던스는 $4 - j4\ \Omega$이므로 부하는 $4 + j4\ \Omega$이어야 한다.

NoteBase

계산 과정

최대 전력 전달 조건: 부하에서 바라본 전원 측 회로를 테브난 등가회로로 바꾸고, 그 임피던스를 $Z_{\text{th}} = R_{\text{th}} + jX_{\text{th}}$라 한다. 부하의 저항과 리액턴스를 모두 조절할 수 있을 때는 **리액턴스를 서로 상쇄**하고 부하 저항을 테브난 저항과 같게 해야 평균 전력이 최대가 된다. 따라서 $Z_L = Z_{\text{th}}^{*}$를 적용한다.

전원 제거 후의 저항: 테브난 임피던스를 구할 때는 부하 Z_L을 분리하고, **독립 전압원을 단락**한다. 그러면 그림의 5 Ω과 20 Ω 저항은 같은 두 노드 사이에 연결되어 병렬이 된다. 그 합성저항은 $R = \frac{5 \cdot 20}{5 + 20} = 4\ \Omega$이다.

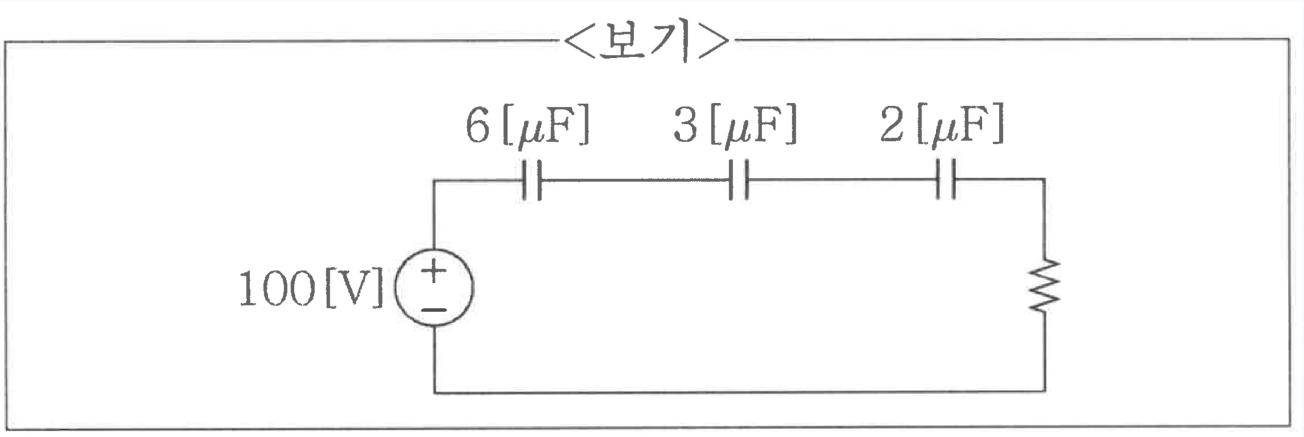
단자 a–b의 합성 임피던스: 합성저항 4 Ω과 코일의 $j4$ Ω은 직렬이므로 한 가지의 임피던스는 $4 + j4$ Ω이다. 이 가지와 콘덴서의 $-j4$ Ω은 단자 a–b 사이에서 병렬이다. 따라서 $Z_{\text{th}} = \frac{(4 + j4)(-j4)}{(4 + j4) + (-j4)}\ \Omega$이다. 분모는 4이고 분자는 $16 - j16$이므로, $Z_{\text{th}} = 4 - j4\ \Omega$이다.

부하 임피던스 결정: 테브난 임피던스의 켤레복소수를 취하면 $Z_L = 4 + j4\ \Omega$이다. 부하 저항은 4 Ω, 부하 리액턴스는 $+j4$ Ω으로 전원 측의 $-j4$ Ω을 상쇄하며, 이 값은 ③과 일치한다.

NoteBase

문 8. <보기>의 회로를 구성하고 충분한 시간이 지났다고 할 때, 회로의 커패시터에 저장된 총 에너지[mJ]는?

<보기>



① 1

② 2.5

③ 5

④ 10

정답 3번

간단한 해설

충분한 시간이 지나면 전류가 0이 되어 세 커패시터 전체에 100 V가 걸린다. **직렬 합성 정전용량은 1 μF**이므로, 저장된 총 에너지는 $W = \frac{1}{2}CV^2$에 따라 5 mJ이다.

계산 과정

1. 커패시터 전체의 전압: 직류 전원에 연결한 뒤 충분한 시간이 지나면 커패시터의 충전이 끝나 회로 전류가 0이 된다. 따라서 저항의 전압 강하도 0이고, **전원 전압 100 V가 세 커패시터 전체에 걸린다**.

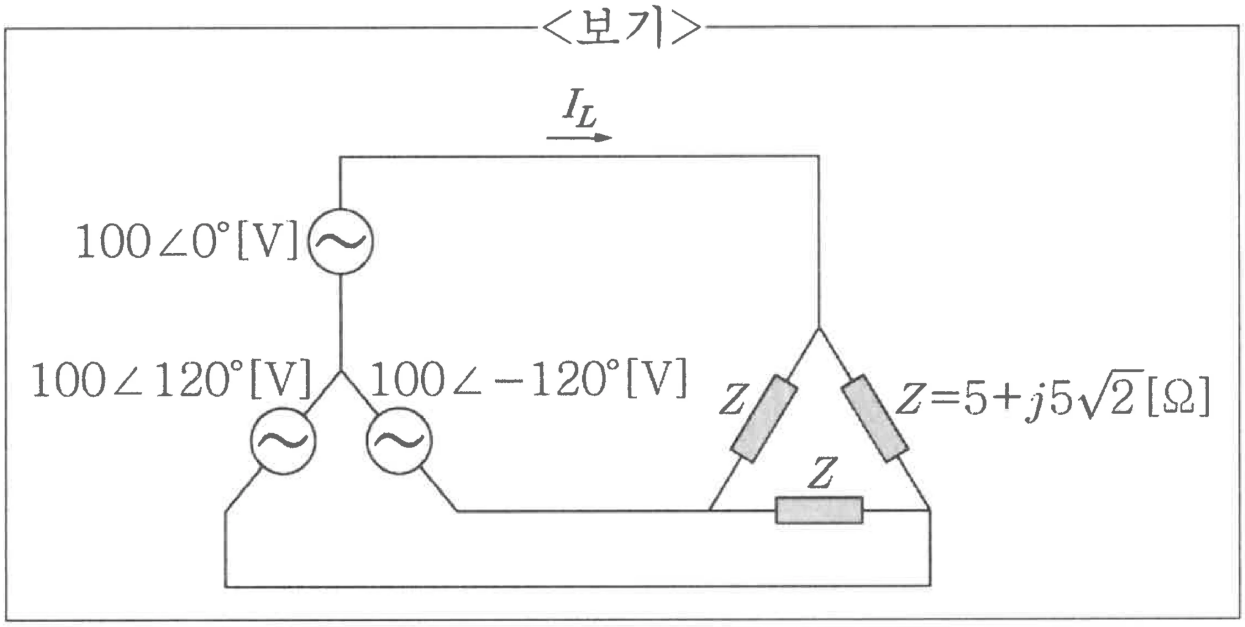
2. 합성 정전용량: 그림의 6 μF, 3 μF, 2 μF 커패시터는 직렬로 연결되어 있다. 직렬 커패시터는 전하량의 크기가 같고 각 전압이 더해지므로, **정전용량의 역수를 더해 합성값의 역수를 구한다**. 정전용량을 μF 단위로 계산하면 $C_{eq} = \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2}\right)^{-1} = 1$이므로 합성 정전용량은 1 μF이다.

3. 저장 에너지: 커패시터의 에너지는 $W = \frac{1}{2}CV^2$이며, 세 커패시터에 저장된 에너지의 합은 합성 커패시터의 에너지와 같다. 여기서 C는 합성 정전용량, V는 세 커패시터 전체의 전압이다. $1\mu F = 10^{-6}$F를 대입하면 $W = \frac{1}{2} \cdot 10^{-6} \cdot 100^2$J이다. 따라서 총 에너지는 0.005 J = 5 mJ로, ③의 5에 해당한다.

NoteBase

문 9. <보기>의 평형 3상 회로에서 선전류 I_L의 크기[A]는?

<보기>



① $\frac{20}{\sqrt{2}}$

② $20\sqrt{2}$

③ $\frac{20}{\sqrt{3}}$

④ $20\sqrt{3}$

정답 4번

간단한 해설

부하가 **Δ결선**이므로 각 부하에 선간전압이 걸리며, 부하 한 상에 흐르는 전류는 20 A이다. 평형 Δ결선의 선전류 크기는 상전류의 $\sqrt{3}$배이므로 $20\sqrt{3}$ A이다.

NoteBase

계산 과정

전압 관계: 그림의 전원은 Y결선이며, 각 전원 상전압의 크기는 100 V이고 위상차는 120°이다. 선간전압은 두 상전압의 페이저 차이이므로 그 크기는 $V_L = \sqrt{3} \cdot 100 = 100\sqrt{3}\,\mathrm{V}$이다. 부하는 Δ결선이므로 **각 부하 양단의 전압은 선간전압과 같다**.

임피던스 크기: Δ결선의 각 부하 임피던스는 $Z = 5 + j5\sqrt{2}\,\Omega$이다. 여기서 j는 허수단위이며, 저항 성분과 리액턴스 성분은 복소평면에서 직교한다. 따라서 크기는 $|Z| = \sqrt{5^2 + (5\sqrt{2})^2} = 5\sqrt{3}\,\Omega$이다.

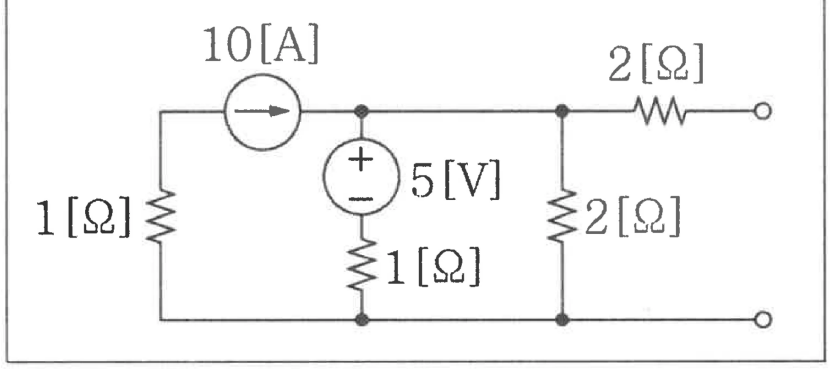
부하 상전류: 각 부하에 흐르는 전류의 크기를 I_Δ라 하면, 교류의 옴의 법칙에 따라 $I_\Delta = \frac{V_L}{|Z|} = \frac{100\sqrt{3}}{5\sqrt{3}} = 20\mathrm{A}$이다. 이 값은 Δ결선의 **임피던스 한 개에 흐르는 전류**이다.

선전류: 선로와 Δ부하가 만나는 접점에서 선전류는 두 부하 상전류의 페이저 차이이다. 평형 부하의 상전류는 크기가 같고 위상차가 120°이므로 선전류 크기는 상전류의 $\sqrt{3}$배이다. 따라서 $I_L = \sqrt{3} I_\Delta = 20\sqrt{3}\mathrm{A}$이며, ④의 값과 일치한다.

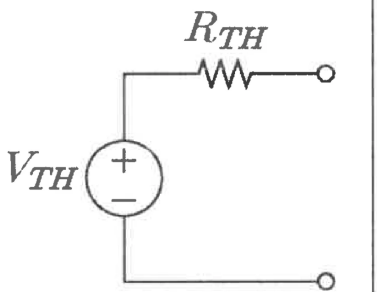
NoteBase

문 10. <보기 1>의 회로를 <보기 2>의 테브난 등가회로로 변환했을 때, 등가전압 V_{TH}의 값[V]은?

<보기 1>



<보기 2>



① 10

② 12

③ 15

④ 20

정답 1번

간단한 해설

테브난 등가전압은 출력단의 **개방전압**이다. 개방된 출력단 쪽의 직렬 2 Ω에는 전류가 흐르지 않으므로 전압강하가 없다. 전류원에서 들어오는 10 A가 가운데와 오른쪽의 두 가지로 나뉘는 조건을 적용하면, 출력단의 위쪽 전압은 아래쪽보다 10 V 높다.

NoteBase

계산 과정

1. 개방전압 설정: 테브난 등가전압은 **전원을 그대로 둔 상태의 개방전압**이다. 아래쪽 공통선을 기준전위 0 V로 두고, 위쪽 공통 절점의 전압을 V라 하자. 출력단이 개방되어 있으므로 출력단 바로 앞의 가로 방향 2 Ω에는 전류가 흐르지 않고 전압강하도 없다. 따라서 $V_{TH} = V$이다.

2. 가지 전류 표현: 10 A 전류원의 화살표가 위쪽 공통 절점을 향하므로 이 절점으로 10 A가 들어온다. 가운데 5 V 전압원은 위쪽이 +극이므로, 그 아래에 연결된 1 Ω 저항의 위쪽 전압은 $V - 5$ V이다. 따라서 가운데 가지의 아래 방향 전류는 $I_1 = \frac{V-5}{1}$ A이고, 세로 방향 2 Ω 가지의 아래 방향 전류는 $I_2 = \frac{V}{2}$ A이다.

3. 절점 방정식 계산: 키르히호프 전류법칙에 따라 **들어오는 전류와 나가는 전류의 합이 같아야** 한다. 따라서 $\frac{V-5}{1} + \frac{V}{2} = 10$이다. 양변에 2를 곱하면 $2(V-5) + V = 20$, 이를 정리하면 $3V = 30$이므로 $V = 10$ V이다. 이때 가운데 가지로 5 A, 세로 방향 2 Ω 가지로 5 A가 흘러 유입 전류 10 A와 일치한다.

4. 등가전압: 위쪽 출력단의 전압이 아래쪽보다 10 V 높으므로, <보기 2>에 표시된 극성에서 $V_{TH} = 10$ V이다. 이는 ①의 10 V에 해당한다.

NoteBase

문 11. 어떤 상자 안에 A, B, C 3개의 금속 구가 위치해 있다. 상자 표면에서 $\oint \vec{D} \cdot d\vec{s}$의 계산 결과가 +8[C]이고, 금속 구 A에 대전된 전하량은 +2[C]이다. 금속 구 B에 대전된 전하량은 금속 구 C에 대전된 전하량의 2배라고 할 때, 금속 구 C에 대전된 전하량[C]은?

① +1

② +2

③ +3

④ +4

정답 2번

간단한 해설

가우스 법칙에 따라 상자 표면을 통과하는 **전속의 총합은 내부 전하량의 합**과 같다. A의 +2 C를 제외한 +6 C를 B와 C가 2 : 1로 나누므로, C의 전하량은 +2 C이다.

계산 과정

상자 표면을 닫힌 면 S로 보면, 전속밀도 $\vec{D}$에 대한 가우스 법칙은 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{s} = Q_{\text{in}}$이다. 여기서 면적벡터는 바깥쪽을 향하며, Q_{in}은 **닫힌 면 내부 전하량의 대수합**이다. 따라서 세 금속 구의 전하량을 각각 Q_A, Q_B, Q_C라 하면 $Q_A + Q_B + Q_C = +8\text{C}$이다.

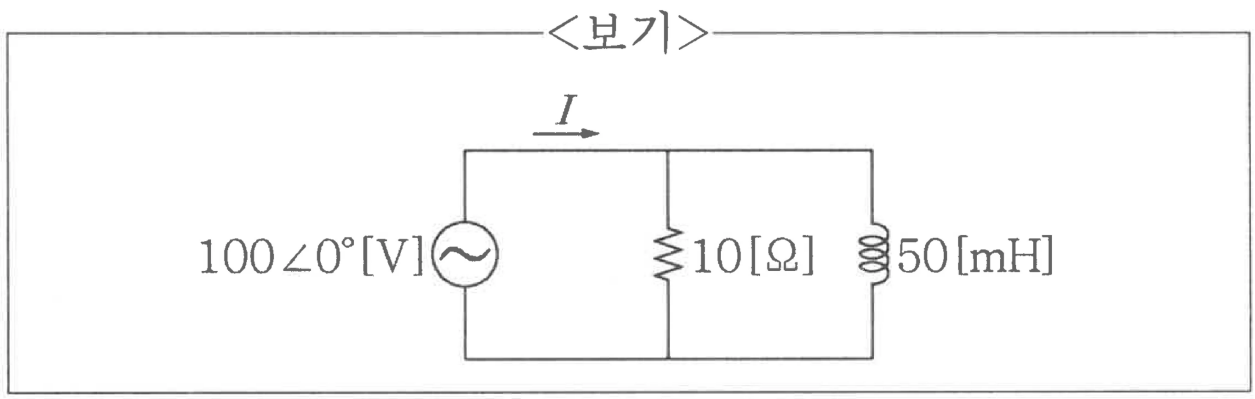
A의 전하량이 +2 C이므로 $Q_B + Q_C = +6\text{C}$이다. 이 +6 C는 B와 C의 전하량을 합한 값이다. B의 전하량이 C의 2배라는 조건은 $Q_B = 2Q_C$이므로, 두 구의 전하량 합은 **C의 전하량의 3배**가 된다.

이를 대입하면 $2Q_C + Q_C = +6\text{C}$, 즉 $3Q_C = +6\text{C}$이다. 따라서 $Q_C = \frac{+6\text{C}}{3} = +2\text{C}$이며, 이는 ②의 +2에 해당한다.

NoteBase

문 12. <보기> 회로의 각주파수 ω가 200[rad/sec]일 때, 전류 I의 크기[A]는?

<보기>



① $10\sqrt{2}$
② $15\sqrt{2}$
③ $20\sqrt{2}$
④ $25\sqrt{2}$

정답 1번

간단한 해설

저항 전류와 코일 전류는 각각 10 A이고 **위상이 90° 다르므로**, 두 전류를 벡터로 더해야 한다. 전체 전류의 크기는 $10\sqrt{2}$ A이다.

계산 과정

회로 조건과 리액턴스: 저항 10 Ω과 인덕턴스 50 mH인 코일은 **병렬 연결되어 같은 전압** 100 V가 걸린다. 인덕턴스는 0.05 H이고, 각주파수는 200 rad/s이다. 코일의 유도 리액턴스는 $X_L = \omega L = 200 \cdot 0.05 = 10\Omega$ 이다.

각 가지의 전류: 전원 전압의 위상을 0°로 잡으면 저항 전류는 전압과 동상이고, 코일 전류는 전압보다 90° 늦는다. 따라서 $I_R = \frac{100}{10} = 10\text{A}$, $I_L = \frac{100}{j10} = -j10\text{A}$이다. 여기서 j는 허수 단위이며, $-j$는 위상이 90° 늦음을 나타낸다.

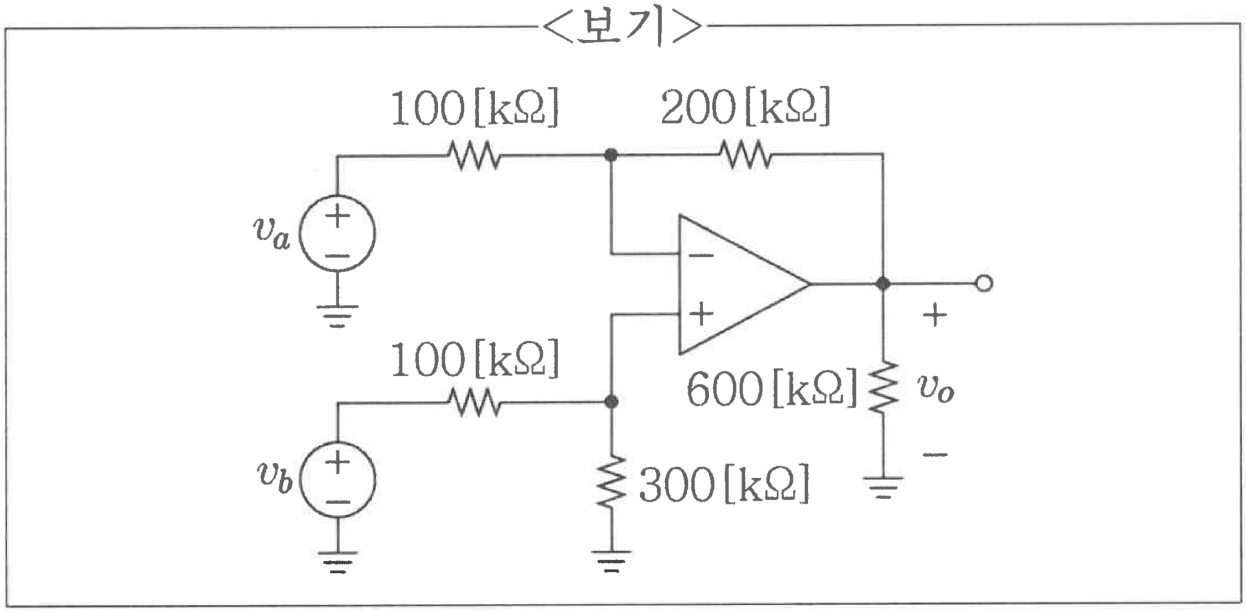
전체 전류의 합성: 그림의 전류 I는 두 가지로 나뉘기 전의 전류이므로 키르히호프 전류 법칙에 따라 $I = I_R + I_L = 10 - j10\text{A}$이다. 두 전류는 **위상이 달라 크기를 단순히 더할 수 없고**, 실수 성분과 허수 성분으로 합성한다.

전류의 크기: 실수 성분 10 A와 허수 성분 −10 A는 서로 직교하므로 $|I| = \sqrt{10^2 + (-10)^2} = 10\sqrt{2}\text{A}$이다. 이는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. <보기>는 이상적인 연산증폭기를 이용한 회로이다. 출력전압 v_o와 두 개의 입력전압 v_a, v_b의 관계를 바르게 나타낸 것은?

<보기>



① $v_o = \frac{1}{4}(9v_b - 8v_a)$

② $v_o = \frac{1}{4}(7v_b - 6v_a)$

③ $v_o = \frac{1}{4}(5v_b - 4v_a)$

④ $v_o = \frac{1}{4}(3v_b - 2v_a)$

정답 1번

간단한 해설

음의 되먹임이 걸린 이상적 연산증폭기는 **두 입력 단자의 전압이 같고 입력전류는 0**이다. 비반전 입력의 분압 전압 $\frac{3}{4}v_b$를 반전 입력에도 적용하면 $v_o = \frac{1}{4}(9v_b - 8v_a)$가 된다.

NoteBase

계산 과정

입력 조건: 비반전 입력과 반전 입력의 전압을 각각 v_+, v_-라 한다. 출력에서 200 kΩ 저항을 거쳐 반전 입력으로 음의 되먹임이 걸려 있다. 이상적 연산증폭기가 선형 동작하므로 **입력전류는 0**이고 $v_- = v_+$이다.

비반전 입력 전압: 아래쪽 100 kΩ과 300 kΩ 저항은 입력전압 v_b를 나눈다. 비반전 입력으로 전류가 흐르지 않으므로, 접지와 연결된 **300 kΩ 저항에 걸리는 전압**이 v_+이다. 따라서 $v_+ = \frac{300}{100+300} v_b = \frac{3}{4} v_b$이고, $v_- = \frac{3}{4} v_b$가 된다.

반전 입력의 전류 관계: 반전 입력으로 전류가 흐르지 않으므로 위쪽 100 kΩ 저항을 통해 들어오는 전류와 200 kΩ 저항을 통해 출력 쪽으로 나가는 전류가 같다. 전압을 V, 저항을 kΩ으로 나타내면 전류의 단위는 mA이며, $\frac{v_a - v_-}{100} = \frac{v_- - v_o}{200}$이다. 양변을 정리하면 $2(v_a - v_-) = v_- - v_o$, 즉 $v_o = 3v_- - 2v_a$를 얻는다.

출력전압: $v_- = \frac{3}{4} v_b$를 대입하면 $v_o = 3 \cdot \frac{3}{4} v_b - 2v_a$이다. 따라서 $v_o = \frac{1}{4}(9v_b - 8v_a)$이며 ①의 식과 일치한다. 출력의 600 kΩ은 부하저항으로, 이상적 연산증폭기는 필요한 부하전류를 공급하므로 **이 전압 관계에 영향을 주지 않는다**.

NoteBase

문 14. 진공 공간의 A 지점에 위치한 -2[C]의 점전하에
$\vec{F} = -3a_x + 2a_y + 6a_z$ [N]의 전기력이 작용했을 때, A 지점의 전계 $\vec{E}$의 크기[V/m]는?

① 2.5
② 3.0
③ 3.5
④ 4.0

정답 3번

간단한 해설

전계의 크기는 **전기력의 크기를 전하량의 절댓값으로 나눈 값**이다. 전기력의 크기가 7 N이고 전하량의 절댓값이 2 C이므로 전계의 크기는 3.5 V/m이다.

계산 과정

전하량이 q인 점전하에 작용하는 전기력과 그 지점의 전계는 $\vec{F} = q\vec{E}$의 관계를 갖는다. 주어진 전하량은 −2 C이다. 음전하에 작용하는 전기력은 전계와 방향이 반대이지만, **크기를 구할 때는 전하량의 절댓값**인 2 C를 사용한다.

a_x, a_y, a_z는 서로 직교하는 각 좌표축 방향의 단위벡터이다. 따라서 전기력의 크기는 세 성분을 단순히 더하는 것이 아니라, **각 성분의 제곱합에 제곱근을 취하여** 구한다. $|\vec{F}| = \sqrt{(-3)^2 + 2^2 + 6^2} = 7\text{N}$이다.

전계의 크기는 $|\vec{E}| = \frac{|\vec{F}|}{|q|} = \frac{7}{2} = 3.5\text{N/C}$이다. N/C는 V/m와 같은 단위이므로, 구하는 크기는 3.5 V/m이며 ③의 3.5에 해당한다.

NoteBase

문 15. 어떤 R-L 직렬회로에 공급되는 유효전력이 100[W], 무효전력은 100[VAR]이다. 이 회로에 인가되는 전압의 크기가 일정한 상태에서 주파수를 $\sqrt{3}$배로 할 때, 유효전력의 값[W]은?

① 50
② $\frac{50}{\sqrt{3}}$
③ 100
④ $\frac{100}{\sqrt{3}}$

정답 1번

간단한 해설

유효전력과 무효전력이 같으므로 처음에는 유도성 리액턴스와 저항이 같다. 주파수를 $\sqrt{3}$배로 높이면 임피던스 크기의 제곱이 2배가 되어, 전압이 일정할 때 **유효전력은 절반**인 50 W가 된다.

계산 과정

1. 처음의 저항과 리액턴스 관계: 저항을 R, 인덕턴스를 L, 유도성 리액턴스를 X_L, 전류의 실효값을 I라 하자. R-L 직렬회로에서 유효전력은 저항에서 소비되므로 $P = I^2R$이고, 무효전력은 코일에 의한 것이므로 $Q = I^2X_L$이다. 주어진 P = 100 W, Q = 100 VAR를 대입하면 $\frac{X_L}{R} = \frac{Q}{P} = 1$이다. 즉, 처음에는 $X_L = R$이다.

2. 주파수 변화에 따른 임피던스: R과 L은 일정하며, $X_L = 2\pi fL$이므로 **유도성 리액턴스는 주파수에 비례**한다. 주파수를 $\sqrt{3}$배로 하면 X_L은 $\sqrt{3}R$이 된다. 직렬회로의 임피던스 크기를 Z라 하면 $Z^2 = R^2 + X_L^2$이므로, 처음에는 $Z^2 = 2R^2$, 변경 후에는 $Z'^2 = 4R^2$이다.

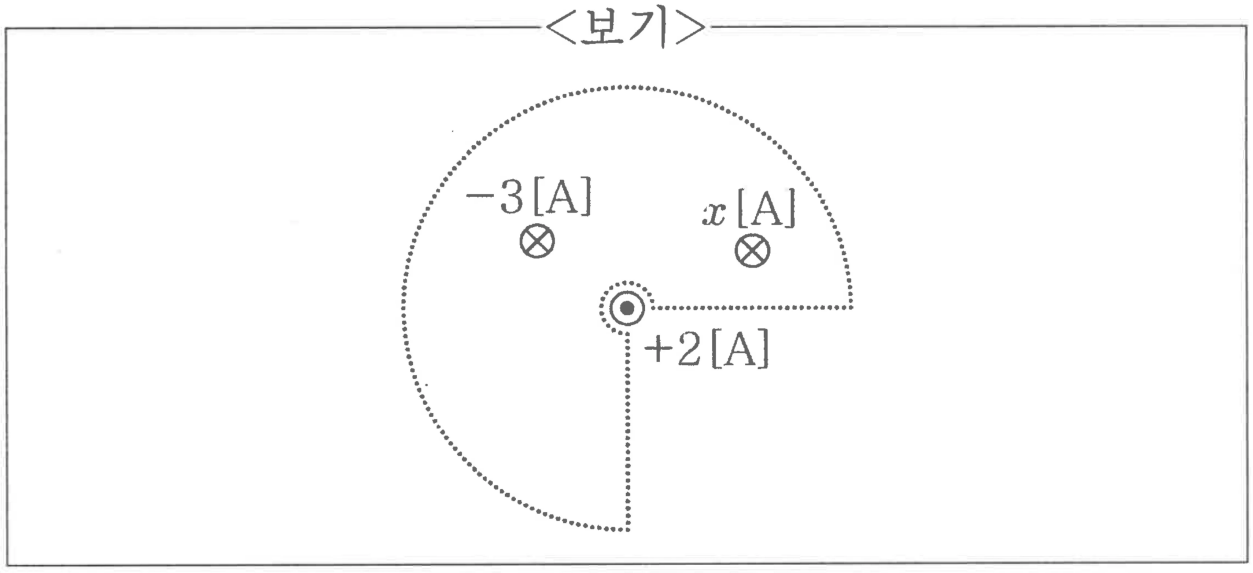
3. 유효전력 변화: 전압의 실효값을 V라 하면 $I = \frac{V}{Z}$이므로 $P = \frac{V^2R}{Z^2}$이다. 따라서 **전압과 저항이 일정할 때 유효전력은 임피던스 크기의 제곱에 반비례**한다. 변경 전후의 비는 $\frac{P'}{P} = \frac{2R^2}{4R^2} = \frac{1}{2}$이므로, 변경 후 유효전력은 $P' = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50\text{W}$이다.

구한 유효전력 50 W는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. <보기>와 같이 −3[A], +2[A] 2개의 전류와 크기를 모르는 전류 x[A]가 존재하는 공간이 있다. 점선으로 표시된 폐경로를 따라서 $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l}$을 계산한 결과가 0일 때, 전류 x의 값[A]은?

<보기>



① −1

② +1

③ +2

④ +3

정답 4번

간단한 해설

앙페르의 주회 법칙에서 폐경로를 따른 자기장의 선적분은 **경로가 감싸는 전류의 대수합**과 같다. +2 A 전류는 경로 밖에 있으므로 제외하며, −3 A와 상쇄되는 전류는 x = +3 A이다.

계산 과정

앙페르의 주회 법칙은 $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_{\text{enc}}$이다. 여기서 I_{enc}는 폐경로가 감싸는 전류를 방향에 따른 부호까지 고려하여 더한 값이다. 주어진 선적분이 0이므로 이 전류의 대수합도 0이어야 한다.

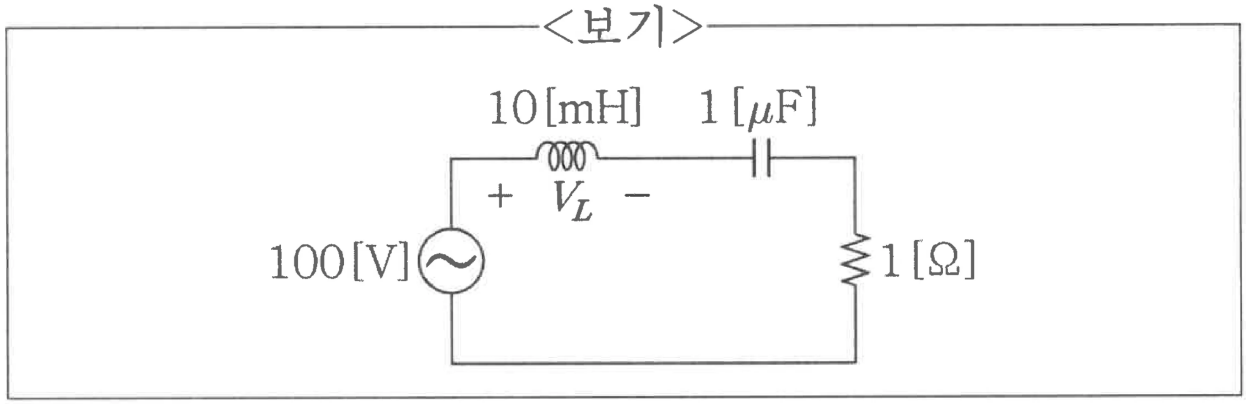
그림의 점선은 중앙의 +2 A 전류를 감싸지 않도록 안쪽으로 파여 있다. 따라서 **−3 A와 x A만 경로 내부에 포함**되며, +2 A는 전류의 합에 넣지 않는다.

포함된 두 전류의 부호를 반영하면 $-3 + x = 0$이다. 이를 풀면 x = +3 A이며, −3 A와 크기가 같고 부호가 반대여서 합이 0이 된다. 이 값은 ④의 +3에 해당한다.

NoteBase

문 17. <보기>의 R-L-C 직렬회로가 공진상태에 있을 때, 인덕터 전압 V_L의 크기[V]는?

<보기>



① 100

② 500

③ 1,000

④ 10,000

정답 4번

간단한 해설

직렬 공진에서는 **유도성 리액턴스와 용량성 리액턴스가 상쇄**되어 회로 전류가 100 A가 된다. 이때 인덕터의 리액턴스는 100 Ω이므로, 인덕터 전압의 크기는 10,000 V이다.

계산 과정

주어진 값은 전원 전압 $V = 100\text{V}$, 저항 $R = 1\Omega$, 인덕턴스 $L = 10\text{mH} = 0.01\text{H}$, 정전용량 $C = 1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$이다. 이 값으로 공진 시 전류와 인덕터의 리액턴스를 구한다.

공진 시 전류: R-L-C 직렬회로의 임피던스는 $Z = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$이다. 공진에서는 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$이므로 **전체 임피던스는 저항 R만 남는다**. 따라서 회로 전류의 크기는 $I = \frac{V}{R} = \frac{100}{1} = 100\text{A}$이다.

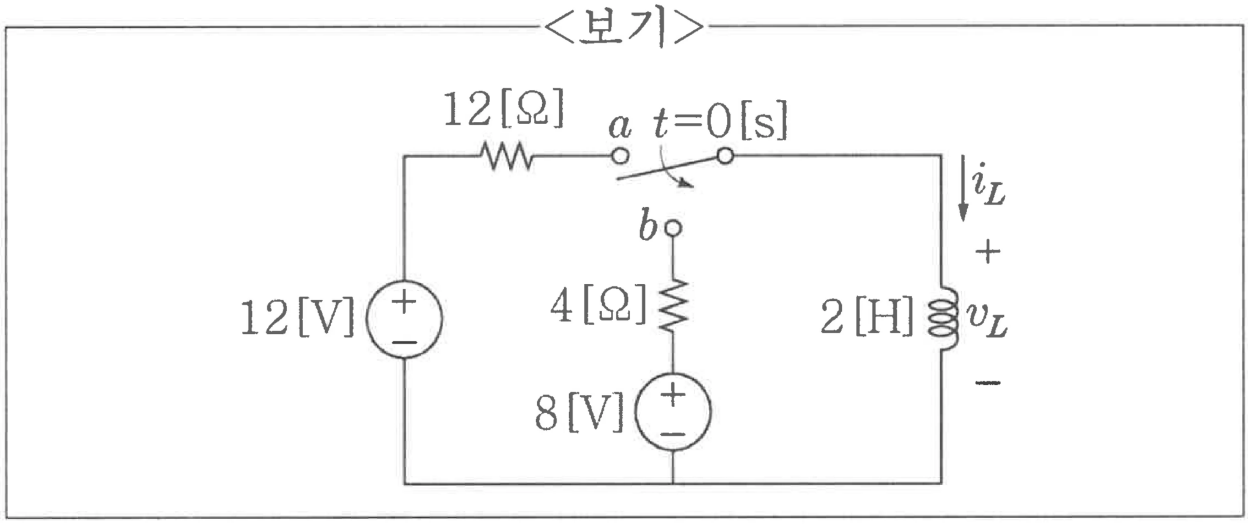
공진 시 인덕터의 리액턴스: 공진 조건에서 공진 각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다. 값을 대입하면 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{0.01 \cdot 10^{-6}}} = 10^4\text{rad/s}$이고, 인덕터의 리액턴스는 $X_L = \omega_0 L = 10^4 \cdot 0.01 = 100\Omega$이다.

인덕터 전압: 직렬회로에서는 인덕터에도 같은 전류가 흐르므로 $V_L = IX_L = 100 \cdot 100 = 10{,}000\text{V}$이다. 공진 시 두 리액턴스가 상쇄된다는 것은 **인덕터와 커패시터의 전압이 서로 상쇄된다**는 뜻이며, 각각의 전압이 0이 된다는 뜻은 아니다. 계산한 10,000 V는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. <보기>의 회로에서 스위치가 충분히 긴 시간 동안 접점 a에 위치하다가 $t = 0$[s]에서 접점 b로 이동하였을 때, $i_L(0^+)$[A]와 $v_L(0^+)$[V]는?

<보기>



① $i_L(0^+)$[A]: 0, $v_L(0^+)$[V]: 2

② $i_L(0^+)$[A]: 0, $v_L(0^+)$[V]: 4

③ $i_L(0^+)$[A]: 1, $v_L(0^+)$[V]: 2

④ $i_L(0^+)$[A]: 1, $v_L(0^+)$[V]: 4

정답 4번

간단한 해설

인덕터 전류는 **스위치 전환 순간에도 연속**이므로 전환 전의 1 A가 그대로 흐른다. 전환 직후에는 8 V 전원에서 4 Ω 저항의 전압강하 4 V를 뺀 나머지가 인덕터에 걸려 $v_L(0^+) = 4$V이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전환 전 전류: 스위치가 a에 있을 때는 12 V 전원, 12 Ω 저항, 2 H 인덕터가 직렬로 연결된다. 충분히 긴 시간이 지난 **직류 정상상태에서는 인덕터가 단락과 같다**. 전류가 일정하여 $v_L = L\frac{di_L}{dt} = 0$이기 때문이다. 따라서 그림의 아래쪽 방향 전류는 $i_L(0^-) = \frac{12}{12} = 1\text{A}$이다. 여기서 0^-는 전환 직전을 뜻한다.

2. 전환 직후 전류: 유한한 전압이 걸리는 인덕터의 전류는 순간적으로 변할 수 없으므로 **전환 직전과 직후의 전류가 같다**. 따라서 $i_L(0^+) = i_L(0^-) = 1\text{A}$이다. 0^+는 전환 직후를 뜻하며, 전환 후의 정상상태를 뜻하지 않는다.

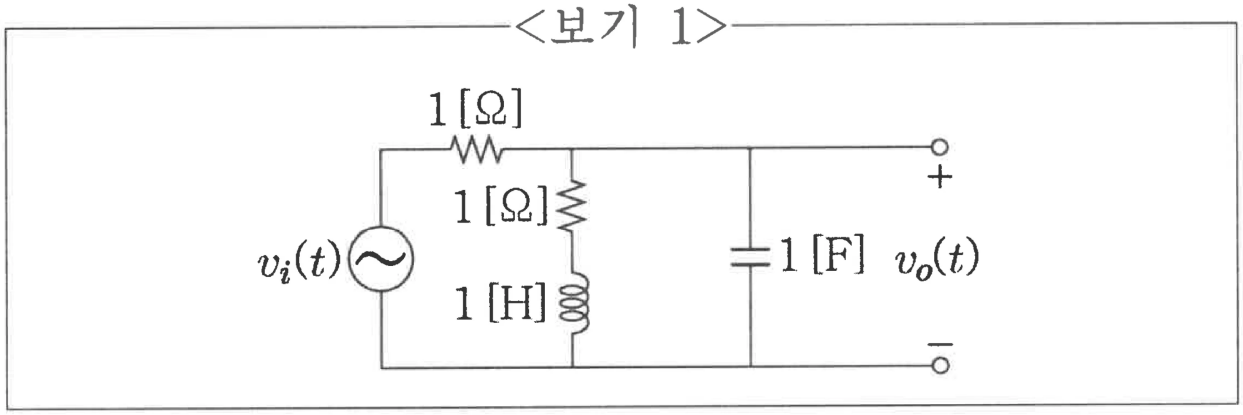
3. 전환 직후 전압: 스위치가 b로 이동하면 12 V 전원과 12 Ω 저항은 인덕터 회로에서 분리되고, 8 V 전원과 4 Ω 저항이 인덕터에 연결된다. 인덕터에 아래쪽으로 1 A가 흐르므로 4 Ω 저항에는 위쪽으로 1 A가 흐른다. 저항의 전압강하는 $4 \times 1 = 4$ V이다. 그림의 인덕터 전압은 위쪽이 +, 아래쪽이 −이므로, 키르히호프 전압법칙을 적용하면 $8 - 4i_L(0^+) - v_L(0^+) = 0$이다. 따라서 $v_L(0^+) = 8 - 4 \cdot 1 = 4\text{V}$이다. **전류는 연속이지만 전압은 전환 순간 바뀔 수 있다**.

구한 값은 $i_L(0^+) = 1\text{A}$, $v_L(0^+) = 4\text{V}$이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. <보기 1> 회로의 입력전압 $v_i(t)$와 출력전압 $v_o(t)$의 전달함수 $H(s)$를 <보기 2>와 같이 구했을 때, 분모의 상수항 k의 값은?

<보기 1>



<보기 2>

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

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

출력 노드에서 **RL 가지 전류와 커패시터 전류의 합**은 입력 측 저항에 흐르는 전류와 같다. 이 관계로 구한 전달함수의 분모는 $s^2 + 2s + 2$이므로 상수항은 k = 2이다.

NoteBase

계산 과정

회로 연결: 입력 측 1Ω 저항 뒤의 출력 노드에서 두 가지로 전류가 나뉜다. 한 가지는 1Ω 저항과 1H 인덕터의 직렬 연결이고, 다른 가지는 1F 커패시터이다. 두 가지는 **병렬로 연결되어 출력전압이 공통**으로 걸린다.

s영역 변환: 전달함수는 **초기조건을 0으로 두고** 구한다. 인덕터의 임피던스는 $sL = s$, 커패시터의 임피던스는 $\frac{1}{sC} = \frac{1}{s}$이다. 따라서 RL 가지의 임피던스는 $1 + s$이고, 각 가지 전류는 $I_{RL}(s) = \frac{V_o(s)}{s+1}$, $I_C(s) = sV_o(s)$이다.

출력 노드의 전류 관계: 입력 측 1Ω 저항 전류는 $I(s) = \frac{V_i(s) - V_o(s)}{1}$이다. 키르히호프 전류법칙에 따라 $I(s) = I_{RL}(s) + I_C(s)$이므로, $V_i(s) - V_o(s) = \frac{V_o(s)}{s+1} + sV_o(s)$가 성립한다.

전달함수 계산: 위 식을 정리하면 $V_i(s) = \left(s + 1 + \frac{1}{s+1}\right)V_o(s)$이다. 따라서 $H(s) = \frac{s+1}{(s+1)^2+1}$이고, 분모를 전개하면 $H(s) = \frac{s+1}{s^2+2s+2}$가 된다.

상수항 비교: <보기 2>의 분모 $s^2 + 2s + k$와 비교하면 k = 2이다. 이는 ②의 값 2와 일치한다.

NoteBase

문 20. $F(s)=\frac{1}{(2s+1)(s+2)}$**의 역 라플라스 변환은?**

① $f(t)=\frac{1}{3}e^{-\frac{1}{2}t}-\frac{1}{3}e^{-2t}$

② $f(t)=\frac{2}{3}e^{-\frac{1}{2}t}-\frac{2}{3}e^{-2t}$

③ $f(t)=\frac{1}{3}e^{-\frac{1}{2}t}+\frac{1}{3}e^{-2t}$

④ $f(t)=\frac{2}{3}e^{-\frac{1}{2}t}+\frac{2}{3}e^{-2t}$

정답 1번

간단한 해설

분모의 $2s+1$을 $2(s+\frac{1}{2})$로 바꿀 때 **상수 인자 1/2를 반영**해야 한다. 부분분수로 나누어 역변환하면 $f(t)=\frac{1}{3}e^{-\frac{1}{2}t}-\frac{1}{3}e^{-2t}$이다.

계산 과정

분모 정리: 표준 변환식에 맞추려면 **s의 계수를 1로 만든다**. $2s+1=2(s+\frac{1}{2})$이므로 $F(s)=\frac{1/2}{(s+\frac{1}{2})(s+2)}$이다. 이때 분자에 남는 1/2를 빠뜨리지 않는다.

부분분수 분해: 두 일차 인수가 서로 다르므로 $F(s)=\frac{A}{s+\frac{1}{2}}+\frac{B}{s+2}$로 놓는다. 양변에 공통분모를 곱하면 $\frac{1}{2}=A(s+2)+B(s+\frac{1}{2})$이다. 여기에 $s=-\frac{1}{2}$을 대입하면 $\frac{1}{2}=\frac{3}{2}A$이므로 $A=\frac{1}{3}$이다. $s=-2$를 대입하면 $\frac{1}{2}=-\frac{3}{2}B$이므로 $B=-\frac{1}{3}$이다.

역 라플라스 변환: $\mathcal{L}\{e^{-at}\}=\frac{1}{s+a}$를 이용한다. 각 분모의 상수는 **지수함수의 감쇠율**에 해당하며, 부분분수의 계수는 선형성에 따라 그대로 곱해진다. 따라서 $f(t)=\frac{1}{3}e^{-\frac{1}{2}t}-\frac{1}{3}e^{-2t}$이며, ①의 식과 일치한다.

NoteBase