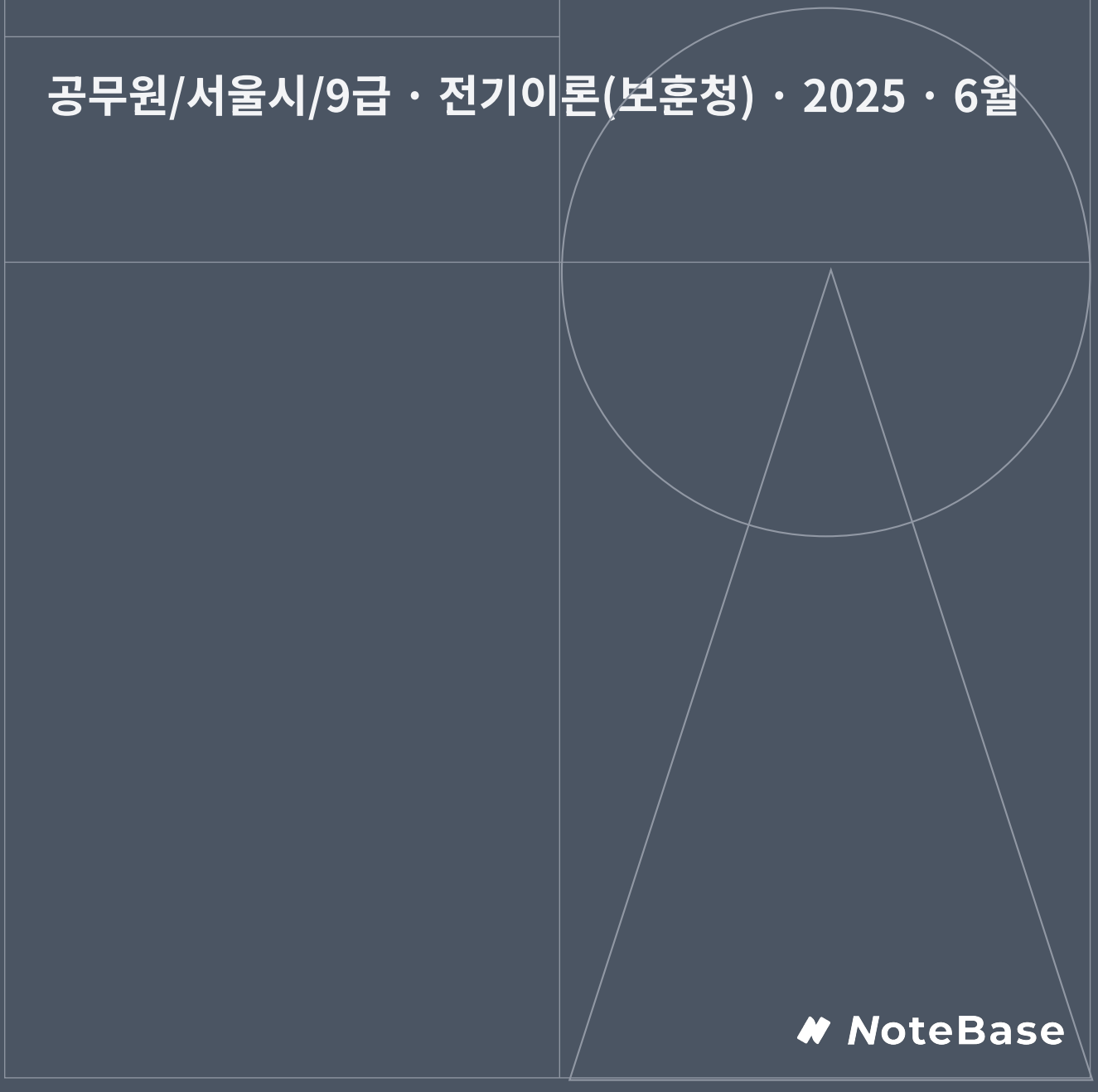
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론(보훈청) · 2025 · 6월



NoteBase

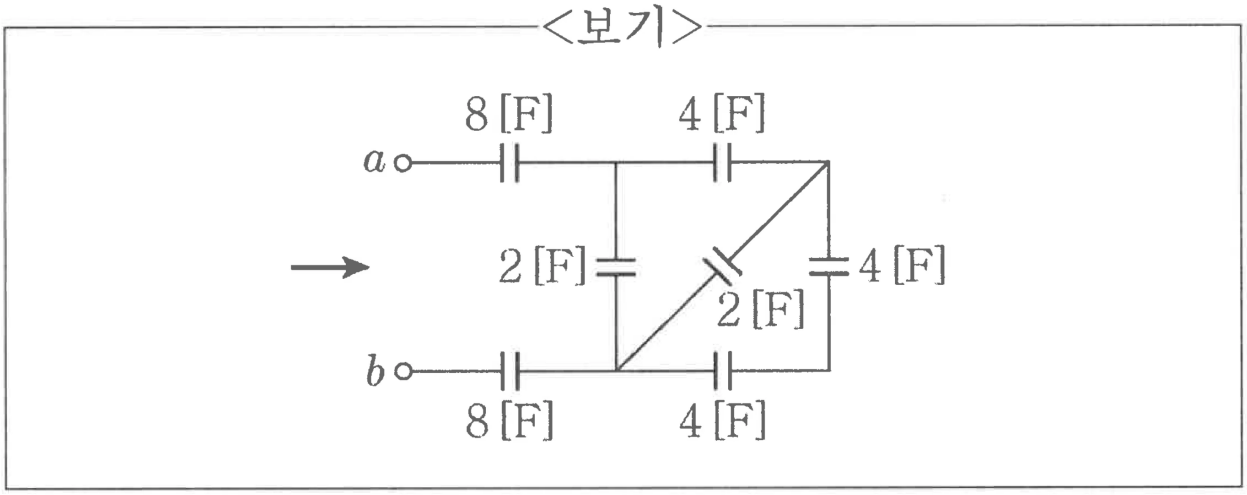
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론(보훈청) · 2025 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기이론(보훈청) · 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·병렬로 합성하면 중앙의 두 접속점 사이 커패시턴스는 4 F가 된다. 이 값과 양쪽의 8 F가 **직렬로 연결**되므로 a-b 단자에서 본 등가 커패시턴스는 2 F이다.

NoteBase

계산 과정

커패시터의 직렬 연결에서는 각 커패시터에 저장되는 전하량이 같고 전압이 나뉘므로 합성 커패시턴스의 역수는 각 역수의 합이다. 병렬 연결에서는 두 단자 사이 전압이 같고 전하량이 더해지므로 커패시턴스를 그대로 더한다. 이 회로는 오른쪽부터 합성하면 a-b 사이의 직렬 회로로 정리할 수 있다.

1. 오른쪽 세로 4 F와 아래쪽 4 F: 두 커패시터가 만나는 오른쪽 아래 접속점에는 다른 가지가 없으므로 **직렬 연결**이다. 합성값은 $\frac{4\times4}{4+4}=2\text{F}$이다. 이 2 F는 오른쪽 위 접속점과 중앙 아래 접속점 사이의 한 가지를 나타낸다.

2. 대각선 2 F와의 합성: 방금 구한 2 F와 대각선 2 F는 **양 끝이 같은 두 접속점에 연결**되므로 병렬이다. 따라서 오른쪽 위와 중앙 아래 사이의 합성값은 2 + 2 = 4 F이다.

3. 위쪽 4 F와의 합성: 앞 단계의 합성 4 F는 위쪽 4 F와 직렬이다. 오른쪽 위 접속점에서 이어지던 가지들을 하나로 합쳤기 때문이다. 따라서 이 경로의 합성값은 $\frac{4\times4}{4+4}=2\text{F}$이며, 중앙 위와 중앙 아래 접속점을 잇는다.

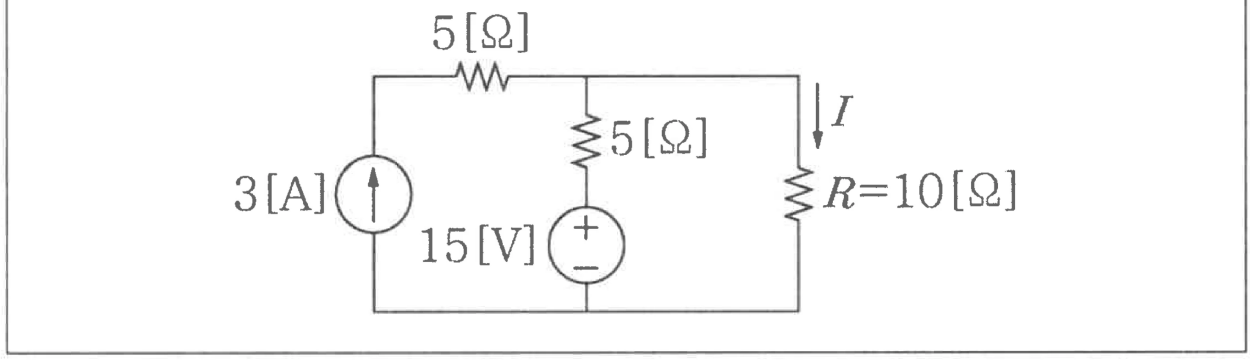
4. 중앙 세로 2 F와의 합성: 앞 단계의 2 F와 중앙 세로 2 F는 중앙 위·아래의 같은 두 접속점 사이에 있으므로 병렬이다. 중앙 부분 전체의 합성값은 2 + 2 = 4 F이다.

5. a-b 사이의 전체 합성: 이제 a에서 b까지 8 F, 합성 4 F, 8 F가 차례로 직렬 연결된다. 전체 등가 커패시턴스를 C_{eq}라 하면 $\frac{1}{C_{\text{eq}}}=\frac{1}{8}+\frac{1}{4}+\frac{1}{8}=\frac{1}{2}$이므로 $C_{\text{eq}}=2\text{F}$이다. 이는 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

전류원이 공급하는 3 A에 **키르히호프의 전류 법칙**을 적용하면, 10 Ω 저항 양단의 전압은 20 V이다. 따라서 화살표 방향으로 흐르는 전류는 2 A이다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽 공통 접점을 0 V로 두고, 오른쪽 10 Ω 저항의 위쪽 접점 전압을 V라 하자. 가운데 15 V 전압원은 위쪽이 +극이므로, 가운데 5 Ω 저항 아래쪽의 전위는 15 V이다.

왼쪽 전류원과 위쪽 5 Ω 저항 사이에는 분기점이 없으므로, 위쪽 5 Ω 저항을 통해 **3 A가 그대로 위쪽 공통 접점으로 유입**된다. 이 전류가 가운데 가지와 오른쪽 가지로 나뉜다. 가운데 가지의 아래 방향 전류는 $\frac{V-15}{5}$ A이고, 오른쪽 가지의 아래 방향 전류는 $\frac{V}{10}$ A이다. 가운데 저항의 전압은 V 자체가 아니라 두 끝의 전위차인 V − 15이다.

접점으로 들어오는 전류와 나가는 전류의 합이 같다는 키르히호프의 전류 법칙을 적용하면 $3 = \frac{V-15}{5} + \frac{V}{10}$이다. 양변에 10을 곱하면 $30 = 2(V-15) + V$이므로 $3V = 60$, 즉 V = 20 V이다. 이는 오른쪽 10 Ω 저항의 위쪽이 아래쪽보다 20 V 높다는 뜻이다.

오른쪽 저항에는 옴의 법칙을 적용하여 $I = \frac{20}{10} = 2$ A를 얻는다. 양수이므로 전류는 그림의 화살표와 같은 아래 방향으로 흐르며, ②의 2 A와 일치한다.

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 $L = \frac{\mu N^2 A}{l}$이다. 여기서 μ는 투자율, N은 권선수, A는 단면적, l은 평균 자기 경로 길이이다. 권선수와 단면적만 바꾸므로 투자율은 같다고 두며, 문제에서 평균 길이도 일정하다. 따라서 변경 전후에는 **권선수의 제곱과 단면적의 변화 비율**만 반영하면 된다.

권선수는 10에서 20으로 2배가 되어 인덕턴스를 $2^2 = 4$배로 만든다. 단면적은 10 cm^2에서 30 cm^2로 3배가 되므로 전체 인덕턴스의 비는 $\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{20}{10}\right)^2 \frac{30}{10} = 12$이다. 이는 변경 후 인덕턴스가 변경 전의 12배라는 뜻이다. 단면적은 같은 단위끼리 비를 구하므로 m^2로 환산하지 않아도 된다.

처음 인덕턴스가 2 mH이므로 변경 후 인덕턴스는 $2 \times 12 = 24$ mH이다. 이는 ③의 24에 해당한다.

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 성분을 합성한 전압은 **각 성분의 실횻값을 제곱하여 더한 뒤 제곱근**을 취한다. 각 성분의 실횻값이 50 V, 30 V, 10 V이므로 전체는 $10\sqrt{35}$ V이다.

계산 과정

성분별 실횻값: 주어진 전압은 기본파와 제2·제3고조파의 합이다. 각 정현파의 실횻값은 **최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값**이므로, $V_1 = \frac{50\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 50$ V, $V_2 = \frac{30\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 30$ V, $V_3 = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 10$ V이다.

합성 원리: 실횻값은 순간 전압의 제곱을 한 주기 동안 평균한 뒤 제곱근을 취한 값이다. 서로 다른 차수의 정현파는 공통 주기인 기본파 한 주기 동안 곱의 평균이 0이 된다. 따라서 합성 전압을 제곱할 때 생기는 **서로 다른 성분 사이의 교차항은 평균에서 사라지며**, 전체 실횻값 V는 $V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2}$로 구한다.

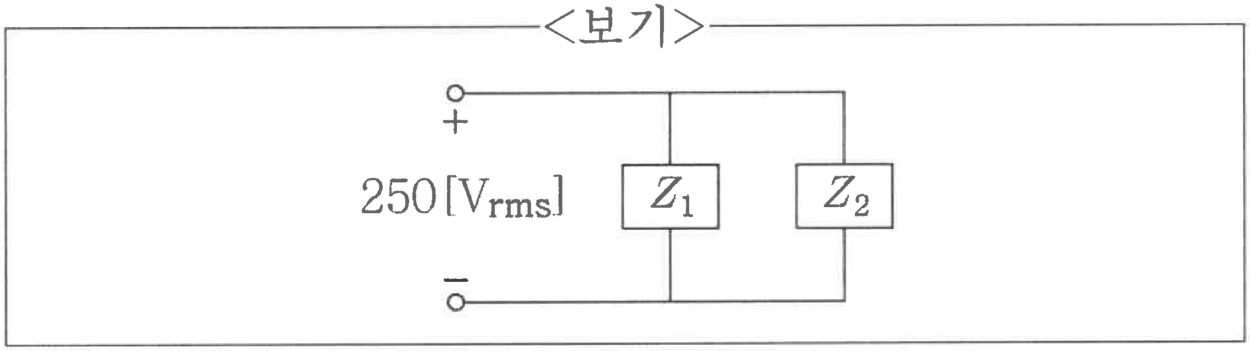
평균제곱값 계산: $V^2 = 50^2 + 30^2 + 10^2 = 3500$이다. 이 3500 V^2는 세 성분이 전체 전압의 평균제곱값에 기여한 양을 더한 값이다.

전체 실횻값: $V = \sqrt{3500} = 10\sqrt{35}$ V이므로 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 전류가 동상이 되어 합성 역률은 **1**이다.

NoteBase

계산 과정

전력 관계: 유효전력 P는 평균적으로 소비되는 전력이고, 피상전력 S는 전압과 전류의 실효값을 곱한 값이다. 정현파 교류에서 역률은 $\cos\phi = \frac{P}{S}$이고, 무효전력 Q와의 관계는 $S^2 = P^2 + Q^2$이다. 그림의 두 부하는 같은 250 V 전원에 병렬로 연결되어 있으므로 **유효전력과 무효전력을 각각 합산**한다. 무효전력의 부호는 지상을 양(+), 진상을 음(-)으로 둔다.

Z_1: 유효전력이 16 kW, 역률이 0.8이므로 피상전력은 $S_1 = \frac{16}{0.8} = 20\text{kVA}$이다. 진상 부하이므로 무효전력은 $Q_1 = -\sqrt{20^2 - 16^2} = -12\text{kvar}$이다. 음의 부호는 전류가 전압보다 앞서는 진상 성분임을 나타낸다.

Z_2: 피상전력이 15 kVA, 역률이 0.6이므로 유효전력은 $P_2 = 15 \cdot 0.6 = 9\text{kW}$이다. 지상 부하이므로 무효전력은 $Q_2 = +\sqrt{15^2 - 9^2} = +12\text{kvar}$이다.

전체 전력: 유효전력은 $P = P_1 + P_2 = 16 + 9 = 25\text{kW}$, 무효전력은 $Q = Q_1 + Q_2 = -12 + 12 = 0\text{kvar}$이다. 두 부하의 **무효전력이 크기는 같고 부호는 반대**여서 전원에서 본 무효전력이 0이 된다. 따라서 전체 피상전력은 $S = \sqrt{25^2 + 0^2} = 25\text{kVA}$이다.

합성 역률: $\cos\phi = \frac{P}{S} = \frac{25}{25} = 1$이다. 역률은 단위가 없는 값이며, 전원 전압과 전체 전류 사이의 위상차가 없음을 뜻한다. 이는 ④의 1에 해당한다.

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

평행판 커패시터의 정전용량은 극판 면적에 비례하고 간격에 반비례하므로, 둘을 모두 2배로 하면 **정전용량은 변하지 않는다**. 같은 전압에서는 축적에너지가 정전용량에 비례하므로 에너지의 비는 1이다.

계산 과정

A의 극판 면적을 S, 극판 사이 간격을 d, 두 커패시터의 공통 유전율을 ε이라 하자. 평행판 커패시터의 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon S}{d}$이다. B에서는 면적과 간격이 모두 2배이므로 $C_B = \frac{\varepsilon(2S)}{2d} = C_A$이다. 즉, **면적 증가에 따른 효과와 간격 증가에 따른 효과가 상쇄**되어 두 정전용량이 같다.

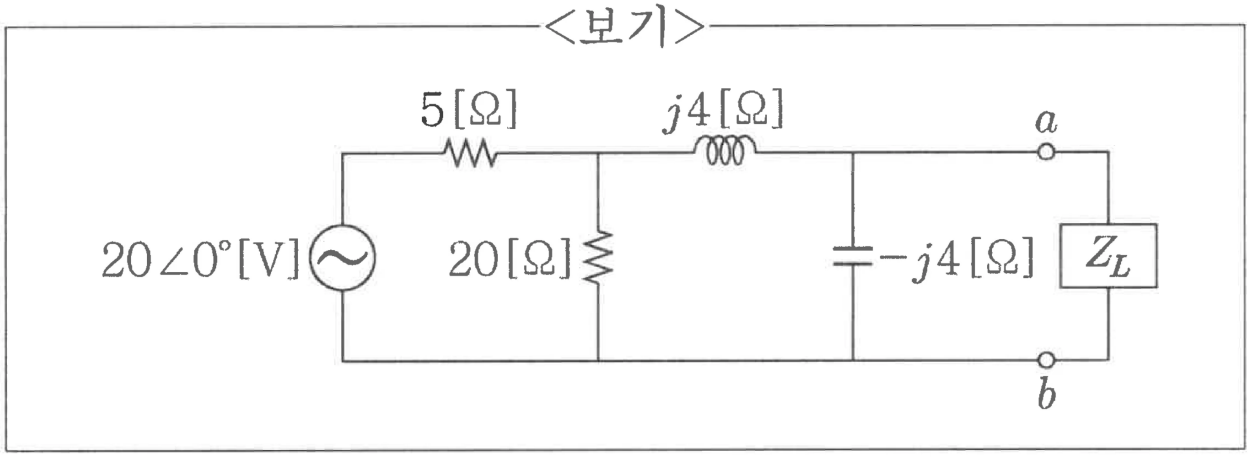
커패시터에 전압 V를 인가할 때 축적되는 에너지는 $E = \frac{1}{2}CV^2$이다. A와 B에는 **동일한 전압**을 인가하므로 전압 제곱 항이 같고, 축적에너지의 비는 정전용량의 비와 같다.

따라서 $\frac{E_B}{E_A} = \frac{C_B}{C_A} = 1$이다. 두 에너지는 같으며, 이 비는 단위가 없는 값으로 ②의 1에 해당한다.

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 회로에서 부하에 최대 전력이 전달되려면 부하 임피던스가 전원 측 테브난 임피던스의 **켤레복소수**여야 한다. 이 회로의 테브난 임피던스는 $(4 - j4)\Omega$이므로, 부하는 $(4 + j4)\Omega$이다.

NoteBase

계산 과정

최대 전력 전달 조건: 부하의 저항과 리액턴스를 모두 조절할 수 있는 교류 회로에서는 $Z_{\text{th}} = R_{\text{th}} + jX_{\text{th}}$일 때 $Z_L = R_{\text{th}} - jX_{\text{th}}$로 정한다. 즉, **저항은 같게 하고 리액턴스는 부호를 반대로** 하여 전체 리액턴스를 상쇄한다. 여기서 j는 허수단위이다.

전원 측 회로의 등가화: 부하 Z_L을 떼고 a–b 단자에서 회로 안쪽을 바라본다. 테브난 임피던스를 구할 때 독립 이상 전압원은 **단락**하므로, 5 Ω과 20 Ω은 병렬이 된다. 그 합성저항은 $R_p = \frac{5 \cdot 20}{5+20} = 4\Omega$이다.

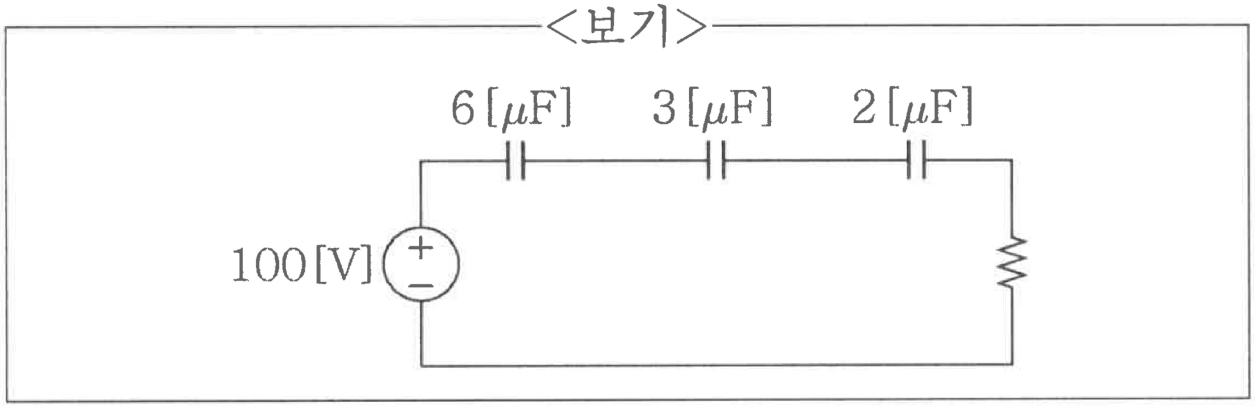
테브난 임피던스 계산: a–b 단자에서는 방금 구한 4 Ω과 코일의 $j4\Omega$이 직렬이고, 이 가지 전체가 커패시터의 $-j4\Omega$과 병렬이다. 따라서 $Z_{\text{th}} = \frac{(4+j4)(-j4)}{(4+j4)+(-j4)}$이다. 분모에서는 두 리액턴스가 상쇄되어 4가 되고, 분자는 $16 - j16$이므로 $Z_{\text{th}} = \frac{16-j16}{4} = (4 - j4)\Omega$이다.

부하 임피던스 결정: 테브난 임피던스의 켤레복소수를 취하면 $Z_L = Z_{\text{th}}^{*} = (4 + j4)\Omega$이다. 이는 ③의 값과 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 커패시터에 전류가 흐르지 않아 저항의 전압 강하는 0 V가 된다. 따라서 직렬 커패시터 전체에 100 V가 걸리며, **합성 정전용량 1 μF**에 저장되는 에너지는 5 mJ이다.

계산 과정

1. 정상상태의 전압: 직류 전원에 연결된 커패시터는 충전이 끝나면 전류가 흐르지 않는다. 충분한 시간이 지난 뒤에는 직렬 저항의 전류도 0이므로 저항의 전압 강하는 0 V이다. 따라서 **세 커패시터의 전압 합은 전원 전압인 100 V**가 된다.

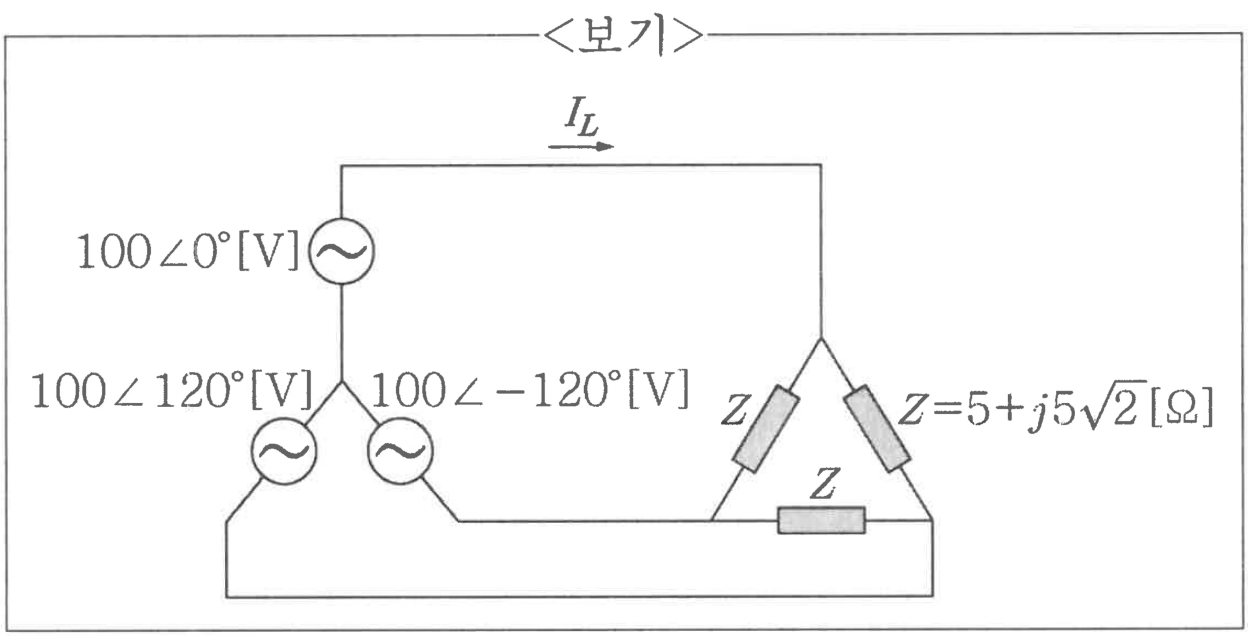
2. 합성 정전용량: 그림의 6 μF, 3 μF, 2 μF 커패시터는 직렬로 연결되어 있다. 직렬 커패시터는 저장된 전하량의 크기가 같고 각 전압이 더해지므로, 합성 정전용량은 **각 정전용량의 역수를 더한 뒤 다시 역수**를 취해 구한다. 정전용량을 μF 단위로 대입하면 $C_{eq} = \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{2}\right)^{-1} = 1\mu\text{F}$이다.

3. 총 저장 에너지: 정전용량 C인 커패시터에 전압 V가 걸릴 때 저장 에너지는 $W = \frac{1}{2}CV^2$이다. 직렬 커패시터 각각의 에너지를 합한 값은 합성 커패시터에 저장되는 에너지와 같으므로, 합성 정전용량 1 μF와 전체 전압 100 V를 사용한다. $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$이므로 $W = \frac{1}{2} \cdot 10^{-6} \cdot 100^2 = 0.005\text{J}$이다. 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

전원은 Y결선이고 부하는 Δ결선이므로, 부하 한 상에 걸리는 전압은 **선간전압**인 $100\sqrt{3}$ V이다. 부하 상전류는 20 A이고, 평형 Δ부하의 선전류는 상전류의 $\sqrt{3}$배이므로 $20\sqrt{3}$ A이다.

NoteBase

계산 과정

전압 관계: 그림의 Y결선 전원은 각 상전압의 크기가 100 V이고 위상차가 120°이다. 선간전압은 두 상전압의 벡터 차이이므로 그 크기는 $V_L = \sqrt{3} \cdot 100 = 100\sqrt{3}\,\mathrm{V}$이다. Δ부하의 각 임피던스는 두 선 사이에 연결되어 있으므로 **부하 상전압은 선간전압과 같다**. 따라서 부하 상전압의 크기 V_ϕ도 $100\sqrt{3}$ V이다.

임피던스의 크기: 각 부하의 임피던스는 $Z = 5 + j5\sqrt{2}\,\Omega$이다. 저항 성분과 리액턴스 성분은 복소평면에서 서로 직교하므로, 전류의 크기를 구할 때는 **임피던스의 절댓값**을 사용한다. $|Z| = \sqrt{5^2 + (5\sqrt{2})^2} = 5\sqrt{3}\,\Omega$이다.

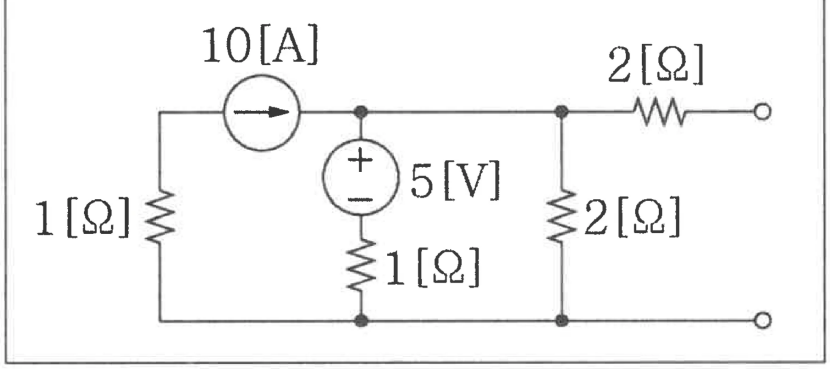
부하 상전류: 각 임피던스에 흐르는 전류의 크기를 I_ϕ라 하면, 교류 옴의 법칙에 따라 $I_\phi = \frac{V_\phi}{|Z|} = \frac{100\sqrt{3}}{5\sqrt{3}} = 20\mathrm{A}$이다. 이 값은 Δ부하의 한 가지에 흐르는 전류이다.

선전류: 평형 Δ부하에서 한 선으로 들어오는 전류는 그 선에 접속된 두 상전류의 벡터 차이이다. 두 상전류는 크기가 같고 위상차가 120°이므로 **선전류의 크기는 상전류의 $\sqrt{3}$배**이다. 따라서 $I_L = \sqrt{3} I_\phi = 20\sqrt{3}\mathrm{A}$이며, ④의 값과 일치한다.

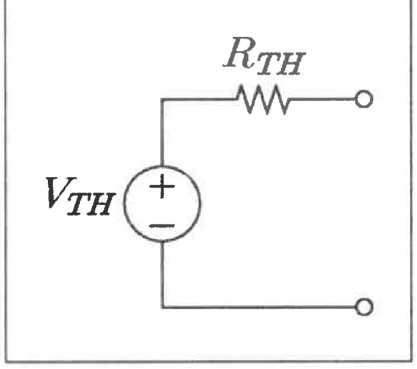
NoteBase

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 출력 단자를 개방했을 때의 **개방전압**이다. 출력 쪽 직렬 2 Ω에는 전류가 흐르지 않으므로 전압강하가 없으며, 내부 위쪽 노드에 전류법칙을 적용하면 등가전압은 10 V이다.

NoteBase

계산 과정

테브난 등가전압 V_{TH}는 **출력 단자의 개방전압**이다. <보기 1>에서 오른쪽 출력 단자가 개방되어 있으므로, 출력 쪽 가로 방향 2 Ω에는 전류가 흐르지 않아 전압강하가 0 V이다. 따라서 출력 위쪽 단자의 전위는 내부 위쪽 노드의 전위와 같다.

아래쪽 공통 노드를 0 V로 정하고, 내부 위쪽 노드의 전위를 V[V]라 하자. 가운데 5 V 전압원은 위쪽이 +극이므로, 그 아래 1 Ω의 위쪽 전위는 $V-5$[V]이다. 아래 방향을 기준으로 옴의 법칙을 적용하면 가운데 가지 전류는 $\frac{V-5}{1}$[A], 세로 방향 2 Ω의 전류는 $\frac{V}{2}$[A]이다. 왼쪽 가지에서는 이상적인 전류원이 화살표 방향으로 10 A를 위쪽 노드에 공급하며, 직렬 1 Ω은 이 전류값을 바꾸지 않는다.

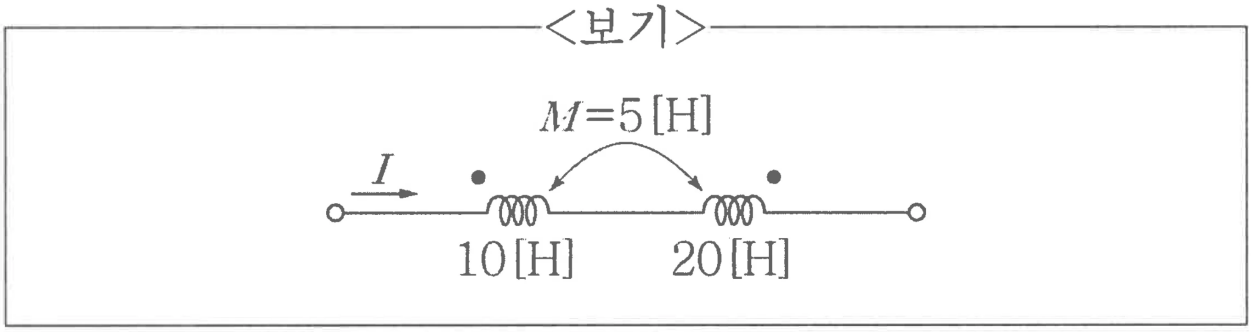
위쪽 노드에서 **유입 전류의 합과 유출 전류의 합이 같다**는 키르히호프 전류법칙을 적용한다. 전류를 A 단위로 나타내면 $\frac{V-5}{1}+\frac{V}{2}=10$이다. 양변에 2를 곱하면 $2V-10+V=20$, 즉 $3V=30$이므로 위쪽 노드의 전위는 10 V이다. 이때 가운데 가지와 세로 2 Ω에는 각각 5 A가 흘러, 합이 공급 전류 10 A와 일치한다.

출력 쪽 가로 방향 2 Ω의 전압강하가 없으므로, 위쪽 출력 단자를 +로 한 등가전압은 $V_{TH}=10\text{V}$이다. 이는 ①의 10 V에 해당한다.

NoteBase

문 11. <보기>와 같이 두 개의 코일이 결합된 경우, 회로의 합성 인덕턴스의 값[H]은?

<보기>



① 10
② 20
③ 30
④ 40

정답 2번

간단한 해설

전류가 왼쪽 코일의 점 표시 단자로 들어가고 오른쪽 코일의 점 표시 단자에서 나오므로 **차동 직렬 연결**이다. 두 자기 인덕턴스의 합에서 상호 인덕턴스의 두 배를 빼면 합성 인덕턴스는 20 H이다.

계산 과정

그림에서 두 코일의 자기 인덕턴스는 $L_1 = 10\text{H}$, $L_2 = 20\text{H}$이고, 상호 인덕턴스는 M = 5 H이다. 직렬 연결이므로 두 코일에는 같은 전류 I가 흐른다. 표시된 전류 방향을 따라가면 왼쪽 코일에서는 점 표시 단자로 들어가고, 오른쪽 코일에서는 점 표시가 없는 단자로 들어가 점 표시 단자로 나온다. 따라서 두 코일은 자속이 서로 약해지는 **차동 직렬 연결**이다.

차동 직렬 연결의 합성 인덕턴스는 $L_{eq} = L_1 + L_2 - 2M$이다. 각 코일에서 상호유도에 의한 전압이 자기유도에 의한 전압을 줄이는 방향으로 작용하므로, 두 코일의 상호유도 항을 합한 **2M을 뺀다**.

자기 인덕턴스의 합은 10 + 20 = 30 H이고, 상호유도로 감소하는 인덕턴스는 2 × 5 = 10 H이다. 따라서 합성 인덕턴스는 30 − 10 = 20 H로, ②의 20에 해당한다.

NoteBase

문 12. 전계의 세기가 거리 r^3에 반비례하는 특성을 나타내는 대전체는?

① 전기쌍극자

② 구전하

③ 선전하

④ 점전하

정답 1번

간단한 해설

전기쌍극자는 크기가 같고 부호가 반대인 두 전하로 이루어진다. 두 전하 사이 거리보다 **충분히 먼 곳**에서 전계의 세기는 r^3에 반비례한다.

핵심 풀이

전기쌍극자: 크기가 같고 부호가 반대인 두 점전하가 일정한 간격을 두고 놓인 전하계이다. 쌍극자 중심에서 관측점까지의 거리 r이 **두 전하 사이 거리보다 충분히 클 때**, 같은 방향을 따라 관측하면 전계의 세기는 $E \propto \frac{1}{r^3}$이다. 양·음전하가 만드는 전계를 합하면 거리의 제곱에 반비례하는 주된 성분이 서로 상쇄되어, 점전하보다 전계가 더 빠르게 감소한다.

구전하·점전하와의 구분: 구대칭 전하 분포의 외부 전계는 전체 전하가 중심에 모인 점전하의 전계와 같다. 이때 r은 중심에서의 거리이며, 두 경우 모두 $E \propto \frac{1}{r^2}$이다. 따라서 **거리의 제곱에 반비례**한다는 점에서 전기쌍극자와 구별된다.

선전하와의 구분: 균일하게 대전된 무한 직선전하의 전계는 선으로부터의 수직거리 r에 대해 $E \propto \frac{1}{r}$이다. 전계의 세기가 **거리에 반비례**하므로 문제의 세제곱 반비례 관계와 다르다.

NoteBase

문 13. 강자성체에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 투자율이 매우 크다.

② 히스테리시스 현상이 존재한다.

③ 자기포화 특성을 가진다.

④ 자화 곡선이 선형을 나타낸다.

정답 4번

간단한 해설

강자성체의 자화 곡선은 **비선형**이다. 자기장이 강해질수록 자화가 계속 같은 비율로 증가하는 것이 아니라, 자기구역의 정렬이 진행되면서 결국 포화에 가까워진다.

선지별 해설

① O: 강자성체는 외부 자기장을 가하면 내부 자기구역의 자화 방향이 자기장 방향으로 정렬되면서 강하게 자화된다. 따라서 같은 자기장에서도 진공보다 훨씬 큰 자속밀도를 얻을 수 있어 **투자율이 매우 크다**. 다만 투자율은 자기장의 세기에 따라 달라진다.

② O: 강자성체의 자화 상태는 현재의 자기장뿐 아니라 **이전에 가한 자기장의 이력**에도 영향을 받는다. 자기장을 증가시켰다가 감소시킬 때 같은 경로를 되짚지 않고, 자기장을 0으로 줄여도 자화가 남을 수 있는 현상이 히스테리시스이다.

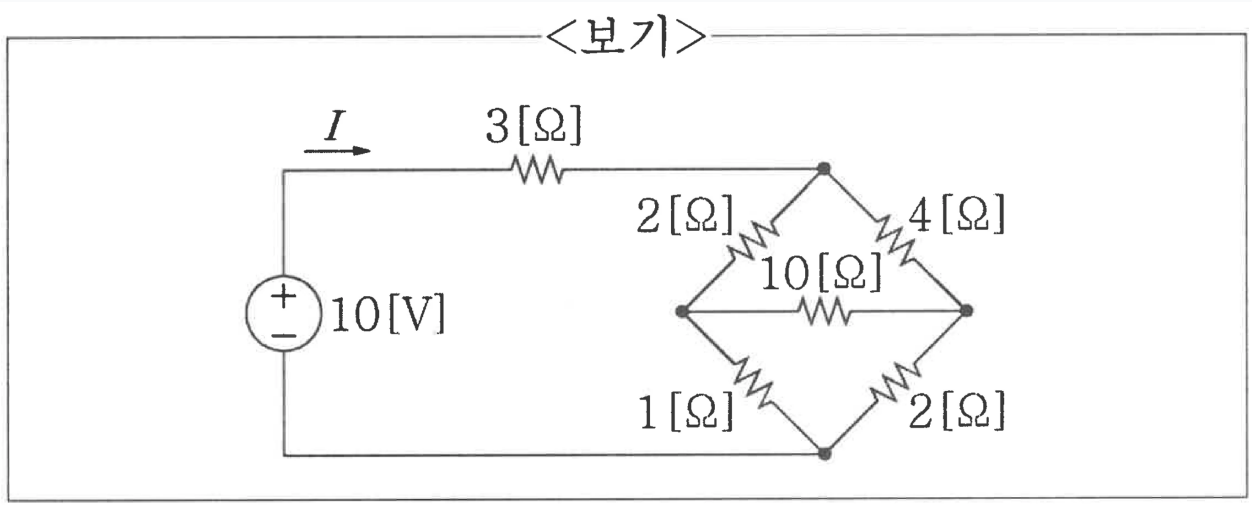
③ O: 자기장이 충분히 강해지면 내부 자기구역의 자화 방향이 거의 모두 자기장 방향으로 정렬된다. 이때 자기장을 더 강하게 해도 **자화가 거의 증가하지 않는** 자기포화가 나타난다.

④ X: 강자성체는 자기장의 세기에 따라 자기구역의 정렬 정도가 달라지고 자기포화도 나타나므로, 자화 곡선이 일반적으로 **비선형**이다. 따라서 '자화 곡선이 선형을 나타낸다'는 '자화 곡선이 비선형을 나타낸다'로 고친다. 제한된 범위에서 직선으로 근사할 수는 있지만, 전체 자화 곡선을 선형으로 볼 수는 없다.

NoteBase

문 14. <보기>의 회로에서 전류 /의 값[A]은?

<보기>



① 0.5

② 1

③ 2

④ 4

정답 3번

간단한 해설

브리지의 양쪽 저항비가 같아 **가운데 10 Ω 저항에는 전류가 흐르지 않는다**. 브리지의 합성저항은 2 Ω이므로 전체 저항은 5 Ω이고, 10 V 전원에서 흐르는 전류는 2 A이다.

계산 과정

1. 브리지의 평형 확인: 마름모 회로에서 왼쪽 위·아래 저항은 각각 2 Ω, 1 Ω이고, 오른쪽 위·아래 저항은 각각 4 Ω, 2 Ω이다. $\frac{2}{1} = \frac{4}{2}$이므로 브리지가 평형을 이룬다. 양쪽 가지에서 전압이 같은 비율로 나뉘어 **가운데 10 Ω 저항의 양 끝 전위가 같아지므로**, 이 저항에는 전류가 흐르지 않는다.

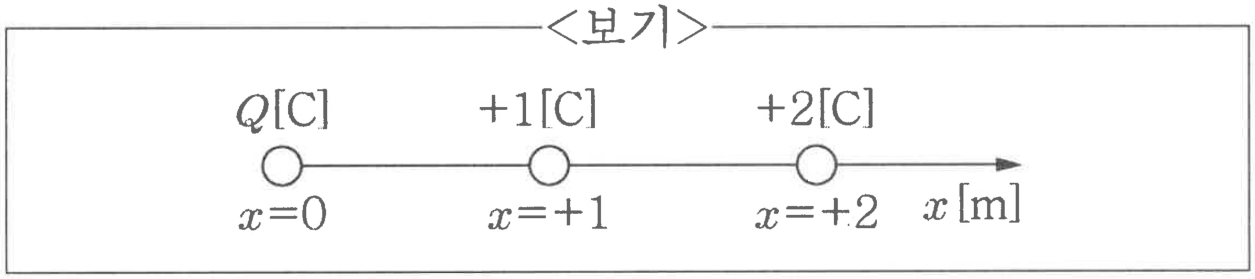
2. 브리지의 합성저항: 가운데 저항에 전류가 흐르지 않으므로 그 가지를 개방한 것처럼 계산한다. 왼쪽 가지는 2 + 1 = 3 Ω, 오른쪽 가지는 4 + 2 = 6 Ω이다. 두 가지는 마름모의 위·아래 두 접점에 함께 연결되어 있으므로 **서로 병렬**이다. 따라서 브리지의 합성저항은 $R_B = \frac{3 \cdot 6}{3+6} = 2\Omega$이다.

3. 전체 전류 계산: 위쪽의 3 Ω 저항은 브리지와 직렬이므로 전체 저항은 3 + 2 = 5 Ω이다. 표시된 전류 I는 가지로 나뉘기 전의 전체 전류이므로 전원 전압 10 V에 옴의 법칙을 적용한다. $I = \frac{10}{5} = 2\text{A}$이며, 이는 ③의 2 A에 해당한다.

NoteBase

문 15. <보기>와 같이 진공 중에 3개의 점전하 Q[C], +1[C], +2[C]가 각각 x=0[m], +1[m], +2[m]에 고정되어 있다. Q[C]가 +2[C]에 작용하는 전기력과 +1[C]이 +2[C]에 작용하는 전기력의 크기는 F[N]로 같고 방향은 반대일 때, Q[C]가 +1[C]에 작용하는 전기력의 크기[N]와 방향은?

<보기>



① 크기[N]: 2F, 방향: +x

② 크기[N]: 4F, 방향: +x

③ 크기[N]: 2F, 방향: −x

④ 크기[N]: 4F, 방향: −x

정답 3번

간단한 해설

Q가 +2 C에 미치는 힘은 왼쪽으로 끌어당기는 힘이므로 **Q는 음전하**이다. Q가 +1 C에 미치는 힘은 대상 전하량이 절반이고 거리가 절반이므로 크기가 **2F N**이며, 방향은 −x이다.

계산 과정

진공 중 두 점전하 사이의 전기력 크기는 쿨롱 법칙 $F_e = k\frac{|q_a q_b|}{r^2}$로 구한다. 여기서 k는 진공의 쿨롱 상수, q_a, q_b는 두 전하량, r은 전하 사이의 거리이다. 그림에서 Q와 +2 C 사이의 거리는 2 m, Q와 +1 C 사이의 거리는 1 m이다.

+1 C와 +2 C는 같은 부호이므로 서로 밀어낸다. 따라서 +1 C가 오른쪽의 +2 C에 미치는 힘은 +x 방향이다. Q가 +2 C에 미치는 힘은 이와 반대인 −x 방향이므로, +2 C를 원점 쪽으로 끌어당긴다. 즉, **Q는 음전하**이다.

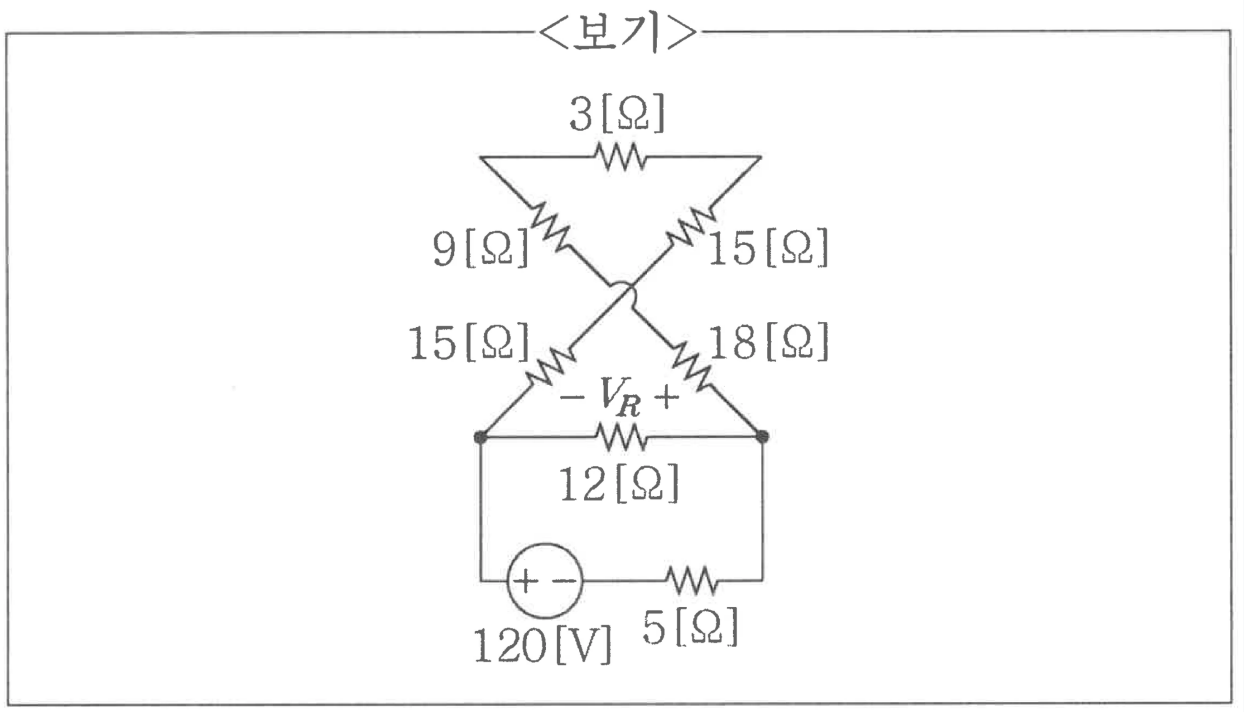
Q가 +1 C에 미치는 힘의 크기를 F'라 하자. Q가 +2 C에 미치는 힘 F와 비교하면, Q의 전하량은 그대로이고 대상 전하량은 2 C에서 1 C로 절반이 된다. 거리는 2 m에서 1 m로 절반이므로 **거리 제곱에 반비례하는 효과로 4배**가 된다. 따라서 $\frac{F'}{F} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2}{1}\right)^2 = 2$이다.

따라서 Q가 +1 C에 미치는 전기력의 크기는 2F N이다. 음전하 Q는 x = +1 m의 양전하를 원점 쪽으로 끌어당기므로 방향은 −x이며, 이는 ③의 크기와 방향에 해당한다.

NoteBase

문 16. <보기>의 회로에서 전압 V_R의 값[V]은?

<보기>



① -80

② -40

③ 40

④ 80

정답 1번

간단한 해설

위쪽의 다섯 저항은 직렬로 연결되어 60 Ω이고, 12 Ω과 병렬로 합성하면 10 Ω이다. 이 병렬 부분은 왼쪽 전위가 오른쪽보다 80 V 높지만, 표시된 전압은 **오른쪽이 +, 왼쪽이 −**이므로 $V_R = -80$ V이다.

NoteBase

계산 과정

회로 연결: 가운데 교차점의 도약 표시가 있는 두 전선은 **서로 접속되지 않는다**. 따라서 왼쪽 아래 단자에서 위쪽을 거쳐 오른쪽 아래 단자로 가는 경로의 15 Ω, 15 Ω, 3 Ω, 9 Ω, 18 Ω은 모두 직렬이다. 이 경로의 합성저항은 15 + 15 + 3 + 9 + 18 = 60 Ω이다.

부하 합성저항: 위쪽의 60 Ω 경로와 가운데 12 Ω 저항은 같은 두 단자에 연결되므로 **병렬**이다. 두 저항의 병렬 합성저항을 R_L이라 하면 $R_L = \frac{12 \cdot 60}{12 + 60} = 10\ \Omega$이다. 이 값은 전원이 바라보는 부하 전체의 저항이다.

전원 전류: 5 Ω 저항은 부하의 병렬 분기 바깥에 있으므로 합성저항 10 Ω과 직렬이다. 전체 저항은 5 + 10 = 15 Ω이고, 옴의 법칙에 따라 전원 전류는 $I = \frac{120}{15} = 8\ \text{A}$이다. 이 전류는 5 Ω을 통과한 뒤 부하의 두 경로로 나뉜다.

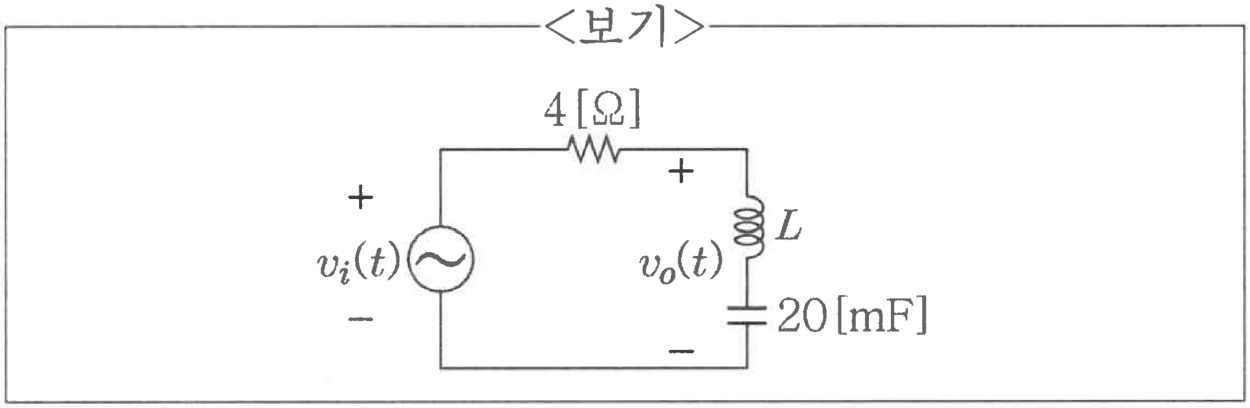
부하 양단 전압: 5 Ω에서의 전압 강하는 $8 \times 5 = 40\ \text{V}$이므로, 부하 양단에는 $120 - 40 = 80\ \text{V}$가 걸린다. 12 Ω도 부하의 두 단자에 직접 연결되어 있으므로 양단 전압의 크기는 80 V이다. 전원의 +극에 연결된 **왼쪽 단자의 전위가 더 높다**.

전압의 부호: 그림의 V_R은 오른쪽에 +, 왼쪽에 −가 표시되어 있으므로 오른쪽 전위에서 왼쪽 전위를 뺀 값이다. 따라서 $V_R = -80\ \text{V}$이며, 이는 ①의 −80 V에 해당한다.

NoteBase

문 17. <보기>의 회로에서 전원 전압 $v_i(t) = 20\cos 5t$[V]일 때, 정상상태에서 $v_o(t) = 0$[V]이 되는 인덕턴스 L의 값[H]은?

<보기>



① 2

② 5

③ 10

④ 20

정답 1번

간단한 해설

출력은 인덕터와 커패시터의 합성 전압이므로, **두 리액턴스가 상쇄되는 직렬 공진**에서 0 V가 된다. 각주파수 5 rad/s와 정전용량 0.020 F를 적용하면 L = 2 H이다.

NoteBase

계산 과정

회로는 4 Ω 저항, 인덕터 L, 정전용량 C = 20 mF = 0.020 F인 커패시터가 직렬로 연결되어 있다. 출력 $v_o(t)$는 **인덕터와 커패시터 전체의 양단 전압**이다. 전원 $v_i(t) = 20\cos 5t$ V에서 각주파수는 $\omega = 5$ rad/s이다.

정현파 정상상태에서 인덕터와 커패시터의 임피던스는 각각 $j\omega L$, $-j/(\omega C)$이다. 두 소자에는 같은 전류가 흐르고 전압의 위상은 서로 반대이므로, 합성 전압이 0이 되려면 **유도성 리액턴스와 용량성 리액턴스의 크기가 같아야 한다**. 즉, $\omega L = \frac{1}{\omega C}$인 직렬 공진 조건을 적용한다. 이때 회로에는 4 Ω의 저항이 남으므로 전류가 0이 되는 것은 아니다.

커패시터의 용량성 리액턴스 크기는 $X_C = \frac{1}{5 \cdot 0.020} = 10\Omega$이다. 따라서 인덕터의 유도성 리액턴스도 10 Ω이어야 하며, $5L = 10$에서 $L = \frac{10}{5} = 2\text{H}$를 얻는다.

따라서 필요한 인덕턴스는 2 H이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 전류와 자기장에 의해 전도체 물질에 나타나는 효과로, 전류가 흐르는 전기 전도체에 수직한 방향으로 자기장이 걸릴 때, 전류와 자기장의 방향에 수직한 방향으로 전위차가 발생하는 현상은?

① 펠티에 효과

② 톰슨 효과

③ 제베크 효과

④ 홀 효과

정답 4번

간단한 해설

전류가 흐르는 전도체에 자기장을 걸었을 때, **전류와 자기장 모두에 수직한 방향으로 전위차**가 생기는 현상을 홀 효과라고 한다. 이동하는 전하가 자기력을 받아 전도체의 한쪽으로 치우치기 때문에 나타난다.

개념 구분

홀 효과: 전도체 안에서 이동하는 전하는 자기장에 의해 운동 방향과 자기장 모두에 수직인 방향으로 힘을 받는다. 이 자기력으로 전하가 한쪽에 쌓이면 양쪽 사이에 전기장이 형성되고, 전하의 치우침을 막는 전기력이 자기력과 평형을 이룬다. 이때 생기는 **전류와 자기장에 수직한 방향의 전위차**가 홀 전압이다. 문제에서 제시한 현상은 ④의 홀 효과에 해당한다.

열전 효과와의 구분: 펠티에 효과는 서로 다른 두 물질의 접합부에 전류가 흐를 때 열을 흡수하거나 방출하는 현상이다. 톰슨 효과는 온도 차가 있는 도체에 전류가 흐를 때 줄열과 별도로 열을 흡수하거나 방출하는 현상이다. 제베크 효과는 서로 다른 두 물질로 만든 회로의 두 접합부 사이에 온도 차를 주면 기전력이 발생하는 현상이다. 이들은 **열과 전기 사이의 관계**를 다루며, 자기력으로 전하가 치우쳐 생기는 홀 효과와 구별된다.

NoteBase

문 19. $R-L$ **직렬회로에서 코일의 권선수는 100, 저항은 5[Ω]이다. 전류 100[A]를 흘릴 때 자속** $\phi = 5 \times 10^{-2}$**[wb]이라면, 이 회로의 시정수[s]는?**

① 0.01

② 0.1

③ 0.15

④ 0.5

정답 1번

간단한 해설

코일의 인덕턴스는 **권선수를 곱한 쇄교자속**을 전류로 나눈 값이므로 0.05 H이다. 이를 R-L 직렬회로의 시정수 관계 $\tau = \frac{L}{R}$에 적용하면 0.01 s가 된다.

계산 과정

주어진 값은 권선수 N = 100, 저항 R = 5 Ω, 전류 I = 100 A, 자속 $\phi = 5 \times 10^{-2}\text{Wb} = 0.05\text{Wb}$이다. 먼저 자속과 전류의 관계에서 코일의 인덕턴스 L을 구한 뒤, 저항과 함께 시정수를 계산한다.

각 권선에 같은 자속이 쇄교하면 코일 전체의 **쇄교자속은 자속의 N배**이다. 인덕턴스가 일정한 코일에서는 $N\phi = LI$이므로 다음과 같다.
$L = \frac{N\phi}{I} = \frac{100 \times 0.05}{100} = 0.05\text{H}$
이는 코일의 인덕턴스가 50 mH라는 뜻이다.

인덕턴스가 일정한 R-L 직렬회로의 시정수는 $\tau = \frac{L}{R}$이다. 인덕턴스가 클수록 전류 변화가 느려지고, 같은 인덕턴스에서 저항이 클수록 시정수는 작아진다.
$\tau = \frac{0.05}{5} = 0.01\text{s}$

따라서 시정수는 0.01 s이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 교류 전원이 병렬 부하 $Z_1 = 1 + j2[\Omega]$와 $Z_2 = 10[\Omega]$에 전력을 공급할 때, Z_1에서 소비되는 유효전력 (P_1)과 Z_2에서 소비되는 유효전력 (P_2)의 비 ($P_1 : P_2$)는?

① 1 : 2

② 2 : 1

③ 1 : 4

④ 4 : 1

정답 2번

간단한 해설

병렬 부하에는 **같은 전압**이 걸리므로 유효전력은 $\frac{R}{R^2+X^2}$에 비례한다. 이 값이 각각 $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$이므로, P_1은 P_2의 2배이다.

계산 과정

병렬로 연결된 두 부하의 전압 실횻값을 V라 하면, 두 부하에는 **동일한 전압**이 걸린다. 임피던스가 $Z = R + jX$인 부하에서 R은 저항, X는 리액턴스이며, 전류 실횻값은 $I = \frac{V}{\sqrt{R^2+X^2}}$이다. 유효전력은 저항에서 소비되므로 $P = I^2R = \frac{V^2R}{R^2+X^2}$로 구한다.

$Z_1 = 1 + j2\ \Omega$에서는 저항이 1 Ω, 리액턴스가 2 Ω이다. 따라서 $P_1 = \frac{V^2 \cdot 1}{1^2+2^2} = \frac{V^2}{5}$이다. 분모의 5는 **임피던스 크기의 제곱**이며, 저항값 1만으로 전류를 계산하면 리액턴스의 영향을 빠뜨리게 된다.

$Z_2 = 10\ \Omega$은 리액턴스가 없는 순저항 부하이므로 $P_2 = \frac{V^2}{10}$이다. 전압을 V 단위로 대입하면 두 유효전력의 단위는 W이다.

두 전력의 비에서는 공통인 전압의 제곱이 소거된다. 따라서 $P_1 : P_2 = \frac{V^2}{5} : \frac{V^2}{10} = 2 : 1$이며, 이는 ②의 2 : 1에 해당한다.

NoteBase