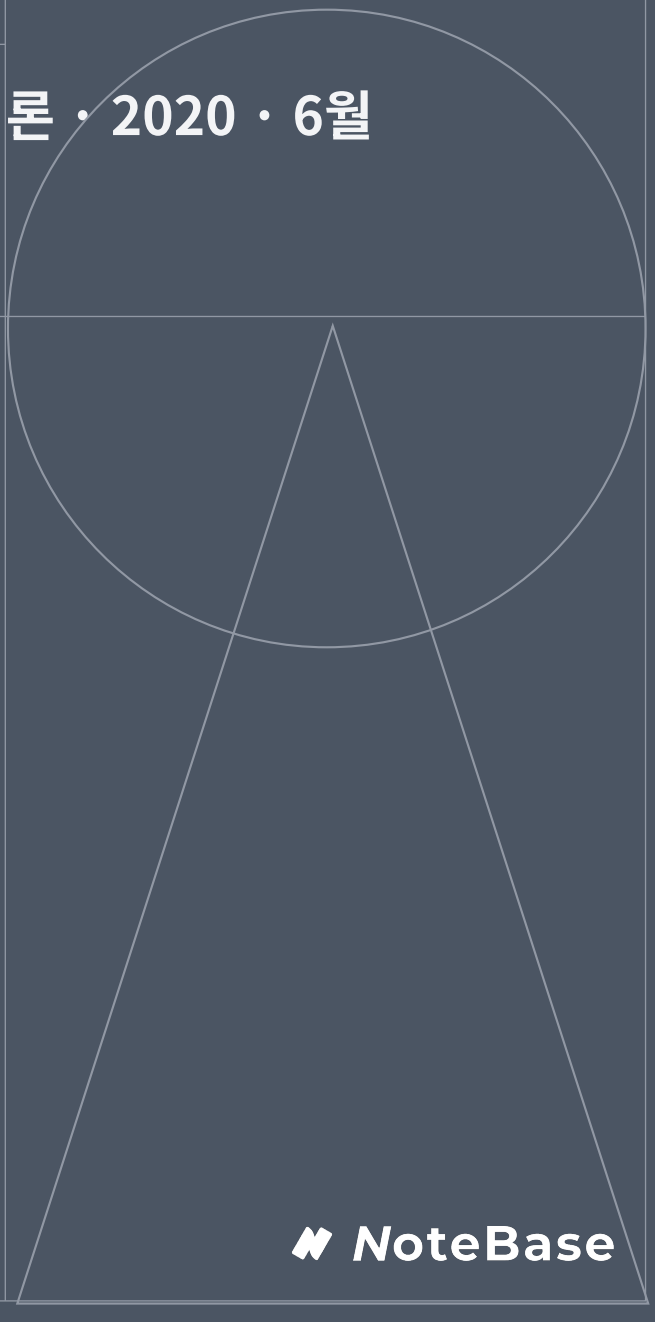
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2020 · 6월



NoteBase

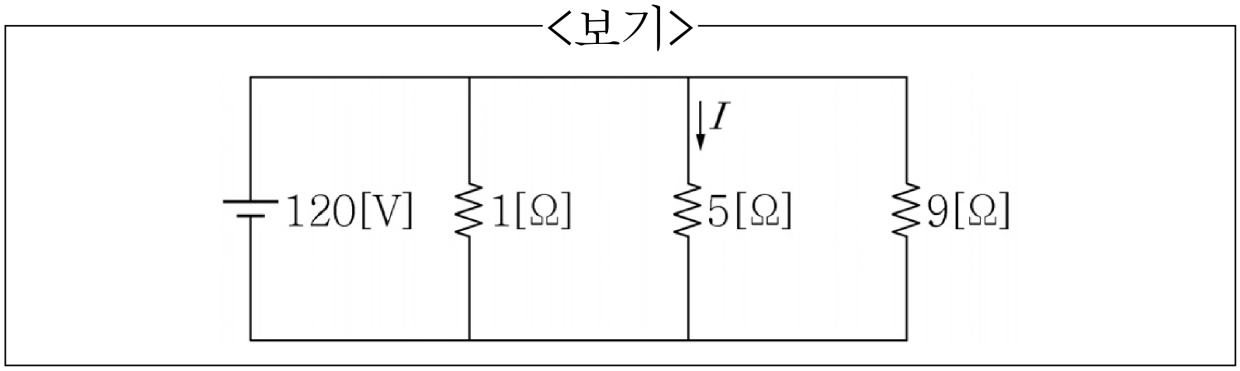
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2020 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2020 · 6월

문 1. <보기>와 같이 1 [Ω], 5 [Ω], 9 [Ω]의 저항 3개를 병렬로 접속하고 120 [V]의 전압을 인가할 때, 5 [Ω]의 저항에 흐르는 전류 I [A]는?

<보기>



① 20 [A]

② 24 [A]

③ 40 [A]

④ 48 [A]

정답 2번

간단한 해설

병렬로 연결된 각 저항에는 **전원과 같은 120 V**가 걸린다. 따라서 5 Ω 저항의 전류는 옴의 법칙에 따라 $I = \frac{120}{5} = 24\text{A}$이다.

계산 과정

그림에서 1 Ω, 5 Ω, 9 Ω 저항은 모두 위쪽 도선과 아래쪽 도선 사이에 연결되어 있다. 병렬회로에서는 각 저항의 양 끝이 같은 두 접점에 연결되므로 **각 저항에 걸리는 전압이 전원 전압과 같다**. 따라서 5 Ω 저항 양단의 전압 V는 120 V이다.

구하는 전류 I는 5 Ω 저항을 흐르는 가지 전류이다. 저항 R에 걸리는 전압이 V일 때 옴의 법칙은 $I = \frac{V}{R}$이므로, 해당 가지의 전압과 저항을 대입하면 $I = \frac{120}{5} = 24\text{A}$이다. 이 값은 ②의 24 A와 일치한다.

NoteBase

문 2. 전원과 부하가 모두 △결선된 3상 평형 회로가 있다. 전원 전압이 80[V], 부하 임피던스가 3+j4[Ω]인 경우 선전류[A]의 크기는?

① $4\sqrt{3}$ [A]
② $8\sqrt{3}$ [A]
③ $12\sqrt{3}$ [A]
④ $16\sqrt{3}$ [A]

정답 4번

간단한 해설

△결선에서는 **상전압과 선간전압이 같고**, 평형 부하의 선전류 크기는 **상전류 크기의 $\sqrt{3}$배**이다. 부하 임피던스의 크기가 5 Ω이므로 상전류는 16 A, 선전류는 $16\sqrt{3}$ A이다.

계산 과정

상전압: △결선의 각 부하 임피던스는 두 선 사이에 연결되므로 **상전압은 선간전압과 같다**. 따라서 부하 한 상에 걸리는 전압은 $V_\phi = 80\text{V}$이다.

임피던스의 크기: 한 상의 부하 임피던스는 $Z = 3 + j4\Omega$이다. 전압과 전류의 크기 관계에는 복소수 임피던스의 크기를 사용하므로 $|Z| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\Omega$이다.

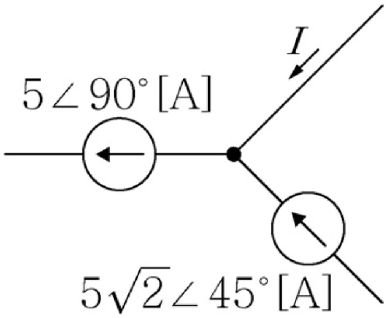
상전류: 각 부하 임피던스에 흐르는 전류가 상전류이다. 교류 회로의 옴의 법칙을 적용하면 그 크기는 $I_\phi = \frac{V_\phi}{|Z|} = \frac{80}{5} = 16\text{A}$이다.

선전류: △결선에서 한 선에 흐르는 전류는 그 선에 접속된 두 상전류의 벡터 차이다. **평형 3상에서는 두 상전류의 크기가 같고 위상차가 120°**이므로 선전류의 크기는 상전류 크기의 $\sqrt{3}$배가 된다. 따라서 $I_L = \sqrt{3} I_\phi = 16\sqrt{3}\text{A}$ 이며, 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 1개의 노드에 연결된 3개의 전류가 <보기>와 같을 때 전류 /[A]는?

<보기>



① −5 [A]

② 5 [A]

③ 5−j5 [A]

④ 5+j5 [A]

정답 1번

간단한 해설

키르히호프 전류법칙에 따라 **유입 전류의 합과 유출 전류의 합**이 같아야 한다. 주어진 두 전류의 허수부가 상쇄되어 I = −5 A이며, 음의 부호는 표시된 화살표와 반대 방향임을 뜻한다.

계산 과정

그림에서 왼쪽의 전류는 노드에서 나가고, 오른쪽 아래의 전류와 I는 노드로 들어온다. 노드에 전하가 축적되지 않으므로 **들어오는 전류의 합은 나가는 전류의 합과 같다**. 이 관계는 교류 전류의 페이저에도 적용한다.

페이저는 크기와 위상을 나타내며, 더하거나 뺄 때는 직교형으로 바꾼다. 실수부는 크기에 위상각의 코사인을 곱하고, 허수부는 크기에 사인을 곱해 구한다. 여기서 j는 $j^2 = -1$인 허수 단위이다. 왼쪽 전류는 $5\angle 90^\circ = j5$ A이고, 오른쪽 아래 전류는 $5\sqrt{2}\angle 45^\circ = 5 + j5$ A이다.

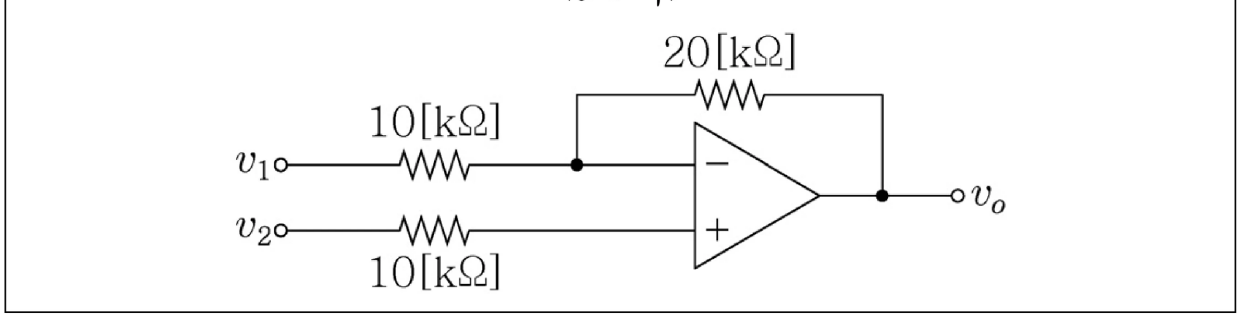
유입 전류를 왼쪽에, 유출 전류를 오른쪽에 놓으면 $I + (5 + j5) = j5$이다. 따라서 $I = j5 - (5 + j5) = -5$ A가 된다. 허수부 j5는 서로 상쇄되고 실수부 −5만 남는다.

따라서 I = −5 A로 ①의 값과 일치한다. **음의 부호는 기준 화살표와 반대 방향**임을 나타내므로, 이 전류는 노드에서 오른쪽 위로 나가는 방향으로 5 A이다.

NoteBase

문 4. <보기>는 이상적인 연산증폭기를 사용하는 회로이다. 두 입력 v_1과 v_2를 가할 때 출력 v□ [V]은?

<보기>



① $v_1 + v_2$ [V]
② $2v_1 + 2v_2$ [V]
③ $-2v_1 + 3v_2$ [V]
④ $2v_1 + 3v_2$ [V]

정답 3번

간단한 해설

이상적인 연산증폭기의 입력 전류는 0이므로 비반전 입력 쪽 10 kΩ 저항에는 전압 강하가 없다. 음의 되먹임에 의해 **두 입력 단자의 전압이 모두** v_2가 되며, 이를 반전 입력의 전류식에 적용하면 출력은 $v_o = -2v_1 + 3v_2$ [V]이다.

계산 과정

입력 단자의 전압을 각각 v_+, v_-라 하자. 이상적인 연산증폭기는 **입력 전류가 0**이고, 음의 되먹임이 걸린 선형 동작 상태에서는 $v_- = v_+$이다. 비반전 입력에 연결된 10 kΩ 저항에도 전류가 흐르지 않으므로 전압 강하가 0이다. 따라서 $v_+ = v_2$이고, 반전 입력의 전압도 $v_- = v_2$가 된다.

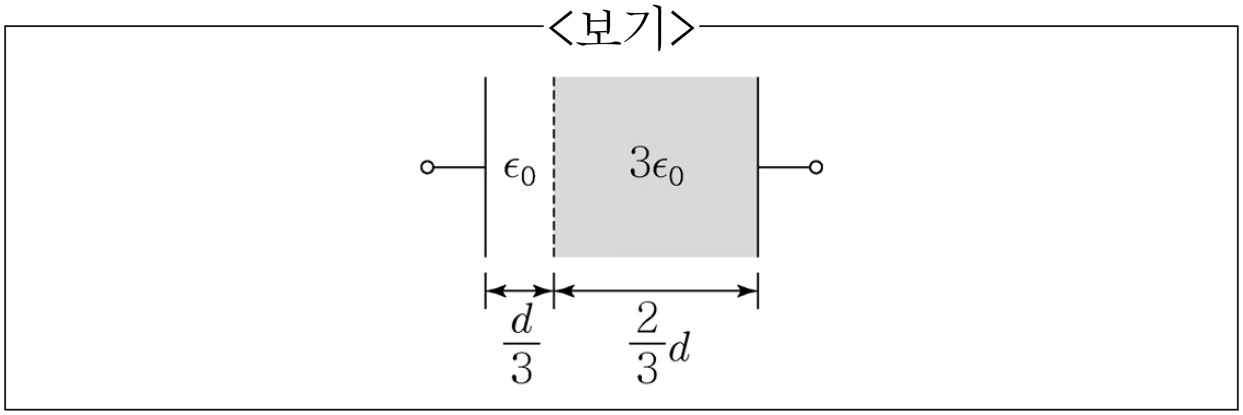
반전 입력의 접속점에는 입력 쪽 10 kΩ 저항과 출력 쪽 20 kΩ 되먹임 저항이 연결되어 있다. 이 접속점으로 들어오는 방향을 기준으로 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $\frac{v_1 - v_2}{10\text{k}\Omega} + \frac{v_o - v_2}{20\text{k}\Omega} = 0$이다. 연산증폭기 입력으로는 전류가 흐르지 않으므로 **두 저항을 통한 전류의 대수합이 0**이 된다.

전류식의 양변에 20 kΩ을 곱하면 $2(v_1 - v_2) + (v_o - v_2) = 0$이다. 이를 출력 전압에 대해 정리하면 $v_o = -2v_1 + 3v_2$ [V]이다. 즉, 입력 v_1에는 −2배, 입력 v_2에는 3배의 전압 이득이 적용되며, 이 식은 ③과 일치한다.

NoteBase

문 5. 유전율이 ε_0, 극판 사이의 간격이 d, 정전용량이 1[F]인 커패시터가 있다. <보기>와 같이 극판 사이에 평행으로 유전율이 $3\varepsilon_0$인 물질을 2d/3 두께를 갖도록 삽입했을 때, 커패시터의 정전용량[F]은?

<보기>



① 1.5[F]

② 1.8[F]

③ 2[F]

④ 2.3[F]

정답 2번

간단한 해설

두 유전체 층이 **전기장 방향으로 이어져 있으므로 직렬 연결**로 계산한다. 각 층의 정전용량은 3 F와 4.5 F이며, 이를 직렬 합성하면 전체 정전용량은 1.8 F이다.

계산 과정

극판 면적을 A, 삽입 전 정전용량을 C_0라 하자. 가장자리 효과를 무시한 평행판 커패시터의 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon A}{\ell}$이며, 여기서 ℓ은 전기장 방향의 층 두께이다. 삽입 전에는 $C_0 = \frac{\varepsilon_0 A}{d} = 1\mathrm{F}$이다.

그림에서 유전율이 ε_0인 층의 두께는 $d/3$, 유전율이 $3\varepsilon_0$인 층의 두께는 $2d/3$이다. 두 층의 면적은 모두 A이므로, 첫째 층은 $C_1 = \frac{\varepsilon_0 A}{d/3} = 3C_0$에서 3 F이다. 둘째 층은 $C_2 = \frac{3\varepsilon_0 A}{2d/3} = \frac{9}{2}C_0$에서 4.5 F이다.

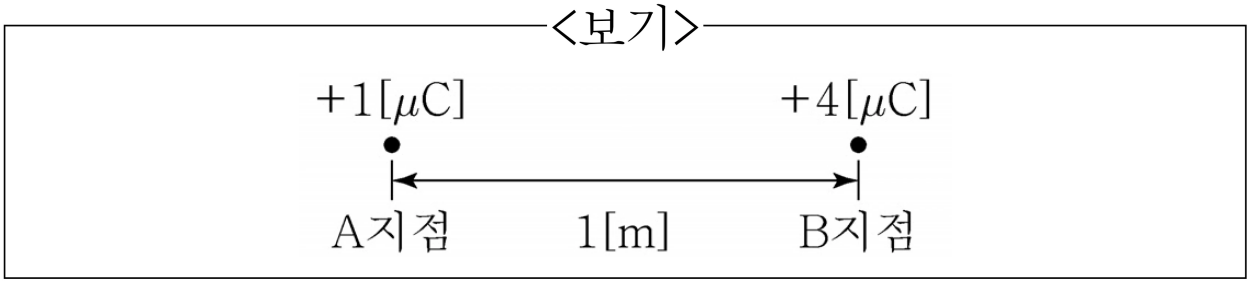
두 층은 극판 면적을 나누는 것이 아니라 **극판 사이의 두께를 나누어 차지**한다. 두 층을 등가 커패시터로 보면 전하량의 크기는 같고 전체 전압은 각 층 전압의 합이므로 직렬 연결 관계를 적용한다. 따라서 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$이고, 수치를 대입하면 $\frac{1}{C} = \left(\frac{1}{3} + \frac{2}{9}\right)\mathrm{F}^{-1} = \frac{5}{9}\mathrm{F}^{-1}$이다.

역수를 취하면 $C = \frac{9}{5}\mathrm{F} = 1.8\mathrm{F}$이므로 ②의 1.8 F에 해당한다.

NoteBase

문 6. <보기>와 같이 2개의 점전하 +1[μC]과 +4[μC]이 1[m] 떨어져 있을 때, 두 전하가 발생시키는 전계의 세기가 같아지는 지점은?

<보기>



① A지점에서 오른쪽으로 0.2[m] 지점

② A지점에서 오른쪽으로 0.5[m] 지점

③ A지점에서 왼쪽으로 0.5[m] 지점

④ A지점에서 왼쪽으로 1[m] 지점

정답 4번

간단한 해설

점전하의 전계 크기는 **거리의 제곱에 반비례**하므로, 전하량이 4배인 B까지의 거리가 A까지의 거리의 2배이면 두 전계의 크기가 같다. A 왼쪽 1 m 지점에서는 A와 B까지의 거리가 각각 1 m, 2 m여서 이 조건을 만족한다.

계산 과정

전하량이 Q인 점전하에서 거리 r만큼 떨어진 곳의 전계 크기는 $E = k\frac{|Q|}{r^2}$이다. k는 같은 매질에서 공통으로 적용되는 비례상수이다. 그림에서 A의 전하량은 +1 μC, B의 전하량은 +4 μC이고, 두 점 사이의 거리는 1 m이다.

A와 B에서 구하는 지점까지의 거리를 각각 r_A, r_B라 하면, 전계 크기가 같은 조건은 $\frac{1}{r_A^2} = \frac{4}{r_B^2}$이다. 공통인 k와 전하량의 단위 환산 인자가 소거되므로 전하량의 비 1:4를 그대로 쓸 수 있다. 거리는 양수이므로 $r_B = 2r_A$이다. 즉, **전하량이 큰 B에서 2배 더 멀리** 떨어져 있어야 한다.

A 왼쪽으로 x m인 지점을 생각하면 A까지의 거리는 x m, B까지의 거리는 (x + 1) m이다. 거리 조건에 대입하면 $x + 1 = 2x$이므로 $x = 1$이다. 이 지점에서 두 전계는 모두 양전하에서 멀어지는 왼쪽 방향이며, B의 전하량이 4배인 효과와 거리가 2배인 효과가 상쇄된다.

두 전하 사이에서는 A에서 오른쪽으로 $\frac{1}{3}$m인 지점에서도 크기가 같지만, 두 전계의 방향은 서로 반대이며 이 위치는 선지에 없다. 제시된 선지 중 조건을 만족하는 위치는 **A지점에서 왼쪽으로 1 m**인 ④이다.

NoteBase

문 7. 교류 회로의 전압과 전류의 실효값이 각각 50 [V], 20 [A]이고 역률이 0.8일 때, 소비전력 [W]은?

① 200 [W]

② 400 [W]

③ 600 [W]

④ 800 [W]

정답 4번

간단한 해설

교류 회로의 소비전력은 전압과 전류의 실효값을 곱한 값에 **역률을 곱한 유효전력**이다. 따라서 소비전력은 50 × 20 × 0.8 = 800 W이다.

계산 과정

주어진 전압과 전류는 실효값으로 각각 V = 50 V, I = 20 A이며, 역률은 0.8이다. 구하려는 소비전력은 실제로 소비되는 평균 전력인 유효전력 P이다.

전압과 전류의 실효값을 곱하면 피상전력 S가 된다. 따라서 $S = VI$에 따라 S = 50 × 20 = 1,000 VA이다. 이 값은 **역률을 반영하기 전의 피상전력**이므로 소비전력과 구별한다.

역률은 피상전력에 대한 유효전력의 비율이므로 **피상전력에 역률을 곱하면 유효전력**이 된다. 역률을 λ라 하면 $P = S\lambda = VI\lambda$이므로 P = 1,000 × 0.8 = 800 W이다. 이는 ④의 800 W와 일치한다.

NoteBase

문 8. 무한히 긴 2개의 직선 도체가 공기 중에서 5[cm]의 거리를 두고 평행하게 놓여져 있다. 두 도체에 각각 전류 20[A], 30[A]가 같은 방향으로 흐를 때, 도체 사이에 작용하는 단위 길이당 힘의 크기[N/m]는?

① 2.4×10^{-3} [N/m]

② 15×10^{-3} [N/m]

③ 3.8×10^{3} [N/m]

④ 12×10^{3} [N/m]

정답 1번

간단한 해설

평행한 두 직선 도체 사이의 단위 길이당 힘은 **전류의 곱에 비례하고 거리에 반비례**한다. 간격 5 cm를 0.05 m로 바꾸어 계산하면 힘의 크기는 0.0024 N/m이다.

계산 과정

두 전류를 $I_1 = 20\text{A}$, $I_2 = 30\text{A}$라 하고, 도체 사이 거리를 d라 하면 d = 5 cm = 0.05 m이다. 공기의 투자율은 진공과 거의 같으므로 $\mu_0 \simeq 4\pi \times 10^{-7}\text{H/m}$를 사용한다.

무한히 긴 직선 도체가 거리 d인 곳에 만드는 자기장은 $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$이다. 따라서 첫 번째 도체가 **두 번째 도체의 위치에 만드는 자기장**은 $B_1 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \cdot 20}{2\pi \cdot 0.05}$이며, 그 크기는 $8 \times 10^{-5}\text{T}$이다.

이 자기장은 두 번째 도체의 전류 방향과 수직이므로, 길이 l인 부분에 작용하는 힘은 $F = I_2 l B_1$이다. 따라서 **단위 길이당 힘**은 $\frac{F}{l} = I_2 B_1$이고, $30 \cdot 8 \times 10^{-5} = 2.4 \times 10^{-3}$이므로 그 크기는 $2.4 \times 10^{-3}\text{N/m}$이다.

전류가 같은 방향으로 흐르므로 두 도체는 서로 끌어당긴다. 구한 힘의 크기 $2.4 \times 10^{-3}\text{N/m}$는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 처음 정전용량이 2[F]인 평행판 커패시터가 있다. 정전용량을 6[F]으로 변경하기 위한 방법으로 가장 옳지 않은 것은?

① 극판 사이의 간격을 1/3배로 한다.

② 판의 면적을 3배로 한다.

③ 극판 사이의 간격을 1/2배로 하고, 판의 면적을 2배로 한다.

④ 극판 사이의 간격을 1/4배로 하고, 판의 면적을 3/4배로 한다.

정답 3번

간단한 해설

평행판 커패시터의 정전용량은 **극판 면적에 비례하고 극판 간격에 반비례**한다. ③처럼 간격을 1/2배로 줄이고 면적을 2배로 늘리면 정전용량은 4배인 8 F가 되어 목표인 6 F와 다르다.

계산 과정

평행판 커패시터의 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon A}{d}$이다. 여기서 ε은 극판 사이 물질의 유전율, A는 서로 마주 보는 극판의 면적, d는 극판 사이의 간격이다. 가장자리 효과를 무시하고 **유전율이 변하지 않는 조건**에서 면적과 간격의 변화만 계산한다.

필요한 정전용량의 배율은 $\frac{6}{2} = 3$이다. 면적을 a배, 간격을 b배로 바꾸면 변경 후 정전용량은 $C' = \frac{a}{b}C$이므로, **면적의 배율을 간격의 배율로 나눈 값**이 3이어야 한다.

① 간격만 1/3배: 면적의 배율은 1이므로 정전용량의 배율은 $\frac{1}{1/3} = 3$이다. 따라서 $2 \times 3 = 6$ F가 된다.

② 면적만 3배: 간격의 배율은 1이므로 정전용량의 배율은 $\frac{3}{1} = 3$이다. 따라서 $2 \times 3 = 6$ F가 된다.

③ 간격 1/2배, 면적 2배: 간격을 절반으로 줄이는 효과와 면적을 두 배로 늘리는 효과가 함께 작용한다. 정전용량의 배율은 $\frac{2}{1/2} = 4$이고, 변경 후 정전용량은 $2 \times 4 = 8$ F이다.

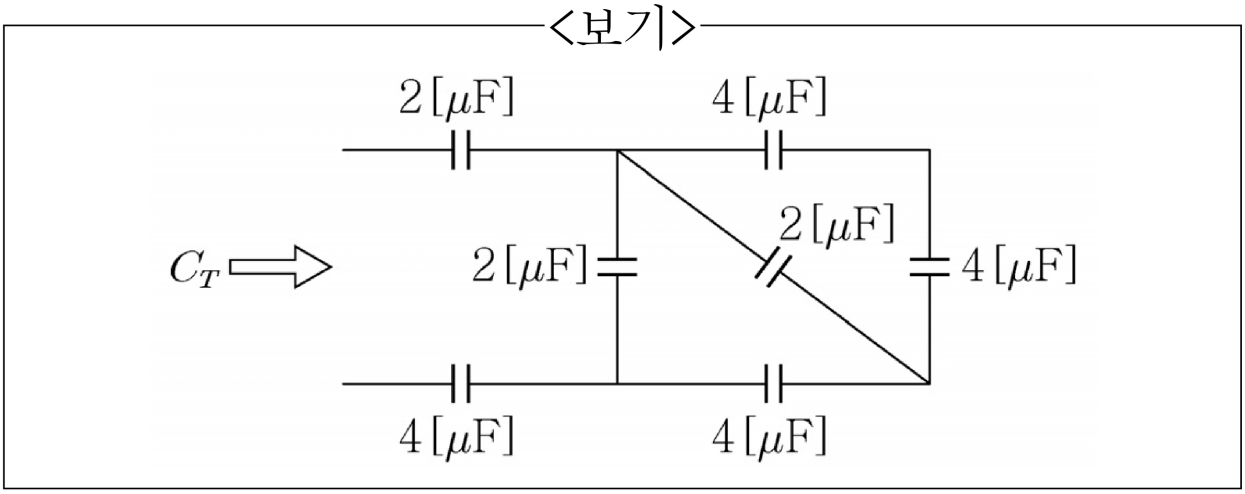
④ 간격 1/4배, 면적 3/4배: 정전용량의 배율은 $\frac{3/4}{1/4} = 3$이다. 면적 감소로 정전용량이 줄어드는 효과보다 간격 감소로 늘어나는 효과가 커서, 최종적으로 $2 \times 3 = 6$ F가 된다.

①·②·④는 정전용량을 6 F로 바꾸지만, ③의 방법은 8 F로 바꾸므로 6 F로 변경하는 방법에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 10. 여러 개의 커패시터가 <보기>의 회로와 같이 연결되어 있다. 전체 등가용량 C_T[μF]은?

<보기>



① 1 [μF]

② 2 [μF]

③ 3 [μF]

④ 4 [μF]

정답 1번

간단한 해설

오른쪽 회로를 차례로 합성하면 중앙 위·아래 접속점 사이의 등가용량은 4 μF이다. 이것이 왼쪽의 2 μF, 4 μF와 **직렬로 연결**되므로 전체 등가용량은 1 μF이다.

NoteBase

계산 과정

중앙 위 접속점을 A, 중앙 아래 접속점을 B, 오른쪽 아래 접속점을 C라 하자. 구하려는 값은 왼쪽 두 단자에서 본 전체 등가용량이다. 커패시터의 직렬 연결은 각 커패시터에 저장되는 전하량의 크기가 같고 전압이 더해지므로 용량의 역수를 더한다. 병렬 연결은 양단 전압이 같고 전하량이 더해지므로 용량을 더한다.

① 오른쪽 위·세로의 4 μF 두 개: 두 커패시터 사이의 오른쪽 위 접속점에는 **다른 가지가 없으므로 직렬**이다. 이 경로는 A와 C를 연결하며, 등가용량은 $C_1 = \frac{4 \cdot 4}{4+4} = 2\mu\text{F}$이다.

② 대각선의 2 μF와 합성: 대각선 커패시터도 A와 C를 연결하므로, 앞에서 구한 2 μF와 **양 끝 접속점이 같은 병렬**이다. 따라서 A–C 사이의 등가용량은 $C_2 = 2 + 2 = 4\mu\text{F}$이다.

③ 오른쪽 아래의 4 μF와 합성: A–C 구간을 하나의 4 μF로 바꾸면 C에는 이 커패시터와 아래쪽 4 μF만 연결된다. 따라서 두 용량은 직렬이며, A에서 C를 거쳐 B로 가는 경로의 등가용량은 $C_3 = \frac{4 \cdot 4}{4+4} = 2\mu\text{F}$이다.

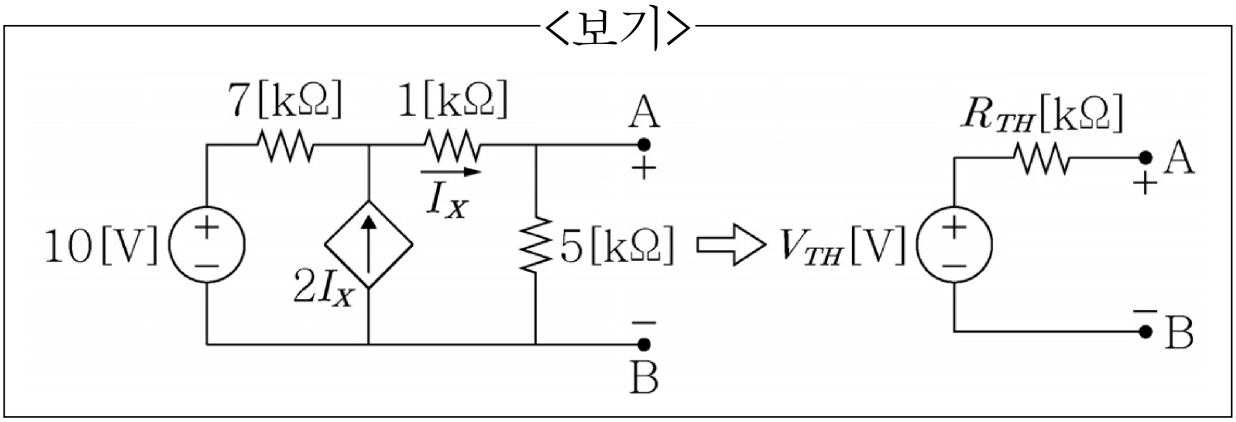
④ 중앙 세로의 2 μF와 합성: 중앙 세로 커패시터와 앞에서 구한 경로는 모두 A와 B 사이에 연결되어 병렬이다. 따라서 중앙 위·아래 접속점 사이의 등가용량은 $C_{AB} = 2 + 2 = 4\mu\text{F}$이다.

⑤ 전체 등가용량: 이제 왼쪽 위의 2 μF, A–B 사이의 4 μF, 왼쪽 아래의 4 μF가 하나의 경로를 이루므로 **세 용량은 직렬**이다. 따라서 $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = 1(\mu\text{F})^{-1}$이고, $C_T = 1\mu\text{F}$이다. 이는 ①의 1 μF와 일치한다.

NoteBase

문 11. <보기>의 회로에서 단자 A, B에서 본 테브난(Thevenin) 등가회로를 구했을 때, 테브난 등가저항 R_{TH} [kΩ]은?

<보기>



① 10 [kΩ]

② 20 [kΩ]

③ 30 [kΩ]

④ 40 [kΩ]

정답 3번

간단한 해설

종속 전원이 있는 회로에서는 **독립 전원만 제거하고 종속 전원은 유지**한 채 단자에 시험전원을 연결한다. A–B에 시험전압 30 V를 걸면 회로로 들어가는 전류가 1 mA이므로 테브난 등가저항은 30 kΩ이다.

NoteBase

계산 과정

1. 시험전원 연결: 테브난 등가저항은 독립 전원을 제거한 회로의 단자에서 본 저항이다. 10 V 독립 전압원은 전압을 0으로 하여 단락하고, **종속 전류원 $2I_X$는 그대로 유지**한다. B를 기준 전위 0 V로 잡고, 계산 편의를 위해 A에 시험전압 30 V를 인가한다. 7 kΩ·1 kΩ·종속 전류원이 만나는 접점의 전위를 V_C, 시험전원에서 A로 들어가는 전류를 I_T라 둔다.

2. 중간 접점의 전위와 제어전류: 그림의 I_X는 중간 접점에서 A로 흐르는 방향이므로 $I_X = \frac{V_C - 30\text{V}}{1\text{k}\Omega}$이다. 전압원을 단락했으므로 7 kΩ의 다른 쪽은 B와 연결된다. 중간 접점에서 나가는 전류는 7 kΩ 전류와 I_X, 들어오는 전류는 $2I_X$이므로 $\frac{V_C}{7\text{k}\Omega} + I_X = 2I_X$이다. 따라서 $\frac{V_C}{7\text{k}\Omega} = \frac{V_C - 30\text{V}}{1\text{k}\Omega}$를 풀면 $V_C = 35\text{V}$이고, $I_X = \frac{35-30}{1}\text{mA} = 5\text{mA}$이다.

3. 시험전류 계산: A에서 B로 5 kΩ을 통해 흐르는 전류는 $\frac{30}{5}\text{mA} = 6\text{mA}$이다. 반면 1 kΩ을 흐르는 5 mA는 **중간 접점에서 A로 들어오는 전류**이다. 따라서 A에서 전류의 유입과 유출을 맞추면 $I_T + 5\text{mA} = 6\text{mA}$이므로 $I_T = 1\text{mA}$이다.

4. 등가저항: 시험전압을 회로로 들어가는 시험전류로 나누면 $R_{TH} = \frac{30\text{V}}{1\text{mA}} = 30\text{k}\Omega$이다. 이는 ③의 30 kΩ과 일치한다.

NoteBase

문 12. 균일하게 대전되어 있는 무한길이 직선전하가 있다. 이 선으로부터 수직 거리 r만큼 떨어진 점의 전계 세기에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① r에 비례한다.

② r에 반비례한다.

③ r^2에 비례한다.

④ r^2에 반비례한다.

정답 2번

간단한 해설

무한 직선전하에서는 같은 길이의 원통면을 지나는 전기선속이 일정하고, 원통 옆면의 넓이는 r에 비례한다. 따라서 전계 세기는 **수직 거리 r에 반비례**한다.

공통 해설

선전하밀도 λ는 단위 길이당 전하량이다. 유전율이 ε로 일정한 매질에서 균일한 무한 직선전하의 전계는 선에 수직인 방사 방향이며, 선에서 같은 거리 r에 있는 점에서는 그 세기 E가 같다.

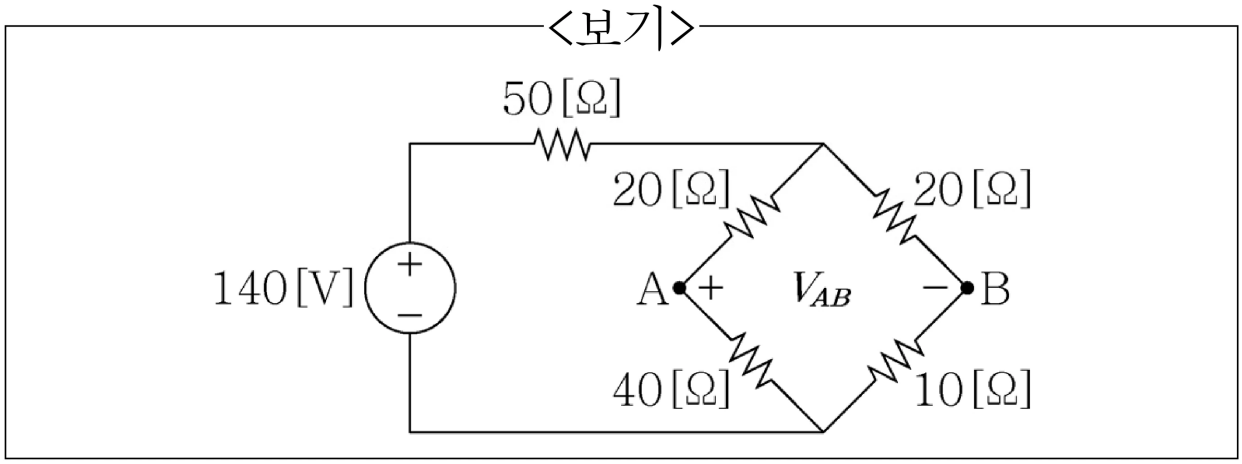
직선전하를 축으로 하는 반지름 r, 길이 L의 원통을 가우스면으로 잡는다. 전계는 원통의 옆면에 수직이고 양 끝면에는 평행하므로 **전기선속은 옆면만 통과**한다. 옆면의 넓이는 $2\pi rL$, 원통 안의 전하량의 크기는 $|\lambda|L$이다. 가우스 법칙에 따라 $E \cdot 2\pi rL = \frac{|\lambda|L}{\varepsilon}$가 성립한다.

따라서 전계 세기는 $E = \frac{|\lambda|}{2\pi\varepsilon r}$이다. 선전하밀도와 유전율이 일정하면 $E \propto \frac{1}{r}$이므로, 거리가 두 배가 될 때 전계 세기는 절반이 된다. 거리의 제곱이 아니라 거리 자체에 반비례하는 관계이다.

NoteBase

문 13. <보기>의 회로에서 전원의 전압이 140 [V]일 때, 단자 A, B 간의 전위차 V_{AB} [V]는?

<보기>



① $\frac{10}{3}$ [V]
② $\frac{20}{3}$ [V]
③ $\frac{30}{3}$ [V]
④ $\frac{40}{3}$ [V]

정답 4번

간단한 해설

두 저항 가지에 걸리는 전압은 40 V이며, 각 가지의 **전압분배**로 A와 B의 전위를 구한다. 아래쪽 공통 접점을 기준으로 한 두 전위의 차는 $V_{AB} = \frac{40}{3}$V이다.

NoteBase

계산 과정

1. 합성저항: A와 B 사이에는 도선이나 부하가 연결되어 있지 않다. 따라서 왼쪽의 20 Ω과 40 Ω은 직렬로 연결되어 60 Ω, 오른쪽의 20 Ω과 10 Ω은 직렬로 연결되어 30 Ω이다. 이 두 가지는 위아래의 같은 접점에 연결되므로 병렬이며, 합성저항은 $R_p = \frac{60 \cdot 30}{60 + 30} = 20\Omega$이다. 여기에 50 Ω이 직렬로 연결되므로 전체 저항은 50 + 20 = 70 Ω이다.

2. 병렬 부분의 전압: 전원에서 흐르는 전체 전류는 옴의 법칙에 따라 $I = \frac{140}{70} = 2\text{A}$이다. 따라서 병렬 부분의 전압은 $U = 2 \cdot 20 = 40\text{V}$이다. 이는 **왼쪽 60 Ω 가지와 오른쪽 30 Ω 가지에 공통으로 걸리는 전압**이다.

3. A의 전위: 아래쪽 공통 접점의 전위를 0 V로 잡는다. A의 전위는 왼쪽 가지의 **아래쪽 40 Ω에 걸리는 전압**과 같다. 직렬 저항에는 같은 전류가 흐르므로 저항값에 비례하여 전압이 나뉜다. 따라서 $V_A = 40 \cdot \frac{40}{20 + 40} = \frac{80}{3}\text{V}$이다.

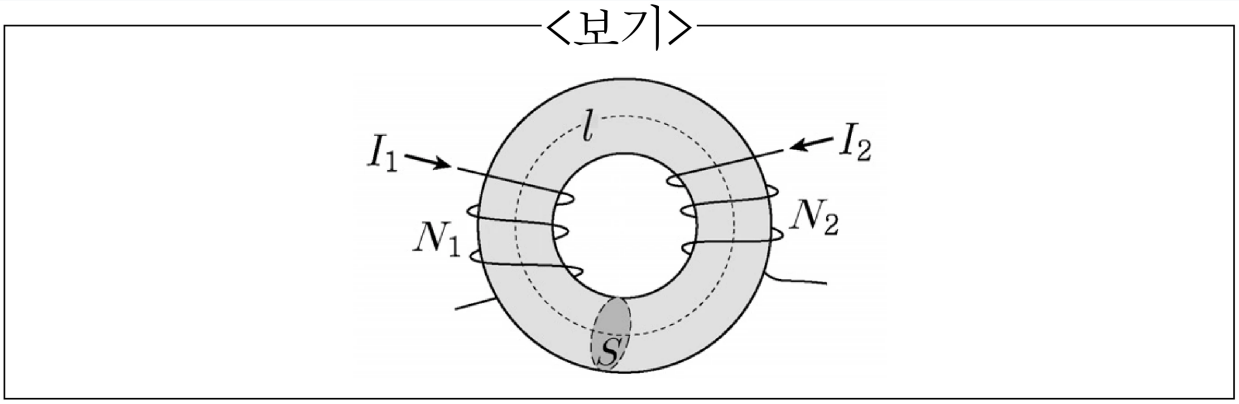
4. B의 전위: 같은 기준에서 B의 전위는 오른쪽 가지의 아래쪽 10 Ω에 걸리는 전압이다. 같은 전압분배 관계를 적용하면 $V_B = 40 \cdot \frac{10}{20 + 10} = \frac{40}{3}\text{V}$이다.

5. A, B 간의 전위차: 그림에서 A가 +, B가 −로 지정되어 있으므로 **A의 전위에서 B의 전위를 뺀다**. 따라서 $V_{AB} = V_A - V_B$이며, $V_{AB} = \frac{80}{3} - \frac{40}{3} = \frac{40}{3}\text{V}$이다. 이 값은 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. <보기>와 같이 단면적이 S, 평균 길이가 l, 투자율이 μ인 도넛 모양의 원형 철심에 권선수가 N_1, N_2인 2개의 코일을 감고 각각 I_1, I_2를 인가했을 때, 두 코일 간의 상호 인덕턴스[H]는? (단, 누설 자속은 없다고 가정한다.)

<보기>



① $\frac{\mu S N_1 N_2}{l}$ [H]

② $\frac{\mu N_1 N_2}{I_1 I_2 l}$ [H]

③ $\mu S N_1 N_2 l$ [H]

④ $\mu S N_1 N_2 I_1 I_2 l$ [H]

정답 1번

간단한 해설

두 코일이 **누설 없이 같은 자속을 공유**할 때 상호 인덕턴스는 두 권선수의 곱을 철심의 자기 저항으로 나눈 값이다. 따라서 $M = \frac{\mu S N_1 N_2}{l}$ H이다.

공통 해설

그림의 두 코일은 하나의 원형 철심을 공유한다. 주어진 투자율 μ를 일정하게 취급하면, 철심의 자기 저항은 $\mathcal{R} = \frac{l}{\mu S}$이다. 이는 자속이 형성되기 어려운 정도로, 자기 경로가 길수록 커지고 투자율과 단면적이 클수록 작아진다.

코일 1의 전류 I_1이 만드는 자속만을 Φ_1이라 하면, 기자력 $N_1 I_1$에 의해 $\Phi_1 = \frac{N_1 I_1}{\mathcal{R}}$이 형성된다. 누설 자속이 없으므로 이 자속은 코일 2의 모든 권선과 쇄교한다. 상호 인덕턴스는 코일 1의 전류가 코일 2에 만드는 쇄교 자속을 그 전류로 나눈 값이므로, $M = \frac{N_2 \Phi_1}{I_1} = \frac{N_1 N_2}{\mathcal{R}}$이다.

따라서 구하는 상호 인덕턴스는 $M = \frac{\mu S N_1 N_2}{l}$ H이다. 이 관계에서 상호 인덕턴스는 **투자율·단면적·두 권선수의 곱에 비례하고 평균 길이에 반비례**한다. 전류는 자속과 함께 비례하여 변하므로 정의식에서 약분되며, 일정한 투자율 조건에서 $I_1 I_2$를 곱하거나 나누는 인자가 들어가지 않는다.

NoteBase

문 15. RLC 직렬공진회로가 공진주파수에서 동작할 때, 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 회로에 흐르는 전류의 크기는 저항에 의해 결정된다.

② 회로에 흐르는 전류의 크기는 최대가 된다.

③ 전압과 전류의 위상은 동상이다.

④ 인덕터와 커패시터에 걸리는 전압의 위상은 동상이다.

정답 4번

간단한 해설

인덕터 전압은 전류보다 90° 앞서고, 커패시터 전압은 전류보다 90° 뒤지므로 두 전압의 위상차는 **180°**이다. 공진에서는 두 전압의 크기가 같고 위상이 반대여서 서로 상쇄된다.

선지별 해설

① O: 직렬공진에서는 유도성 리액턴스와 용량성 리액턴스의 크기가 같아 서로 상쇄된다. 따라서 회로의 임피던스는 $Z = R$이 되어 **저항 성분만 남는다**. 인가 전압의 크기를 V, 전류의 크기를 I, 저항을 R이라 하면 $I = \frac{V}{R}$ 이므로, 주어진 전압에서 전류의 크기는 저항에 의해 결정된다.

② O: 저항과 인가 전압의 크기가 일정할 때, 공진주파수에서는 두 리액턴스가 상쇄되어 **임피던스의 크기가 최소**가 된다. 전류의 크기는 전압의 크기를 임피던스의 크기로 나눈 값이므로, 공진 시 회로에 흐르는 전류의 크기는 최대가 된다.

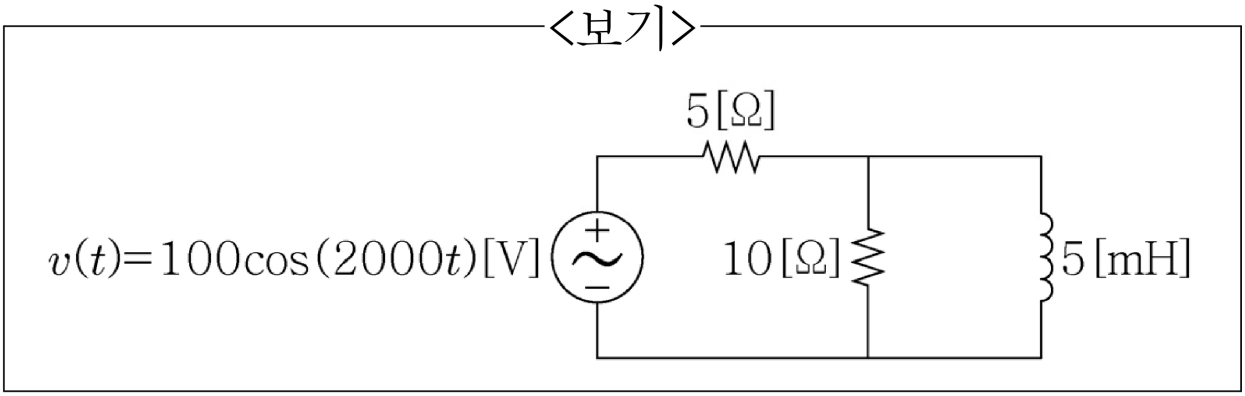
③ O: 공진 시 회로 전체의 리액턴스가 0이 되어 순저항 회로처럼 동작한다. 저항에 걸리는 전압은 전류와 위상이 같고, 인덕터와 커패시터의 전압은 서로 상쇄되므로 **회로에 인가한 전압과 전류는 동상**이다.

④ X: 직렬회로에서는 인덕터와 커패시터에 같은 전류가 흐른다. 이 전류를 기준으로 인덕터 전압은 90° 앞서고 커패시터 전압은 90° 뒤지므로, 두 전압은 동상이 아니라 **위상차가 180°인 역상**이다. 공진에서는 두 전압의 크기까지 같아져 그 벡터합이 0이 된다.

NoteBase

문 16. <보기>와 같은 교류 회로에 전압 $v(t) = 100\cos(2000t)$ [V]의 전원이 인가되었다. 정상상태(Steady state)일 때 10 [Ω] 저항에서 소비하는 평균 전력 [W]은?

<보기>



① 100 [W]

② 200 [W]

③ 300 [W]

④ 400 [W]

정답 2번

간단한 해설

10 Ω 저항과 코일의 병렬회로에 걸리는 전압의 실효값 제곱은 2000V^2이다. 저항의 평균 전력은 **실효값 전압의 제곱을 저항으로 나눈 값**이므로 $P = \frac{2000}{10} = 200\text{W}$이다.

NoteBase

계산 과정

전원에는 5 Ω 저항이 직렬로 연결되고, 그 뒤에 10 Ω 저항과 5 mH 코일이 병렬로 연결되어 있다. 구하려는 값은 10 Ω 저항의 평균 전력이다. 전원 전압의 100 V는 **최댓값**이므로 실효값은 $V_s = \frac{100}{\sqrt{2}}\text{V}$이다.

코일의 임피던스: 정현파 정상상태에서 코일은 $Z_L = j\omega L$로 나타낸다. 여기서 j는 허수단위이고, 각주파수는 2000 rad/s, 인덕턴스는 $L = 5 \times 10^{-3}\text{H}$이다. 따라서 $Z_L = j \cdot 2000 \cdot 0.005 = j10\Omega$이다. 교류가 흐르는 코일을 단락으로 처리하지 않는다.

합성 임피던스: 10 Ω 저항과 코일의 병렬 합성 임피던스를 Z_p라 두면 $Z_p = \frac{10 \cdot j10}{10 + j10} = 5 + j5\Omega$이다. 여기에 5 Ω 직렬 저항을 더하면 전체 임피던스는 $Z = 5 + Z_p = 10 + j5\Omega$이다.

10 Ω 저항의 전압: **병렬로 연결된 저항과 코일의 양단 전압은 같다.** 이 공통 전압의 실효값을 V_p라 하면, 임피던스 전압 분배에 따라 $V_p = V_s\frac{|Z_p|}{|Z|}$이다. 전압비의 제곱은 $\frac{|Z_p|^2}{|Z|^2} = \frac{5^2+5^2}{10^2+5^2} = \frac{2}{5}$이므로, $V_p^2 = \frac{100^2}{2} \cdot \frac{2}{5} = 2000\text{V}^2$이다.

평균 전력: 저항에서는 전압과 전류가 동상이므로, 실효값 전압을 사용하면 $P = \frac{V_p^2}{R}$이다. 따라서 $P = \frac{2000}{10} = 200\text{W}$이며, 이는 ②의 200 W에 해당한다.

NoteBase

문 17. 서로 다른 금속선으로 된 폐회로의 두 접합점의 온도를 다르게 하였을 때 열기전력이 발생하는 효과로 가장 옳은 것은?

① 톰슨 (Thomson) 효과
② 핀치 (Pinch) 효과
③ 제백 (Seebeck) 효과
④ 펠티어 (Peltier) 효과

정답 3번

간단한 해설

서로 다른 금속으로 만든 회로에서 두 접합점의 **온도 차이로 열기전력이 발생**하는 현상이 제백 효과이다. 온도 차이가 전기적 작용의 원인이 된다는 점이 핵심이다.

개념 구분

제백(Seebeck) 효과: 서로 다른 두 금속선을 연결하여 폐회로를 만들고 두 접합점의 온도를 다르게 하면, 두 금속의 열전 특성 차이로 기전력이 발생한다. 이 기전력에 의해 폐회로에 전류가 흐를 수 있다. 문항의 **서로 다른 금속과 두 접합점의 온도 차이**는 제백 효과를 가리키는 조건이다.

펠티어(Peltier) 효과: 서로 다른 금속의 접합부에 **전류를 흘리면 접합부에서 흡열이나 발열**이 일어난다. 제백 효과가 온도 차이로 기전력을 만드는 현상이라면, 펠티어 효과는 전류에 의해 열의 흡수·방출이 일어나는 현상이다.

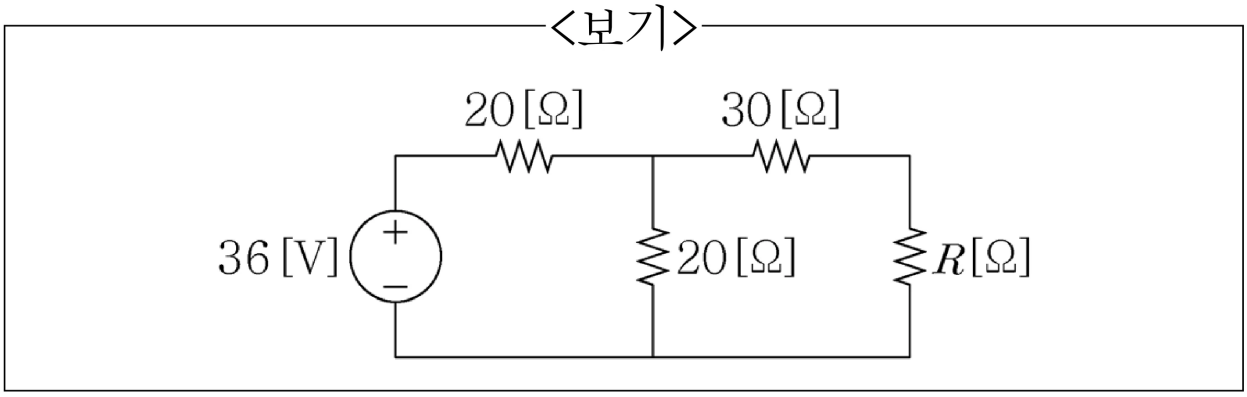
톰슨(Thomson) 효과: 하나의 금속 도체에 온도 구배가 있을 때 전류를 흘리면, 줄열과 별도로 흡열이나 발열이 일어난다. **서로 다른 두 금속의 접합부가 없어도** 나타날 수 있다는 점에서 펠티어 효과와 구별된다.

핀치(Pinch) 효과: 전류가 만드는 자기장의 작용으로 전류가 흐르는 도체나 플라스마가 안쪽으로 압축되는 현상이다. 핵심 원인은 **전류에 의한 자기적 압축**이므로, 온도 차이로 열기전력이 발생하는 현상과 구별된다.

NoteBase

문 18. <보기>의 회로에서 부하 저항 R에 최대로 전력을 전달하기 위한 저항값 R[Ω]은?

<보기>



① 10 [Ω]

② 20 [Ω]

③ 30 [Ω]

④ 40 [Ω]

정답 4번

간단한 해설

부하에 최대 전력이 전달되는 조건은 **부하 저항과 테브난 등가저항이 같은 것**이다. 전압원을 단락하면 두 20 Ω 저항의 병렬값 10 Ω에 30 Ω이 직렬로 연결되므로, 필요한 부하 저항은 40 Ω이다.

계산 과정

최대 전력 전달 조건: 부하 저항 R을 제외한 회로를 테브난 등가전압 V_{th}와 등가저항 R_{th}의 직렬회로로 나타낸다. 이때 부하 전력은 $P_R = \frac{V_{th}^2 R}{(R_{th}+R)^2}$이며, 전원 측 조건이 일정할 때 **부하 저항이 테브난 등가저항과 같으면** 최대가 된다.

등가저항 계산: 부하 R을 떼어 내고 **36 V의 독립 전압원을 단락**한 뒤, 부하가 연결되었던 두 단자에서 회로를 바라본다. 왼쪽의 20 Ω과 가운데 세로 방향의 20 Ω은 같은 두 노드에 연결되어 병렬이고, 그 병렬회로에 오른쪽 30 Ω이 직렬로 연결된다. 따라서 $R_{th} = 30 + \frac{20 \cdot 20}{20+20} = 40\Omega$이다.

부하 저항 결정: 최대 전력 전달 조건을 적용하면 $R = R_{th} = 40\Omega$이다. 이는 ④의 40 Ω에 해당한다.

NoteBase

문 19. 누설 자속이 없을 때 권수 N_1회인 1차 코일과 권수 N_2회인 2차 코일의 자기 인덕턴스 L_1, L_2와 상호 인덕턴스 M의 관계로 가장 옳은 것은?

① $\frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} = M$
② $\frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} = M^2$
③ $\sqrt{L_1 \cdot L_2} = M$
④ $\sqrt{L_1 \cdot L_2} = M^2$

정답 3번

간단한 해설

누설 자속이 없으면 두 코일이 **완전 결합**하여 결합계수가 1이다. 따라서 상호 인덕턴스는 두 자기 인덕턴스의 기하평균인 $M = \sqrt{L_1 \cdot L_2}$이다.

공통 해설

결합계수 k는 한 코일이 만든 자속이 다른 코일에 얼마나 쇄교하는지를 나타낸다. 누설 자속이 없으면 한 코일이 만든 자속이 다른 코일에도 모두 쇄교하므로 **완전 결합 상태**이며, $k = 1$이다.

두 코일의 자기 인덕턴스가 L_1, L_2일 때 상호 인덕턴스의 크기는 $M = k\sqrt{L_1 \cdot L_2}$이다. 따라서 이 문제에서는 $M = \sqrt{L_1 \cdot L_2}$가 성립한다. 권수 N_1, N_2가 서로 달라도 누설 자속이 없으면 이 관계가 유지된다. 같은 관계를 제곱하여 쓰면 $M^2 = L_1 \cdot L_2$이므로, 제곱근의 역수를 취하거나 제곱근 자체를 M^2과 같다고 놓지 않는다.

NoteBase

문 20. 인덕터 L=4[H]에 10[J]의 자계 에너지를 저장하기 위해 필요한 전류[A]는?

① $\sqrt{5}$ [A]

② 2.5 [A]

③ $\sqrt{10}$ [A]

④ 5 [A]

정답 1번

간단한 해설

인덕터의 자계 에너지는 **전류의 제곱에 비례**하며, $W = \frac{1}{2}LI^2$이다. L = 4 H와 W = 10 J를 적용하면 필요한 전류의 크기는 $\sqrt{5}$ A이다.

계산 과정

인덕턴스 L이 일정한 인덕터에 전류 I가 흐를 때 저장되는 자계 에너지 W는 $W = \frac{1}{2}LI^2$이다. 전류가 만드는 자기장에 에너지가 저장되며, 같은 인덕턴스에서는 그 에너지가 **전류의 제곱에 비례**한다. 주어진 값은 L = 4 H, W = 10 J이며 모두 SI 단위이므로 단위 변환 없이 대입한다.

에너지 식을 전류에 관해 정리하면 $I^2 = \frac{2W}{L}$이다. 값을 대입하면 $I^2 = \frac{2 \cdot 10}{4} = 5\text{A}^2$가 된다. 여기서 5는 전류 자체가 아니라 **전류의 제곱값**이다.

따라서 전류의 크기는 $I = \sqrt{5}$ A이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase