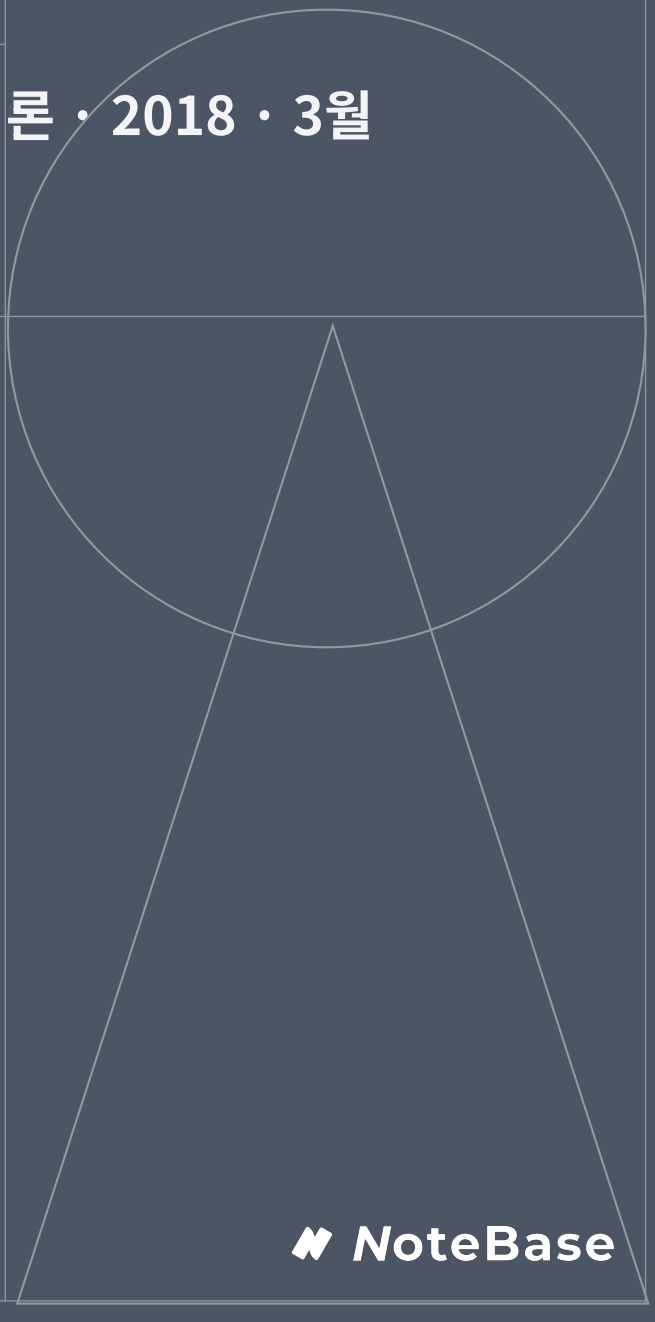
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2018 · 3월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2018 · 3월

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2018 · 3월

문 1. 자장의 세기가 $\frac{10^4}{\pi}$ [A/m]인 공기 중에서 50[cm]의 도체를 자장과 30°가 되도록 하고 60[m/s]의 속도로 이동시켰을 때의 유기기전력은?

① 20mV

② 30mV

③ 60mV

④ 80mV

정답 3번

간단한 해설

공기 중에서는 자장 세기 H를 **자속밀도 B로 환산**한 뒤, 자장에 수직인 도체의 유효 길이를 적용한다.
$B = 0.004\text{T}$와 $e = Blv\sin 30^\circ$를 이용하면 유기기전력은 **60 mV**이다.

계산 과정

자속밀도 환산: 주어진 값은 자속밀도 B가 아니라 자장 세기 H이다. 공기의 투자율을 진공의 투자율과 같게 근사하면 $B = \mu_0 H$이고, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{H/m}$이다. 따라서 $B = (4\pi \times 10^{-7}) \cdot \frac{10^4}{\pi} = 0.004\text{T}$이다.

길이와 각도 적용: 도체 길이는 50 cm = 0.5 m이고 속력은 60 m/s이다. 이동 방향이 따로 제시되지 않았으므로, 도체가 자장과 도체가 이루는 평면에 수직으로 이동하며 자속을 끊는 표준적인 경우로 해석한다. 이 조건에서 자장에 수직인 **유효 길이**는 $l\sin 30^\circ = 0.5 \cdot \frac{1}{2} = 0.25\text{m}$이다. 도체가 이동하며 단위 시간에 끊는 자속이 유기기전력의 크기가 되므로 $e = Blv\sin 30^\circ$를 적용한다.

유기기전력 계산: $e = 0.004 \cdot 0.5 \cdot 60 \cdot \frac{1}{2} = 0.06\text{V}$이다. 1 V = 1,000 mV이므로 0.06 V = 60 mV이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 어떤 전하가 100[V]의 전위차를 갖는 두 점 사이를 이동하면서 10[J]의 일을 할 수 있다면, 이 전하의 전하량은?

① 0.1C

② 1C

③ 10C

④ 100C

정답 1번

간단한 해설

전위차는 **단위 전하량당 할 수 있는 일**이므로, 전하량은 일을 전위차로 나누어 구한다. $q = \frac{W}{V}$에 따라 전하량은 0.1 C이다.

계산 과정

전하량을 q, 전위차의 크기를 V, 전하가 할 수 있는 일을 W라 하면 $W = qV$이다. 전위차 100 V는 **전하량 1 C당 100 J의 일을 할 수 있다**는 뜻이다. 주어진 일은 10 J이며, 구하려는 것은 이 일을 하는 전하의 전하량이다.

일과 전위차의 관계를 전하량에 대해 정리하면 $q = \frac{W}{V}$이다. 값을 대입하면 $q = \frac{10\text{J}}{100\text{V}} = 0.1\text{C}$이다. 전위차의 단위 관계가 $1\text{V} = 1\text{J/C}$이므로 계산 결과의 단위는 C가 된다.

따라서 전하량은 0.1 C이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 무한히 긴 직선 도선에 628[A]의 전류가 흐르고 있을 때 자장의 세기가 50[A/m]인 점이 도선으로부터 떨어진 거리는?

① 1m

② 2m

③ 4m

④ 5m

정답 2번

간단한 해설

무한히 긴 직선 도선 주위의 자장 세기는 **도선에서의 거리에 반비례**하며, $H = \frac{I}{2\pi r}$이다. 전류 628 A와 자장 세기 50 A/m를 대입하면 거리는 2 m이다.

계산 과정

전류는 I = 628 A, 자장 세기는 H = 50 A/m이며, 구할 값은 도선으로부터의 수직 거리 r이다.

무한히 긴 직선 도선 주위에서 자장은 도선을 중심으로 원을 따라 형성되고, 같은 거리에서는 세기가 같다. 반지름 r인 원형 경로에 앙페르의 주회 법칙을 적용하면 $H \cdot 2\pi r = I$이다. 여기서 **2πr은 자장을 따라 잡은 원형 경로의 길이**이므로 $H = \frac{I}{2\pi r}$를 얻는다.

거리 r에 대해 정리하면 $r = \frac{I}{2\pi H}$이다. π ≈ 3.14로 계산하면 $r = \frac{628}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 2\text{m}$이다. 따라서 도선으로부터의 거리는 2 m로, ②와 일치한다.

NoteBase

문 4. N회 감긴 환상코일의 단면적은 S[m^2]이고 평균 길이가 l[m]이다. 이 코일의 권수와 단면적을 각각 두 배로 하였을 때 인덕턴스를 일정하게 하려면 길이를 몇 배로 하여야 하는가?

① 8배

② 4배

③ 2배

④ 16배

정답 1번

간단한 해설

환상코일의 인덕턴스는 **권수의 제곱과 단면적에 비례하고 평균 길이에 반비례**한다. 권수와 단면적을 각각 두 배로 하면 길이가 같을 때 인덕턴스가 8배가 되므로, 이를 일정하게 유지하려면 평균 길이도 8배로 해야 한다.

계산 과정

적용 관계: 투자율 μ가 변하지 않고 자속이 단면에 균일하게 분포한다고 보는 환상코일에서 인덕턴스는 $L = \frac{\mu N^2 S}{l}$이다. 여기서 N은 권수, S는 단면적(m^2), l은 평균 자기 경로 길이(m)이며, L의 단위는 H이다. 같은 전류에서 권수가 늘면 자속이 증가하고 그 자속과 쇄교하는 권수도 늘어나므로, 인덕턴스는 **권수의 제곱에 비례**한다.

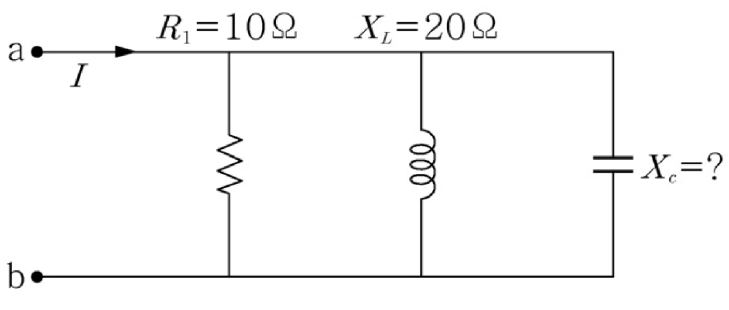
권수·단면적의 변화: 권수는 $N' = 2N$, 단면적은 $S' = 2S$가 된다. 따라서 공식의 분자는 $(2N)^2 \cdot 2S = 8N^2S$로 변한다. 이는 평균 길이를 그대로 두면 인덕턴스가 8배가 된다는 뜻이다.

평균 길이의 결정: 바뀐 평균 길이를 $l' = kl$로 놓으면 인덕턴스의 비는 $\frac{L'}{L} = \frac{8}{k}$이다. 인덕턴스를 일정하게 유지하려면 이 비가 1이어야 하므로 $\frac{8}{k} = 1$에서 $k = 8$을 얻는다. 즉, **평균 길이를 기존의 8배**로 해야 하며, 이는 ①의 8배와 일치한다.

NoteBase

문 5. <보기>와 같은 RLC 병렬회로에서 $v = 80\sqrt{2}\sin(\omega t)$ [V]인 교류를 a, b 단자에 가할 때, 전류 I의 실효값이 10[A]라면, X_c의 값은?

<보기>



① 8 Ω

② 10 Ω

③ $10\sqrt{2}\,\Omega$

④ 20 Ω

정답 1번

간단한 해설

저항 전류는 8 A이고 전체 전류가 10 A이므로, **코일·커패시터 전류의 차**는 6 A이다. 코일 전류가 4 A이므로 커패시터 전류는 10 A이며, 용량 리액턴스는 $X_c = \frac{80}{10} = 8\Omega$이다.

NoteBase

계산 과정

전압의 실효값: 정현파 전압의 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이다. 따라서 $V = \frac{80\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 80\text{V}$이다. 그림에서 저항·코일·커패시터는 a, b 단자 사이에 병렬로 연결되어 있으므로 **각 가지에 같은 80 V가 걸린다**.

저항과 코일의 전류: 그림의 저항은 $R_1 = 10\Omega$, 유도 리액턴스는 $X_L = 20\Omega$이다. 각 가지 전류의 실효값을 I_R, I_L, I_C라 하면 $I_R = \frac{V}{R_1} = \frac{80}{10} = 8\text{A}$, $I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{80}{20} = 4\text{A}$이다.

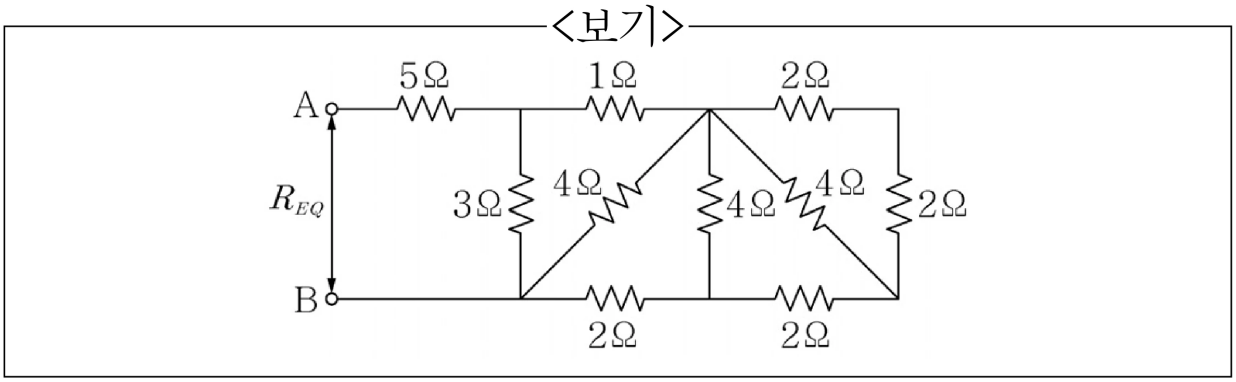
전체 전류의 위상 관계: 저항 전류는 전압과 동상이고, 코일 전류는 전압보다 90° 늦으며 커패시터 전류는 90° 앞선다. 따라서 **코일 전류와 커패시터 전류는 서로 상쇄**되고, 그 차는 저항 전류와 위상이 90° 다르다. 전체 전류의 실효값은 $I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$이므로, $10^2 = 8^2 + (I_C - 4)^2$이다. 이에 따라 $|I_C - 4| = 6$이다. 두 해 중 -2 A는 전류의 실효값이 될 수 없으므로 $I_C = 10\text{A}$이다.

용량 리액턴스: 커패시터 가지에는 $I_C = \frac{V}{X_c}$가 성립한다. 따라서 $X_c = \frac{V}{I_C} = \frac{80}{10} = 8\Omega$이며, 이는 ①의 8 Ω에 해당한다.

NoteBase

문 6. <보기>와 같은 회로의 합성저항은?

<보기>



① 8 Ω

② 6.5 Ω

③ 5 Ω

④ 3.5 Ω

정답 2번

간단한 해설

회로의 오른쪽부터 **직렬·병렬 연결을 차례로 합성**하면, 왼쪽 5 Ω을 제외한 부분은 1.5 Ω으로 줄어든다. 이 부분과 5 Ω은 직렬이므로 전체 합성저항은 6.5 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

A와 B 사이의 합성저항을 구한다. 위쪽 중앙의 접속점을 C, 아래쪽 중앙의 접속점을 D, 오른쪽 아래 접속점을 E라 하자. 분기 없이 이어져 같은 전류가 흐르는 저항은 직렬이므로 더하고, 양 끝점이 같은 두 저항은 병렬이므로 두 저항의 곱을 합으로 나눈다.

1. C와 E 사이: 오른쪽 위의 2 Ω과 오른쪽 세로의 2 Ω은 중간에 분기가 없어 직렬이며, 합은 2 + 2 = 4 Ω이다. 이 경로는 오른쪽 대각선의 4 Ω과 **양 끝점 C, E가 같으므로 병렬**이다. 따라서 C와 E 사이를 $\frac{4 \cdot 4}{4+4} = 2\Omega$으로 바꾼다.

2. C와 D 사이: 앞에서 얻은 C–E 사이의 2 Ω과 오른쪽 아래 E–D 사이의 2 Ω은 이제 직렬이므로 4 Ω이다. 이 경로와 중앙 세로의 4 Ω이 병렬이므로 C와 D 사이의 합성저항은 $\frac{4 \cdot 4}{4+4} = 2\Omega$이다.

3. C와 B 사이: C–D 사이를 줄인 2 Ω과 왼쪽 아래 D–B 사이의 2 Ω은 직렬이므로 4 Ω이다. 이 경로와 왼쪽 대각선의 4 Ω은 모두 C와 B를 연결하므로 병렬이다. 따라서 C와 B 사이의 합성저항은 $\frac{4 \cdot 4}{4+4} = 2\Omega$이다.

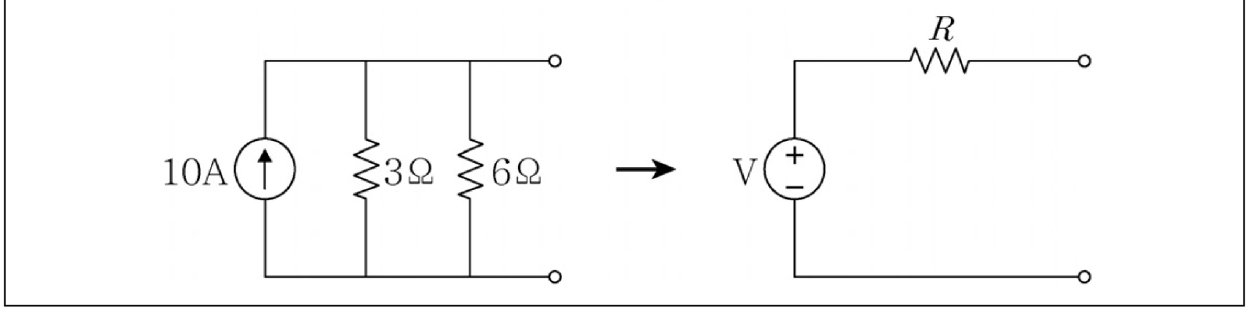
4. 왼쪽 5 Ω의 오른쪽 접속점과 B 사이: 위쪽 1 Ω과 C–B 사이의 2 Ω은 직렬이므로 1 + 2 = 3 Ω이다. 이 경로는 왼쪽 세로의 3 Ω과 병렬이므로 이 부분의 합성저항은 $\frac{3 \cdot 3}{3+3} = 1.5\Omega$이다.

5. A와 B 사이: A에서 들어온 전류는 **왼쪽 5 Ω을 모두 통과한 뒤 분기**하므로, 5 Ω은 나머지 회로의 합성저항 1.5 Ω과 직렬이다. 전체 합성저항은 5 + 1.5 = 6.5 Ω이며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. <보기>와 같이 전류원과 2개의 병렬저항으로 구성된 회로를 전압원과 1개의 직렬저항으로 변환할 때, 변환된 전압원의 전압과 직렬저항 값은?

<보기>



① 10V, 9Ω

② 10V, 2Ω

③ 20V, 2Ω

④ 90V, 9Ω

정답 3번

간단한 해설

전류원을 전압원으로 변환할 때는 **병렬 합성저항을 직렬저항으로 유지**하고, 전압은 전류원 전류와 합성저항의 곱으로 구한다. 3Ω과 6Ω의 병렬 합성저항은 2Ω이므로 전압은 10 × 2 = 20V이다.

계산 과정

병렬저항 합성: 그림의 3Ω과 6Ω은 같은 두 단자 사이에 연결되어 있으므로 병렬이다. 합성저항 R은 $R = \frac{3 \cdot 6}{3+6} = 2\Omega$이다. 전류원과 병렬인 이 합성저항이 전압원으로 변환한 회로의 **직렬저항**이 된다.

전압 산정: 두 회로가 외부에서 같은 전압·전류 관계를 나타내려면, 외부 부하를 연결하지 않았을 때의 **개방단자 전압**이 같아야 한다. 왼쪽 회로에서는 전류원 전류 10A가 모두 병렬저항으로 흐르므로 옴의 법칙에 따라 $V = IR$이며, V = 10 × 2 = 20V이다. 전류원 화살표가 위쪽을 향하므로 위쪽 단자의 전위가 높고, 오른쪽 그림처럼 전압원의 위쪽이 +극이 된다.

변환된 전압원은 20V, 직렬저항은 2Ω이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 8. 저항 $R_1 = 1[\Omega]$과 $R_2 = 2[\Omega]$이 병렬로 연결된 회로에 100[V]의 전압을 가했을 때, R_1에서 소비되는 전력은 R_2에서 소비되는 전력의 몇 배인가?

① 0.5배

② 1배

③ 2배

④ 같다

정답 3번

간단한 해설

병렬로 연결된 두 저항에는 **같은 전압**이 걸리므로 소비전력은 **저항에 반비례**한다. 따라서 1Ω 저항의 소비전력은 2Ω 저항의 2배이다.

계산 과정

병렬회로에서는 각 저항의 양 끝이 같은 두 점에 연결되므로 **각 저항에 걸리는 전압이 같다**. 따라서 $R_1 = 1\Omega$과 $R_2 = 2\Omega$에 각각 100 V가 걸린다.

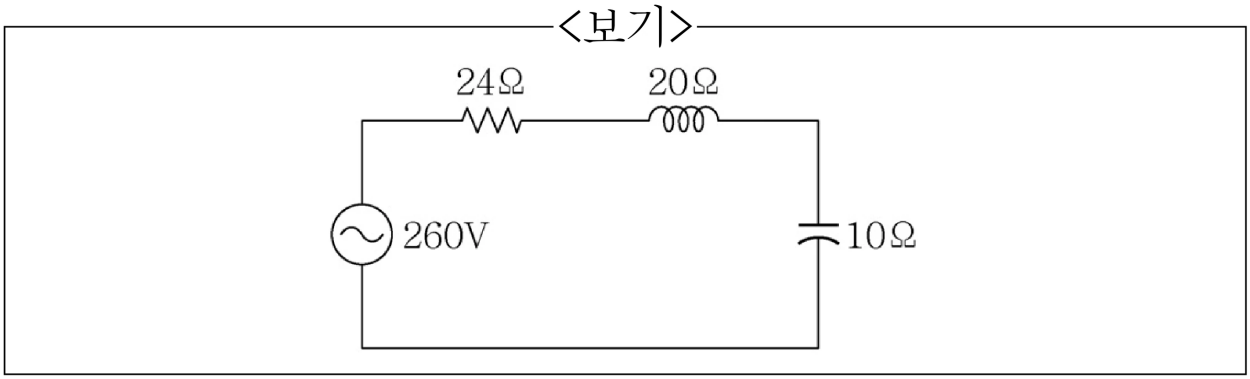
저항의 소비전력은 $P = VI$이고, 옴의 법칙 $I = \frac{V}{R}$을 대입하면 $P = \frac{V^2}{R}$이다. 여기서 V는 저항에 걸리는 전압, I는 흐르는 전류, R은 저항이다. 전압이 같으면 저항이 작을수록 전류가 커지므로 소비전력도 커진다.

두 저항의 소비전력을 각각 P_1, P_2라고 하면, 공통인 전압의 제곱이 약분되어 $\frac{P_1}{P_2} = \frac{V^2/R_1}{V^2/R_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{2}{1} = 2$이다. 이 비는 R_1의 소비전력이 R_2의 소비전력의 2배라는 뜻이며, ③의 2배와 일치한다.

NoteBase

문 9. <보기>와 같이 저항 $R = 24[\Omega]$, 유도성 리액턴스 $X_L = 20[\Omega]$, 용량성 리액턴스 $X_c = 10[\Omega]$인 직렬회로에 실효치 260[V]의 교류전압을 인가했을 경우 흐르는 전류의 실효치는?

<보기>



① 5A

② 10A

③ 15A

④ 20A

정답 2번

간단한 해설

직렬 RLC 회로에서는 유도성·용량성 리액턴스가 반대 방향으로 작용하므로 **두 리액턴스의 차**로 합성 리액턴스를 구한다. 합성 리액턴스가 10 Ω이면 임피던스의 크기는 26 Ω이므로, 260 V에 대한 전류의 실효치는 10 A이다.

계산 과정

합성 리액턴스: 그림에서 저항, 코일, 커패시터가 한 경로로 연결되어 있으므로 세 소자에는 같은 전류가 흐른다. 코일의 전압은 전류보다 위상이 90° 앞서고 커패시터의 전압은 90° 뒤지므로, 두 리액턴스는 **더하지 않고 차를 구한다**. 따라서 합성 리액턴스는 $X = X_L - X_c = 20 - 10 = 10\Omega$이다. 양수이므로 회로 전체는 유도성이다.

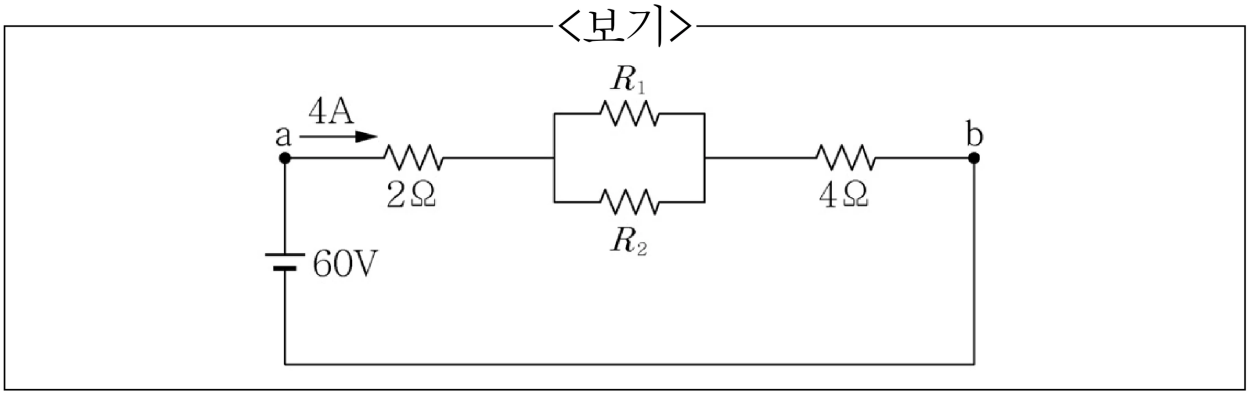
임피던스의 크기: 저항에 걸리는 전압은 전류와 위상이 같고, 합성 리액턴스에 걸리는 전압은 전류와 위상이 90° 다르다. 따라서 저항과 합성 리액턴스를 단순히 더하지 않고 **직각삼각형의 빗변 관계**로 임피던스의 크기를 구한다. $|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$에 값을 대입하면 $|Z| = \sqrt{24^2 + 10^2} = 26\Omega$이다.

전류의 실효치: 교류회로의 옴의 법칙에 따라 전류의 실효치는 전압의 실효치를 임피던스의 크기로 나눈 값이다. 주어진 260 V가 이미 실효치이므로 최댓값으로 환산할 필요가 없다. $I = \frac{V}{|Z|} = \frac{260}{26} = 10\text{A}$이므로 ②의 10 A에 해당한다.

NoteBase

문 10. <보기>와 같은 회로에서 a, b 단자 사이에 60[V]의 전압을 가하여 4[A]의 전류를 흘리고 R_1, R_2에 흐르는 전류를 1 : 3으로 하고자 할 때 R_1의 저항값은?

<보기>



① 6Ω

② 12Ω

③ 18Ω

④ 36Ω

정답 4번

간단한 해설

병렬 부분에 걸리는 전압은 직렬 저항의 전압 강하를 제외한 **36 V**이다. 전체 전류 4 A가 1 : 3으로 나뉘므로 R_1에는 **1 A**가 흐르고, 옴의 법칙을 적용하면 저항값은 36Ω이다.

계산 과정

1. 가지 전류 구하기: 그림에서 R_1과 R_2는 병렬로 연결되어 있으므로 전체 전류 4 A는 두 가지 전류의 합이다. 두 저항에 흐르는 전류를 각각 I_1, I_2라 하면 $I_1 : I_2 = 1 : 3$이므로 $I_1 = 4 \cdot \frac{1}{1+3} = 1\text{A}$, $I_2 = 3\text{A}$이다.

2. 병렬 부분의 전압 구하기: 2Ω과 4Ω 저항에는 분기 전후의 **전체 전류 4 A**가 흐른다. 옴의 법칙 $V = IR$에 따라 두 저항의 전압 강하의 합은 $4 \times (2 + 4) = 24$ V이다. 따라서 병렬 부분에 걸리는 전압은 $60 - 24 = 36$ V이다.

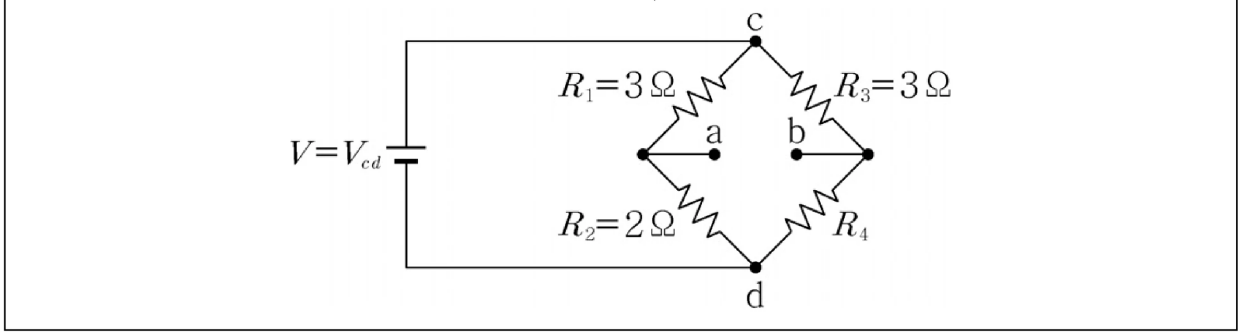
3. 저항값 구하기: 병렬로 연결된 두 저항은 **양단 전압이 같으므로** R_1에도 36 V가 걸린다. 여기에 흐르는 전류는 1 A이므로 $R_1 = \frac{36}{1} = 36\Omega$이다.

계산한 저항값 36Ω은 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. <보기>와 같은 브리지 회로에서 a, b 사이의 전압이 0일 때, R_4에서 소모되는 전력이 2[W]라면, c와 d 사이의 전압 V_{cd}는?

<보기>



① 1V

② 2V

③ 5V

④ 10V

정답 3번

간단한 해설

a와 b의 전위가 같으므로 **브리지 평형 조건**에서 $R_4 = 2\Omega$이다. 이 저항의 소비전력 2 W로부터 오른쪽 가지의 전류는 1 A이며, 직렬저항의 합이 5 Ω이므로 c와 d 사이의 전압은 5 V이다.

계산 과정

1. 브리지 평형으로 저항 구하기: 그림에서 왼쪽 가지는 $R_1 = 3\Omega$와 $R_2 = 2\Omega$, 오른쪽 가지는 $R_3 = 3\Omega$와 R_4가 각각 직렬로 연결되어 있다. a와 b 사이의 전압이 0이라는 것은 **두 중간점의 전위가 같다**는 뜻이다. 따라서 위쪽과 아래쪽 저항의 비가 같아 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$가 성립한다. 수치를 대입하면 $\frac{3}{2} = \frac{3}{R_4}$이므로 $R_4 = 2\Omega$이다.

2. 오른쪽 가지의 전류 구하기: 저항의 소비전력은 $P = I^2R$이다. R_4의 소비전력이 2 W이므로 이 저항을 흐르는 전류의 크기는 $I = \sqrt{\frac{P}{R_4}} = \sqrt{\frac{2}{2}} = 1\text{A}$이다. a와 b 사이는 끊어져 있으므로 **직렬로 연결된 두 저항** R_3와 R_4에는 같은 1 A의 전류가 흐른다.

3. c와 d 사이의 전압 구하기: 오른쪽 가지 전체가 c와 d 사이에 연결되어 있으므로, 구하는 전압은 두 직렬저항의 전압강하를 더한 값이다. $V_{cd} = I(R_3 + R_4) = 1 \cdot (3 + 2) = 5\text{V}$이다. 이는 ③의 5 V에 해당한다.

NoteBase

문 12. 10×10^{-6}[C]의 양전하와 6×10^{-7}[C]의 음전하를 갖는 대전체가 비유전율 3인 유체 속에서 1[m] 거리에 있을 때 두 전하 사이에 작용하는 힘은? (단, 비례상수 $k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}=9\times10^9$이다.)

① -1.62×10^{-1}N

② 1.62×10^{-1}N

③ -1.8×10^{-2}N

④ 1.8×10^{-2}N

정답 3, 4번

간단한 해설

비유전율이 3인 유체에서는 같은 거리의 진공에서보다 전기력이 1/3로 줄어 **크기가 0.018 N**이다. 서로 다른 부호의 전하는 끌어당기므로, **척력을 양수로 정한 부호 표기**에서는 −0.018 N으로 나타낸다.

계산 과정

주어진 조건: 두 전하량은 $q_1=10\cdot10^{-6}$C, $q_2=-6\cdot10^{-7}$C이고, 거리는 1 m이다. 유체의 비유전율은 $\varepsilon_r=3$이므로 유전율은 진공 유전율의 3배이다.

힘의 크기 계산: 쿨롱 법칙에 따라 힘의 크기는 $F=\frac{k|q_1q_2|}{\varepsilon_r r^2}$이다. 유전율이 커질수록 전기력이 약해지므로, 진공에서의 비례상수 k를 **비유전율로 나누어** 적용한다. 유체에서의 비례상수는 $\frac{9\cdot10^9}{3}=3\cdot10^9$이고, 전하량 곱의 크기는 $|q_1q_2|=6\cdot10^{-12}$C^{2}이다. 따라서 $F=\frac{3\cdot10^9\cdot6\cdot10^{-12}}{1^2}$을 계산하면 0.018 N이다.

힘의 방향과 부호: 양전하와 음전하 사이에는 **서로 끌어당기는 인력**이 작용한다. 척력을 양수, 인력을 음수로 표시하면 $-1.8\cdot10^{-2}$N으로 ③에 해당한다. 힘의 크기는 음수가 아니므로 크기만 표시하면 $1.8\cdot10^{-2}$N으로 ④에 해당한다. 이 두 표기는 같은 크기의 인력을 부호를 포함한 값과 크기로 각각 나타낸 것이다.

NoteBase

문 13. 자체 인덕턴스가 각각 $L_1 = 10[\mathrm{mH}], L_2 = 10[\mathrm{mH}]$인 두 개의 코일이 있고, 두 코일 사이의 결합계수가 0.5일 때, L_1 코일의 전류를 0.1[s] 동안 10[A] 변화시키면 L_2에 유도되는 기전력의 양(절댓값)은?

① 10mV

② 100mV

③ 50mV

④ 500mV

정답 4번

간단한 해설

다른 코일에 유도되는 기전력은 **상호 인덕턴스와 전류 변화율의 곱**으로 구한다. 상호 인덕턴스가 5 mH이고 전류 변화율이 100 A/s이므로, 유도 기전력의 크기는 0.5 V, 즉 500 mV이다.

계산 과정

상호 인덕턴스: 한 코일의 전류 변화가 다른 코일에 기전력을 유도하는 정도를 상호 인덕턴스 M으로 나타낸다. 결합계수를 k라 하면 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$이다. 두 코일의 자체 인덕턴스가 모두 10 mH이므로 $M = 0.5 \cdot \sqrt{10 \cdot 10} = 5\mathrm{mH}$이다. 기전력을 V 단위로 구하기 위해 **5 mH를 0.005 H로 환산**한다.

전류 변화율: 유도 기전력은 전류의 크기 자체가 아니라 **단위 시간당 전류 변화량**에 비례한다. 0.1 s 동안 전류가 10 A 변하므로, 변화율의 크기는 $\left|\frac{\Delta i_1}{\Delta t}\right| = \frac{10}{0.1} = 100\mathrm{A/s}$이다.

유도 기전력: L_1의 전류 변화로 L_2에 유도되는 기전력의 크기는 $|e_2| = M\left|\frac{\Delta i_1}{\Delta t}\right|$이다. 여기에 상호 인덕턴스와 전류 변화율을 대입하면 $|e_2| = 0.005 \cdot 100 = 0.5\mathrm{V}$이다. 문제는 절댓값을 물으므로 유도 방향에 따른 부호는 고려하지 않는다. 0.5 V = 500 mV이므로 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 어떤 회로에 $v = 100\sqrt{2}\sin(120\pi t + \frac{\pi}{4})$ [V]의 전압을 가했더니 $i = 10\sqrt{2}\sin(120\pi t - \frac{\pi}{4})$ [A]의 전류가 흘렀다. 이 회로의 역률은?

① 0
② $\frac{1}{\sqrt{2}}$
③ 0.1
④ 1

정답 1번

간단한 해설

전압과 전류의 위상차가 $\frac{\pi}{2}$, 즉 **90°**이므로 역률은 $\cos 90^\circ = 0$이다.

계산 과정

역률은 피상전력에 대한 유효전력의 비이다. 전압과 전류가 **같은 주파수의 정현파**이면 $\mathrm{PF} = \frac{P}{VI} = \cos\varphi$가 성립한다. 여기서 P는 유효전력, V와 I는 각각 전압과 전류의 실효값, φ는 전압과 전류의 위상차이다.

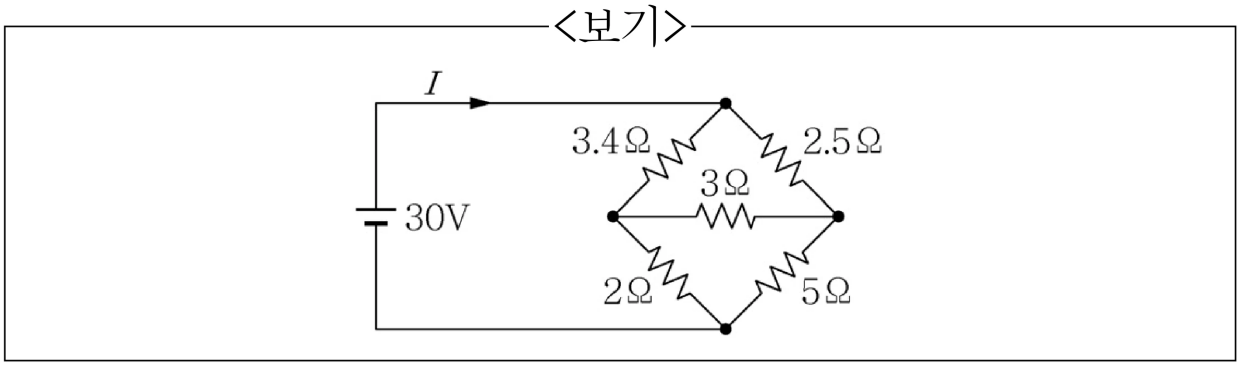
주어진 두 식은 각주파수가 모두 120π rad/s이고, 전압의 초기위상은 $\frac{\pi}{4}$, 전류의 초기위상은 $-\frac{\pi}{4}$이다. 따라서 위상차는 $\varphi = \frac{\pi}{4} - \left(-\frac{\pi}{4}\right) = \frac{\pi}{2}$이다. 이는 전류가 전압보다 **90° 늦는다**는 뜻이다.

위상차를 대입하면 $\mathrm{PF} = \cos\frac{\pi}{2} = 0$이다. 역률은 단위가 없는 비이며, 계산값 0은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 15. <보기>와 같은 회로에서 전류 I의 값은?

<보기>



① 6A

② 8A

③ 10A

④ 12A

정답 3번

간단한 해설

아래쪽의 2Ω·3Ω·5Ω 삼각형을 **Δ–Y 변환**하면 전원에서 본 합성저항은 3Ω이다. 전류는 전압을 합성저항으로 나눈 값이므로 10A이다.

NoteBase

계산 과정

회로의 위쪽 접속점을 A, 왼쪽을 B, 오른쪽을 C, 아래쪽을 D라 하자. 전원 30V는 A와 D 사이에 연결되어 있고, I는 전원에서 공급하는 전체 전류이다. B와 C 사이에 3Ω 저항이 연결되어 있으므로 원래 회로의 왼쪽 저항 두 개나 오른쪽 저항 두 개를 곧바로 직렬로 합칠 수는 없다.

Δ–Y 변환: B·C·D를 잇는 3Ω·5Ω·2Ω 삼각형을 중심점 O가 있는 Y형으로 바꾼다. 이 변환은 **세 외부 접속점에서 본 전기적 관계를 유지**한다. Y형의 각 저항은 해당 접속점에 붙어 있던 두 Δ형 저항의 곱을 Δ형 저항의 총합으로 나누어 구한다. 분모는 3 + 5 + 2 = 10Ω이다.
$R_{BO} = \frac{3 \cdot 2}{10} = 0.6\Omega$
$R_{CO} = \frac{3 \cdot 5}{10} = 1.5\Omega$
$R_{DO} = \frac{2 \cdot 5}{10} = 1\Omega$

A와 O 사이의 저항: 변환 후 A–B–O 경로에서는 3.4Ω과 0.6Ω이 직렬이므로 3.4 + 0.6 = 4Ω이다. A–C–O 경로에서도 2.5Ω과 1.5Ω이 직렬이므로 2.5 + 1.5 = 4Ω이다. 두 경로는 **같은 두 접속점 A와 O를 연결**하므로 서로 병렬이다.

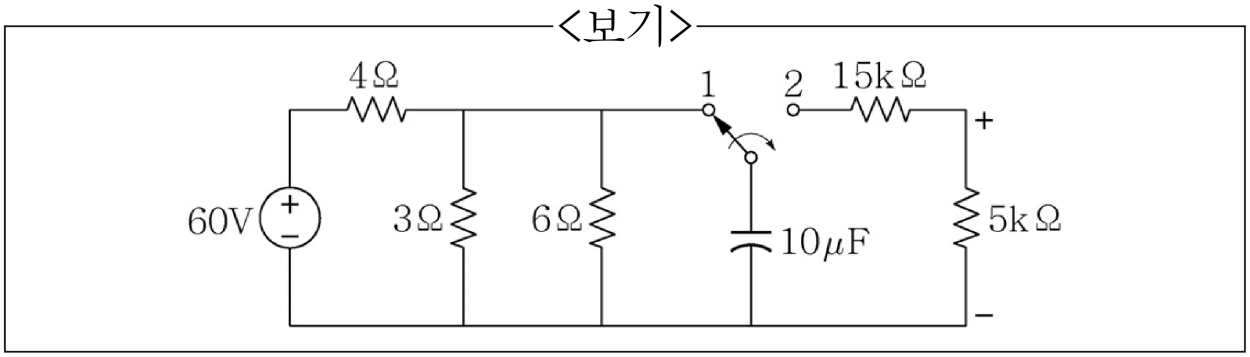
전체 합성저항: A와 O 사이의 병렬 합성저항은 $R_{AO} = \frac{4 \cdot 4}{4 + 4} = 2\Omega$이다. 이 저항과 O–D 사이의 1Ω은 직렬이므로 전원에서 본 전체 합성저항은 $R = 2 + 1 = 3\Omega$이다.

전체 전류: 전원 전압이 전체 합성저항에 걸리므로 옴의 법칙을 적용하면 $I = \frac{V}{R} = \frac{30}{3} = 10\text{A}$이다. 화살표 방향으로 흐르는 전류는 10A이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. <보기>와 같은 그림에서 스위치가 $t = 0$인 순간 2번 접점으로 이동하였을 경우 $t = 0^{+}$인 시점과 $t = \infty$가 되었을 때, 저항 5[kΩ]에 걸리는 전압을 각각 구한 것은?

<보기>



① 5V, 0V

② 7.5V, 1.5V

③ 10V, 0V

④ 12.5V, 3V

정답 1번

간단한 해설

스위치 전환 직후에도 **커패시터 전압은 20 V로 유지**되고, 이 전압이 15 kΩ과 5 kΩ에 나뉘어 5 kΩ에는 5 V가 걸린다. 충분한 시간이 지나면 커패시터가 **완전히 방전**되어 저항에 걸리는 전압은 0 V가 된다.

NoteBase

계산 과정

전환 전 커패시터 전압: 스위치가 1번 접점에 연결된 직류 정상상태를 기준으로 한다. 이때 커패시터에는 전류가 흐르지 않으므로, 커패시터 전압은 3 Ω과 6 Ω의 병렬 부분에 걸리는 전압과 같다. 병렬 합성저항은 $R_p = \frac{3 \cdot 6}{3+6} = 2\Omega$이고, 이 저항과 4 Ω이 직렬이므로 전압 분배에 따라 $v_C(0^-) = 60 \cdot \frac{2}{4+2} = 20\text{V}$이다. 커패시터의 위쪽 단자가 아래쪽보다 20 V 높다.

전환 직후의 저항 전압: 커패시터 전압은 **순간적으로 변할 수 없으므로** $v_C(0^+) = v_C(0^-) = 20\text{V}$이다. 2번 접점으로 옮기면 왼쪽 전원 회로와 분리되고, 커패시터는 15 kΩ과 5 kΩ의 직렬 경로로 방전한다. 따라서 20 V가 두 저항에 저항값의 비로 나뉘어 걸린다. 5 kΩ의 위쪽을 양극으로 한 전압은 $v_5(0^+) = 20 \cdot \frac{5}{15+5} = 5\text{V}$이다.

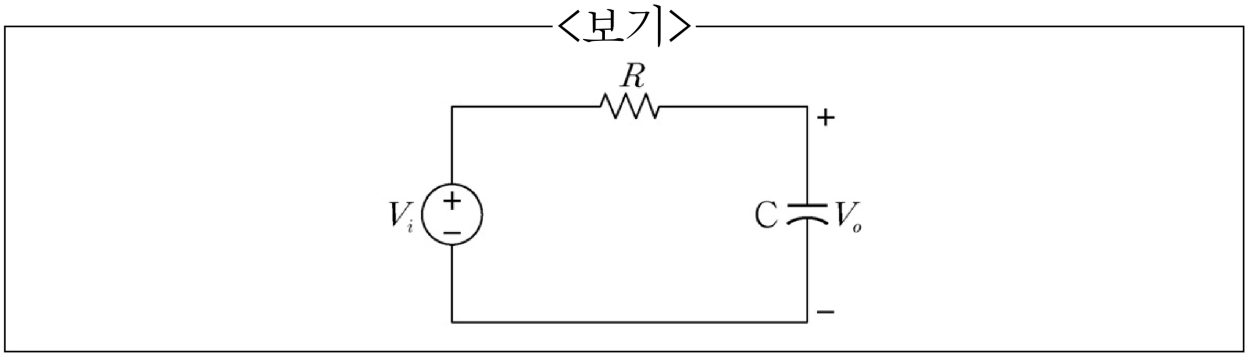
충분한 시간이 지난 뒤의 저항 전압: 2번 접점 쪽에는 전원이 없으므로 커패시터에 저장된 에너지가 저항에서 소모된다. **방전이 끝나면 전류가 0**이 되고, 옴의 법칙에 따라 5 kΩ에 걸리는 전압도 $v_5(\infty) = 0\text{V}$가 된다.

두 시점의 전압은 각각 5 V, 0 V이므로 ①과 일치한다.

NoteBase

문 17. <보기>와 같이 R, C 소자로 구성된 회로에서 전달함수를 $H = \frac{V_o}{V_i}$라고 할 때, 회로의 특성으로 옳은 것은?

<보기>



① 고역 통과 필터(High-pass Filter)

② 저역 통과 필터(Low-pass Filter)

③ 대역 통과 필터(Band-pass Filter)

④ 대역 차단 필터(Band-stop Filter)

정답 2번

간단한 해설

출력을 **커패시터 양단**에서 꺼내므로, 낮은 주파수에서는 입력 전압이 거의 그대로 나타나고 높은 주파수에서는 출력이 작아진다. 따라서 **낮은 주파수를 통과시키는** 저역 통과 특성을 갖는다.

공통 해설

그림은 저항 R과 커패시터 C가 직렬로 연결되고, 출력 전압 V_o를 **커패시터 양단**에서 측정하는 회로이다. 필터의 종류는 주파수에 따라 입력에 대한 출력의 크기 비가 어떻게 달라지는지로 구분한다.

커패시터의 임피던스 크기는 $|Z_C| = \frac{1}{\omega C}$이며, ω는 각주파수이다. 주파수가 충분히 낮으면 커패시터의 임피던스가 R보다 매우 커서 전류와 저항의 전압 강하가 작아진다. 따라서 입력 전압 대부분이 커패시터에 걸리고, 전달함수의 크기 $|H|$는 1에 가까워진다. 반대로 주파수가 충분히 높으면 커패시터의 임피던스가 매우 작아져 출력 전압은 0에 가까워진다.

이처럼 주파수가 높아질수록 출력의 크기 비가 작아지므로, 이 회로는 **저역 통과 필터**이다. 높은 주파수를 통과시키는 특성이나 특정 중간 주파수 대역만 통과시키거나 차단하는 특성과 구별된다.

NoteBase

문 18. 진공 중 반지름이 a [m]인 원형도체판 2매를 사용하여 극판 거리 d [m]인 콘덴서를 만들었다. 이 콘덴서의 극판거리를 3배로 하고 정전용량을 일정하게 하려면 이 도체판의 반지름은 a의 몇 배로 하면 되는가? (단, 도체판 사이의 전계는 모든 영역에서 균일하고 도체판에 수직이라고 가정한다.)

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

정답 4번

간단한 해설

정전용량은 **극판 면적에 비례하고 극판 거리에 반비례**한다. 극판 거리가 3배가 되면 면적도 3배여야 하므로, 면적이 반지름의 제곱에 비례하는 원형도체판의 반지름은 $\sqrt{3}$배로 해야 한다.

계산 과정

극판 사이의 전계가 균일하고 극판에 수직이라는 조건에서 평행판 콘덴서의 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$이다. 여기서 ε_0는 진공의 유전율, S는 한쪽 극판의 면적, d는 극판 거리이다. 반지름이 a인 원형 극판의 면적은 $S = \pi a^2$이다.

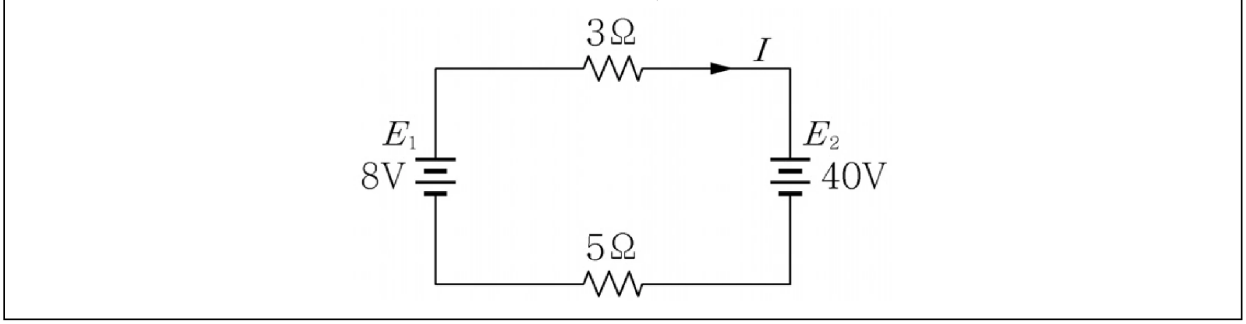
변경 후의 면적을 S'라 하면 극판 거리는 $3d$이므로 정전용량은 $C' = \frac{\varepsilon_0 S'}{3d}$이다. 정전용량이 같으려면 $\frac{S'}{3d} = \frac{S}{d}$여야 하므로 $S' = 3S$이다. 즉, 거리가 늘어나는 효과를 상쇄하려면 **극판 면적도 3배**로 늘려야 한다.

변경 후의 반지름을 r이라 하면 $\pi r^2 = 3\pi a^2$이므로 $r^2 = 3a^2$이다. 반지름은 양수이므로 $r = \sqrt{3}a$이다. 따라서 반지름은 원래의 $\sqrt{3}$배로 해야 하며, 이는 ④에 해당한다.

NoteBase

문 19. <보기>와 같이 전압원을 접속했을 때 흐르는 전류 I의 값은?

<보기>



① 4A

② −4A

③ 6A

④ −6A

정답 2번

간단한 해설

두 전압원은 서로 반대 방향으로 작용하므로, 표시된 화살표 방향의 합성 기전력은 8 − 40 = −32 V이다. 직렬 저항의 합은 8 Ω이므로 전류는 **−4 A**이며, 실제로는 **화살표 반대 방향**으로 흐른다.

NoteBase

계산 과정

전압원의 극성: 전지 기호의 긴 선은 +극, 짧은 선은 −극이다. 그림에서 두 전압원 모두 위쪽이 +극이다. 전류 I의 화살표를 따라 시계 방향으로 회로를 돌면 왼쪽 8 V 전압원은 −극에서 +극으로 지나 전위가 8 V 상승하고, 오른쪽 40 V 전압원은 +극에서 −극으로 지나 전위가 40 V 하강한다. 따라서 두 기전력은 **서로 반대 방향으로 작용**한다.

합성 저항: 3 Ω과 5 Ω 저항은 분기점 없는 한 회로에 직렬로 연결되어 같은 전류가 흐른다. 따라서 합성 저항은 3 + 5 = 8 Ω이다.

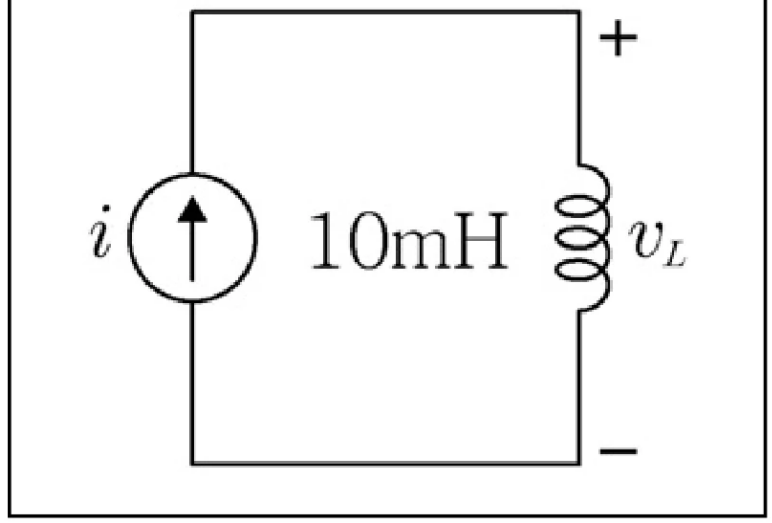
회로 방정식: 한 폐회로를 따라 전압 변화의 합은 0이므로 키르히호프 전압 법칙을 적용한다. 화살표 방향을 전류의 양의 기준으로 잡으면 전압원의 전위 변화는 8 − 40이고, 두 저항의 전압 강하는 각각 3I와 5I이다. 따라서 $8 - 40 - 3I - 5I = 0$이고, 정리하면 $8I = -32$이다.

전류의 값과 방향: $I = \frac{8-40}{3+5} = -4\,\mathrm{A}$이다. 음수는 전류의 크기가 음수라는 뜻이 아니라, **실제 전류가 정한 기준 방향과 반대**라는 뜻이다. 따라서 실제 전류는 반시계 방향으로 4 A 흐르며, 표시된 I의 값은 −4 A로 ②에 해당한다.

NoteBase

문 20. <보기>와 같은 회로에서 인덕터의 전압 v_L이 $t > 0$ 이후에 0이 되는 시점은? (단, 전류원의 전류 $i = 0$, $t < 0$이고 $i = te^{-2t}$ [A], $t \geq 0$이다.)

<보기>



① $\frac{1}{2}$ s

② $\frac{1}{5}$ s

③ 2s

④ 5s

정답 1번

간단한 해설

인덕터 전압은 전류의 크기가 아니라 **전류의 시간에 따른 변화율**에 비례한다. 주어진 전류의 변화율이 0이 되는 시점은 $t = \frac{1}{2}$s이므로 이때 인덕터 전압도 0이다.

NoteBase

계산 과정

전류와 전압의 관계: 전류원과 인덕터가 하나의 경로로 연결되어 있으므로 인덕터에는 전류원의 전류 i가 그대로 흐른다. 전류는 인덕터의 위쪽 + 단자로 들어가므로 $v_L = L\frac{di}{dt}$를 적용한다. 인덕턴스는 10 mH = 0.01 H이다.

전류의 미분: 구하려는 구간은 $t > 0$이므로 $i = te^{-2t}$를 미분한다. 곱의 미분법에 따라 $\frac{di}{dt} = e^{-2t} - 2te^{-2t}$이고, 이를 묶으면 $\frac{di}{dt} = e^{-2t}(1 - 2t)$이다. 따라서 $v_L = 0.01e^{-2t}(1 - 2t)$ V이다.

전압이 0인 시점: 유한한 시간에서 $e^{-2t} > 0$이고 인덕턴스도 0이 아니므로, 전압이 0이 되려면 $1 - 2t = 0$이어야 한다. 이를 풀면 $t = \frac{1}{2}$s이며, ①의 값과 일치한다. 이 시점에는 전류 자체가 0인 것이 아니라 **증가하던 전류가 감소로 바뀌면서 순간 변화율이 0**이 된다.

NoteBase