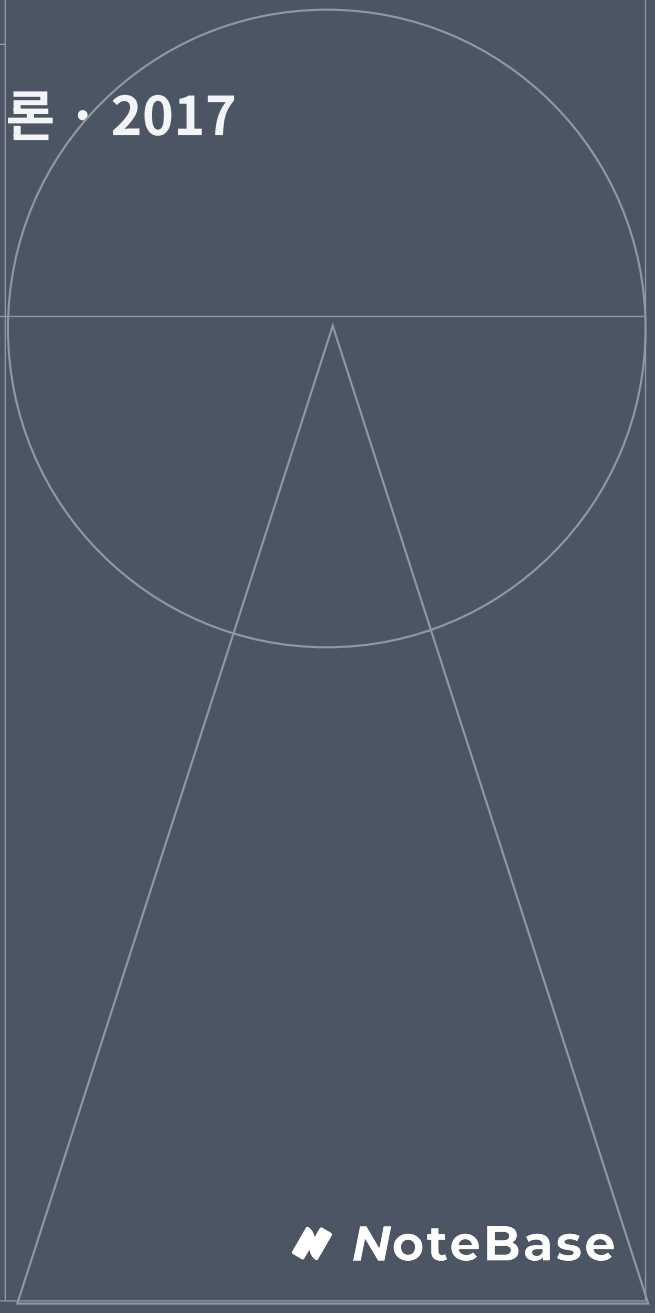
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2017



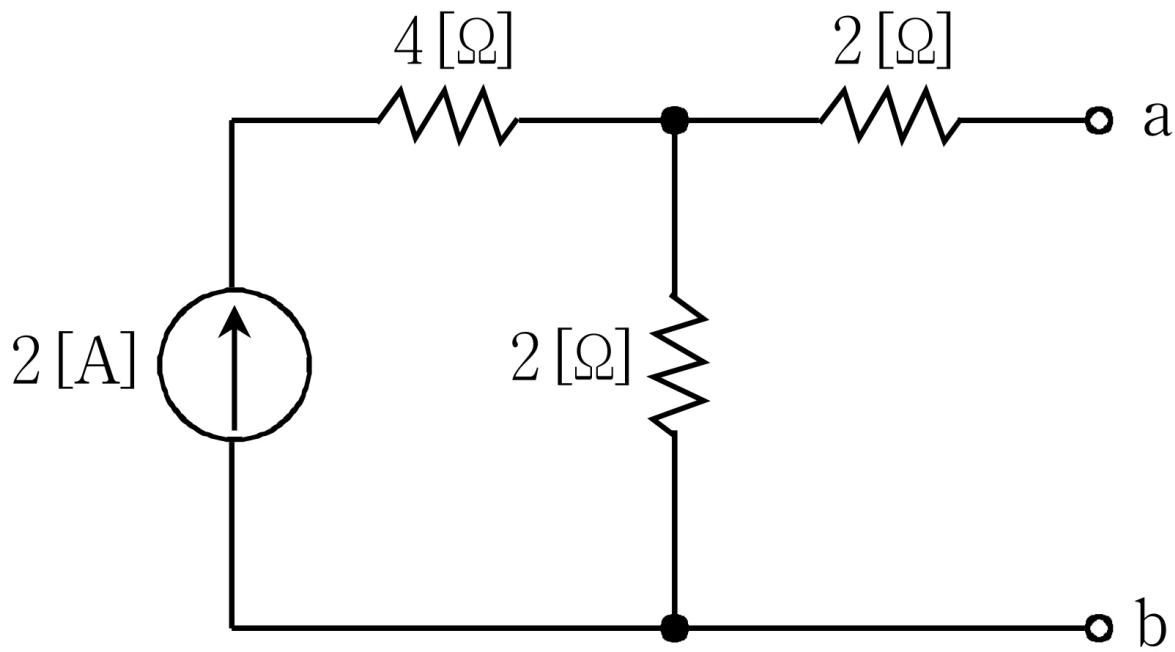
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2017

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2017

문 1. 그림과 같은 회로에서 a, b 단자에서의 테브난(Thevenin) 등가 전압[V]과 등가저항[Ω]은?



① 등가전압[V]: 4, 등가저항[Ω]: 4

② 등가전압[V]: 4, 등가저항[Ω]: 3.33

③ 등가전압[V]: 12, 등가저항[Ω]: 4

④ 등가전압[V]: 12, 등가저항[Ω]: 3.33

정답 1번

간단한 해설

a, b 단자를 **개방하면 오른쪽 2 Ω에는 전류가 흐르지 않으므로**, 등가전압은 가운데 2 Ω에 걸리는 4 V이다.
등가저항은 **독립 전류원을 개방**한 뒤 남는 두 2 Ω 저항의 직렬 합인 4 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

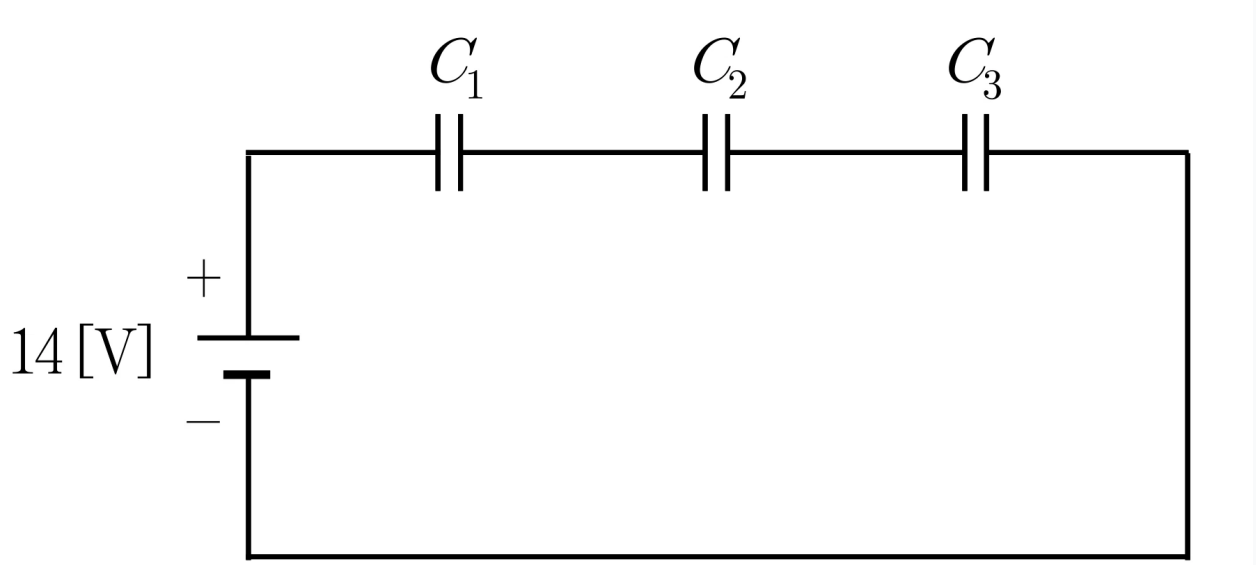
등가전압: 테브난 등가전압은 외부 부하를 연결하지 않은 a, b 단자 사이의 전압이다. b를 기준으로 두면, **a 단자가 개방되어 오른쪽 2 Ω에는 전류가 흐르지 않는다**. 따라서 이 저항의 전압강하는 0 V이고, a의 전위는 가운데 위쪽 접점의 전위와 같다. 전류원의 2 A는 왼쪽 4 Ω을 지나 모두 가운데 세로 2 Ω을 위에서 아래로 흐른다. 옴의 법칙에 따라 가운데 저항의 전압은 2 × 2 = 4 V이므로, a는 b보다 4 V 높고 등가전압은 4 V이다.

등가저항: 독립 전원을 0으로 만든 뒤 a, b 단자에서 회로 안쪽을 바라본 저항을 구한다. **이상적인 독립 전류원을 0 A로 만드는 것은 개방하는 것**이다. 이때 왼쪽 4 Ω 가지는 끝이 끊어져 전류가 흐를 수 없으므로 등가저항에 기여하지 않는다. a에서 b로 이어지는 경로에는 오른쪽 2 Ω과 가운데 세로 2 Ω만 직렬로 남으므로, 등가저항은 2 + 2 = 4 Ω이다.

등가전압 4 V, 등가저항 4 Ω의 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 커패시터 $C_1 = 100[\mu F], C_2 = 120[\mu F], C_3 = 150[\mu F]$가 직렬로 연결된 회로에 14[V]의 전압을 인가할 때, 커패시터 C_1에 충전되는 전하량[C]은?



① 2.86×10^{-6}
② 2.64×10^{-5}
③ 5.60×10^{-4}
④ 5.18×10^{-3}

정답 3번

간단한 해설

직렬로 연결된 커패시터는 **충전 전하량의 크기가 모두 같다**. 합성 정전용량 40 μF에 전체 전압 14 V를 적용하면 C_1의 전하량은 5.60×10^{-4}C이다.

NoteBase

계산 과정

전하량과 전압의 관계: 그림의 세 커패시터는 분기 없이 직렬로 연결되어 있으므로 각 커패시터에 충전되는 전하량의 크기를 같은 Q로 놓는다. 각 전압은 $V_i = Q/C_i$이고, **각 커패시터의 전압을 더한 값이 전체 전압 14 V**이다.

합성 정전용량: 세 커패시터를 하나로 대신한 정전용량을 C_{eq}라 하면, 전체 전압이 $V = Q/C_{eq}$이므로 $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$이다. 정전용량의 단위를 μF로 통일하여 계산하면 $\frac{1}{100} + \frac{1}{120} + \frac{1}{150} = \frac{1}{40}$이므로 합성 정전용량은 40 μF이다.

전하량 계산: $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$이므로 $Q = C_{eq}V$에 대입하면 $Q = (40 \times 10^{-6}) \times 14 = 5.60 \times 10^{-4}\text{C}$이다. 이 값이 C_1에 충전되는 전하량의 크기이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 220[V]의 교류전원에 소비전력 60[W]인 전구와 500[W]인 전열기를 직렬로 연결하여 사용하고 있다. 60[W] 전구를 30[W] 전구로 교체할 때 옳은 것은?

① 전열기의 소비전력이 증가한다.

② 전열기의 소비전력이 감소한다.

③ 전열기에 흐르는 전류가 증가한다.

④ 전열기의 소비전력은 변하지 않는다.

정답 2번

간단한 해설

같은 정격전압에서 30 W 전구는 60 W 전구보다 **저항이 크다**. 직렬회로에 흐르는 전류가 줄어들므로 저항이 그대로인 전열기의 **소비전력도 감소한다**.

선지별 해설

표시된 60 W·30 W·500 W는 같은 정격전압 220 V에서의 소비전력으로 해석하고, 각 기기를 저항이 일정한 저항성 부하로 본다. 정격전압을 U, 정격전력을 P_n이라 하면 저항은 $R = \frac{U^2}{P_n}$이다. 따라서 같은 정격전압에서는 **정격전력이 작은 전구의 저항이 더 크다**.

전구의 저항을 R_L, 전열기의 저항을 R_H라 하면 직렬회로의 전류는 $I = \frac{220}{R_L + R_H}$이다. 전구를 교체해 전체 저항이 커지면 두 기기에 공통으로 흐르는 전류가 감소한다. 전열기의 실제 소비전력은 $P_H = I^2 R_H$이므로, 전열기 저항이 같을 때는 전류가 줄면 소비전력도 줄어든다.

① X: 전구 교체로 전체 저항이 커져 전류가 줄어든다. 따라서 전열기의 소비전력은 증가하는 것이 아니라 **감소한다**.

② O: 전열기의 저항은 그대로인데 직렬회로의 전류가 감소한다. 전열기의 소비전력은 전류의 제곱에 비례하므로 **소비전력이 감소한다**.

③ X: 직렬 연결에서는 전구와 전열기에 같은 전류가 흐른다. 전원전압은 220 V로 일정하고 전체 저항은 커지므로 전열기에 흐르는 전류는 **증가하지 않고 감소한다**.

④ X: 500 W는 정격전압을 단독으로 가했을 때의 소비전력이지, 직렬 연결 상태에서 항상 유지되는 소비전력이 아니다. 전구 교체로 전열기에 흐르는 전류가 달라지므로 실제 소비전력도 **감소한다**.

NoteBase

문 4. 어떤 부하에 $100 + j50$[V]의 전압을 인가하였더니 $6 + j8$[A]의 부하전류가 흘렀다. 이 때 유효전력[W]과 무효전력[Var]은?

① 유효전력[W]: 200, 무효전력[Var]: 1,100

② 유효전력[W]: 200, 무효전력[Var]: −1,100

③ 유효전력[W]: 1,000, 무효전력[Var]: 500

④ 유효전력[W]: 1,000, 무효전력[Var]: −500

정답 4번

간단한 해설

복소전력은 전압에 **전류의 켤레복소수**를 곱한 $S = VI^*$로 구한다. 계산값이 $S = 1{,}000 - j500$[VA]이므로 유효전력은 1,000 W, 무효전력은 −500 Var이다.

계산 과정

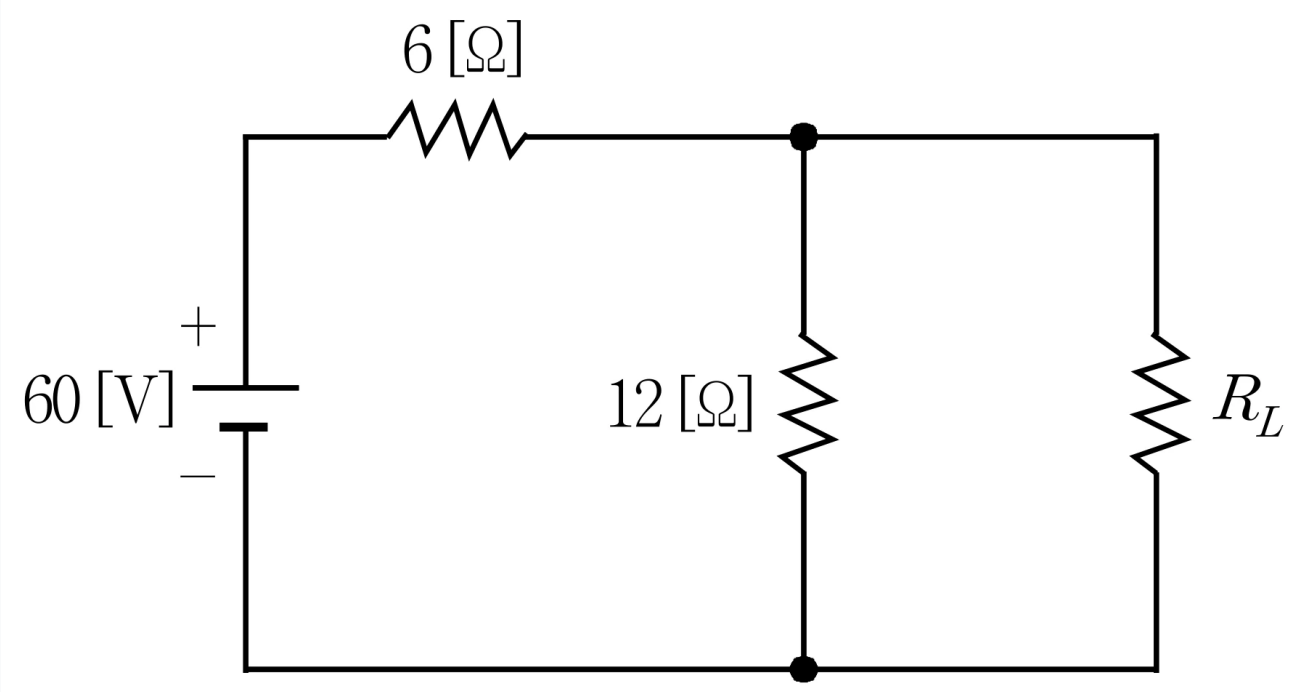
복소전력의 관계: 주어진 전압과 전류를 실효값 페이저로 두면 복소전력은 $S = VI^* = P + jQ$이다. 여기서 P는 유효전력, Q는 무효전력이다. 전력은 전압과 전류의 위상차에 의해 결정되므로 **전류의 켤레복소수**를 곱한다. 따라서 $I = 6 + j8$[A]에 대해 $I^* = 6 - j8$[A]를 사용한다.

복소전력 계산: $S = (100 + j50)(6 - j8)$이다. $j^2 = -1$이므로 실수부는 $100 \times 6 + 50 \times 8 = 1{,}000$이고, 허수부의 계수는 $50 \times 6 - 100 \times 8 = -500$이다. 따라서 $S = 1{,}000 - j500$[VA]이다.

결과 해석: 복소전력의 **실수부가 유효전력, 허수부의 계수가 무효전력**이므로 P = 1,000 W, Q = −500 Var이다. 무효전력의 음수 부호는 용량성 부하임을 뜻한다. 이 두 값에 해당하는 선택지는 ④이다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 회로에서 부하저항 R_L에 최대전력이 전달되기 위한 R_L [Ω]과 이 때 R_L에 전달되는 최대전력 P_{max} [W]는?



① R_L [Ω]: 4, P_{max} [W]: 100

② R_L [Ω]: 4, P_{max} [W]: 225

③ R_L [Ω]: 6, P_{max} [W]: 100

④ R_L [Ω]: 6, P_{max} [W]: 225

정답 1번

간단한 해설

부하에 최대전력이 전달되려면 부하저항이 **부하 단자에서 본 테브난 저항**과 같아야 하므로 $R_L = 4\Omega$이다. 테브난 전압은 40 V이며, 이때 부하에 전달되는 최대전력은 **100 W**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 테브난 전압: 부하저항 R_L을 떼어 낸 두 단자에서 나머지 회로를 하나의 전압원과 직렬저항으로 바꾼다. 부하를 떼어 내면 6 Ω과 12 Ω이 직렬로 연결되므로, 개방된 부하 단자의 전압은 12 Ω에 걸리는 전압이다. 전압분배에 따라 $V_{\text{th}} = 60 \cdot \frac{12}{6+12} = 40\text{V}$이다.

2. 테브난 저항: 부하를 떼어 낸 상태에서 **이상적인 60 V 전압원을 단락**하고 부하 단자 쪽에서 저항을 본다. 이때 6 Ω과 12 Ω은 같은 두 단자 사이에 연결되어 병렬이므로, $R_{\text{th}} = \frac{6 \cdot 12}{6+12} = 4\Omega$이다.

3. 최대전력 조건: 테브난 등가회로에서 부하전류는 $I_L = \frac{V_{\text{th}}}{R_{\text{th}} + R_L}$이고, 부하전력은 $P_L = \frac{V_{\text{th}}^2 R_L}{(R_{\text{th}} + R_L)^2}$이다. 전원 측 조건이 일정한 저항 회로에서는 **부하저항과 테브난 저항이 같을 때** 이 전력이 최대가 된다. 따라서 필요한 부하저항은 $R_L = R_{\text{th}} = 4\Omega$이다.

4. 최대전력 계산: 부하저항이 4 Ω이면 등가회로의 직렬 합성저항은 4 + 4 = 8 Ω이다. 부하전류는 $I_L = \frac{40}{4+4} = 5\text{A}$이므로, $P_{\text{max}} = I_L^2 R_L = 5^2 \cdot 4 = 100\text{W}$이다. 이는 전원 전체의 공급전력이 아니라 **부하저항에서 소비되는 전력**이다.

따라서 $R_L = 4\Omega$, $P_{\text{max}} = 100\text{W}$의 조합으로, ①에 해당한다.

NoteBase

문 6. 자유공간에서 자기장의 세기가 yz^2a_x [A/m]의 분포로 나타날 때, 점 P(5, 2, 2)에서의 전류밀도 크기[A/m^2]는?

① 4

② 12

③ $4\sqrt{5}$

④ $12\sqrt{5}$

정답 3번

간단한 해설

전류밀도는 **자기장 세기의 회전**으로 구한다. 점 P에서 전류밀도의 y성분과 z성분은 각각 8 A/m^2, −4 A/m^{2}이므로, 그 크기는 $4\sqrt{5}$ A/m^{2}이다.

계산 과정

적용 관계: 시간 변화가 없는 주어진 자기장에는 암페어 법칙의 미분형 $\mathbf{J} = \nabla \times \mathbf{H}$를 적용한다. 여기서 $\mathbf{H}$는 자기장 세기, $\mathbf{J}$는 전류밀도이다. 주어진 성분은 $H_x = yz^2$, $H_y = H_z = 0$이다.

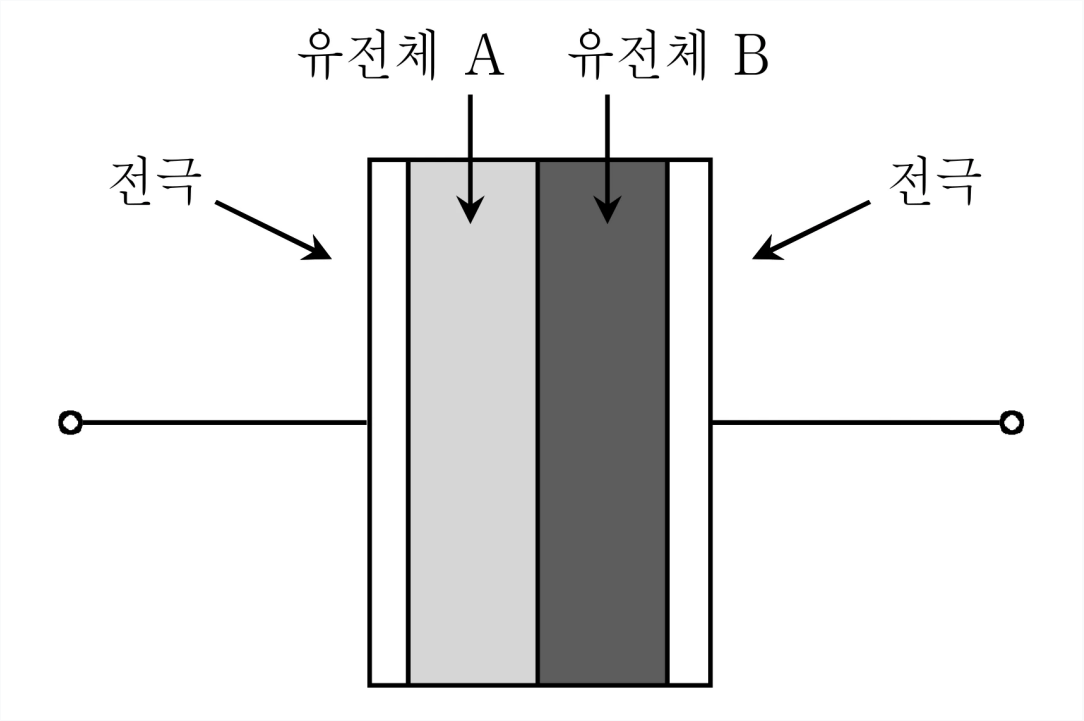
전류밀도 성분: H_y와 H_z가 모두 0이므로 $J_x = 0$이다. 나머지 성분은 $J_y = \frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} = 2yz$, $J_z = \frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} = -z^2$이다. 회전 연산에서 **z성분에는 음의 부호**가 붙는 점에 유의한다.

점 P의 전류밀도: P(5, 2, 2)의 y = 2, z = 2를 대입하면 $J_y = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$, $J_z = -2^2 = -4$이다. 따라서 $\mathbf{J}(P) = 8\mathbf{a}_y - 4\mathbf{a}_z$ A/m^{2}이다. $\mathbf{a}_y$, $\mathbf{a}_z$는 각각 y축, z축 방향의 단위벡터이다.

크기 계산: y성분과 z성분은 서로 수직이므로 **각 성분의 제곱합에 제곱근**을 취한다. $|\mathbf{J}(P)| = \sqrt{8^2 + (-4)^2} = \sqrt{80} = 4\sqrt{5}$ A/m^{2}이므로 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 비유전율이 각각 5와 8인 유전체 A와 B를 동일한 면적, 동일한 두께로 접합하여 평판전극을 만들었다. 전극 양단에 전압을 인가하여 완전히 충전한 후, 유전체 A의 양단전압을 측정하였더니 80[V]였다. 이 때 유전체 B의 양단전압[V]은?



① 50

② 80

③ 96

④ 128

정답 1번

간단한 해설

두 유전체가 전극 사이에 차례로 놓여 있으므로 직렬 연결된 축전기로 볼 수 있다. 면적과 두께가 같을 때 각 유전체에 걸리는 전압은 **비유전율에 반비례**하므로, B의 전압은 $80 \cdot \frac{5}{8} = 50\text{V}$이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 왼쪽 전극과 오른쪽 전극 사이에 유전체 A, B가 차례로 놓여 있다. 따라서 각 유전체층을 축전기 하나로 보면 **두 축전기의 직렬 연결**에 해당하며, 두 층에 대응하는 축전기의 전하량 크기 Q는 같다.

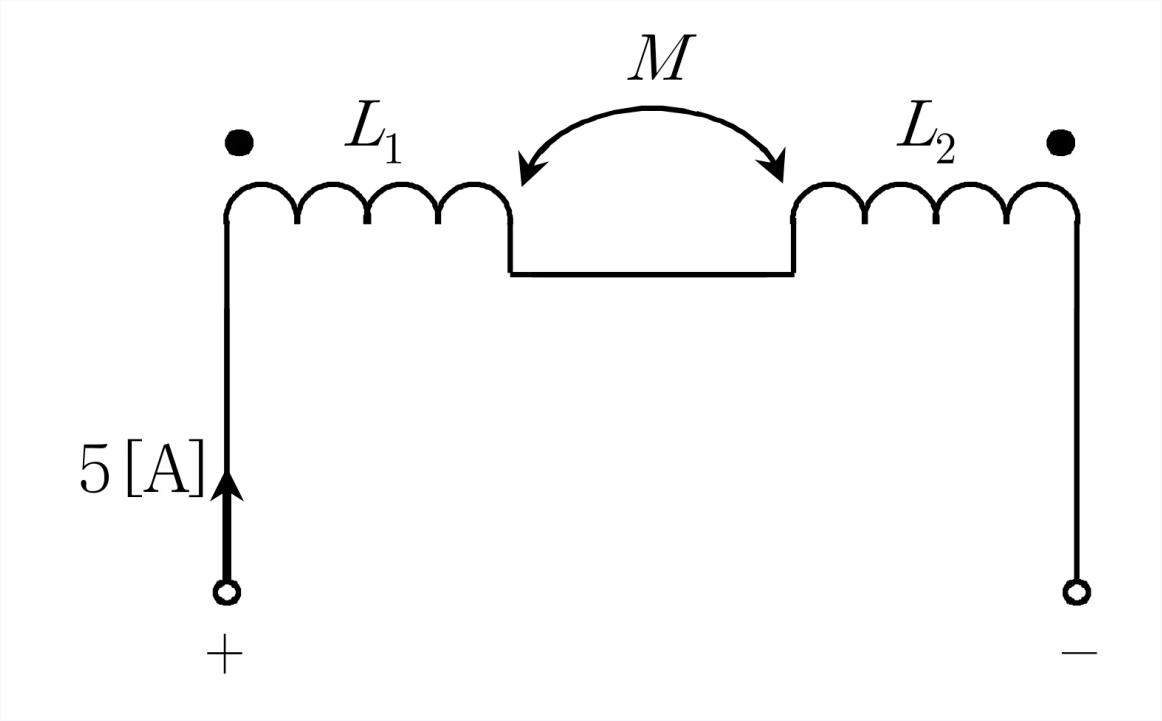
각 층의 전극 면적을 S, 두께를 d라 하면 평행판 축전기의 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r S}{d}$이다. 여기서 ε_0는 진공의 유전율, ε_r는 비유전율이다. 두 층의 S와 d가 같으므로 **정전용량은 비유전율에 비례**하여 $C_A : C_B = 5 : 8$이다.

축전기의 전압은 $V = \frac{Q}{C}$이다. 직렬 연결에서는 Q가 같으므로 정전용량이 큰 층에 더 작은 전압이 걸린다. 따라서 $\frac{V_B}{V_A} = \frac{C_A}{C_B} = \frac{5}{8}$이다.

A의 전압이 80 V이므로 $V_B = 80 \cdot \frac{5}{8} = 50\text{V}$이다. 이는 ①의 50 V에 해당한다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 자기 인덕턴스가 $L_1 = 8[H]$, $L_2 = 4[H]$, 상호 인덕턴스가 $M = 4[H]$인 코일에 5[A]의 전류를 흘릴 때, 전체 코일에 축적되는 자기 에너지[J]는?



① 10

② 25

③ 50

④ 100

정답 3번

간단한 해설

두 코일은 전류가 한쪽 점단자로 들어가 다른 쪽 점단자로 나오는 **직렬 역접속**이므로 합성 인덕턴스는 4 H이다. 여기에 5 A가 흐를 때 축적되는 자기 에너지는 50 J이다.

NoteBase

계산 과정

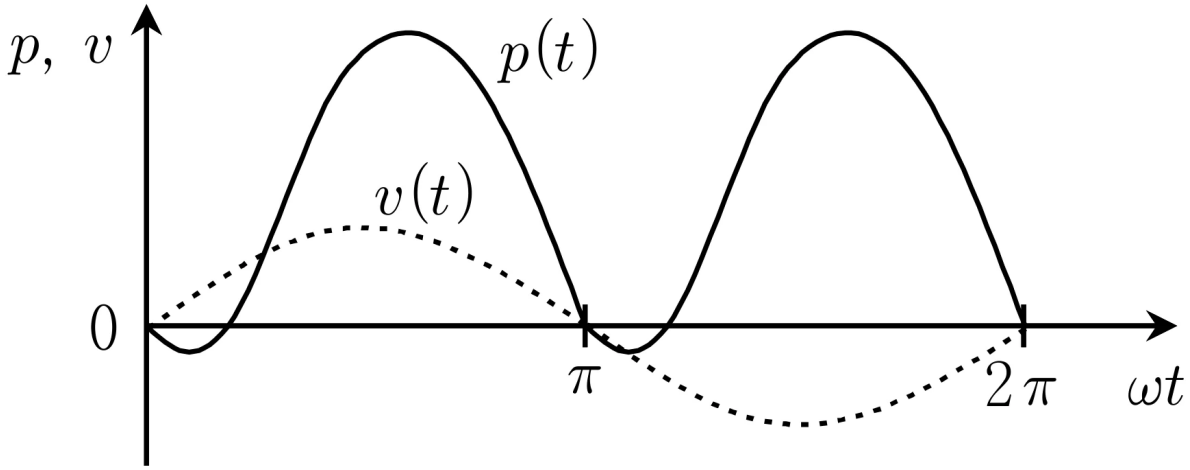
접속과 전류: 그림에서 전류는 L_1의 왼쪽 점단자로 들어가고, L_2의 오른쪽 점단자로 나온다. 따라서 두 코일은 서로의 자속을 약화하는 **직렬 역접속**이다. 직렬이므로 두 코일에 흐르는 전류는 모두 5 A이다.

합성 인덕턴스: 직렬 역접속에서는 각 코일의 상호 유도 효과가 반대 방향으로 작용하므로 자기 인덕턴스의 합에서 **상호 인덕턴스의 두 배를 뺀다**. 합성 인덕턴스를 L_{eq}라 하면 $L_{eq} = L_1 + L_2 - 2M$이다. 주어진 값을 대입하면 $L_{eq} = 8 + 4 - 2 \cdot 4 = 4$H이다. 이는 두 코일 전체를 하나의 코일로 보았을 때의 인덕턴스이다.

축적 에너지: 인덕턴스가 일정한 코일에 전류 I가 흐를 때 자기 에너지는 $W = \frac{1}{2} L_{eq} I^2$이다. 전체 코일의 합성 인덕턴스 4 H와 전류 5 A를 대입하면 $W = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 5^2 = 50$J이다. 따라서 전체 코일에 축적되는 자기 에너지는 50 J로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 어떤 부하에 교류전압 $v(t) = \sqrt{2}V\sin\omega t$를 인가하였더니 순시전력이 $p(t)$와 같은 형태를 보였다. 부하의 역률은?



① 동상

② 진상

③ 지상

④ 알 수 없다.

정답 3번

간단한 해설

전압이 0에서 양으로 바뀐 직후 순시전력이 음수이므로, 전류는 아직 음수이다. 전류가 전압보다 늦게 양으로 바뀌므로 **지상 역률**이다.

NoteBase

도식 해설

순시전력은 전압과 전류의 곱인 $p(t) = v(t) \cdot i(t)$이다. 따라서 전압이 양수인 동안 순시전력이 음수이면 전류는 음수이고, 순시전력이 양수이면 전류도 양수이다. 이 관계로 전류 파형이 직접 그려져 있지 않아도 전류의 부호 변화를 알 수 있다.

그림에서 점선은 전압, 실선은 순시전력이다. $\omega t = 0$ 직후에는 전압이 양수인데 순시전력은 음수이므로 전류는 음수이다. 이후 전압이 계속 양수인 구간에서 순시전력이 0을 지나 양수로 바뀌므로, 이때 전류가 음수에서 양수로 바뀐다. 즉, 전류의 영점 통과가 **전압보다 늦다**. 전류의 위상이 전압보다 뒤지는 경우를 지상이라고 하므로 부하는 지상 역률을 갖는다.

동상은 전압과 전류의 위상이 같아 같은 방향의 영점 통과가 동시에 일어나는 경우이고, 진상은 전류가 전압보다 먼저 같은 방향으로 영점을 통과하는 경우이다. 그림에서는 전류의 영점 통과가 늦는다는 것을 판별할 수 있으므로, 동상이나 진상이 아니며 위상 관계를 알 수 없는 경우도 아니다.

NoteBase

문 10. 정현파 교류전압의 실횻값에 대한 물리적 의미로 옳은 것은?

① 실횻값은 교류전압의 최댓값을 나타낸다.

② 실횻값은 교류전압 반주기에 대한 평균값이다.

③ 실횻값은 교류전압의 최댓값과 평균값의 비율이다.

④ 실횻값은 교류전압이 생성하는 전력 또는 에너지의 효능을 내포한 값이다.

정답 4번

간단한 해설

실횻값은 교류전압을 같은 저항에 같은 시간 동안 걸었을 때 **동일한 평균전력과 열에너지를 발생시키는 직류전압의 크기**이다. 교류가 일을 하는 효과를 직류와 비교하여 나타낸 값이다.

공통 해설

실횻값은 **같은 저항에서 같은 시간 동안 동일한 열에너지를 발생시키는 직류전압의 크기**이다. 저항에 걸리는 전압을 v(t), 저항을 R이라 하면 순간전력은 $p(t) = \frac{v(t)^2}{R}$이다. 따라서 교류의 전력 효과를 비교하려면 전압 자체가 아니라 전압의 제곱을 평균해야 한다. 이 평균에 제곱근을 취한 전압이 실횻값이며, 교류의 평균전력은 $P = \frac{V_{\text{rms}}^2}{R}$로 나타낸다. 같은 크기의 직류전압을 그 저항에 가해도 평균전력이 같으므로, 같은 시간 동안 발생하는 열에너지도 같다.

이처럼 실횻값의 기준은 **제곱한 전압의 평균**이다. 파형의 한 순간에 도달하는 최댓값이나, 반주기 동안 전압 자체를 단순 평균한 값과 구별된다. 정현파의 최댓값을 V_m이라 하면 $V_{\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$이므로 실횻값은 최댓값보다 작다. 또한 최댓값과 평균값의 비율은 두 전압 크기의 상대적 비를 나타내는 무차원 값이므로, 전력 효과에 대응하는 전압 크기인 실횻값을 뜻하지 않는다.

NoteBase

문 11. 평형 3상 Y-결선의 전원에서 선간전압의 크기가 100[V]일 때, 상전압의 크기[V]는?

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

정답 4번

간단한 해설

평형 3상 Y-결선에서 **선간전압은 상전압의 $\sqrt{3}$배**이다. 따라서 선간전압이 100 V이면 상전압은 $\frac{100}{\sqrt{3}}$V이다.

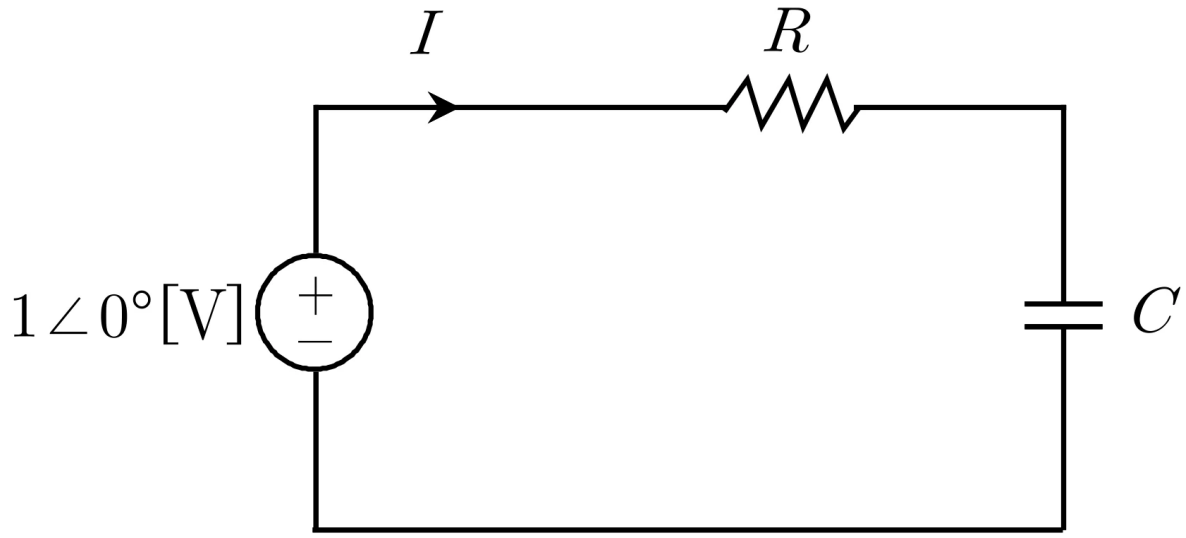
계산 과정

전압 관계: Y-결선의 상전압은 각 상의 단자와 중성점 사이의 전압이고, 선간전압은 두 선 사이의 전압이다. 평형 3상에서는 세 상전압의 크기가 같고 서로 120°의 위상차를 갖는다. 선간전압은 두 상전압의 **벡터 차**이므로 그 크기는 상전압의 $\sqrt{3}$배이다. 선간전압의 크기를 V_L, 상전압의 크기를 V_P라 하면 $V_L = \sqrt{3}V_P$가 성립한다.

상전압 계산: 주어진 선간전압 100 V를 대입하면 $V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{100}{\sqrt{3}}$V이다. 이 값은 두 선 사이의 전압이 아니라 각 상과 중성점 사이의 전압 크기이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 $R-C$ 직렬회로에서 크기가 $1\angle 0^\circ$[V]이고 각주파수가 ω[rad/sec]인 정현파 전압을 인가할 때, 전류(I)의 크기가 $2\angle 60^\circ$[A]라면 커패시터(C)의 용량[F]은?



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

정답 2번

간단한 해설

전압을 전류로 나누면 임피던스의 크기는 $\frac{1}{2}\Omega$, 위상은 −60°이다. 이때 **용량성 리액턴스의 크기**가 $\frac{\sqrt{3}}{4}\Omega$이므로, $C=\frac{4}{\sqrt{3}\omega}$F이다.

NoteBase

계산 과정

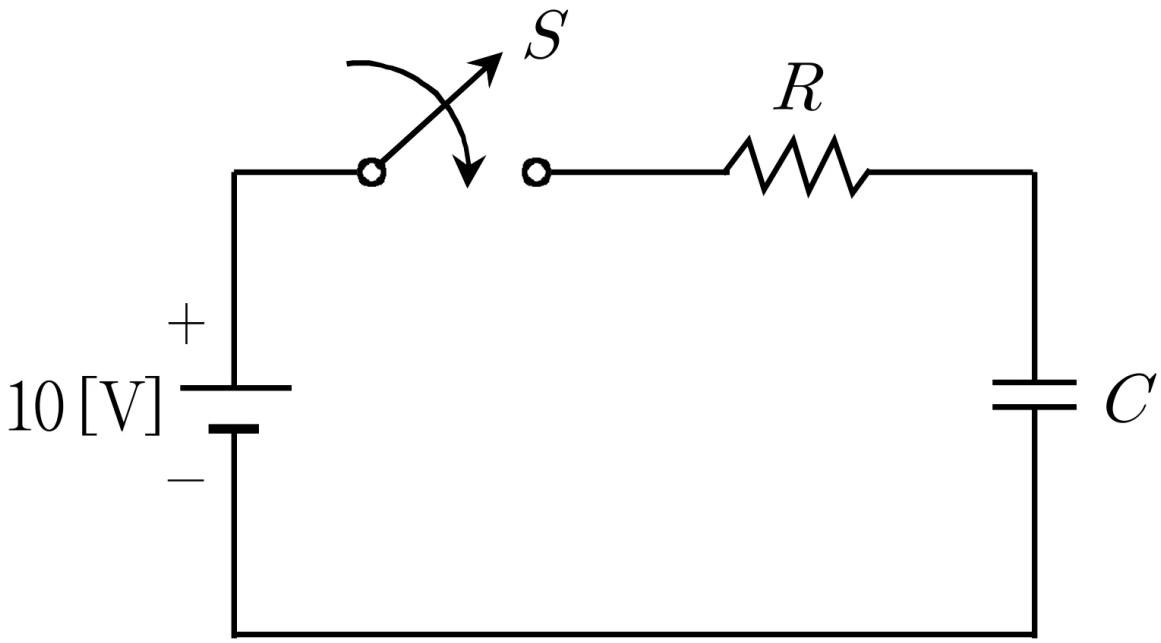
1. 회로 임피던스: 그림에서 저항과 커패시터는 직렬로 연결되어 같은 전류가 흐른다. 정현파 정상상태에서 전압과 전류의 페이저를 각각 V, I라 하면 회로 임피던스는 $Z = \frac{V}{I}$이다. 페이저를 나눌 때는 **크기는 나누고 위상은 뺀다**. 따라서 $|Z| = \frac{1}{2}\Omega$이고, $\angle Z = 0^\circ - 60^\circ = -60^\circ$이다.

2. 용량성 리액턴스: 저항의 임피던스는 실수이고 커패시터의 임피던스는 음의 허수이므로, 직렬회로에서 $Z = R - jX_C$이다. 여기서 j는 허수단위이며, $X_C = \frac{1}{\omega C}$는 용량성 리액턴스의 양의 크기이다. 임피던스의 위상이 −60°이므로 **허수부의 절댓값**을 구하면 $X_C = |Z|\sin 60^\circ$이다. 값을 대입하면 $X_C = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4}\Omega$이다.

3. 커패시터 용량: $X_C = \frac{1}{\omega C}$를 용량에 대해 정리하면 $C = \frac{1}{\omega X_C}$이다. 따라서 $C = \frac{1}{\omega \cdot (\sqrt{3}/4)} = \frac{4}{\sqrt{3}\omega}$F이며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같은 10[V]의 전압이 인가된 R-C 직렬회로에서 시간 t=0에서 스위치를 닫을 때의 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 커패시터의 초기($t=0^-$) 전압은 0[V]이다)



① 시정수(τ)는 RC[sec]이다.

② 충분한 시간이 경과하면 전류는 거의 흐르지 않는다.

③ 충분한 시간이 경과하면 커패시터의 전압은 10[V]를 초과한다.

④ 초기 3τ 동안 커패시터에 충전되는 전압은 정상상태 충전 전압의 90% 이상이다.

정답 3번

간단한 해설

초기 전압이 0 V인 커패시터는 충전되면서 전압이 **전원 전압인 10 V에 가까워지며, 이를 초과하지 않는다**.
충분한 시간이 지나면 저항의 전압 강하는 0 V에 가까워지고 커패시터에는 거의 10 V가 걸린다.

NoteBase

선지별 해설

그림은 10 V 직류 전원에 저항 R과 커패시터 C가 직렬로 연결된 충전 회로이다. 커패시터 전압을 $v_C(t)$라 하면, 초기 전압이 0 V이므로 스위치를 닫은 뒤의 전압은 $v_C(t) = 10(1 - e^{-t/(RC)})$V이다. 충전될수록 커패시터 전압은 증가하고, 전원과 커패시터의 전압 차가 줄어 전류는 감소한다.

① O: 이 회로의 시정수는 $\tau = RC$이다. R을 Ω, C를 F 단위로 나타내면 시정수의 단위는 초(s)이다. 시정수는 **충전이 진행되는 빠르기를 나타내는 시간 기준**으로, $t = \tau$일 때 커패시터 전압은 최종 전압의 약 63.2%에 도달한다.

② O: 저항에 걸리는 전압은 전원 전압에서 커패시터 전압을 뺀 값이므로, 옴의 법칙에 따라 전류는 $i(t) = \frac{10}{R}e^{-t/(RC)}$A이다. 시간이 충분히 지나면 지수항이 0에 가까워져 전류도 거의 0 A가 된다. 즉, 커패시터는 **직류 정상상태에서 개방된 것처럼 동작**한다.

③ X: 커패시터 전압은 **10 V를 초과하는 것이 아니라 10 V에 수렴**한다. 초기 전압이 0 V이고 $t \geq 0$일 때 $0 \leq 1 - e^{-t/(RC)} < 1$이므로, 유한한 시간 동안 커패시터 전압은 10 V보다 작다. 충분한 시간이 지나 전류가 거의 0 A가 되면 저항의 전압 강하도 거의 0 V가 되어 전원 전압 10 V가 거의 전부 커패시터에 걸린다.

④ O: 정상상태 충전 전압은 10 V이다. $t = 3\tau = 3RC$를 충전식에 대입하면 $\frac{v_C(3\tau)}{10\text{V}} = 1 - e^{-3} \approx 0.9502$이다. 따라서 스위치를 닫고 3τ가 경과했을 때 커패시터 전압은 약 9.50 V로, **정상상태 전압의 약 95%에 도달**하므로 90% 이상이라는 설명을 만족한다.

NoteBase

문 14. 정격전압에서 50 [W]의 전력을 소비하는 저항에 정격전압의 60%인 전압을 인가할 때 소비전력[W]은?

① 16

② 18

③ 20

④ 30

정답 2번

간단한 해설

저항값이 일정하면 소비전력은 **전압의 제곱에 비례**한다. 전압이 정격전압의 60%가 되면 소비전력은 정격전력의 36%인 18 W가 된다.

계산 과정

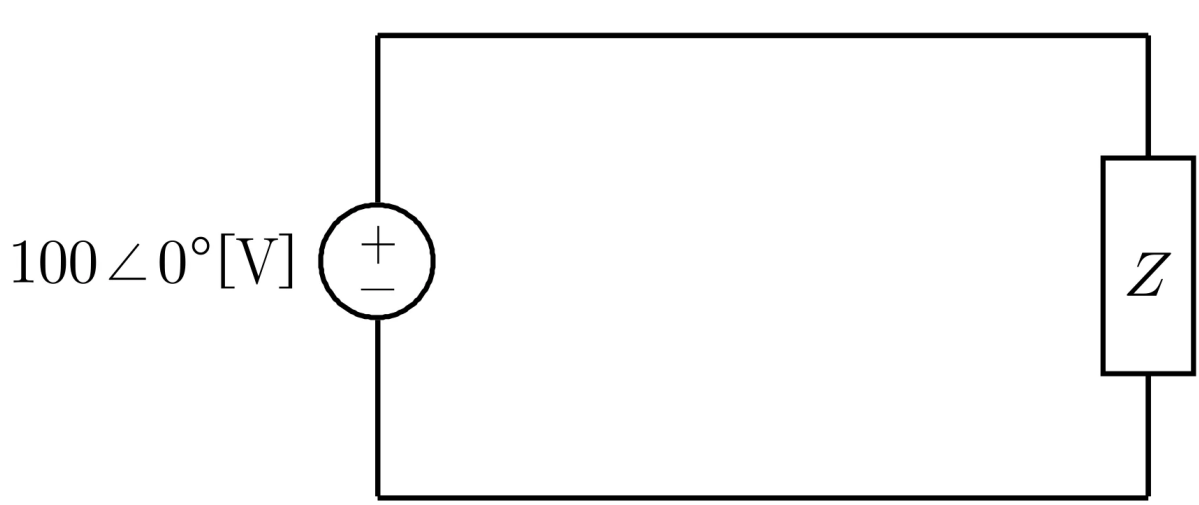
저항값 R은 일정하다고 본다. 저항의 소비전력은 $P = VI$이고, 옴의 법칙 $I = \frac{V}{R}$을 대입하면 $P = \frac{V^2}{R}$이다. 따라서 같은 저항에서는 **전압비의 제곱이 전력비**가 된다.

정격전압을 V_n, 그때의 소비전력을 $P_n = 50\text{W}$라 하면, 인가전압은 $V = 0.6V_n$이다. 두 경우의 저항값이 같으므로 $\frac{P}{P_n} = \left(\frac{V}{V_n}\right)^2 = 0.6^2 = 0.36$이다. 즉, 소비전력은 정격전압에서의 36%로 줄어든다.

따라서 $P = 50 \times 0.36 = 18\text{W}$이며, 이는 ②의 18 W에 해당한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 회로에서 60 [Hz], 100 [V]의 정현파 전압을 인가하였더니 위상이 60° 뒤진 2 [A]의 전류가 흘렀다. 임피던스 Z [Ω]는?



① $25\sqrt{3} - j25$

② $25\sqrt{3} + j25$

③ $25 - j25\sqrt{3}$

④ $25 + j25\sqrt{3}$

정답 4번

간단한 해설

임피던스의 크기는 전압과 전류의 크기 비인 50 Ω이다. 전류가 전압보다 60° 뒤지므로 **임피던스의 위상은 +60°**이며, 직각좌표형으로 나타내면 $Z = 25 + j25\sqrt{3}\,\Omega$이다.

NoteBase

계산 과정

전압·전류의 위상: 그림의 전압을 기준으로 하면 전압 페이저는 $V = 100\angle 0^\circ$ V이다. 전류는 전압보다 60° 뒤지므로 $I = 2\angle(-60^\circ)$A로 나타낸다. 여기서 페이저는 정현파의 크기와 위상을 복소수로 표현한 것이다.

임피던스의 크기와 위상: 정현파 회로에서는 $Z = \frac{V}{I}$이므로, 임피던스의 크기는 $|Z| = \frac{100}{2} = 50\Omega$이다. 복소수의 나눗셈에서는 위상을 빼므로 $\angle Z = 0^\circ - (-60^\circ) = 60^\circ$이다. 따라서 전류가 뒤진다는 조건은 **임피던스의 위상이 양수**라는 뜻이다.

직각좌표형으로 변환: $Z = R + jX$에서 R은 저항 성분, X는 리액턴스 성분이며 j는 허수 단위이다. 저항 성분은 $R = 50\cos 60^\circ = 25\Omega$, 리액턴스 성분은 $X = 50\sin 60^\circ = 25\sqrt{3}\Omega$이다. **양의 리액턴스**는 유도성 성분을 뜻하며, 전류가 전압보다 뒤지는 조건과 일치한다.

따라서 $Z = 25 + j25\sqrt{3}\Omega$이며, ④의 값과 일치한다. 주어진 60 Hz에서 전압과 전류의 크기 및 위상차를 이미 알기 때문에, 주파수를 별도로 대입하는 계산은 필요하지 않다.

NoteBase

문 16. 내부저항이 5 [Ω]인 코일에 실횻값 220 [V]의 정현파 전압을 인가할 때, 실횻값 11 [A]의 전류가 흐른다면 이 코일의 역률은?

① 0.25

② 0.4

③ 0.45

④ 0.6

정답 1번

간단한 해설

정현파에서 코일의 역률은 **내부저항과 임피던스 크기의 비**이다. 전압과 전류로 구한 임피던스 크기가 20 Ω이므로, 역률은 $\frac{5}{20} = 0.25$이다.

계산 과정

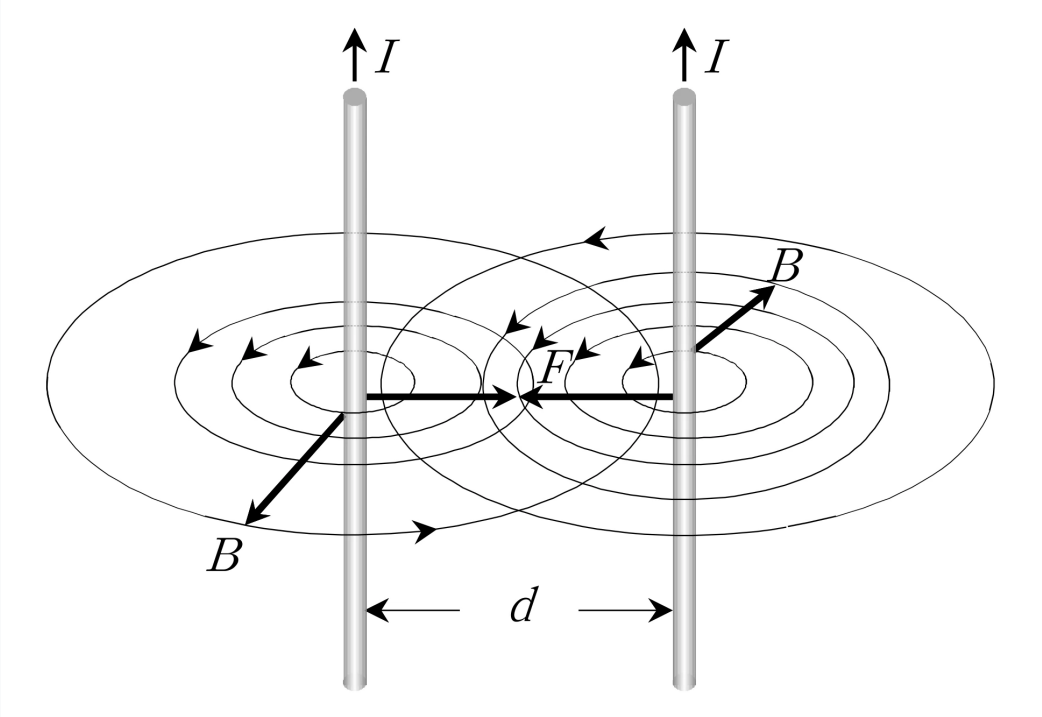
임피던스 구하기: 내부저항 R = 5 Ω, 전압의 실횻값 V = 220 V, 전류의 실횻값 I = 11 A이다. 코일에서는 저항뿐 아니라 유도성 리액턴스도 전류의 흐름에 영향을 주므로, **전압과 전류의 비는 임피던스의 크기**이다. 따라서 $|Z| = \frac{V}{I} = \frac{220}{11} = 20\Omega$이다.

역률의 관계식: 정현파에서 역률은 유효전력 P를 피상전력 S로 나눈 값이며, 전압과 전류의 위상차 φ의 코사인과 같다. 코일의 유효전력은 내부저항에서 소비되므로 $P = I^2R$이고, 피상전력은 $S = VI$이다. 이로부터 $\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{IR}{V} = \frac{R}{|Z|}$를 얻는다.

값 대입: $\cos\varphi = \frac{5}{20} = 0.25$이다. 역률은 단위가 없는 값이며, ①의 0.25와 일치한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 동일한 크기의 전류가 흐르고 있는 간격(d)이 20 [cm]인 평행 도선에 1 [m]당 3×10^{-6} [N]의 힘이 작용한다면 도선에 흐르는 전류(I)의 크기[A]는?



① 1

② $\sqrt{2}$

③ $\sqrt{3}$

④ 2

정답 3번

간단한 해설

두 도선에 같은 전류가 흐르면 **단위 길이당 힘은 전류의 제곱에 비례**한다. 도선 간격 0.20 m와 단위 길이당 힘 3×10^{-6} N/m를 적용하면 전류의 크기는 $\sqrt{3}$ A이다.

NoteBase

계산 과정

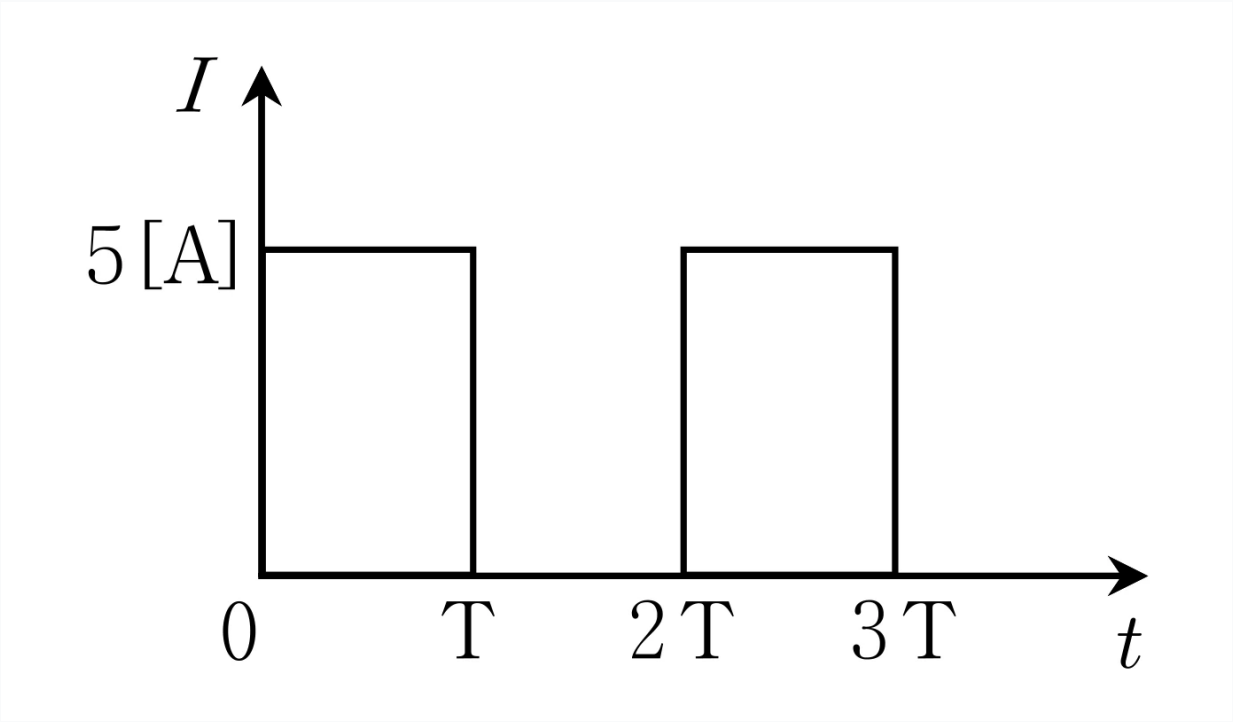
조건 정리: 그림에서 두 도선의 전류는 모두 위쪽으로 흐르고, 힘의 화살표는 서로를 향한다. 같은 방향의 전류가 흐르는 평행 도선 사이에는 인력이 작용한다. 도선 간격은 d = 20 cm = 0.20 m이고, 단위 길이당 힘은 $f = F/l = 3 \times 10^{-6}$ N/m이다. 여기서 F는 길이 l인 도선에 작용하는 힘이며, 구할 값은 두 도선에 공통으로 흐르는 전류 I의 크기이다.

공식 적용: 공기 중의 충분히 긴 직선 평행 도선으로 보아 계산한다. 한 도선이 거리 d인 다른 도선의 위치에 만드는 자속밀도는 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$이다. 이 자기장은 다른 도선의 전류에 수직이므로 단위 길이당 힘은 f = IB이다. 따라서 **두 도선의 전류가 모두 I**일 때 $f = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d}$가 된다. 공기 중의 투자율은 $\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7}$ H/m로 둔다.

전류 계산: d = 0.20 m를 대입하면 $\frac{\mu_0}{2\pi d} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi \times 0.20} = 10^{-6}$이다. 따라서 I를 A, f를 N/m 단위로 나타내면 $f = 10^{-6} I^2$이다. 주어진 힘을 적용하면 $I^2 = \frac{3 \times 10^{-6}}{10^{-6}} = 3$이므로, 전류의 크기는 $I = \sqrt{3}$ A이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 파형에서 실횻값과 평균값의 비(실횻값평균값)는?



① 1
② $\sqrt{2}$
③ 2
④ $5\sqrt{2}$

정답 2번

간단한 해설

전류가 5 A인 구간과 0 A인 구간의 길이가 같으므로 **한 주기 중 절반만 전류가 흐른다**. 평균값은 2.5 A, 실횻값은 $\frac{5}{\sqrt{2}}$A이므로 두 값의 비는 $\sqrt{2}$이다.

NoteBase

계산 과정

파형과 주기: 가로축은 시간 t, 세로축은 전류 I이다. 0부터 T까지는 5 A, T부터 2T까지는 0 A이고, 2T부터 같은 파형이 반복된다. 따라서 **한 주기는 2T**이며, 전류가 흐르는 시간은 그 절반인 T이다.

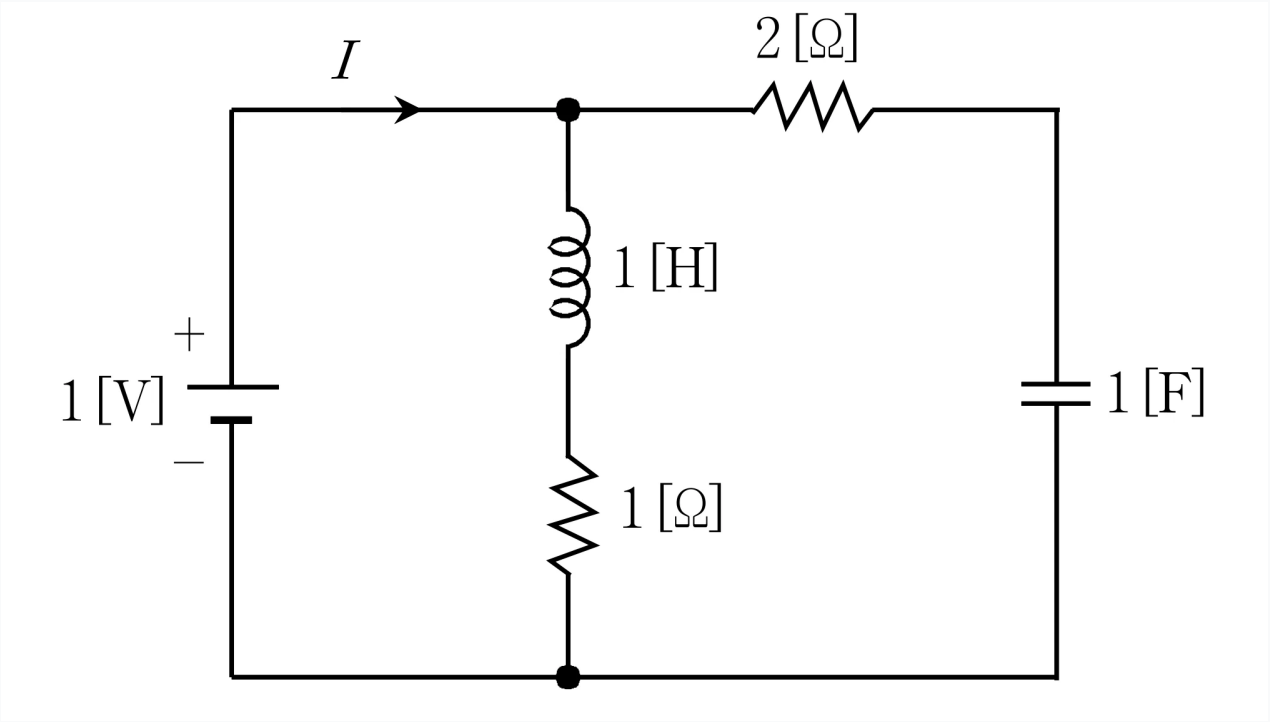
평균값: 한 주기 동안의 전류를 시간에 따라 평균한다. 파형 아래의 면적을 전체 주기 2T로 나누면 $I_{\text{avg}} = \frac{5 \cdot T}{2T} = 2.5\text{A}$이다. 전류가 0 A인 구간도 **평균을 구하는 전체 시간에 포함**한다.

실횻값: 전류를 제곱한 값의 한 주기 평균에 제곱근을 취한다. 같은 저항에서 발생하는 평균 전력이 같은 직류 전류의 크기를 뜻하므로, 전류 자체가 아니라 **전류의 제곱을 먼저 평균**한다. 0 A인 구간의 기여는 0이므로 $I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{5^2 \cdot T}{2T}} = \frac{5}{\sqrt{2}}\text{A}$이다.

실횻값과 평균값의 비: $\frac{I_{\text{rms}}}{I_{\text{avg}}} = \frac{5}{\sqrt{2}} \div \frac{5}{2} = \sqrt{2}$ 이다. 두 전류의 단위 A가 소거되어 비에는 단위가 없으며, 이 값은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 회로에서 1[V]의 전압을 인가한 후, 오랜 시간이 경과했을 때 전류(I)의 크기[A]는?



① 0.33

② 0.5

③ 0.66

④ 1

정답 4번

간단한 해설

직류 전압을 인가하고 충분한 시간이 지나면 **인덕터는 단락, 커패시터는 개방**으로 취급한다. 따라서 1 Ω 저항이 있는 가지만 전류가 흐르며, 전원 전류는 1 A이다.

NoteBase

계산 과정

1. 정상상태의 소자 특성: 1 V의 직류 전압을 인가한 뒤 오랜 시간이 지났으므로 전류와 전압의 시간 변화가 없는 정상상태이다. 이상적인 인덕터는 $v_L = L\frac{di_L}{dt}$에서 양단 전압이 0이 되어 **단락**으로 취급한다. 커패시터는 $i_C = C\frac{dv_C}{dt}$에서 전류가 0이 되어 **개방**으로 취급한다.

2. 각 가지의 전류: 가운데 가지는 1 H 인덕터와 1 Ω 저항의 직렬 연결이다. 인덕터를 도선으로 바꾸면 1 Ω 저항에 전원 전압 1 V가 그대로 걸린다. 오른쪽 가지는 2 Ω 저항과 1 F 커패시터의 직렬 연결이므로, 커패시터가 개방되면 **2 Ω 저항에도 전류가 흐르지 않는다**.

3. 전원 전류 계산: 그림의 I는 분기점에 도달하기 전의 전원 전류이므로 두 가지 전류의 합이다. 옴의 법칙에 따라 가운데 가지 전류는 $I_L = \frac{1\text{V}}{1\Omega} = 1\text{A}$이고, 오른쪽 가지 전류는 0 A이다. 따라서 I = 1 + 0 = 1 A이며, 선택지 ④의 1에 해당한다.

NoteBase

문 20. 권선수 1,000인 코일과 20[Ω]의 저항이 직렬로 연결된 회로에 10[A]의 전류가 흐를 때, 자속이 3×10^{-2}[Wb]라면 시정수[sec]는?

① 0.1

② 0.15

③ 0.3

④ 0.4

정답 2번

간단한 해설

직렬 RL 회로의 시정수는 **인덕턴스를 저항으로 나눈 값**인 $\tau = \frac{L}{R}$이다. 권선수와 자속으로 구한 인덕턴스가 3 H이므로 시정수는 0.15초이다.

계산 과정

시정수 관계: 코일의 인덕턴스를 L, 직렬 저항을 R이라 하면, RL 회로의 시정수는 $\tau = \frac{L}{R}$이다. 시정수는 전류가 변화하는 빠르기를 나타내며, **인덕턴스가 클수록 길고 저항이 클수록 짧다**. 이 문제에서 R = 20 Ω이다.

인덕턴스 계산: 권선수 N = 1,000, 전류 I = 10 A, 자속 $\Phi = 3 \times 10^{-2}\text{Wb}$이다. 각 권선에 쇄교하는 자속을 합한 **쇄교자속은 자속에 권선수를 곱한 값**이므로 $N\Phi = LI$의 관계를 이용한다. 따라서 $L = \frac{N\Phi}{I}$에 주어진 값을 대입하면 $L = \frac{1{,}000 \cdot (3 \times 10^{-2})}{10} = 3\text{H}$이다. 이 3 H는 코일이 전류 변화에 저항하는 정도를 나타내는 인덕턴스이다.

시정수 계산: 구한 인덕턴스와 직렬 저항을 시정수 식에 대입하면 $\tau = \frac{3}{20} = 0.15\text{s}$이다. 따라서 시정수는 0.15초이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase