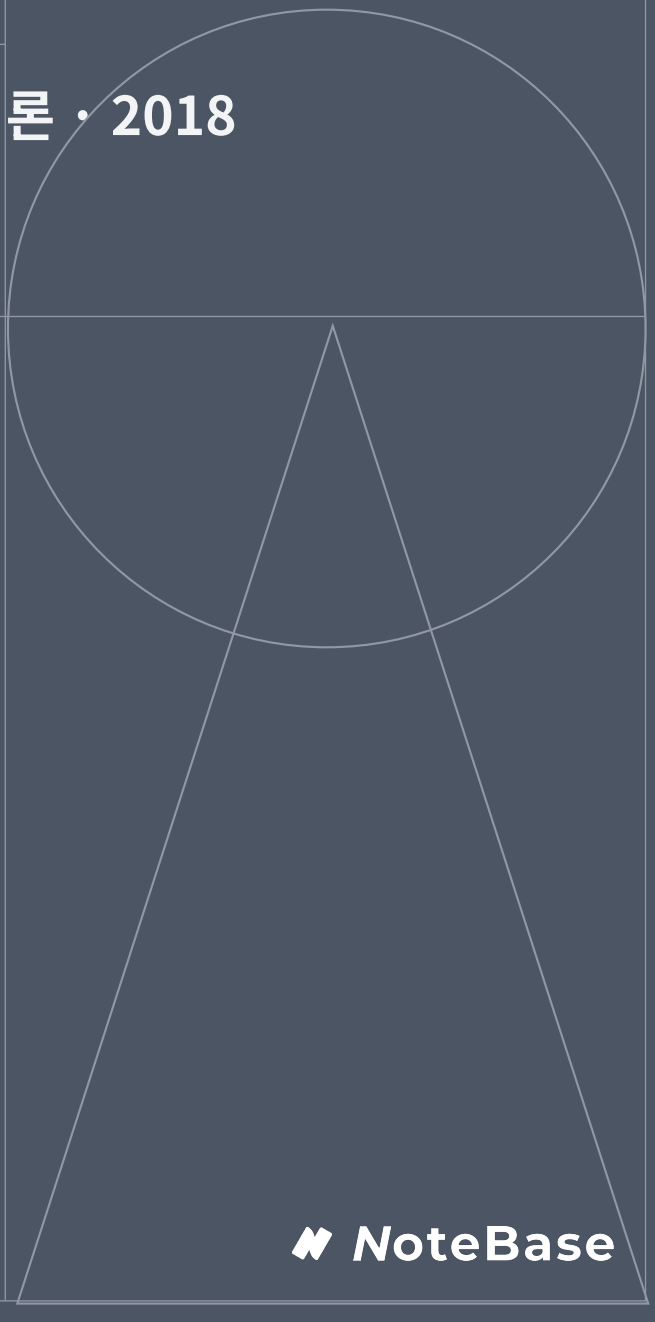
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2018

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2018

문 1. 커패시터와 인덕터에서 순간적($\Delta t \to 0$)으로 변하지 않는 것은?

① 커패시터: 전류, 인덕터: 전류

② 커패시터: 전압, 인덕터: 전압

③ 커패시터: 전압, 인덕터: 전류

④ 커패시터: 전류, 인덕터: 전압

정답 3번

간단한 해설

커패시터의 전류는 전압의 변화율에, 인덕터의 전압은 전류의 변화율에 비례한다. 따라서 유한한 전류와 전압이 작용할 때 **커패시터 전압**과 **인덕터 전류**는 순간적으로 도약할 수 없다.

대응 관계 해설

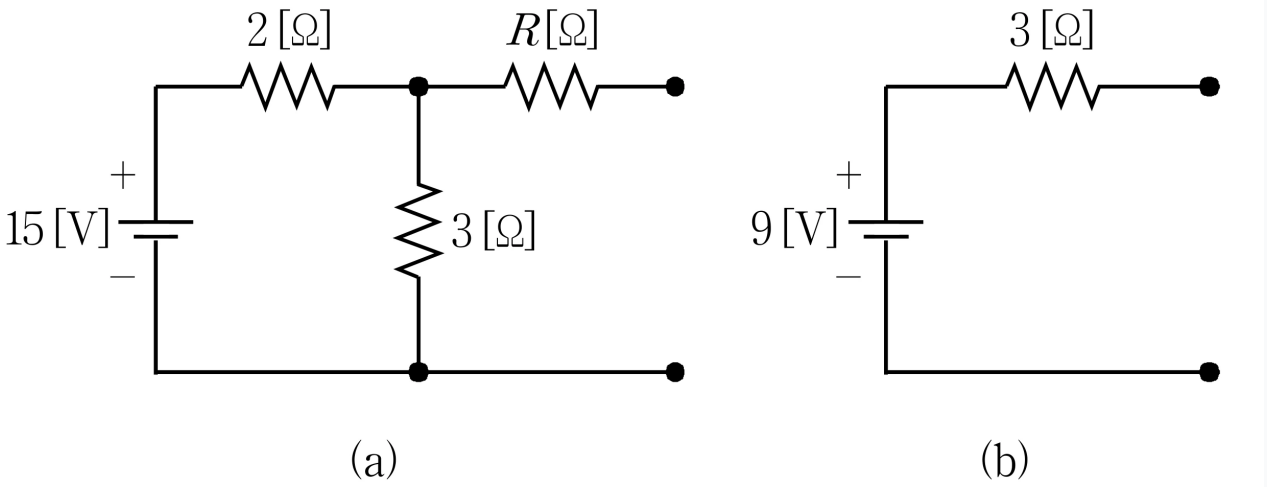
커패시터: 커패시턴스 C가 일정할 때 전류와 전압의 관계는 $i_C = C\frac{dv_C}{dt}$이다. 전압이 순간적으로 유한한 크기만큼 도약하면 전압의 변화율에 충격 성분이 생겨 충격 전류가 필요하다. 따라서 **유한한 전류가 흐르는 커패시터의 전압은 연속**이며, 스위칭 직전과 직후의 전압이 같다. 커패시터 전류 자체는 순간적으로 달라질 수 있다.

인덕터: 인덕턴스 L이 일정할 때 전압과 전류의 관계는 $v_L = L\frac{di_L}{dt}$이다. 전류가 순간적으로 유한한 크기만큼 도약하려면 충격 전압이 필요하다. 따라서 **유한한 전압이 걸리는 인덕터의 전류는 연속**이며, 스위칭 직전과 직후의 전류가 같다. 인덕터 전압 자체는 순간적으로 달라질 수 있다.

순간적으로 변하지 않는 물리량은 '커패시터: 전압, 인덕터: 전류'이므로 ③의 대응과 일치한다. 여기서 연속이라는 것은 항상 일정하다는 뜻이 아니라, 시간에 따라 변하더라도 순간적인 도약은 없다는 뜻이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 테브난의 정리를 이용하여 그림 (a)의 회로를 그림 (b)와 같은 등가회로로 만들었을 때, 저항 R[Ω]은?



① 1.2

② 1.5

③ 1.8

④ 3.0

정답 3번

간단한 해설

테브난 저항은 **독립 전압원을 단락**한 뒤 출력 단자에서 바라본 합성저항이다. 2 Ω과 3 Ω의 병렬 합성저항 1.2 Ω에 R이 직렬로 연결되므로, 전체 3 Ω에서 이를 빼면 R은 1.8 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

그림 (b)의 직렬 저항 3 Ω은 출력 단자에서 본 테브난 저항 R_{th}이다. 따라서 그림 (a)에서도 같은 단자에서 바라본 저항이 3 Ω이 되도록 R을 구한다.

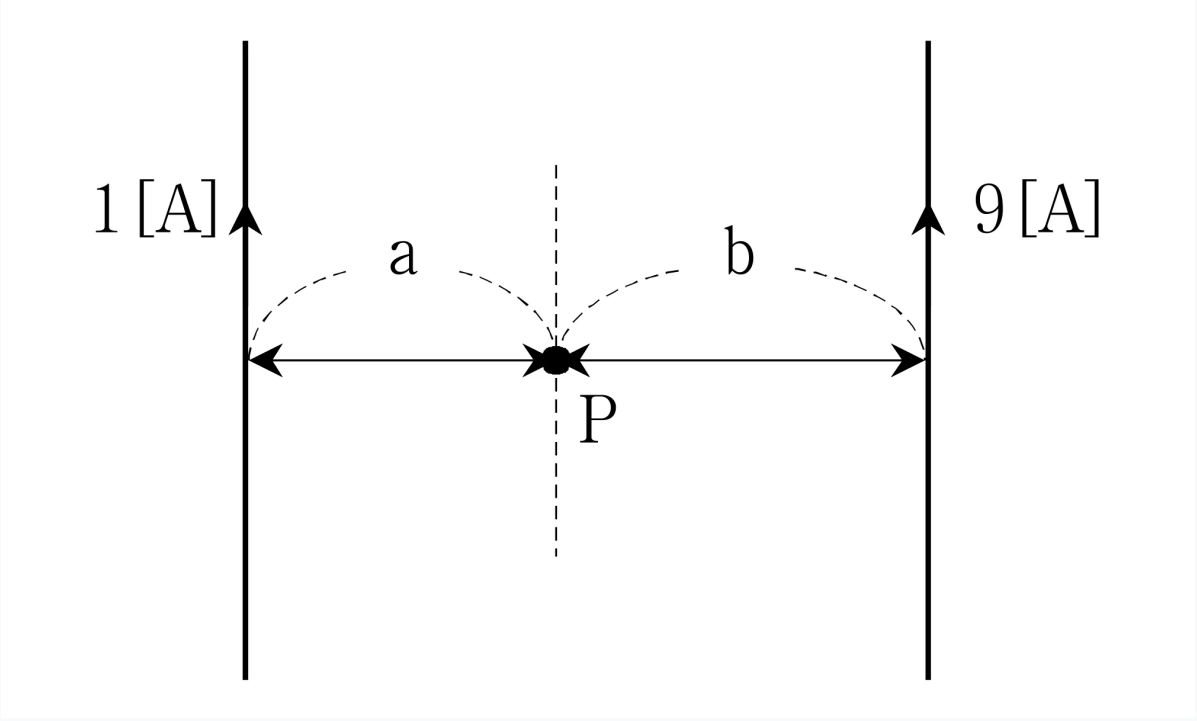
전원 제거: 테브난 저항을 구할 때는 독립 전원을 0으로 만든다. 그림 (a)의 이상적인 15 V 전압원을 0 V로 만들면 양단 전압이 0이므로 **도선으로 단락**한다.

병렬 부분: 전압원을 단락하면 2 Ω과 3 Ω 저항이 같은 위쪽 접점과 아래쪽 도선 사이에 연결된다. 따라서 두 저항은 **병렬**이며, 그 합성저항은 $R_{\text{p}} = \frac{2 \cdot 3}{2+3} = 1.2\Omega$이다.

미지 저항 계산: 출력 단자에서 보면 R은 앞에서 구한 병렬 부분과 직렬이므로 $R_{\text{th}} = R + 1.2 = 3$이다. 이를 풀면 $R = 3 - 1.2 = 1.8\Omega$이며, ③의 1.8 Ω에 해당한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 평행한 두 개의 무한장 직선도선에 1[A], 9[A]인 전류가 각각 흐른다. 두 도선 사이의 자계 세기가 0이 되는 지점 P의 위치를 나타낸 거리의 비 $\frac{a}{b}$는?



① $\frac{1}{9}$

② $\frac{1}{3}$

③ 3

④ 9

정답 1번

간단한 해설

무한장 직선도선의 자계 세기는 **전류에 비례하고 도선으로부터의 거리에 반비례**한다. 두 도선 사이에서 서로 반대 방향인 자계가 상쇄되려면 거리의 비도 전류의 비와 같아야 하므로 $\frac{a}{b} = \frac{1}{9}$이다.

NoteBase

계산 과정

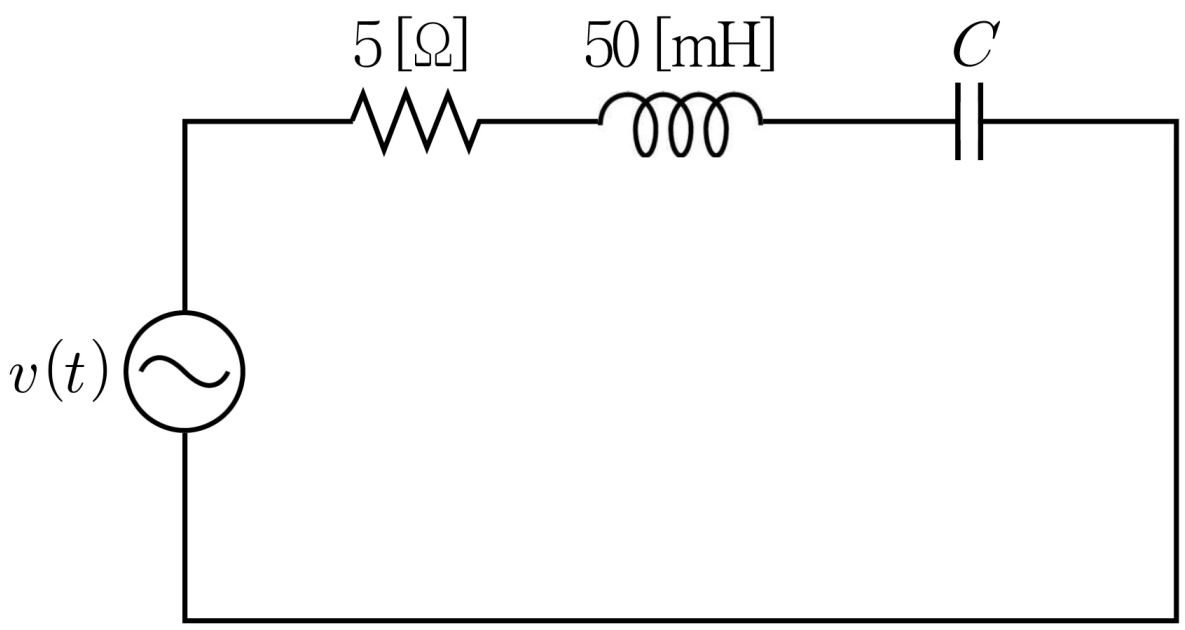
그림에서 a는 왼쪽 1 A 도선과 P 사이의 거리이고, b는 오른쪽 9 A 도선과 P 사이의 거리이다. 두 전류가 모두 위쪽으로 흐르므로 오른손 법칙에 따라 P에서 왼쪽 도선의 자계는 종이 안쪽, 오른쪽 도선의 자계는 종이 바깥쪽을 향한다. 따라서 합성 자계가 0이 되려면 **두 자계의 크기가 같아야 한다**.

전류 I가 흐르는 무한장 직선도선에서 거리 r인 지점의 자계 세기는 $H = \frac{I}{2\pi r}$이다. 도선을 중심으로 한 원 위에서는 자계 세기가 일정하고 원주가 $2\pi r$이므로, 암페어의 주회 법칙을 적용하면 이 식을 얻는다. I를 A, r을 m로 나타내면 H의 단위는 A/m이다. P에서 두 자계의 크기를 같게 놓으면 $\frac{1}{2\pi a} = \frac{9}{2\pi b}$이다.

공통 인자를 소거하면 $\frac{1}{a} = \frac{9}{b}$이므로 $b = 9a$이다. 이는 P가 **전류가 작은 1 A 도선에 더 가까이** 있고, 9 A 도선까지의 거리가 그 9배라는 뜻이다. 따라서 $\frac{a}{b} = \frac{1}{9}$이며, 거리끼리의 비이므로 단위는 없다. 이 값은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 4. 다음 회로에서 $v(t) = 100\sin(2 \times 10^4 t)[V]$일 때, 공진되기 위한 $C[\mu F]$는?



① 0.05

② 0.15

③ 0.20

④ 0.25

정답 1번

간단한 해설

직렬 RLC 회로는 **유도성 리액턴스와 용량성 리액턴스가 같을 때** 공진한다. 주어진 각주파수와 인덕턴스를 $C = \frac{1}{\omega^2 L}$에 대입하면 필요한 정전용량은 0.05 μF이다.

NoteBase

계산 과정

조건 확인: 그림의 저항 5 Ω, 인덕터 50 mH, 커패시터 C는 하나의 경로에 직렬로 연결되어 있다. 전압식에서 사인함수 안의 t에 곱해진 계수가 **각주파수**이므로 $\omega = 2 \times 10^4$rad/s이다. 인덕턴스는 L = 50 mH = 0.05 H로 환산한다.

공진 조건: 직렬 RLC 회로의 임피던스는 $Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$이다. 공진은 **임피던스의 허수부가 0**이 되는 상태이므로 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$가 성립한다. 이를 C에 대해 정리하면 $C = \frac{1}{\omega^2 L}$이다. 저항 5 Ω과 전압의 진폭 100 V는 이 공진 조건에 영향을 주지 않는다.

정전용량 계산: $\omega^2 L = (2 \times 10^4)^2 \cdot 0.05 = 2 \times 10^7$이므로, $C = \frac{1}{2 \times 10^7} = 5 \times 10^{-8}$F이다.

단위 환산과 선택지 연결: 1μF $= 10^{-6}$F이므로 $C = 5 \times 10^{-8} \times 10^6 = 0.05\mu$F이다. 따라서 구한 값은 ①의 0.05 μF와 일치한다.

NoteBase

문 5. 60[Hz] 단상 교류발전기가 부하에 공급하는 전압, 전류의 최댓값이 각각 100[V], 10[A]일 때, 부하의 유효전력이 500[W]이다. 이 발전기의 피상전력[VA]은? (단, 손실은 무시한다)

① 500

② $500\sqrt{2}$

③ 1000

④ $1000\sqrt{2}$

정답 1번

간단한 해설

피상전력은 전압과 전류의 **실효값의 곱**이다. 정현파에서는 각 실효값이 최댓값의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배이므로, 피상전력은 $S = \frac{100 \times 10}{2} = 500\text{VA}$이다.

계산 과정

실효값 환산: 정현파 교류의 실효값은 같은 저항에서 동일한 평균 전력을 소비하게 하는 직류값이며, 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이다. 주어진 100 V와 10 A는 **실효값이 아니라 최댓값**이므로, 전압 실효값은 $V = \frac{100}{\sqrt{2}}\text{V}$, 전류 실효값은 $I = \frac{10}{\sqrt{2}}\text{A}$이다.

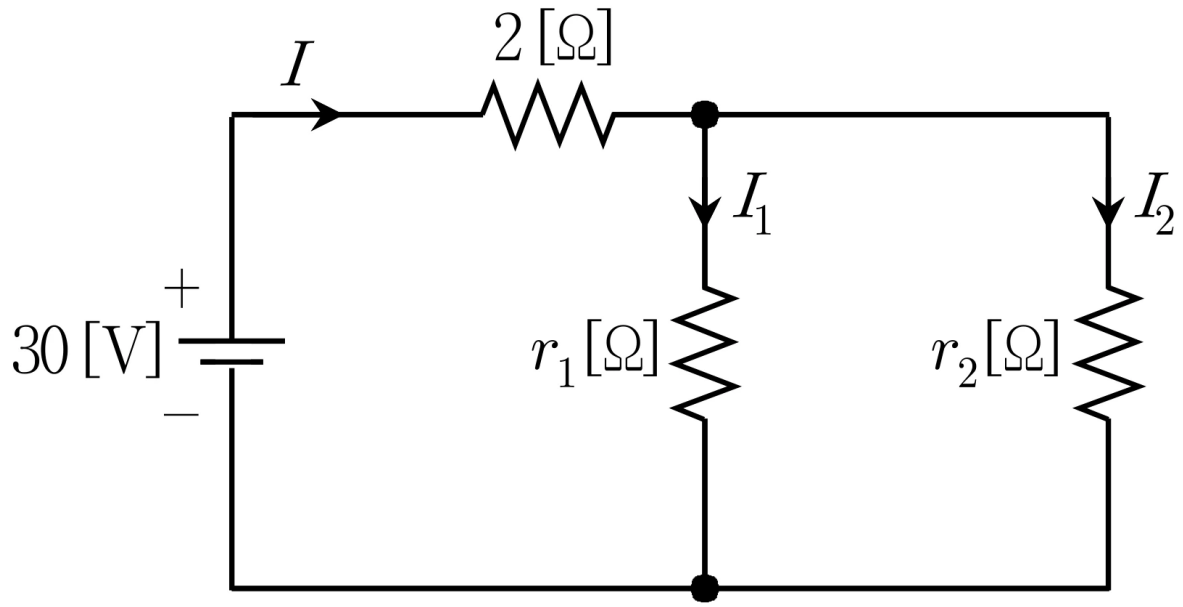
피상전력 계산: 단상 교류의 피상전력 S는 전압 실효값과 전류 실효값의 곱이므로 $S = VI$를 적용한다. 따라서 $S = \frac{100}{\sqrt{2}} \times \frac{10}{\sqrt{2}} = 500\text{VA}$이다. 최댓값끼리의 곱 1000을 그대로 쓰면 실효값 환산이 빠진다.

유효전력과 조건 확인: 정현파 교류에서 유효전력 P와 피상전력 S의 관계는 $P = S\cos\varphi$이며, ϕ는 전압과 전류의 위상차이다. 주어진 유효전력이 500 W이므로 역률은 $\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{500}{500} = 1$이다. 즉, 이 부하는 **유효전력과 피상전력의 수치가 같다**. 주파수 60 Hz는 위 실효값 환산식과 피상전력 계산에 직접 들어가지 않으며, 손실을 무시하므로 부하에 공급되는 피상전력을 발전기의 피상전력으로 본다.

발전기의 피상전력은 500 VA이며, ①의 500에 해당한다.

NoteBase

문 6. 다음 회로의 r_1, r_2에 흐르는 전류비 $I_1 : I_2 = 1 : 2$가 되기 위한 $r_1[\Omega]$과 $r_2[\Omega]$는? (단, 입력전류 $I = 5[A]$이다)



① r_1: 3, r_2: 6
② r_1: 6, r_2: 3
③ r_1: 6, r_2: 12
④ r_1: 12, r_2: 6

정답 4번

간단한 해설

두 저항은 병렬이므로 **양단 전압이 같고 전류는 저항에 반비례**한다. 직렬 2 Ω 저항의 전압 강하를 빼면 병렬 부분에는 20 V가 걸리며, 전류비 조건을 적용하면 $r_1 = 12\Omega$, $r_2 = 6\Omega$이다.

NoteBase

계산 과정

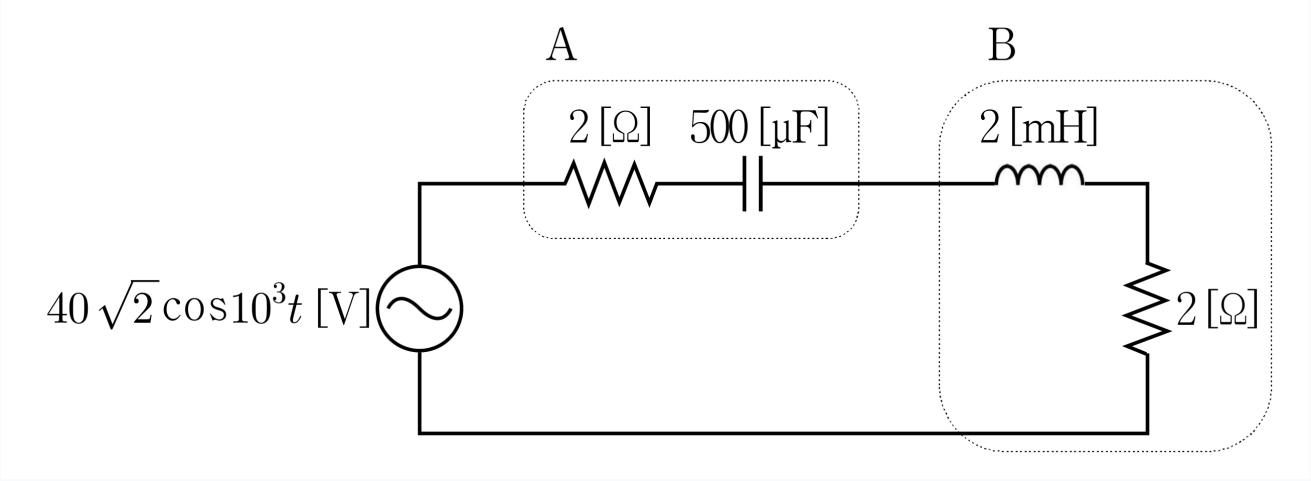
병렬 부분의 전압: 회로에서 r_1과 r_2는 위아래의 같은 두 접점에 연결되어 있으므로 양단 전압이 같다. 앞의 2 Ω 저항에는 **분기 전의 전체 전류 5 A**가 흐른다. 옴의 법칙에 따라 이 저항의 전압 강하는 $5 \times 2 = 10$ V이므로, 병렬 부분의 전압은 $30 - 10 = 20$ V이다.

가지 전류: 분기점에서 들어오는 전류는 나가는 전류의 합과 같으므로 $I_1 + I_2 = 5\text{A}$이다. 전류비 $I_1 : I_2 = 1 : 2$에 따라 전체 전류를 3등분하면 $I_1 = 5 \cdot \frac{1}{3} = \frac{5}{3}\text{A}$, $I_2 = 5 \cdot \frac{2}{3} = \frac{10}{3}\text{A}$이다.

저항값: 각 가지에 같은 전압 20 V가 걸리므로 옴의 법칙 $r = \frac{V}{I}$를 적용한다. 따라서 $r_1 = \frac{20}{5/3} = 12\Omega$, $r_2 = \frac{20}{10/3} = 6\Omega$이다. 같은 전압에서 **전류가 2배인 가지의 저항은 절반**이므로 주어진 전류비와도 일치하며, 이 저항값의 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 7. 다음 회로에서 (a) B 부하에 공급되는 평균전력[W], (b) 전원이 공급하는 피상전력[VA], (c) 합성(A부하 + B부하) 부하역률은?



① (a): 200, (b): 200, (c): 0.5

② (a): 400, (b): 200, (c): 0.5

③ (a): 200, (b): 400, (c): 1.0

④ (a): 400, (b): 400, (c): 1.0

정답 3번

간단한 해설

코일과 커패시터의 리액턴스가 서로 같아 **합성 리액턴스가 0**이므로 전체 회로는 저항 4 Ω인 회로가 된다. 전압과 전류의 실효값은 각각 40 V와 10 A이므로 B 부하의 평균전력은 200 W, 전원의 피상전력은 400 VA이며 합성 부하역률은 1.0이다.

NoteBase

계산 과정

전압·회로 조건: 전원 전압은 $v(t) = 40\sqrt{2}\cos(10^3 t)$ V이므로 각주파수는 $\omega = 10^3$ rad/s이다. 정현파의 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이므로 $V = \frac{40\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 40$ V이다. A와 B는 직렬로 연결되어 같은 전류가 흐른다.

합성 임피던스와 전류: 인덕턴스는 $L = 2 \times 10^{-3}$ H, 정전용량은 $C = 500 \times 10^{-6}$ F이다. 유도성 리액턴스는 $X_L = \omega L = 2\,\Omega$, 용량성 리액턴스의 크기는 $X_C = \frac{1}{\omega C} = 2\,\Omega$이다. 두 리액턴스는 부호가 반대이므로 **직렬 합성 시 서로 상쇄**된다. 따라서 합성 임피던스는 $Z = (2 + 2) + j(2 - 2) = 4\,\Omega$이고, 전류 실효값은 $I = \frac{V}{|Z|} = \frac{40}{4} = 10$ A이다.

(a) B 부하의 평균전력: 이상적인 코일의 평균 소비전력은 0이므로 B 부하에서는 **2 Ω 저항만 평균전력을 소비**한다. 따라서 $P_B = I^2 R_B = 10^2 \cdot 2 = 200$ W이다.

(b) 전원이 공급하는 피상전력: 피상전력은 전원 전압 실효값과 전체 전류 실효값의 곱이다. 따라서 $S = VI = 40 \cdot 10 = 400$ VA이다.

(c) 합성 부하역률: 전체 유효전력은 두 저항에서 소비하는 평균전력의 합이므로 $P = I^2(R_A + R_B) = 400$ W이다. 역률은 피상전력 중 유효전력의 비율이므로 $\frac{P}{S} = \frac{400}{400} = 1.0$이다. 합성 리액턴스가 0이어서 **전원 전압과 전류의 위상이 같다**는 사실과도 일치한다.

따라서 (a) 200 W, (b) 400 VA, (c) 1.0으로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 전자기장에 대한 맥스웰 방정식으로 옳은 것은?

① _l E· dl=(Q)/(_0)

② _l B· dl=I

③ _s E· ds=-(dϕ)/(dt)

④ _s B· ds=0

정답 4번

간단한 해설

자기장에 대한 가우스 법칙에 따르면, **폐곡면을 통과하는 순자속은 0**이다. 자기력선은 시작점과 끝점 없이 이어지므로 폐곡면으로 들어오는 자속과 나가는 자속이 서로 상쇄된다.

선지별 해설

① X: 전기장에 대한 가우스 법칙은 전기장의 폐곡선 선적분이 아니라 **폐곡면 면적분**으로 나타낸다. 진공에서 올바른 식은 $\oiint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$이다. 여기서 Q는 폐곡면 내부의 총전하이고, ε_0는 진공의 유전율이다. 이 법칙은 폐곡면을 통해 나가는 순전기선속이 내부 전하량에 비례한다는 뜻이다.

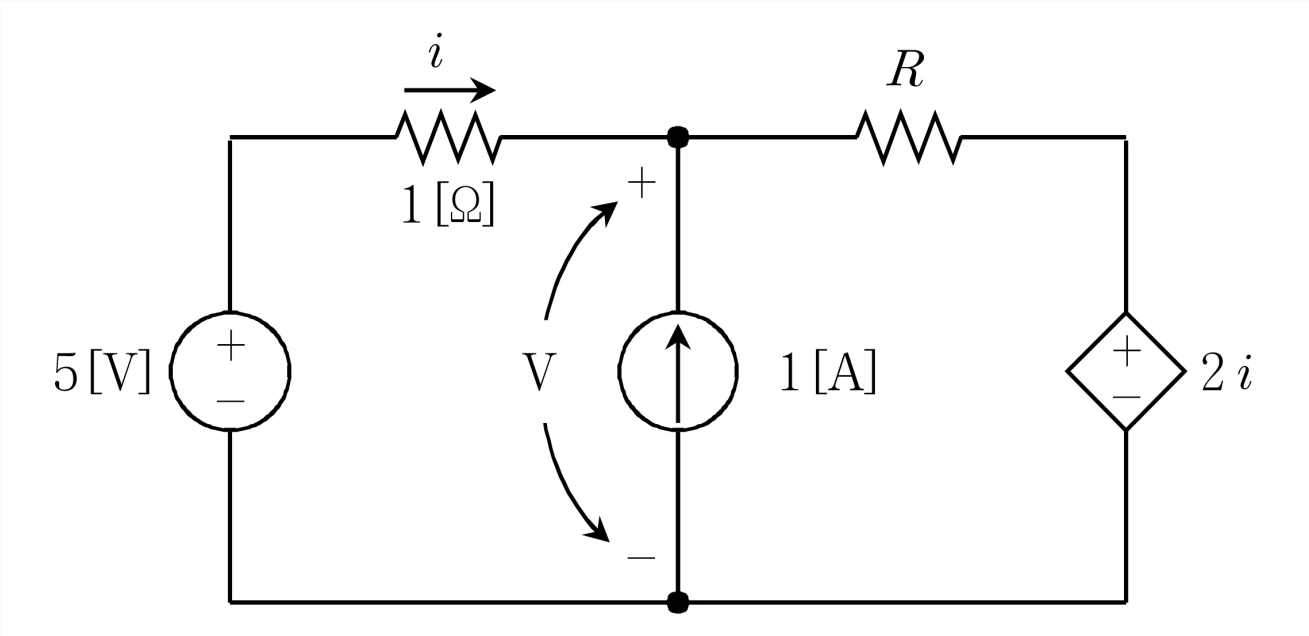
② X: 자기장의 폐곡선 선적분을 전류와 연결할 때는 **진공의 투자율** μ_0가 필요하다. 진공의 정자기장에서는 암페어 법칙이 $\oint_l \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$이며, I는 폐곡선이 둘러싼 면을 통과하는 전류이다. 시간에 따라 전기장이 변하는 일반적인 경우에는 전도전류에 변위전류도 더해야 한다. 진공에서 변위전류는 $I_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$이며, Φ_E는 그 면을 통과하는 전기선속이다. 따라서 선지처럼 자기장의 선적분을 단순히 I와 같다고 쓸 수 없다.

③ X: 패러데이의 전자유도 법칙에서 자기선속의 시간 변화와 연결되는 것은 전기장의 면적분이 아니라 **폐곡선 선적분**이다. 정지한 폐곡선에 대해 올바른 식은 $\oint_l \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\phi}{dt}$이다. 여기서 ϕ는 그 폐곡선을 경계로 하는 면을 통과하는 자기선속이다. 선적분은 유도기전력을 나타내며, 음의 부호는 유도 작용이 자기선속의 변화를 방해하는 방향임을 뜻한다.

④ O: 자기장에 대한 가우스 법칙은 $\oiint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0$이다. 면적벡터를 폐곡면의 바깥쪽으로 잡으면, 나가는 자속은 양수이고 들어오는 자속은 음수이다. 자기 단극자가 없으므로 이들을 모두 합한 **폐곡면의 순자속은 0**이다. 이는 각 지점의 자기장이 0이라는 뜻이 아니라, 폐곡면 전체에서 들어오고 나가는 자속이 상쇄된다는 뜻이다.

NoteBase

문 9. 다음 회로에서 저항 R[Ω]은? (단, $V = 3.5[V]$이다)



① 0.1

② 0.2

③ 1.0

④ 1.5

정답 2번

간단한 해설

저항 R에는 왼쪽에서 오는 1.5 A와 전류원의 1 A가 합쳐진 **2.5 A**가 흐른다. R 양단의 전압은 0.5 V이므로, 옴의 법칙을 적용하면 저항은 0.2 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

1. 왼쪽 저항의 전류: 아래쪽 공통 도선을 기준 전위 0 V로 잡으면, 5 V 전압원의 위쪽 단자는 5 V이고 중앙 위쪽 접점은 주어진 전압 V에 따라 3.5 V이다. 따라서 1 Ω 저항의 왼쪽에서 오른쪽으로 흐르는 전류는 $i = \frac{5 - 3.5}{1} = 1.5\text{A}$이다.

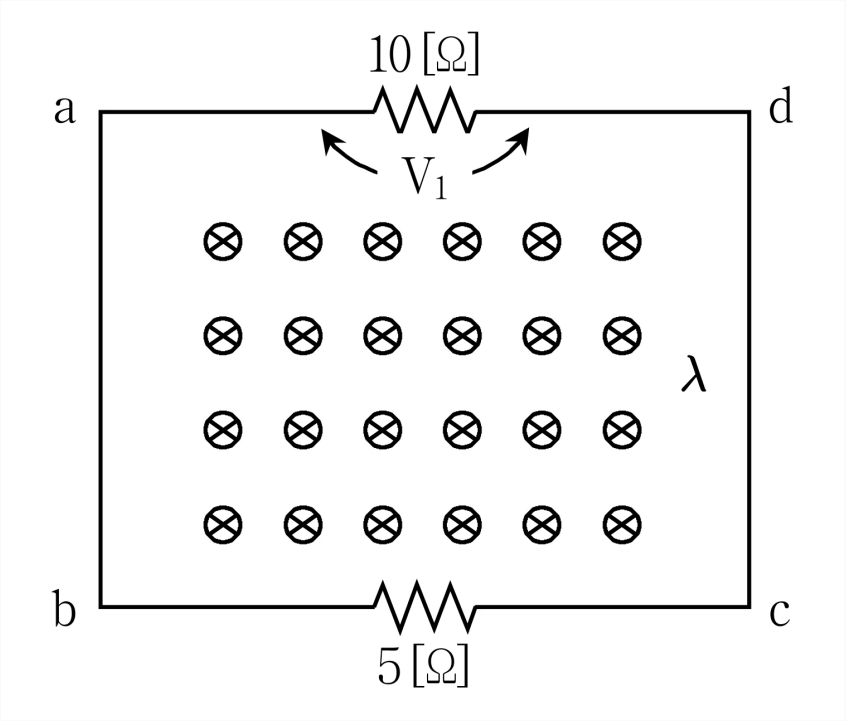
2. R에 흐르는 전류: 중앙 위쪽 접점에는 왼쪽에서 1.5 A가 들어오고, 전류원에서도 화살표 방향에 따라 아래에서 위로 1 A가 들어온다. 키르히호프 전류 법칙에 따라 **접점에 들어오는 전류의 합이 나가는 전류와 같으므로**, R을 통해 오른쪽으로 흐르는 전류는 $I_R = i + 1 = 2.5\text{A}$이다.

3. R 양단의 전압: 오른쪽 종속 전압원은 위쪽이 +극이고 아래쪽이 −극이며, 전압은 전류 i의 2배이다. 따라서 오른쪽 위 단자의 전위는 $2i = 2 \cdot 1.5 = 3\text{V}$이다. R의 왼쪽 단자는 3.5 V, 오른쪽 단자는 3 V이므로, **R 양단의 전압은 두 단자 전위의 차**인 $U_R = 3.5 - 3 = 0.5\text{V}$이다.

4. 저항 계산: 옴의 법칙 $U_R = I_R R$에서 $R = \frac{U_R}{I_R}$이다. 구한 전압과 전류를 대입하면 $R = \frac{0.5}{2.5} = 0.2\Omega$이다. 따라서 저항은 0.2 Ω이며 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 폐회로 abcd를 통과하는 쇄교자속 $\lambda = \lambda_m \sin 10t$[Wb]일 때, 저항 10[Ω]에 걸리는 전압 V_1의 실횻값[V]은? (단, 회로의 자기 인덕턴스는 무시한다)



① $\frac{10\lambda_m}{3}$
② $\frac{20\lambda_m}{3}$
③ $\frac{10\lambda_m}{3\sqrt{2}}$
④ $\frac{20\lambda_m}{3\sqrt{2}}$

정답 4번

간단한 해설

유도기전력의 최댓값은 쇄교자속을 시간 미분한 $10\lambda_m$ V이고, 10 Ω 저항에는 그중 **전체 저항에 대한 비율** $\frac{10}{10+5}$ 만큼 걸린다. 이 전압의 최댓값을 **사인파의 실효값**으로 바꾸면 $\frac{20\lambda_m}{3\sqrt{2}}$ V이다.

NoteBase

계산 과정

회로 조건: 그림의 위쪽 10 Ω 저항과 아래쪽 5 Ω 저항에는 같은 순환전류가 흐른다. 회로의 자기 인덕턴스를 무시하므로 유도기전력은 두 저항의 전압강하 합과 같고, 전체 저항은 10 + 5 = 15 Ω이다.

유도기전력: 패러데이 법칙에 따라 쇄교자속의 **시간 변화율**로 유도기전력을 구한다.
$e(t) = -\frac{d\lambda}{dt} = -10\lambda_m \cos 10t$ V이므로 최댓값은 $E_m = 10\lambda_m$ V이다. 음의 부호는 렌츠 법칙에 따른 방향을 나타내며 실효값의 크기에는 영향을 주지 않는다.

10 Ω 저항의 전압: 같은 전류가 흐르는 저항의 전압은 저항값에 비례하므로, 전체 유도기전력 중 **10 Ω 저항에 걸리는 비율**은 $\frac{10}{15} = \frac{2}{3}$이다. 따라서 이 저항 전압의 최댓값은 $V_{1m} = \frac{10}{15} \cdot 10\lambda_m = \frac{20\lambda_m}{3}$ V이다.

실효값: 전압이 사인파이므로 실효값은 최댓값의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배이다. 따라서 $V_1 = \frac{V_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{20\lambda_m}{3\sqrt{2}}$ V이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 교류전압 $v = 400\sqrt{2}\sin\omega t + 30\sqrt{2}\sin 3\omega t + 40\sqrt{2}\sin 5\omega t$ [V]의 왜형률[%]은? (단, ω는 기본 각주파수이다)

① 8

② 12.5

③ 25.5

④ 50

정답 2번

간단한 해설

왜형률은 **기본파 실효값에 대한 고조파 전체 실효값의 비율**이다. 고조파 전체 실효값은 50 V이므로 $\frac{50}{400} \cdot 100 = 12.5\%$이다.

계산 과정

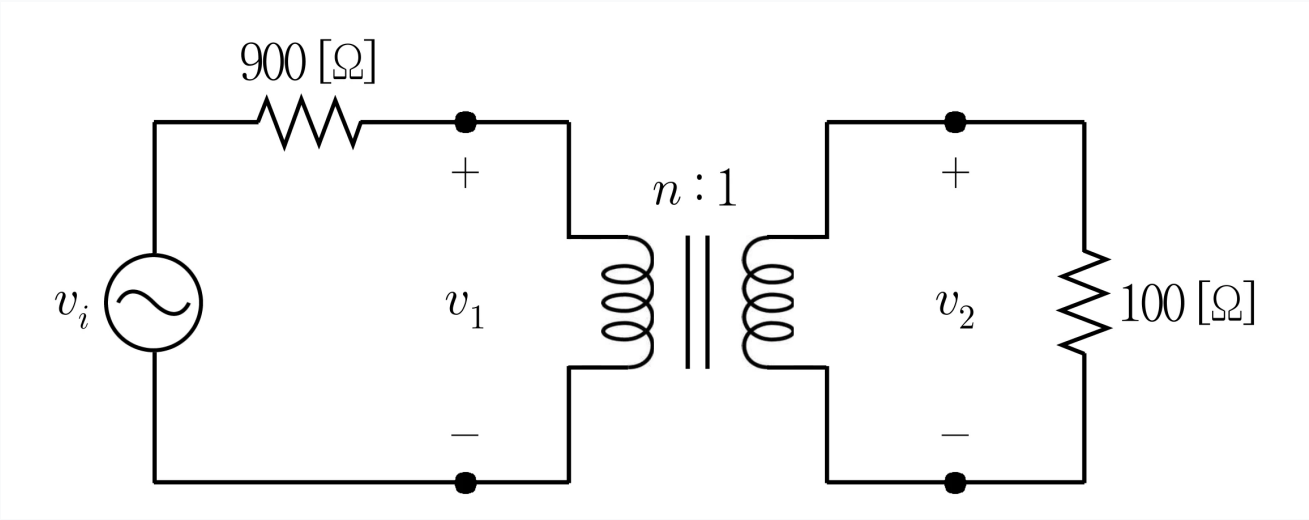
각 성분의 실효값: 정현파의 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이다. 따라서 기본 각주파수 ω를 갖는 기본파의 실효값은 $V_1 = 400\text{V}$, 제3고조파는 $V_3 = 30\text{V}$, 제5고조파는 $V_5 = 40\text{V}$이다.

고조파 전체 실효값: 서로 다른 차수의 정현파는 기본파 한 주기에 걸쳐 곱의 평균이 0이므로, 합성 실효값은 **각 실효값의 제곱합에 제곱근을 취해** 구한다. 기본파를 제외한 고조파 전체 실효값을 V_h라 하면 $V_h = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50\text{V}$이다. 30 V와 40 V를 단순히 더하지 않는다.

왜형률 계산: 왜형률은 고조파 전체 실효값을 **기본파 실효값**으로 나눈 비율이다. 따라서 $\frac{V_h}{V_1} \cdot 100 = \frac{50}{400} \cdot 100 = 12.5\%$이며, ②의 12.5에 해당한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 이상적인 변압기 회로에서 최대전력전송을 위한 변압기 권선비는?



① 1 : 1

② 3 : 1

③ 6 : 1

④ 9 : 1

정답 2번

간단한 해설

최대전력을 전달하려면 **1차측으로 환산한 부하저항이 전원 측 저항 900 Ω과 같아야 한다**. 부하저항은 권선비의 제곱에 비례하여 환산되므로, 100 Ω을 900 Ω으로 보이게 하는 권선비는 3 : 1이다.

계산 과정

그림의 전원 측 직렬저항은 900 Ω이고, 2차측 부하저항은 100 Ω이다. 1차와 2차의 권수를 각각 N_1, N_2라 하면 그림의 권선비는 $N_1 : N_2 = n : 1$이다.

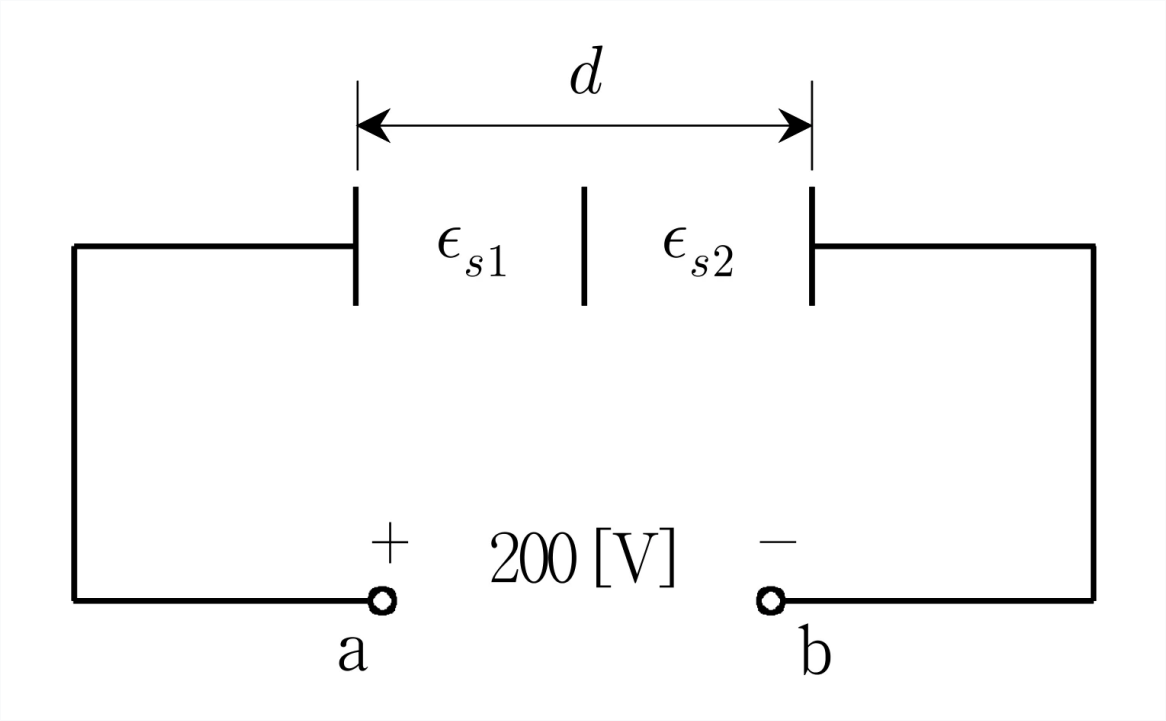
이상적인 변압기는 전압을 권선비만큼, 전류를 그 역수만큼 변환한다. 따라서 2차측 부하저항 R_L을 1차측에서 본 환산저항은 **권선비의 제곱에 비례**하며, $R'_L = n^2 R_L$이다. 이 회로에서는 $R'_L = 100n^2\Omega$가 된다.

변압기에 손실이 없으므로 1차측 환산저항에 전달되는 전력이 최대일 때 2차측 부하전력도 최대가 된다. 저항만 있는 이 회로의 최대전력전송 조건은 **환산 부하저항과 전원 측 저항이 같은 것**이다. 따라서 $100n^2 = 900$이고, 양의 권선비를 취하면 $n = \sqrt{\frac{900}{100}} = 3$이다.

따라서 필요한 1차 : 2차 권선비는 3 : 1이며, ②에 해당한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 간격 $d = 4$ [cm]인 평판 커패시터의 두 극판 사이에 두께와 면적이 같은 비유전율 $\varepsilon_{s1} = 6$, $\varepsilon_{s2} = 9$인 두 유전체를 삽입하고 단자 ab에 200 [V]의 전압을 인가할 때, 비유전율 ε_{s2}인 유전체에 걸리는 전압[V]과 전계의 세기[kV/m]는?



① 전압: 80, 전계의 세기: 2

② 전압: 120, 전계의 세기: 2

③ 전압: 80, 전계의 세기: 4

④ 전압: 120, 전계의 세기: 4

정답 3번

간단한 해설

두 유전체는 전계 방향으로 나란히 놓여 있어 **전속밀도가 같고, 전계의 세기는 비유전율에 반비례**한다. 두께도 같으므로 전압비는 3 : 2가 되어 비유전율 9인 유전체에는 80 V가 걸리며, 이를 두께 0.02 m로 나누면 전계의 세기는 4 kV/m이다.

NoteBase

계산 과정

두께 확인: 그림의 d는 두 극판 사이의 전체 간격이며, 두 유전체가 전계 방향으로 차례로 배치되어 있다. 두께가 같으므로 각 층의 두께는 $t = \frac{d}{2} = 2\text{cm} = 0.02\text{m}$이다. 각 층의 전압을 V_1, V_2, 전계의 세기를 E_1, E_2라 한다.

전계의 관계: 가장자리 효과를 무시한 평판 커패시터에서 유전체 경계에 자유전하가 없으면 **경계면에 수직인 전속밀도가 연속**이다. 전속밀도는 $D = \varepsilon_0 \varepsilon_s E$이므로 $6E_1 = 9E_2$가 성립한다. 따라서 $E_1 : E_2 = 3 : 2$로, 비유전율이 큰 두 번째 유전체의 전계가 더 작다.

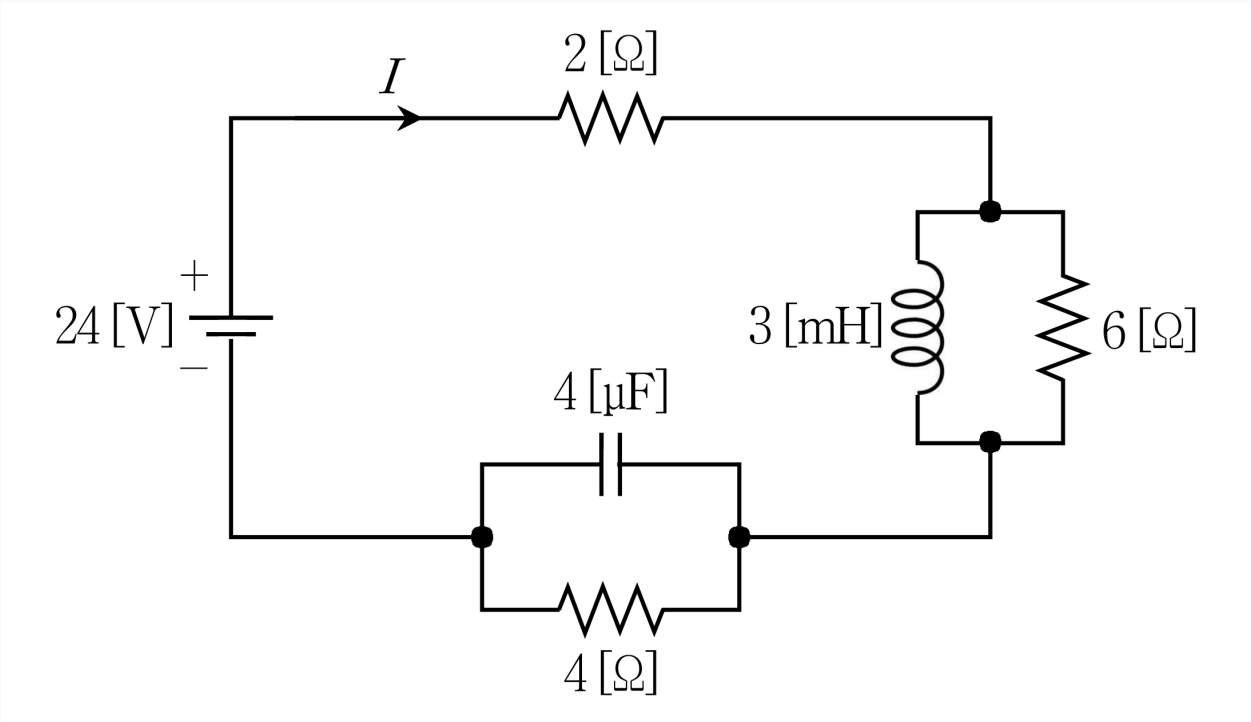
전압 계산: 각 층에서 전압은 전계의 세기와 두께의 곱인 $V_i = E_i t$이다. **두께가 같으므로 전압비도 전계의 비와 같다.** 따라서 $V_1 : V_2 = 3 : 2$이고, 두 층 전압의 합이 200 V이므로 $V_2 = 200 \cdot \frac{2}{3+2} = 80\text{V}$이다.

전계 계산: 두 번째 유전체의 전계는 **전체 극판 간격이 아닌 해당 층의 두께**로 전압을 나누어 구한다. $E_2 = \frac{V_2}{t} = \frac{80}{0.02} = 4000\text{V/m}$이며, 1 kV = 1000 V이므로 4 kV/m이다.

전압 80 V와 전계의 세기 4 kV/m의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 14. 다음 회로에서 정상상태 전류 /[A]는?



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 2번

간단한 해설

직류 정상상태에서 인덕터는 **단락**, 커패시터는 **개방**으로 취급한다. 따라서 2 Ω과 4 Ω 저항만 직렬로 남아 전원 전류는 4 A이다.

NoteBase

계산 과정

24 V 직류 전원이 연결된 회로의 정상상태에서는 전류와 전압이 시간에 따라 변하지 않는다.

인덕터 처리: 인덕터의 전압은 $v_L = L\frac{di_L}{dt}$이다. 정상상태에는 전류의 변화율이 0이므로 인덕터 양단 전압도 0이다. 따라서 3 mH 인덕터는 **단락된 도선**으로 바꿀 수 있다. 병렬로 연결된 6 Ω 저항도 양단 전압이 0이 되어 전류가 흐르지 않는다.

커패시터 처리: 커패시터의 전류는 $i_C = C\frac{dv_C}{dt}$이다. 정상상태에는 전압의 변화율이 0이므로 커패시터 전류가 0이다. 따라서 4 μF 커패시터 가지는 **개방**되며, 그와 병렬인 4 Ω 저항을 통해 전류가 흐른다.

합성저항: 인덕터와 커패시터를 위와 같이 바꾸면 전류가 흐르는 경로에는 2 Ω과 4 Ω 저항이 직렬로 연결된다. 따라서 합성저항은 2 + 4 = 6 Ω이다.

전원 전류: 옴의 법칙을 적용하면 $I = \frac{V}{R} = \frac{24}{6} = 4\text{A}$이다. 양의 값이므로 그림에 표시된 화살표 방향으로 4 A가 흐르며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 저항 10[Ω]과 인덕터 5[H]가 직렬로 연결된 교류회로에서 다음과 같이 교류전압 $v(t)$를 인가했을 때, 흐르는 전류가 $i(t)$이다. 교류전압의 각주파수 ω[rad/s]는?

◯ $v(t) = 200\sin(\omega t + \frac{\pi}{6})[V]$
◯ $i(t) = 10\sin(\omega t - \frac{\pi}{6})[A]$

① 2
② $2\sqrt{2}$
③ $2\sqrt{3}$
④ 3

정답 3번

간단한 해설

전압은 전류보다 $\frac{\pi}{3}$ rad 앞서며, 직렬 RL 회로에서는 **위상차의 탄젠트가 유도 리액턴스와 저항의 비**이다. 따라서 $\tan\frac{\pi}{3} = \frac{\omega L}{R}$에서 각주파수는 $2\sqrt{3}$ rad/s이다.

계산 과정

1. 전압과 전류의 위상차: 두 파형이 같은 각주파수의 사인함수로 주어졌으므로 위상각을 빼면 된다. 전압의 위상은 $\frac{\pi}{6}$, 전류의 위상은 $-\frac{\pi}{6}$이므로, $\phi = \frac{\pi}{6} - (-\frac{\pi}{6}) = \frac{\pi}{3}$이다. 즉, **전압이 전류보다 앞서며** 위상차는 60°이다.

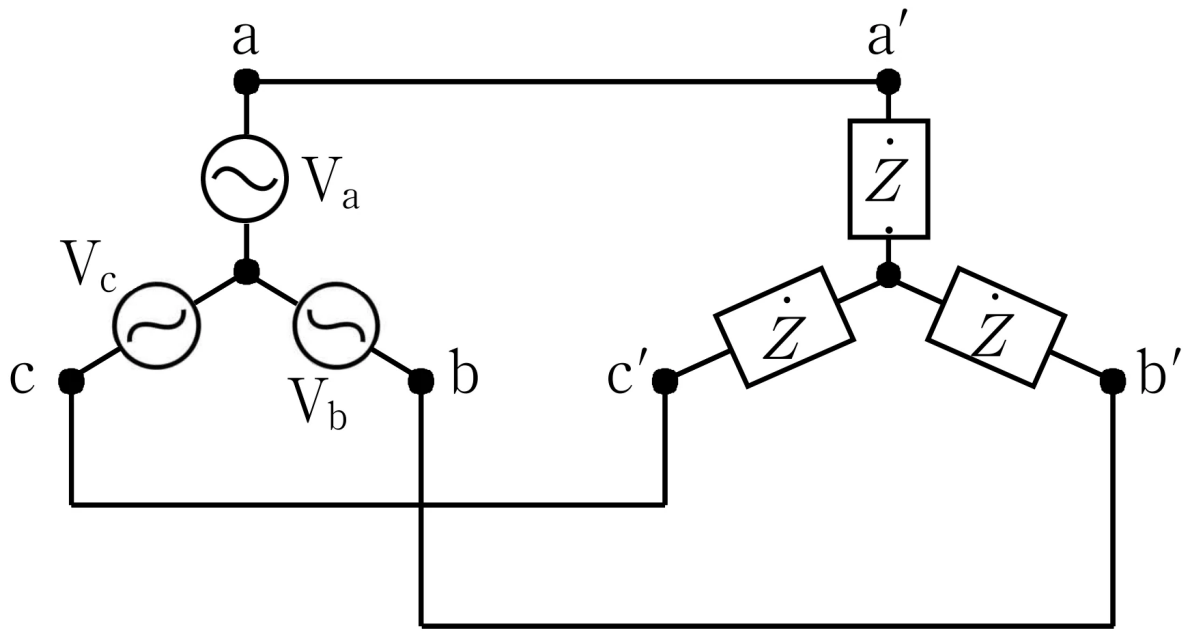
2. 위상차와 회로 소자의 관계: 정현파 정상상태에서 저항의 전압은 전류와 동상이고, 인덕터의 전압은 전류보다 90° 앞선다. 따라서 직렬 RL 회로의 임피던스는 $Z = R + j\omega L$이고, 전압과 전류의 위상차는 $\tan\phi = \frac{\omega L}{R}$을 만족한다. 여기서 ωL은 **인덕터의 유도 리액턴스**이며 단위는 Ω이다.

3. 각주파수 계산: 저항 $R = 10\Omega$, 인덕턴스 $L = 5$H, 위상차 $\phi = \frac{\pi}{3}$을 대입하면 $\sqrt{3} = \frac{5\omega}{10}$이다. 이를 정리하면 $\omega = \frac{10\sqrt{3}}{5} = 2\sqrt{3}$rad/s이다.

계산한 각주파수 $2\sqrt{3}$ rad/s는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같은 평형 3상 회로에서 전체 무효전력[Var]은? (단, 전원의 상전압 실횻값은 100[V]이고, 각 상의 부하임피던스 $\dot{Z} = 4 + j3[\Omega]$이다)



① 2400

② 3600

③ 4800

④ 6000

정답 2번

간단한 해설

평형 Y결선에서는 각 상의 부하전압이 100 V이므로 상전류는 20 A이다. 전체 무효전력은 **한 상의 무효전력의 3배**이므로, $Q = 3I^2X$에 따라 3600 Var이다.

NoteBase

계산 과정

부하 상전압: 그림에서 전원과 부하는 모두 Y결선이다. 평형 회로에서는 두 중성점 사이의 전위차가 없으므로, 중성선이 연결되어 있지 않아도 **부하 상전압은 전원 상전압과 같은 100 V**이다.

상전류: 각 상의 부하임피던스는 $\dot{Z} = 4 + j3\Omega$이므로 저항은 4 Ω, 유도성 리액턴스 X는 3 Ω이다. 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\Omega$이다. 따라서 상전류의 실횻값은 $I = \frac{100}{5} = 20\text{A}$이다.

한 상의 무효전력: 전류의 실횻값을 I, 리액턴스를 X라 하면 무효전력은 Q_상=I^2X이다. 여기서 X가 양수이므로 **유도성 무효전력**이며, Q_상=20^2·3=1200 Var이다.

전체 무효전력: 평형 부하이므로 세 상의 무효전력이 모두 같다. 따라서 Q=3Q_상이고, 3 × 1200 = 3600 Var이다. 이는 ②의 3600에 해당한다.

NoteBase

문 17. 평형 3상 회로에서 부하는 Y 결선이고 a상 선전류는 $20\angle -90^\circ$[A]이며 한 상의 임피던스 $\dot{Z} = 10\angle 60^\circ$[Ω]일 때, 선간전압 $\dot{V}_{ab}$[V]는? (단, 상순은 a, b, c 시계방향이다)

① $200\angle 0^\circ$

② $200\angle -30^\circ$

③ $200\sqrt{3}\angle 0^\circ$

④ $200\sqrt{3}\angle -30^\circ$

정답 3번

간단한 해설

Y 결선에서는 **선전류와 상전류가 같으므로** a상 상전압은 $200\angle -30^\circ$ V이다. a-b-c 상순에서 선간전압은 상전압의 크기의 $\sqrt{3}$배이고 **위상이 30° 앞서므로**, $200\sqrt{3}\angle 0^\circ$ V가 된다.

계산 과정

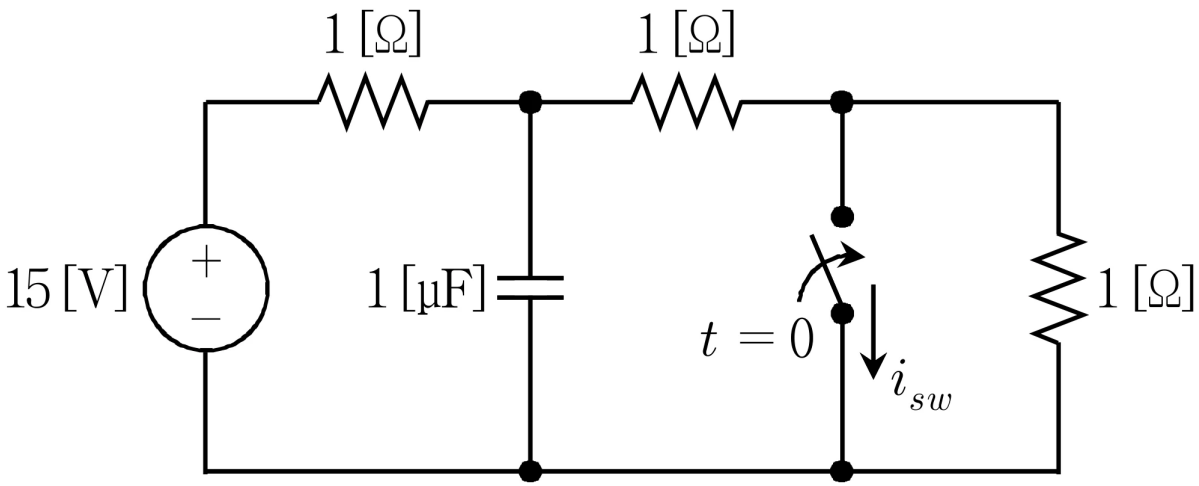
상전류: Y 결선은 각 선과 해당 상 부하가 직렬로 연결되므로 **선전류가 그대로 상 부하에 흐른다**. 따라서 a상 상전류는 주어진 선전류와 같은 $\dot{I}_a = 20\angle -90^\circ$ A이다.

a상 상전압: 부하의 중성점을 n이라 하면 상전압은 $\dot{V}_{an} = \dot{I}_a\dot{Z}$이다. 페이저를 곱할 때는 크기를 곱하고 위상각을 더한다. 따라서 크기는 $20 \times 10 = 200$ V, 위상각은 −90° + 60° = −30°이므로 $\dot{V}_{an} = 200\angle -30^\circ$ V이다.

선간전압: a-b-c 상순의 평형 3상에서는 b상 상전압이 a상 상전압보다 120° 뒤진다. 선간전압은 $\dot{V}_{ab} = \dot{V}_{an} - \dot{V}_{bn}$이므로, 이 두 상전압의 벡터 차는 a상 상전압에 비해 **크기는 $\sqrt{3}$배이고 위상은 30° 앞선다**. 따라서 크기는 $200\sqrt{3}$ V, 위상각은 −30° + 30° = 0°이다. 구하는 선간전압은 $\dot{V}_{ab} = 200\sqrt{3}\angle 0^\circ$ V로, ③과 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같은 직류회로에서 오랜 시간 개방되어 있던 스위치가 닫힌 직후의 스위치 전류 $i_{sw}(0^+)$[A]는?



① $\frac{15}{2}$
② $\frac{15}{3}$
③ 10
④ 15

정답 3번

간단한 해설

스위치가 닫힌 직후에도 **커패시터 전압은 닫히기 전의 10 V를 유지**한다. 닫힌 스위치가 오른쪽 1 Ω 저항을 단락시키므로, 가운데 1 Ω 저항에 흐르는 10 A가 모두 스위치를 통해 아래로 흐른다.

NoteBase

계산 과정

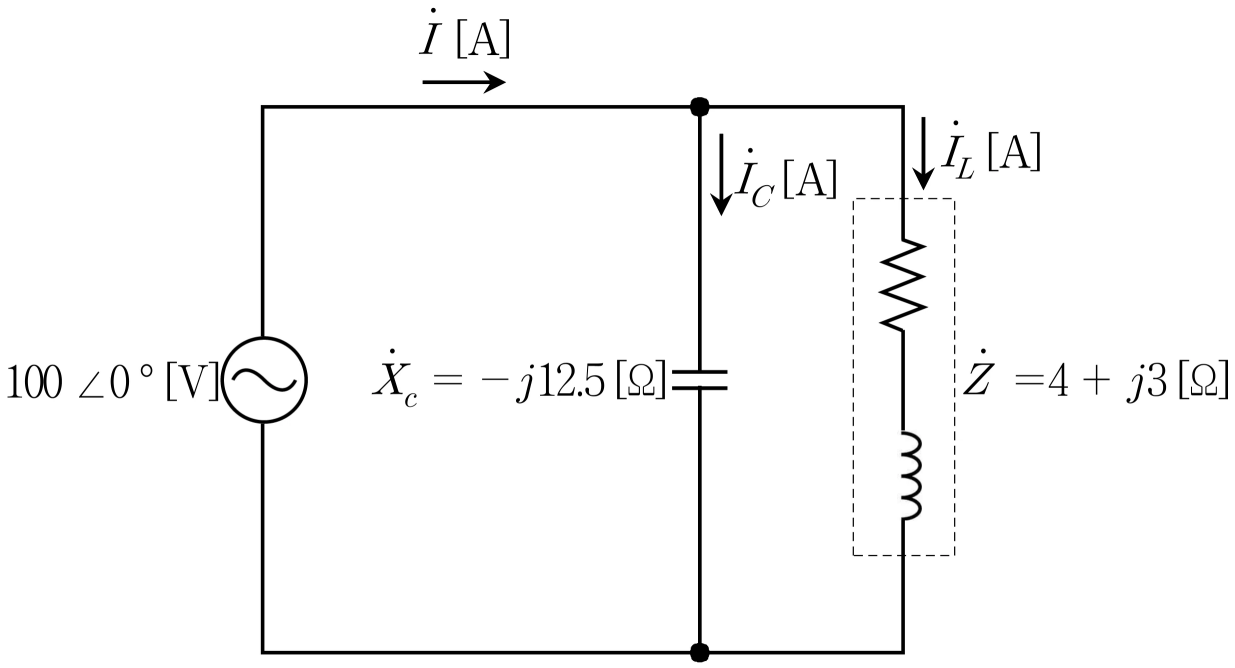
닫히기 전의 정상상태: 스위치가 오랫동안 열려 있었으므로 커패시터는 충전을 마쳐 **직류 전류가 흐르지 않는 개방회로**로 취급한다. 따라서 세 개의 1 Ω 저항만 직렬로 연결되어 전류는 $I(0^-) = \frac{15}{1+1+1} = 5\text{A}$이다. 커패시터의 위쪽 단자는 가운데 저항과 오른쪽 저항에 걸린 전압을 합한 전위를 가지므로, 아래쪽 단자를 기준으로 $v_C(0^-) = 5 \cdot (1+1) = 10\text{V}$이다.

닫힌 직후의 전압: 이 회로에서 **커패시터 전압은 순간적으로 변할 수 없으므로** $v_C(0^+) = v_C(0^-) = 10\text{V}$이다. 스위치가 닫히면 가운데 저항의 오른쪽 단자는 아래쪽 공통선과 연결되어 0 V가 된다. 따라서 가운데 1 Ω 저항의 왼쪽과 오른쪽 전압은 각각 10 V와 0 V이다.

스위치 전류: 옴의 법칙에 따라 가운데 저항에는 왼쪽에서 오른쪽으로 $I = \frac{10-0}{1} = 10\text{A}$가 흐른다. 오른쪽 1 Ω 저항은 닫힌 스위치와 병렬이어서 **양단 전압이 0 V**이므로 전류가 흐르지 않는다. 따라서 가운데 저항을 통과한 전류가 모두 그림의 아래쪽 화살표 방향으로 스위치를 흐르며, $i_{sw}(0^+) = 10\text{A}$이다. 이는 ③의 10 A에 해당한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 커패시터를 설치하여 역률을 개선하였다. 개선 후 전류 $\dot{I}$ [A]와 역률 $\cos\theta$는?



① $\dot{I}$: $16 - j4$
$\cos\theta$: $\frac{16}{\sqrt{272}}$
② $\dot{I}$: $16 - j4$
$\cos\theta$: $-\frac{4}{\sqrt{272}}$
③ $\dot{I}$: $16 + j4$
$\cos\theta$: $\frac{16}{\sqrt{272}}$
④ $\dot{I}$: $16 + j4$
$\cos\theta$: $\frac{4}{\sqrt{272}}$

정답 1번

간단한 해설

커패시터의 **진상 무효전류**가 부하의 지상 무효전류를 일부 상쇄하므로, 전체 전류는 $\dot{I} = 16 - j4$ A가 된다.
전압과 동상인 전류 성분은 16 A이므로 역률은 $\cos\theta = \frac{16}{\sqrt{272}}$이다.

NoteBase

계산 과정

부하 전류: 그림에서 부하와 커패시터는 **병렬로 연결**되어 있으므로 두 가지에 모두 전원 전압 $\dot{V} = 100\angle 0^\circ$ V가 걸린다. 부하 임피던스가 $4 + j3$ Ω이므로 옴의 법칙으로 $\dot{I}_L = \frac{100}{4+j3}$ A이다. 분모의 켤레복소수로 유리화하면 $\dot{I}_L = \frac{100(4-j3)}{4^2+3^2} = 16 - j12$ A이다. 실수부 16 A는 전압과 동상인 유효전류 성분이고, 허수부 −j12 A는 전압보다 90° 늦는 지상 무효전류 성분이다.

커패시터 전류: 커패시터 임피던스가 −j12.5 Ω이므로 $\dot{I}_C = \frac{100}{-j12.5} = j8$ A이다. 양의 허수부는 **전압보다 90° 앞서는** 진상 무효전류를 뜻하며, 부하의 지상 무효전류와 반대 방향으로 작용한다.

전체 전류: 그림의 위쪽 접점에서 전류가 두 가지로 나뉘므로, 전원 전류는 두 가지 전류의 **페이저 합**이다. 따라서 $\dot{I} = (16 - j12) + j8 = 16 - j4$ A이다. 유효전류 성분은 16 A로 유지되고 지상 무효전류 성분의 크기는 12 A에서 4 A로 줄어든다.

개선 후 역률: 전압의 위상이 0°이므로 역률은 전체 전류의 크기에 대한 **동상 전류 성분의 비**이다. 전류의 크기는 $|\dot{I}| = \sqrt{16^2 + (-4)^2} = \sqrt{272}$ A이므로 $\cos\theta = \frac{16}{\sqrt{272}}$이다. 허수부가 음수이므로 개선 후에도 전류가 전압보다 늦는 지상 역률이다.

전류 $16 - j4$ A와 역률 $\frac{16}{\sqrt{272}}$의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 20. RL **직렬회로에 전류** $i = 3\sqrt{2}\sin(5000t + 45^\circ)$ **[A]가 흐를 때, 180 [W]의 전력이 소비되고 역률은 0.8이었다.** R**[Ω]과** L**[mH]은?**

① R: $\frac{20}{\sqrt{2}}$, L: $\frac{3}{\sqrt{2}}$
② R: $\frac{20}{\sqrt{2}}$, L: 3
③ R: 20, L: $\frac{3}{\sqrt{2}}$
④ R: 20, L: 3

정답 4번

간단한 해설

소비전력 계산에는 전류의 최댓값이 아닌 **실효값 3 A**를 사용하므로 R = 20 Ω이다. 역률 0.8로부터 유도 리액턴스가 15 Ω이 되고, 이를 각주파수 5000 rad/s로 나누면 L = 3 mH이다.

계산 과정

1. 전류의 실효값과 각주파수: 정현파 전류의 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이다. 따라서 $I = \frac{3\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 3\text{A}$이고, 시간 t의 계수에서 각주파수는 $\omega = 5000\text{rad/s}$이다. 전류식의 45°는 **전류의 초기 위상**이며, 전압과 전류의 위상차를 뜻하지 않는다.

2. 저항 R: 이상적인 코일은 평균적으로 전력을 소비하지 않으므로 RL 직렬회로의 소비전력은 저항에서 발생한다. 실효전류 I에 대해 $P = I^2R$이므로, $R = \frac{P}{I^2} = \frac{180}{3^2} = 20\Omega$이다.

3. 유도 리액턴스: RL 직렬회로에서 전압과 전류의 위상차를 ϕ, 임피던스의 크기를 $|Z|$라 하면 **역률은 저항과 임피던스 크기의 비**이다. 따라서 $\cos\phi = \frac{R}{|Z|} = 0.8$에서 $|Z| = \frac{20}{0.8} = 25\Omega$이다. 저항과 유도 리액턴스는 임피던스의 실수 성분과 허수 성분이므로 $|Z|^2 = R^2 + X_L^2$가 성립한다. 이에 따라 $X_L = \sqrt{25^2 - 20^2} = 15\Omega$이다.

4. 인덕턴스 L: 유도 리액턴스와 인덕턴스의 관계는 $X_L = \omega L$이다. 따라서 $L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{15}{5000} = 0.003\text{H}$이다. 1 H = 1000 mH이므로 L = 3 mH이다.

R = 20 Ω, L = 3 mH로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase