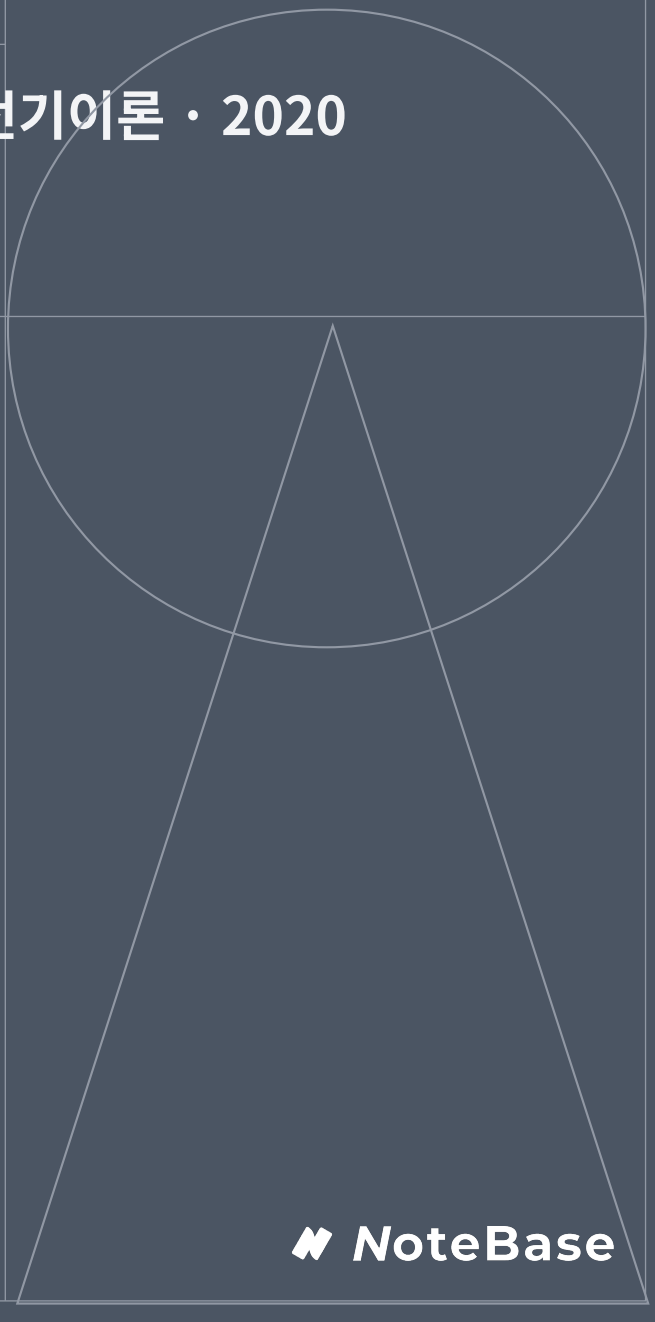
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 전기이론 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 전기이론 · 2020

공무원/지방직/9급 경력 · 전기이론 · 2020

문 1. 교류 회로에서 유효전력이 400 [W]이고 무효전력이 300 [Var]일 때, 피상전력[VA]과 역률은?

	피상전력[VA]	역률
①	50	0.6
②	50	0.8
③	500	0.6
④	500	0.8

정답 4번

출제 포인트

교류 회로에서 유효전력과 무효전력으로 피상전력을 구하고, 유효전력을 피상전력으로 나누어 역률을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 유효전력 $P = 400W$, 무효전력 $Q = 300var$이다.
구해야 할 값: 피상전력 S와 역률 $\cos\phi$이다.
주의할 조건: 피상전력은 유효전력과 무효전력을 단순히 더한 값이 아니라 전력 삼각형의 빗변에 해당한다.

사용할 공식

피상전력은 $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$이고, 역률은 $\cos\phi = \frac{P}{S}$이다.
유효전력과 무효전력이 서로 직교하는 전력 성분이므로 피타고라스 관계로 피상전력을 구한 뒤, 유효전력이 피상전력에서 차지하는 비율로 역률을 계산한다.

계산 과정

1. 피상전력은 $S = \sqrt{(400W)^2 + (300var)^2} = 500VA$이다.
2. 역률은 $\cos\phi = \frac{P}{S} = \frac{400}{500} = 0.8$이다.
3. 따라서 피상전력이 $500VA$이고 역률이 0.8인 조합은 ④이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 피상전력을 50VA, 역률을 0.6으로 제시하여 두 값이 모두 틀리다. 올바르게는 피상전력 500VA, 역률 0.8이다.
② X — 역률 0.8은 맞지만 피상전력 50VA가 틀리다. 올바르게는 피상전력 500VA, 역률 0.8이다.
③ X — 피상전력 500VA는 맞지만 역률 0.6이 틀리다. 0.6은 Q/S = 300/500인 무효율에 해당하며, 올바른 역률은 P/S = 400/500 = 0.8이다.
④ O — 피상전력 500VA와 역률 0.8이 계산 결과와 모두 일치한다.

오답 포인트

③의 0.6은 무효전력과 피상전력의 비 Q/S를 역률로 착각하게 하는 값이다. 역률은 반드시 유효전력과 피상전력의 비 P/S로 계산한다. 또한 400 + 300처럼 두 전력을 단순 합산하지 않고 제곱합의 제곱근을 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

유효전력 P와 무효전력 Q가 주어지면 먼저 $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$로 피상전력을 구하고, 이어서 P/S로 역률을 계산한 뒤 단위와 선지의 값이 모두 일치하는지 확인한다.

암기 포인트

전력 삼각형은 $S^2 = P^2 + Q^2$, 역률은 P/S이다.

NoteBase

문 2. (가)와 (나)에 대한 전기현상을 바르게 연결한 것은?

> (가) 두 종류의 금속을 고리 모양으로 양끝을 접속하고 두 접속점에 서로 다른 온도를 가하면 기전력이 발생하여 일정한 방향으로 전류가 흐른다.
> (나) 전기 분해에 의해서 석출되는 물질의 양은 전해액을 통과한 총 전기량에 비례하며, 같은 전기량에 의해서 여러 가지 화합물이 전해될 때 석출되는 물질의 양은 각 물질의 화학 당량에 비례한다.

	(가)	(나)
①	제베크 효과	렌츠의 법칙
②	제베크 효과	패러데이의 법칙
③	펠티에 효과	렌츠의 법칙
④	펠티에 효과	패러데이의 법칙

정답 2번

출제 포인트

서로 다른 금속의 두 접점에 온도 차를 주었을 때 나타나는 열전 현상과 전기분해에서 석출량을 정하는 법칙을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

제베크 효과: 서로 다른 두 금속으로 폐회로를 만들고 두 접점의 온도를 다르게 하면 열기전력이 발생하여 전류가 흐르는 현상이다.
펠티에 효과: 서로 다른 두 도체의 접합부에 전류를 흘릴 때 전류 방향에 따라 열을 흡수하거나 방출하는 현상이다.
패러데이의 전기분해 법칙: 석출되는 물질의 질량은 통과한 총전하량에 비례하고, 같은 전하량에서는 물질의 화학 당량에 비례한다.
렌츠의 법칙: 유도 전류는 자신을 발생시킨 자기선속의 변화를 방해하는 방향으로 흐른다는 법칙이다.

선지별 해설

① X — (가)는 제베크 효과가 맞지만, (나)를 렌츠의 법칙이라고 한 부분이 틀렸다. (나)는 석출량과 전하량·화학 당량의 관계를 나타내는 패러데이의 전기분해 법칙이다.
② O — (가)는 접점의 온도 차로 기전력이 생기는 제베크 효과이고, (나)는 전기분해 석출량이 총전하량과 화학 당량에 비례한다는 패러데이의 법칙이므로 연결이 모두 옳다.
③ X — (가)의 '펠티에 효과'와 (나)의 '렌츠의 법칙'이 모두 틀렸다. 올바르게는 (가)는 제베크 효과이고, (나)는 패러데이의 전기분해 법칙이다.
④ X — (나)는 패러데이의 전기분해 법칙이 맞지만, (가)를 펠티에 효과라고 한 부분이 틀렸다. 올바르게는 (가)는 온도 차가 기전력을 만드는 제베크 효과이다.

NoteBase

오답 포인트

제베크 효과와 펠티에 효과는 모두 서로 다른 금속의 접점에서 나타나는 열전 현상이라 혼동하기 쉽다. 이 문항의 (가)는 '온도 차를 가하면 기전력이 발생한다'가 핵심이므로 제베크 효과이다. 또한 (나)의 패러데이 법칙은 전자기 유도가 아니라 전기분해의 양적 관계를 뜻한다.

다시 나오면 이렇게 판단

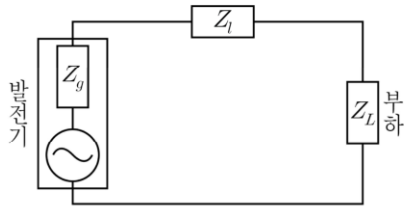
온도 차가 원인이 되어 기전력이 생기면 제베크 효과, 전류가 원인이 되어 접합부에서 흡열·발열이 생기면 펠티에 효과로 판단한다. 전기분해에서 석출 질량이 전하량과 화학 당량에 비례하면 패러데이의 전기분해 법칙으로 판단한다.

암기 포인트

제베크는 온도 차에서 전기, 펠티에는 전기에서 열, 전기분해 석출량은 패러데이이다.

NoteBase

문 3. 그림의 발전기 회로에서 역률이 1이 되기 위한 부하 임피던스 Z_L[Ω]로 적절한 것은? (단, $Z_g = 1.3 + j2$ [Ω], $Z_l = 1.7 + j3$ [Ω]이다)



① 3
② $\sqrt{3^2+5^2}$
③ $3+j5$
④ $3-j5$

정답 4번

출제 포인트

직렬 교류 회로에서 전체 임피던스의 허수부가 0이 되도록 부하 임피던스를 조절하여 역률을 1로 만드는 문제이다.

조건 정리

발전기 임피던스는 $Z_g = 1.3 + j2\Omega$, 선로 임피던스는 $Z_l = 1.7 + j3\Omega$이다. 역률이 1이 되려면 전원에서 본 전체 임피던스가 순저항이어야 하므로 전체 리액턴스가 0이어야 한다.

사용할 공식

직렬 회로의 전체 임피던스는 $Z_{\text{total}} = Z_g + Z_l + Z_L$이다. 역률은 $\cos\phi$이고 ϕ는 전체 임피던스의 위상각이므로, 역률 1의 조건은 $\text{Im}(Z_{\text{total}}) = 0$이다.

계산 과정

고정된 임피던스를 먼저 더하면 $Z_g + Z_l = (1.3 + j2) + (1.7 + j3) = 3 + j5\Omega$. 부하 임피던스를 $Z_L = R_L + jX_L$라 하면 허수부 상쇄 조건은 $5 + X_L = 0$이므로 $X_L = -5\Omega$이다. 선지 중 이 조건을 만족하는 부하는 $Z_L = 3 - j5\Omega$이다. 이때 $Z_{\text{total}} = (3 + j5) + (3 - j5) = 6 + j0\Omega$가 되어 전압과 전류의 위상차가 0이고 역률은 1이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $Z_L = 3\Omega$은 부하 리액턴스가 0이어서 전체 임피던스에 $+j5\Omega$가 남는다. 올바르게는 부하의 허수부가 $-j5\Omega$이어야 한다.
② X — $\sqrt{3^2+5^2}\,\Omega$는 $3+j5\Omega$의 크기일 뿐이며, 이를 순저항으로 연결하면 $+j5\Omega$를 상쇄하지 못한다. 올바르게는 임피던스의 크기가 아니라 허수부가 $-j5\Omega$인 복소 임피던스를 선택해야 한다.
③ X — $Z_L = 3+j5\Omega$를 연결하면 전체 리액턴스가 $+j10\Omega$로 증가한다. 부호를 반대로 하여 $Z_L = 3-j5\Omega$로 고쳐야 한다.
④ O — $Z_L = 3-j5\Omega$는 발전기와 선로의 합성 리액턴스 $+j5\Omega$를 정확히 상쇄하여 전체 임피던스를 $6+j0\Omega$로 만든다.

오답 포인트

②처럼 임피던스의 크기 $|Z|$를 구하는 것과 역률 보상에 필요한 리액턴스를 구하는 것을 혼동하기 쉽다. 또한 ③처럼 상쇄해야 할 유도성 리액턴스와 같은 부호의 $+j5$를 더하면 역률이 개선되지 않고 전체 리액턴스가 더 커진다.

다시 나오면 이렇게 판단

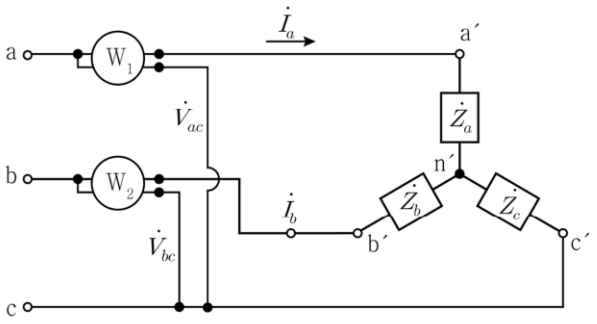
직렬 회로의 역률을 1로 조절하는 문제에서는 각 임피던스를 더한 뒤 전체 허수부를 0으로 만드는 보상 리액턴스를 구한다. 기존 합성 리액턴스가 $+jX$이면 부하에는 $-jX$가 필요하고, 기존 합성 리액턴스가 $-jX$이면 부하에는 $+jX$가 필요하다.

암기 포인트

역률 1은 전체 임피던스의 허수부가 0인 상태이다. 직렬 보상 리액턴스는 기존 합성 리액턴스와 크기가 같고 부호가 반대이다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 전력계 두 대를 사용하여 3상 평형 회로의 전력을 측정하였다. 3상 전력이 800 [kW]이고 $W_1 = 400$ [kW]일 때, 측정 전력 W_2 [kW]는?



① 100 ② 200
③ 300 ④ 400

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 두 전력계법에서 두 전력계의 지시값을 더하면 3상 전체 유효전력이 된다는 원리를 이용해 W_2를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 3상 전체 전력: $P_{3\phi} = 800\text{kW}$
첫 번째 전력계의 지시값: $W_1 = 400\text{kW}$
구해야 할 값: 두 번째 전력계의 지시값 W_2
주의할 조건: 두 전력계의 지시값 중 하나를 전체 전력으로 보는 것이 아니라 두 지시값을 합산한다.

사용할 공식

두 전력계법의 3상 전체 유효전력은
$P_{3\phi} = W_1 + W_2$
이다. 그림처럼 3선식 3상 회로의 전력을 두 전력계로 측정하므로 이 합산식을 사용한다.

계산 과정

1. 주어진 값을 합산식에 대입한다.
$800\text{kW} = 400\text{kW} + W_2$
2. 양변에서 400kW를 뺀다.
$W_2 = 800\text{kW} - 400\text{kW} = 400\text{kW}$
따라서 측정 전력 W_2는 400kW이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $W_2 = 100\text{kW}$로 두면 $W_1 + W_2 = 500\text{kW}$이므로 전체 전력 800kW와 일치하지 않는다. 틀린 값 100kW가 아니라 올바른 값은 400kW이다.
② X — $W_2 = 200\text{kW}$로 두면 합계가 600kW에 불과하다. 틀린 값 200kW가 아니라 올바른 값은 400kW이다.
③ X — $W_2 = 300\text{kW}$로 두면 합계가 700kW이므로 조건을 만족하지 않는다. 틀린 값 300kW가 아니라 올바른 값은 400kW이다.
④ O — $W_2 = 400\text{kW}$로 두면 400kW + 400kW = 800kW가 되어 주어진 3상 전체 전력과 정확히 일치한다.

오답 포인트

그림의 선간전압과 선전류 표기에 끌려 별도의 역률 공식을 적용하는 것이 함정이다. 이 문제는 전체 전력과 한 전력계의 지시값을 이미 주었으므로 두 전력계 지시값의 합에서 바로 나머지 지시값을 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

두 전력계법에서 전체 3상 전력이 주어지면 먼저 $P_{3\phi} = W_1 + W_2$를 세우고, 알고 있는 전력계 지시값을 전체 전력에서 뺀 뒤 합계와 단위를 검산한다.

암기 포인트

두 전력계법의 전체 전력은 두 지시값의 합, 즉 $P_{3\phi} = W_1 + W_2$이다.

NoteBase

문 5. 다음의 전압과 전류에 대한 설명으로 옳은 것은?

○ $e(t) = 100\cos(120\pi t + 30\,^\circ)$ [V]
○ $i(t) = 20\sqrt{2}\sin(120\pi t + 60\,^\circ)$ [A]

① e와 i의 위상차는 30 °이다.
② e와 i의 주파수는 모두 60 [Hz]이다.
③ e의 실횻값은 100 [V]이고, i의 실횻값은 $20\sqrt{2}$ [A]이다.
④ e의 평균값은 $\frac{100}{\pi}$ [V]이고, i의 평균값은 $\frac{20\sqrt{2}}{\pi}$ [A]이다.

정답 2번

출제 포인트

정현파의 위상은 같은 삼각함수 기준으로 비교하고, 각주파수에서 주파수를 구하며, 최댓값으로부터 실효값과 평균값을 구하는 문제이다.

조건 정리

전압은 $e(t) = 100\cos(120\pi t + 30^\circ)[V]$이고, 전류는 $i(t) = 20\sqrt{2}\sin(120\pi t + 60^\circ)[A]$이다.
전압의 최댓값은 $100V$, 전류의 최댓값은 $20\sqrt{2}A$, 두 파형의 각주파수는 모두 $120\pi rad/s$이다.
위상을 비교할 때에는 $\sin\theta = \cos(\theta - 90^\circ)$를 이용해 삼각함수 기준을 통일한다.

사용할 공식

$\omega = 2\pi f$이므로 $f = \frac{\omega}{2\pi}$이다.
정현파의 실효값은 $X_{rms} = \frac{X_m}{\sqrt{2}}$이고, 교류에서 통상 사용하는 반주기 평균값은 $X_{avg} = \frac{2X_m}{\pi}$이다.
주어진 파형이 같은 각주파수를 갖는 정현파이므로 이 공식들을 사용한다.

계산 과정

1. 전류를 코사인 기준으로 바꾸면 $i(t) = 20\sqrt{2}\cos(120\pi t - 30^\circ)[A]$이다. 따라서 전압의 위상은 $+30^\circ$, 전류의 위상은 -30°이므로 위상차는 60°이다.
2. $f = \frac{120\pi}{2\pi} = 60Hz$이므로 두 파형의 주파수는 모두 $60Hz$이다.
3. 실효값은 $E_{rms} = \frac{100}{\sqrt{2}}V$, $I_{rms} = \frac{20\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 20A$이다.
4. 반주기 평균값은 $E_{avg} = \frac{2\times 100}{\pi} = \frac{200}{\pi}V$, $I_{avg} = \frac{2\times 20\sqrt{2}}{\pi} = \frac{40\sqrt{2}}{\pi}A$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 전류를 코사인으로 바꾸면 전압은 전류보다 60° 앞선다. '위상차는 30°'가 틀렸으며, 올바르게는 '위상차는 60°'이다.
② O — 두 식의 각주파수가 모두 $120\pi rad/s$이므로 주파수는 모두 $60Hz$이다.
③ X — '전압의 실효값은 $100V$이고 전류의 실효값은 $20\sqrt{2}A$'가 틀렸다. 이는 최댓값이며, 올바른 실효값은 각각 $100/\sqrt{2}V$와 $20A$이다.
④ X — 평균값 공식에서 계수 2를 빠뜨렸다. 올바른 반주기 평균값은 전압이 $200/\pi V$, 전류가 $40\sqrt{2}/\pi A$이다.
따라서 옳은 선지는 ②이다.

오답 포인트

①은 사인과 코사인의 위상을 그대로 빼도록 유도한다. 반드시 같은 삼각함수로 통일해야 한다. ③은 식 앞의 계수인 최댓값을 실효값으로 착각하게 하며, ④는 반주기 평균값 $2X_m/\pi$에서 계수 2를 누락하게 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

정현파 비교 문제는 사인·코사인 기준 통일 → $\omega = 2\pi f$로 주파수 계산 → 최댓값에 $1/\sqrt{2}$를 곱해 실효값 계산 → 최댓값에 $2/\pi$를 곱해 반주기 평균값 계산의 순서로 판단한다.

암기 포인트

정현파는 실효값 $X_m/\sqrt{2}$, 반주기 평균값 $2X_m/\pi$, 주파수 $\omega/(2\pi)$이다. 사인과 코사인의 위상 비교 전에는 기준을 하나로 통일한다.

NoteBase

문 6. 3상 평형 회로의 △－△결선과 Y－Y 결선에 대한 설명으로 옳은 것은?

① △－△ 결선의 선간 전압의 위상은 상전압의 위상과 같다.
② △－△ 결선은 3상 4선식으로 사용한다.
③ Y－Y 결선의 선전류 크기는 상전류 크기의 $\sqrt{3}$ 배이다.
④ Y－Y 결선은 상이 모이는 중성점이 없다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 3상 회로의 Δ결선과 Y결선에서 선간전압·상전압, 선전류·상전류, 중성점의 관계를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

Δ결선: 각 상이 선과 선 사이에 직접 연결되는 결선이다. 선간전압과 상전압은 크기와 위상이 같아 $V_L = V_\phi$이고, 선전류의 크기는 상전류의 $\sqrt{3}$배이다. 중성점이 없으므로 일반적으로 3상 3선식으로 사용한다.
Y결선: 세 상의 한쪽 끝을 한 점에 모아 중성점을 만드는 결선이다. 선전류와 상전류는 $I_L = I_\phi$이고, 선간전압의 크기는 상전압의 $\sqrt{3}$배이다.

선지별 해설

① O — Δ결선에서는 각 상이 두 선 사이에 직접 접속되므로 선간전압과 상전압은 같은 전압이다. 따라서 두 전압은 크기뿐 아니라 위상도 같다.
② X — 틀린 표현은 '3상 4선식'이다. Δ결선에는 중성점이 없으므로 올바르게는 'Δ-Δ 결선은 일반적으로 3상 3선식으로 사용한다'이다.
③ X — 틀린 표현은 '선전류가 상전류의 $\sqrt{3}$배'라는 부분이다. Y결선에서는 한 선에 한 상이 직렬로 이어지므로 올바르게는 'Y-Y 결선의 선전류와 상전류의 크기는 같다'이다. $\sqrt{3}$배 관계는 Y결선의 선간전압과 상전압 사이에 성립한다.
④ X — 틀린 표현은 '중성점이 없다'이다. Y결선은 세 상의 한쪽 끝을 한 점에 모으므로 올바르게는 'Y-Y 결선에는 중성점이 있다'이다.

오답 포인트

Δ결선과 Y결선의 $\sqrt{3}$배 관계를 서로 바꾸는 것이 핵심 함정이다. Δ결선은 전압이 같고 전류가 $\sqrt{3}$배이며, Y결선은 전류가 같고 전압이 $\sqrt{3}$배이다. 또한 4선식은 중성점을 꺼낼 수 있는 Y결선과 연결되는 개념이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

결선 모양에서 직접 이어진 양을 먼저 확인한다. Δ결선은 한 상이 두 선 사이에 직접 연결되므로 선간전압과 상전압이 같고, Y결선은 한 선에 한 상이 직접 연결되므로 선전류와 상전류가 같다. 그 반대쪽 양에 $\sqrt{3}$ 관계가 성립한다.

암기 포인트

Δ는 전압이 같고 전류가 $\sqrt{3}$배, Y는 전류가 같고 전압이 $\sqrt{3}$배이다. 중성점은 Y에 있다.

NoteBase

문 7. R−L 직렬 회로에 $e(t)=1000\sqrt{2}\sin\omega t+500\sqrt{2}\sin3\omega t+200\sqrt{2}\sin5\omega t$ [V]를 인가할 때, 제5고조파 전류의 실횻값[A]은? (단, 기본 각주파수 ω에서 $\mathrm{R}=80\,[\Omega]$, $\mathrm{X_L}=12\,[\Omega]$이다)

① 1 ② 2
③ 3 ④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 R-L 직렬 회로에서 고조파 차수가 커지면 유도 리액턴스가 주파수에 비례하여 증가한다는 원리를 이용해 제5고조파 전류의 실효값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 기본 각주파수에서 $R=80\Omega$, $X_L=12\Omega$이다.
구해야 할 값: 제5고조파 전류의 실효값이다.
주의할 조건: 제5고조파 전압 $200\sqrt{2}\sin 5\omega t$의 실효값은 $200V$이고, 제5고조파의 유도 리액턴스는 기본파 리액턴스의 5배이다.

사용할 공식

$X_{L,n}=nX_L$
$Z_n=\sqrt{R^2+X_{L,n}^2}$
$I_n=\frac{V_n}{Z_n}$
유도 리액턴스 $X_L=\omega L$은 주파수에 비례하고, R-L 직렬 회로에서는 저항과 유도 리액턴스가 직교하므로 임피던스의 크기를 제곱합의 제곱근으로 구한다.

계산 과정

1. 제5고조파의 유도 리액턴스는 $X_{L,5}=5\times12=60\Omega$이다.
2. 제5고조파에 대한 임피던스의 크기는 $Z_5=\sqrt{80^2+60^2}=100\Omega$이다.
3. 제5고조파 전압의 실효값은 $V_5=200V$이므로 $I_5=V_5/Z_5=200/100=2A$이다.

선지 판단

① X — 계산 결과는 $1A$가 아니라 $2A$이므로 틀리다. 올바르게는 제5고조파 전류의 실효값이 $2A$이다.
② O — 제5고조파 임피던스가 100Ω, 전압 실효값이 $200V$이므로 전류 실효값은 $2A$이다.
③ X — 계산 결과는 $3A$가 아니라 $2A$이므로 틀리다. 올바르게는 제5고조파 전류의 실효값이 $2A$이다.
④ X — 계산 결과는 $4A$가 아니라 $2A$이므로 틀리다. 올바르게는 제5고조파 전류의 실효값이 $2A$이다.

NoteBase

오답 포인트

전압식의 진폭 $200\sqrt{2}V$를 실효값으로 착각하거나, 제5고조파에서도 유도 리액턴스를 12Ω로 그대로 사용하는 것이 함정이다. 고조파별 전압 실효값과 고조파 차수에 따라 변한 리액턴스를 각각 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

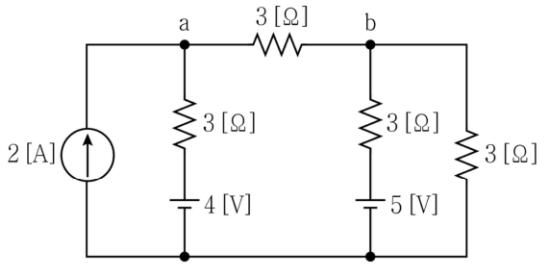
고조파 전류는 먼저 해당 고조파 전압의 실효값을 찾고, $X_{L,n} = nX_L$로 리액턴스를 바꾼 뒤, $Z_n = \sqrt{R^2 + X_{L,n}^2}$와 $I_n = V_n/Z_n$를 차례로 적용한다.

암기 포인트

유도 리액턴스는 고조파 차수에 비례한다. 즉, n차 고조파에서는 $X_{L,n} = nX_L$이다.

NoteBase

문 8. 그림의 회로에서 단자 a, b 사이의 전압 V_{ab} [V]는?



① 1 ② 2
③ 3 ④ 4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 아래쪽 공통 노드를 기준 노드로 정하고 키르히호프의 전류 법칙을 적용하여 단자 전압 $V_{ab} = V_a - V_b$를 구하는 문제이다.

조건 정리

아래쪽 공통 노드의 전위를 $0V$로 둔다. 두 전압원은 긴 선이 위쪽이므로 각 전압원 위쪽 노드의 전위는 각각 $4V$, $5V$이다. $2A$ 전류원은 기준 노드에서 노드 a로 전류를 공급한다. 구해야 할 값은 a에서 b를 본 전압이므로 $V_{ab} = V_a - V_b$이다.

사용할 공식

노드에 들어오는 전류와 나가는 전류의 합이 같다는 키르히호프의 전류 법칙을 사용한다. 저항 가지 전류는 $I = (V_1 - V_2)/R$로 나타낸다. 모든 저항이 3Ω이고 각 가지의 반대쪽 전위가 주어져 있으므로 노드 a와 b에서 전류 방정식을 바로 세울 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 노드 a에서 저항을 통해 나가는 전류의 합은 전류원이 공급하는 $2A$와 같다.
$\frac{V_a - V_b}{3} + \frac{V_a - 4}{3} = 2$
따라서 $2V_a - V_b = 10$이다.

2. 노드 b에는 독립 전류원이 연결되어 있지 않으므로 세 저항 가지 전류의 대수합은 0이다.
$\frac{V_b - V_a}{3} + \frac{V_b - 5}{3} + \frac{V_b}{3} = 0$
따라서 $-V_a + 3V_b = 5$이다.

3. 두 연립방정식을 풀면 $V_a = 7V$, $V_b = 4V$이다.
$V_{ab} = V_a - V_b = 7 - 4 = 3V$

선지 판단

① X — $1V$는 계산 결과와 다르다. 올바른 값은 $V_{ab} = 3V$이다.
② X — $2V$는 계산 결과와 다르다. 올바른 값은 $V_{ab} = 3V$이다.
③ O — 노드 전압이 $V_a = 7V$, $V_b = 4V$이므로 $V_{ab} = 3V$이다.
④ X — $4V$는 노드 b의 전위 V_b이지 a와 b 사이의 전압이 아니다. 올바른 값은 $V_{ab} = V_a - V_b = 3V$이다.

오답 포인트

전압원의 긴 선이 양극이라는 점을 놓치면 $4V$와 $5V$ 노드의 부호가 뒤집힌다. 또한 $V_b = 4V$를 그대로 답으로 고르는 것이 ④의 함정이다. 문제에서 요구한 값은 한 노드의 전위가 아니라 $V_{ab} = V_a - V_b$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

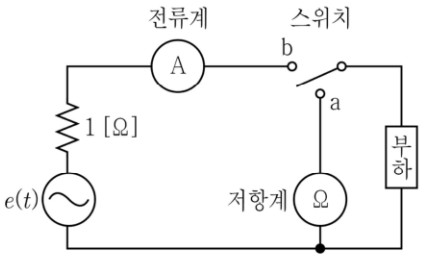
먼저 기준 노드를 정하고 전압원의 긴 선으로 각 고정 전위를 표시한다. 다음으로 각 미지 노드에서 저항 전류를 전위차를 저항으로 나눈 형태로 써서 노드 방정식을 세운다. 마지막에는 첨자 순서에 따라 $V_{ab} = V_a - V_b$로 계산한다.

암기 포인트

노드 해석의 핵심은 '긴 선은 양극, 저항 전류는 전위차/저항, $V_{ab} = V_a - V_b$'이다.

NoteBase

문 9. 그림의 R−L 부하 회로에서 스위치를 a와 연결했을 때 저항계의 측정값이 5[Ω]이고, 스위치를 b와 연결했을 때 전류계의 측정값이 10[A]이다. 부하 인덕턴스[H]는? (단, $e(t)=100\sqrt{2}\sin 120\pi t$ [V]이고, 전류계와 저항계의 내부 저항은 무시한다)



① $\frac{\sqrt{3}}{40\pi}$ ② $\frac{\sqrt{3}}{5\pi}$

③ $\frac{1}{15\pi}$ ④ $\frac{8}{15\pi}$

정답 3번

출제 포인트

교류 직렬 $R-L$ 회로에서 실효값으로 임피던스의 크기를 구하고, 저항 성분과 유도 리액턴스를 분리하여 인덕턴스 L을 계산하는 문제이다.

조건 정리

전원은 $e(t)=100\sqrt{2}\sin 120\pi t[V]$이므로 전압의 실효값은 $E=100V$, 각주파수는 $\omega=120\pi rad/s$이다.
스위치를 a에 연결했을 때 저항계가 측정한 부하의 저항 성분은 $R=5\Omega$이다.
스위치를 b에 연결하면 전원 내부저항 1Ω과 부하가 직렬로 연결되고, 전류의 실효값은 $I=10A$이다. 따라서 전체 저항 성분은 $R_{\text{total}}=1+5=6\Omega$이다.
구해야 할 값은 부하 인덕턴스 L이다.

사용할 공식

직렬 $R-L$ 회로에서는

$|Z|=\frac{E}{I}$, $|Z|=\sqrt{R_{\text{total}}^2+X_L^2}$, $X_L=\omega L$

을 사용한다. 저항 성분과 유도 리액턴스가 서로 직교하므로 임피던스의 크기는 두 성분의 제곱합의 제곱근으로 구한다.

NoteBase

계산 과정

1. 전체 임피던스의 크기는
$|Z| = \frac{E}{I} = \frac{100}{10} = 10\Omega$
이다.
2. 전체 저항 성분이 6Ω이므로 유도 리액턴스는
$X_L = \sqrt{|Z|^2 - R_{\text{total}}^2} = \sqrt{10^2 - 6^2} = 8\Omega$
이다.
3. $X_L = \omega L$에 $\omega = 120\pi rad/s$를 대입하면
$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{8}{120\pi} = \frac{1}{15\pi}H$
이다.

선지 판단

① X
- $L = \frac{\sqrt{3}}{40\pi}H$이면 $X_L = \omega L = 3\sqrt{3}\Omega$가 되어 계산된 8Ω와 일치하지 않는다. 올바르게는 $L = \frac{1}{15\pi}H$이다.

② X
- $L = \frac{\sqrt{3}}{5\pi}H$이면 $X_L = 24\sqrt{3}\Omega$가 되어 계산된 8Ω와 일치하지 않는다. 올바르게는 $L = \frac{1}{15\pi}H$이다.

③ O
- $L = \frac{1}{15\pi}H$이면 $X_L = 120\pi \times \frac{1}{15\pi} = 8\Omega$가 되어 주어진 전압과 전류로 구한 회로 조건을 만족한다.

④ X
- $L = \frac{8}{15\pi}H$이면 $X_L = 64\Omega$가 되어 계산된 8Ω와 일치하지 않는다. 올바르게는 $L = \frac{1}{15\pi}H$이다.

오답 포인트

저항계의 5Ω만 전체 저항으로 사용하면 안 된다. 스위치를 b에 연결한 전류 측정 회로에서는 전원의 내부저항 1Ω도 직렬이므로 저항 성분은 6Ω이다. 또한 $100\sqrt{2}$는 전압의 최댓값이고, 전류계가 나타내는 값과 대응하는 전압의 실효값은 $100V$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

정현파 식에서 전압의 실효값과 각주파수를 먼저 읽고, 전류로 $|Z| = E/I$를 구한다. 그다음 회로에 실제로 직렬 연결된 모든 저항을 합산하여 $X_L = \sqrt{|Z|^2 - R^2}$를 계산하고, 마지막에 $L = X_L/\omega$로 변환한다.

암기 포인트

직렬 $R-L$ 회로는 $|Z|^2 = R^2 + X_L^2$, 유도 리액턴스는 $X_L = \omega L$이다. 정현파 $E_m \sin \omega t$에서 실효값은 $E_m/\sqrt{2}$이다.

NoteBase

문 10. 100 [W] 전열기를 10분간 사용하면 20 [℃]의 물 1 [kg]을 몇 도[℃]로 올릴 수 있는가? (단, 물의 비열은 1이고 1 [J]은 0.24 [cal]이다)

① 34.4
② 36.5
③ 38.0
④ 39.8

정답 1번

출제 포인트

전열기가 공급한 전기에너지 $Q = Pt$를 열량으로 바꾸고, 물이 얻은 열량 $Q = mc\Delta T$와 같게 두어 최종 온도를 구하는 문제이다.

조건 정리

전열기 출력: $P = 100W$
사용 시간: $t = 10min = 600s$
물의 질량: $m = 1kg = 1000g$
물의 비열: $c = 1cal/(g \cdot ^\circ C)$
초기 온도: $20^\circ C$
에너지 환산: $1J = 0.24cal$
전열기의 에너지가 모두 물의 온도 상승에 사용된다고 본다.

사용할 공식

전열기가 공급한 에너지는 $Q = Pt$이고, 물의 온도 변화에 필요한 열량은 $Q = mc\Delta T$이다. 전기에너지가 물에 전달되어 열에너지로 바뀌므로 두 열량을 같게 둔다.

계산 과정

1. 전열기가 공급한 에너지를 구한다.
$Q = Pt = 100W \times 600s = 60{,}000J$
2. 이를 칼로리로 환산한다.
$60{,}000J \times 0.24cal/J = 14{,}400cal$
3. 물의 온도 상승분을 구한다.
$\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{14{,}400cal}{1000g \times 1cal/(g \cdot ^\circ C)} = 14.4^\circ C$
4. 초기 온도에 온도 상승분을 더한다.
$T_{final} = 20^\circ C + 14.4^\circ C = 34.4^\circ C$

NoteBase

선지 판단

① O — 계산한 최종 온도는 $34.4\,^\circ C$이므로 일치한다.
② X — 제시된 $36.5\,^\circ C$는 계산값과 다르다. 올바른 값은 $34.4\,^\circ C$이다.
③ X — 제시된 $38.0\,^\circ C$는 계산값과 다르다. 올바른 값은 $34.4\,^\circ C$이다.
④ X — 제시된 $39.8\,^\circ C$는 계산값과 다르다. 올바른 값은 $34.4\,^\circ C$이다.

오답 포인트

$10 min$을 $600 s$로 바꾸지 않거나, $1 kg$을 $1000 g$으로 바꾸지 않으면 단위가 맞지 않는다. 또한 $14.4\,^\circ C$는 최종 온도가 아니라 온도 상승분이므로 초기 온도 $20\,^\circ C$를 더해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

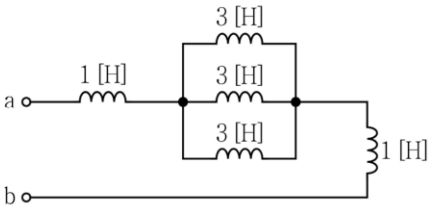
전열 문제에서는 먼저 $Q = Pt$로 공급 에너지를 구하고, 문제에서 준 환산값으로 열량 단위를 맞춘 뒤, $Q = mc\Delta T$로 온도 상승분을 계산한다. 마지막에는 초기 온도와 온도 상승분을 더해 최종 온도를 구한다.

암기 포인트

전열기의 공급 에너지는 Pt, 물이 얻은 열량은 $mc\Delta T$이며, 최종 온도는 초기 온도에 ΔT를 더한 값이다.

NoteBase

문 11. 그림의 회로에서 단자 a, b 사이의 합성 인덕턴스[H]는?



① 1
② 2
③ 3
④ 4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 인덕터의 직렬·병렬 합성 공식을 이용해 단자 a, b 사이의 합성 인덕턴스를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 양쪽의 직렬 인덕터는 각각 1H이고, 가운데 병렬 인덕터 3개는 각각 3H이다.
구해야 할 값: 단자 a, b 사이의 합성 인덕턴스 L_{ab}이다.
주의할 조건: 가운데의 3H 인덕터 3개는 같은 두 노드에 연결되어 있으므로 병렬이고, 이 병렬 합성값은 양쪽 1H 인덕터와 직렬이다.

사용할 공식

병렬 인덕터의 합성 공식은
$\frac{1}{L_p} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$
이고, 직렬 인덕터의 합성 공식은
$L_s = L_1 + L_2 + L_3$
이다. 가운데 인덕터들은 양 끝 노드를 공유하므로 병렬 공식을 적용하고, 그 병렬부와 양쪽 인덕터에는 직렬 공식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 가운데 병렬부의 합성 인덕턴스를 구한다.
$\frac{1}{L_p} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 1$
따라서 $L_p = 1H$이다.
2. 양쪽의 $1H$ 인덕터와 가운데 병렬 합성값을 더한다.
$L_{ab} = 1 + 1 + 1 = 3H$
따라서 단자 a, b 사이의 합성 인덕턴스는 $3H$이다.

선지 판단

① X — $1H$는 가운데 병렬부만의 합성값이며, 양쪽 직렬 인덕터를 포함하지 않은 값이다. 올바르게는 전체 합성 인덕턴스가 $3H$이다.
② X — $2H$는 양쪽의 $1H$만 더하고 가운데 병렬부의 $1H$를 누락한 값이다. 올바르게는 $1 + 1 + 1 = 3H$이다.
③ O — 가운데의 $3H$ 3개를 병렬 합성하면 $1H$이고, 이를 양쪽의 $1H$와 직렬 합성하면 $3H$가 된다.
④ X — 전체 회로를 합성한 결과는 $4H$가 아니라 $3H$이다. 가운데 병렬부는 $2H$가 아니라 $1H$이므로 전체는 $1 + 1 + 1 = 3H$이다.

오답 포인트

가운데의 $3H$ 인덕터 3개를 직렬처럼 단순 합산하거나, 병렬부만 계산하고 양쪽의 직렬 $1H$를 빠뜨리기 쉽다. 같은 두 노드에 연결된 소자는 병렬이라는 점을 먼저 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로의 노드를 기준으로 직렬과 병렬을 구분한 뒤, 병렬 부분을 먼저 하나의 합성 인덕턴스로 바꾸고 남은 직렬 성분을 더한다.

암기 포인트

같은 값 L인 인덕터 n개가 병렬이면 합성값은 L/n이고, 직렬이면 각 인덕턴스를 그대로 더한다.

NoteBase

문 12. 자기 인덕턴스가 각각 L_1, L_2인 두 개의 코일이 직렬로 접속되어 있다. 여기서 각 코일이 만드는 자속 방향이 같을 때 측정된 합성 인덕턴스는 100 [mH]이고, 각 코일이 만드는 자속 방향이 반대일 때 측정된 합성 인덕턴스는 60 [mH]이다. 이때 두 코일의 자기 인덕턴스 합 L_1+L_2 [mH]와 상호 인덕턴스 M [mH]은? (단, 두 개의 자기 인덕턴스는 전자 결합이 있고, 상호 인덕턴스는 양의 값을 갖는다)

	L_1+L_2 [mH]	M [mH]
①	80	10
②	80	20
③	160	10
④	160	20

정답 1번

출제 포인트

두 코일을 직렬로 접속할 때 자속 방향에 따라 상호 인덕턴스 항의 부호가 달라지는 원리를 이용해 $L_1 + L_2$와 M을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 자속 방향이 같을 때의 합성 인덕턴스는 100mH, 반대일 때는 60mH이다.
구해야 할 값: 자기 인덕턴스의 합 $L_1 + L_2$와 양의 상호 인덕턴스 M이다.
주의할 조건: 자속이 서로 돕는 직렬 가동 접속에서는 $+2M$, 서로 반대되는 직렬 차동 접속에서는 $-2M$가 붙는다.

사용할 공식

직렬 가동 접속: $L_a = L_1 + L_2 + 2M$
직렬 차동 접속: $L_o = L_1 + L_2 - 2M$
두 코일의 자속 방향이 같을 때 상호 자속이 합쳐지고, 반대일 때 상호 자속이 상쇄되므로 이 두 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

두 측정 조건을 식으로 나타내면 다음과 같다.
$L_1 + L_2 + 2M = 100$
$L_1 + L_2 - 2M = 60$
두 식을 더하면 $2(L_1 + L_2) = 160$이므로,
$L_1 + L_2 = 80\text{mH}$
첫째 식에서 둘째 식을 빼면 $4M = 40$이므로,
$M = 10\text{mH}$
따라서 두 값의 조합은 $L_1 + L_2 = 80\text{mH}$, $M = 10\text{mH}$이다.

선지 판단

① O — $L_1 + L_2 = 80\text{mH}$, $M = 10\text{mH}$로 계산 결과와 모두 일치한다.
② X — $L_1 + L_2 = 80\text{mH}$는 맞지만 $M = 20\text{mH}$가 틀렸다. $100 - 60 = 40$을 바로 $2M$로 보는 오류이며, 두 합성 인덕턴스의 차는 $4M$이므로 올바르게는 $M = 10\text{mH}$이다.
③ X — $M = 10\text{mH}$는 맞지만 $L_1 + L_2 = 160\text{mH}$가 틀렸다. 두 식의 합 160mH은 $2(L_1 + L_2)$이므로 2로 나누어야 하며, 올바르게는 $L_1 + L_2 = 80\text{mH}$이다.
④ X — $L_1 + L_2 = 160\text{mH}$, $M = 20\text{mH}$는 모두 틀렸다. 식을 더한 뒤 2로, 뺀 뒤 4로 나누지 않은 값이며, 올바른 조합은 80mH, 10mH이다.

오답 포인트

합성 인덕턴스 두 값의 합 $100 + 60 = 160$을 곧바로 $L_1 + L_2$로 착각하거나, 차 $100 - 60 = 40$을 $2M$로 착각하기 쉽다. 실제로 두 식을 더하면 $2(L_1 + L_2)$, 빼면 $4M$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

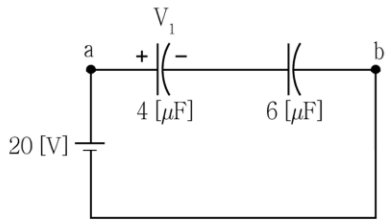
큰 합성 인덕턴스에는 $+2M$, 작은 합성 인덕턴스에는 $-2M$를 대응시킨다. 두 측정값의 평균으로 $L_1 + L_2$를 구하고, 두 측정값 차의 4분의 1로 M을 구한 뒤 단위를 확인한다.

암기 포인트

직렬 가동은 $+2M$, 직렬 차동은 $-2M$이다. 따라서 $L_1 + L_2 = (L_{\max} + L_{\min})/2$, $M = (L_{\max} - L_{\min})/4$이다.

NoteBase

문 13. 그림의 직렬 연결된 커패시터 회로에서 합성 정전 용량 C_{ab} [μF]와 4 [μF] 커패시터 양단의 전압 V_1 [V]은?



	C_{ab} [μF]	V_1 [V]
①	2.4	8
②	2.4	12
③	10	8
④	10	12

정답 2번

출제 포인트

직렬 연결된 커패시터의 합성 정전 용량과 공통 전하를 이용하여 각 커패시터에 걸리는 전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $C_1 = 4\mu F$, $C_2 = 6\mu F$, 전체 전압은 20V이다.
구해야 할 값: 단자 a, b 사이의 합성 정전 용량 C_{ab}와 4μF 커패시터의 전압 V_1이다.
주의할 조건: 두 커패시터는 직렬이므로 저장 전하의 크기가 같고, 전압은 정전 용량에 반비례하여 분배된다.
그림의 V_1 극성은 왼쪽이 +, 오른쪽이 −이다.

사용할 공식

직렬 합성 정전 용량은
$C_{ab} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$
이다. 직렬 회로에서는 각 커패시터에 저장되는 전하의 크기가 같으므로
$Q = C_{ab} V, \qquad V_1 = \frac{Q}{C_1}$
을 사용한다. 두 커패시터가 직렬로 연결되어 있고 전체 전압이 주어졌기 때문에 이 공식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 합성 정전 용량을 계산한다.

$C_{ab} = \frac{4 \times 6}{4 + 6} = 2.4\mu\text{F}$

2. 직렬 회로의 공통 전하를 계산한다.

$Q = C_{ab}V = (2.4\mu\text{F})(20\text{V}) = 48\mu\text{C}$

3. 4μF 커패시터의 전압을 계산한다.

$V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{48\mu\text{C}}{4\mu\text{F}} = 12\text{V}$

전원에서 단자 a가 높은 전위이므로 그림에 표시된 왼쪽 +, 오른쪽 − 극성과도 일치한다.

선지 판단

① X — $C_{ab} = 2.4\mu$F는 맞지만 $V_1 = 8$V가 틀리다. 8V는 6μF 커패시터의 전압이며, 올바르게는 $V_1 = 12$V이다.

② O — 계산 결과가 $C_{ab} = 2.4\mu$F, $V_1 = 12$V이므로 두 값이 모두 맞다.

③ X — 직렬 합성 정전 용량을 단순히 더한 10μF는 틀리고, $V_1 = 8$V도 틀리다. 올바르게는 $C_{ab} = 2.4\mu$F, $V_1 = 12$V이다.

④ X — $V_1 = 12$V는 맞지만 $C_{ab} = 10\mu$F가 틀리다. 직렬 합성값은 각 커패시터의 정전 용량보다 작으므로 올바르게는 $C_{ab} = 2.4\mu$F이다.

오답 포인트

$4 + 6 = 10$으로 더하는 것은 병렬 연결의 계산을 직렬 연결에 잘못 적용한 것이다. 또한 직렬 커패시터의 전압은 정전 용량에 반비례하므로 작은 4μF 커패시터에 더 큰 전압 12V가 걸리고, 6μF 커패시터에는 8V가 걸린다.

다시 나오면 이렇게 판단

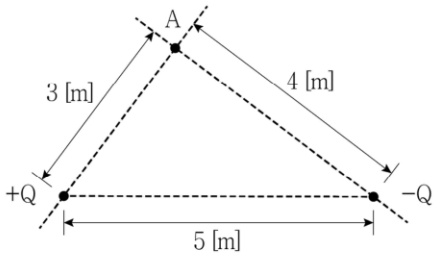
직렬 연결 여부를 확인한 뒤 합성 정전 용량을 구하고, $Q = C_{\text{eq}}V$로 공통 전하를 계산한 다음 $V_i = Q/C_i$로 각 전압을 구한다. 마지막에는 합성 정전 용량이 가장 작은 개별 정전 용량보다 작은지, 각 전압의 합이 전체 전압과 같은지 검산한다.

암기 포인트

커패시터 직렬 연결에서는 전하가 같고 전압은 정전 용량에 반비례하며, 합성 정전 용량은 가장 작은 개별 정전 용량보다 작다.

NoteBase

문 14. 그림과 같은 삼각형 꼭짓점에 있는 진공 중의 점 전하 +Q, −Q가 각각 +10 [nC], −16 [nC]일 때, A지점의 전기장 세기[V/m]는? (단, 진공의 유전율은 $\epsilon_0 = 8.855 \times 10^{-12}$ [F/m]이고, $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$이다)



① 1
② $\sqrt{19}$
③ $\sqrt{181}$
④ $\sqrt{361}$

정답 3번

출제 포인트

점전하가 만드는 전기장의 크기와 방향을 각각 구한 뒤 벡터 합성하여 A지점의 전기장 세기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $+Q = +10nC$, $-Q = -16nC$, 양전하와 A 사이의 거리 $3m$, 음전하와 A 사이의 거리 $4m$, 두 전하 사이의 거리 $5m$이다.
구해야 할 값: A지점에서 두 점전하가 만드는 합성 전기장의 세기이다.
주의할 조건: $3^2 + 4^2 = 5^2$이므로 A의 꼭짓각은 직각이다. 양전하의 전기장은 양전하에서 멀어지는 방향이고, 음전하의 전기장은 음전하를 향하는 방향이므로 A에서 두 전기장도 서로 직교한다.

사용할 공식

점전하가 거리 r인 지점에 만드는 전기장의 세기는
$E = k\frac{|Q|}{r^2}, \qquad k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 N \cdot m^2/C^2$
이다. 두 전기장이 서로 직교하므로 합성 전기장의 세기는
$E_A = \sqrt{E_+^2 + E_-^2}$
로 구한다. 각 전하를 기준으로 A까지의 거리와 전하량이 주어져 있으므로 점전하의 전기장 공식을 사용하고, 방향이 직교하므로 피타고라스 합성을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 양전하가 A에 만드는 전기장의 세기는
$E_+ = 9 \times 10^9 \times \frac{10 \times 10^{-9}}{3^2} = 10 V/m$
이다.
2. 음전하가 A에 만드는 전기장의 세기는
$E_- = 9 \times 10^9 \times \frac{16 \times 10^{-9}}{4^2} = 9 V/m$
이다.
3. 두 전기장이 직교하므로
$E_A = \sqrt{10^2 + 9^2} = \sqrt{181}\, V/m$
이다.

선지 판단

① X — $1 V/m$은 두 전기장의 크기를 단순히 빼서 얻은 값이다. 두 방향은 반대가 아니라 직교하므로 올바른 값은 $\sqrt{181}\, V/m$이다.
② X — $\sqrt{19} V/m$은 전기장 세기 $10 V/m$와 $9 V/m$를 제곱하지 않고 더한 뒤 제곱근을 취한 값이다. 올바르게는 $\sqrt{10^2 + 9^2} = \sqrt{181}\, V/m$이다.
③ O — 두 전기장의 세기 $10 V/m$와 $9 V/m$가 서로 직교하므로 합성 전기장의 세기는 $\sqrt{181}\, V/m$이다.
④ X — $\sqrt{361} = 19 V/m$은 두 전기장의 크기를 같은 방향처럼 단순히 더한 값이다. 두 방향은 직교하므로 올바른 값은 $\sqrt{181}\, V/m$이다.

오답 포인트

전기장은 스칼라가 아니라 벡터이다. 이 문제의 핵심 함정은 두 전기장의 크기 $10 V/m$와 $9 V/m$를 곧바로 더하거나 빼는 것이다. 전하의 부호로 각 전기장의 방향을 정하고, 3-4-5 삼각형에서 두 방향이 직교함을 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

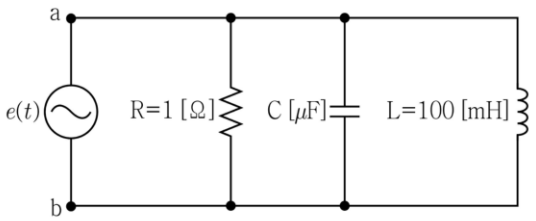
각 전하가 만드는 전기장의 크기를 $E = k|Q|/r^2$로 따로 구하고, 양전하에서는 바깥쪽·음전하에서는 전하 쪽으로 방향을 표시한 뒤, 두 벡터의 끼인각에 맞게 합성한다. 끼인각이 $90\,^\circ$이면 $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$를 적용한다.

암기 포인트

전기장 합성은 '크기 계산 → 부호로 방향 결정 → 벡터 합성'의 순서이다. 직교하면 제곱합의 제곱근을 사용한다.

NoteBase

문 15. 그림의 R−L−C 회로에서 단자 a, b 사이의 합성 임피던스가 1 [Ω]일 때, 커패시턴스 C [μF]는? (단, 회로의 동작 주파수는 $\frac{1000}{2\pi}$ [Hz]이다)



① 1
② 2
③ 5
④ 10

정답 4번

출제 포인트

병렬 R-L-C 회로의 합성 어드미턴스를 이용하여 합성 임피던스의 크기가 주어진 조건을 만족하는 커패시턴스를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R = 1\Omega, L = 100mH = 0.1H, f = \frac{1000}{2\pi}Hz$이다.
각주파수는 $\omega = 2\pi f = 1000rad/s$이다.
구해야 할 값은 합성 임피던스의 크기가 1Ω가 되게 하는 C이다.

사용할 공식

병렬 R-L-C 회로의 합성 어드미턴스는
$Y = \frac{1}{R} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)$
이고, 임피던스와 어드미턴스의 관계는
$|Z| = \frac{1}{|Y|}$
이다. 이 회로에서는 저항에 의한 컨덕턴스가 $1/R = 1S$이므로 $|Z| = 1\Omega$가 되려면 어드미턴스의 허수부가 0이어야 한다. 따라서 병렬 공진 조건 $\omega C = 1/(\omega L)$을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 인덕터의 서셉턴스 크기를 구하면
$\frac{1}{\omega L} = \frac{1}{1000 \times 0.1} = 0.01S$
이다.
2. 합성 어드미턴스의 허수부를 0으로 두면
$1000C - 0.01 = 0$
이다.
3. 따라서
$C = \frac{0.01}{1000} = 10^{-5}F = 10\mu F$
이다. 이때 $Y = 1S$이므로 $|Z| = 1\Omega$가 된다.

선지 판단

① X — $C = 1\mu F$이면 용량성 서셉턴스는 $0.001S$, 합성 서셉턴스는 $-0.009S$이므로 0이 아니다. '$1\mu F$'는 틀린 값이며, 올바른 값은 $10\mu F$이다.
② X — $C = 2\mu F$이면 용량성 서셉턴스는 $0.002S$, 합성 서셉턴스는 $-0.008S$이므로 0이 아니다. '$2\mu F$'는 틀린 값이며, 올바른 값은 $10\mu F$이다.
③ X — $C = 5\mu F$이면 용량성 서셉턴스는 $0.005S$, 합성 서셉턴스는 $-0.005S$이므로 0이 아니다. '$5\mu F$'는 틀린 값이며, 올바른 값은 $10\mu F$이다.
④ O — $C = 10\mu F$이면 $\omega C = 0.01S = 1/(\omega L)$가 되어 합성 서셉턴스가 0이다. 따라서 합성 임피던스의 크기는 1Ω이다.

오답 포인트

동작 주파수 $1000/(2\pi)Hz$를 각주파수로 그대로 대입하면 안 된다. 먼저 $\omega = 2\pi f = 1000rad/s$로 바꾸어야 한다. 또한 병렬회로에서는 임피던스를 직접 더하지 않고 어드미턴스를 더하며, 합성 임피던스가 최대가 되는 공진점에서는 인덕터와 커패시터의 서셉턴스가 상쇄된다.

다시 나오면 이렇게 판단

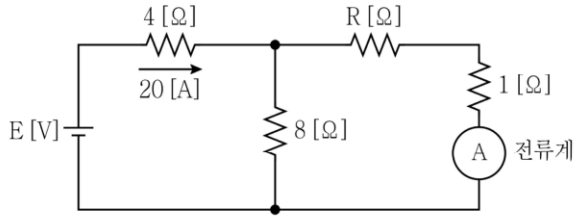
병렬 R-L-C 문제에서는 먼저 $\omega = 2\pi f$를 구하고, $Y = 1/R + j(\omega C - 1/(\omega L))$를 세운다. 합성 임피던스가 R과 같다는 조건이면 허수부를 0으로 두어 $C = 1/(\omega^2 L)$을 계산한다.

암기 포인트

병렬 공진은 $\omega C = 1/(\omega L)$, 따라서 $C = 1/(\omega^2 L)$이다.

NoteBase

문 16. 그림의 회로에서 전류계의 측정값이 10 [A]일 때, 전압 E [V]와 저항 R [Ω]는? (단, 전류계의 내부 저항은 무시한다)



	E [V]	R [Ω]
①	120	7
②	120	8
③	160	7
④	160	8

정답 3번

출제 포인트

키르히호프의 전류 법칙과 옴의 법칙을 이용하여 병렬로 갈라지는 전류, 저항 R, 전원 전압 E를 차례로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 4Ω 저항을 지나는 전체 전류는 $20A$, 전류계가 측정한 오른쪽 가지 전류는 $10A$이다.
구해야 할 값: 전원 전압 E와 저항 R이다.
주의할 조건: 전류계의 내부 저항은 무시하므로 오른쪽 가지의 합성저항은 $R + 1\Omega$이다.

사용할 공식

분기점의 전류 관계는 I_전체=I_8Ω+I_오른쪽 이다. 옴의 법칙은 $V = IR$ 이다.
두 가지가 병렬로 연결되어 양단 전압이 같고, 전원에서 4Ω 저항과 병렬회로가 직렬로 이어지므로 이 관계들을 사용한다.

계산 과정

1. 8Ω 가지 전류는 $I_{8\Omega} = 20 - 10 = 10A$ 이다.
2. 병렬회로 양단 전압은 $V = 10A \times 8\Omega = 80V$ 이다.
3. 오른쪽 가지에도 $80V$가 걸리므로 $80V = 10A \times (R + 1)\Omega$ 이고, 따라서 $R + 1 = 8$에서 $R = 7\Omega$이다.
4. 4Ω 저항의 전압강하는 $V_4 = 20A \times 4\Omega = 80V$ 이다. 따라서 전원 전압은
$E = V_4 + V = 80V + 80V = 160V$ 이다.

NoteBase

선지 판단

① X - $R = 7\Omega$은 맞지만 $E = 120V$가 틀렸다. 전체 전류 $20A$가 흐르는 4Ω 저항의 전압강하까지 더하면 올바른 조합은 $E = 160V$, $R = 7\Omega$이다.
② X - $E = 120V$와 $R = 8\Omega$가 모두 틀렸다. 오른쪽 가지에는 1Ω 저항도 직렬로 있으므로 $R + 1 = 8$이며, 올바른 조합은 $E = 160V$, $R = 7\Omega$이다.
③ O - 계산 결과가 $E = 160V$, $R = 7\Omega$이므로 두 값이 모두 일치한다.
④ X - $E = 160V$는 맞지만 $R = 8\Omega$가 틀렸다. 8Ω은 오른쪽 가지 전체의 합성저항 $R + 1$이므로 올바른 값은 $R = 7\Omega$이다.
계산 결과 $E = 160V$, $R = 7\Omega$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

오른쪽 가지의 합성저항 8Ω을 곧바로 R로 착각하면 ④를 고르게 된다. 또한 전원 전압은 병렬회로 전압 $80V$뿐 아니라 앞의 4Ω 저항에서 생기는 전압강하 $80V$도 포함한다.

다시 나오면 이렇게 판단

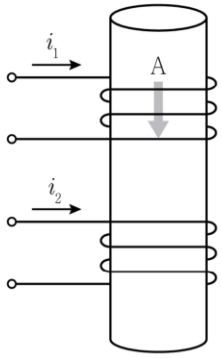
분기점에서는 먼저 전류 보존으로 각 가지 전류를 구하고, 병렬 가지의 공통 전압을 계산한 뒤, 직렬 구간의 전압강하를 모두 더해 전원 전압을 판단한다.

암기 포인트

병렬은 전압이 같고, 분기점에서는 전류의 합이 보존되며, 직렬 구간의 전압강하는 모두 더한다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 두 개의 코일이 하나의 원통에 감겨 있으며 시간에 따라 전류 i_1과 i_2가 증가하고 있다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 전류 i_1과 i_2에 의한 자속 방향은 같다.

② 각 코일에 흐르는 전류 방향과 자속 방향은 앙페르의 오른나사의 법칙이 적용된다.

③ 전류 i_1에 의해 발생되는 자속은 A 방향이다.

④ 각 코일의 단자 간에 걸리는 전압은 코일을 쇄교하는 자속의 시간당 변화율에 비례한다.

정답 1번

출제 포인트

두 코일의 권선 방향과 전류 방향에 오른나사 법칙을 각각 적용하여 자속 방향을 판단하고, 패러데이의 전자기 유도 법칙을 구분하는 문제이다. 도식에서 i_1이 만드는 자속은 A의 아래쪽 방향이고, i_2가 만드는 자속은 위쪽 방향이다.

선지별 해설

① X — 도식의 권선 방향과 전류 방향에 오른나사 법칙을 적용하면 i_1의 자속은 A 방향인 아래쪽이고 i_2의 자속은 위쪽이므로 두 자속의 방향은 서로 반대이다. 틀린 표현인 '자속 방향은 같다'는 '자속 방향은 서로 반대이다'로 고쳐야 한다.

② O — 코일을 감은 방향으로 전류가 흐를 때 오른나사가 진행하는 방향이 코일 내부의 자속 방향이므로, 각 코일의 전류 방향과 자속 방향에는 앙페르의 오른나사 법칙이 적용된다.

③ O — 위쪽 코일에 흐르는 i_1의 방향을 따라 오른나사 법칙을 적용하면 자속은 도식에 표시된 A의 아래쪽 방향으로 형성된다.

④ O — 패러데이의 전자기 유도 법칙에 따라 코일 단자에 유도되는 전압은 코일을 쇄교하는 자속의 시간당 변화율에 비례한다. 이를 $e = -N\frac{d\Phi}{dt}$로 나타내며, 음의 부호는 렌츠의 법칙에 따른 유도전압의 방향을 뜻한다.

NoteBase

오답 포인트

두 전류 화살표가 모두 오른쪽을 향한다는 사실만 보고 자속도 같은 방향이라고 판단하기 쉽다. 자속 방향은 도선의 직선 이동 방향만으로 정하지 않고, 각 코일의 권선 방향과 전류가 권선을 도는 방향을 함께 보아 오른나사 법칙으로 정한다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 코일을 따로 보고 손가락을 권선 전류가 도는 방향으로 감았을 때 엄지가 가리키는 철심의 축 방향을 자속 방향으로 정한다. 그다음 두 엄지의 방향을 비교하여 가동자속인지 차동자속인지 판단하고, 유도전압은 쇄교자속 자체가 아니라 그 시간 변화율에 비례함을 확인한다.

암기 포인트

권선 전류는 오른손 손가락, 코일 자속은 엄지이며, 유도전압의 크기는 $N\left|\frac{d\Phi}{dt}\right|$에 비례한다.

NoteBase

문 18. 비사인파전압 $e(t) = 10\sqrt{2}\sin\omega t + 4\sqrt{2}\sin 3\omega t + 3\sqrt{2}\sin 5\omega t$ [V]의 실횻값[V]과 왜형률[%]은? (단, ω는 기본 각주파수이다)

	실횻값[V]	왜형률[%]
①	$2\sqrt{5}$	50
②	$2\sqrt{5}$	100
③	$5\sqrt{5}$	50
④	$5\sqrt{5}$	100

정답 3번

출제 포인트

서로 다른 주파수의 정현파 성분으로 이루어진 비정현파 전압에서 전체 실횻값과 기본파에 대한 고조파 실횻값의 비인 왜형률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 전압은 기본파와 제3·제5고조파의 합이다. 각 항의 계수는 최댓값이므로 실횻값은 각각 $10V$, $4V$, $3V$이다. 서로 다른 주파수 성분은 실횻값을 제곱하여 더한다. 구해야 할 값은 전체 실횻값과 왜형률이다.

사용할 공식

전체 실횻값은 $E = \sqrt{E_1^2 + E_3^2 + E_5^2}$이다. 왜형률은 왜형률=(√(E_3^2+E_5^2))/(E_1)×100\%이다. 서로 다른 주파수의 정현파 성분은 서로 직교하므로 전체 실횻값을 구할 때 각 성분의 실횻값을 산술적으로 더하지 않고 제곱합의 제곱근을 사용한다.

계산 과정

1. 각 성분의 실횻값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나누므로 $E_1 = 10V$, $E_3 = 4V$, $E_5 = 3V$이다.
2. 전체 실횻값은 $E = \sqrt{10^2 + 4^2 + 3^2} = \sqrt{125} = 5\sqrt{5}V$이다.
3. 고조파 전체의 실횻값은 $E_h = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5V$이다.
4. 왜형률은 $\frac{E_h}{E_1} \times 100 = \frac{5}{10} \times 100 = 50\%$이다.

선지 판단

① X — 왜형률 50%는 맞지만 실횻값 $2\sqrt{5}V$가 틀렸다. 올바르게는 실횻값 $5\sqrt{5}V$, 왜형률 50%이다.
② X — 실횻값 $2\sqrt{5}V$와 왜형률 100%가 모두 틀렸다. 올바르게는 실횻값 $5\sqrt{5}V$, 왜형률 50%이다.
③ O — 전체 실횻값은 $5\sqrt{5}V$이고 왜형률은 50%이므로 계산 결과와 모두 일치한다.
④ X — 실횻값 $5\sqrt{5}V$는 맞지만 왜형률 100%가 틀렸다. 올바르게는 왜형률 50%이다.

NoteBase

오답 포인트

왜형률의 분모에는 전체 실횻값이 아니라 기본파 실횻값을 사용한다. 또한 전압식의 $10\sqrt{2}$, $4\sqrt{2}$, $3\sqrt{2}$는 최댓값이므로 먼저 각각의 실횻값으로 바꾸어야 한다. 특히 고조파 실횻값 $5V$를 기본파 실횻값 $10V$로 나누면 50%이며, 이를 100%로 판단하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

비정현파의 실횻값은 각 주파수 성분의 실횻값을 구한 뒤 제곱합의 제곱근으로 계산한다. 왜형률은 고조파 성분들의 제곱합의 제곱근을 기본파 실횻값으로 나누어 판단한다.

암기 포인트

전체 실횻값은 기본파와 고조파의 제곱합, 왜형률은 고조파 실횻값을 기본파 실횻값으로 나눈 비율이다.

NoteBase

문 19. 1[A]의 전류를 60초간 흘리면 6,000[J]의 열량이 발생하는 전열기가 있다. 같은 전열기에 2[A]의 전류를 흘려 같은 크기의 열량을 얻었을 때, 전류가 흐른 시간[sec]은?

① 15 ② 20

③ 25 ④ 30

정답 1번

출제 포인트

줄열 공식에서 같은 전열기의 전류가 변할 때 같은 열량을 얻는 데 필요한 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 전류는 $I_1 = 1A$, 처음 시간은 $t_1 = 60s$, 발생 열량은 $H = 6{,}000J$이다.
변경 조건: 같은 전열기에 $I_2 = 2A$의 전류를 흘린다.
구해야 할 값: 같은 열량을 얻는 데 필요한 시간 t_2이다.
주의할 조건: 같은 전열기이므로 저항 R은 일정하다.

사용할 공식

줄열 공식은 $H = I^2Rt$이다. 같은 전열기에서 같은 열량을 얻으므로 $I_1^2Rt_1 = I_2^2Rt_2$를 사용한다. 전류가 2배가 되면 단위 시간당 발생 열량은 전류의 제곱에 비례하여 4배가 되므로, 같은 열량을 얻는 시간은 4분의 1이 된다.

계산 과정

저항 R을 소거하면 $I_1^2t_1 = I_2^2t_2$이다.
주어진 값을 대입하면 $1^2 \times 60 = 2^2 \times t_2$이다.
따라서 $t_2 = 60\left(\frac{1}{2}\right)^2 = 15s$이다.

선지 판단

① O — 계산 결과가 $15s$이므로 옳다.
② X — $20s$가 아니라 $15s$이다. 같은 열량에서 시간은 전류의 제곱에 반비례하므로 전류가 2배이면 시간은 3분의 1이 아니라 4분의 1이 된다.
③ X — $25s$가 아니라 $15s$이다. 전류 증가분만큼 시간을 임의로 빼는 것이 아니라 $t \propto 1/I^2$의 관계를 적용해야 한다.
④ X — $30s$가 아니라 $15s$이다. 전류가 2배라고 시간을 2분의 1로 줄이면 전류의 제곱을 빠뜨린 계산이 된다.
계산 결과가 $15s$이므로 정답은 1번이다.

NoteBase

오답 포인트

전류가 2배가 되면 시간이 2분의 1이 된다고 판단하기 쉽지만, 줄열은 전류 자체가 아니라 전류의 제곱에 비례한다. 따라서 같은 열량을 얻는 시간은 4분의 1이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

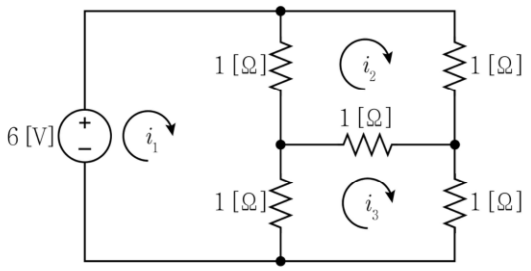
같은 전열기에서 같은 열량을 비교할 때는 I^2t=일정으로 두고, 전류비를 제곱하여 시간비를 역으로 구한다.

암기 포인트

같은 전열기·같은 열량이면 전류 2배, 시간 4분의 1이다.

NoteBase

문 20. 그림의 회로에서 전류 i_1 [A], i_2 [A], i_3 [A]는?



	i_1 [A]	i_2 [A]	i_3 [A]
①	6	2	3
②	6	3	3
③	9	2	3
④	9	3	3

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 대칭 회로의 등전위 조건과 메시 전류와 가지 전류의 관계를 이용해 i_1, i_2, i_3를 구하는 문제이다.

조건 정리

전원은 위쪽 노드가 +, 아래쪽 노드가 −인 6V 전원이다. 다섯 저항은 모두 1Ω이고, 회로의 위아래 및 좌우 저항 배치가 대칭이다. 구해야 할 값은 그림에 표시된 시계 방향 메시 전류 i_1, i_2, i_3이다.

사용할 공식

대칭인 두 중간 노드는 전위가 같으므로 가운데 가로 저항의 전류는 0A이다. 따라서 회로는 1Ω + 1Ω = 2Ω인 가지 두 개가 병렬로 연결된 형태가 된다. 각 가지 전류는 옴의 법칙 $I = V/R$로 구한다. 공유 저항의 가지 전류는 같은 방향 메시 전류는 더하고 반대 방향 메시 전류는 뺀 값이다.

계산 과정

1. 각 세로 가지의 합성저항은 2Ω이므로 각 가지 전류는 I_가지=(6 V)/(2 Ω)=3 A이다.
2. 전원이 공급하는 전체 전류는 두 가지 전류의 합이므로 $i_1 = 3A + 3A = 6A$이다.
3. 왼쪽 위 공유 저항에서 아래 방향 가지 전류는 $i_1 - i_2 = 3A$이므로 $i_2 = 3A$이다.
4. 왼쪽 아래 공유 저항에서도 $i_1 - i_3 = 3A$이므로 $i_3 = 3A$이다. 따라서 $(i_1, i_2, i_3) = (6, 3, 3)A$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $(i_1, i_2, i_3) = (6, 2, 3)A$는 i_2를 잘못 계산한 값이다. 왼쪽 위 공유 저항에서 $i_1 - i_2 = 3A$이므로 올바른 값은 $(6, 3, 3)A$이다.
② O — $i_1 = 6A$, $i_2 = 3A$, $i_3 = 3A$로 계산 결과와 모두 일치한다.
③ X — $(9, 2, 3)A$는 전체 전류와 i_2를 모두 잘못 계산한 값이다. 병렬인 두 가지에 각각 $3A$가 흐르므로 올바른 값은 $(6, 3, 3)A$이다.
④ X — $(9, 3, 3)A$는 i_1을 잘못 계산한 값이다. 전체 전류는 두 가지 전류의 합인 $6A$이므로 올바른 값은 $(6, 3, 3)A$이다.

오답 포인트

메시 전류 i_2, i_3를 가운데 세로 저항의 가지 전류와 그대로 같다고 두면 안 된다. 공유 저항의 실제 전류는 메시 전류의 차인 $i_1 - i_2$, $i_1 - i_3$이다. 또한 i_1은 한 가지의 $3A$가 아니라 전원에서 갈라지는 두 가지 전류를 합한 $6A$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

대칭 브리지 회로에서는 먼저 대칭점의 전위가 같은지 확인한다. 같다면 연결 저항의 전류를 0으로 두고 직렬·병렬 합성으로 가지 전류를 구한 뒤, 공유 저항에서는 메시 전류의 방향을 비교하여 합 또는 차로 관계식을 세운다.

암기 포인트

대칭점은 등전위이므로 브리지 전류는 0이고, 공유 저항의 가지 전류는 반대 방향 메시 전류의 차이다.

NoteBase