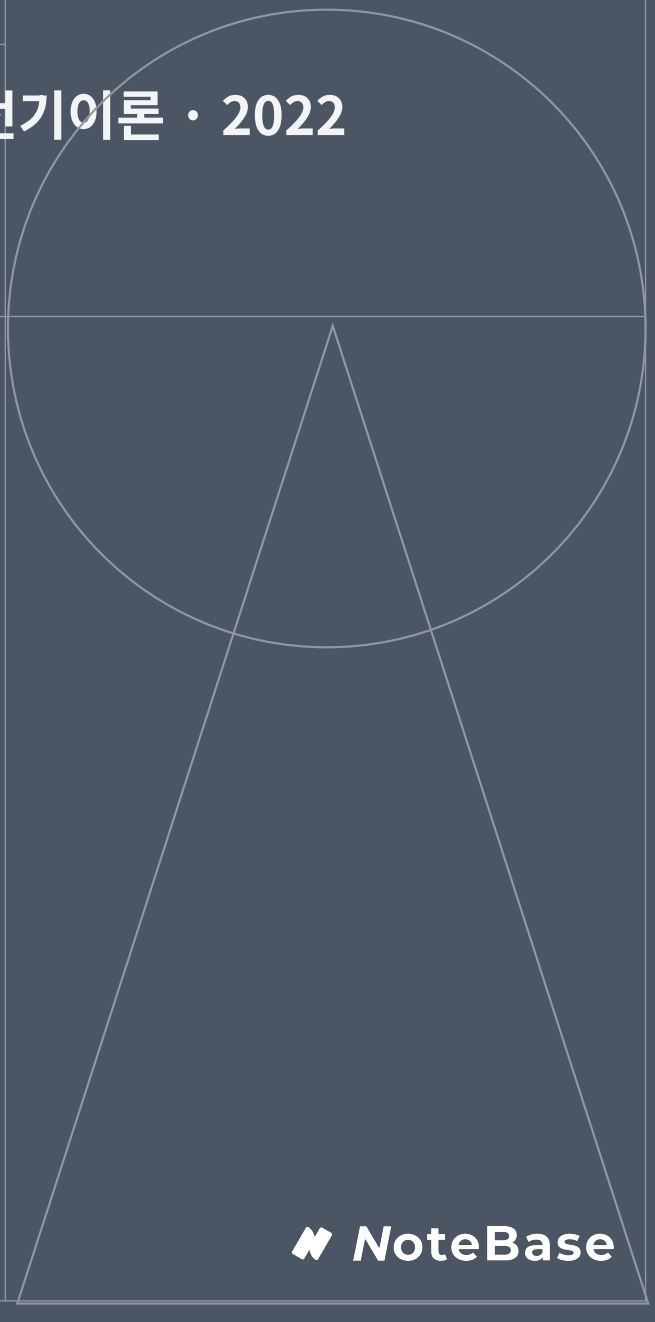
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 전기이론 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 경력 · 전기이론 · 2022

공무원/지방직/9급 경력 · 전기이론 · 2022

문 1. 저항이 100 [Ω]인 도체에 10 [A]의 직류 전류가 흐르고 있다. 도체에서 발생한 열량이 144 [kcal]일 때, 도체에 전류가 흐른 시간[s]은? (단, 1 [J]은 0.24 [cal]이다)

① 60
② 90
③ 120
④ 150

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 줄열의 전력 공식 $P = I^2R$와 열량의 단위 변환을 이용해 전류가 흐른 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 저항 $R = 100\Omega$, 전류 $I = 10A$, 발생 열량 $Q = 144kcal$이다.
구해야 할 값: 전류가 흐른 시간 t이다.
주의할 조건: $1J = 0.24cal$이므로 열량을 줄로 환산해야 한다.

사용할 공식

전력은 $P = I^2R$, 전기에너지는 $Q = Pt$이므로 시간은 $t = Q/P$이다.
저항과 전류가 주어졌고, 발생한 열량은 소비된 전기에너지와 같으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 소비 전력을 구한다.
$P = I^2R = 10^2 \times 100 = 10{,}000W$
2. 열량을 줄로 환산한다.
$144kcal = 144{,}000cal$
$Q = \frac{144{,}000}{0.24} = 600{,}000J$
3. 전류가 흐른 시간을 구한다.
$t = \frac{Q}{P} = \frac{600{,}000}{10{,}000} = 60s$

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과가 $60s$이므로 옳다.
② X — $90s$는 계산 결과와 다르다. 올바른 시간은 $60s$이다.
③ X — $120s$는 계산 결과와 다르다. 올바른 시간은 $60s$이다.
④ X — $150s$는 계산 결과와 다르다. 올바른 시간은 $60s$이다.

오답 포인트

$144kcal$를 곧바로 줄로 취급하거나, $1J = 0.24cal$에서 0.24를 곱하면 시간이 달라진다. 먼저 $144kcal = 144{,}000cal$로 바꾼 뒤 0.24로 나누어 줄로 환산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

저항과 전류로 $P = I^2R$를 계산하고, 열량을 줄로 통일한 다음 $t = Q/P$를 적용한다. 마지막에는 $J/W = s$가 되는지 단위를 검산한다.

암기 포인트

줄열은 $Q = I^2Rt$, 따라서 시간은 $t = Q/(I^2R)$이다.

NoteBase

문 2. 사인파에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 시간에 따라 크기와 방향이 주기적으로 반복하여 변화한다.
ㄴ. 실횻값은 평균값보다 크다.
ㄷ. 실횻값은 최댓값의 $\sqrt{2}$ 배이다.
ㄹ. 파형률은 $\frac{1}{2\sqrt{2}}$ 이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

정현파의 주기성, 최댓값·실효값·평균값의 관계, 파형률 공식을 함께 판단하는 문제이다.

조건 정리

정현파의 최댓값을 I_m이라 한다. 교류에서 정현파의 평균값은 한 주기의 단순 평균 0이 아니라 반주기 평균값 또는 정류 평균값을 뜻하며, $I_{av} = 2I_m/\pi$이다. 실효값은 $I_{rms} = I_m/\sqrt{2}$이다.

사용할 공식

$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$, $I_{av} = \frac{2I_m}{\pi}$
파형률=(I_rms)/(I_av)
정현파의 실효값과 평균값을 비교하고 파형률을 구해야 하므로 이 공식들을 사용한다.

계산 과정

1. $I_{rms} = I_m/\sqrt{2} \approx 0.707I_m$, $I_{av} = 2I_m/\pi \approx 0.637I_m$이므로 실효값이 평균값보다 크다.
2. 실효값은 최댓값의 $1/\sqrt{2}$배이므로 최댓값의 $\sqrt{2}$배가 아니다.
3. 파형률은 $\frac{I_m/\sqrt{2}}{2I_m/\pi} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1.11$이다.
따라서 ㄱ과 ㄴ만 옳고, ㄷ과 ㄹ은 틀리다.

NoteBase

선지 판단

① O — ㄱ은 정현파가 시간에 따라 크기와 방향을 주기적으로 바꾸는 교류 파형이라는 설명이므로 옳다. ㄴ도 $0.707I_m > 0.637I_m$이므로 옳다.
② X — ㄹ의 '파형률은 $1/(2\sqrt{2})$이다'가 틀렸다. 올바르게는 파형률이 $\pi/(2\sqrt{2}) \approx 1.11$이므로 옳은 조합은 ㄱ, ㄴ이다.
③ X — ㄷ의 '실효값은 최댓값의 $\sqrt{2}$배이다'가 틀렸다. 올바르게는 실효값이 최댓값의 $1/\sqrt{2}$배이므로 옳은 조합은 ㄱ, ㄴ이다.
④ X — ㄹ의 분자에서 π를 빠뜨린 값이 제시되어 틀렸다. 올바르게는 파형률이 $\pi/(2\sqrt{2})$이며, 옳은 조합은 ㄱ, ㄴ이다.

오답 포인트

ㄷ에서는 '실효값은 최댓값보다 작다'는 크기 관계를 놓치기 쉽다. ㄹ에서는 파형률을 실효값/평균값으로 나누는 과정에서 평균값의 π를 누락하면 제시된 오답 $1/(2\sqrt{2})$이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

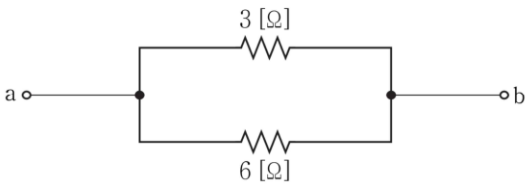
정현파 문제에서는 먼저 $I_{rms} = I_m/\sqrt{2}$, $I_{av} = 2I_m/\pi$를 적고, 파형률을 실효값/평균값의 순서로 대입하여 각 진술을 판단한다.

암기 포인트

정현파는 실효값 $0.707I_m$, 평균값 $0.637I_m$, 파형률 약 1.11이다.

NoteBase

문 3. 그림의 회로에서 저항이 3 [Ω]인 도선을 고유 저항이 같고 단면적이 2배, 길이가 4배인 도선으로 교체하였다. a－b 양단의 컨덕턴스 G [℧]는?



① $\frac{1}{2}$

② $\frac{1}{3}$

③ $\frac{1}{4}$

④ $\frac{2}{3}$

정답 2번

출제 포인트

도선의 저항 공식 $R = \rho L/A$로 교체한 도선의 저항을 구한 뒤, 병렬회로의 합성 컨덕턴스를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 교체 전 위쪽 도선의 저항은 3Ω, 아래쪽 도선의 저항은 6Ω이다.
교체 조건: 고유저항은 같고, 길이는 4배, 단면적은 2배이다.
구해야 할 값: 교체 후 a-b 양단의 컨덕턴스 G이다.
주의할 조건: 위쪽 3Ω 도선을 교체하므로 교체 후에는 두 개의 6Ω 도선이 병렬로 연결된다.

NoteBase

사용할 공식

도선의 저항은

$$R = \rho\frac{L}{A}$$

이고, 병렬회로의 합성 컨덕턴스는

$$G = G_1 + G_2 = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

이다. 고유저항이 같은 도선의 저항은 길이에 비례하고 단면적에 반비례하므로 첫 번째 공식을 사용하며, 두 도선이 a-b 사이에 병렬로 연결되어 있으므로 각 컨덕턴스를 더한다.

계산 과정

1. 교체한 도선의 저항은

$$R' = 3\Omega \times \frac{4}{2} = 6\Omega$$

이다.
2. 교체 후 위쪽과 아래쪽 도선의 저항은 각각 6Ω이다.
3. a-b 양단의 합성 컨덕턴스는

$$G = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3}\mathrm{S}$$

이다.

선지 판단

① X — 1/2S는 교체 전의 3Ω와 6Ω를 그대로 병렬 계산한 값이다. 교체 후에는 위쪽 저항도 6Ω가 되므로 올바른 값은 1/3S이다.
② O — 교체 후 두 저항이 모두 6Ω이므로 합성 컨덕턴스는 1/6 + 1/6 = 1/3S이다.
③ X — 1/4S는 교체 후 병렬 컨덕턴스의 합과 일치하지 않는다. 두 6Ω 도선의 컨덕턴스를 더한 올바른 값은 1/3S이다.
④ X — 2/3S는 각 도선의 컨덕턴스를 1/3S로 잘못 잡아 더한 값이다. 각 도선은 6Ω이므로 각각의 컨덕턴스는 1/6S, 합성 컨덕턴스는 1/3S이다.

NoteBase

오답 포인트

교체 전 회로의 3Ω와 6Ω를 바로 병렬 계산하면 ①이 나온다. 먼저 길이와 단면적 변화로 위쪽 도선의 저항을 6Ω로 바꾼 다음, 교체 후 회로의 컨덕턴스를 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

도선의 치수가 바뀌는 문제는 $R \propto L/A$로 새 저항을 먼저 구하고, 그 값을 회로에 반영한 뒤 직렬·병렬 관계에 따라 합성 저항 또는 합성 컨덕턴스를 계산한다.

암기 포인트

길이 4배·단면적 2배이면 저항은 2배이고, 병렬회로의 컨덕턴스는 각 가지의 컨덕턴스를 그대로 더한다.

NoteBase

문 4. 자기 인덕턴스가 20 [mH]인 코일에 20 [A]의 전류가 흐를 때, 코일에 저장되는 에너지[J]는?

① 1
② 2
③ 3
④ 4

정답 4번

출제 포인트

코일의 자기 인덕턴스와 전류를 이용하여 자기장에 저장되는 에너지를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 자기 인덕턴스 $L = 20mH = 0.020H$, 전류 $I = 20A$이다.
구해야 할 값: 코일에 저장되는 에너지 W이다.
주의할 조건: mH를 H로 바꾸고, 전류를 제곱하여 계산한다.

사용할 공식

코일에 저장되는 에너지는 다음과 같다.
$W = \frac{1}{2}LI^2$
코일의 인덕턴스와 흐르는 전류가 주어졌으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 인덕턴스를 환산하면 $20mH = 20 \times 10^{-3}H = 0.020H$이다.
2. 공식에 대입하면 다음과 같다.
$W = \frac{1}{2} \times 0.020 \times 20^2$
3. 따라서 $W = 4J$이다.

선지 판단

① X — 계산 결과는 $1J$가 아니라 $4J$이다. 올바르게는 '저장되는 에너지는 $4J$이다'이다.
② X — 계산 결과는 $2J$가 아니라 $4J$이다. $2J$는 에너지 공식의 $\frac{1}{2}$를 중복 적용한 값이다. 올바르게는 '저장되는 에너지는 $4J$이다'이다.
③ X — 계산 결과는 $3J$가 아니라 $4J$이다. 올바르게는 '저장되는 에너지는 $4J$이다'이다.
④ O — $W = \frac{1}{2}LI^2$에 $L = 0.020H$, $I = 20A$를 대입하면 $4J$이므로 맞다.
계산 결과가 $4J$이므로 정답은 4번이다.

NoteBase

오답 포인트

인덕턴스 $20mH$를 $0.020H$로 환산하지 않거나, 전류 I를 제곱하지 않으면 오답이 된다. 또한 공식에 이미 포함된 $\frac{1}{2}$을 한 번만 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

코일의 저장 에너지는 인덕턴스를 H로 환산한 뒤 $W = \frac{1}{2}LI^2$에 대입하고, 결과 단위가 J인지 확인한다.

암기 포인트

코일의 저장 에너지는 $W = \frac{1}{2}LI^2$이며, 전류는 제곱된다.

NoteBase

문 5. 전선의 허용 전류에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 전선의 굵기가 감소하면 허용 전류는 증가한다.

ㄴ. 선의 종류, 도선의 굵기, 사용조건 등을 고려하여 산출한다.

ㄷ. 전선에 사용되는 절연체의 최고 허용 온도의 영향을 받는다.

ㄹ. 저항이 R [Ω]이고 허용 전력이 P [W]인 도체의 허용 전류 $I=\sqrt{\frac{P}{R}}$ [A]이다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄷ, ㄹ

③ ㄱ, ㄴ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

전선의 허용 전류를 좌우하는 조건과 줄열 관계식 $P = I^2R$에서 허용 전류를 구하는 공식을 판단하는 문제이다.

조건 정리

전선이 가늘어지면 단면적이 작아져 같은 전류에서 발열과 온도 상승이 커지므로 허용 전류는 감소한다. 허용 전류는 전선의 종류, 도선의 굵기, 사용 조건 및 절연체의 최고 허용 온도 등을 고려하여 정한다. 또한 저항이 R[Ω]이고 허용 전력이 P[W]인 도체에서는 발생 전력이 허용 전력을 넘지 않아야 한다.

사용할 공식

줄열에 의한 전력 관계는 $P = I^2R$이다. 따라서 허용 전류는 $I = \sqrt{P/R}$ [A]이다. 도체의 저항에서 발생하는 전력이 허용 전력 이하가 되어야 하므로 이 공식을 사용한다.

판단 과정

ㄱ X: 전선의 굵기가 감소하면 허용 전류는 증가하는 것이 아니라 감소한다.
ㄴ O: 전선의 종류, 도선의 굵기, 사용 조건은 발열과 방열 및 허용 온도에 영향을 주므로 허용 전류 산정에 고려한다.
ㄷ O: 절연체가 견딜 수 있는 최고 허용 온도는 전선이 안전하게 흘릴 수 있는 전류의 한계를 정하는 요소이다.
ㄹ O: $P = I^2R$를 I에 관하여 풀면 $I = \sqrt{P/R}$이므로 옳다.
따라서 옳은 것은 ㄴ, ㄷ, ㄹ이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: ㄱ은 틀리고 ㄴ은 옳다. ‘굵기가 감소하면 허용 전류가 증가한다’는 표현은 ‘굵기가 감소하면 허용 전류가 감소한다’로 고쳐야 하며, 옳은 ㄷ과 ㄹ도 빠져 있다.
② X: ㄷ과 ㄹ은 옳지만 ㄴ도 옳으므로 옳은 것을 모두 고른 조합이 아니다. 올바른 조합은 ㄴ, ㄷ, ㄹ이다.
③ X: ㄴ과 ㄷ은 옳지만 ㄱ은 틀리고 ㄹ은 옳다. 따라서 ㄱ을 제외하고 ㄹ을 포함한 ㄴ, ㄷ, ㄹ로 고쳐야 한다.
④ O: ㄴ, ㄷ, ㄹ은 모두 옳고 ㄱ은 틀리므로 옳은 것을 모두 고른 조합이다.

오답 포인트

ㄱ의 ‘굵기가 감소하면 허용 전류는 증가한다’는 방향을 반대로 판단하기 쉽다. 전선이 가늘수록 더 큰 전류를 흘릴 수 있는 것이 아니라 온도 상승 제한 때문에 허용 전류가 작아진다. 또한 ㄹ에서는 $P = I^2R$를 변형할 때 $I = P/R$로 잘못 처리하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

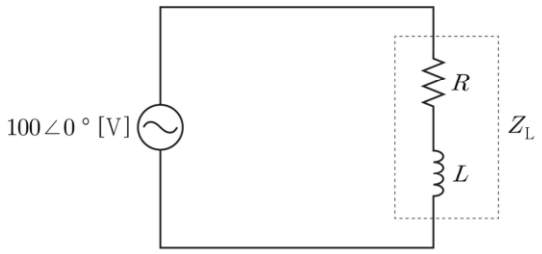
먼저 전선이 가늘수록 허용 전류가 감소한다는 방향을 확인하고, 전선·절연·설치 조건이 온도 상승 한계에 영향을 주는지 판단한다. 전력과 저항이 주어지면 $P = I^2R$에서 $I = \sqrt{P/R}$로 변형한 뒤 옳은 항목의 조합을 대조한다.

암기 포인트

굵은 전선은 허용 전류가 크고, 줄열 한계에서는 $P = I^2R$, $I = \sqrt{P/R}$이다.

NoteBase

문 6. 그림의 $R-L$ 회로에서 부하의 평균 소비 전력이 600 [W]일 때, 저항 R [Ω]와 회로의 역률은? (단, 부하 임피던스의 크기 $|Z_L|=10$ [Ω]이고, 전압의 크기는 실횻값이다)



	R [Ω]	역률
①	3	0.6
②	4	0.8
③	6	0.6
④	8	0.8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직렬 $R-L$ 회로에서 유효전력 $P=I^2R$와 역률 $\cos\phi=R/|Z_L|$를 이용해 저항과 역률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전압의 실효값 $V=100V$, 부하 임피던스의 크기 $|Z_L|=10\Omega$, 평균 소비 전력 $P=600W$이다.
구해야 할 값: 저항 R과 회로의 역률이다.
주의할 조건: 코일을 포함한 유도성 부하이므로 전류는 전압보다 늦고, 역률은 지상 역률이다.

사용할 공식

$I=\frac{V}{|Z_L|}$
$P=I^2R$
$\cos\phi=\frac{R}{|Z_L|}$
전압과 임피던스의 크기로 전류의 실효값을 구할 수 있고, 평균전력은 저항에서만 소비되므로 $P=I^2R$를 사용한다. 직렬 $R-L$ 회로의 역률은 임피던스 크기에 대한 저항 성분의 비이다.

NoteBase

계산 과정

1. 회로 전류는 $I = \frac{100}{10} = 10A$이다.
2. 평균전력으로 저항을 구하면 $R = \frac{P}{I^2} = \frac{600}{10^2} = 6\Omega$이다.
3. 역률은 $\cos\phi = \frac{R}{|Z_L|} = \frac{6}{10} = 0.6$이다. 유도성 회로이므로 역률은 0.6 지상이다.

선지 판단

① X — $R = 3\Omega$, 역률 0.6은 계산 결과와 다르다. $R = 3\Omega$이면 역률은 $3/10 = 0.3$이고 소비 전력도 $300W$이다. 올바르게는 $R = 6\Omega$, 역률 0.6이다.
② X — $R = 4\Omega$, 역률 0.8은 모두 조건과 맞지 않는다. $R = 4\Omega$이면 역률은 0.4이고 소비 전력은 $400W$이다. 올바르게는 $R = 6\Omega$, 역률 0.6이다.
③ O — $P = I^2R$에서 $R = 6\Omega$이고, $R/|Z_L| = 6/10 = 0.6$이므로 두 값이 모두 일치한다.
④ X — $R = 8\Omega$이면 역률 0.8은 되지만 소비 전력이 $I^2R = 800W$가 되어 주어진 $600W$와 다르다. 올바르게는 $R = 6\Omega$, 역률 0.6이다.
계산 결과 $R = 6\Omega$, 역률 0.6이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

역률만 보고 $R/|Z_L|$의 비가 맞는 ④를 고르면 안 된다. ④는 $R = 8\Omega$와 역률 0.8의 관계 자체는 맞지만, 그때의 평균전력은 $800W$이므로 문제의 전력 조건을 만족하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 교류회로에서는 먼저 $I = V/|Z|$로 전류를 구하고, $P = I^2R$로 저항을 결정한 뒤, $\cos\phi = R/|Z|$로 역률을 계산한다. 마지막에는 유도성인지 용량성인지 확인해 지상·진상을 판별한다.

암기 포인트

직렬 $R-L$ 회로에서는 '전류는 $V/|Z|$, 유효전력은 I^2R, 역률은 $R/|Z|$'이다.

NoteBase

문 7. 비사인파 전압 $v(t)$가 인가된 회로에 전류 $i(t)$가 흐르고 있다. $v(t)$와 $i(t)$가 다음과 같을 때, 회로의 평균 전력[W]은? (단, $\omega_2 = 3\omega_1$, $\theta_1 = \frac{\pi}{2}$ [rad], $\theta_2 = \frac{\pi}{3}$ [rad]이다)

$$v(t) = 14\sqrt{2}\sin(\omega_1 t) + 4\sqrt{2}\sin(\omega_2 t)\ [\mathrm{V}]$$
$$i(t) = 8\sqrt{2}\sin(\omega_1 t - \theta_1) + 2\sqrt{2}\sin(\omega_2 t - \theta_2)\ [\mathrm{A}]$$

① 2
② 3
③ 4
④ 5

정답 3번

출제 포인트

서로 다른 주파수 성분의 평균 전력은 각 주파수 성분별 유효전력의 합으로 구한다.

조건 정리

각 항의 계수가 최댓값이므로 실효값은 각각 $V_1 = 14V$, $V_2 = 4V$, $I_1 = 8A$, $I_2 = 2A$이다.
위상차는 $\theta_1 = \pi/2$, $\theta_2 = \pi/3$이다.
구해야 할 값은 전체 회로의 평균 전력이다.

사용할 공식

같은 주파수의 정현파 전압과 전류가 만드는 평균 전력은
$P_k = V_k I_k \cos\theta_k$
이다. 따라서 전체 평균 전력은
$P = V_1 I_1 \cos\theta_1 + V_2 I_2 \cos\theta_2$
로 계산한다. 서로 다른 주파수 성분끼리 곱한 교차항은 공통 주기 동안 평균이 0이므로 평균 전력에 기여하지 않는다.

NoteBase

계산 과정

첫 번째 주파수 성분의 평균 전력은
$P_1 = 14 \times 8 \times \cos\frac{\pi}{2} = 0W$
이다.
두 번째 주파수 성분의 평균 전력은
$P_2 = 4 \times 2 \times \cos\frac{\pi}{3} = 4W$
이다.
따라서 전체 평균 전력은
$P = P_1 + P_2 = 0 + 4 = 4W$
이다.

선지 판단

① X — 평균 전력은 $2W$가 아니라 $4W$이다.
② X — 평균 전력은 $3W$가 아니라 $4W$이다.
③ O — 주파수별 유효전력을 합하면 $4W$가 된다.
④ X — 평균 전력은 $5W$가 아니라 $4W$이다.

오답 포인트

전압과 전류 식의 계수 $14\sqrt{2}$, $4\sqrt{2}$, $8\sqrt{2}$, $2\sqrt{2}$는 최댓값이므로 전력 공식에는 각각의 실효값 14, 4, 8, 2를 넣는다. 또한 $\theta_1 = \pi/2$인 성분은 역률이 0이어서 평균 전력이 0이고, 서로 다른 주파수끼리의 교차항도 평균이 0이다.

다시 나오면 이렇게 판단

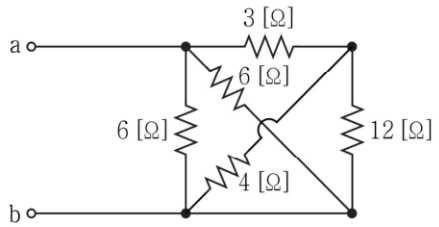
비정현파 전압과 전류가 같은 주파수 성분들로 구성되면 주파수별로 $V_k I_k \cos\theta_k$를 계산한 뒤 모두 합한다. 서로 다른 주파수의 교차항은 평균 전력에서 제외한다.

암기 포인트

비정현파 평균 전력은 같은 주파수끼리의 유효전력 합, 즉 $P = \sum_k V_k I_k \cos\theta_k$이다.

NoteBase

문 8. 그림의 회로에서 단자 a－b 양단의 등가저항 R_{ab}[Ω]는?



① 2
② 4
③ 8
④ 10

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 도선의 접속 관계를 먼저 판별한 뒤 직렬·병렬 합성으로 단자 a-b 사이의 등가저항을 구하는 문제이다.

조건 정리

아래쪽 두 점은 도선으로 직접 연결되어 같은 b 노드이다. 두 대각선의 교차부는 접속점이 아니라 도약 표시이므로 서로 연결되지 않는다. 따라서 왼쪽 세로 6Ω과 오른쪽 아래로 향하는 대각선 6Ω은 모두 a-b 사이에 연결된다. 반면 4Ω과 12Ω은 b 노드와 오른쪽 위 노드 사이에 병렬로 연결된다.

사용할 공식

병렬저항은 $R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$, 직렬저항은 $R_s = R_1 + R_2$를 사용한다. 같은 두 노드 사이에 연결된 저항은 병렬이고, 중간 노드에서 전류가 갈라지지 않는 저항은 직렬이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. a-b 사이의 두 6Ω을 병렬 합성하면
$R_{ab,1} = 6 \parallel 6 = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = 3\Omega$
이다.
2. 오른쪽의 4Ω과 12Ω을 병렬 합성하면
$R_{BC} = 4 \parallel 12 = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 3\Omega$
이다.
3. 위쪽 3Ω과 $R_{BC} = 3\Omega$은 직렬이므로 이 경로의 저항은 6Ω이다.
4. 마지막으로 직접 a-b 경로의 3Ω과 오른쪽을 거치는 경로의 6Ω을 병렬 합성하면
$R_{ab} = 3 \parallel 6 = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$
이다.

선지 판단

① O — 계산된 등가저항이 2Ω이므로 옳다.
② X — 4Ω은 오른쪽 병렬망의 한 저항값일 뿐 전체 등가저항이 아니다. 올바르게는 $R_{ab} = 2\Omega$이다.
③ X — 8Ω은 회로의 직렬·병렬 연결 관계를 반영한 합성값이 아니다. 올바르게는 $R_{ab} = 2\Omega$이다.
④ X — 10Ω은 병렬 경로가 존재하는 이 회로의 합성 결과가 아니다. 올바르게는 $R_{ab} = 2\Omega$이다.

오답 포인트

교차선의 도약 표시를 접속점으로 오인하거나, 아래쪽 두 점이 같은 노드라는 사실을 놓치면 병렬 관계가 달라진다. 저항의 배치 모양이 아니라 각 저항의 양 끝이 어느 노드에 연결되는지를 기준으로 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

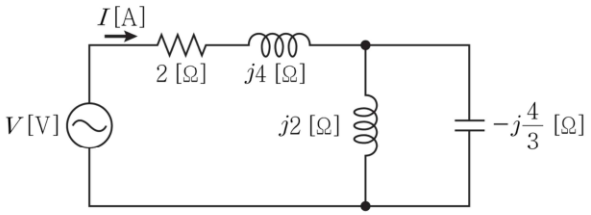
먼저 도선으로 직접 이어진 점을 같은 노드로 묶고, 교차부의 접속 여부를 확인한다. 그다음 같은 두 노드 사이의 저항을 병렬 합성하고, 남은 직렬 경로를 합성한 뒤 전체 병렬 관계를 계산한다.

암기 포인트

회로의 모양보다 노드가 우선이다. 같은 두 노드 사이의 저항은 병렬이다.

NoteBase

문 9. 그림의 교류 회로에서 전압 V[V]를 기준으로 하는 전류 I[A]의 위상차[°]는?



① -45
② 0
③ 45
④ 90

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 병렬 리액턴스의 등가 임피던스를 구한 뒤 전체 임피던스의 위상각으로 전압 V를 기준으로 한 전류 I의 위상차를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 직렬 임피던스는 $2 + j4$[Ω]이고, 병렬 임피던스는 $j2$[Ω]와 $-j\frac{4}{3}$[Ω]이다.
구해야 할 값: 전압 V를 기준으로 한 전류 I의 위상차이다.
주의할 조건: 병렬부를 먼저 등가 임피던스로 바꾸고, 전체 임피던스의 허수부가 상쇄되는지 확인한다.

사용할 공식

두 임피던스의 병렬 등가값은
$Z_p = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$
이고, 전체 임피던스가 $Z = R + jX$일 때 임피던스 위상각은
$\theta_Z = \tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)$
이다. $I = V/Z$이므로 전류의 위상은 전압의 위상에서 임피던스의 위상을 뺀 값이다. 이 회로는 병렬 소자를 하나의 등가 임피던스로 만든 뒤 직렬 임피던스와 합할 수 있으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 병렬부의 등가 임피던스를 구한다.
$Z_p = \frac{(j2)(-j\frac{4}{3})}{j2 - j\frac{4}{3}} = \frac{\frac{8}{3}}{j\frac{2}{3}} = -j4[\Omega]$
2. 전체 임피던스를 구한다.
$Z = 2 + j4 + Z_p = 2 + j4 - j4 = 2[\Omega]$
3. 전체 임피던스가 양의 순저항이므로 $\theta_Z = 0$ °이다. 따라서 $I = V/Z$에서 전류와 전압은 동상이며, 전압 V를 기준으로 한 전류 I의 위상차는 0 °이다.

선지 판단

① X — -45 °가 아니다. 전체 리액턴스는 $j4 - j4 = 0$이므로 올바른 위상차는 0 °이다.
② O — 전체 임피던스가 2[Ω]인 순저항이므로 전류와 전압의 위상차는 0 °이다.
③ X — 45 °가 아니다. 직렬의 유도성 리액턴스만 보고 판단해서는 안 되며, 병렬부의 등가값 $-j4[\Omega]$까지 합하면 올바른 위상차는 0 °이다.
④ X — 90 °가 아니다. 전체 임피던스에 리액턴스가 남지 않으므로 올바른 위상차는 0 °이다.
계산 결과 위상차가 0 °이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

병렬로 연결된 $j2[\Omega]$와 $-j\frac{4}{3}[\Omega]$를 단순히 더하거나, 직렬의 $j4[\Omega]$만 보고 유도성 회로라고 판단하는 것이 함정이다. 병렬부를 먼저 $-j4[\Omega]$로 환산하면 직렬 리액턴스와 완전히 상쇄된다.

다시 나오면 이렇게 판단

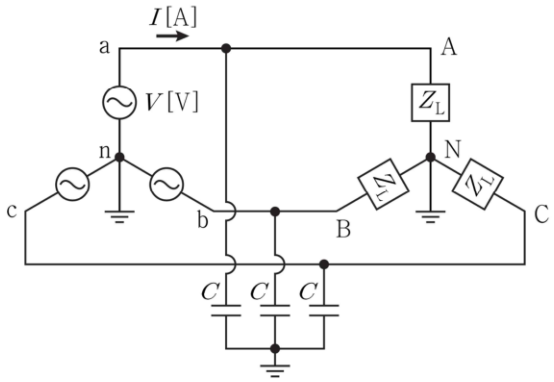
교류 회로의 위상차 문제는 병렬부 등가 임피던스 계산, 전체 임피던스 합산, 전체 임피던스의 위상각 확인 순서로 판단한다. 전체 임피던스의 허수부가 0이면 전압과 전류는 동상이다.

암기 포인트

전체 임피던스가 순저항이면 V와 I는 동상이고 위상차는 0 °이다.

NoteBase

문 10. 그림의 평형 3상 회로에서 전압 V[V]와 전류 I[A]가 동상일 때, 정전 용량 C[F]는? (단, 전원의 각주파수는 ω이고, 상당 부하 임피던스 $Z_{\mathrm{L}}=3+j4$ [Ω]이다)



① $\frac{4}{25\omega}$

② $\frac{12}{25\omega}$

③ $\frac{1}{4\omega}$

④ $\frac{3}{4\omega}$

정답 1번

출제 포인트

평형 3상 회로에서 전압과 전류가 동상이 되도록 부하의 유도성 서셉턴스를 상별 커패시터의 용량성 서셉턴스로 상쇄하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 상당 부하 임피던스는 $Z_L = 3 + j4\Omega$이다.
구해야 할 값: 각 상과 중성점 사이에 연결된 정전용량 C이다.
주의할 조건: 전압 V와 전류 I가 동상이므로 전원에서 본 합성 어드미턴스의 허수부가 0이어야 한다. 평형 회로이므로 한 상만 계산하면 된다.

NoteBase

사용할 공식

부하의 상당 어드미턴스는
$Y_L = \frac{1}{Z_L} = \frac{1}{3+j4} = \frac{3-j4}{25}\mathrm{S}$
이고, 커패시터의 어드미턴스는
$Y_C = j\omega C$
이다. 전압과 전류가 동상이려면 합성 어드미턴스의 허수부가 0이어야 하므로 $\mathrm{Im}(Y_L + Y_C) = 0$을 사용한다.

계산 과정

1. 한 상의 합성 어드미턴스를 구하면
$Y = Y_L + Y_C = \frac{3}{25} + j\left(\omega C - \frac{4}{25}\right)\mathrm{S}$
이다.
2. 전압과 전류의 위상차가 0이 되도록 허수부를 0으로 둔다.
$\omega C - \frac{4}{25} = 0$
3. 따라서 각 상의 정전용량은
$C = \frac{4}{25\omega}\mathrm{F}$
이다.

선지 판단

① O — $C = \frac{4}{25\omega}\mathrm{F}$를 대입하면 $\omega C - \frac{4}{25} = 0$이 되어 전압과 전류가 동상이다.
② X — $C = \frac{12}{25\omega}\mathrm{F}$이면 합성 서셉턴스가 $\frac{8}{25}\mathrm{S}$로 남아 용량성이 된다. 3상 전체의 보상량을 다시 각 상의 정전용량에 적용한 값이므로, 올바르게는 $C = \frac{4}{25\omega}\mathrm{F}$이다.
③ X — $C = \frac{1}{4\omega}\mathrm{F}$이면 합성 서셉턴스가 $\frac{9}{100}\mathrm{S}$로 남아 동상 조건을 만족하지 않는다. 올바르게는 부하 임피던스를 어드미턴스로 변환하여 $C = \frac{4}{25\omega}\mathrm{F}$로 계산한다.
④ X — $C = \frac{3}{4\omega}\mathrm{F}$이면 합성 서셉턴스가 $\frac{59}{100}\mathrm{S}$로 남아 동상 조건을 만족하지 않는다. 저항 성분 3을 그대로 보상식에 사용하는 것이 아니라, 부하 어드미턴스의 허수부 $-\frac{4}{25}\mathrm{S}$를 상쇄해야 하므로 올바른 값은 $C = \frac{4}{25\omega}\mathrm{F}$이다.

오답 포인트

부하가 3상이라는 이유로 한 상에서 구한 정전용량에 3을 곱하면 ②가 된다. 이 회로에는 동일한 커패시터가 각 상에 하나씩 연결되어 있으므로, 평형 조건에서는 상당회로의 유도성 서셉턴스와 커패시터 한 개의 용량성 서셉턴스를 서로 상쇄한다. 또한 임피던스의 허수부 4Ω를 곧바로 사용하지 않고 반드시 어드미턴스 $1/Z_L$의 허수부를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

평형 3상 역률 보상 문제는 한 상의 부하 임피던스를 어드미턴스로 바꾼 뒤, $\mathrm{Im}(Y_L) + \omega C = 0$을 세워 상별 정전용량을 구한다. 전압과 전류가 동상이라는 조건은 합성 서셉턴스가 0이라는 뜻이다.

NoteBase

암기 포인트

병렬 커패시터 보상은 임피던스가 아니라 어드미턴스의 허수부를 상쇄한다: $B_L + B_C = 0$, $B_C = \omega C$이다.

문 11. 정전 용량이 C[F]인 평행판 커패시터를 전압 V[V]로 충전하였다. 전원을 제거한 후 전극의 간격을 $\frac{1}{2}$로 줄이면, 커패시터 전압은 몇 배가 되는가?

① $\frac{1}{2}$

② 1

③ 2

④ 4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전원을 제거한 평행판 커패시터에서 전하량이 보존된다는 점과 정전용량이 극판 간격에 반비례한다는 원리를 이용해 전압의 변화를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 정전용량은 C, 처음 전압은 V, 바뀐 극판 간격은 $d' = d/2$이다.
구해야 할 값: 바뀐 전압 V'가 처음 전압 V의 몇 배인지 구한다.
주의할 조건: 전원을 제거했으므로 커패시터의 전하량 Q는 일정하게 유지된다.

사용할 공식

평행판 커패시터의 정전용량은 $C = \varepsilon A/d$이고, 전하량과 전압의 관계는 $Q = CV$이다.
극판 면적과 유전율은 그대로이고 간격만 변하므로 C는 d에 반비례한다. 또한 전원을 제거한 뒤에는 외부로 전하가 이동할 통로가 없으므로 Q가 일정하다는 관계를 사용한다.

계산 과정

1. 극판 간격이 $d' = d/2$가 되므로 새 정전용량은 $C' = \frac{\varepsilon A}{d/2} = 2C$이다.
2. 전원 제거 후 전하량은 보존되므로 $Q = CV = C'V'$이다.
3. $C' = 2C$를 대입하면 $CV = 2CV' \quad \Rightarrow \quad V' = \frac{V}{2}$이다. 따라서 커패시터 전압은 처음의 1/2배가 된다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산 결과 $V' = V/2$이므로 전압은 1/2배가 된다.
② X — 1배는 정전용량이 변하지 않는다고 본 값이지만, 간격이 절반이 되면 정전용량은 2배가 된다. 틀린 표현 '1배'는 '1/2배'로 고쳐야 한다.
③ X — 정전용량이 2배가 된 사실을 전압에도 그대로 적용한 값이다. 전하량이 일정할 때 전압은 정전용량에 반비례하므로 틀린 표현 '2배'는 '1/2배'로 고쳐야 한다.
④ X — 전압을 4배로 볼 근거가 없다. Q가 일정하고 $C' = 2C$이므로 틀린 표현 '4배'는 '1/2배'로 고쳐야 한다.
계산 결과 전압은 1/2배이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

전원을 제거했다는 조건을 놓치고 전압이 일정하다고 보면 ②를 고르게 된다. 이 문제에서는 전압이 아니라 전하량이 일정하며, 극판 간격이 절반이 되면 정전용량은 2배, 전압은 1/2배가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

커패시터의 구조가 변하는 문제에서는 먼저 전원 연결 여부를 확인한다. 전원이 제거되어 있으면 Q 일정, 전원에 연결되어 있으면 V 일정으로 두고, $C = \varepsilon A/d$와 $Q = CV$를 차례로 적용한다.

암기 포인트

전원 제거 후에는 Q 일정이다. 이때 극판 간격 d가 절반이면 C는 2배, V는 절반이 된다.

NoteBase

문 12. 서로 다른 두 종류의 금속을 접합하여 전류를 흘리면, 2개의 접속점 중 한쪽은 온도가 올라가고 다른 쪽은 온도가 내려간다. 냉동기나 온풍기 등에 응용되는 이 열전 현상은?

① 톰슨 효과
② 압전 효과
③ 제베크 효과
④ 펠티에 효과

정답 4번

출제 포인트

서로 다른 두 금속의 접합부에 전류를 흘렸을 때 한쪽 접점은 흡열하고 다른 쪽 접점은 발열하는 현상을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

펠티에 효과: 서로 다른 두 도체의 접합부에 전류를 흘리면 전류 방향에 따라 한 접점에서 열을 흡수하고 다른 접점에서 열을 방출하는 현상이다. 냉각과 가열에 이용된다.
제베크 효과: 서로 다른 두 도체로 만든 두 접점에 온도 차를 주면 열기전력이 발생하는 현상이다.
톰슨 효과: 온도 구배가 있는 하나의 균질한 도체에 전류를 흘릴 때 가역적으로 열을 흡수하거나 방출하는 현상이다.
압전 효과: 물질에 기계적 압력이나 변형을 가하면 전하 또는 전압이 발생하는 현상이다.

선지별 해설

① X — 톰슨 효과는 온도 구배가 있는 하나의 균질한 도체에 전류가 흐를 때 가역적인 흡열 또는 발열이 생기는 현상이다. '서로 다른 두 금속의 두 접점에서 한쪽은 가열되고 다른 쪽은 냉각된다'는 표현은 펠티에 효과로 고쳐야 한다.
② X — 압전 효과는 압력이나 변형 같은 기계적 응력에 의해 전하 또는 전압이 발생하는 현상이다. 제시된 열전 현상은 압전 효과가 아니라 펠티에 효과이다.
③ X — 제베크 효과는 서로 다른 두 도체의 두 접점에 온도 차가 있을 때 열기전력이 발생하는 현상이다. 전류를 흘려 접점에서 냉각과 가열을 일으키는 현상은 펠티에 효과로 고쳐야 한다.
④ O — 펠티에 효과는 서로 다른 두 도체의 접합부에 전류를 흘릴 때 한 접점이 열을 흡수하고 다른 접점이 열을 방출하는 현상으로, 열전 냉각과 가열에 이용된다.

오답 포인트

제베크 효과와 펠티에 효과는 모두 서로 다른 두 도체의 접점을 이용하여 혼동하기 쉽다. '온도 차를 주어 전압을 얻는다'면 제베크 효과이고, '전류를 흘려 온도 차를 만든다'면 펠티에 효과이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

원인과 결과를 구분한다. 온도 차가 원인이고 기전력이 결과이면 제베크 효과이며, 전류가 원인이고 접점의 흡열·발열이 결과이면 펠티에 효과이다. 하나의 도체와 온도 구배가 제시되면 톰슨 효과, 기계적 압력과 전압이 제시되면 압전 효과이다.

암기 포인트

제베크는 온도 차로 전압을 만들고, 펠티에는 전류로 온도 차를 만든다.

NoteBase

문 13. 정전 용량이 C[F]인 커패시터만으로 구성된 회로에 교류 전압 $v(t) = \sqrt{2}\,V\sin\omega t$ [V]를 인가하였다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 용량 리액턴스는 ωC[Ω]이다.

② 전압과 전류의 위상차는 π [rad]이다.

③ 전압이 전류보다 앞선 파형이 발생한다.

④ 커패시터에 흐르는 전류의 실횻값은 ωCV[A]이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 순수 커패시터 회로에서 용량 리액턴스, 전압과 전류의 위상 관계, 전류의 실효값을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 전압은 $v(t) = \sqrt{2}V\sin\omega t$이므로 전압의 실효값은 V이다.
회로에는 정전 용량이 $C[F]$인 커패시터만 연결되어 있다.
구해야 할 관계는 용량 리액턴스 X_C, 위상차, 전류의 실효값이다.

사용할 공식

순수 커패시터에서는
$i(t) = C\frac{dv(t)}{dt}$
이고, 용량 리액턴스는
$X_C = \frac{1}{\omega C}$
이다. 커패시터 전류는 전압의 시간 미분에 비례하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

전압을 미분하면
$i(t) = C\frac{d}{dt}(\sqrt{2}V\sin\omega t) = \sqrt{2}\omega CV\cos\omega t$
이다. $\cos\omega t = \sin(\omega t + \pi/2)$이므로 전류가 전압보다 $\pi/2[rad]$ 앞선다. 전류의 최댓값은 $\sqrt{2}\omega CV[A]$이고 실효값은 이를 $\sqrt{2}$로 나눈 $\omega CV[A]$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — '용량 리액턴스는 $\omega C[\Omega]$이다'가 틀렸다. 올바르게는 $X_C = 1/(\omega C)[\Omega]$이다. ωC는 용량 서셉턴스의 크기이며 단위는 S이다.
② X — '위상차는 $\pi[rad]$이다'가 틀렸다. 올바르게는 위상차가 $\pi/2[rad]$이다.
③ X — '전압이 전류보다 앞선다'가 틀렸다. 올바르게는 커패시터에서 전류가 전압보다 $\pi/2[rad]$ 앞서며, 전압은 전류보다 $\pi/2[rad]$ 늦는다.
④ O — 전류의 실효값은 $I = V/X_C = \omega CV[A]$이므로 옳다.

오답 포인트

①에서는 용량 리액턴스 $1/(\omega C)$와 용량 서셉턴스 ωC를 뒤바꾸기 쉽다. ②와 ③에서는 위상차의 크기뿐 아니라 누가 앞서는지도 함께 판단해야 한다. 또한 $\sqrt{2}\omega CV$는 전류의 최댓값이고 ωCV가 실효값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

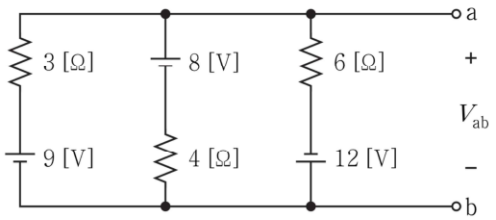
커패시터만 있는 교류 회로에서는 먼저 $i = Cdv/dt$로 전류식을 구한 뒤, 최댓값과 실효값을 구분하고 위상 및 단위를 검산한다.

암기 포인트

순수 커패시터에서는 $X_C = 1/(\omega C)$, $I = \omega CV$이며, 전류가 전압보다 $\pi/2$ 앞선다.

NoteBase

문 14. 그림의 회로에서 단자 a－b 양단의 전압 V_{ab} [V]는?



① 1
② 2
③ 4
④ 5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 병렬로 연결된 세 가지의 전원 극성을 반영하여 각 가지 전류를 나타낸 뒤, 키르히호프의 전류법칙으로 단자전압 V_{ab}를 구하는 문제이다.

조건 정리

기준 노드를 $V_b = 0$으로 두면 $V_a = V_{ab}$이다. 가지 전류의 기준 방향은 모두 a에서 b로 정한다. 왼쪽 $9V$ 전원과 가운데 $8V$ 전원은 위쪽이 +극이고, 오른쪽 $12V$ 전원은 아래쪽이 +극이다. 저항은 왼쪽부터 각각 3Ω, 4Ω, 6Ω이다.

사용할 공식

각 가지 전류는 옴의 법칙에 따라 다음과 같다.

$I_1 = \frac{V_{ab} - 9}{3}, \qquad I_2 = \frac{V_{ab} - 8}{4}, \qquad I_3 = \frac{V_{ab} + 12}{6}$

오른쪽 전원은 아래쪽이 +극이므로 a에서 b로 진행할 때 전원에서 $12V$만큼 전압이 상승하여 분자가 $V_{ab} + 12$가 된다. 단자 a에서 외부로 흐르는 전류가 없으므로 키르히호프의 전류법칙 $I_1 + I_2 + I_3 = 0$을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

세 가지 전류의 합을 0으로 둔다.

$\frac{V_{ab}-9}{3}+\frac{V_{ab}-8}{4}+\frac{V_{ab}+12}{6}=0$

양변에 12를 곱하면 다음과 같다.

$4(V_{ab}-9)+3(V_{ab}-8)+2(V_{ab}+12)=0$

정리하면

$9V_{ab}-36=0, \qquad V_{ab}=4V$

따라서 단자 a의 전위는 단자 b보다 $4V$ 높다.

선지 판단

① X — $1V$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $1V$가 아니라 올바른 값은 $4V$이다.

② X — $2V$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $2V$가 아니라 올바른 값은 $4V$이다.

③ O — 키르히호프의 전류법칙으로 구한 V_{ab}가 $4V$이므로 맞다.

④ X — $5V$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $5V$가 아니라 올바른 값은 $4V$이다.

오답 포인트

오른쪽 $12V$ 전원만 아래쪽 긴 선이 +극이다. 이를 다른 두 전원과 같은 방향으로 보고 $V_{ab}-12$로 쓰면 부호가 틀어진다. 또한 $V_{ab}=V_a-V_b$라는 전압의 기준 방향을 먼저 확정해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

여러 전원·저항 가지가 두 노드 사이에 병렬로 연결된 회로는 기준 노드를 정하고, 가지 전류 방향을 통일한 뒤, 각 전원의 극성을 반영한 전류식을 세워 한 노드에서 전류의 대수합을 0으로 둔다.

암기 포인트

병렬 다가지 회로는 '전류 방향 통일 → 전원 극성 반영 → 한 노드에서 $\sum I=0$'의 순서로 계산한다.

NoteBase

문 15. 동일한 크기의 전류 I [A]가 흐르고 있는 간격이 10 [cm]인 평행 도선에 1 [m]당 4×10^{-6} [N]의 힘이 작용할 때, 전류 I [A]는?

① 0.5
② 1
③ $\sqrt{2}$
④ 4

정답 3번

출제 포인트

두 평행 도선 사이에 작용하는 단위 길이당 힘의 공식을 이용하여 두 도선에 흐르는 동일한 전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 도선 사이의 거리 $d = 10cm = 0.1m$, 단위 길이당 힘 $F/L = 4 \times 10^{-6} N/m$, 두 전류 $I_1 = I_2 = I$이다.
구해야 할 값: 전류 I이다.
주의할 조건: 거리를 반드시 m로 환산하고, 두 전류가 같으므로 공식의 전류 곱은 I^2이 된다.

사용할 공식

진공 중 두 평행 도선 사이의 단위 길이당 힘은
$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$
이고, $I_1 = I_2 = I$이므로
$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi d}$
이다. 이 공식은 서로 평행한 두 긴 도선의 전류와 도선 사이 거리로 단위 길이당 자기력을 구하는 상황에 해당하므로 사용한다. 여기서 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} N/A^2$이다.

계산 과정

거리 단위를 환산하면 $10cm = 0.1m$이다. 주어진 값을 공식에 대입하면
$4 \times 10^{-6} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) I^2}{2\pi \times 0.1} = 2 \times 10^{-6} I^2$
이다. 따라서
$I^2 = 2, \qquad I = \sqrt{2} A$
이다. 전류의 크기를 묻고 있으므로 양의 값을 취한다.

NoteBase

선지 판단

① X — $I = 0.5A$이면 $F/L = 2 \times 10^{-6} \times (0.5)^2 = 0.5 \times 10^{-6} N/m$이므로 주어진 힘과 일치하지 않는다. 틀린 값 $0.5A$를 올바르게 고치면 $\sqrt{2}A$이다.
② X — $I = 1A$이면 $F/L = 2 \times 10^{-6} N/m$이므로 주어진 $4 \times 10^{-6} N/m$의 절반에 불과하다. 틀린 값 $1A$를 올바르게 고치면 $\sqrt{2}A$이다.
③ O — $I = \sqrt{2}A$이면 $I^2 = 2$이므로 $F/L = 4 \times 10^{-6} N/m$가 되어 문제의 조건과 정확히 일치한다.
④ X — $I = 4A$이면 $F/L = 2 \times 10^{-6} \times 16 = 32 \times 10^{-6} N/m$이므로 주어진 힘보다 크다. 틀린 값 $4A$를 올바르게 고치면 $\sqrt{2}A$이다.

오답 포인트

거리 $10cm$를 $0.1m$로 바꾸지 않거나, 동일한 두 전류의 곱 $I_1 I_2$를 I로 처리하면 오답이 된다. 이 문제에서는 힘이 전류에 비례하는 것이 아니라 I^2에 비례하므로 마지막에 제곱근을 취해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

평행 도선 문제에서는 먼저 거리를 m로 환산한 뒤 $F/L = \mu_0 I_1 I_2/(2\pi d)$를 적용한다. 두 전류가 동일하면 $I_1 I_2 = I^2$로 놓고 계산한 후, 구한 전류를 다시 대입하여 힘과 단위를 검산한다.

암기 포인트

평행 도선의 단위 길이당 힘은 $F/L = \mu_0 I_1 I_2/(2\pi d)$이며, 두 전류가 같으면 힘은 I^2에 비례한다.

NoteBase

문 16. 반지름이 10 [cm]이고 감은 횟수가 10 [회]인 원형 코일에 5 [A]의 전류가 흐를 때, 원형 코일 중심에서 자기장의 세기[AT/m]는?

① 25
② 80
③ 250
④ 500

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 권수가 여러 개인 원형 코일 중심의 자기장 세기 H를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반지름 $r = 10cm = 0.1m$, 권수 $N = 10$, 전류 $I = 5A$이다.
구해야 할 값: 원형 코일 중심의 자기장 세기 H이다.
주의할 조건: 반지름을 cm에서 m로 변환하고, 10회 감은 코일이므로 권수 N을 곱한다.

사용할 공식

$H = \frac{NI}{2r}$
원형 코일 한 회의 중심에서 $H = I/(2r)$이고, 같은 전류가 흐르는 코일을 N회 감으면 각 권선이 만드는 자기장이 더해지므로 권수 N을 곱한다.

계산 과정

1. 반지름을 변환하면 $10cm = 0.1m$이다.
2. 공식에 값을 대입한다.
$H = \frac{10 \times 5}{2 \times 0.1} = \frac{50}{0.2} = 250AT/m$
3. 계산 결과는 $250AT/m$이다.

선지 판단

① X — $25AT/m$는 권수 $N = 10$을 누락하여 $I/(2r)$만 계산한 값이다. 틀린 값 25가 아니라 올바른 값은 $250AT/m$이다.
② X — $80AT/m$는 중심 자기장 공식 대신 원주 길이 $2\pi r$를 분모로 사용하면 얻는 약 $79.6AT/m$에 가까운 값이다. 틀린 값 80이 아니라 올바른 값은 $250AT/m$이다.
③ O — $H = NI/(2r)$에 주어진 값을 대입하면 정확히 $250AT/m$가 된다.
④ X — $500AT/m$는 분모의 2를 누락하여 NI/r로 계산한 값이다. 틀린 값 500이 아니라 올바른 값은 $250AT/m$이다.

NoteBase

오답 포인트

권수 10을 빠뜨리면 ①의 25가 되고, 원형 코일 중심 공식의 분모에 있는 2를 빠뜨리면 ④의 500이 된다. 또한 중심의 자기장 세기를 구하면서 원주 길이 $2\pi r$를 분모로 쓰면 ②와 비슷한 값이 나오므로 공식의 적용 대상을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

원형 코일 중심 문제에서는 먼저 $H = NI/(2r)$를 선택하고, 반지름을 m로 변환한 뒤 권수와 분모의 2를 빠뜨리지 않았는지 확인한다.

암기 포인트

원형 코일 중심의 자기장 세기는 $H = NI/(2r)$이다. 권수에는 비례하고 반지름에는 반비례한다.

NoteBase

문 17. 일정한 전하의 평행판 전극 사이에 있는 유전체를 유전율이 2배인 유전체로 바꾸었을 때, 평행판 전극에 나타나는 변화로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 정전 용량이 2배가 된다.
ㄴ. 전하의 흡인력이 $\frac{1}{2}$ 배가 된다.
ㄷ. 축적되는 에너지가 4배가 된다.

① ㄱ ② ㄱ, ㄴ
③ ㄴ, ㄷ ④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 2번

출제 포인트

전하가 일정한 평행판 축전기에 유전율이 2배인 유전체를 넣었을 때 정전 용량, 전압, 전하의 흡인력, 축적 에너지의 변화를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 축전기는 외부 전원과 분리되어 전하 Q가 일정하고, 유전체 삽입 후 유전율은 $\varepsilon' = 2\varepsilon$이 된다.
구해야 할 값: 정전 용량 C, 전하의 흡인력 F, 축적 에너지 W의 변화 비율이다.
주의할 조건: 전압 일정이 아니라 전하 일정인 경우이다.

사용할 공식

평행판 축전기의 정전 용량은 $C = \varepsilon A/d$이다. 전하가 일정할 때 전압, 흡인력, 축적 에너지는 각각 $V = Q/C$, $F = Q^2/(2\varepsilon A)$, $W = Q^2/(2C)$이다. 유전체가 판 사이를 채우면 유전율 변화가 정전 용량에 직접 반영되며, 고정된 Q를 기준으로 나머지 물리량을 판단할 수 있으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. $\varepsilon' = 2\varepsilon$이므로 $C' = \varepsilon' A/d = 2C$이다.
2. Q가 일정하므로 $V' = Q/C' = V/2$이다.
3. $F' = Q^2/(2\varepsilon' A) = F/2$이다.
4. $W' = Q^2/(2C') = W/2$이다.

따라서 ㄱ과 ㄴ은 옳고 ㄷ은 옳지 않다.

NoteBase

선지 판단

① X — ㄱ만 옳다고 했지만 ㄴ도 옳다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'이다.
② O — ㄱ은 $C' = 2C$, ㄴ은 $F' = F/2$이므로 두 진술이 모두 옳고, ㄷ은 틀리다.
③ X — ㄴ은 옳지만 ㄷ의 '축적되는 에너지가 4배'가 틀리며 ㄱ이 누락되었다. 올바르게는 에너지가 1/2배가 되고, 옳은 진술은 'ㄱ, ㄴ'이다.
④ X — ㄱ과 ㄴ은 옳지만 ㄷ이 틀리다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ'만 옳고, 축적 에너지는 1/2배가 된다.

오답 포인트

유전율이 2배라는 사실을 모든 물리량에 그대로 곱하거나, 에너지 식 $W = CV^2/2$에서 전압도 변한다는 점을 빠뜨리면 ㄷ을 4배로 잘못 판단하기 쉽다. 이 문제에서는 Q가 일정하므로 $W = Q^2/(2C)$를 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

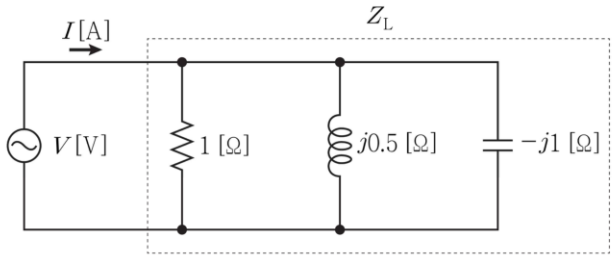
먼저 전하 일정인지 전압 일정인지 확인한다. 전하 일정이면 유전체 삽입으로 C가 유전율의 배수만큼 증가하고, V, F, W는 그 배수에 반비례한다고 판단한다.

암기 포인트

전하 일정에서 유전율이 k배이면 C는 k배, V, F, W는 각각 $1/k$배이다.

NoteBase

문 18. 그림의 $R-L-C$ 회로에서 합성 임피던스 Z_{L}의 크기[Ω]는?



① $\frac{\sqrt{2}}{2}$

② $\sqrt{2}$

③ $\frac{1+\sqrt{2}}{2}$

④ $1+\sqrt{2}$

정답 1번

출제 포인트

병렬 R-L-C 회로에서 각 가지의 어드미턴스를 합한 뒤, 그 역수로 합성 임피던스를 구하고 크기를 계산하는 문제이다.

조건 정리

저항 가지: $Z_R = 1\Omega$

인덕터 가지: $Z_{\text{ind}} = j0.5\Omega$

커패시터 가지: $Z_C = -j1\Omega$

세 소자는 같은 두 노드 사이에 연결되어 있으므로 병렬회로이다. 구해야 할 값은 합성 임피던스 Z_L의 크기이다.

사용할 공식

병렬회로에서는 임피던스가 아니라 어드미턴스를 더한다.

$Y_L = \frac{1}{Z_R} + \frac{1}{Z_{\text{ind}}} + \frac{1}{Z_C}, \qquad Z_L = \frac{1}{Y_L}$

세 가지가 병렬로 연결되어 있으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

각 가지의 어드미턴스는 다음과 같다.
$\frac{1}{1} = 1, \qquad \frac{1}{j0.5} = -j2, \qquad \frac{1}{-j1} = j$
따라서 합성 어드미턴스는
$Y_L = 1 - j2 + j = 1 - j$
이고, 합성 임피던스는
$Z_L = \frac{1}{1-j} = \frac{1+j}{2}\Omega$
이다. 그러므로 그 크기는
$|Z_L| = \sqrt{(\frac{1}{2})^2 + (\frac{1}{2})^2} = \frac{\sqrt{2}}{2}\Omega$
이다.

선지 판단

① O — $\frac{\sqrt{2}}{2}\Omega$는 계산한 합성 임피던스의 크기와 일치한다.
② X — $\sqrt{2}\Omega$가 아니라 $\frac{\sqrt{2}}{2}\Omega$이다. $\sqrt{2}$는 합성 어드미턴스 $|Y_L| = |1 - j|$의 수치이므로, 임피던스를 구할 때 역수를 취해야 한다.
③ X — $\frac{1+\sqrt{2}}{2}\Omega$가 아니라 $\frac{\sqrt{2}}{2}\Omega$이다. 복소수의 실수부와 크기를 더하는 방식으로는 임피던스의 크기를 구할 수 없다.
④ X — $1 + \sqrt{2}\Omega$가 아니라 $\frac{\sqrt{2}}{2}\Omega$이다. 병렬 임피던스는 각 임피던스의 크기를 단순히 더하지 않고 어드미턴스 합의 역수로 구한다.

오답 포인트

②의 $\sqrt{2}$는 $|Y_L|$를 그대로 임피던스의 크기로 착각하면 선택하기 쉽다. 또한 리액턴스의 역수를 구할 때 $1/j = -j$, $1/(-j) = j$이므로 인덕터와 커패시터 어드미턴스의 부호를 반대로 처리하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

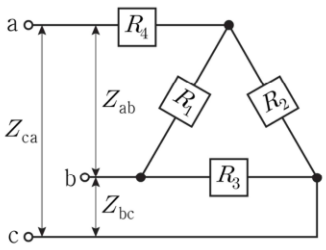
병렬 교류회로에서는 각 가지의 임피던스를 어드미턴스로 바꾸어 합산하고, 합성 어드미턴스의 역수를 취한 뒤 복소수의 크기를 계산한다.

암기 포인트

병렬은 어드미턴스 합산이며, $Y = 1/Z$, $1/j = -j$, $1/(-j) = j$이다.

NoteBase

문 19. 그림의 저항 회로에서 $R_1 = R_2 = 100\ [\Omega]$, $R_3 = 200\ [\Omega]$이다. $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$일 때, $R_4\ [\Omega]$는?



① 15
② 25
③ 50
④ 75

정답 2번

출제 포인트

측정하지 않는 단자를 개방한 상태에서 각 단자쌍의 등가저항을 구하고, $Z_{ab} = Z_{bc} = Z_{ca}$가 되도록 R_4를 결정하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $R_1 = R_2 = 100\Omega$, $R_3 = 200\Omega$이다.
Z_{ab}와 Z_{ca}를 구할 때는 R_4에 흐르는 전류가 있으므로 R_4가 등가저항에 포함된다. 반면 Z_{bc}를 구할 때 단자 a는 개방되어 있으므로 R_4 가지에는 전류가 흐르지 않는다.

사용할 공식

병렬 연결된 두 저항의 등가저항은
$R_p = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B}$
이다. 각 단자쌍에서 삼각형 회로의 한 변과 나머지 두 변의 직렬합이 서로 병렬이므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. b-c 단자 사이에서는 R_3과 $R_1 + R_2$가 병렬이다.
$Z_{bc} = R_3 \parallel (R_1 + R_2) = 200 \parallel 200 = 100\Omega$
2. a-b 단자 사이에서는 R_4가 $R_1 \parallel (R_2 + R_3)$과 직렬이다.
$Z_{ab} = R_4 + 100 \parallel 300 = R_4 + 75\Omega$
3. 회로가 $R_1 = R_2$로 좌우 대칭이므로
$Z_{ca} = R_4 + R_2 \parallel (R_1 + R_3) = R_4 + 75\Omega$
이다.
4. 세 등가저항이 같아야 하므로
$R_4 + 75 = 100$
$R_4 = 25\Omega$
이다.

선지 판단

① X — $R_4 = 15\Omega$이면 $Z_{ab} = Z_{ca} = 90\Omega$이 되어 $Z_{bc} = 100\Omega$와 같지 않다. 올바른 값은 25Ω이다.
② O — $R_4 = 25\Omega$이면 $Z_{ab} = Z_{ca} = 25 + 75 = 100\Omega$이고 $Z_{bc} = 100\Omega$이므로 조건을 만족한다.
③ X — $R_4 = 50\Omega$이면 $Z_{ab} = Z_{ca} = 125\Omega$이 되어 $Z_{bc} = 100\Omega$와 같지 않다. 올바른 값은 25Ω이다.
④ X — $R_4 = 75\Omega$이면 $Z_{ab} = Z_{ca} = 150\Omega$이 되어 $Z_{bc} = 100\Omega$와 같지 않다. 올바른 값은 25Ω이다.

오답 포인트

b-c 단자에서 본 등가저항에 R_4를 포함시키는 것이 핵심 함정이다. 단자 a가 개방되면 R_4의 왼쪽 끝이 끊어진 가지가 되므로 그 가지에는 전류가 흐르지 않는다. 또한 삼각형의 두 저항을 단순 병렬로 보지 않고, 한 변과 나머지 두 변의 직렬합이 병렬임을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

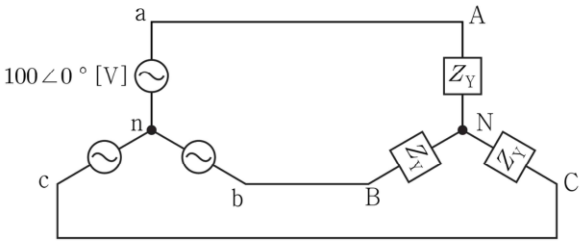
등가저항을 구할 두 단자를 정한 뒤 나머지 외부 단자를 개방하고, 전류가 흐르지 않는 가지를 제거한다. 그다음 삼각형 회로를 '직접 연결된 한 변'과 '나머지 두 변의 직렬합'의 병렬로 계산한다.

암기 포인트

삼각형의 두 꼭짓점 사이 등가저항은 '한 변 ∥ 나머지 두 변의 직렬합'이다. 개방된 끝에 연결된 가지에는 전류가 흐르지 않는다.

NoteBase

문 20. 그림의 평형 3상 회로에서 Y결선 부하의 전체 유효 전력[W]은? (단, 한 상의 부하 임피던스 $Z_Y = 5 + j5\sqrt{2}$ [Ω]이고, 전압의 크기는 실횻값이다)



① $\frac{2,000}{3}$

② $\frac{2,000}{\sqrt{3}}$

③ 2,000

④ 6,000

정답 3번

출제 포인트

평형 Y결선 부하에서 상전압과 상 임피던스로 한 상의 유효전력을 구한 뒤 3배하여 전체 3상 유효전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

한 상의 실효값 전압은 $V_{ph} = 100V$이다. 한 상의 부하 임피던스는 $Z_Y = 5 + j5\sqrt{2}\Omega$이므로 저항 성분은 $R = 5\Omega$이고, $|Z_Y|^2 = 5^2 + (5\sqrt{2})^2 = 75\Omega^2$이다. 부하가 평형이므로 중성선이 연결되지 않아도 부하 중성점의 전위 이동이 없고 각 상에 같은 크기의 상전압이 걸린다. 구해야 할 값은 세 상의 유효전력 합계이다.

사용할 공식

한 상의 유효전력은 $P_{ph} = V_{ph}^2 R/|Z_Y|^2$이고, 평형 3상 부하의 전체 유효전력은 $P = 3P_{ph}$이다. 임피던스의 저항 성분에서만 평균 유효전력이 소비되므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

한 상의 유효전력은
$P_{ph} = \frac{100^2 \times 5}{75} = \frac{2,000}{3} W$
이다. 따라서 전체 유효전력은
$P = 3P_{ph} = 3 \times \frac{2,000}{3} = 2,000 W$
이다.

선지 판단

① X — $2,000/3 W$은 한 상의 유효전력일 뿐 전체 3상 유효전력이 아니다. 전체 유효전력으로 고치면 $2,000 W$이다.
② X — 문제의 $100 V$는 이미 한 상의 전압이므로 전체 전력에 $\sqrt{3}$을 임의로 나누지 않는다. $2,000/\sqrt{3} W$가 아니라 $2,000 W$이다.
③ O — 한 상의 유효전력 $2,000/3 W$을 3배하면 전체 유효전력은 $2,000 W$이다.
④ X — $6,000 W$은 리액턴스를 무시하고 각 상을 5Ω의 순저항으로 보아 $3 \times 100^2/5$로 계산한 값이다. 실제로는 $|Z_Y|^2 = 75\Omega^2$를 반영해야 하므로 $2,000 W$이다.

오답 포인트

①은 한 상의 전력을 전체 전력으로 착각하게 만든 선지이다. 또한 전압이 상전압으로 주어졌는데 선간전압과 혼동하여 $\sqrt{3}$을 추가하거나, 임피던스의 리액턴스를 무시하고 저항만으로 전력을 계산하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

평형 Y결선 문제에서는 먼저 주어진 전압이 상전압인지 선간전압인지 확인한다. 상전압과 상 임피던스로 $P_{ph} = V_{ph}^2 R/|Z|^2$를 계산한 뒤, 전체 3상 전력은 반드시 3배한다.

암기 포인트

평형 3상 Y부하의 유효전력은 $P = 3V_{ph}^2 R/|Z|^2$이다. 한 상을 구한 뒤 3배한다.

NoteBase