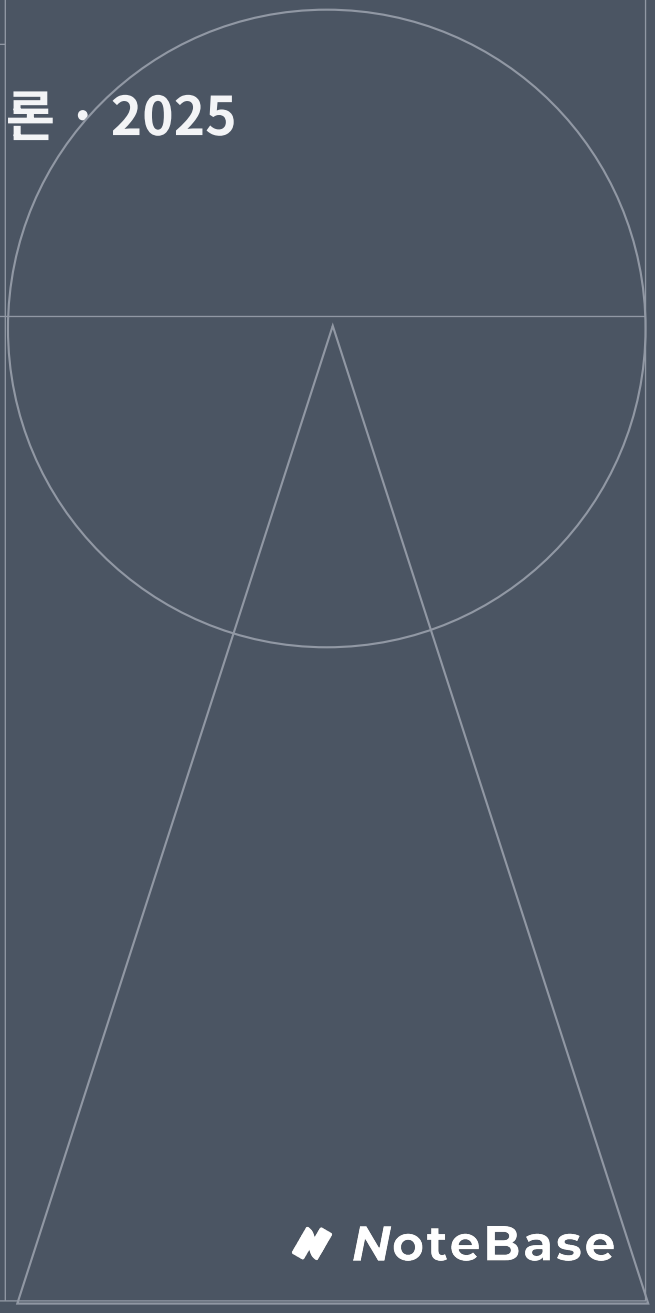
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2025

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2025

문 1. 유효전력 800 [W], 무효전력 600 [VAR]인 단상 교류 회로의 역률은?

① 0.3

② 0.4

③ 0.6

④ 0.8

정답 4번

간단한 해설

역률은 **피상전력에 대한 유효전력의 비율**이다. 유효전력 800 W와 무효전력 600 VAR로 구한 피상전력은 1,000 VA이므로, 역률은 $\frac{800}{1000} = 0.8$이다.

계산 과정

유효전력 P = 800 W는 실제로 소비되는 평균 전력이고, 무효전력 Q = 600 VAR는 전원과 부하 사이에서 왕복하는 에너지에 관련된 전력이다. 전력 삼각형에서 두 전력은 **서로 직각인 성분**이므로, 피상전력 S는 $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$로 구한다.

주어진 값을 대입하면 $S = \sqrt{800^2 + 600^2} = 1000\text{VA}$이다. 이 1,000 VA는 유효전력과 무효전력을 함께 고려한 전체 전력의 크기이다.

역률은 **피상전력 중 유효전력이 차지하는 비율**이므로 역률=(P)/(S)=(800)/(1000)=0.8이다. 역률은 단위가 없으며, 계산값 0.8은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 2. 무한히 긴 두 개의 평행도선에 1 [A]의 전류가 같은 방향으로 흐르고 있을 때, 평행도선의 간격만 2배로 증가한 경우 두 평행도선 사이에 작용하는 힘에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 반발력이 작용하고, 크기는 $\frac{1}{4}$배가 된다.
② 반발력이 작용하고, 크기는 $\frac{1}{2}$배가 된다.
③ 흡인력이 작용하고, 크기는 $\frac{1}{4}$배가 된다.
④ 흡인력이 작용하고, 크기는 $\frac{1}{2}$배가 된다.

정답 4번

간단한 해설

같은 방향의 전류가 흐르는 평행도선 사이에는 **흡인력**이 작용한다. 전류가 일정하면 힘의 크기는 **도선 간격에 반비례**하므로, 간격이 2배가 되면 힘은 처음의 1/2배가 된다.

계산 과정

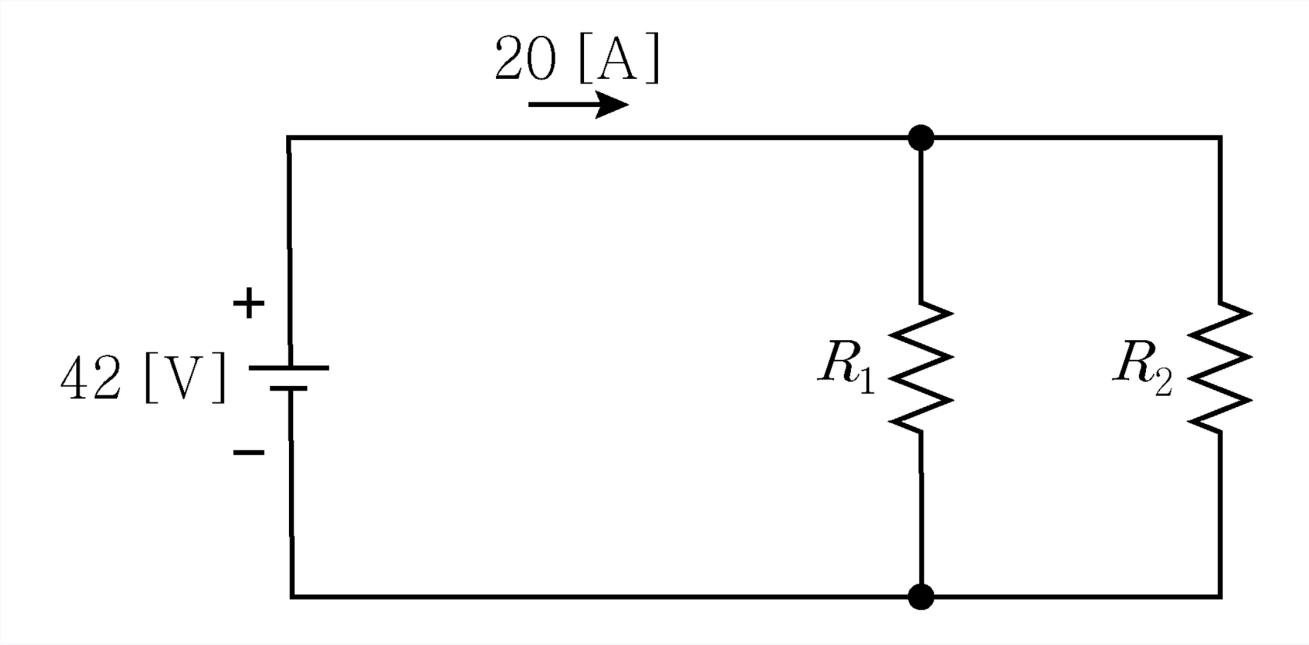
힘의 방향: 각 도선은 다른 도선이 만든 자기장에 의해 자기력을 받는다. 오른손 법칙으로 자기장과 힘의 방향을 판단하면, 두 전류가 **같은 방향**일 때 각 도선에 작용하는 힘은 상대 도선을 향한다. 따라서 간격이 늘어나도 전류 방향이 그대로이면 서로 끌어당기는 흡인력이 작용한다.

힘의 크기: 무한히 긴 도선이므로 단위 길이당 힘 f를 비교한다. 도선 간격을 d, 두 전류를 I_1, I_2, 주위 매질의 투자율을 μ라 하면, 한 도선이 다른 도선 위치에 만드는 자기장은 $B = \frac{\mu I_1}{2\pi d}$이다. 이 자기장이 다른 도선에 주는 단위 길이당 힘은 $f = I_2 B = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi d}$이며 단위는 N/m이다. 두 전류는 각각 1 A로 일정하고 간격만 변하므로 **힘은 간격 d에 반비례**한다.

간격 변화 적용: 처음과 나중의 단위 길이당 힘을 각각 f_1, f_2라 하면, 간격이 d에서 2d로 늘어날 때 $\frac{f_2}{f_1} = \frac{d}{2d} = \frac{1}{2}$이다. 즉, 같은 길이의 도선에 작용하는 힘은 처음의 1/2배가 된다. 흡인력이 작용하고 크기가 1/2배가 된다는 ④의 설명과 일치한다.

NoteBase

문 3. 그림의 회로에서 R_1과 R_2 저항값의 차[Ω]는? (단, $R_1 + R_2 = 10$ [Ω]이다)



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 2번

간단한 해설

두 저항은 **병렬 연결**이므로 회로 전체의 합성저항은 $\frac{42}{20} = 2.1$ Ω이다. 저항값의 합이 10 Ω라는 조건을 병렬 합성저항 식에 적용하면 두 저항값은 7 Ω와 3 Ω이고, 차는 **4 Ω**이다.

NoteBase

계산 과정

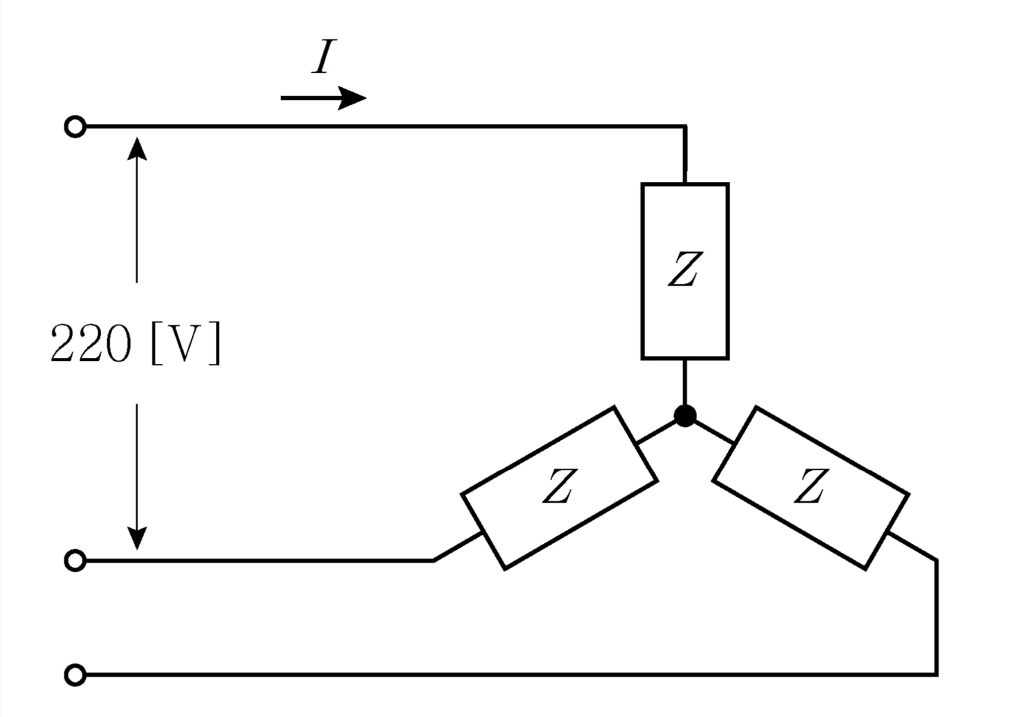
1. 합성저항 구하기: 그림에서 R_1과 R_2는 같은 위쪽·아래쪽 접점 사이에 연결되어 있으므로 병렬이다. 전원 전압은 42 V이고, 분기되기 전의 **전체 전류가 20 A**이다. 옴의 법칙으로 회로 전체의 합성저항 R_{eq}를 구하면 $R_{\text{eq}} = \frac{42}{20} = 2.1\ \Omega$이다.

2. 두 저항값의 곱 구하기: 병렬에서는 각 저항에 같은 전압이 걸리고 가지 전류의 합이 전체 전류가 되므로, $\frac{1}{R_{\text{eq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$가 성립한다. 이를 정리하면 $R_{\text{eq}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$이다. 주어진 합 $R_1 + R_2 = 10\ \Omega$을 대입하면 $2.1 = \frac{R_1 R_2}{10}$이므로 $R_1 R_2 = 21\ \Omega^2$이다. 이 값은 개별 저항값이 아니라 **두 저항값의 곱**이다.

3. 저항값의 차 구하기: 합이 10 Ω이고 곱이 21 Ω^2인 두 양의 저항값은 7 Ω와 3 Ω이다. 어느 값이 R_1인지에 관계없이 큰 값에서 작은 값을 빼면 $7 - 3 = 4\ \Omega$이므로 ②의 4에 해당한다.

NoteBase

문 4. 그림의 평형 3상 회로에서 선간전압이 220 [V]이고 한 상의 임피던스가 $Z = 4 + j3$ [Ω]일 때, 선전류 I [A]는? (단, 전압과 전류는 실횻값이다)



① $\frac{11}{\sqrt{3}}$
② $\frac{14}{\sqrt{3}}$
③ $\frac{22}{\sqrt{3}}$
④ $\frac{44}{\sqrt{3}}$

정답 4번

간단한 해설

그림은 **Y결선**이므로 상전압은 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배이고, 선전류는 상전류와 같다. 임피던스의 크기가 5 Ω이므로 선전류는 $\frac{44}{\sqrt{3}}$ A이다.

NoteBase

계산 과정

상전압: 그림에서 세 임피던스의 한쪽 끝이 한 점에 모여 있으므로 Y결선이다. 상전압 V_p는 각 임피던스 양단의 전압이다. 평형 3상에서는 각 상전압의 위상차가 120°이고, 선간전압은 두 상전압의 벡터 차이이므로 **상전압의 $\sqrt{3}$배**이다. 따라서 $V_p = \frac{220}{\sqrt{3}}$ V이다.

임피던스의 크기: $Z = 4 + j3\ \Omega$에서 저항 성분은 4 Ω, 리액턴스 성분은 3 Ω이다. 전류의 실효값을 구할 때는 **복소 임피던스의 크기**를 사용하므로 $|Z| = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\ \Omega$이다.

선전류: Y결선에서는 각 선에 해당 상의 임피던스가 직접 이어져 있어 **선전류와 상전류가 같다**. 교류 회로의 옴의 법칙에 따라 전류의 실효값은 $I = \frac{V_p}{|Z|}$이며, 값을 대입하면 $I = \frac{220}{5\sqrt{3}} = \frac{44}{\sqrt{3}}$ A이다. 주어진 전압이 실효값이므로 최댓값으로 환산할 필요가 없다. 이 값은 ④의 수치와 일치한다.

NoteBase

문 5. 정전용량이 8 [μF]인 평행판 축전기의 전압이 200 [V]일 때, 축전기의 전하량 Q [C]는?

① 1.6×10^{-3}

② 3.2×10^{-3}

③ 1.6×10^{-2}

④ 3.2×10^{-2}

정답 1번

간단한 해설

축전기에 저장되는 전하량은 **정전용량과 전압의 곱**인 $Q = CV$로 구한다. 8 μF를 F로 환산하여 200 V를 곱하면 $1.6 \cdot 10^{-3}$C이다.

계산 과정

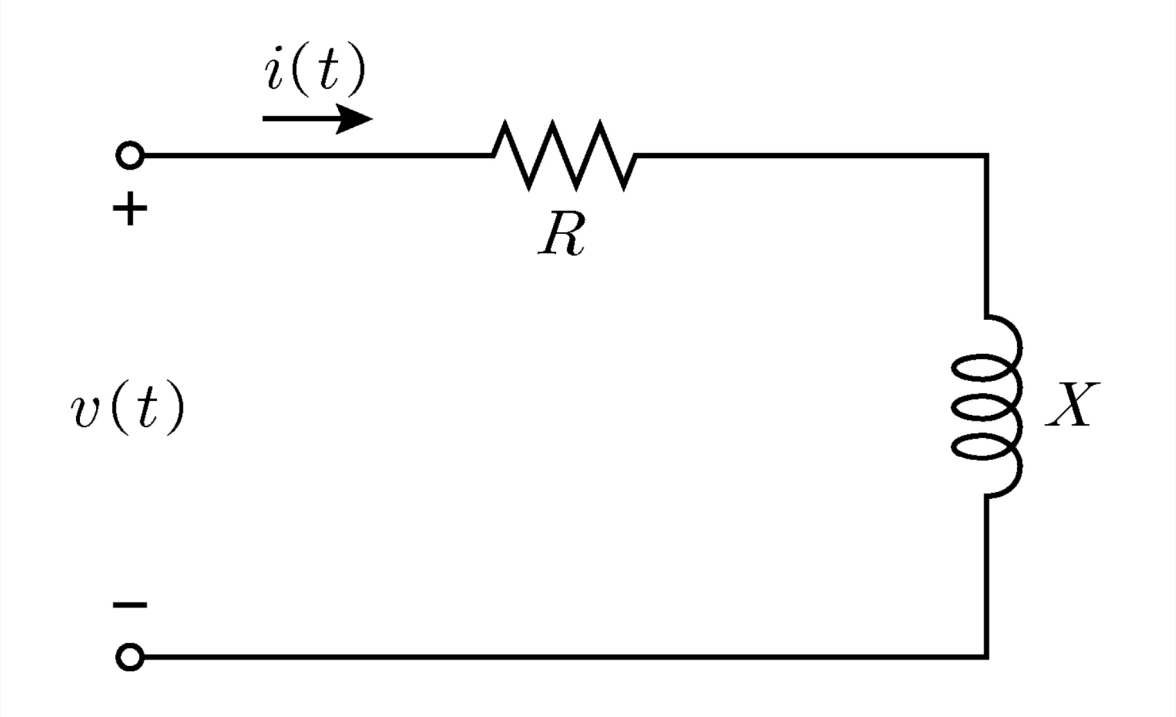
정전용량 C는 축전기의 두 극판 사이에 전압 1 V를 걸었을 때 한 극판에 저장되는 전하량을 나타낸다. 따라서 정전용량이 C이고 전압이 V일 때 전하량은 $Q = CV$이다. 이 문제에서는 C = 8 μF, V = 200 V이다.

전하량을 C 단위로 구하려면 정전용량의 단위를 **μF에서 F로 환산**한다. $1\mu\text{F} = 10^{-6}$F이므로 $C = 8 \cdot 10^{-6}$F이다.

주어진 값을 대입하면 $Q = (8 \cdot 10^{-6}) \cdot 200$이고, 이를 계산하면 $Q = 1.6 \cdot 10^{-3}$C이다. 이는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 그림의 직렬회로에서 저항 R [Ω]과 리액턴스 X [Ω]는? (단, $v(t) = 40\sin(120\pi t)$ [V]이고, $i(t) = 2\sin(120\pi t - 30^\circ)$ [A]이다)



① $R = 5\sqrt{3}\Omega,\ X = 5\Omega$

② $R = 5\sqrt{3}\Omega,\ X = 5\sqrt{3}\Omega$

③ $R = 10\sqrt{3}\Omega,\ X = 10\Omega$

④ $R = 10\sqrt{3}\Omega,\ X = 10\sqrt{3}\Omega$

정답 3번

간단한 해설

전압과 전류의 최댓값 비로 구한 **임피던스의 크기는 20 Ω**이고, 전류가 전압보다 30° 늦으므로 임피던스의 위상각은 +30°이다. 이를 저항 성분과 리액턴스 성분으로 나누면 $R = 10\sqrt{3}\Omega$, X = 10 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

임피던스의 크기: 주어진 정현파 전압의 최댓값은 40 V, 전류의 최댓값은 2 A이다. 같은 주파수의 정현파에서는 임피던스의 크기가 전압과 전류의 크기 비이므로 $|Z| = \frac{40}{2} = 20\Omega$이다. **최댓값끼리 비를 취하면** 실효값으로 바꿀 때의 공통 인자가 소거되므로 별도의 실효값 변환은 필요하지 않다.

위상각: 전압의 위상은 0°, 전류의 위상은 −30°이다. 임피던스는 전압 페이저를 전류 페이저로 나눈 것이므로 그 위상각은 $\phi = 0^\circ - (-30^\circ) = 30^\circ$이다. **전류가 전압보다 늦는** 유도성 회로이며, 이는 그림의 저항과 코일이 직렬로 연결된 모습과도 일치한다.

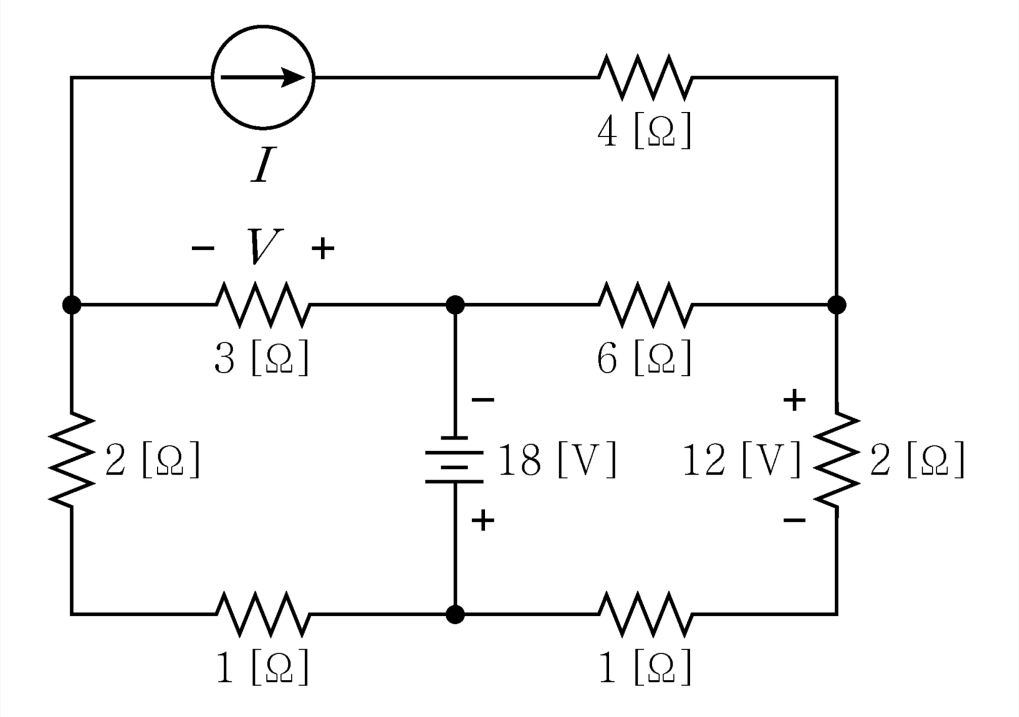
저항 R: 직렬회로의 임피던스는 $Z = R + jX$이며, j는 허수단위이다. 저항 R은 임피던스의 실수 성분이므로 $R = |Z|\cos\phi$를 적용한다. 따라서 $R = 20 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10\sqrt{3}\Omega$이다.

리액턴스 X: 코일의 리액턴스는 임피던스의 양의 허수 성분이므로 $X = |Z|\sin\phi$를 적용한다. 따라서 $X = 20 \cdot \frac{1}{2} = 10\Omega$이다.

구한 $R = 10\sqrt{3}\Omega$, X = 10 Ω은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 그림의 회로에서 전류 *I* [A]와 전압 *V* [V]는?



① I [A]: 6, V [V]: 6

② I [A]: 6, V [V]: 9

③ I [A]: 12, V [V]: 6

④ I [A]: 12, V [V]: 9

정답 4번

간단한 해설

오른쪽 2 Ω 저항의 전압이 12 V이므로 아래쪽으로 6 A가 흐르고, 6 Ω 저항에도 오른쪽에서 왼쪽으로 6 A가 흐른다. 두 전류를 공급하는 전류원 전류는 **12 A**이며, 왼쪽 접점의 전류 관계를 적용하면 표시된 극성의 전압은 **9 V**이다.

NoteBase

계산 과정

중앙 위 접점을 0 V로 잡는다. 중앙의 18 V 전압원은 아래쪽이 +이므로 중앙 아래 접점의 전위는 18 V이다.

오른쪽 가지: 2 Ω 저항은 위쪽이 +이고 전압이 12 V이므로, 옴의 법칙에 따라 아래쪽 전류는 $\frac{12}{2} = 6\text{A}$이다. 이 저항과 아래쪽 1 Ω 저항 사이에는 분기점이 없으므로 **두 저항에 같은 6 A**가 흐른다. 오른쪽 중간 접점에서 중앙 아래 접점까지의 전압강하는 $6 \cdot (2 + 1) = 18\text{V}$이므로, 오른쪽 중간 접점의 전위는 18 + 18 = 36 V이다.

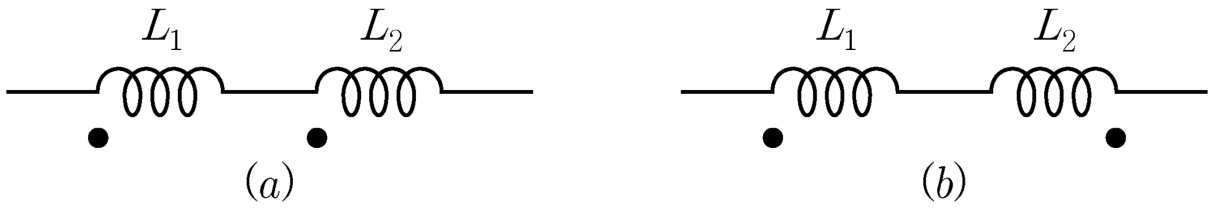
전류 I: 6 Ω 저항의 오른쪽 접점은 36 V, 왼쪽의 중앙 위 접점은 0 V이다. 따라서 오른쪽에서 왼쪽으로 흐르는 전류는 $\frac{36-0}{6} = 6\text{A}$이다. 오른쪽 중간 접점에서 왼쪽으로 6 A, 아래쪽으로 6 A가 나가므로 **키르히호프 전류 법칙**에 따라 위쪽 가지가 공급하는 전류는 I = 6 + 6 = 12 A이다. 위쪽 4 Ω 저항과 전류원은 직렬이므로 이 전류가 곧 전류원 전류이다.

전압 V: 왼쪽 3 Ω 저항에 표시된 극성은 오른쪽이 +, 왼쪽이 −이다. 중앙 위 접점이 0 V이므로 왼쪽 중간 접점의 전위는 $-V$이다. 중앙 위 접점에서 왼쪽으로 흐르는 전류는 $\frac{V}{3}$ A이다. 왼쪽 아래의 2 Ω과 1 Ω도 직렬이므로 합성저항은 3 Ω이며, 중앙 아래 접점에서 왼쪽 중간 접점으로 흐르는 전류는 $\frac{18+V}{3}$ A이다. 왼쪽 중간 접점에서는 **이 두 전류의 합이 전류원으로 나가는 12 A**와 같으므로 $\frac{V}{3} + \frac{18+V}{3} = 12$이다. 이를 정리하면 $2V + 18 = 36$에서 V = 9 V를 얻는다.

따라서 I = 12 A, V = 9 V이며, 이 두 값에 대응하는 선지는 ④이다.

NoteBase

문 8. $L_1 = L_2 = 2$[mH]인 두 코일을 (a), (b)와 같이 접속했을 때의 합성 인덕턴스 L_a[mH], L_b[mH]에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 두 접속 회로에서 결합 계수는 0.5이다)



① L_a는 L_b의 $\frac{1}{4}$배다.

② L_a는 L_b의 $\frac{1}{3}$배다.

③ L_a는 L_b의 3배다.

④ L_a는 L_b의 4배다.

정답 3번

간단한 해설

두 코일의 상호 인덕턴스는 1 mH이며, 점 표시를 기준으로 (a)는 **직렬 가극**, (b)는 **직렬 감극** 접속이다. 따라서 $L_a = 6$mH, $L_b = 2$mH이므로 L_a는 L_b의 3배다.

계산 과정

상호 인덕턴스: 결합 계수 k는 두 코일 사이의 자기적 결합 정도를 나타내며, 상호 인덕턴스 M은 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$ 이다. 주어진 $k = 0.5$, $L_1 = L_2 = 2$mH를 대입하면 $M = 0.5\sqrt{2 \cdot 2} = 1$mH이다. 이 값은 한 코일의 전류 변화가 다른 코일에 유도 전압을 만드는 정도를 나타낸다.

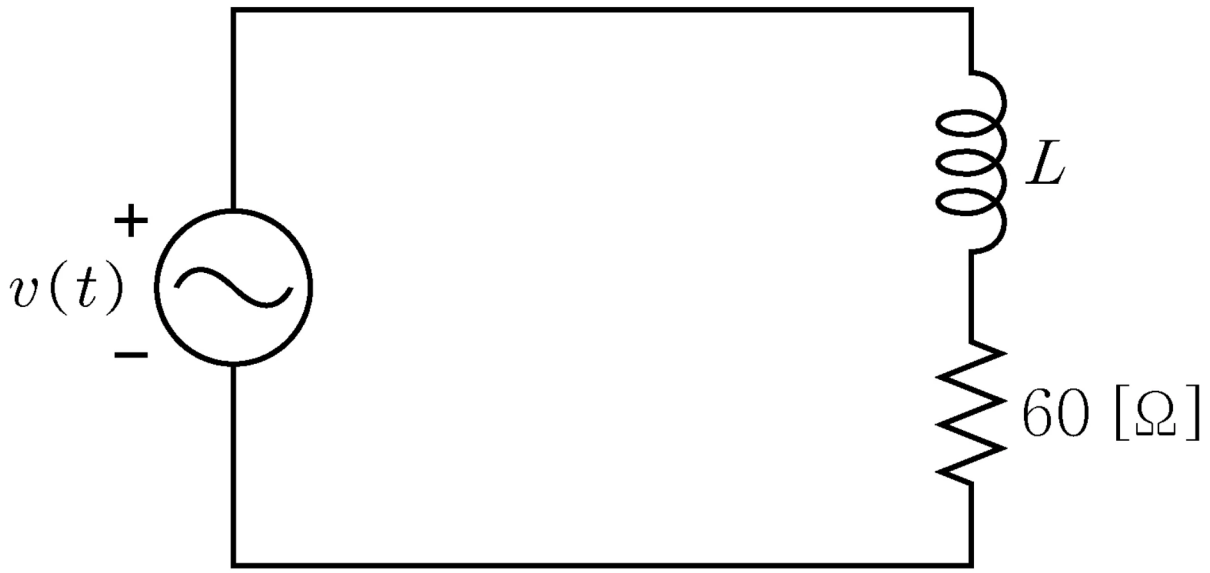
(a)의 합성 인덕턴스: 전류가 왼쪽에서 오른쪽으로 흐른다고 정하면 두 코일 모두 점이 표시된 단자로 전류가 들어간다. 따라서 상호 유도 전압이 각 코일의 자기 유도 전압에 더해지는 **직렬 가극 접속**이다. 같은 전류가 흐르는 두 코일의 유도 전압을 더하면 상호 인덕턴스 항도 두 번 더해지므로 $L_a = L_1 + L_2 + 2M$이다. 따라서 $L_a = 2 + 2 + 2 \cdot 1 = 6$mH이다.

(b)의 합성 인덕턴스: 왼쪽 코일은 점이 표시된 단자로 전류가 들어가지만, 오른쪽 코일은 점이 없는 단자로 전류가 들어간다. 따라서 상호 유도 전압이 각 코일의 자기 유도 전압을 줄이는 **직렬 감극 접속**이다. 이때 상호 인덕턴스 항은 두 번 빼므로 $L_b = L_1 + L_2 - 2M$이다. 따라서 $L_b = 2 + 2 - 2 \cdot 1 = 2$mH이다.

두 값의 비는 $\frac{L_a}{L_b} = \frac{6}{2} = 3$이다. 따라서 L_a는 L_b의 3배이며, ③의 설명과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림의 회로에서 유효전력은 720 [W]이고 역률은 0.6일 때, 무효전력 Q [VAR]와 인덕턴스 L [mH]은? (단, v(t)의 주파수는 $\frac{1000}{\pi}$ [Hz]이다)



① Q [VAR]: 540, L [mH]: 40

② Q [VAR]: 540, L [mH]: 80

③ Q [VAR]: 960, L [mH]: 40

④ Q [VAR]: 960, L [mH]: 80

정답 3번

간단한 해설

역률 0.6에 대응하는 위상각의 탄젠트는 $\frac{4}{3}$이므로, **무효전력은 유효전력의 4/3배**인 960 VAR이다. 직렬 RL 회로의 유도 리액턴스도 저항의 4/3배인 80 Ω이며, 이를 각주파수 2000 rad/s로 나누면 인덕턴스는 40 mH이다.

NoteBase

계산 과정

그림은 저항 R = 60 Ω과 인덕터 L이 직렬로 연결된 회로이다. 전압과 전류 사이의 위상각을 ϕ라 하고, 전류는 실효값 I로 나타낸다. 이상적인 인덕터는 유효전력을 소비하지 않으므로 유효전력 P는 저항에서 소비되고, 무효전력 Q는 인덕터에서 발생한다.

무효전력 Q: 역률은 $\cos\varphi = 0.6$이다. 유도성 회로이므로 전류가 전압보다 늦고, $\sin\varphi = \sqrt{1-0.6^2} = 0.8$이다. 따라서 $\tan\varphi = \frac{0.8}{0.6} = \frac{4}{3}$이다. 정현파 교류에서 유효전력과 무효전력은 각각 $P = VI\cos\varphi$, $Q = VI\sin\varphi$이므로 **두 전력의 비는 위상각의 탄젠트**가 된다. 이에 따라 $Q = P\tan\varphi = 720 \cdot \frac{4}{3} = 960\text{VAR}$이다. 여기서 V도 전압의 실효값이다.

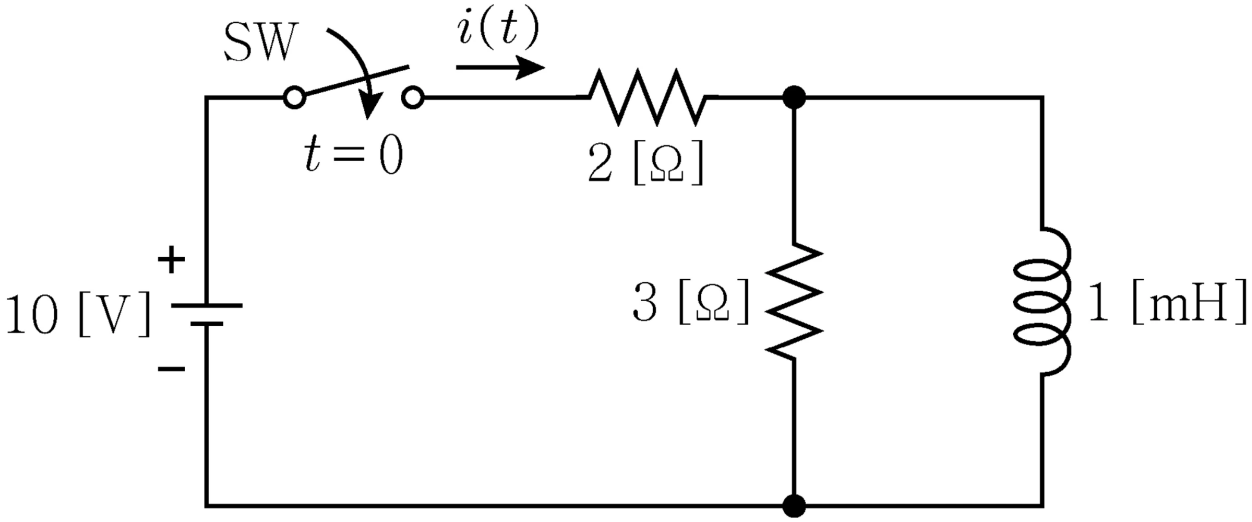
유도 리액턴스: 직렬 회로에서는 저항과 인덕터에 **같은 전류**가 흐른다. 따라서 $P = I^2R$, $Q = I^2X_L$에서 $\frac{X_L}{R} = \frac{Q}{P} = \tan\varphi$가 성립한다. 인덕터가 교류 전류를 방해하는 정도인 유도 리액턴스는 $X_L = 60 \cdot \frac{4}{3} = 80\Omega$이다.

인덕턴스 L: 주파수는 $f = \frac{1000}{\pi}\text{Hz}$이므로 각주파수는 $\omega = 2\pi f = 2000\text{rad/s}$이다. **유도 리액턴스는 각주파수와 인덕턴스의 곱**이므로 $X_L = \omega L$을 적용한다. 따라서 $L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{80}{2000} = 0.04\text{H}$, 즉 40 mH이다.

Q = 960 VAR, L = 40 mH이므로 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림의 회로에서 스위치 SW가 $t = 0$에서 동작하여 닫힌 상태를 유지할 때, 초기 전류 $i(0^+)$ [A]와 정상 상태 전류 $i(\infty)$ [A]는? (단, 인덕터의 초기 전류는 0이다)



① $i(0^+)$ [A]: 0, $i(\infty)$ [A]: 2

② $i(0^+)$ [A]: 0, $i(\infty)$ [A]: 5

③ $i(0^+)$ [A]: 2, $i(\infty)$ [A]: 2

④ $i(0^+)$ [A]: 2, $i(\infty)$ [A]: 5

정답 4번

간단한 해설

스위치를 닫은 직후에는 인덕터 전류가 0을 유지하므로 **2 Ω과 3 Ω이 직렬**인 경로로 전류가 흘러 $i(0^+) = 2$A이다. 직류 정상 상태에서는 인덕터가 **3 Ω 저항을 단락**하므로 $i(\infty) = 5$A이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 10 V 전원에 2 Ω 저항이 직렬로 연결되고, 그 뒤에서 3 Ω 저항과 1 mH 인덕터가 병렬로 연결된다. 구하는 $i(t)$는 **분기되기 전의 전체 전류**이므로 인덕터 전류와 구별해야 한다.

스위치를 닫은 직후: 인덕터 전류는 순간적으로 변할 수 없으므로, 초기 전류가 0이면 $i_L(0^+) = 0$이다. 따라서 이 순간에는 인덕터 가지를 개방한 것처럼 볼 수 있다. 전류는 2 Ω과 3 Ω 저항을 차례로 지나므로 합성저항은 $2 + 3 = 5\ \Omega$이고, 옴의 법칙에 따라 $i(0^+) = \frac{10}{2+3} = 2\text{A}$이다. 인덕터 전류가 0이어도 3 Ω 저항을 통한 전류는 흐른다.

직류 정상 상태: 인덕터 전류가 일정해지면 $v_L = L\frac{di_L}{dt} = 0$이므로 이상적인 인덕터는 단락으로 취급한다. 병렬인 3 Ω 저항에도 전압이 0이 걸려 그 저항의 전류는 0이 된다. 따라서 전원에서 본 합성저항은 **2 Ω만 남고**, 전체 전류는 $i(\infty) = \frac{10}{2} = 5\text{A}$이다.

초기 전류 2 A와 정상 상태 전류 5 A의 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 11. 단상 교류전력에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 순시전력은 복소전력의 크기이다.

② 유효전력은 저항에서 실제로 소비되는 전력이다.

③ 피상전력은 전압 실횻값과 전류 실횻값의 곱이다.

④ 무효전력은 리액턴스에서 전원과 교환되는 전력이다.

정답 1번

간단한 해설

순시전력은 **같은 순간의 전압과 전류를 곱한 값**이다. 복소전력의 크기는 순시전력이 아니라 **피상전력**이다.

선지별 해설

① X: 순시전력은 시간에 따른 전압과 전류의 곱으로, $p(t) = v(t)i(t)$이다. 복소전력은 유효전력 P와 무효전력 Q를 묶어 S=P+jQ로 나타낸다. 그 크기 |S|=√(P^2+Q^2)는 **피상전력**이며, 매 순간의 전력인 순시전력과 구별된다.

② O: 유효전력은 한 주기 동안 순시전력을 평균한 값으로, 저항에서 열 등으로 실제 소비되는 전력이다. 정현파 정상상태에서 전압과 전류의 실횻값을 각각 V, I, 위상차를 ϕ라 하면 $P = VI\cos\varphi$이다. 단위는 W이다.

③ O: 피상전력은 **전압 실횻값과 전류 실횻값의 곱**으로, $S = VI$이다. 전압과 전류의 위상차에 따른 실제 소비 여부를 구분하기 전의 전력 크기이며, 단위는 VA이다.

④ O: 코일과 커패시터는 각각 자기장과 전기장에 에너지를 저장했다가 전원으로 되돌려준다. 무효전력은 이러한 **에너지의 왕복 교환**에 대응하며, 이상적인 리액턴스에서 한 주기 평균으로 소비되는 전력은 0이다. 정현파 정상상태에서 $Q = VI\sin\varphi$이고, 단위는 var이다.

NoteBase

문 12. 평형 3상 회로의 Δ결선 부하에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 각 선전류의 위상차는 120°이다.

② 상전압과 선간전압의 크기가 같다.

③ 상전류 크기는 선전류 크기의 $\sqrt{3}$배이다.

④ 상전류와 선전류 사이의 위상차가 존재한다.

정답 3번

간단한 해설

Δ결선에서는 **선전류가 상전류보다 크다**. 선전류는 위상이 다른 두 상전류의 벡터 차이이므로, 평형 상태에서 $I_L = \sqrt{3} I_\phi$이며 상전류는 선전류의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배이다.

선지별 해설

상전류는 각 부하 가지에 흐르는 전류이고, 선전류는 전원과 부하를 잇는 각 선에 흐르는 전류이다. 상전압은 각 부하 양단의 전압이며, 선간전압은 두 선 사이의 전압이다.

① O: 평형 3상 회로에서는 각 상의 부하 임피던스가 같고, 각 상전압의 크기는 같으며 위상은 120°씩 차이 난다. 따라서 상전류도 평형을 이루고, 이들로부터 얻는 세 선전류 역시 크기가 같으며 **서로 120°의 위상차**를 갖는다.

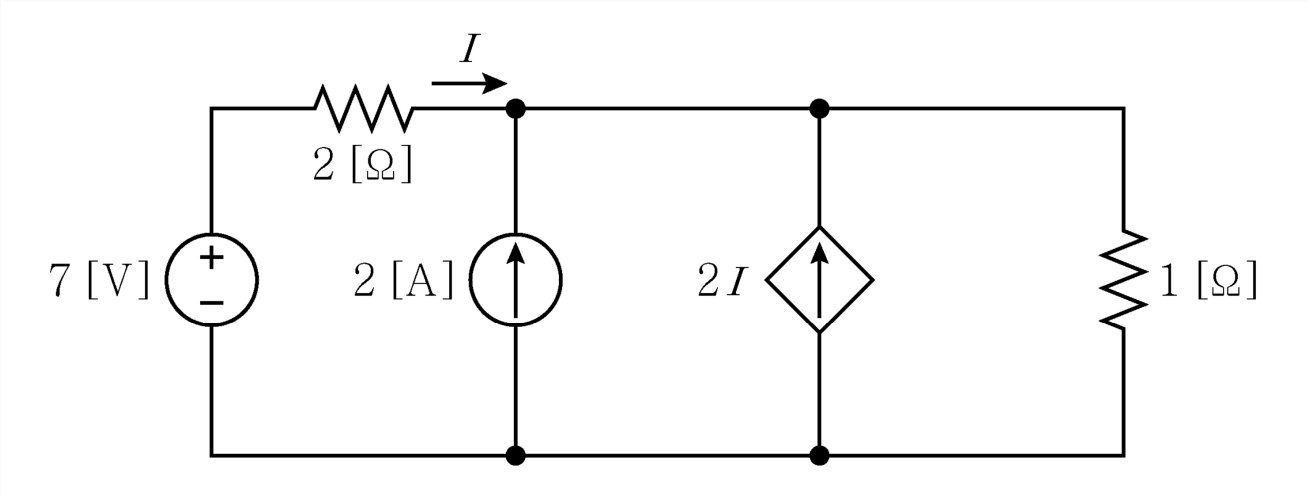
② O: Δ결선에서는 각 부하 가지가 **두 선 사이에 직접 연결**된다. 따라서 부하 양단에 걸리는 상전압이 곧 해당 두 선 사이의 선간전압이므로 두 전압의 크기가 같다.

③ X: Δ결선의 접속점에 전류법칙을 적용하면 선전류는 두 상전류의 벡터 차이가 된다. 두 상전류는 크기가 같고 위상이 120° 차이 나므로, 선전류의 크기는 $I_L = \sqrt{3} I_\phi$이다. 따라서 **상전류와 선전류의 크기 관계가 반대로 서술**되어 있다. 올바른 관계는 $I_\phi = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$이다.

④ O: 선전류는 한 상전류를 그대로 따르는 것이 아니라, 위상이 120° 다른 두 상전류의 벡터 차이로 정해진다. 이 벡터 차이의 방향은 대응하는 상전류의 방향과 **30°의 위상차**를 이루므로 상전류와 선전류 사이에는 위상차가 존재한다.

NoteBase

문 13. 그림의 회로에서 전류 I [A]는?



① 0.4

② 1

③ 1.4

④ 2

정답 2번

간단한 해설

위쪽 접점에는 **두 전류원의 전류가 모두 유입**되므로 1Ω 저항의 전류는 $3I + 2$이다. 이 저항의 전압과 왼쪽 7V 전원·2Ω 저항의 전압 관계를 함께 적용하면 I = 1 A이다.

계산 과정

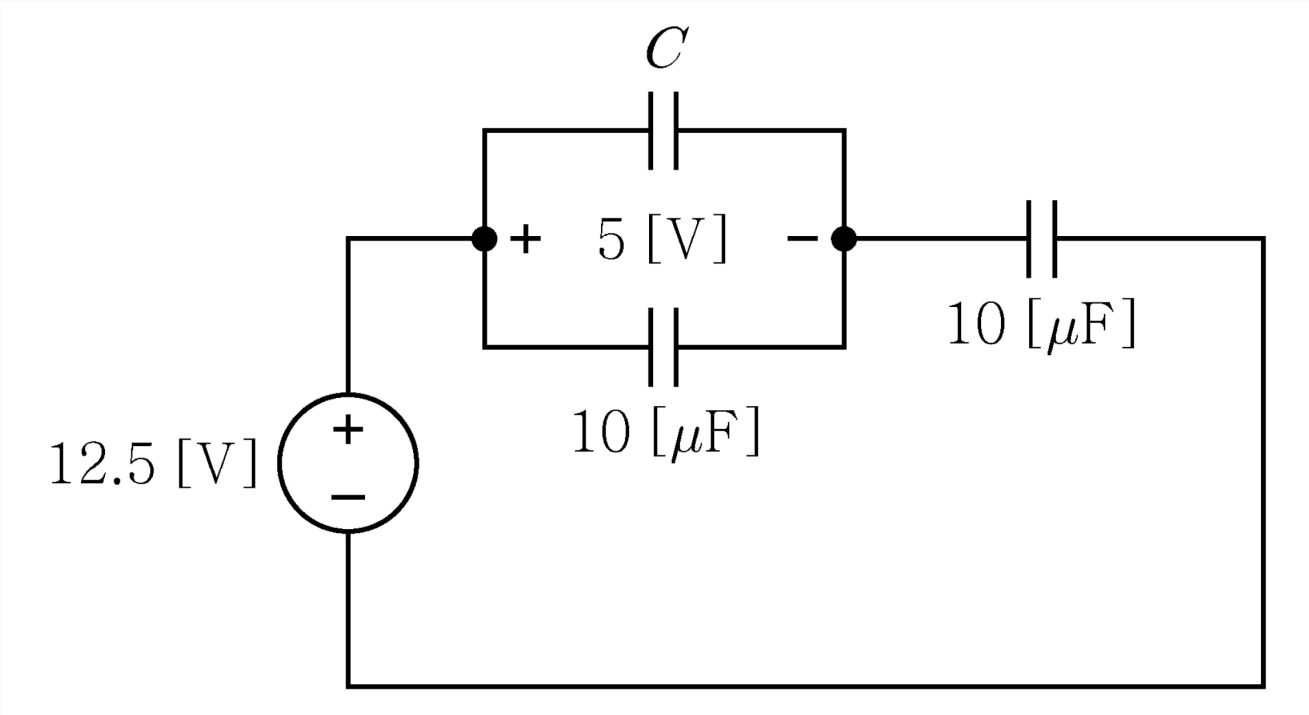
아래쪽 공통 도선을 기준 전위 0V로 두고, 위쪽 공통 접점의 전위를 V, 그림의 화살표 방향 전류를 I로 둔다. 왼쪽 전압원은 위 단자가 +이므로 2Ω 저항의 왼쪽 전위는 7V이다. 옴의 법칙에 따라 $I = \frac{7 - V}{2}$이며, 이를 정리하면 $V = 7 - 2I$이다.

위쪽 접점에서 키르히호프의 전류 법칙을 적용한다. 왼쪽에서 들어오는 전류 I와, **위쪽으로 향하는 두 전류원**의 전류 2 A 및 $2I$가 모두 유입된다. 따라서 1Ω 저항을 통해 아래쪽으로 나가는 전류는 $I + 2 + 2I = 3I + 2$이다. 이 저항의 양단 전압이 V이므로 $\frac{V}{1} = 3I + 2$, 즉 $V = 3I + 2$이다.

두 식의 V는 **같은 위쪽 접점의 전위**이므로 $7 - 2I = 3I + 2$이다. 이를 정리하면 $5I = 5$이므로 I = 1 A이다. 양수이므로 실제 전류는 그림의 화살표처럼 오른쪽으로 흐르며, 계산값은 ②의 1 A와 일치한다.

NoteBase

문 14. 그림의 회로에서 커패시턴스 C[μF]는? (단, 회로는 정상상태이다)



① 2.5

② 5

③ 7.5

④ 10

정답 2번

간단한 해설

왼쪽 병렬 부분의 전압이 5 V이므로 오른쪽 10 μF 커패시터의 전압은 7.5 V이다. **직렬로 연결된 두 부분의 전하량이 같다는 관계**를 적용하면 왼쪽의 합성 커패시턴스는 15 μF이므로, C는 5 μF이다.

NoteBase

계산 과정

1) 연결 관계: 그림에서 C와 아래쪽 10 μF 커패시터는 같은 두 접점 사이에 있으므로 **병렬 연결**이다. 이 부분의 합성 커패시턴스를 C_p라 하면 $C_p = C + 10\mu\text{F}$이다. 병렬 부분 전체에 걸린 전압은 그림에 표시된 5 V이며, 이 부분은 오른쪽 10 μF 커패시터와 직렬로 연결되어 있다.

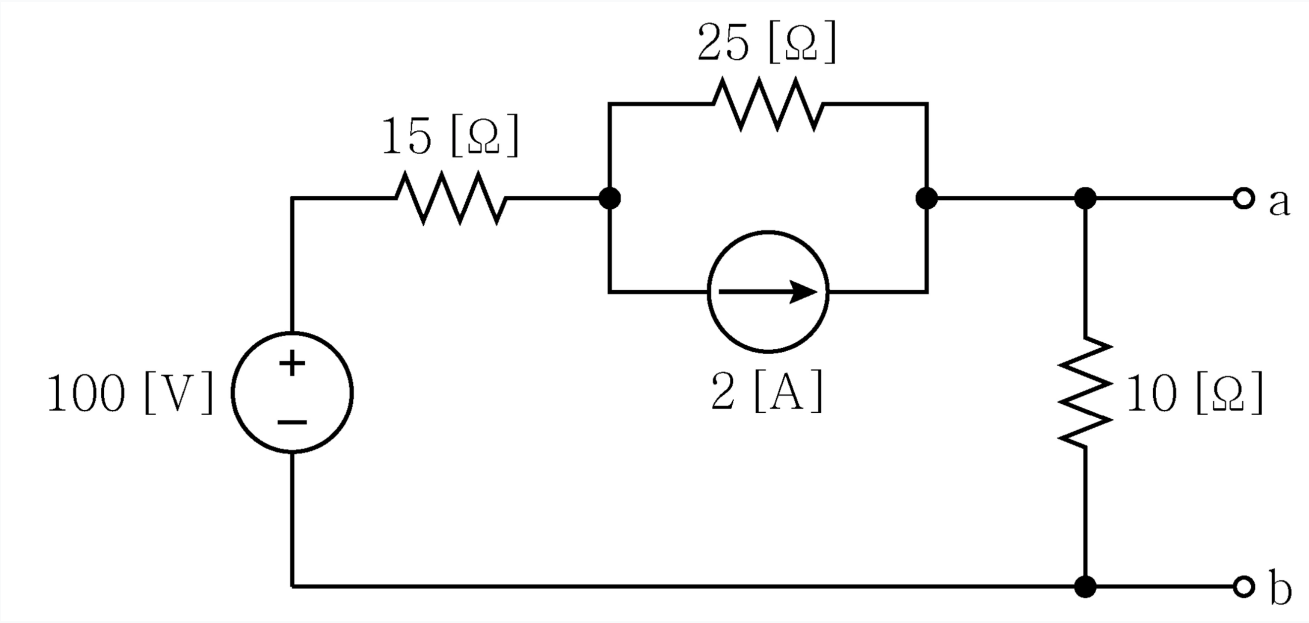
2) 오른쪽 커패시터의 전압: 전원 전압 12.5 V는 직렬로 연결된 두 부분에 나뉘어 걸린다. 따라서 오른쪽 커패시터의 전압은 12.5 − 5 = 7.5 V이다.

3) 병렬 부분의 합성 커패시턴스: 커패시터의 전하량은 $Q = CV$로 구한다. 오른쪽 커패시터에 저장된 전하량은 $Q = 10\mu\text{F} \cdot 7.5\text{V} = 75\mu\text{C}$이다. **직렬로 연결된 두 부분의 전하량은 같으므로** 왼쪽 병렬 부분에 저장된 총전하량도 75 μC이다. 따라서 $C_p = \frac{75\mu\text{C}}{5\text{V}} = 15\mu\text{F}$이다.

4) C 계산: 병렬 합성값 15 μF에는 아래쪽 커패시터의 10 μF가 포함되어 있다. 따라서 $C = 15 - 10 = 5\mu\text{F}$이며, 선택지 ②의 5에 해당한다.

NoteBase

문 15. 그림의 회로에서 단자 a-b의 테브난 등가 전압 V_{Th} [V]와 테브난 등가 저항 R_{Th} [Ω]는?



① V_{Th} [V]: 30, R_{Th} [Ω]: 8

② V_{Th} [V]: 30, R_{Th} [Ω]: 10

③ V_{Th} [V]: 50, R_{Th} [Ω]: 8

④ V_{Th} [V]: 50, R_{Th} [Ω]: 10

정답 1번

간단한 해설

단자 a-b를 개방해도 **회로 내부의 10 Ω에는 전류가 흐르므로**, 그 양단 전압이 테브난 등가 전압 30 V이다. 등가 저항은 독립 전압원을 단락하고 독립 전류원을 개방한 뒤 구하면 8 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

개방 조건과 전류: 테브난 등가 전압은 외부 부하를 연결하지 않은 단자 a-b의 전압이다. 그림의 **10 Ω는 회로 내부에 있으므로 그대로 둔다**. b의 전위를 0 V로 잡고, 15 Ω를 왼쪽에서 오른쪽으로 흐른 뒤 10 Ω를 통해 b로 내려가는 전류를 I라 하자. 2 A 전류원은 왼쪽 접점에서 오른쪽 접점으로 전류를 보내므로, 25 Ω를 왼쪽에서 오른쪽으로 흐르는 전류는 $I - 2$이다.

테브난 등가 전압: 전압원의 위쪽이 +이므로 바깥쪽 폐회로에 키르히호프 전압 법칙을 적용하면 $100 = 15I + 25(I - 2) + 10I$이다. 이를 정리하면 $50I = 150$이므로 I = 3 A이다. 이때 25 Ω에는 1 A가 흐르고, 오른쪽 접점에서 전류원의 2 A와 합쳐져 10 Ω에 3 A가 흐른다. 따라서 a의 전위는 b보다 30 V 높으며, $V_{Th} = 3 \cdot 10 = 30\text{V}$이다.

테브난 등가 저항: **독립 전압원은 단락하고 독립 전류원은 개방한다**. 그러면 a에서 b로 가는 경로는 10 Ω인 경로와 25 Ω · 15 Ω가 직렬인 경로 두 개이다. 직렬 경로의 저항은 25 + 15 = 40 Ω이고, 이 경로가 10 Ω와 병렬이므로 $R_{Th} = \frac{10 \cdot 40}{10 + 40} = 8\Omega$이다.

따라서 V_{Th}는 30 V, R_{Th}는 8 Ω이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 저항 10 [Ω]에 비정현파 전류 $i_s(t) = 3\sin(\omega t) + \sin(3\omega t)$ [A]가 흐를 때, 전류의 실횻값 I_s [A]와 저항의 평균전력 P [W]는? (단, ω는 각주파수이다)

① I□ [A]: $\sqrt{5}$, P [W]: 50

② I□ [A]: $\sqrt{5}$, P [W]: 100

③ I□ [A]: $\sqrt{10}$, P [W]: 50

④ I□ [A]: $\sqrt{10}$, P [W]: 100

정답 1번

간단한 해설

기본파와 제3고조파는 한 주기 동안 곱의 평균이 0이므로 **각 성분의 실횻값을 제곱해 더한다**. 전류의 실횻값은 $I_s = \sqrt{5}\,\mathrm{A}$이고, 저항의 평균전력은 $P = RI_s^2 = 50\mathrm{W}$이다.

계산 과정

전류는 진폭이 3 A인 기본파와 진폭이 1 A인 제3고조파의 합이다. 실횻값은 **전류를 제곱한 값의 한 주기 평균에 제곱근을 취한 값**이다. 공통 주기 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ 동안 각 사인파의 제곱평균은 진폭 제곱의 절반이고, 서로 다른 차수인 두 성분의 곱의 평균은 0이다. 따라서 전체 전류를 제곱할 때 생기는 교차항은 평균에 기여하지 않는다.

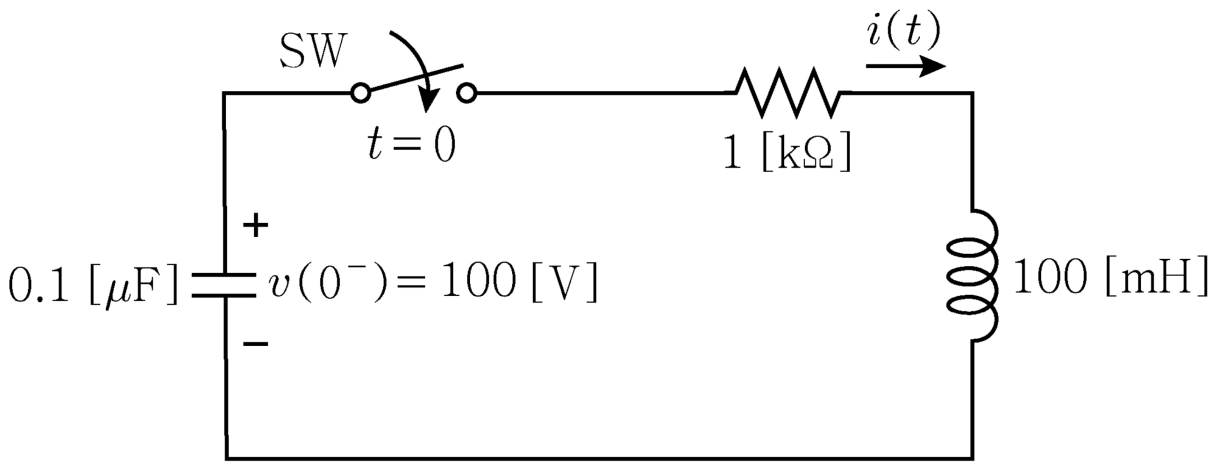
기본파와 제3고조파의 실횻값은 각각 $\frac{3}{\sqrt{2}}\mathrm{A}$, $\frac{1}{\sqrt{2}}\mathrm{A}$이다. 이 값들을 단순히 더하지 않고, **제곱의 합에 제곱근을 취한다**. $I_s^2 = \frac{3^2}{2} + \frac{1^2}{2} = 5\mathrm{A}^2$이므로 $I_s = \sqrt{5}\,\mathrm{A}$이다. 여기서 5 A^2는 전체 전류의 제곱평균이다.

저항에서는 순간전력이 $p(t) = Ri_s^2(t)$이므로, 평균전력은 저항과 전류의 제곱평균을 곱한 $P = RI_s^2$이다. 저항 R = 10 Ω을 대입하면 $P = 10 \cdot 5 = 50\mathrm{W}$이다.

따라서 $I_s = \sqrt{5}\,\mathrm{A}$, P = 50 W로, ①의 두 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 그림의 회로에서 스위치 SW를 t=0에서 닫았을 때, 전류 i(t) [A]의 자연 응답 특성은?



① 무감쇠

② 과감쇠

③ 부족감쇠

④ 임계감쇠

정답 3번

간단한 해설

직렬 RLC 회로의 감쇠계수는 $\alpha = 5000\text{s}^{-1}$, 비감쇠 고유각주파수는 $\omega_0 = 10000\text{rad/s}$이다. **감쇠계수가 비감쇠 고유각주파수보다 작으므로** 전류는 진폭이 줄어들면서 진동하는 부족감쇠 응답을 보인다.

NoteBase

계산 과정

회로와 주어진 값: SW를 닫으면 저항·인덕터·커패시터가 **직렬 RLC 회로**를 이룬다. R = 1000 Ω, L = 0.1 H, $C = 10^{-7}$F이다. 외부 전원이 없으므로 커패시터에 처음 저장된 에너지에 의해 자연 응답이 발생한다. 초기 커패시터 전압 100 V는 응답의 크기에 영향을 주며, 감쇠의 종류는 R, L, C로 결정된다.

판정식: 직렬 회로의 전압 관계를 미분하면 전류의 자연 응답은 $L\frac{d^2i}{dt^2} + R\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$을 만족한다. 이를 표준 특성방정식 $s^2 + 2\alpha s + \omega_0^2 = 0$과 비교하면 $\alpha = \frac{R}{2L}$, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다. 감쇠계수는 진폭이 감소하는 빠르기를, 비감쇠 고유각주파수는 저항에 의한 손실이 없을 때의 고유한 진동 빠르기를 나타낸다.

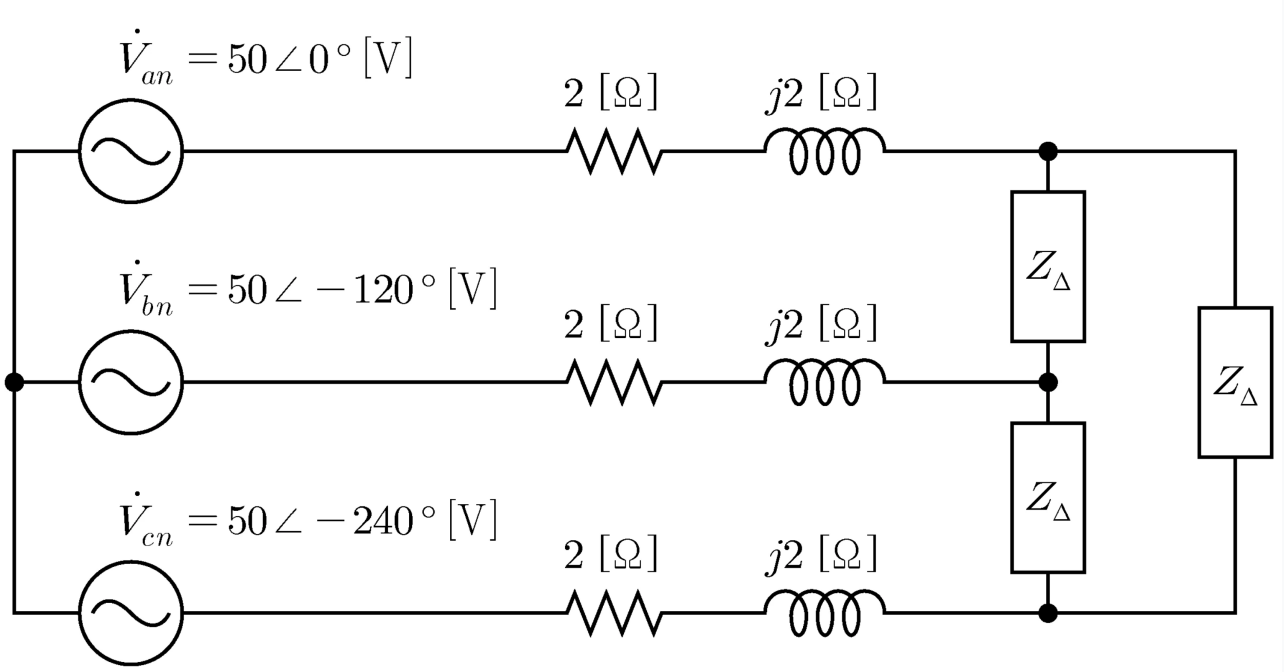
감쇠계수 계산: $\alpha = \frac{1000}{2 \cdot 0.1} = 5000\text{s}^{-1}$이다.

비감쇠 고유각주파수 계산: $LC = 0.1 \cdot 10^{-7} = 10^{-8}\text{s}^2$이므로 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{10^{-8}}} = 10000\text{rad/s}$이다.

응답 특성: $0 < \alpha < \omega_0$이므로 특성근 $s = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$는 음의 실수부를 갖는 켤레복소수이다. 따라서 전류는 진폭이 지수적으로 감소하면서 진동하며, 이는 ③ 부족감쇠에 해당한다.

NoteBase

문 18. 그림의 회로에서 한 상의 부하가 $Z_\Delta = 3 + j6[\Omega]$일 때, 3상 부하 전체의 유효전력 P[W]와 무효전력 Q[VAR]는? (단, 전압은 실횻값이다)



① P [W]: 100, Q [VAR]: 200

② P [W]: 300, Q [VAR]: 400

③ P [W]: 300, Q [VAR]: 600

④ P [W]: 900, Q [VAR]: 1,200

정답 3번

간단한 해설

Δ부하를 Y결선으로 바꾸면 한 상의 임피던스는 1 + j2 Ω이다. 선로 임피던스를 포함해 구한 선전류가 10 A이므로, **부하에 해당하는 저항과 리액턴스**에 적용하면 전체 유효전력은 300 W, 무효전력은 600 VAR이다.

NoteBase

계산 과정

1. 부하를 Y결선으로 변환한다. 그림의 전원은 각 상의 실횻값이 50 V이고 위상차가 120°인 평형 3상 전원이다. 각 선로의 임피던스와 Δ부하도 동일하므로, **평형 Δ부하를 등가 Y부하로 변환**해 한 상만 계산할 수 있다. 등가 Y부하의 한 상 임피던스는 $Z_Y = \frac{Z_\Delta}{3} = \frac{3 + j6}{3} = 1 + j2[\Omega]$이다.

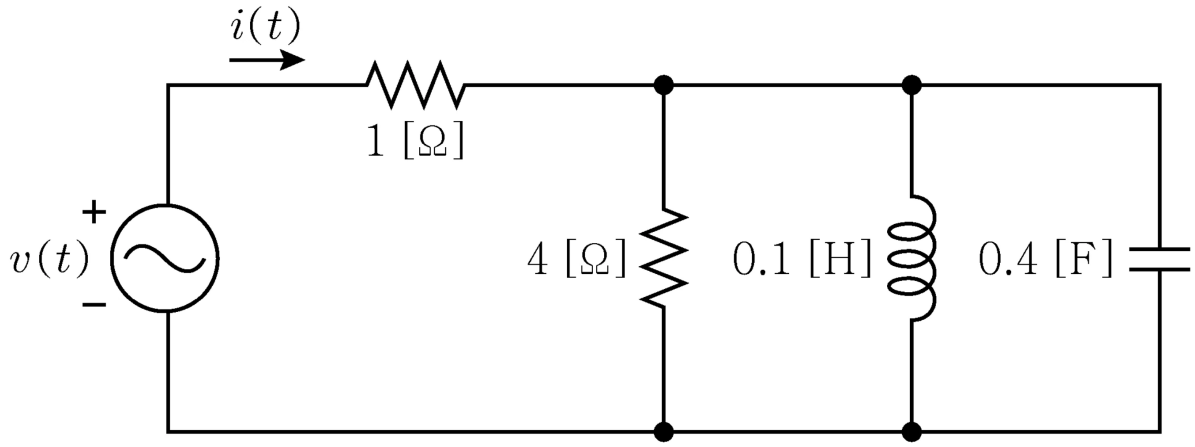
2. 선전류를 구한다. 한 상에서 선로 임피던스 2 + j2 Ω과 등가 부하 임피던스 1 + j2 Ω은 직렬이므로, Z_합=(2+j2)+(1+j2)=3+j4 [Ω]이다. 따라서 그 크기는 |Z_합|=√(3^2+4^2)=5 [Ω]이고, 선전류의 실횻값은 $I = \frac{50}{5} = 10[\mathrm{A}]$이다. 이 전류는 등가 Y부하의 각 상에 흐르는 전류이다.

3. 부하의 전력을 계산한다. 실횻값 전류가 I인 임피던스 R + jX의 유효전력과 무효전력은 각각 I^2R, I^2X이다. 문제에서 구하는 것은 **3상 부하 자체의 전력**이므로, 등가 부하의 R = 1 Ω과 X = 2 Ω을 사용한다. 세 상의 전력이 같으므로 $P = 3I^2R = 3 \cdot 10^2 \cdot 1 = 300[\mathrm{W}]$, $Q = 3I^2X = 3 \cdot 10^2 \cdot 2 = 600[\mathrm{VAR}]$이다. X가 양수이므로 유도성 무효전력이다.

전체 부하의 유효전력 300 W와 무효전력 600 VAR은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림의 회로에서 교류 전류의 진폭 I_m [A]이 최소가 되는 주파수 f [Hz]와 이 주파수에서 전류의 진폭 I_m [A]은? (단, $v(t) = 100\sin(2\pi ft)$ [V]이고, $i(t) = I_m\sin(2\pi ft + \theta)$ [A]이다)



① f [Hz]: $\frac{1}{0.4\pi}$, I_m [A]: 20

② f [Hz]: $\frac{1}{0.4\pi}$, I_m [A]: 100

③ f [Hz]: $\frac{1}{0.2\pi}$, I_m [A]: 20

④ f [Hz]: $\frac{1}{0.2\pi}$, I_m [A]: 100

정답 1번

간단한 해설

전원 전류는 **병렬 공진으로 전체 임피던스가 최대**일 때 최소가 된다. 공진 주파수는 $f = \frac{1}{0.4\pi}$ Hz이고, 이때 전체 저항은 1 + 4 = 5 Ω이므로 전류의 진폭은 20 A이다.

NoteBase

계산 과정

회로 구성과 최소 조건: 그림에서 1 Ω 저항은 4 Ω 저항·0.1 H 코일·0.4 F 커패시터의 병렬부와 직렬로 연결되어 있다. 전원 전압의 진폭은 100 V이므로 전류의 진폭은 $I_m = \frac{100}{|Z|}$ A이다. 따라서 **전체 임피던스의 크기가 최대**가 되는 주파수를 구한다.

병렬 공진 조건: 각주파수를 $\omega = 2\pi f$라 하면 병렬부의 어드미턴스는 $Y_p = G + jB$이다. 여기서 $G = \frac{1}{4}$ S, $B = \omega C - \frac{1}{\omega L}$이다. 병렬부 임피던스의 크기는 $|Z_p| = \frac{1}{\sqrt{G^2 + B^2}}$이므로 **코일과 커패시터의 서셉턴스가 상쇄**되어 B = 0일 때 최대인 4 Ω이 된다. 전체 임피던스의 크기는 직렬 저항 1 Ω과 병렬부 임피던스 크기의 합을 넘을 수 없다. B = 0에서는 병렬부가 순저항 4 Ω이 되어 전체가 5 Ω에 이르므로, 이때 전원 전류가 최소이다.

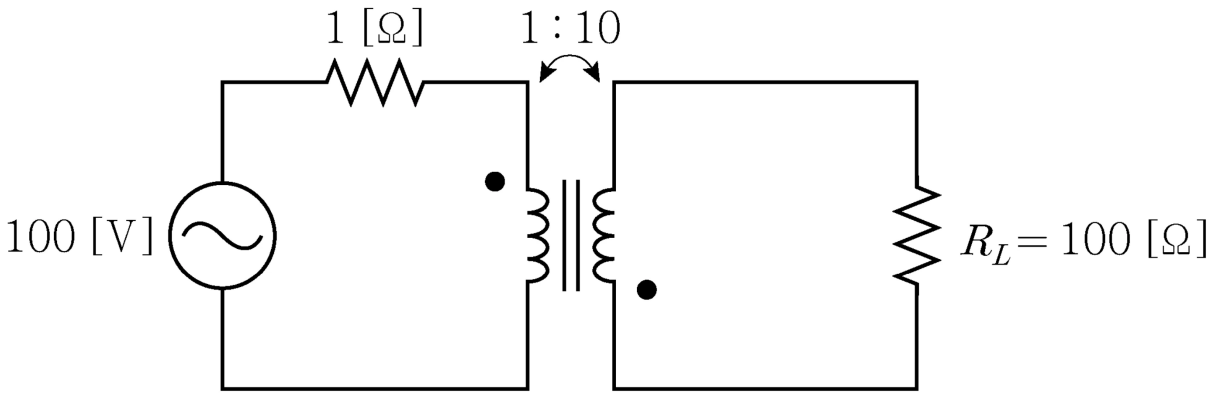
주파수 계산: 공진 조건 $\omega_0 C = \frac{1}{\omega_0 L}$에서 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다. 따라서 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{0.1 \cdot 0.4}} = 5$ rad/s이다. 이는 각주파수이므로 **2π로 나누어 주파수로 환산**하면 $f_0 = \frac{5}{2\pi} = \frac{1}{0.4\pi}$ Hz이다.

전류 진폭 계산: 공진 시 전체 임피던스는 1 + 4 = 5 Ω이므로 $I_m = \frac{100}{5} = 20$ A이다. 전압과 전류 모두 진폭을 사용하므로 실효값으로 변환할 필요가 없다.

구한 주파수 $\frac{1}{0.4\pi}$ Hz와 전류 진폭 20 A의 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림의 회로에서 부하 저항 R_L의 평균전력 P[kW]는? (단, 변압기는 이상적이고 전압은 실횻값이다)



① 2.5

② 5

③ 7.5

④ 10

정답 1번

간단한 해설

부하를 1차측으로 환산하면 **권수비의 제곱**이 적용되어 1 Ω이 된다. 전원의 직렬 저항 1 Ω과 전압을 절반씩 나누므로 1차 권선 전압은 50 V, 부하 전압은 500 V이며 평균전력은 2.5 kW이다.

NoteBase

계산 과정

1차측 환산 부하: 그림의 권수비는 $N_1 : N_2 = 1 : 10$이고, 2차측 부하 저항은 $R_L = 100\Omega$이다. 이상적 변압기에서 부하를 1차측으로 환산한 저항은 **1차와 2차 권수비의 제곱에 비례**한다. 따라서 $R_L' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L$에 따라 $R_L' = \left(\frac{1}{10}\right)^2 \cdot 100 = 1\Omega$이다.

1차 전류: 환산한 부하 1 Ω과 전원에 직렬로 연결된 저항 1 Ω을 더하면 전체 저항은 2 Ω이다. 전원 전압 100 V는 실횻값이므로 1차 전류의 실횻값은 $I_1 = \frac{100}{1+1} = 50\text{A}$이다.

부하 전압: 1차 권선에 걸리는 전압은 전원 전압에서 **직렬 저항의 전압 강하를 뺀 값**이다. 따라서 $V_1 = 100 - 50 \cdot 1 = 50\text{V}$이다. 이상적 변압기의 전압비는 권수비와 같으므로 $V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1 = 10 \cdot 50 = 500\text{V}$이며, 이 전압이 부하에 그대로 걸린다.

평균전력: 부하는 순수 저항이고 전압은 실횻값이므로 $P = \frac{V_2^2}{R_L}$을 적용한다. 따라서 $P = \frac{500^2}{100} = 2500\text{W}$이다. 1000 W = 1 kW이므로 부하의 평균전력은 2.5 kW이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase