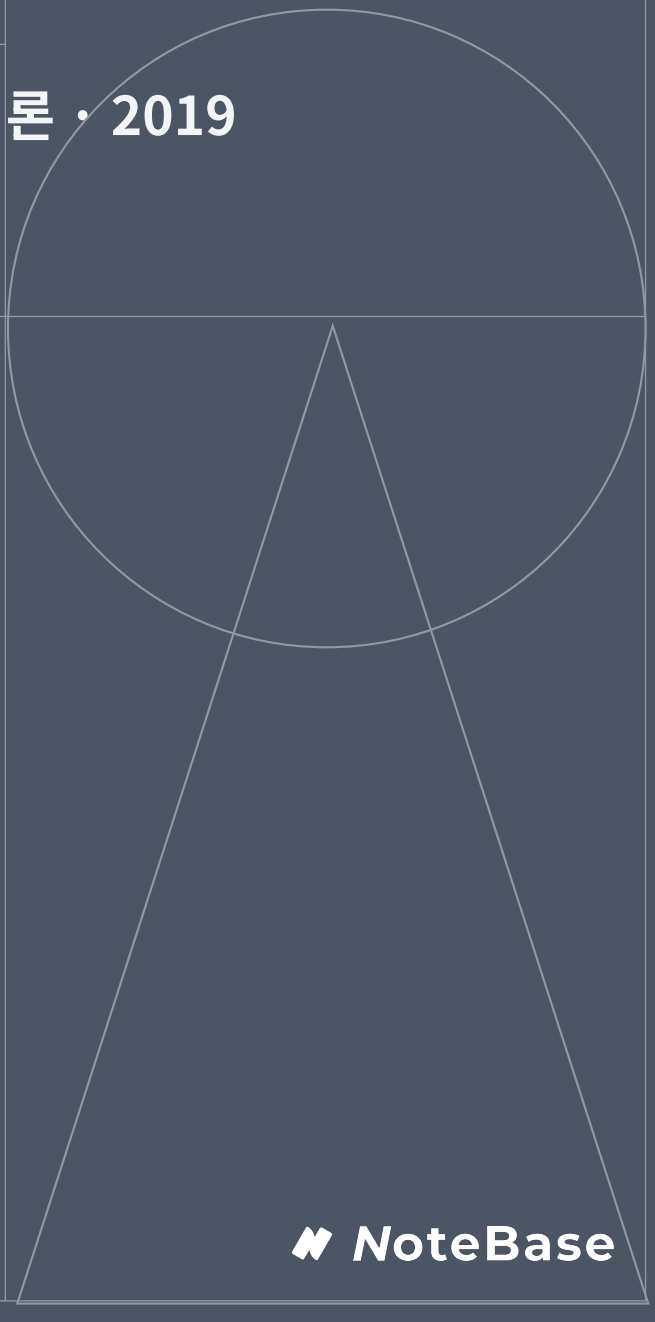
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2019

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2019

문 1. 2개의 코일이 단일 철심에 감겨 있으며 결합계수가 0.5이다. 코일 1의 인덕턴스가 10[μH]이고 코일 2의 인덕턴스가 40[μH]일 때, 상호 인덕턴스[μH]는?

① 1

② 2

③ 4

④ 10

정답 4번

간단한 해설

상호 인덕턴스는 두 자기 인덕턴스의 **기하평균에 결합계수를 곱한 값**이다. 기하평균 20 μH에 결합계수 0.5를 곱하면 10 μH이다.

계산 과정

두 코일의 자기 인덕턴스는 $L_1 = 10\mu$H, $L_2 = 40\mu$H이고, 결합계수는 k = 0.5이다. 결합계수는 상호 인덕턴스 M을 두 자기 인덕턴스의 기하평균으로 나눈 값으로 정의되므로, $M = k\sqrt{L_1 L_2}$를 적용한다.

먼저 두 자기 인덕턴스의 기하평균은 $\sqrt{L_1 L_2} = \sqrt{10 \cdot 40}\,\mu\text{H} = 20\mu$H이다. 두 인덕턴스를 **같은 단위인 μH로 대입**했으므로 기하평균의 단위도 μH이다.

여기에 결합계수를 곱하면 $M = 0.5 \cdot 20 = 10\mu$H이다. 따라서 상호 인덕턴스는 10 μH로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 비사인파 교류 전압 $v(t) = 10 + 5\sqrt{2}\sin\omega t + 10\sqrt{2}\sin(3\omega t + \frac{\pi}{6})$[V]일 때, 전압의 실횻값[V]은?

① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 3번

간단한 해설

직류 성분과 주파수가 다른 정현파 성분이 합쳐진 전압은 **각 성분의 실효값을 제곱하여 더한 뒤 제곱근**을 구한다. 각 성분의 실효값이 10 V, 5 V, 10 V이므로 전체 실효값은 15 V이다.

계산 과정

실효값의 계산 원리: 실효값은 한 주기 동안 전압을 제곱한 값의 평균에 제곱근을 취한 값이다. 직류 성분과 기본파·제3고조파는 한 주기 동안 서로 곱한 항의 평균이 0이므로, 전체 실효값의 제곱은 **각 성분 실효값의 제곱합**이다.

직류 성분: 일정한 전압 10 V는 제곱평균이 $100\,\mathrm{V}^2$이므로 실효값도 10 V이다. 이를 $V_0 = 10\mathrm{V}$로 둔다.

기본파 성분: 정현파는 한 주기 동안 사인값의 제곱평균이 1/2이므로 **최댓값을 $\sqrt{2}$로 나누면 실효값**이 된다. 기본파의 최댓값은 $5\sqrt{2}\mathrm{V}$이므로 $V_1 = \frac{5\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 5\mathrm{V}$이다.

제3고조파 성분: 최댓값이 $10\sqrt{2}\mathrm{V}$이므로 $V_3 = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 10\mathrm{V}$이다. 위상 $\frac{\pi}{6}$은 한 주기 동안의 제곱평균을 바꾸지 않으며, 기본파와 주파수가 달라 곱한 항의 평균도 0이다.

전체 실효값: $V = \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_3^2}$에 각 성분의 실효값을 대입한다. $V = \sqrt{10^2 + 5^2 + 10^2} = \sqrt{225} = 15\mathrm{V}$이므로 ③의 15 V에 해당한다.

NoteBase

문 3. 전압 $v(t) = 110\sqrt{2}\sin(120\pi t + \frac{2\pi}{3})$ [V]인 파형에서 실횻값[V], 주파수[Hz] 및 위상[rad]으로 옳은 것은?

① 실횻값: 110, 주파수: 60, 위상: $\frac{2\pi}{3}$

② 실횻값: 110, 주파수: 60, 위상: $-\frac{2\pi}{3}$

③ 실횻값: $110\sqrt{2}$, 주파수: 120, 위상: $-\frac{2\pi}{3}$

④ 실횻값: $110\sqrt{2}$, 주파수: 120, 위상: $\frac{2\pi}{3}$

정답 1번

간단한 해설

정현파의 **실횻값**은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 110 V이고, **주파수**는 각주파수 120π rad/s를 2π로 나눈 60 Hz이다. 사인함수 안의 상수항이 양수이므로 위상은 $+\frac{2\pi}{3}$ rad이다.

계산 과정

정현파 전압을 $v(t) = V_m\sin(\omega t + \phi)$로 나타내면, V_m은 최댓값, ω는 각주파수, ϕ는 기준 사인파에 대한 초기위상이다.

실횻값: 같은 저항에서 같은 평균 전력을 내는 직류 전압의 크기이다. 정현파는 사인함수 제곱의 한 주기 평균이 1/2이므로, **최댓값을 $\sqrt{2}$로 나누어** 실횻값을 구한다. 주어진 최댓값은 $V_m = 110\sqrt{2}$ V이므로 $V_{\text{rms}} = \frac{110\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 110$ V이다.

주파수: 주파수 f는 1초 동안 반복하는 주기의 수이고, 각주파수는 1초 동안 변하는 위상각이다. **한 주기의 위상각이 2π rad**이므로 $\omega = 2\pi f$가 성립한다. t의 계수에서 $\omega = 120\pi$ rad/s를 읽으면 $f = \frac{120\pi}{2\pi} = 60$ Hz이다.

위상: 사인함수 안에서 t와 무관한 상수항을 읽는다. 여기서는 $\phi = +\frac{2\pi}{3}$ rad이며, 기준 파형 $\sin(120\pi t)$보다 **위상이 앞선다**. 상수항 앞의 부호가 양수이므로 음의 위상으로 바꾸지 않는다.

실횻값 110 V, 주파수 60 Hz, 위상 $+\frac{2\pi}{3}$ rad의 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 4. 회로에서 임의의 두 점 사이를 5[C]의 전하가 이동하여 외부에 대하여 100[J]의 일을 하였을 때, 두 점 사이의 전위차[V]는?

① 20

② 40

③ 50

④ 500

정답 1번

간단한 해설

전위차는 **전하 1 C당 한 일**에 해당한다. 5 C의 전하가 100 J의 일을 하였으므로 두 점 사이의 전위차는 20 V이다.

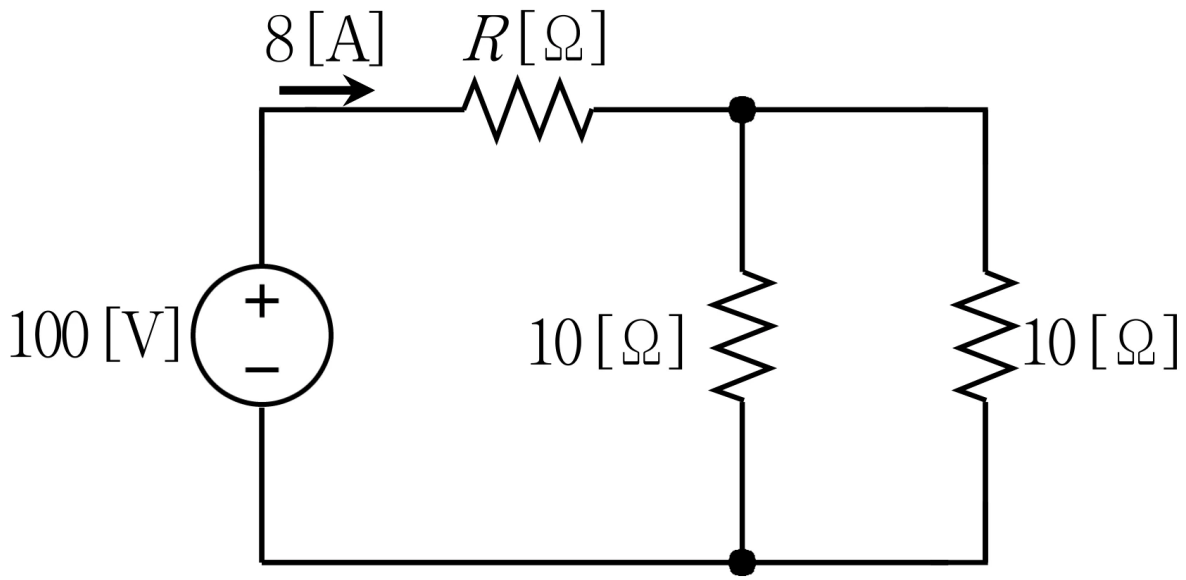
계산 과정

전위차의 크기 V는 두 점 사이를 이동한 전하량 Q로 그 전하가 한 일 W를 나눈 값이다. 즉, **일을 전하량으로 나누어** 단위 전하당 에너지를 구하므로 $V = \frac{W}{Q}$를 적용한다. 이때 1 V는 1 C의 전하가 이동할 때 1 J의 일을 하는 전위차이다.

주어진 일 W = 100 J와 전하량 Q = 5 C를 대입하면 $V = \frac{100}{5} = 20\text{V}$이다. 이는 전하 1 C당 20 J의 일을 하였다는 뜻이며, 계산한 20 V는 ①에 해당한다.

NoteBase

문 5. 그림의 회로에서 저항 R[Ω]은?



① 2.5

② 5.0

③ 7.5

④ 10.0

정답 3번

간단한 해설

전원에서 본 전체 저항은 12.5 Ω이고, 10 Ω 두 개의 병렬 합성저항은 5 Ω이다. 두 부분은 **직렬 연결**이므로 R은 그 차인 **7.5 Ω**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 병렬 부분의 합성저항: 오른쪽의 10 Ω 저항 두 개는 위쪽과 아래쪽의 같은 두 접점 사이에 연결되어 있으므로 **병렬 연결**이다. 병렬 합성저항을 R_p라 하면, $R_p = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5\Omega$이다.

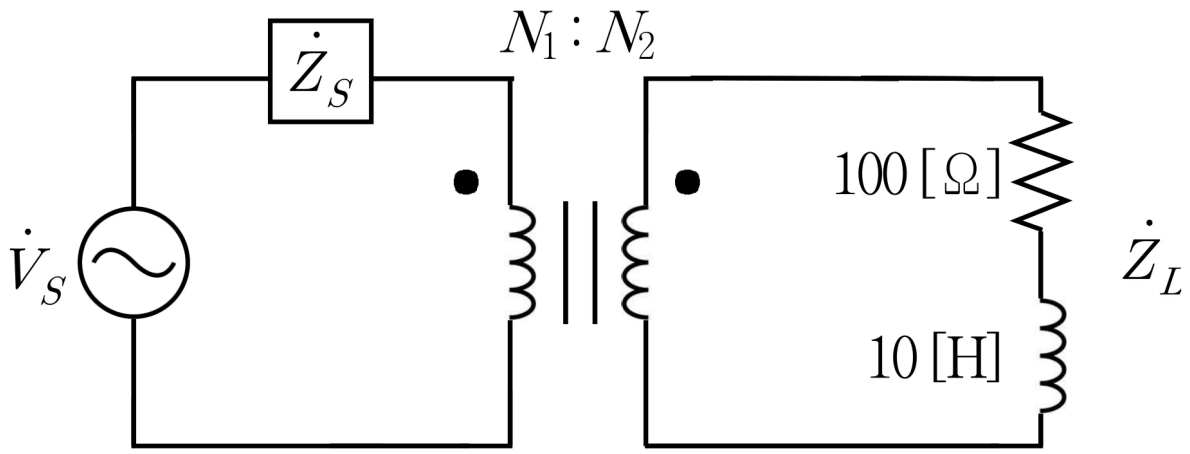
2. 회로 전체의 합성저항: R을 흐르는 8 A는 **분기되기 전의 전체 전류**이다. 전원 전압 100 V와 전체 전류 8 A에 옴의 법칙을 적용하면, 전체 합성저항은 $R_t = \frac{100}{8} = 12.5\Omega$이다.

3. R 계산: R과 오른쪽 병렬 부분은 직렬로 연결되어 있으므로 전체 합성저항은 두 저항의 합이다. 따라서 $R_t = R + R_p$에서 $R = 12.5 - 5 = 7.5\Omega$이다.

구한 저항 R은 7.5 Ω이므로 ③의 7.5에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림의 회로에서 $N_1 : N_2 = 1 : 10$을 가지는 이상변압기(ideal transformer)를 적용하는 경우 $\dot{Z}_L$에 최대전력이 전달되기 위한 $\dot{Z}_S$는? (단, 전원의 각속도 w=50 [rad/s]이다)



① $1\,[\Omega]$ $1\,[\mathrm{H}]$

② $1\,[\Omega]$ $10\,[\mathrm{mH}]$

③ $1\,[\Omega]$ $4\,[\mathrm{mF}]$

④ $1\,[\Omega]$ $4\,[\mathrm{F}]$

정답 3번

간단한 해설

부하를 1차측으로 환산하면 $\dot{Z}_{L1} = 1 + j5\Omega$이며, 최대전력 전달에는 **켤레 임피던스 정합**이 필요하다. 따라서 전원측에는 1 Ω 저항과 4 mF 커패시터를 직렬로 연결하여 $\dot{Z}_S = 1 - j5\Omega$로 맞춘다.

NoteBase

계산 과정

부하 임피던스: 2차측 부하는 100 Ω 저항과 10 H 인덕터의 직렬회로이다. 각속도가 50 rad/s이므로 유도성 리액턴스는 $X_L = \omega L = 50 \cdot 10 = 500\Omega$이다. 따라서 $\dot{Z}_L = 100 + j500\Omega$이다. 여기서 j는 허수단위이다.

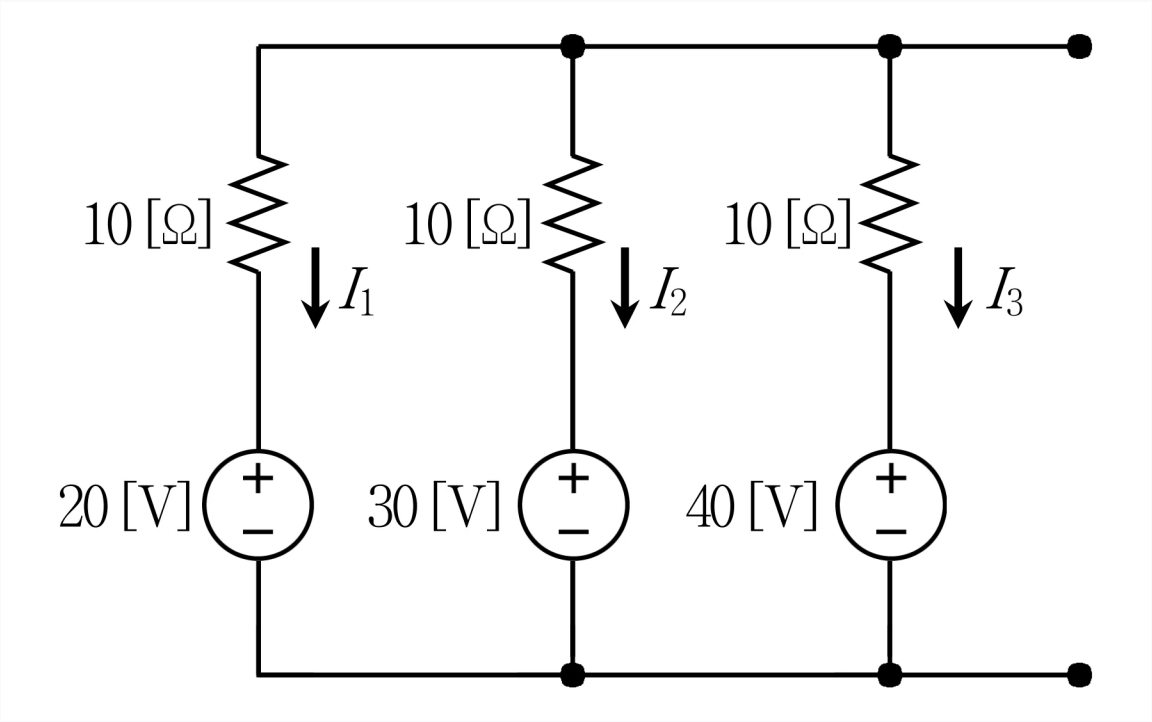
1차측 환산: 이상변압기에서 부하를 1차측으로 옮기면 임피던스에 **권수비의 제곱**을 곱한다. 이는 전압비가 권수비이고 전류비는 그 역수이기 때문이다. 따라서 $\dot{Z}_{L1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \dot{Z}_L$이다. 이 회로에서는 $\dot{Z}_{L1} = \frac{100 + j500}{100} = 1 + j5\Omega$가 된다. 이 값은 전원측에서 변압기와 부하를 바라본 입력 임피던스이다.

최대전력 전달 조건: 교류회로의 임피던스 정합에서는 저항 성분은 같고 **리액턴스는 크기가 같으면서 부호가 반대**가 되어야 한다. 따라서 $\dot{Z}_S = \dot{Z}_{L1}^* = 1 - j5\Omega$이다. 별표는 켤레복소수를 뜻한다. 부하의 유도성 리액턴스 +5 Ω을 상쇄하려면 전원측에 용량성 리액턴스 −5 Ω이 필요하다. 이상변압기에는 손실이 없으므로 1차측에서 부하로 전달된 유효전력은 2차측 부하에 그대로 전달된다.

소자값 결정: 커패시터의 임피던스는 $Z_C = -\frac{j}{\omega C}$이므로 $\frac{1}{50C} = 5$를 만족해야 한다. 따라서 $C = \frac{1}{50 \cdot 5} = 0.004\text{F}$, 즉 4 mF이다. 필요한 회로는 1 Ω 저항과 4 mF 커패시터의 직렬연결이며, 이는 ③의 회로에 해당한다.

NoteBase

문 7. 그림의 회로에서 $I_1 + I_2 - I_3$[A]는?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

세 가지의 공통 상단 전압은 30 V이므로 아래 방향을 기준으로 전류는 각각 1 A, 0 A, −1 A이다. 특히 음의 전류는 **화살표와 반대 방향**을 뜻하므로, $I_1 + I_2 - I_3$는 2 A이다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽 공통선을 기준 전위 0 V로 두고 위쪽 공통선의 전압을 v라 한다. 세 전압원의 +극이 모두 위쪽에 있으므로 각 저항의 아래쪽 전위는 왼쪽부터 20 V, 30 V, 40 V이다. 각 전류의 양의 방향은 그림의 화살표처럼 아래쪽으로 잡는다.

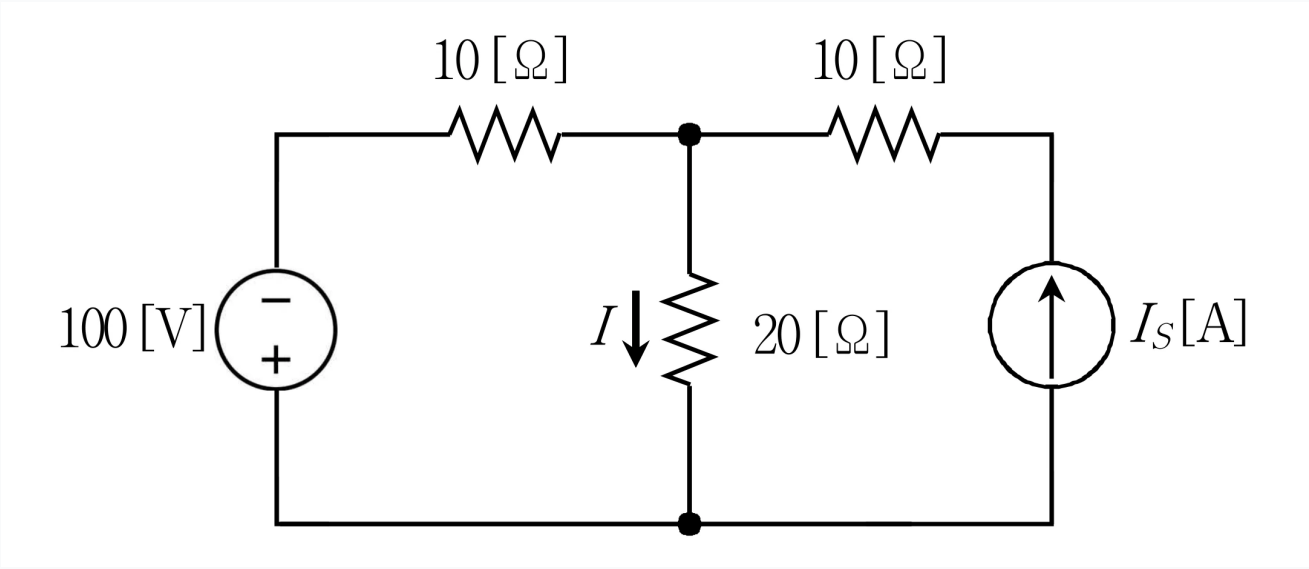
오른쪽 단자가 개방되어 외부로 흐르는 전류가 없으므로, 위쪽 절점에서 **전류의 대수합은 0**이다. 따라서 $I_1 + I_2 + I_3 = 0$이다. 옴의 법칙에 따라 각 저항의 위쪽과 아래쪽 전위 차를 10 Ω으로 나누어 대입한다. 전압은 V, 전류는 A 단위로 나타내면 $\frac{v-20}{10} + \frac{v-30}{10} + \frac{v-40}{10} = 0$이다. 이를 정리하면 $3v - 90 = 0$이므로 공통 상단 전압은 30 V이다.

각 가지의 전류를 구하면 $I_1 = \frac{30-20}{10} = 1$ A, $I_2 = \frac{30-30}{10} = 0$ A, $I_3 = \frac{30-40}{10} = -1$ A이다. 가운데 저항에는 전위 차가 없어 전류가 흐르지 않고, 오른쪽 가지에는 **위쪽으로 1 A**가 흐른다. 따라서 아래쪽을 기준으로 한 I_3의 부호는 음수이다.

구하는 값은 $I_1 + I_2 - I_3 = 1 + 0 - (-1) = 2$ A이다. 이는 ②의 2 A에 해당한다.

NoteBase

문 8. 그림의 회로에서 저항 20 [Ω]에 흐르는 전류 I = 0 [A]가 되도록 하는 전류원 I_S [A]는?



① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 1번

간단한 해설

20 Ω 저항에 전류가 흐르지 않으려면 **양단 전위차가 0 V**여야 한다. 이때 왼쪽 10 Ω 저항으로 10 A가 빠져나가므로, 전류원은 위쪽으로 10 A를 공급해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 전위 결정: 아래쪽 공통 노드의 전위를 0 V, 가운데 위쪽 노드의 전위를 V로 둔다. 20 Ω 저항에는 옴의 법칙에 따라 $I = \frac{V}{20}$가 적용되므로, I = 0 A이면 V = 0 V이다. 왼쪽 100 V 전압원은 **아래가 +극, 위가 −극**이므로 왼쪽 위 노드의 전위는 −100 V이다.

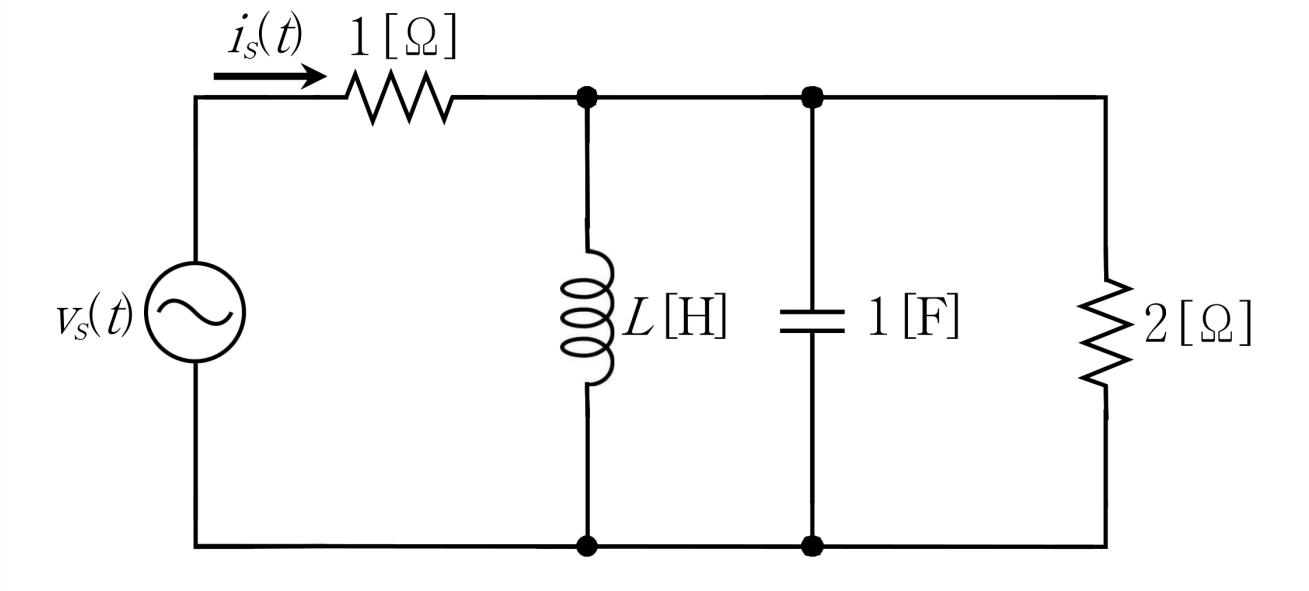
2. 왼쪽 저항의 전류: 가운데 위쪽 노드에서 왼쪽 위 노드로 흐르는 전류를 I_L이라 하면, $I_L = \frac{0-(-100)}{10} = 10\text{A}$이다. 즉, 전위가 더 높은 가운데 노드에서 왼쪽으로 10 A가 흐른다.

3. 전류원 계산: 오른쪽 전류원과 오른쪽 10 Ω 저항 사이에는 분기점이 없으므로, 전류원이 위쪽으로 공급하는 I_S가 그대로 가운데 위쪽 노드로 들어온다. 이 노드에서는 20 Ω 저항으로 흐르는 전류가 0 A이므로, **유입 전류와 유출 전류가 같아야 한다**는 키르히호프 전류 법칙에 따라 $I_S = I_L + I = 10 + 0 = 10\text{A}$이다.

따라서 필요한 전류원의 크기는 10 A이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림의 회로에서 $V_s(t) = 100\sin\omega t$ [V]를 인가한 후, L [H]을 조절하여 $i_s(t)$ [A]의 실횻값이 최소가 되기 위한 L [H]은?



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

정답 1번

간단한 해설

코일과 커패시터의 **무효 어드미턴스가 상쇄**되면 전체 임피던스의 크기가 최대가 되어 전원 전류의 실횻값이 최소가 된다. 상쇄 조건은 $\omega - \frac{1}{\omega L} = 0$이므로 필요한 인덕턴스는 $L = \frac{1}{\omega^2}$ H이다.

NoteBase

계산 과정

회로와 전류 조건: 1 Ω 저항에 코일 L, 1 F 커패시터, 2 Ω 저항의 병렬회로가 직렬로 연결되어 있다. 정현파 정상상태에서 전원 전압의 실횻값은 $V_{\text{rms}} = \frac{100}{\sqrt{2}}$ V로 일정하다. 따라서 $I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{|Z|}$에 따라 **전체 임피던스의 크기를 최대**로 만드는 L을 구한다.

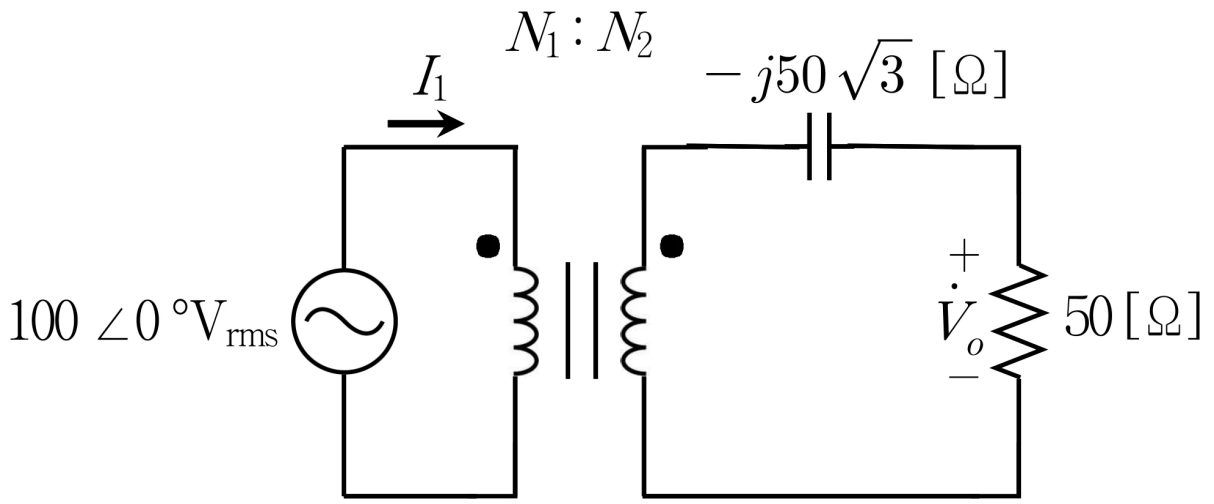
병렬회로의 어드미턴스: 어드미턴스는 임피던스의 역수이며, 병렬 연결에서는 각 가지의 어드미턴스를 더한다. 2 Ω 저항은 $\frac{1}{2}$ S, 커패시터는 $j\omega$ S, 코일은 $-\frac{j}{\omega L}$ S이다. 허수단위 j를 사용하고 $B = \omega - \frac{1}{\omega L}$로 두면 병렬회로의 합성 어드미턴스는 $Y_p = \frac{1}{2} + jB$ S이다. 여기서 B는 용량성과 유도성 성분을 합한 서셉턴스이다.

전체 임피던스의 최대 조건: 각 값을 SI 단위로 대입하면 전체 임피던스는 $Z = 1 + \frac{1}{1/2 + jB}$ Ω이다. 분모를 실수화하면 실수부는 $1 + \frac{1/2}{(1/2)^2 + B^2}$, 허수부는 $-\frac{B}{(1/2)^2 + B^2}$이다. 두 성분의 제곱을 더하여 정리하면 $|Z|^2 = 1 + \frac{2}{(1/2)^2 + B^2}$이다. **분모가 가장 작은 B = 0**에서 이 값이 최대가 된다. 이때 병렬회로는 2 Ω의 순저항으로 보이고 전체 임피던스는 3 Ω이 된다.

인덕턴스 계산: B = 0을 적용하면 $\omega - \frac{1}{\omega L} = 0$, 즉 $\omega^2 L = 1$이다. 따라서 $L = \frac{1}{\omega^2}$ H이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림의 회로에서 이상변압기(ideal transformer)의 권선비가 $N_1 : N_2 = 1 : 2$일 때, 전압 $\dot{V}_o$ [V]는?



① $100\angle 30^\circ$

② $100\angle 60^\circ$

③ $200\angle 30^\circ$

④ $200\angle 60^\circ$

정답 2번

간단한 해설

이상변압기의 권선비가 1:2이므로 2차 전압은 200 V이다. 2차 직렬회로의 임피던스 위상이 −60°이므로 저항 전압은 2차 전압보다 **60° 앞서며**, 그 값은 $100\angle 60^\circ$ V이다.

NoteBase

계산 과정

1. 2차 전압: 1차와 2차 권선의 점이 모두 위쪽에 있으므로, 각 권선의 위쪽을 +로 잡은 전압은 **서로 동상**이다. 이상변압기의 전압비는 권선비와 같으므로 $\dot{V}_2 = \frac{N_2}{N_1}\dot{V}_1$이다. 따라서 $\dot{V}_2 = 2 \cdot 100\angle 0^\circ = 200\angle 0^\circ$ V이다. 주어진 전원 전압이 실효값이므로 이후 전압과 전류도 실효값 페이저로 계산한다.

2. 2차 합성 임피던스: 저항과 커패시터가 직렬이므로 두 임피던스를 더한다. $Z = 50 - j50\sqrt{3}$ Ω이며, 크기는 $|Z| = \sqrt{50^2 + (50\sqrt{3})^2} = 100$ Ω이다. 실수부가 양수이고 허수부가 음수이므로 위상은 −60°이다. 따라서 $Z = 100\angle(-60^\circ)$ Ω이다.

3. 2차 전류: 2차 권선의 위쪽에서 커패시터와 저항을 거쳐 흐르는 전류를 $\dot{I}_2$라 하면, 페이저 옴의 법칙에 따라 $\dot{I}_2 = \frac{\dot{V}_2}{Z}$이다. 극형식의 나눗셈에서는 크기를 나누고 위상을 빼므로 $\dot{I}_2 = \frac{200\angle 0^\circ}{100\angle(-60^\circ)} = 2\angle 60^\circ$ A이다. 이는 용량성 회로에서 **전류가 전압보다 앞서는** 관계이다.

4. 출력 전압: 구한 전류는 50 Ω 저항의 위쪽 +단자로 들어가므로, 표시된 극성에 대해 $\dot{V}_o = 50\dot{I}_2$이다. 저항 전압은 전류와 동상이므로 $\dot{V}_o = 50 \cdot 2\angle 60^\circ = 100\angle 60^\circ$ V이다. 이 값은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 11. 전자유도(electromagnetic induction)에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 코일에 흐르는 시변 전류에 의해서 같은 코일에 유도기전력이 발생하는 현상을 자기유도(self induction)라 한다.
ㄴ. 자계의 방향과 도체의 운동 방향이 직각인 경우에 유도기전력의 방향은 플레밍(Fleming)의 오른손 법칙에 의하여 결정된다.
ㄷ. 도체의 운동 속도가 v[m/s], 자속밀도가 B[Wb/m^2], 도체 길이가 l[m], 도체 운동의 방향이 자계의 방향과 각(θ)을 이루는 경우, 유도기전력의 크기 $e = Blv\sin\theta$[V]이다.
ㄹ. 전자유도에 의해 만들어지는 전류는 자속의 변화를 방해하는 방향으로 발생한다. 이를 렌츠(Lenz)의 법칙이라고 한다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄷ, ㄹ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

간단한 해설

렌츠의 법칙에서 유도전류가 방해하는 것은 **자속 자체가 아니라 자속의 변화**이다. 자속이 증가하면 그 증가를 억제하고, 감소하면 그 감소를 억제하는 방향으로 유도전류가 흐른다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. O: 코일의 전류가 시간에 따라 변하면 그 전류가 만드는 자속도 변한다. 이 자속 변화가 **같은 코일에 유도기전력**을 발생시키는 현상이 자기유도이다. 다른 코일의 전류 변화로 유도기전력이 생기는 상호유도와 구별된다.

ㄴ. O: 자계 속에서 도체가 자속을 가로질러 움직일 때 유도기전력의 방향은 **플레밍의 오른손 법칙**으로 정한다. 오른손의 엄지·검지·중지를 서로 직각으로 펴고 엄지를 도체의 운동 방향, 검지를 자계 방향에 맞추면 중지가 유도기전력에 의해 흐르는 전류의 방향을 가리킨다.

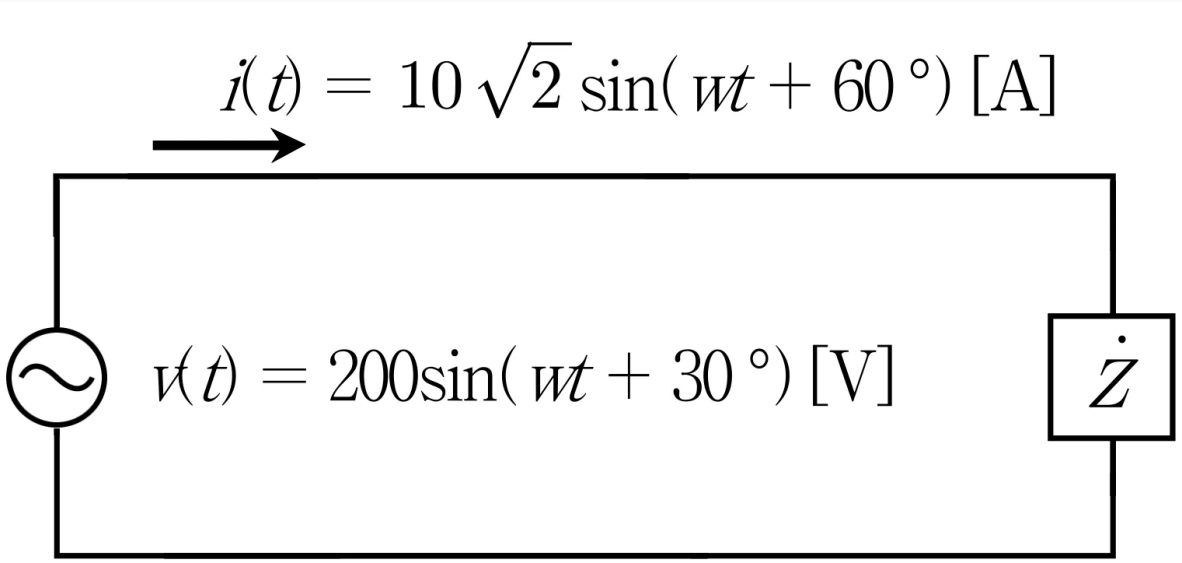
ㄷ. O: 도체가 자속을 가로지르는 속도 성분은 $v\sin\theta$이므로 유도기전력의 크기는 $e = Blv\sin\theta$이다. 여기서 B는 자속밀도[Wb/m^2], l은 도체 길이[m], v는 운동 속도[m/s]이며, e의 단위는 V이다. 자계와 운동 방향이 **직각일 때** 크기는 Blv로 최대가 되고, 두 방향이 나란하면 자속을 가로지르지 않아 0이 된다.

ㄹ. O: 렌츠의 법칙은 유도전류가 만드는 자계가 **원래 자속의 변화를 방해하는 방향**이라는 법칙이다. 코일을 통과하는 자속이 증가하면 반대 방향의 자속을 만들고, 자속이 감소하면 기존 자속과 같은 방향의 자속을 만들어 감소를 억제한다.

ㄱ·ㄴ·ㄷ·ㄹ이 모두 전자유도의 성질에 맞으므로, 이들을 모두 포함한 조합은 ④이다.

NoteBase

문 12. 그림의 회로에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 전압의 실횻값은 200 [V]이다.

② 순시전력은 항상 전원에서 부하로 공급된다.

③ 무효전력의 크기는 $500\sqrt{2}$ [Var]이다.

④ 전압의 위상이 전류의 위상보다 앞선다.

정답 3번

간단한 해설

정현파의 무효전력은 전압·전류의 **실효값과 위상차의 사인**으로 구한다. 전압 실효값은 $100\sqrt{2}$V, 전류 실효값은 10 A이고 위상차의 크기는 30°이므로, 무효전력의 크기는 $500\sqrt{2}$Var이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 정현파의 실효값은 **최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값**이다. 주어진 전압의 최댓값은 200 V이므로 전압 실효값은 $V = \frac{200}{\sqrt{2}} = 100\sqrt{2}\,\mathrm{V}$이다. 200 V는 실효값이 아니라 최댓값이다.

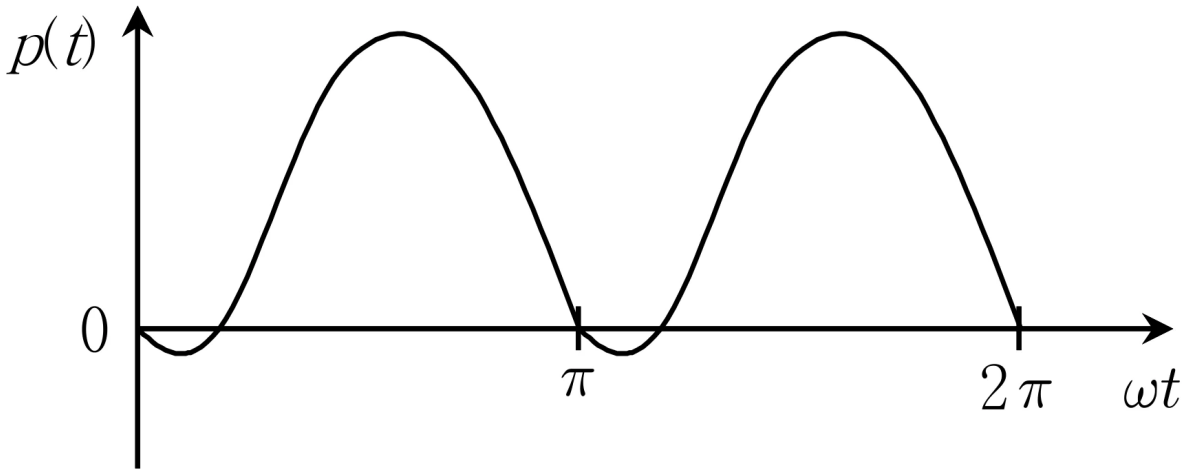
② X: 부하가 받는 순시전력은 $p(t) = v(t) \cdot i(t)$이다. 전압과 전류의 위상이 다르므로 한 주기 중 두 값의 부호가 반대인 구간이 생긴다. 예를 들어 $\omega t = 135\,^\circ$일 때 전압의 사인 각도는 165°, 전류의 사인 각도는 195°이므로 전압은 양수이고 전류는 음수이다. 이때 순시전력은 음수이며 **부하에서 전원으로 에너지가 되돌아간다**. 따라서 전력이 항상 전원에서 부하로만 공급되는 것은 아니다.

③ O: 같은 주파수의 정현파 전압·전류에서 무효전력은 $Q = VI\sin\varphi$로 구한다. 여기서 V와 I는 실효값이고, 위상차는 전압 위상에서 전류 위상을 뺀 값이다. 전압 실효값은 $V = 100\sqrt{2}\,\mathrm{V}$, 전류 실효값은 $I = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 10\mathrm{A}$이며, $\varphi = 30\,^\circ - 60\,^\circ = -30\,^\circ$이다. 따라서 $Q = 100\sqrt{2} \cdot 10 \cdot \sin(-30\,^\circ) = -500\sqrt{2}\,\mathrm{Var}$이다. 음의 부호는 용량성 무효전력을 뜻하며, 선지에서 묻는 **크기**는 $500\sqrt{2}\,\mathrm{Var}$이다.

④ X: 같은 주파수의 사인파는 위상각이 클수록 시간적으로 앞선다. 전류의 위상각은 60°, 전압의 위상각은 30°이므로 **전류가 전압보다 30° 앞선다**. 전압을 기준으로 말하면 전압이 전류보다 30° 뒤진다.

NoteBase

문 13. 어떤 부하에 단상 교류전압 $v(t) = \sqrt{2}V\sin\omega t[V]$를 인가하여 부하에 공급되는 순시전력이 그림과 같이 변동할 때 부하의 종류는?



① R 부하

② R-L 부하

③ R-C 부하

④ L-C 부하

정답 2번

간단한 해설

그림에서 원점 직후의 순시전력이 음수인 것은 전압이 양수가 된 뒤에도 전류가 음수여서, **전류가 전압보다 늦는 유도성 부하**임을 뜻한다. 또한 한 주기의 평균전력이 양수이므로 전력을 소비하는 저항이 함께 있는 R-L 부하이다.

NoteBase

도식 해설

순시전력은 $p(t) = v(t)i(t)$이다. 그림의 가로축은 ωt이며, 원점 직후에는 주어진 전압 $v(t) = \sqrt{2}V\sin\omega t$가 양수인데 순시전력은 음수이다. 따라서 이 구간의 전류는 음수이다. 전압은 이미 양의 반주기를 시작했지만 전류는 아직 음수이므로 **전류가 전압보다 늦는다**. 이는 인덕턴스 L을 포함한 유도성 부하의 특징이다. 음의 순시전력은 부하에 저장된 에너지의 일부가 전원으로 되돌아감을 뜻한다.

그림에서 한 반복 구간의 양의 전력 면적이 음의 전력 면적의 크기보다 크다. 평균전력은 순시전력을 한 주기 동안 평균한 값이므로, 이 부하는 **평균적으로 전력을 소비한다**. 이상적인 인덕터나 커패시터는 에너지를 저장했다가 돌려주므로 평균전력을 소비하지 않으며, 여기서 양의 평균전력을 소비하는 성분은 저항 R이다. 따라서 저항 R과 인덕턴스 L을 함께 가진 R-L 부하이다.

R 부하만 있으면 전압과 전류가 동상이어서 순시전력이 음수가 되지 않는다. R-C 부하는 전류가 전압보다 앞서므로 원점 직후 전압과 전류가 모두 양수여서 순시전력도 양수이다. 이상적인 L-C 부하는 저항이 없어 정상상태의 평균전력이 0이다. 이들은 각각 그림의 음의 전력 구간, 원점 직후의 부호, 양의 평균전력과 맞지 않는다.

NoteBase

문 14. 0.3 [μF]과 0.4 [μF]의 커패시터를 직렬로 접속하고 그 양단에 전압을 인가하여 0.3 [μF]의 커패시터에 24 [μC]의 전하가 축적되었을 때, 인가한 전압[V]은?

① 120

② 140

③ 160

④ 180

정답 2번

간단한 해설

직렬로 연결된 두 커패시터에는 **같은 크기의 전하**가 축적된다. 각각의 전압은 80 V와 60 V이므로, 인가한 전압은 **두 전압의 합인 140 V**이다.

계산 과정

직렬 접속에서는 두 커패시터에 축적되는 전하의 크기가 같으므로, 0.4 μF 커패시터의 전하도 24 μC이다. 전하량 Q, 정전용량 C, 전압 V의 관계는 $Q = CV$이므로 각 커패시터의 전압은 $V = \frac{Q}{C}$로 구한다.

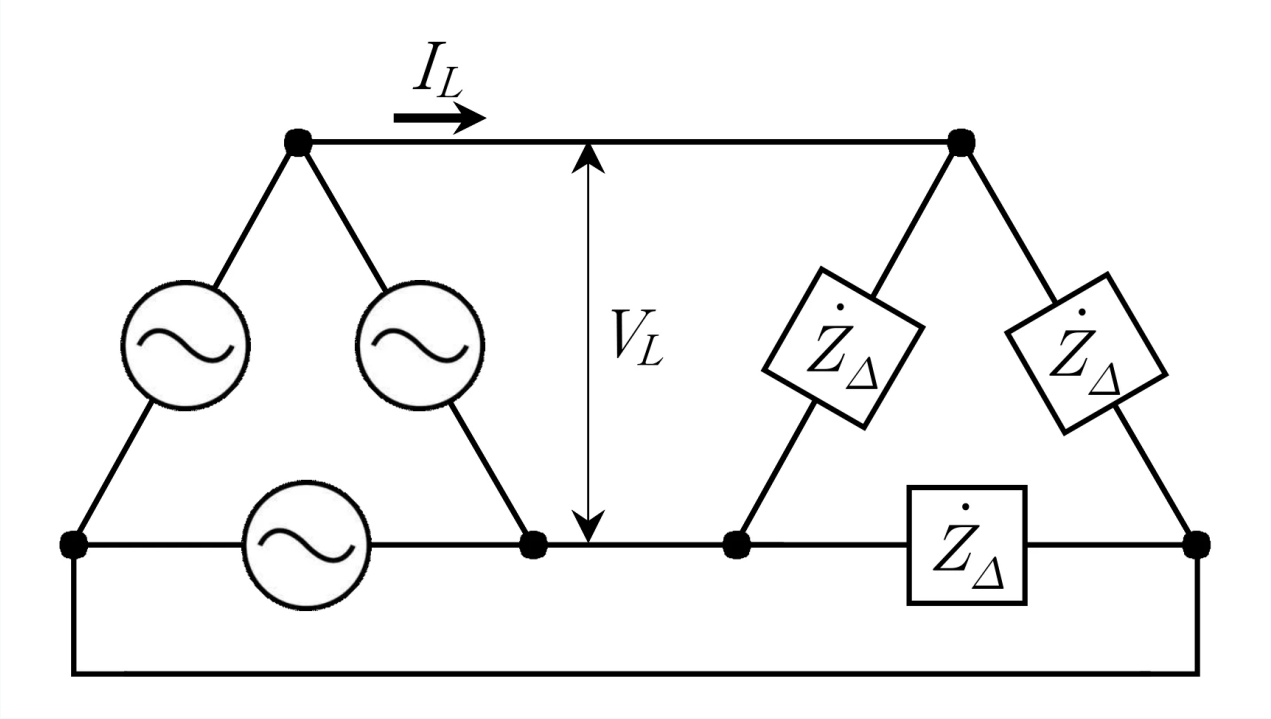
0.3 μF 커패시터의 전압: $V_1 = \frac{24}{0.3} = 80$ V이다. 전하량을 μC, 정전용량을 μF로 대입하면 두 단위의 접두어 μ가 상쇄되어 전압은 V로 나온다.

0.4 μF 커패시터의 전압: $V_2 = \frac{24}{0.4} = 60$ V이다. 같은 전하량이 축적되므로 **정전용량이 클수록 전압은 작다**.

인가한 전압은 **직렬로 연결된 두 커패시터의 전압을 더한 값**이다. 따라서 $V = V_1 + V_2$이고, 80 + 60 = 140 V로 ②의 140에 해당한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 평형 3상 회로에 임피던스 $\dot{Z}_{\Delta} = 3\sqrt{2} + j3\sqrt{2}$ [Ω]인 부하가 연결되어 있을 때, 선전류 I_L [A]은? (단, $V_L = 120$[V])



① 20

② $20\sqrt{3}$

③ 60

④ $60\sqrt{3}$

정답 2번

간단한 해설

Δ결선에서는 **상전압과 선간전압이 같고**, 선전류의 크기는 상전류의 $\sqrt{3}$배이다. 부하 한 상의 임피던스 크기가 6 Ω이므로 상전류는 20 A, 선전류는 $20\sqrt{3}$ A이다.

NoteBase

계산 과정

전압 관계: 그림의 부하는 세 임피던스가 삼각형을 이루는 Δ결선이다. 각 임피던스가 두 선 사이에 직접 연결되므로 **부하의 상전압은 선간전압과 같다**. 따라서 각 상에 걸리는 전압의 크기는 $V_{ph} = V_L = 120\text{V}$이다.

임피던스 크기: 주어진 임피던스의 저항 성분과 리액턴스 성분은 각각 $3\sqrt{2}\,\Omega$이다. 두 성분은 복소평면에서 직교하므로 전류의 크기를 구할 때는 **임피던스의 절댓값**을 사용한다. $|\dot{Z}_\Delta| = \sqrt{(3\sqrt{2})^2 + (3\sqrt{2})^2} = 6\Omega$이다.

상전류: 부하 한 상에 옴의 법칙을 적용하면 $I_{ph} = \frac{V_{ph}}{|\dot{Z}_\Delta|}$이다. 수치를 대입하면 $I_{ph} = \frac{120}{6} = 20\text{A}$로, 이는 각 임피던스에 흐르는 전류의 크기이다.

선전류: 평형 Δ결선에서 한 선에 흐르는 전류는 그 선에 연결된 두 상전류의 페이저 차이다. 두 상전류의 크기가 같고 위상차가 120°이므로 **선전류의 크기는 상전류의 $\sqrt{3}$배**이다. 따라서 $I_L = \sqrt{3} I_{ph} = 20\sqrt{3}\,\text{A}$이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 선간전압 V_s[V], 한 상의 부하 저항이 R[Ω]인 평형 3상 Δ−Δ 결선 회로의 유효전력은 P[W]이다. Δ결선된 부하를 Y결선으로 바꿨을 때, 동일한 유효전력 P[W]를 유지하기 위한 전원의 선간전압[V]은?

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

정답 3번

간단한 해설

한 상의 저항이 같으므로 동일한 유효전력을 유지하려면 **각 저항에 걸리는 상전압이 같아야 한다**. Δ결선에서는 상전압이 선간전압과 같고, Y결선에서는 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배이므로, 바꾼 뒤 선간전압은 $\sqrt{3}V_s$[V]이어야 한다.

계산 과정

조건과 전력식: 부하를 연결하는 방식만 바꾸므로 각 상의 저항 R은 그대로이다. 저항 부하의 한 상 유효전력은 $\frac{V_{ph}^2}{R}$이고, 평형 3상에서는 세 상의 전력이 같으므로 전체 유효전력은 $P = 3\frac{V_{ph}^2}{R}$이다. 여기서 V_{ph}는 **한 상의 저항에 걸리는 전압의 실효값**이다.

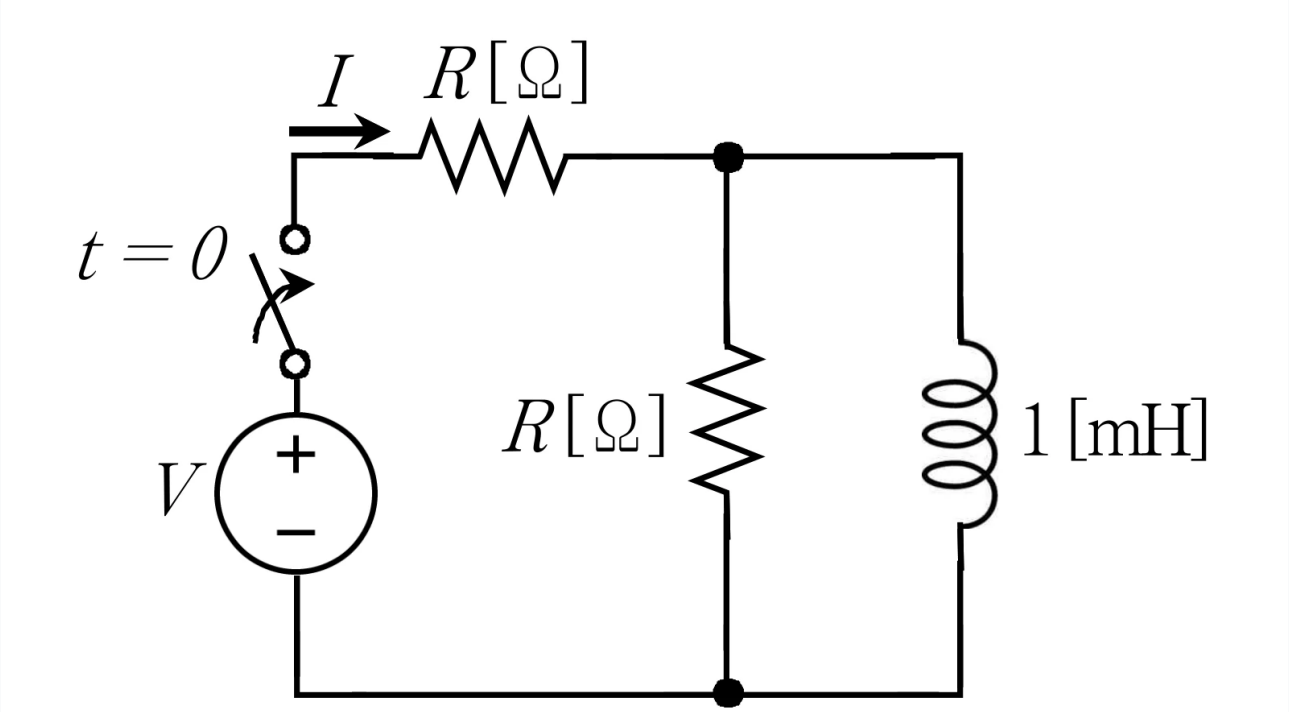
Δ결선의 유효전력: 각 저항이 두 선 사이에 직접 연결되므로 상전압은 선간전압 V_s와 같다. 따라서 처음 유효전력은 $P = \frac{3V_s^2}{R}$이다.

Y결선의 유효전력: 바꾼 뒤 전원의 선간전압을 V라 하면, 평형 Y결선의 상전압은 $\frac{V}{\sqrt{3}}$이다. 이를 전력식에 대입하면 $P_Y = \frac{3}{R}\left(\frac{V}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{V^2}{R}$이다. 같은 선간전압을 가하면 Δ결선 때의 1/3만 소비하므로, **같은 전력을 유지하려면 선간전압을 높여야 한다**.

동일 전력 조건: $P_Y = P$이므로 $\frac{V^2}{R} = \frac{3V_s^2}{R}$이고, $V^2 = 3V_s^2$이다. 전압의 실효값은 양의 크기이므로 필요한 선간전압은 $V = \sqrt{3}V_s$[V]이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 그림의 회로에 $t=0$에서 직류전압 V=50[V]를 인가할 때, 정상상태 전류 I[A]는? (단, 회로의 시정수는 2[ms], 인덕터의 초기전류는 0[A]이다)



① 12.5

② 25

③ 35

④ 50

정답 4번

간단한 해설

시정수는 **인덕터에서 바라본 등가저항**으로 계산하므로, 두 저항의 병렬값을 이용하면 각 저항 R은 1 Ω이다. 직류 정상상태에서는 인덕터가 **단락**으로 작용하여 병렬 저항에는 전류가 흐르지 않고, 전원 전류는 50 A가 된다.

NoteBase

계산 과정

① 시정수에 쓰는 저항: 그림에서 인덕터 1 mH와 세로 저항 R은 병렬이고, 가로 저항 R은 이 병렬부에 직렬로 연결되어 있다. RL 회로의 시정수는 $\tau = \frac{L}{R_{eq}}$이며, 여기서 R_{eq}는 **독립 전압원을 단락시킨 뒤 인덕터의 두 단자에서 바라본 등가저항**이다. 전압원을 단락하면 두 저항 R이 같은 두 노드 사이에 연결되므로 $R_{eq} = R \parallel R = \frac{R}{2}$이다.

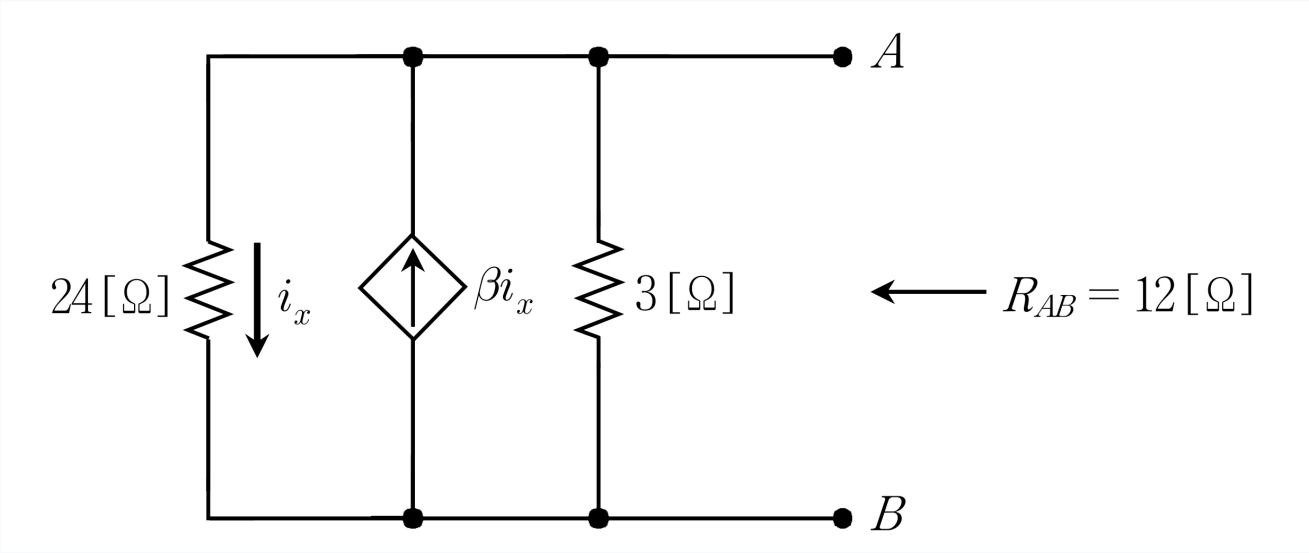
② 저항 R 계산: 주어진 값은 L = 1 mH = 0.001 H, 시정수는 2 ms = 0.002 s이다. 따라서 $R_{eq} = \frac{L}{\tau} = \frac{0.001}{0.002} = 0.5\Omega$이다. 이는 각 저항의 값이 아니라 두 저항의 병렬값이므로, $R = 2R_{eq} = 1\Omega$이다.

③ 정상상태 회로: 직류 정상상태에서는 인덕터 전류가 일정하므로 $v_L = L\frac{di_L}{dt} = 0$이다. 따라서 이상적인 인덕터는 **단락으로 작용**한다. 인덕터와 병렬인 세로 저항 R에도 전압이 0 V가 걸려 전류가 흐르지 않으며, 전원에서 본 회로에는 가로 저항 R만 남는다. 인덕터 초기전류 0 A는 정상상태에 도달하는 과도과정에 영향을 주지만 최종 전류를 바꾸지는 않는다.

④ 전원 전류 계산: 화살표 I는 분기되기 전 가로 저항을 흐르는 전원 전류이다. 따라서 정상상태 전류는 $I = \frac{V}{R} = \frac{50}{1} = 50\text{A}$이며, ④의 50에 해당한다.

NoteBase

문 18. 그림의 회로에서 단자 A와 B에서 바라본 등가저항이 12[Ω]이 되도록 하는 상수 β는?



① 2

② 4

③ 5

④ 7

정답 4번

간단한 해설

종속 전류원의 전류는 저항 가지 전류와 **반대 방향**이므로 입력전류에서 뺀다. 이 부호를 반영한 등가저항은 $R_{AB} = \frac{24}{9-\beta}\Omega$이므로 12 Ω 조건에서 $\beta = 7$이다.

NoteBase

계산 과정

① 시험전압과 입력전류: 종속 전류원은 제어전류에 따라 작동하므로 **그대로 유지한 채 시험전압을 가한다**. B를 기준으로 A에 24 V를 가하고, A에서 회로로 들어가는 전류를 I라 하자. 등가저항이 12 Ω이려면 $I = \frac{24\text{V}}{12\Omega} = 2\text{A}$이어야 한다.

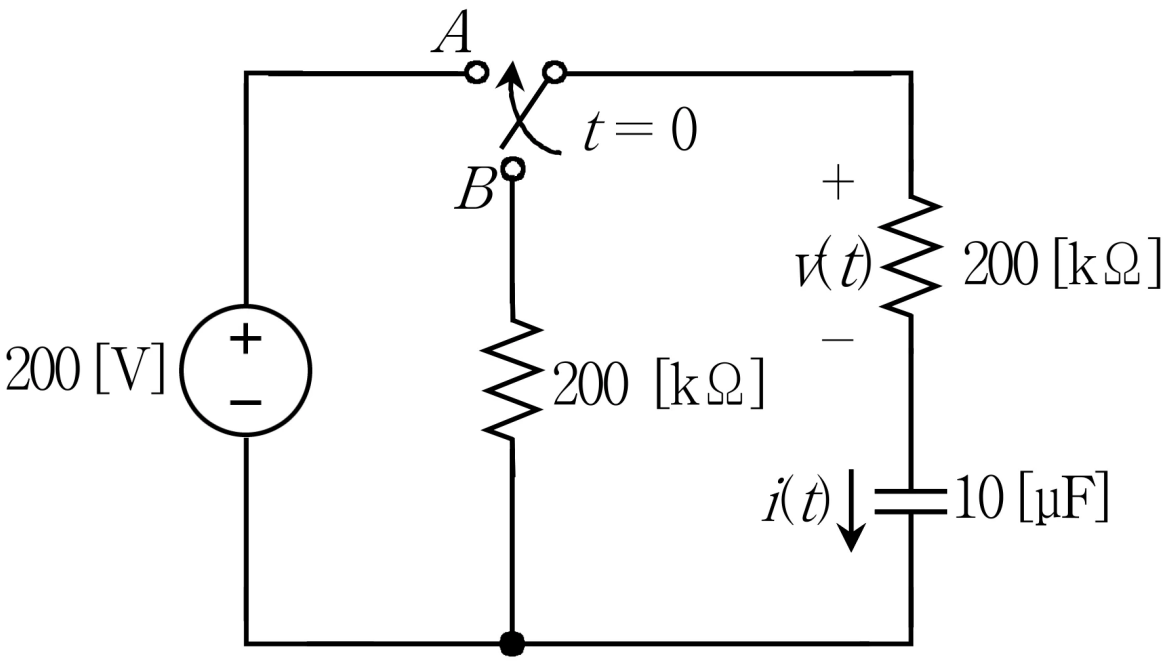
② 저항 가지 전류: 24 Ω 저항과 3 Ω 저항은 모두 A와 B 사이에 연결되어 있으므로 두 저항에 걸리는 전압은 각각 24 V이다. 그림의 아래 방향을 기준으로 $i_x = \frac{24\text{V}}{24\Omega} = 1\text{A}$이고, 3 Ω 저항의 전류는 $i_3 = \frac{24\text{V}}{3\Omega} = 8\text{A}$이다. 따라서 두 저항으로 내려가는 전류의 합은 9 A이다.

③ 종속 전류원과 전류법칙: 종속 전류원은 B에서 A로 βi_x를 공급한다. A에서 전류의 유입량과 유출량이 같아야 하므로 $I + \beta i_x = i_x + i_3$이다. 즉, **위로 공급되는 종속 전류만큼 외부 입력전류가 줄어든다**. 전류를 A 단위로 대입하면 $2 + \beta = 1 + 8$이므로 $\beta = 7$이다.

이때 종속 전류원은 위로 7 A를 공급하고 외부에서는 2 A가 들어오므로, 저항으로 내려가는 9 A와 일치한다. 따라서 $R_{AB} = \frac{24\text{V}}{2\text{A}} = 12\Omega$이며, 구한 상수 7은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 회로에서 스위치를 B에 접속하여 오랜 시간이 경과한 후에 t=0에서 A로 전환하였다. t=0^+에서 커패시터에 흐르는 전류 $i(0^+)$ [mA]와 t=2에서 커패시터와 직렬로 결합된 저항 양단의 전압 $v(2)$ [V]은?



① $i(0^+)$ [mA]: 0, $v(2)$ [V]: 약 74

② $i(0^+)$ [mA]: 0, $v(2)$ [V]: 약 126

③ $i(0^+)$ [mA]: 1, $v(2)$ [V]: 약 74

④ $i(0^+)$ [mA]: 1, $v(2)$ [V]: 약 126

정답 3번

간단한 해설

커패시터는 B에 연결된 동안 완전히 방전되며, 전환 순간에도 **커패시터 전압은 연속**이므로 초기 전류는 1 mA이다. A로 전환한 뒤 저항 전압은 **시정수 2초로 지수적으로 감소**하여 2초 후 약 74 V가 된다.

NoteBase

계산 과정

전환 전 초기 상태: 커패시터 위쪽 단자의 전압을 아래쪽 단자 기준으로 $v_C(t)$라 한다. 스위치가 B에 있으면 200 V 전원은 커패시터 쪽 회로에서 분리되고, 커패시터는 두 200 kΩ 저항을 거쳐 방전된다. 충분한 시간이 지났으므로 $v_C(0^-) = 0$이다.

전환 직후 전류: 커패시터 전압은 순간적으로 바뀔 수 없으므로 $v_C(0^+) = v_C(0^-) = 0$이다. A로 전환하면 가운데 200 kΩ 저항은 회로에서 분리되고, 전원·오른쪽 저항·커패시터가 직렬로 연결된다. 따라서 전환 직후에는 **전원 전압 200 V가 오른쪽 저항에 모두 걸린다**. 그림의 아래쪽 화살표 방향으로 흐르는 전류는 $i(0^+) = \frac{200}{200 \times 10^3}\text{A} = 1\text{mA}$이다.

충전 시정수: 전환 후 충전 경로의 저항은 오른쪽 200 kΩ 하나이고, 커패시턴스는 10 μF이다. 따라서 $\tau = RC = (200 \times 10^3)(10 \times 10^{-6}) = 2\text{s}$이다. 이 값은 저항 전압이 초기값의 e^{-1}배로 줄어드는 데 걸리는 시간이다.

2초 후 저항 전압: 충전이 끝나면 커패시터 전압은 200 V, 전류와 저항 전압은 0이 된다. 1차 RC 회로의 전압은 최종값에 지수적으로 접근하므로, t를 초 단위로 나타내면 $v_C(t) = 200(1 - e^{-t/2})\text{V}$이다. 그림의 극성에 따른 저항 전압은 **전원 전압에서 커패시터 전압을 뺀 값**이므로 $v(t) = 200\text{V} - v_C(t) = 200e^{-t/2}\text{V}$이다. 따라서 $v(2) = 200e^{-1}\text{V} \approx 73.6\text{V}$로, 약 74 V이다.

구한 $i(0^+) = 1\text{mA}$, $v(2) \approx 74\text{V}$에 해당하는 선택지는 ③이다.

NoteBase

문 20. $v_1(t) = 100\sin(30\pi t + 30^\circ)$[V]**와** $v_2(t) = V_m\sin(30\pi t + 60^\circ)$[V]**에서** $v_2(t)$**의 실효값은** $v_1(t)$**의 최댓값의** $\sqrt{2}$**배이다.** $v_1(t)$**[V]와** $v_2(t)$**[V]의 위상차에 해당하는 시간[s]과** $v_2(t)$**의 최댓값** V_m**[V]은?**

① 시간: $\frac{1}{180}$, 최댓값: 200

② 시간: $\frac{1}{360}$, 최댓값: 200

③ 시간: $\frac{1}{180}$, 최댓값: $200\sqrt{2}$

④ 시간: $\frac{1}{360}$, 최댓값: $200\sqrt{2}$

정답 1번

간단한 해설

두 전압의 **위상차 30°**를 공통 각주파수로 나누면 시간차는 $\frac{1}{180}$s이다. 정현파의 **최댓값은 실효값의** $\sqrt{2}$**배**이므로, 두 번째 전압의 최댓값은 200 V이다.

계산 과정

위상차에 해당하는 시간: 두 전압은 각주파수가 $\omega = 30\pi$rad/s로 같다. 초기 위상은 각각 30°, 60°이므로 위상차는 60° − 30° = 30°이며, 라디안으로 바꾸면 $\Delta\phi = \frac{\pi}{6}$rad이다. 각주파수는 단위 시간에 변하는 위상각이므로, **위상차를 각주파수로 나누면 시간차**가 된다. 따라서 $\Delta t = \frac{\Delta\phi}{\omega} = \frac{\pi/6}{30\pi} = \frac{1}{180}$s이다. 이는 두 파형의 대응하는 지점 사이의 시간 간격이며, 초기 위상이 더 큰 $v_2(t)$가 그만큼 앞선다.

두 번째 전압의 최댓값: 정현파에서 사인함수 앞의 계수는 최댓값이므로 $v_1(t)$의 최댓값은 100 V이다. 주어진 조건에 따라 $v_2(t)$의 실효값은 $V_{2,\mathrm{rms}} = 100\sqrt{2}$V이다. 정현파는 한 주기 동안 사인 제곱의 평균이 1/2이므로, 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이다. 따라서 **실효값에서 최댓값을 구할 때는** $\sqrt{2}$를 곱하여 $V_m = \sqrt{2}\cdot 100\sqrt{2} = 200$V를 얻는다.

시간차 $\frac{1}{180}$s와 최댓값 200 V의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase