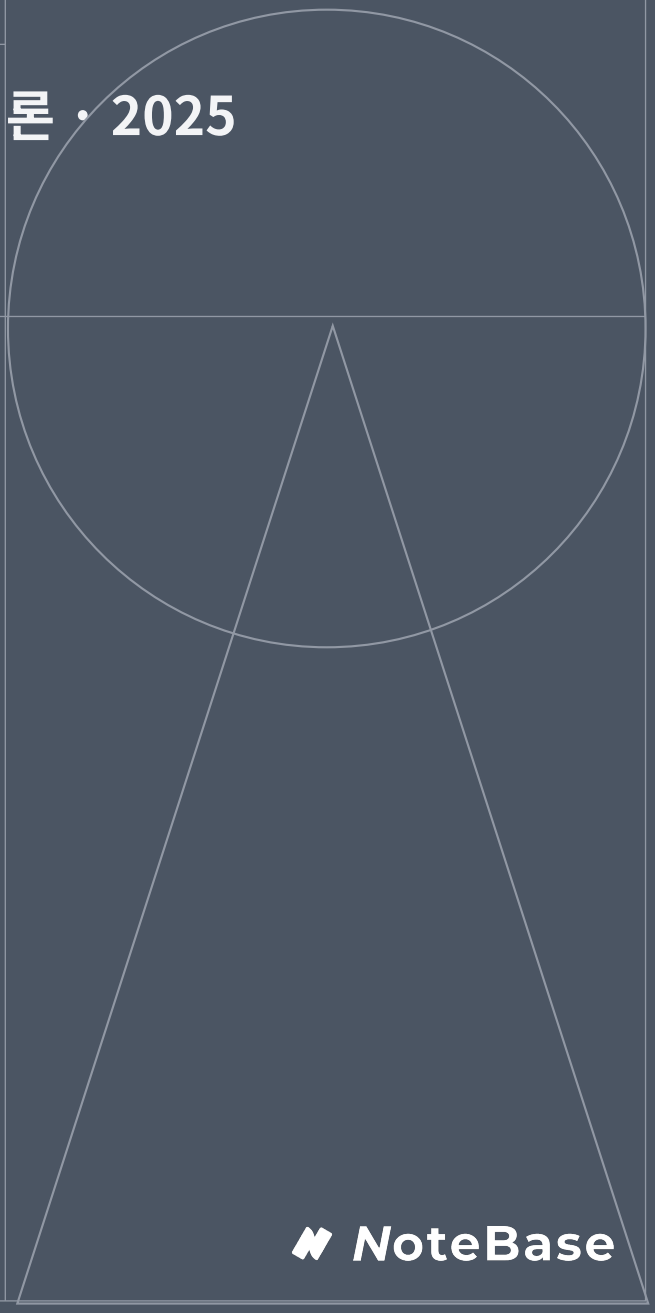
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2025

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2025

문 1. 전류 $i(t) = 10 + 10\sqrt{2}\sin(\omega t - \frac{\pi}{6}) - 5\sqrt{2}\sin(3\omega t - \frac{\pi}{3})$ [A]의 실효값 [A]은?

① $10 - 5\sqrt{2}$

② 10

③ 15

④ $15 + 10\sqrt{2}$

정답 3번

간단한 해설

직류·기본파·제3고조파가 합성된 전류는 각 성분의 **실효값을 제곱하여 더한 뒤 제곱근**을 취한다. 각 성분의 실효값이 10 A, 10 A, 5 A이므로 전체 실효값은 15 A이다.

계산 과정

실효값은 전류를 제곱한 값의 한 주기 평균에 제곱근을 취한 값이다. 주어진 전류는 직류, 각주파수 ω인 기본파, 각주파수 3ω인 제3고조파로 이루어진다. 기본파의 한 주기 동안 평균을 내면 서로 다른 성분의 곱은 0이 되므로, **각 성분의 실효값 제곱을 더한다**.

직류 성분: 크기가 일정하므로 실효값도 그대로 10 A이다.

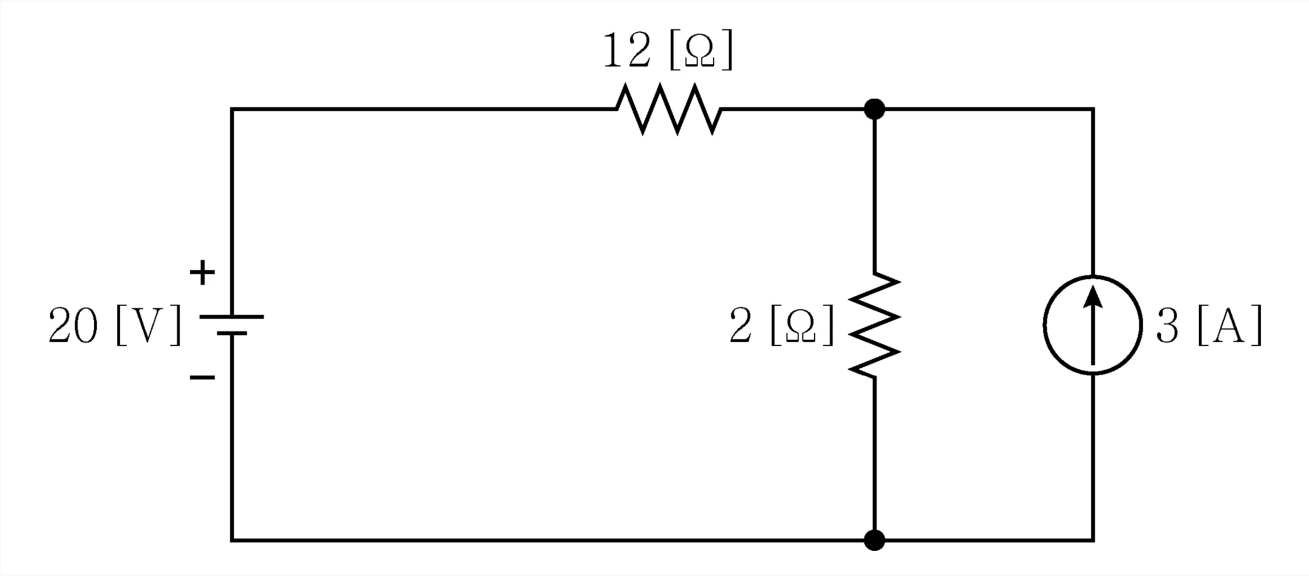
기본파 성분: 정현파의 실효값은 **진폭을 제곱근 2로 나눈 값**이다. 진폭이 $10\sqrt{2}$ A이므로 $I_1 = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 10\text{A}$이다.

제3고조파 성분: 진폭의 크기는 $5\sqrt{2}$ A이므로 $I_3 = \frac{5\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 5\text{A}$이다. 이 성분 앞의 음수 부호는 제곱하면 사라지며, 두 정현파의 위상각 $-\frac{\pi}{6}$, $-\frac{\pi}{3}$도 각 성분의 실효값에 영향을 주지 않는다.

전체 실효값: $I = \sqrt{10^2 + 10^2 + 5^2} = 15\text{A}$이다. 제곱근 안의 합 225는 전체 전류의 제곱 평균값이며 단위는 A^2이다. 따라서 구한 15 A는 ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 2. 다음 회로에서 저항 2 [Ω]의 소비전력 [W]은?



① 32

② 50

③ 72

④ 98

정답 1번

간단한 해설

3 A 전류원과 20 V 전압원이 함께 작용하므로 **접점에서의 전류 합**으로 2 Ω 저항의 양단 전압을 구하면 8 V이다. 소비전력은 $P = \frac{V^2}{R}$에 따라 32 W이다.

NoteBase

계산 과정

회로 아래쪽 도선을 기준 전위 0 V로 두고, 2 Ω 저항 위쪽 접점의 전위를 V라 한다. 20 V 전압원은 위쪽이 (+)이므로 12 Ω 저항의 왼쪽 끝 전위는 20 V이다. 따라서 2 Ω 저항의 양단 전압은 V이고, 오른쪽 전류원은 화살표 방향으로 위쪽 접점에 3 A를 공급한다.

접점에서는 **들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합이 같다**. 옴의 법칙에 따라 12 Ω 저항을 거쳐 왼쪽에서 접점으로 들어오는 전류는 $\frac{20-V}{12}$, 2 Ω 저항을 통해 아래로 나가는 전류는 $\frac{V}{2}$이므로 다음 식이 성립한다.

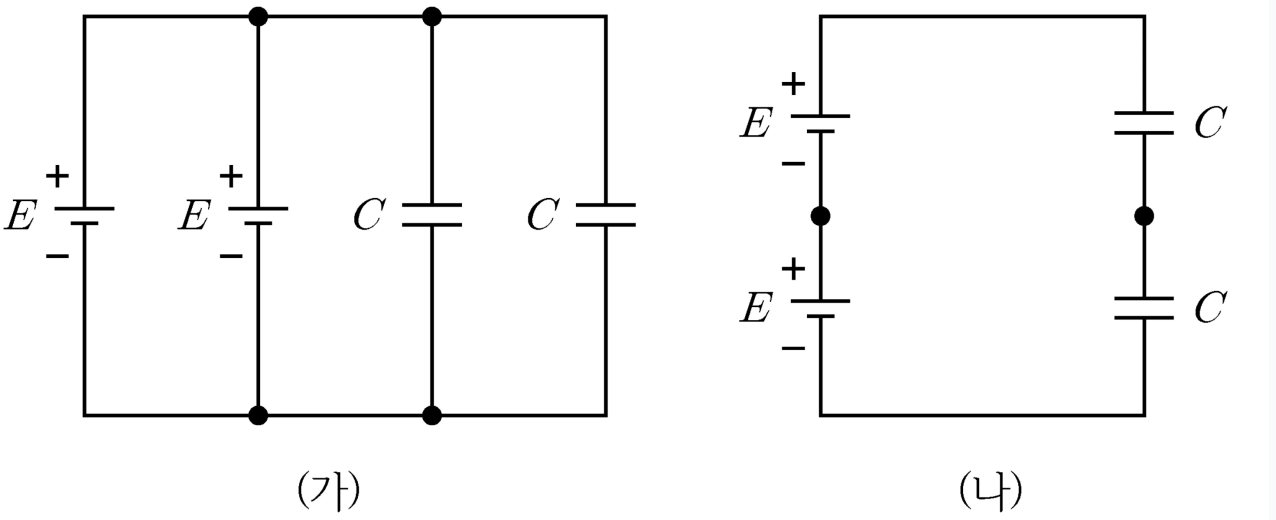
$$\frac{20-V}{12}+3=\frac{V}{2}$$

양변에 12를 곱하면 $20-V+36=6V$이고, 이를 정리하면 $7V=56$에서 V = 8 V이다. 이 값은 2 Ω 저항의 위쪽이 아래쪽보다 8 V 높다는 뜻이다.

2 Ω 저항에 흐르는 전류는 $I=\frac{V}{R}=\frac{8}{2}=4\text{A}$이다. 저항의 소비전력은 **그 저항에 흐르는 전류**를 사용하여 $P=I^2R=4^2\cdot 2=32\text{W}$로 구한다. 이는 ①의 32 W에 해당한다.

NoteBase

문 3. 전압 E[V]인 2개의 직류전원과 정전용량 C[F]인 2개의 커패시터를 연결한 (가)회로, (나)회로가 있다. 각 회로의 모든 커패시터에 저장된 에너지의 합을 총 정전에너지[J]라 할 때, (가)회로의 총 정전에너지 W_1[J]과 (나)회로의 총 정전에너지 W_2[J]의 비($\frac{W_1}{W_2}$)는?



① $\frac{1}{3}$

② $\frac{1}{2}$

③ 1

④ $\frac{3}{2}$

정답 3번

간단한 해설

두 회로에서 **각 커패시터에 걸리는 전압**은 모두 E이다. 따라서 총 정전에너지도 같아 $\frac{W_1}{W_2} = 1$이다.

NoteBase

계산 과정

정전용량이 C, 양단 전압이 V인 커패시터의 저장 에너지는 $W = \frac{1}{2}CV^2$이다. C의 단위가 F, V의 단위가 V이면 에너지의 단위는 J이다. 각 회로의 총 정전에너지는 두 커패시터의 저장 에너지를 더해 구한다.

(가)회로: 같은 극성의 두 전원이 병렬로 연결되어 있으므로 위아래 두 도선 사이의 전압은 E이다. 두 커패시터도 이 두 도선 사이에 병렬로 연결되어 **각각 전압 E가 걸린다**. 따라서 $W_1 = 2 \cdot \frac{1}{2}CE^2 = CE^2$이다.

(나)회로: 두 전원은 전압이 더해지는 방향으로 직렬 연결되어 전체 전압이 $2E$이다. 직렬 연결된 두 커패시터는 **정전용량이 같아 전압을 똑같이 나누어 갖는다**. 따라서 각 커패시터의 전압은 $\frac{2E}{2} = E$이고, $W_2 = 2 \cdot \frac{1}{2}CE^2 = CE^2$이다.

에너지의 비는 $\frac{W_1}{W_2} = \frac{CE^2}{CE^2} = 1$이며, 이는 ③의 값과 일치한다. 두 에너지의 단위가 같으므로 비에는 단위가 없다.

NoteBase

문 4. 진공 중에 무한히 긴 두 평행 직선도선의 간격이 2 [cm]이고, 각각 4 [A]와 2 [A]의 전류가 서로 반대 방향으로 흐르고 있다. 두 도선 간에 작용하는 단위 길이당 힘 F [N/m]의 크기와 종류를 바르게 연결한 것은? (단, 진공 중 투자율 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [H/m]이다)

① 크기[N/m]: 8×10^{-5}, 종류: 반발력

② 크기[N/m]: 4×10^{-4}, 종류: 흡인력

③ 크기[N/m]: 8×10^{-4}, 종류: 반발력

④ 크기[N/m]: 4×10^{-3}, 종류: 흡인력

정답 1번

간단한 해설

평행 도선 사이의 단위 길이당 힘은 두 전류의 곱에 비례하고 도선 간격에 반비례하므로, 크기는 8×10^{-5}N/m이다. 두 전류가 **서로 반대 방향**으로 흐르므로 힘의 종류는 **반발력**이다.

계산 과정

거리와 전류: 도선 간격은 **미터 단위로 환산**하여 d = 2 cm = 0.02 m로 쓴다. 두 전류의 크기는 $I_1 = 4$A, $I_2 = 2$A이고, 구할 F는 전체 힘이 아니라 단위 길이당 힘이다.

공식의 적용: 무한히 긴 직선도선이 거리 d인 곳에 만드는 자기장의 크기는 $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$이다. 이 자기장은 다른 평행 도선의 전류와 수직이므로, 그 도선이 받는 단위 길이당 힘의 크기는 $F = I_2 B_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$이다.

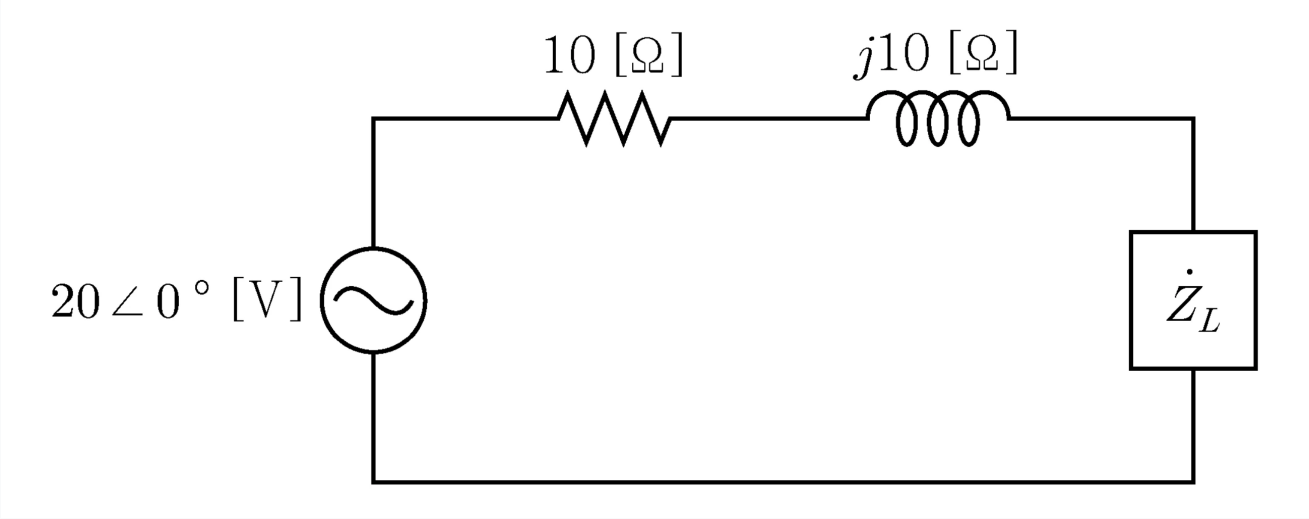
크기 계산: 주어진 진공 투자율을 이용하면 $\frac{\mu_0}{2\pi} = 2 \times 10^{-7}$H/m이다. 따라서
$F = 2 \times 10^{-7} \times \frac{4 \times 2}{0.02} = 8 \times 10^{-5}$N/m이다. 이는 각 도선의 길이 1 m당 작용하는 힘의 크기이다.

힘의 종류: 평행 도선의 전류가 같은 방향이면 서로 끌어당기고, **반대 방향이면 서로 밀어낸다**. 이 문제에서는 두 전류가 반대 방향이므로 반발력이 작용한다.

계산한 크기 8×10^{-5}N/m와 반발력을 연결한 선지는 ①이다.

NoteBase

문 5. 다음 회로에서 부하 $\dot{Z}_L = R_L + jX_L$ [Ω]에 최대 평균전력이 전달될 때, 전원에서 공급하는 평균전력[W]은? (단, 전압은 실효값이다)



① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 2번

간단한 해설

최대 평균전력 전달 조건에서는 부하가 전원 측 임피던스의 **켤레복소수**가 되어 전체 임피던스가 20 Ω이고, 전류의 실효값은 1 A이다. 전원은 부하와 직렬 저항에 필요한 전력을 모두 공급하므로 **공급 평균전력은 20 W**이다.

NoteBase

계산 과정

부하에서 바라본 전원 측 임피던스는 $\dot{Z}_{\text{th}} = 10 + j10\,\Omega$이다. 저항과 리액턴스를 모두 조절할 수 있는 부하에 최대 평균전력이 전달되려면 **부하 임피던스가 전원 측 임피던스의 켤레복소수**여야 한다. 따라서 $\dot{Z}_L = 10 - j10\,\Omega$이며, $R_L = 10\,\Omega$, $X_L = -10\,\Omega$이다. 이때 두 리액턴스가 상쇄되고 부하 저항은 전원 측 저항과 같아진다.

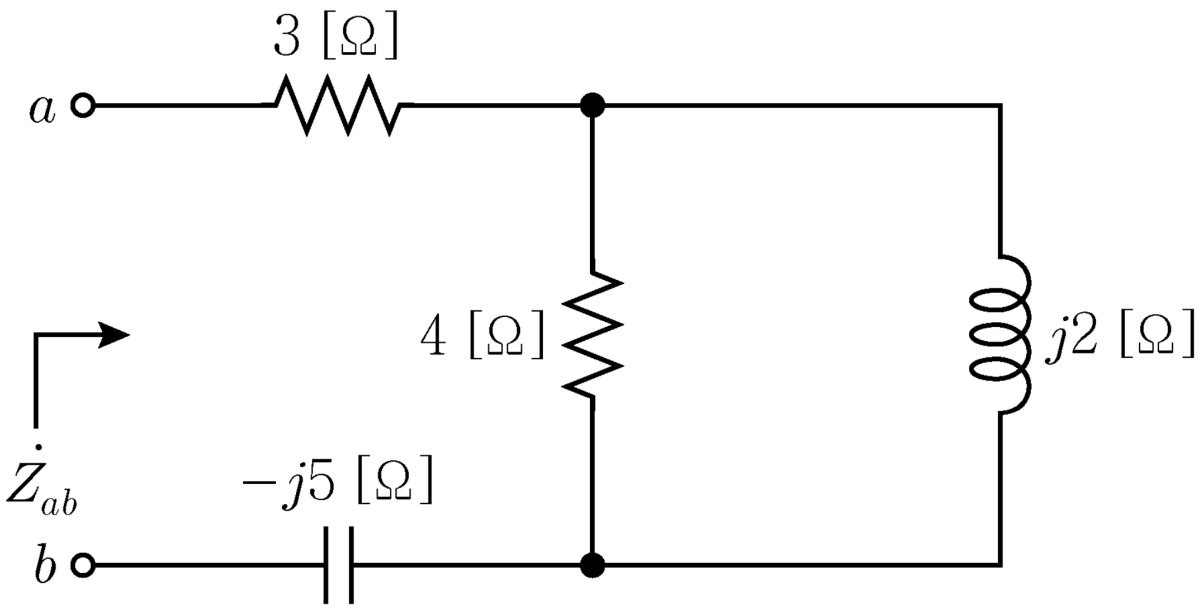
전체 직렬 임피던스는 $\dot{Z}_{\text{total}} = (10 + j10) + (10 - j10) = 20\,\Omega$이다. 따라서 전류는 $\dot{I} = \frac{20\angle 0^\circ}{20} = 1\angle 0^\circ$ A이다. 전압이 실효값으로 주어졌으므로 이 전류도 실효값이며, 전체 임피던스가 순저항이므로 전원 전압과 전류의 위상차는 0°이다.

전원이 공급하는 평균전력은 $P = VI\cos\phi$이다. 전압과 전류가 동상이므로 $P = 20 \cdot 1 \cdot \cos 0^\circ = 20\,\text{W}$이다. 이 중 부하 저항에서 소비하는 전력은 $P_L = I^2 R_L = 1^2 \cdot 10 = 10\,\text{W}$이고, 나머지 10 W는 직렬로 연결된 10 Ω 저항에서 소비된다. 따라서 구하는 값은 **두 저항의 소비전력을 합한 전원 공급전력**이다.

전원에서 공급하는 평균전력은 20 W로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 다음 회로에서 단자 a, b에서 바라본 합성 임피던스 $\dot{Z}_{ab}$ [Ω]는?



① $3.8 - j3.4$

② $3.8 + j3.4$

③ $4.6 - j4.2$

④ $4.6 + j4.2$

정답 1번

간단한 해설

4 Ω과 j2 Ω은 **병렬 연결**이므로 먼저 합성하면 $(0.8 + j1.6)\Omega$이다. 여기에 직렬로 연결된 3 Ω과 −j5 Ω을 더하면 전체 임피던스는 $(3.8 - j3.4)\Omega$이다.

NoteBase

계산 과정

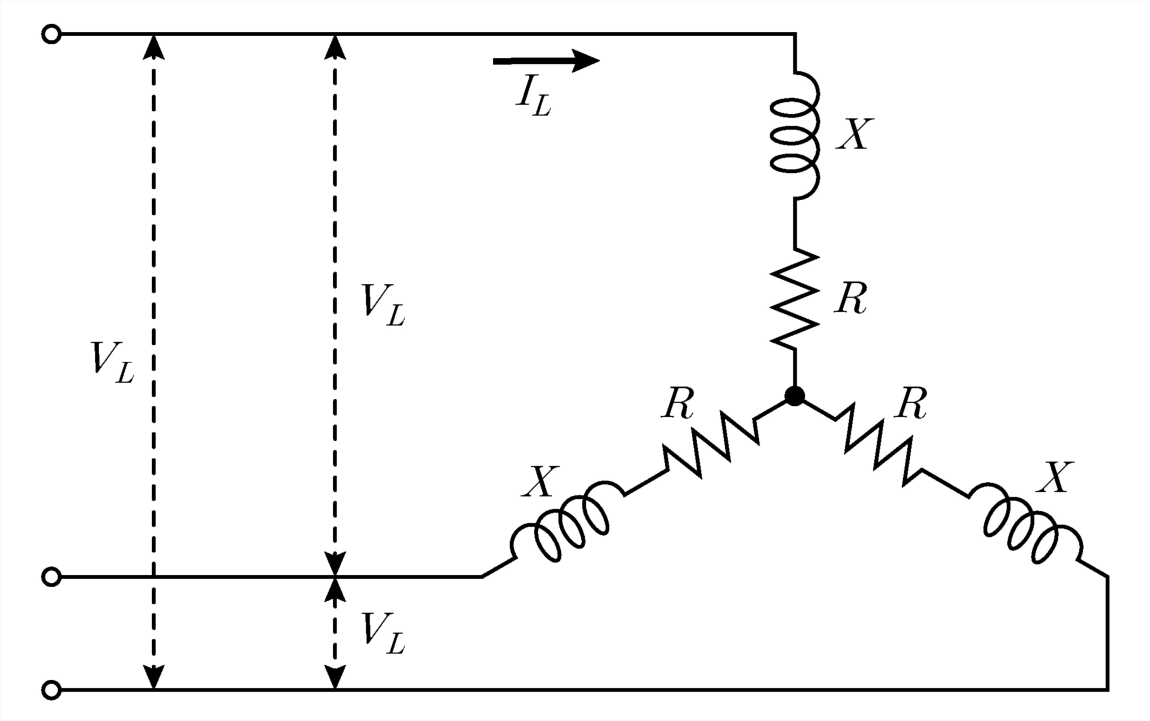
1. 회로의 연결 관계: 가운데 4 Ω 저항과 오른쪽 j2 Ω 인덕터는 **위아래의 같은 두 접점에 연결**되어 있으므로 병렬이다. 이 병렬 부분을 하나의 임피던스 $\dot{Z}_p$로 바꾸면, 단자 a에서 b까지 3 Ω 저항, 병렬 합성 부분, −j5 Ω 커패시터가 직렬로 이어진다.

2. 병렬 부분 계산: 병렬 가지에는 같은 전압이 걸리고 전류가 나뉘므로 어드미턴스가 더해진다. 따라서 두 임피던스의 병렬 합성값은 두 값의 곱을 합으로 나눈 값이다.
$\dot{Z}_p = \frac{4 \cdot j2}{4 + j2} = \frac{j8}{4 + j2}\Omega$.
분자와 분모에 켤레복소수 $4 - j2$를 곱한다. 허수 단위 j는 $j^2 = -1$이므로 분모는 $4^2 + 2^2 = 20$, 분자는 $j8(4 - j2) = 16 + j32$가 된다.
$\dot{Z}_p = \frac{16 + j32}{20} = (0.8 + j1.6)\Omega$. 이는 가운데 저항과 오른쪽 인덕터를 함께 대체하는 임피던스이다.

3. 전체 임피던스 계산: 직렬 부분에는 같은 전류가 흐르므로 각 임피던스를 더한다. **실수부와 허수부를 각각 더하면** 저항 성분은 3 + 0.8 = 3.8 Ω, 리액턴스 성분은 1.6 − 5 = −3.4 Ω이다.
$\dot{Z}_{ab} = [3 + (0.8 + j1.6) - j5]\Omega$.
따라서 $\dot{Z}_{ab} = (3.8 - j3.4)\Omega$이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 저항 R과 유도성 리액턴스 X로 이루어진 Y 결선된 평형 3상부하(역률 0.8)를 선간전압이 $V_L = 220[V]$인 평형 3상 교류전원에 연결할 때, 선전류는 $I_L = 22/\sqrt{3}[A]$이다. 이때 저항 $R[\Omega]$과 리액턴스 $X[\Omega]$는? (단, 전압과 전류는 실횻값이다)



① R [Ω]: 6, X [Ω]: 8

② R [Ω]: 6, X [Ω]: 10

③ R [Ω]: 8, X [Ω]: 6

④ R [Ω]: 8, X [Ω]: 10

정답 3번

간단한 해설

Y 결선에서는 **상전압이 선간전압의 $1/\sqrt{3}$배이고 상전류는 선전류와 같으므로**, 한 상의 임피던스 크기는 10 Ω이다. 역률 0.8은 저항과 임피던스 크기의 비이므로 R = 8 Ω이며, 저항과 리액턴스의 직각 관계에서 X = 6 Ω을 얻는다.

NoteBase

계산 과정

1. 상전압과 상전류: 그림에서 각 상의 R과 X는 직렬로 연결되어 있고, 세 상이 한 점에서 만나는 Y 결선이다. 평형 Y 결선에서는 **선간전압을 상전압으로 바꾸어** 한 상의 회로에 적용한다. 상전압을 V_{ph}, 상전류를 I_{ph}라 하면 $V_{\text{ph}} = V_L/\sqrt{3}$이므로 $V_{\text{ph}} = 220/\sqrt{3}\,\text{V}$이다. 각 선과 해당 상은 직렬이므로 $I_{\text{ph}} = I_L = 22/\sqrt{3}\,\text{A}$이다.

2. 한 상의 임피던스 크기: 교류 회로의 옴의 법칙에 따라 상전압을 상전류로 나눈다. $|Z| = \frac{V_{\text{ph}}}{I_{\text{ph}}} = \frac{220/\sqrt{3}}{22/\sqrt{3}} = 10\Omega$이다. 이 10 Ω은 저항만의 값이 아니라 **저항과 유도성 리액턴스를 합성한 임피던스의 크기**이다.

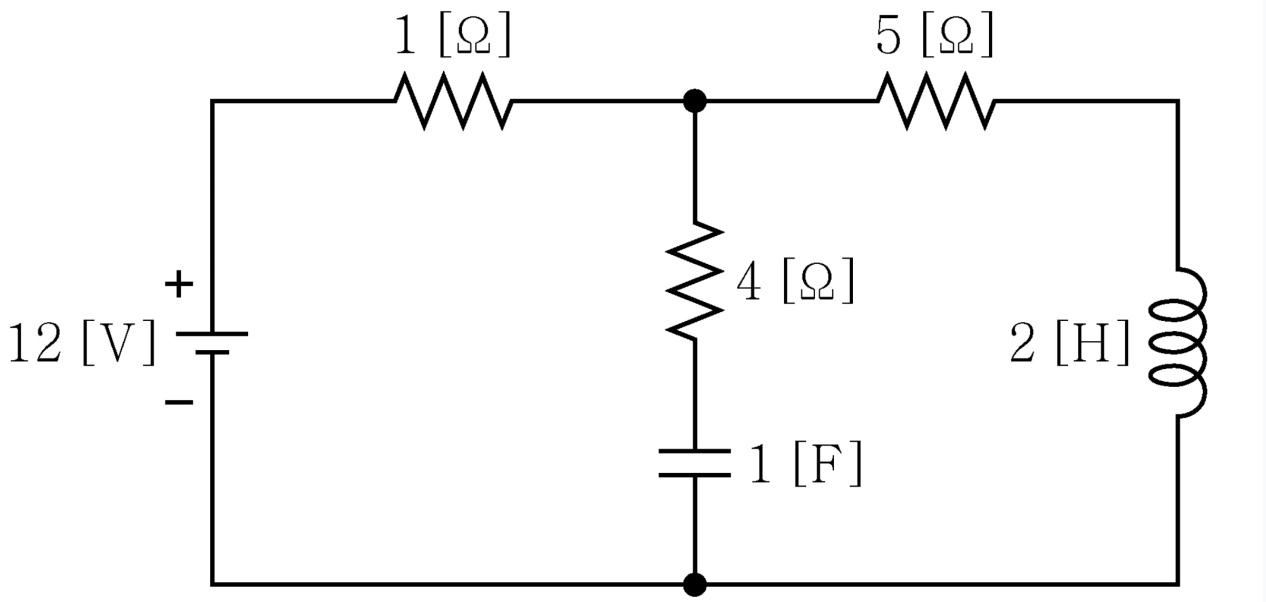
3. 저항 R: 전압과 전류의 위상차를 ϕ라 하면, 직렬 R–X 부하의 역률은 $\cos\phi = \frac{R}{|Z|}$이다. 주어진 역률 0.8을 적용하면 $R = |Z|\cos\phi = 10 \cdot 0.8 = 8\Omega$이다.

4. 유도성 리액턴스 X: 저항 성분과 리액턴스 성분은 복소평면에서 서로 직각이므로 $|Z|^2 = R^2 + X^2$이다. 유도성 리액턴스는 양수이므로 $X = \sqrt{|Z|^2 - R^2}$에 값을 대입하여 $X = \sqrt{10^2 - 8^2} = 6\Omega$을 얻는다.

따라서 R = 8 Ω, X = 6 Ω으로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 다음 회로가 정상상태에서 동작할 때, 커패시터에 저장된 에너지 W_C[J]와 인덕터에 저장된 에너지 W_L[J]은?



① W_C[J]: 4, W_L[J]: 50

② W_C[J]: 4, W_L[J]: 100

③ W_C[J]: 50, W_L[J]: 4

④ W_C[J]: 100, W_L[J]: 4

정답 3번

간단한 해설

직류 정상상태에서 **커패시터는 개방, 인덕터는 단락**으로 취급하므로 커패시터 전압은 10 V, 인덕터 전류는 2 A이다. 각 저장 에너지 공식에 대입하면 $W_C = 50$J, $W_L = 4$J이다.

NoteBase

계산 과정

직류 정상상태에서는 전압과 전류가 시간에 따라 변하지 않는다. 따라서 이상적인 커패시터에는 전류가 흐르지 않아 **개방회로**로, 이상적인 인덕터의 양단 전압은 0이므로 **단락회로**로 취급한다.

인덕터 전류: 가운데 4 Ω 저항과 커패시터의 직렬 가지에는 전류가 흐르지 않는다. 전원 전류는 1 Ω 저항과 5 Ω 저항, 인덕터를 차례로 지나므로 두 저항은 직렬로 연결된 것과 같다. 인덕터 전류는 $I_L = \frac{12}{1+5} = 2\text{A}$이다.

커패시터 전압: 4 Ω 저항에는 전류가 흐르지 않으므로 **전압 강하가 0**이다. 따라서 커패시터의 양단 전압은 위아래 접속점 사이의 전압과 같다. 인덕터 양단 전압도 0이므로 이 전압은 5 Ω 저항의 전압 강하와 같아 $V_C = 2 \cdot 5 = 10\text{V}$이다.

커패시터 저장 에너지: 정전용량 C = 1 F인 커패시터는 전압에 의해 에너지를 저장하므로 $W_C = \frac{1}{2}CV_C^2$를 적용한다. 따라서 $W_C = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10^2 = 50\text{J}$이다.

인덕터 저장 에너지: 인덕턴스 L = 2 H인 인덕터는 전류에 의해 에너지를 저장하므로 $W_L = \frac{1}{2}LI_L^2$를 적용한다. 따라서 $W_L = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2^2 = 4\text{J}$이다.

커패시터 50 J, 인덕터 4 J의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 9. 내부저항 15 [Ω], 인덕턴스 20 [mH]인 코일의 양단 전압은 $v(t) = 250\cos(\omega t)$ [V]이고, 코일에 흐르는 전류는 $i(t) = 10\cos(\omega t - 53.13^\circ)$ [A]이다. 이때 각주파수 ω [rad/s]는?

① 1

② 10

③ 100

④ 1,000

정답 4번

간단한 해설

전압과 전류의 진폭비로 구한 임피던스 크기는 25 Ω이며, 내부저항 15 Ω을 함께 쓰면 **유도 리액턴스는 20 Ω**이다. $X_L = \omega L$에 인덕턴스 0.020 H를 대입하면 각주파수는 1,000 rad/s이다.

계산 과정

코일은 내부저항 R = 15 Ω과 인덕턴스 L = 20 mH = 0.020 H가 직렬로 연결된 회로로 나타낸다. 전류가 전압보다 53.13° 늦는 것은 코일이 유도성 부하임을 뜻한다.

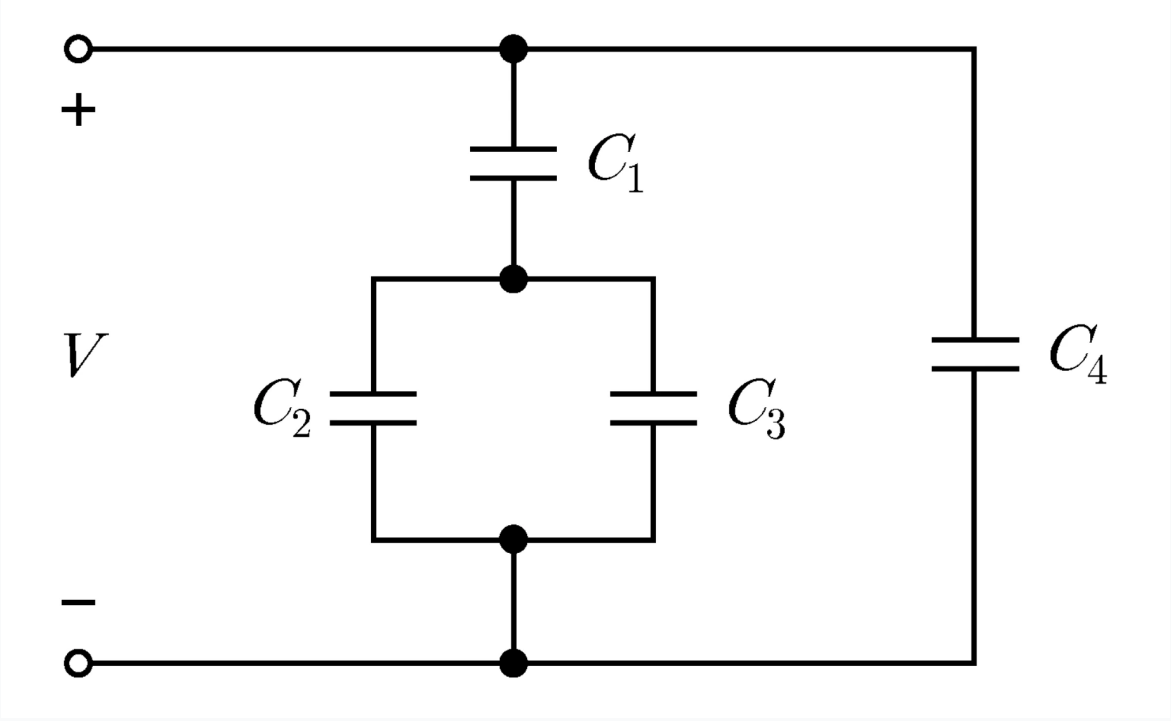
전압의 진폭은 250 V, 전류의 진폭은 10 A이다. 임피던스의 크기는 **같은 기준의 전압과 전류의 비**이므로, 두 진폭을 사용하면 $|Z| = \frac{250}{10} = 25\Omega$이다. 이 값에는 내부저항과 유도 리액턴스의 영향이 모두 포함된다.

유도 리액턴스를 $X_L = \omega L$이라 하자. 저항의 전압과 인덕턴스의 전압은 위상이 90° 다르므로, 임피던스 크기는 단순 합이 아니라 $|Z|^2 = R^2 + X_L^2$을 따른다. 따라서 $X_L = \sqrt{25^2 - 15^2} = 20\Omega$이다.

유도 리액턴스는 각주파수와 인덕턴스의 곱이므로 $\omega = \frac{X_L}{L}$이다. 인덕턴스를 **H 단위로 환산한 값**을 넣으면 $\omega = \frac{20}{0.020} = 1{,}000\text{rad/s}$이다. 이는 ④의 1,000 rad/s와 일치한다.

NoteBase

문 10. 다음 회로에서 직류전압 V[V]가 연결될 때, 축적된 전하량이 가장 적은 커패시터는? (단, C_1, C_2, C_3, C_4의 커패시턴스는 각각 1 [F], 2 [F], 3 [F], 4 [F]이다)



① C_1

② C_2

③ C_3

④ C_4

정답 2번

간단한 해설

C_2와 C_3는 **병렬이므로 전압이 같고**, 전하량은 정전용량에 비례한다. 또한 두 커패시터의 전하량을 합한 값이 직렬로 연결된 C_1의 전하량이므로, C_2에 축적된 전하량이 가장 적다.

NoteBase

선지별 해설

처음에 충전되지 않은 이상적인 커패시터로 보고, 축적된 전하량의 크기를 비교한다. 각 커패시터의 전하량은 $Q_i = C_i U_i$이며, U_i는 해당 커패시터의 양단 전압이다. 그림에서 C_2와 C_3는 같은 두 접점에 연결된 병렬이고, 이 병렬 묶음이 C_1과 직렬이다. C_4는 전원 양단에 직접 연결되어 있다.

병렬 묶음의 합성 정전용량은 $C_{23} = C_2 + C_3 = 5\text{F}$이다. C_1과 이 묶음은 직렬이므로 축적된 전하량의 크기가 같고, 전압은 정전용량에 반비례한다. 따라서 병렬 묶음의 전압은 $U_{23} = \frac{C_1}{C_1 + C_{23}} V = \frac{V}{6}$이다. 아래 전하량의 단위는 C(쿨롬)이다.

① C_1: 전원 전압에서 병렬 묶음의 전압을 뺀 값이 걸리므로 $U_1 = V - \frac{V}{6} = \frac{5V}{6}$이다. 따라서 전하량은 $Q_1 = 1 \cdot \frac{5V}{6} = \frac{5V}{6}$이다. 이 값은 **병렬 묶음 전체의 전하량**으로, $Q_2 + Q_3$와 같다.

② C_2: 병렬 묶음의 전압이 그대로 걸리므로 $U_2 = \frac{V}{6}$이다. 따라서 $Q_2 = 2 \cdot \frac{V}{6} = \frac{V}{3}$이다. C_3와 전압은 같지만 **정전용량이 더 작으므로** 전하량도 더 적다.

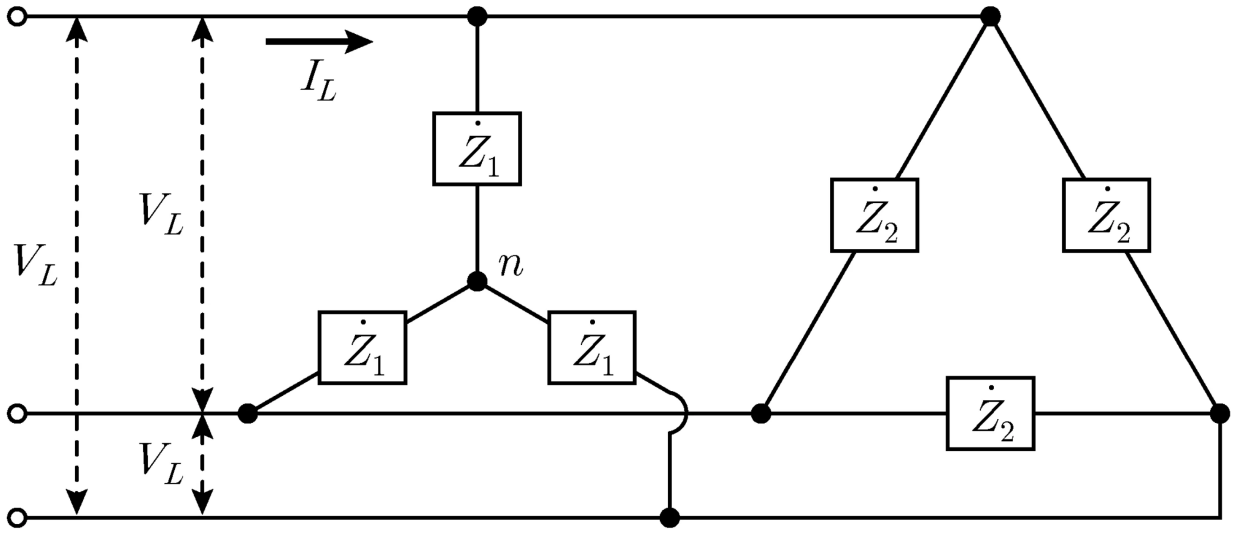
③ C_3: C_2와 병렬이므로 $U_3 = \frac{V}{6}$이다. 따라서 $Q_3 = 3 \cdot \frac{V}{6} = \frac{V}{2}$이다. 같은 전압에서 전하량의 비는 $Q_2 : Q_3 = 2 : 3$이므로 C_2보다 전하량이 많다.

④ C_4: **전원 전압 전체**가 걸리므로 $U_4 = V$이다. 따라서 전하량은 $Q_4 = 4V$이다. 다른 커패시터와 달리 전압을 나누어 갖지 않으며, 정전용량도 가장 크다.

전하량의 크기는 $Q_2 < Q_3 < Q_1 < Q_4$이다. 따라서 가장 적은 전하량이 축적되는 커패시터는 ②의 C_2이다.

NoteBase

문 11. $\dot{Z}_1 = 8 + j6[\Omega]$과 $\dot{Z}_2 = 24 + j18[\Omega]$을 그림과 같이 각각 Y, Δ로 구성한 후 평형 3상 전원과 연결하였다. 선간전압이 $V_L = 100\sqrt{3}[V]$일 때, 선전류 $I_L[A]$은? (단, 전압과 전류는 실횻값이다)



① 20

② 24

③ 28

④ 30

정답 1번

간단한 해설

Δ 부하를 Y로 환산하면 각 상의 임피던스가 기존 Y 부하와 같아져, 병렬 합성 임피던스는 **각 상에서 절반**이 된다. 합성 임피던스의 크기는 5 Ω이고 상전압은 100 V이므로 선전류는 20 A이다.

NoteBase

계산 과정

상전압: 그림의 Y 부하와 Δ 부하는 같은 3상 전원에 병렬로 연결되어 있다. 평형 3상 회로에서 Y결선의 상전압은 선간전압의 $1/\sqrt{3}$배이므로, $V_{ph} = \frac{100\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = 100\text{V}$이다. 주어진 전압과 구할 전류는 모두 실횻값이다.

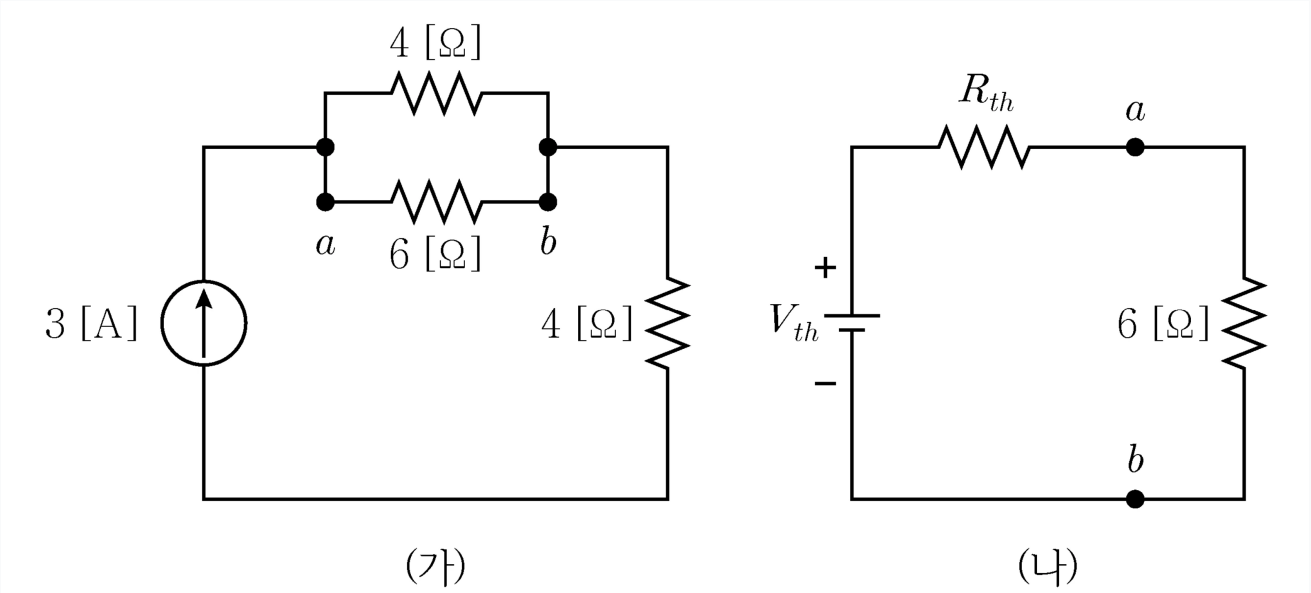
Δ 부하의 Y 환산: 세 임피던스가 같은 평형 Δ 부하를 등가 Y 부하로 바꾸면 각 상 임피던스는 **Δ 임피던스의 1/3**이다. 따라서 $\dot{Z}_{2Y} = \frac{24 + j18}{3} = 8 + j6\Omega$이며, 기존 Y 부하의 $\dot{Z}_1$과 같다. 이 환산은 전원에서 본 선전류를 보존한다.

상당 합성 임피던스: 두 Y 부하는 평형이므로 중성점 전위가 같아, 한 상에서는 같은 임피던스 두 개가 병렬로 연결된 것으로 계산할 수 있다. 따라서 $\dot{Z}_{eq} = \frac{8 + j6}{2} = 4 + j3\Omega$이다. 전류의 크기를 구할 때는 **임피던스의 크기**를 사용하므로, $|\dot{Z}_{eq}| = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\Omega$이다.

선전류: 등가 Y회로에서는 선전류가 상전류와 같으므로 $I_L = \frac{V_{ph}}{|\dot{Z}_{eq}|} = \frac{100}{5} = 20\text{A}$이다. 따라서 선전류는 20 A로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 그림 (가)의 단자 a, b에 대한 테브난 등가회로가 그림 (나)이다. 전압 V_{th}[V]와 저항 R_{th}[Ω]의 합 $(V_{th} + R_{th})$은?



① 14

② 16

③ 18

④ 20

정답 2번

간단한 해설

6 Ω 부하를 분리했을 때의 **개방전압**이 V_{th}이며, 3 A가 위쪽 4 Ω 저항에 흘러 12 V가 된다. 전류원을 개방하면 단자에서 본 저항은 4 Ω이므로, 두 값의 수치 합은 16이다.

NoteBase

계산 과정

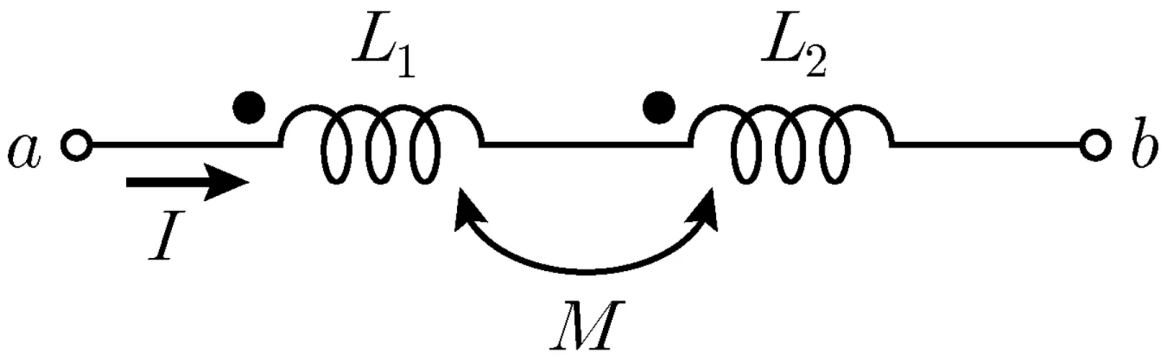
1. 테브난 전압: 그림 (나)에서 6 Ω 저항은 등가회로에 연결된 부하이다. 따라서 그림 (가)의 a, b 사이에 있는 **6 Ω 부하를 분리**하고 개방전압을 구한다. 이때 3 A 전류원의 전류는 위쪽 4 Ω 저항을 a에서 b 방향으로 흐른 뒤 오른쪽 4 Ω 저항을 통과한다. a가 b보다 높은 전위이므로 $V_{th} = V_a - V_b = 3 \cdot 4 = 12\text{V}$이다.

2. 테브난 저항: 6 Ω 부하를 분리한 상태에서 **독립 전류원을 개방**하여 내부 저항을 구한다. 전류원이 있던 가지가 끊어지므로 오른쪽 4 Ω 저항의 아래쪽 끝은 떠 있게 되어 a, b 사이의 전류 경로에 포함되지 않는다. 따라서 두 단자를 직접 잇는 위쪽 4 Ω 저항만 남아 $R_{th} = 4\Omega$이다.

3. 요구한 합: V_{th}를 V 단위로, R_{th}를 Ω 단위로 나타낸 수치는 각각 12와 4이다. 문제에서 요구한 수치 합은 12 + 4 = 16으로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 두 코일 L_1, L_2의 자기인덕턴스가 각각 2 [H], 5 [H]이고, 상호 인덕턴스 $M = 1$ [H]이다. 두 코일을 그림과 같이 직렬로 연결하고 합성코일 양단 a, b에서 측정한 전압이 90 [V]일 때, 코일 L_2 양단에 걸리는 전압[V]은? (단, 전압과 전류는 실횻값이다)



① 30

② 50

③ 60

④ 90

정답 3번

간단한 해설

전류가 두 코일의 점 표시 단자로 모두 들어가므로 **상호유도 전압이 자기유도 전압에 더해진다**. 합성 인덕턴스는 9 H이고, L_2의 전압에 대응하는 인덕턴스는 6 H이므로 전압은 전체 90 V의 2/3인 60 V이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 전류는 a에서 b로 흐르며 두 코일의 왼쪽 점 표시 단자로 모두 들어간다. 따라서 **상호유도 전압이 더해지는 직렬 가동 접속**이다. 직렬로 연결된 두 코일에는 같은 전류가 흐른다.

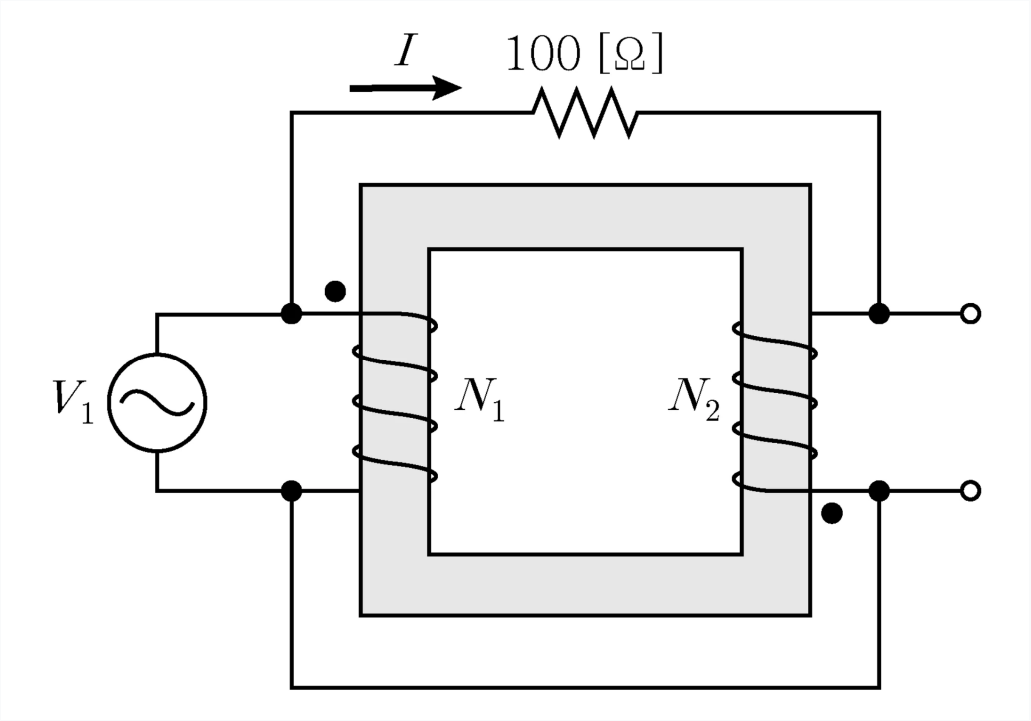
합성 인덕턴스: 각 코일에는 자기유도 전압뿐 아니라 다른 코일에 의한 상호유도 전압도 생긴다. 두 코일의 전압을 합하면 상호 인덕턴스 항이 두 번 포함되므로 $L_{\text{eq}} = L_1 + L_2 + 2M$이다. 주어진 값을 대입하면 $L_{\text{eq}} = 2 + 5 + 2 \cdot 1 = 9\text{H}$이다.

두 번째 코일의 전압: L_2에는 자기인덕턴스 5 H와 상호 인덕턴스 1 H에 따른 전압이 같은 극성으로 더해진다. 따라서 전압에 대응하는 인덕턴스는 $L_2 + M = 5 + 1 = 6\text{H}$이다. 인덕터 전압은 인덕턴스와 전류 변화율의 곱이고, 두 코일의 전류 변화율은 같으므로 **전압비는 이 인덕턴스들의 비**와 같다. 이 비례관계는 실횻값에도 그대로 적용된다.

전압 계산: $\frac{V_2}{V_{ab}} = \frac{L_2 + M}{L_{\text{eq}}} = \frac{6}{9}$이므로, $V_2 = 90 \cdot \frac{6}{9} = 60\text{V}$이다. 구한 실횻값 60 V는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 다음 그림에서 철심의 1차측에 $N_1 = 100$회, 2차측에 $N_2 = 200$회의 코일을 감고, 1차 코일에 $V_1 = 100[V]$의 전압을 인가한다. 이때 저항 100 [Ω]에 흐르는 전류 $I[A]$는? (단, 변압기는 이상적이며 전압과 전류는 실횻값이다)



① 0

② 1

③ 2

④ 3

정답 4번

간단한 해설

두 권선의 아래 단자가 연결되어 있고 점표시는 서로 반대쪽에 있으므로, 저항 양단에는 두 권선 전압이 **합쳐져 300 V**가 걸린다. 따라서 100 Ω 저항에 흐르는 전류는 3 A이다.

NoteBase

계산 과정

이상적 변압기에서는 같은 철심의 자속이 두 권선에 쇄교하므로 전압의 실횻값 비가 권수비와 같다. 2차 전압의 크기를 V_2라 하면 $V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$이므로, $V_2 = \frac{200}{100} \cdot 100 = 200\text{V}$이다.

그림에서 1차 권선의 점은 위쪽, 2차 권선의 점은 아래쪽에 있다. 점표시는 **점이 있는 단자에서 점이 없는 단자로 잰 전압이 같은 위상**임을 뜻한다. 두 권선의 아래 단자는 도선으로 연결되어 있으므로, 이 공통 접점을 기준으로 위쪽 단자들의 전압은 반대 위상이다. 왼쪽 위 단자 전압을 $V_A = 100\text{V}$로 잡으면 오른쪽 위 단자 전압은 $V_B = -200\text{V}$이다. 여기서 음수는 실횻값의 크기가 음수라는 뜻이 아니라 기준 전압과 위상이 180° 반대라는 뜻이다.

저항은 두 위쪽 단자 사이에 연결되어 있으므로, 화살표 방향으로 본 저항 전압은 $V_R = V_A - V_B$이다. 따라서 저항 전압의 실횻값은 $100 - (-200) = 300\ \text{V}$가 된다. 옴의 법칙을 적용하면 $I = \frac{V_R}{R} = \frac{300}{100} = 3\text{A}$이다.

전류의 실횻값은 3 A로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 한 상의 부하 임피던스가 $\dot{Z} = 16 + j12$ [Ω]인 평형 Δ-Δ 결선에서 3상 부하에 소비되는 총 유효전력은 14,400 [W]이다. 이때 상전압[V]은? (단, 전압은 실횻값이다)

① 200

② $200\sqrt{3}$

③ 300

④ $300\sqrt{3}$

정답 2번

간단한 해설

평형 3상 부하의 유효전력은 **각 상의 저항에서 소비되는 전력의 합**이므로 $P = 3I_{ph}^2 R$이다. 이 식으로 구한 상전류에 임피던스의 크기 20 Ω을 곱하면 상전압은 $200\sqrt{3}$ V이다.

계산 과정

평형 Δ-Δ 결선에서는 세 상의 부하가 같으므로 한 상의 유효전력은 $P_{ph} = \frac{14,400}{3} = 4,800\text{W}$이다. 상전류와 상전압의 실횻값을 각각 I_{ph}, V_{ph}로 둔다.

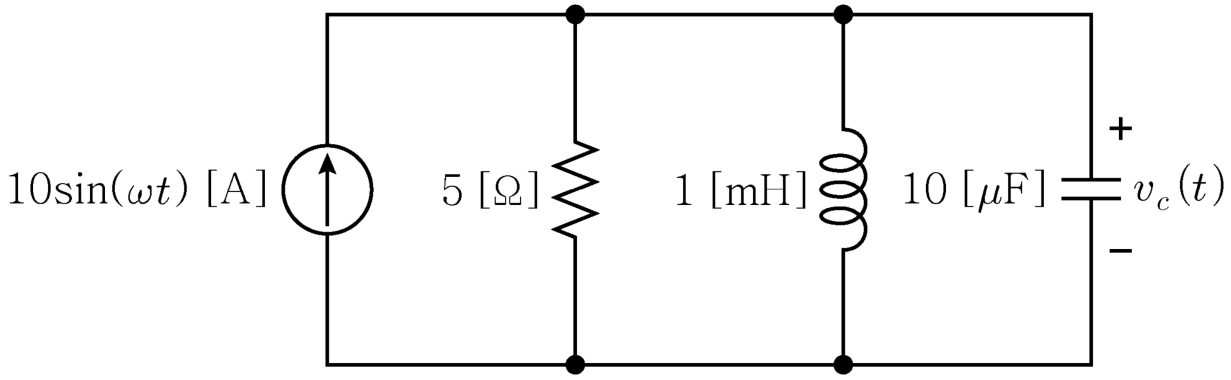
한 상의 임피던스가 16 + j12 Ω이므로 저항 R = 16 Ω, 리액턴스 X = 12 Ω이다. 전압과 전류의 크기 관계에는 저항만이 아니라 **임피던스의 크기**를 사용하며, $|Z| = \sqrt{16^2 + 12^2} = 20\Omega$이다.

유효전력은 저항에서 소비되므로 $P_{ph} = I_{ph}^2 R$이다. 따라서 각 상의 부하에 흐르는 전류는 $I_{ph} = \sqrt{\frac{4,800}{16}} = 10\sqrt{3}\text{A}$이다.

한 상의 부하 양단 전압은 $V_{ph} = I_{ph}|Z|$이므로 $V_{ph} = 10\sqrt{3} \cdot 20 = 200\sqrt{3}\text{V}$이다. Δ 결선에서는 **상전압과 선간전압이 같으므로** 전압에 별도의 변환 계수를 곱하지 않는다. 구한 상전압은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 다음 RLC 병렬회로가 정상상태에서 동작할 때, 각주파수를 변화시켜서 얻을 수 있는 전압 $v_c(t)$의 최댓값 V_m[V]과 이때의 각주파수 ω[rad/s]는?



① V□ [V]: 25, ω [rad/s]: 1,000

② V□ [V]: 25, ω [rad/s]: 10,000

③ V□ [V]: 50, ω [rad/s]: 1,000

④ V□ [V]: 50, ω [rad/s]: 10,000

정답 4번

간단한 해설

병렬 공진에서는 **인덕터와 커패시터의 무효전류가 상쇄**되어 회로의 임피던스와 전압 진폭이 최대가 된다. 공진 각주파수는 10,000 rad/s이고, 이때 전압의 최댓값은 10 × 5 = 50 V이다.

NoteBase

계산 과정

회로의 저항, 인덕터, 커패시터는 병렬이므로 양단 전압이 모두 $v_c(t)$와 같다. 주어진 값은 R = 5 Ω, $L = 10^{-3}$H, $C = 10^{-5}$F이다. 전류원은 $10\sin(\omega t)$ A이므로 전류의 **진폭은 10 A**이며, 실횻값으로 바꾸지 않고 전압 진폭을 계산한다.

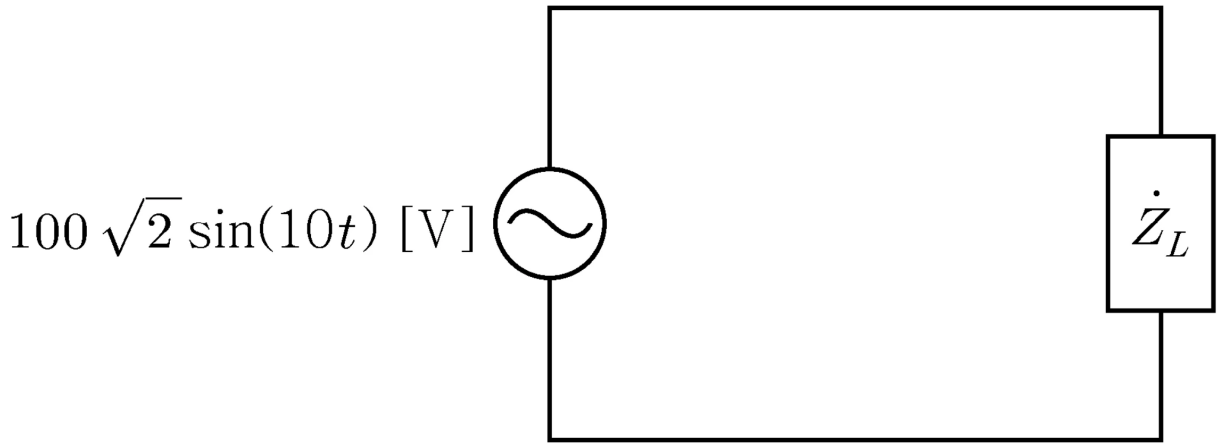
병렬회로에서는 각 가지의 어드미턴스를 더한다. 커패시터와 인덕터의 무효 성분을 합하면 $B = \omega C - \frac{1}{\omega L}$이고, 전체 어드미턴스의 크기는 $|Y| = \sqrt{(1/R)^2 + B^2}$이다. 따라서 전압 진폭은 $V(\omega) = \frac{10}{|Y|}$이다. 전류 진폭이 일정하므로 **어드미턴스의 크기가 최소일 때** 전압 진폭이 최대가 된다.

B^2는 음수가 될 수 없으므로 최솟값은 B = 0일 때 얻는다. 이는 인덕터와 커패시터의 무효전류가 서로 상쇄되는 병렬 공진 조건으로, $\omega C = \frac{1}{\omega L}$이다. 공진 각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이므로, $LC = 10^{-8}$을 대입하면 $\omega_0 = 10^4$rad/s, 즉 10,000 rad/s이다.

공진에서는 $|Y| = \frac{1}{R}$이므로 회로의 임피던스는 저항 R과 같아진다. 따라서 전압의 최댓값은 $V_m = 10R$, 즉 $10 \times 5 = 50$ V이다. 전압 50 V와 각주파수 10,000 rad/s의 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 17. 다음 회로에서 역률이 지상 0.8인 부하 $\dot{Z}_L$에 소비되는 유효전력은 4 [kW]이다. 역률을 1로 개선하기 위하여 커패시터를 부하 $\dot{Z}_L$과 병렬로 연결할 때, 커패시터의 정전용량[mF]은?



① 0.03

② 0.3

③ 3

④ 30

정답 4번

간단한 해설

역률을 1로 만들려면 커패시터가 부하의 **지상 무효전력 3 kvar를 상쇄**해야 한다. 전압의 실효값 100 V와 각주파수 10 rad/s를 적용하면 필요한 정전용량은 30 mF이다.

NoteBase

계산 과정

전압과 각주파수: 그림의 전원 전압은 $v(t) = 100\sqrt{2}\sin(10t)$ V이다. 정현파의 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이므로 $V = \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 100$ V이고, 각주파수는 $\omega = 10$ rad/s이다. 커패시터는 부하와 병렬로 연결하므로 **커패시터 양단의 전압도 100 V**이다.

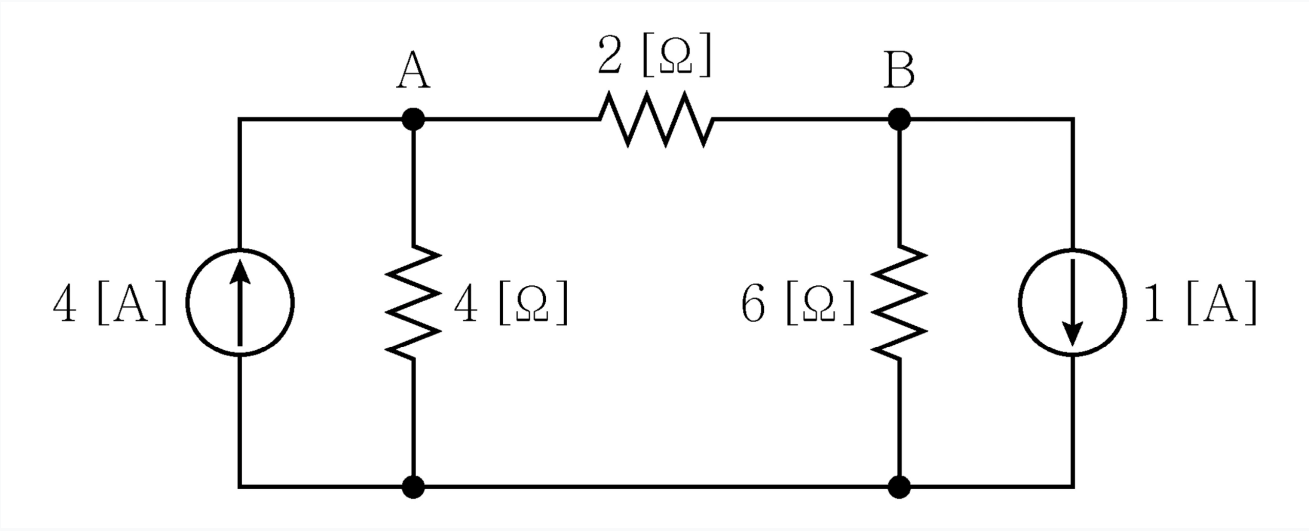
부하의 무효전력: 부하의 유효전력은 P = 4 kW = 4000 W이고, 역률은 $\cos\varphi = 0.8$이다. 전력삼각형에서 $\tan\varphi = \frac{\sqrt{1-0.8^2}}{0.8} = 0.75$이므로 부하의 무효전력은 $Q_L = P\tan\varphi = 4000 \cdot 0.75 = 3000$ var이다. 역률이 지상이므로 이는 유도성 무효전력이다.

보상 조건: 역률이 1이면 전원에서 공급하는 전체 무효전력은 0이다. 따라서 커패시터가 **크기는 같고 부호는 반대인 진상 무효전력**을 담당해야 한다. 필요한 커패시터 무효전력의 크기를 Q_C라 하면 $Q_C = Q_L = 3000$ var이다.

정전용량 계산: 이상적인 커패시터에서는 전류가 전압보다 90° 앞서며, 실효전류는 $I_C = \omega CV$이다. 따라서 진상 무효전력의 크기는 $Q_C = VI_C = \omega CV^2$이다. 이를 정전용량에 대해 풀면 $C = \frac{Q_C}{\omega V^2} = \frac{3000}{10 \cdot 100^2} = 0.03$ F이다. 1 F = 1000 mF이므로 필요한 정전용량은 30 mF이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 다음 회로에서 노드 A의 전압 V_A[V]와 노드 B의 전압 V_B[V]의 차($V_A - V_B$)[V]는?



① $\frac{7}{3}$
② $\frac{11}{3}$
③ $\frac{14}{3}$
④ $\frac{17}{3}$

정답 2번

간단한 해설

A의 전류원은 4 A를 공급하고 B의 전류원은 1 A를 빼내므로, 각 노드에서 **유입 전류와 유출 전류가 같도록** 식을 세운다. 두 식을 풀면 전압 차는 $V_A - V_B = \frac{11}{3}$ V이다.

NoteBase

계산 과정

회로 아래쪽의 공통 도선을 기준 노드인 0 V로 정한다. 그러면 4 Ω 저항의 위쪽 전압은 V_A, 6 Ω 저항의 위쪽 전압은 V_B이다. 저항 전류는 옴의 법칙에 따라 양단 전압 차를 저항으로 나누어 구하고, 각 노드에는 **유입 전류의 합과 유출 전류의 합이 같다**는 키르히호프 전류 법칙을 적용한다.

노드 A: 위쪽 화살표의 전류원이 A로 4 A를 공급한다. A에서 기준 노드로 흐르는 전류는 $\frac{V_A}{4}$, A에서 B로 흐르는 전류는 $\frac{V_A - V_B}{2}$이므로, 전류 단위를 A로 하여 $\frac{V_A}{4} + \frac{V_A - V_B}{2} = 4$이다. 양변에 4를 곱해 정리하면 $3V_A - 2V_B = 16$이다.

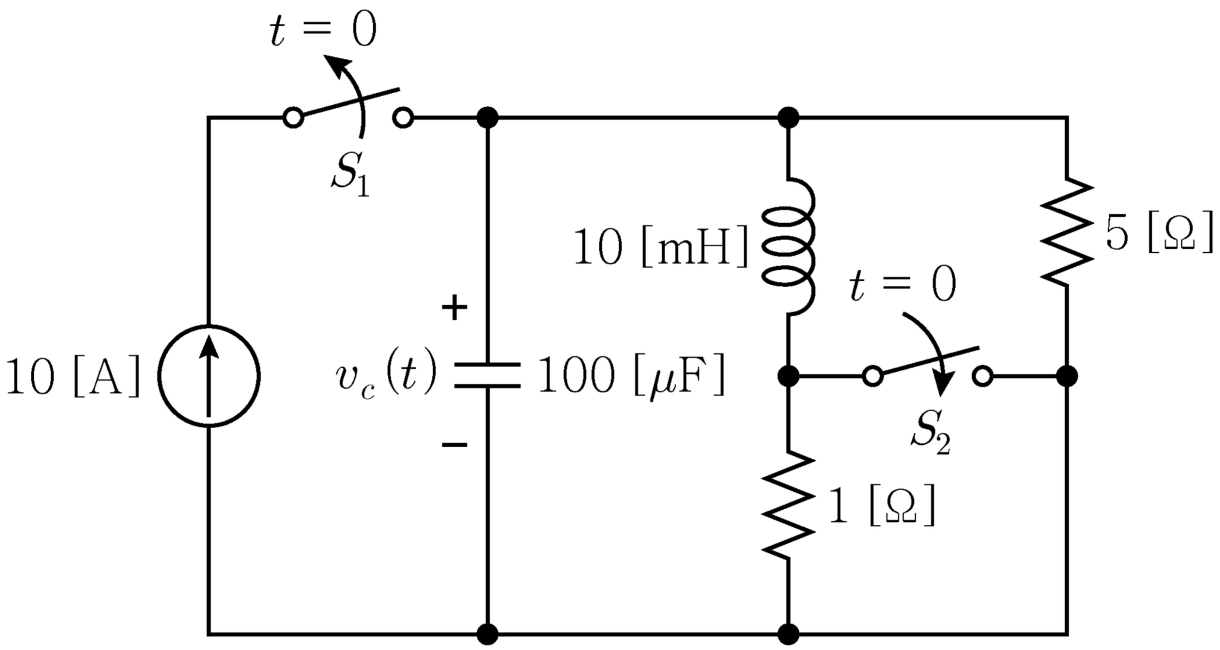
노드 B: 아래쪽 화살표의 전류원이 **B에서 기준 노드로 1 A를 유출**시킨다. A에서 들어온 전류는 6 Ω 저항과 전류원으로 나뉘므로 $\frac{V_A - V_B}{2} = \frac{V_B}{6} + 1$이다. 양변에 6을 곱해 정리하면 $3V_A - 4V_B = 6$이다.

두 노드 방정식을 빼면 $2V_B = 10$이므로 $V_B = 5$ V이다. 이를 A의 식에 대입하면 $3V_A - 10 = 16$에서 $V_A = \frac{26}{3}$ V를 얻는다. 이는 공통 기준 노드에 대한 A와 B의 전압이다.

따라서 요구한 전압 차는 $V_A - V_B = \frac{26}{3} - 5 = \frac{11}{3}$ V이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 다음 회로에서 t=0일 때, 스위치 S_1은 개방되고 스위치 S_2는 닫힌다. t≥0에서 전압 $v_c(t)$[V]의 자연응답 특성은?



① 무감쇠

② 과감쇠

③ 부족감쇠

④ 임계감쇠

정답 4번

간단한 해설

스위치 전환 후에는 1 Ω 저항이 단락되어 5 Ω 저항·인덕터·커패시터가 병렬로 연결된다. 이때 감쇠계수와 고유각주파수가 $\alpha = \omega_0$를 만족하므로 **임계감쇠**이다.

NoteBase

계산 과정

스위치 전환 후 회로: $t \geq 0$에서 스위치 S_1이 개방되면 10 A 전류원이 분리되고, S_2가 닫히면 **1 Ω 저항의 양단이 도선으로 연결되어 단락**된다. 따라서 R = 5 Ω, L = 10 mH, C = 100 μF인 무전원 병렬 RLC 회로가 남는다. 계산에는 L = 0.01 H, C = 0.0001 F를 사용한다.

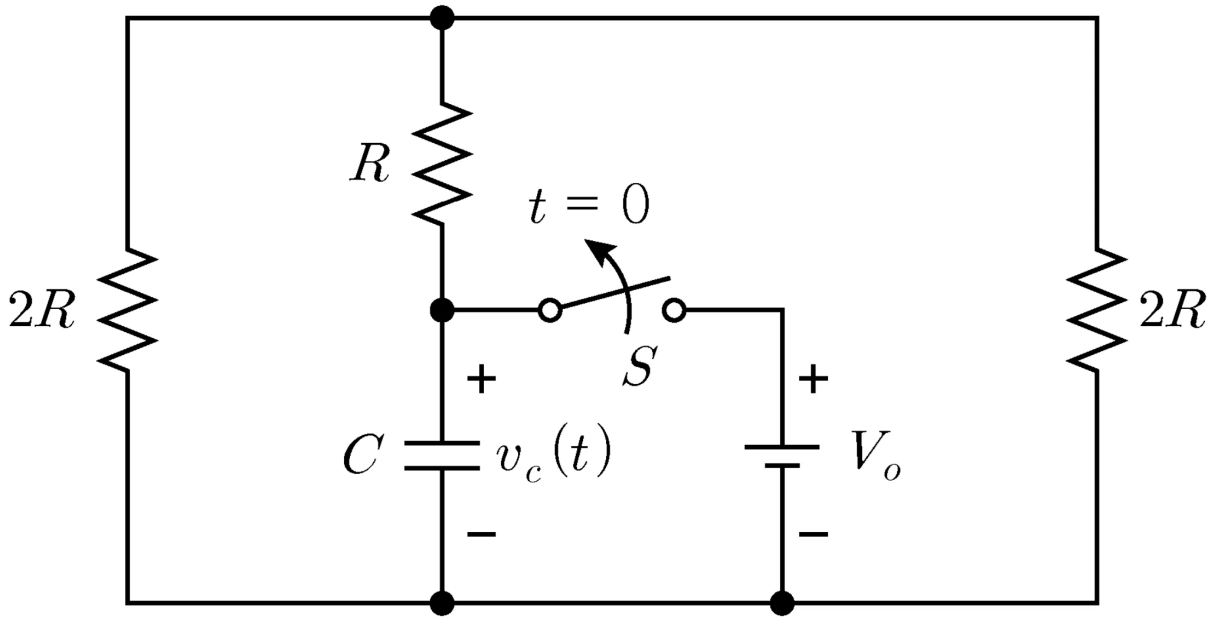
감쇠 판정식: 병렬 RLC 회로에서는 세 소자의 전압이 모두 $v_c(t)$이다. 각 가지 전류의 합이 0이라는 키르히호프 전류 법칙과 소자의 전압·전류 관계를 이용하면 특성방정식은 $s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC} = 0$이다. 이를 $s^2 + 2\alpha s + \omega_0^2 = 0$과 비교하면 감쇠계수는 $\alpha = \frac{1}{2RC}$, 고유각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다. 여기서 감쇠계수는 응답이 줄어드는 정도를, 고유각주파수는 저항이 없을 때의 고유 진동 속도를 나타낸다.

계수 계산: $\alpha = \frac{1}{2 \cdot 5 \cdot 0.0001} = 1000\,\mathrm{s}^{-1}$이다. 또한 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{0.01 \cdot 0.0001}} = 1000\,\mathrm{rad/s}$이다. 두 값은 시간의 역수 차원에서 같으므로 **감쇠계수와 고유각주파수가 같은 경계 조건**을 만족한다.

응답 특성: 특성방정식은 $s^2 + 2000s + 1000000 = 0$, 즉 $(s + 1000)^2 = 0$이 되어 $s = -1000\,\mathrm{s}^{-1}$의 중근을 갖는다. 서로 다른 두 실근을 갖는 과감쇠와 복소근을 갖는 부족감쇠의 경계이며, 진동 없이 감쇠하는 임계감쇠에 해당한다. 따라서 ④의 임계감쇠와 대응한다.

NoteBase

문 20. 다음 회로에서 스위치 S는 $t = 0$일 때 개방된다. $t \geq 0$에서 커패시터 전압 $v_c(t)$[V]는?



① $V_o e^{-\frac{1}{RC}t}$

② $V_o e^{-\frac{1}{2RC}t}$

③ $V_o(1 - e^{-\frac{1}{RC}t})$

④ $V_o(1 - e^{-\frac{1}{2RC}t})$

정답 2번

간단한 해설

스위치가 열리면 커패시터는 전원에서 분리되어 **초기전압을 유지한 채 방전**을 시작한다. 방전 경로의 등가저항이 2R이므로 시정수는 $2RC$이고, 전압은 $v_c(t) = V_o e^{-\frac{t}{2RC}}$[V]로 감소한다.

NoteBase

계산 과정

1. 초기전압: 스위치가 닫혀 있을 때 커패시터는 전압원과 직접 병렬로 연결되어 있으므로 $v_c(0^-) = V_o$이다. 스위치가 열리는 순간에도 **커패시터 전압은 연속**이므로 $v_c(0^+) = V_o$이다. 전압의 기준 극성은 그림처럼 위쪽이 +이다.

2. 방전 경로와 등가저항: 스위치가 열리면 전압원은 커패시터의 방전 경로에서 분리된다. 바깥쪽의 두 2R 저항은 위아래 노드를 공유하므로 **서로 병렬**이며, 그 합성저항은 $\frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = R$이다. 커패시터에서 보면 중앙의 R이 이 합성저항과 직렬이므로 $R_{\text{eq}} = R + R = 2R$이다.

3. 시정수와 최종전압: 커패시터가 저항을 통해 저장 에너지를 소모하는 1차 RC 회로이므로 시정수는 $\tau = R_{\text{eq}}C = 2RC$이다. R의 단위가 Ω, C의 단위가 F이면 시정수의 단위는 s이다. 방전을 유지시키는 전원이 없으므로 충분한 시간이 지난 뒤의 전압은 $v_c(\infty) = 0$이다.

4. 전압의 시간함수: RC 회로에서 최종전압과의 차이는 시간에 따라 지수적으로 감소한다. 이 회로는 최종전압이 0이므로 $v_c(t) = v_c(0^+)e^{-\frac{t}{\tau}}$를 적용한다. 초기전압과 시정수를 대입하면 $v_c(t) = V_o e^{-\frac{t}{2RC}}$[V]이며, 적용 범위는 $t \geq 0$이다. 이는 ②의 식과 같다.

NoteBase