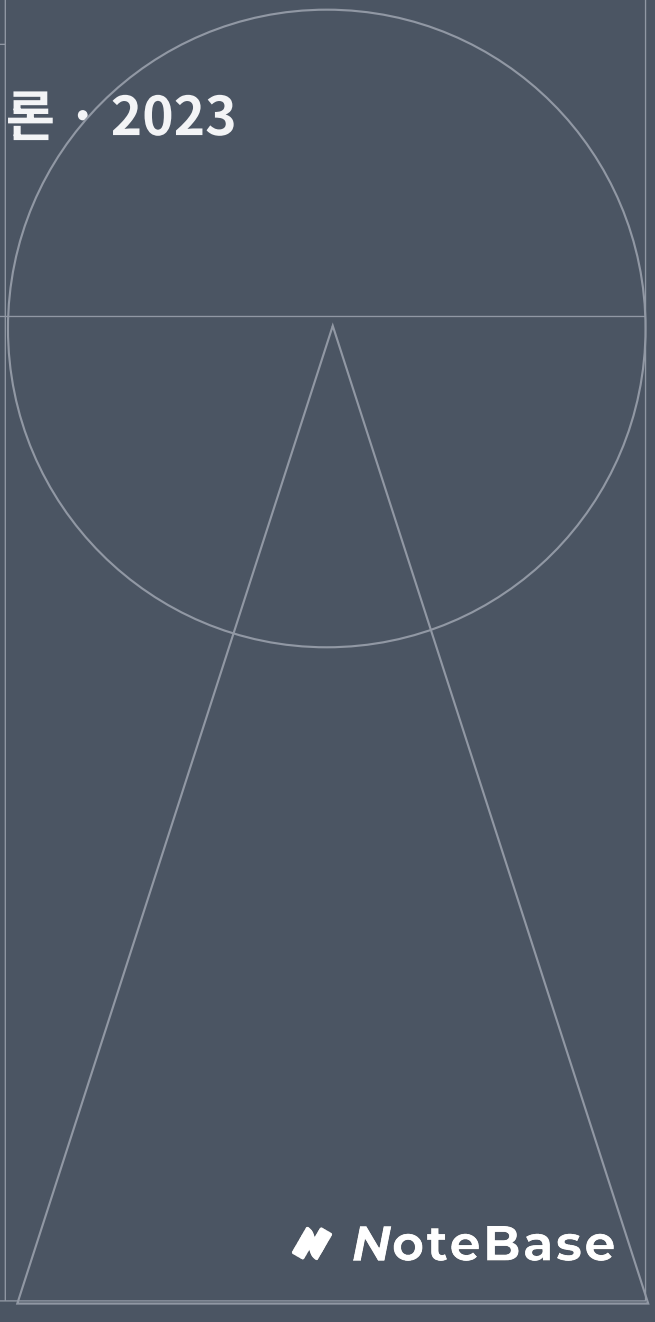
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2023

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2023

문 1. 직각좌표계 (x, y, z)에서 전위 함수가 $V = 6xy + 4y^2$ [V]로 주어질 때, 좌표점 $(4, -1, 5)$ [m]에서 +x 방향의 전계 세기 [V/m]는?

① 6

② 7

③ 8

④ 9

정답 1번

간단한 해설

+x 방향의 전계 성분은 **전위를 x로 편미분한 값에 음수를 붙여** 구한다. $E_x = -6y$이므로 y = −1 m에서 6 V/m이다.

계산 과정

전위로부터 전계를 구할 때는 전위의 기울기에 음수를 붙인다. 따라서 +x 방향 성분은 $E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}$이다. 음수 부호는 **전계가 전위가 감소하는 방향**을 향함을 나타낸다.

주어진 전위는 $V = 6xy + 4y^2$이다. x로 편미분할 때는 **y와 z를 상수로 취급**하므로 $\frac{\partial V}{\partial x} = 6y$이다. 이때 $4y^2$은 x와 무관하므로 미분하면 0이 된다. 따라서 구하려는 성분은 $E_x = -6y$이다.

좌표점 $(4, -1, 5)$에서 y = −1 m를 대입하면 $E_x = -6 \cdot (-1) = 6$ V/m이다. 값이 양수이므로 x축 성분은 +x 방향이며, 구한 6 V/m는 ①의 6에 해당한다.

NoteBase

문 2. 자성체에 자기장을 인가할 때, 내부 자속밀도가 큰 자성체부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

① 상자성체, 페리자성체, 반자성체

② 페리자성체, 반자성체, 상자성체

③ 반자성체, 페리자성체, 상자성체

④ 페리자성체, 상자성체, 반자성체

정답 4번

간단한 해설

페리자성체는 외부 자기장과 같은 방향으로 **강하게 자화**되고, 상자성체는 약하게 자화된다. 반자성체는 **반대 방향으로 자화**되어 내부 자속밀도를 감소시킨다.

올바른 순서

페리자성체 → 상자성체 → 반자성체

같은 세기의 외부 자기장 H를 인가할 때, 내부 자속밀도는 $B = \mu_0(H + M)$으로 비교할 수 있다. 여기서 M은 외부 자기장 방향을 기준으로 한 자화의 성분이고, μ_0는 진공의 투자율이다. 같은 방향의 자화는 내부 자속밀도를 증가시키고, 반대 방향의 자화는 감소시킨다.

페리자성체: 서로 반대 방향으로 배열된 자기모멘트의 **크기가 달라 완전히 상쇄되지 않는다**. 따라서 순자화가 남으며, 외부 자기장 방향으로 강하게 자화될 수 있어 세 자성체 중 내부 자속밀도가 가장 크다.

상자성체: 외부 자기장을 인가하면 자기모멘트가 그 방향으로 일부 정렬되어 **약한 순방향 자화**가 생긴다. 내부 자속밀도는 자화가 없는 경우보다 조금 커지지만, 자화가 강한 페리자성체보다는 작다.

반자성체: 외부 자기장과 **반대 방향의 자화**가 유도된다. 이 자화가 외부 자기장의 효과를 약화시키므로, 내부 자속밀도는 자화가 없는 경우보다 조금 작아 세 자성체 중 가장 작다.

NoteBase

문 3. 인덕턴스 20 [H]를 갖는 인덕터에 전류 5 [A]가 흐를 때, 저장된 자기 에너지[J]는?

① 100

② 125

③ 250

④ 500

정답 3번

간단한 해설

인덕터에 저장되는 자기 에너지는 **전류의 제곱에 비례**하며, $W = \frac{1}{2}LI^2$로 구한다. 인덕턴스 20 H와 전류 5 A를 대입하면 저장 에너지는 250 J이다.

계산 과정

인덕턴스 L = 20 H인 인덕터에 전류 I = 5 A가 흐른다. 인덕턴스가 일정한 인덕터는 전류를 형성하는 동안 공급받은 에너지를 자기장에 저장하며, 그 크기는 $W = \frac{1}{2}LI^2$이다. 여기서 W는 저장된 자기 에너지이며 단위는 J이다.

공식에는 전류 자체가 아니라 **전류의 제곱**을 대입한다. $I^2 = 5^2 = 25$이므로, $W = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 25 = 250$J이다. 주어진 값이 H와 A 단위이므로 별도의 단위 변환은 필요 없다.

따라서 저장된 자기 에너지는 250 J이며, ③의 250에 해당한다.

NoteBase

문 4. 임의의 닫힌 공간에서 외부로 나가는 전기선속과 공간 내부의 총전하량의 관계를 나타내는 것은?

① 옴의 법칙

② 쿨롱의 법칙

③ 가우스 법칙

④ 패러데이 법칙

정답 3번

간단한 해설

닫힌 면을 통해 밖으로 나가는 순전기선속과 그 면 내부의 총전하량을 연결하는 법칙이 **가우스 법칙**이다.

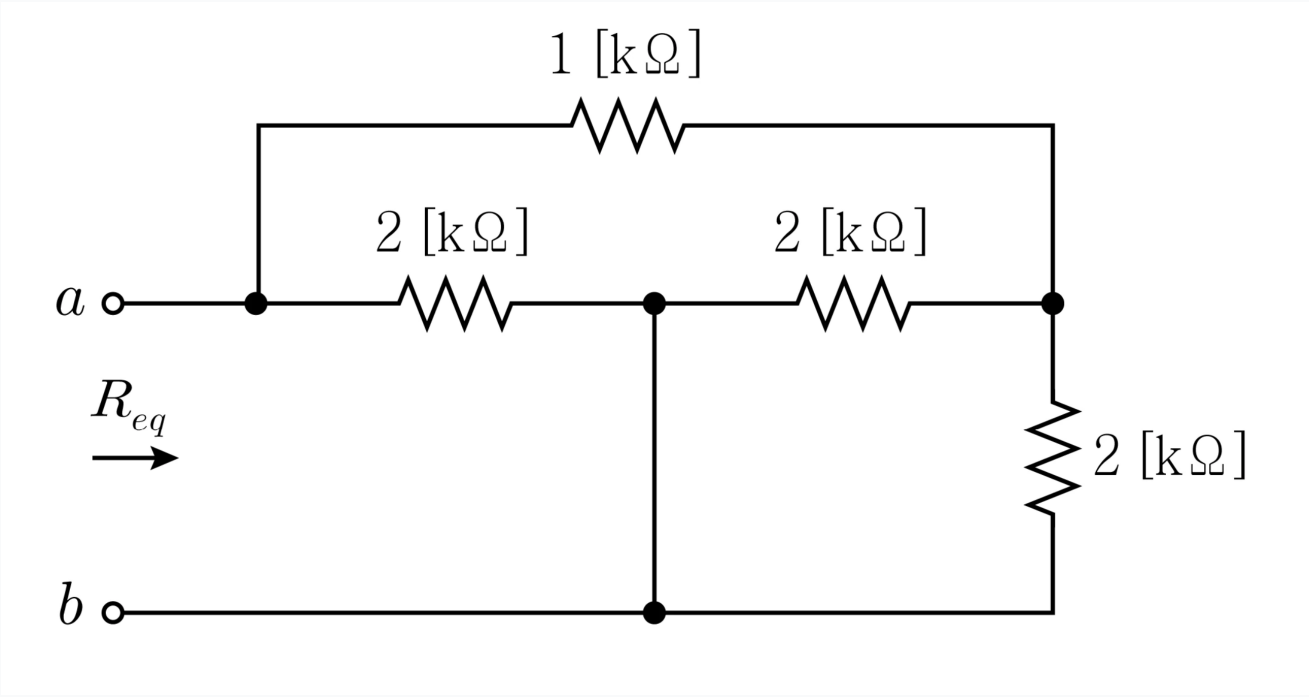
공통 해설

가우스 법칙은 임의의 닫힌 면 전체를 통과하는 순전기선속과 그 면이 둘러싼 총전하량의 관계를 나타낸다. 문항에서 말하는 닫힌 공간의 경계를 닫힌 면으로 잡으면, 외부로 나가는 전기선속과 내부 총전하량의 관계가 바로 이 법칙에 해당한다.

여기서 **밖으로 나가는 선속은 양, 안으로 들어오는 선속은 음**으로 합산한다. 내부 총전하량 역시 양전하와 음전하를 부호까지 고려하여 더한 값이다. 따라서 한 지점의 전기장이나 두 전하 사이의 힘이 아니라, 닫힌 면 전체의 순전기선속과 내부 전하량을 연결한다는 점이 판단 기준이다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 회로의 단자 a와 b에서 바라본 등가저항 R_{eq} [kΩ]는?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 1번

간단한 해설

가운데 접점은 도선으로 b와 연결되어 있으므로 오른쪽의 두 2 kΩ 저항은 병렬이다. 이를 합성하면 a와 b 사이에는 **각각 2 kΩ인 두 가지가 병렬**로 연결되어 등가저항은 1 kΩ이다.

NoteBase

계산 과정

가운데 접점과 단자 b는 저항 없이 도선으로 이어져 있으므로 **같은 전위의 접점**이다. 따라서 왼쪽 가로 2 kΩ 저항은 a와 b 사이에 직접 연결되어 있다. 저항값은 모두 kΩ 단위로 계산한다.

1. 오른쪽 두 저항의 병렬 합성: 오른쪽 가로 2 kΩ 저항과 세로 2 kΩ 저항은 양 끝이 각각 오른쪽 접점과 b에 연결되어 있다. 두 저항에는 같은 전압이 걸리므로 병렬이며, 합성저항은 $R_p = \frac{2 \cdot 2}{2+2} = 1$ kΩ이다.

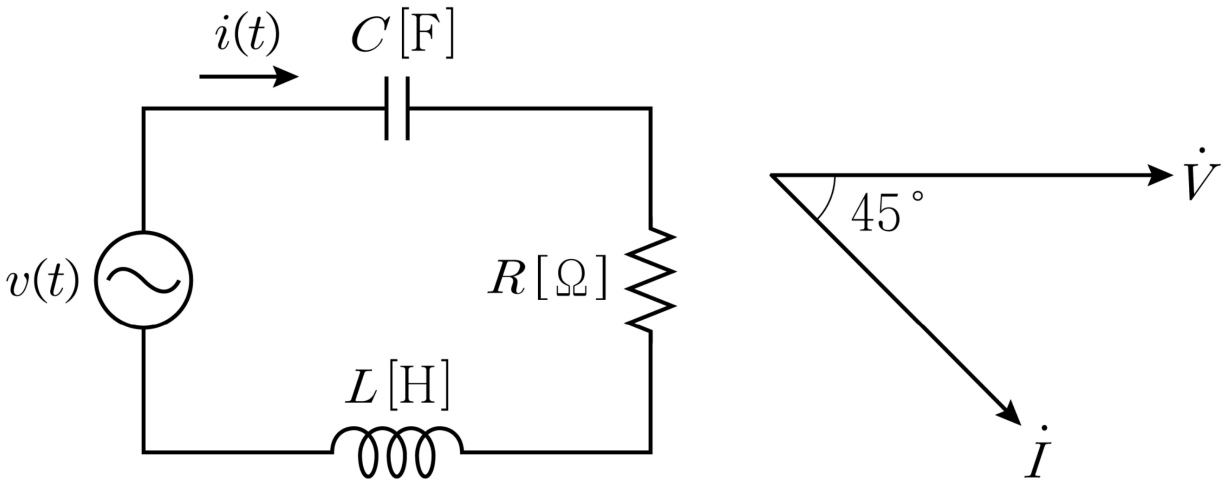
2. 위쪽 가지의 직렬 합성: 위쪽 1 kΩ 저항을 지난 전류는 앞서 구한 합성저항 R_p를 거쳐 b로 흐른다. 두 부분에는 같은 전류가 흐르므로 **직렬로 더한다**. 이 가지의 저항은 $R_s = 1 + R_p = 2$ kΩ이다.

3. a와 b 사이의 최종 합성: 왼쪽 가로 2 kΩ 저항과 위쪽 가지의 합성저항 2 kΩ은 모두 a와 b 사이에 연결되므로 병렬이다. 따라서 $R_{eq} = \frac{2 \cdot 2}{2+2} = 1$ kΩ이다.

등가저항은 1 kΩ이며, 이는 ①의 값에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림의 $R-L-C$ 직렬회로에서 인가한 전원전압 $v(t)$와 전류 $i(t)$의 페이저도가 다음과 같을 때, 인덕턴스 L[H]은? (단, 전원전압의 주파수는 f[Hz]이다)



① $\frac{R+\frac{1}{2\pi fC}}{2\pi f}$
② $\frac{R-\frac{1}{2\pi fC}}{2\pi f}$
③ $\frac{-R+\frac{1}{2\pi fC}}{2\pi f}$
④ $\frac{R+\frac{1}{2\pi fC}}{\pi f}$

정답 1번

간단한 해설

페이저도에서 전류가 전압보다 **45° 늦으므로** 회로의 순리액턴스는 저항과 같다. 따라서 $2\pi fL-\frac{1}{2\pi fC}=R$이며, 이를 풀면 $L=\frac{R+\frac{1}{2\pi fC}}{2\pi f}$ [H]이다.

NoteBase

계산 과정

1. 위상차 확인: 그림에서 전압 페이저는 오른쪽을 향하고, 전류 페이저는 그보다 아래로 45° 기울어져 있다. 즉, **전류가 전압보다 45° 늦는** 유도성 회로이다. 전압의 위상에서 전류의 위상을 뺀 임피던스의 위상각은 $\phi = 45^\circ$이다.

2. 직렬회로의 임피던스: 각주파수를 $\omega = 2\pi f$라 하면 유도성 리액턴스는 $X_L = \omega L$, 용량성 리액턴스는 $X_C = \frac{1}{\omega C}$이다. 직렬회로에서는 각 소자에 같은 전류가 흐르므로 임피던스를 더하여 $Z = R + j(X_L - X_C)$로 나타낸다. 여기서 j는 허수단위이며, 저항 R은 실수 성분, 두 리액턴스의 차이는 허수 성분이다.

3. 위상각과 리액턴스의 관계: 임피던스의 위상각은 $\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$를 만족한다. $\tan 45^\circ = 1$이므로 $X_L - X_C = R$이다. 이는 **유도성 리액턴스에서 용량성 리액턴스를 뺀 값**이 저항 R과 같다는 뜻이다.

4. 인덕턴스 계산: 리액턴스 식을 대입하면 $\omega L - \frac{1}{\omega C} = R$이다. 용량성 리액턴스 항을 우변으로 옮겨 $\omega L = R + \frac{1}{\omega C}$를 얻고, 양변을 각주파수로 나누면 $L = \frac{R + \frac{1}{2\pi fC}}{2\pi f}$ [H]이다. 이는 ①의 식과 일치한다.

NoteBase

문 7. 단상 교류회로에서 전압 $v(t) = 100\sin(1000t + \frac{\pi}{3})$ [V]를 부하에 인가하면, 전류 $i(t) = 5\sin(1000t + \theta)$ [A]가 흐른다. 부하의 평균전력이 $125\sqrt{3}$ [W]일 때 θ [rad]로 가능한 것은?

① 0

② $\frac{\pi}{6}$

③ $\frac{\pi}{4}$

④ $\frac{\pi}{3}$

정답 2번

간단한 해설

평균전력은 전압·전류 실효값의 곱에 **위상차의 코사인인 역률**을 곱한 값이다. 주어진 전력에서 역률은 $\frac{\sqrt{3}}{2}$이며, 전압과 전류의 위상차가 $\frac{\pi}{6}$ rad가 되는 $\theta = \frac{\pi}{6}$ rad가 가능하다.

계산 과정

전압·전류의 실효값: 정현파 식의 계수 100 V와 5 A는 **최댓값**이다. 따라서 실효값은 각각 $V = \frac{100}{\sqrt{2}}$ V, $I = \frac{5}{\sqrt{2}}$ A이다. 두 실효값의 곱은 $VI = \frac{100 \cdot 5}{2} = 250$ VA로, 피상전력을 뜻한다.

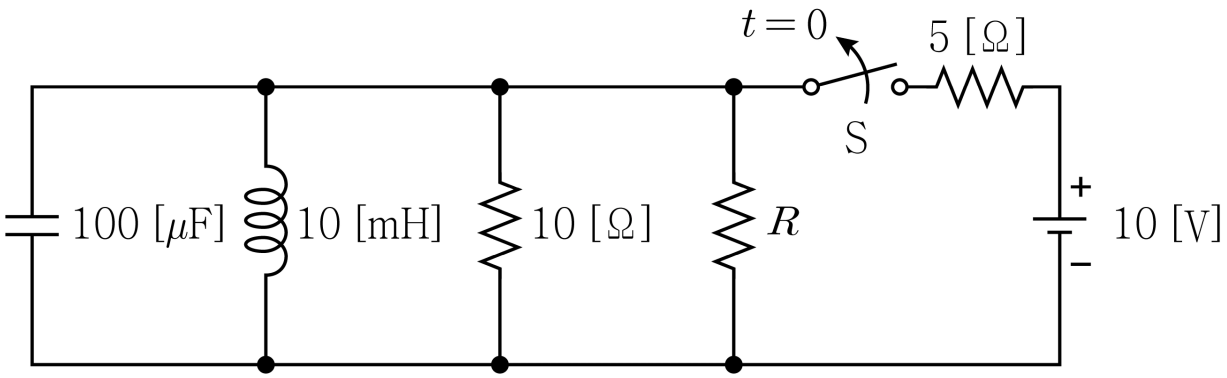
평균전력과 위상차: 두 정현파는 각주파수가 1000 rad/s로 같으므로 평균전력은 $P = VI\cos\varphi$이다. 여기서 φ는 **전압 위상에서 전류 위상을 뺀 값**으로, $\varphi = \frac{\pi}{3} - \theta$이다. 주어진 평균전력을 대입하면 $125\sqrt{3} = 250\cos\varphi$ 이므로 역률은 $\cos\varphi = \frac{\sqrt{3}}{2}$이다.

가능한 전류 위상: $\cos\varphi = \frac{\sqrt{3}}{2}$를 만족하는 위상차는 $\varphi = \pm\frac{\pi}{6} + 2k\pi$이며, k는 정수이다. 따라서 전류 위상은 $\theta = \frac{\pi}{6} + 2k\pi$ 또는 $\theta = \frac{\pi}{2} + 2k\pi$이다. 평균전력만으로는 전류가 전압보다 앞서는지 뒤지는지까지 결정되지 않으므로 두 경우를 모두 고려한다.

제시된 값 중 가능한 것은 $\theta = \frac{\pi}{6}$ rad이며 ②에 해당한다. 이때 전류는 전압보다 $\frac{\pi}{6}$ rad 뒤지고, $P = 250\cos\frac{\pi}{6} = 125\sqrt{3}$ W로 주어진 평균전력과 일치한다.

NoteBase

문 8. 그림의 회로에서 스위치 S가 충분히 긴 시간 동안 닫혀 있다가 t=0에서 개방되었다. t>0에서 R-L-C 병렬회로가 임계제동이 되기 위한 저항 R [Ω]는?



① 4

② 6

③ 8

④ 10

정답 4번

간단한 해설

스위치를 열면 전원과 5 Ω 저항이 분리되고, 10 Ω 저항과 R이 병렬로 남는다. **임계제동에 필요한 병렬 합성저항**은 $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}$ 이므로 5 Ω이며, 이를 만족시키는 R은 10 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

스위치 개방 후의 회로: t > 0에서는 오른쪽의 5 Ω 저항과 10 V 전원이 회로에서 분리된다. 남은 회로에서 C = 100 μF = 0.0001 F, L = 10 mH = 0.01 H이고, 저항은 **10 Ω과 R의 병렬 합성저항**이다. 이를 R_{eq}라 하면 $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{R}$이다. 스위치가 오래 닫혀 있었다는 조건은 초기 전압과 전류를 정하지만, 임계제동 여부는 개방 후 회로의 저항·인덕턴스·정전용량으로 결정된다.

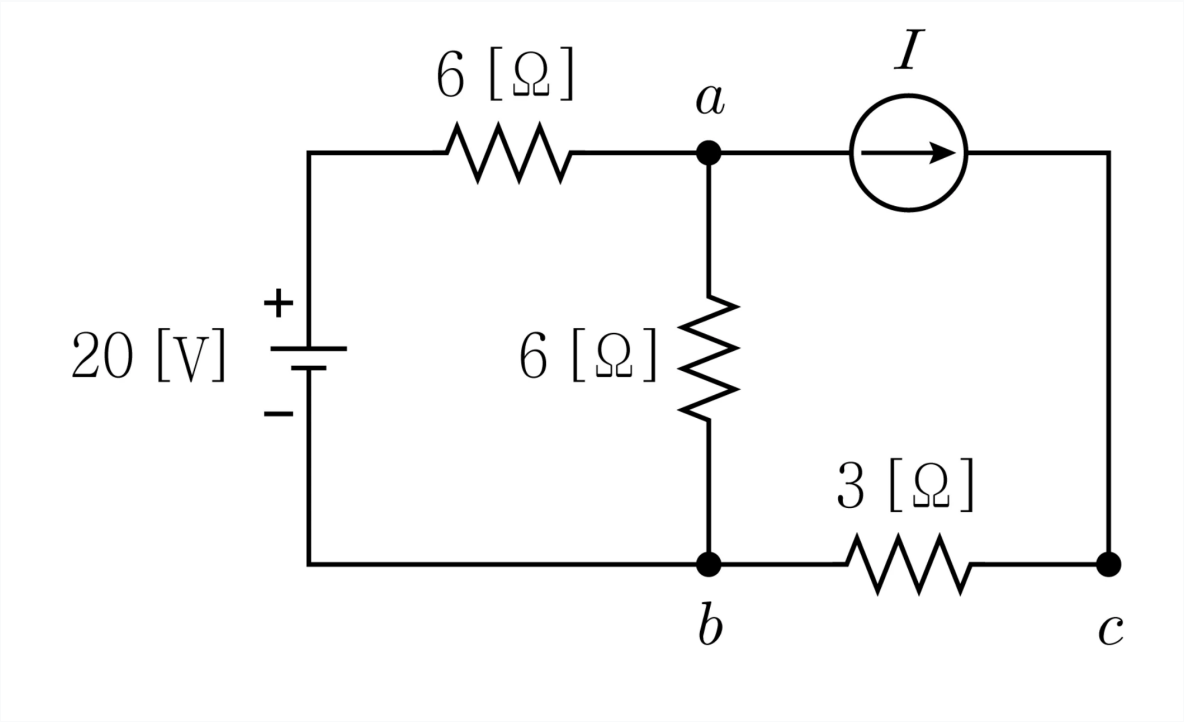
임계제동 조건: 전원이 분리된 병렬 R-L-C 회로의 자연응답에서 감쇠계수는 $\alpha = \frac{1}{2R_{eq}C}$, 비감쇠 고유각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다. 임계제동은 진동하는 응답과 진동하지 않는 응답의 경계로, 특성방정식이 중근을 갖는 **감쇠계수와 고유각주파수가 같은 경우**이다. 따라서 $\alpha = \omega_0$를 적용한다.

필요한 합성저항: $\frac{1}{2R_{eq}C} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$를 합성저항에 대해 풀면 $R_{eq} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}$이다. 주어진 값을 대입하면 $R_{eq} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{0.01}{0.0001}} = 5\Omega$이다. 이 5 Ω은 구하려는 R 자체가 아니라, 두 병렬 저항을 합친 값이다.

저항 R 계산: $\frac{1}{5} = \frac{1}{10} + \frac{1}{R}$이므로 $\frac{1}{R} = \frac{1}{5} - \frac{1}{10} = \frac{1}{10}$이다. 따라서 R = 10 Ω으로, ④의 10 Ω에 해당한다.

NoteBase

문 9. 그림의 회로에서 절점 a와 b 사이의 전압 V_{ab}가 4 [V]일 때, 절점 a와 c 사이의 전압 V_{ac} [V]는?



① −10

② −2

③ 1

④ 3

정답 2번

간단한 해설

절점 a에 전류법칙을 적용하면 오른쪽 가지 전류는 2 A이고, 3 Ω 저항에서는 **c에서 b로** 흐른다. 따라서 c의 전위는 b보다 6 V 높으므로, $V_{ac} = 4 - 6 = -2$V이다.

NoteBase

계산 과정

전압은 두 절점의 전위 차이로, $V_{ab} = V_a - V_b$이다. 절점 b를 기준 전위 0 V로 두면 $V_a = 4\text{V}$이다. 왼쪽 20 V 전압원은 위쪽이 (+), 아래쪽이 (−)이므로 위쪽 단자의 전위는 20 V이다.

왼쪽 6 Ω 저항에는 전위가 높은 전압원 쪽에서 a로 전류가 흐른다. 옴의 법칙에 따라 이 전류는 $I_L = \frac{20-4}{6} = \frac{8}{3}\text{A}$이다. 가운데 6 Ω 저항에는 a에서 b로 $I_{ab} = \frac{4-0}{6} = \frac{2}{3}\text{A}$가 흐른다.

절점 a에서 **들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합은 같다**. 왼쪽에서 들어온 전류가 가운데 저항과 오른쪽 전류원으로 나뉘므로, 그림의 화살표 방향 전류는 $I = I_L - I_{ab} = \frac{8}{3} - \frac{2}{3} = 2\text{A}$이다.

절점 c에는 전류원과 3 Ω 저항만 연결되어 있으므로, 전류원에서 c로 들어온 2 A는 모두 3 Ω 저항을 지나 b로 흐른다. 저항에서 전류는 높은 전위에서 낮은 전위로 흐르므로 **c의 전위가 b보다 높다**. 그 차이는 $V_c - V_b = 3 \cdot 2 = 6\text{V}$이다.

따라서 $V_{ac} = V_a - V_c = 4 - 6 = -2\text{V}$로, ②의 −2 V에 해당한다. 음수 부호는 a의 전위가 c보다 2 V 낮다는 뜻이다.

NoteBase

문 10. 코일에 직류전압 100 [V]를 인가하면 500 [W]가 소비되고, 교류전압 150 [V]를 인가하면 720 [W]가 소비된다. 코일의 리액턴스[Ω]는? (단, 전압은 실횻값이다)

① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 2번

간단한 해설

직류의 소비전력으로 구한 코일 저항은 20 Ω이고, 교류의 유효전력으로 구한 임피던스 크기는 25 Ω이다. 저항과 유도 리액턴스의 관계 $X_L = \sqrt{|Z|^2 - R^2}$를 적용하면 **리액턴스는 15 Ω**이다.

계산 과정

코일을 저항 R과 유도 리액턴스 X_L가 직렬로 연결된 등가회로로 보고, 저항은 직류와 교류에서 같다고 둔다. 주어진 교류전압 150 V는 실횻값이며, 아래의 교류전류 I도 실횻값이다.

1. 코일의 저항: 직류 정상상태에서는 전류가 변하지 않아 유도 기전력이 생기지 않으므로, 전압과 소비전력으로 저항을 구할 수 있다. $P = \frac{V^2}{R}$에 직류전압 100 V와 소비전력 500 W를 대입하면 $R = \frac{100^2}{500} = 20\Omega$이다.

2. 교류전류: 이상적인 유도 리액턴스는 에너지를 저장했다가 돌려주므로 평균적으로 전력을 소비하지 않는다. 따라서 720 W는 **저항에서 소비되는 유효전력**이며, $P = I^2R$를 적용한다. $I = \sqrt{\frac{720}{20}} = 6\text{A}$이므로 교류전류의 실횻값은 6 A이다.

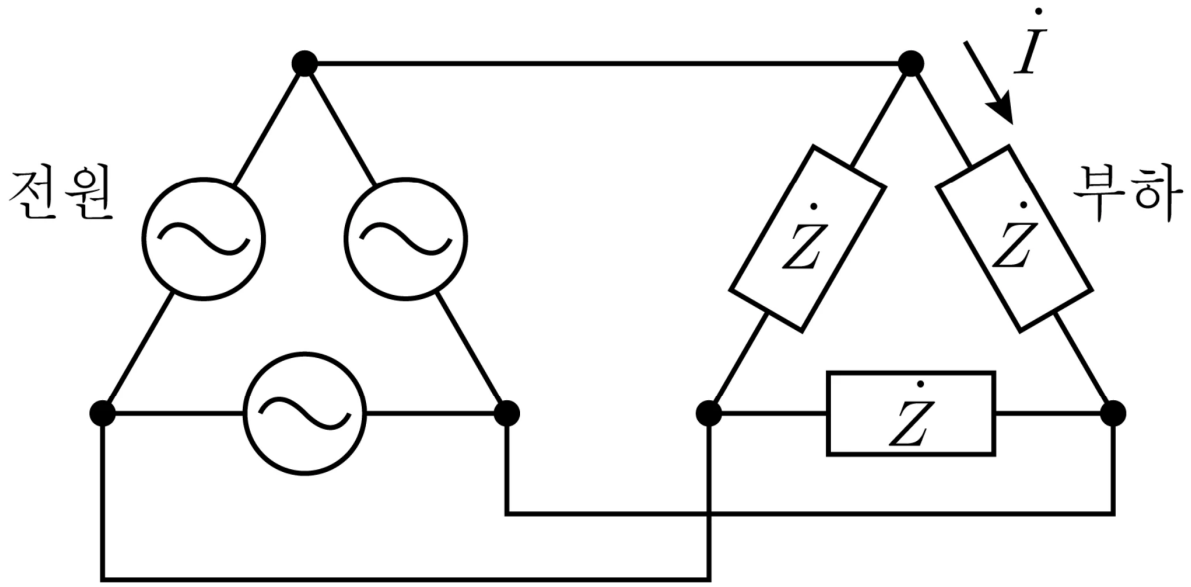
3. 임피던스 크기: 교류에서 전압과 전류의 실횻값 비는 저항 R이 아니라 **임피던스의 크기**이다. 따라서 $|Z| = \frac{V}{I} = \frac{150}{6} = 25\Omega$이다.

4. 리액턴스: 저항 양단의 전압은 전류와 동상이고 유도 리액턴스 양단의 전압은 전류보다 90° 앞서므로, 두 전압은 단순히 더하지 않고 직각 관계로 합성한다. 이에 따라 $|Z|^2 = R^2 + X_L^2$이며, $X_L = \sqrt{25^2 - 20^2} = 15\Omega$이다.

구한 리액턴스 15 Ω은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 부하 임피던스 $\dot{Z}$가 $6+j8$ [Ω]인 평형 3상 교류회로에서 상전압 200 [V]를 전원으로 인가할 때, 부하에 흐르는 상전류 $\dot{I}$의 크기 [A]는? (단, 전압과 전류는 실횻값이다)



① 10

② $10\sqrt{3}$

③ 20

④ $20\sqrt{3}$

정답 3번

간단한 해설

그림의 전원과 부하는 모두 Δ결선이므로 각 부하에 걸리는 상전압은 **200 V**이다. 임피던스의 크기는 10 Ω이므로 상전류의 크기는 $\frac{200}{10} = 20$A이다.

NoteBase

계산 과정

상전압 확인: 그림에서 전원과 부하가 모두 Δ결선으로 연결되어 있다. Δ결선에서는 각 상이 두 선 사이에 직접 연결되므로 **상전압과 선간전압이 같다**. 따라서 전원 상전압 200 V가 부하의 각 임피던스에도 그대로 걸린다. 평형 부하이므로 어느 한 상을 계산하면 된다.

임피던스의 크기: $\dot{Z} = 6 + j8\Omega$에서 저항 성분은 6 Ω, 리액턴스 성분은 8 Ω이다. 두 성분은 복소평면에서 서로 직각이므로 단순히 더하지 않고 $|\dot{Z}| = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10\Omega$으로 구한다. 이 값이 전압과 전류의 크기 관계에 쓰이는 임피던스의 크기이다.

상전류 계산: 그림의 화살표는 부하 임피던스 한 개를 흐르는 **상전류**를 나타낸다. 교류의 옴의 법칙 $\dot{I} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}}$에 따라 전류의 크기는 전압의 크기를 임피던스의 크기로 나눈 값이다. 따라서 $|\dot{I}| = \frac{200}{10} = 20\text{A}$이다. 주어진 전압이 실횻값이므로 계산한 전류도 실횻값이며, ③의 20 A에 해당한다.

NoteBase

문 12. 평형 3상 Y 결선 회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 선간전압의 크기는 상전압 크기의 $\sqrt{3}$ 배이다.

② 선간전압과 상전압은 동상이다.

③ 선전류와 상전류의 크기가 같다.

④ 선간전압 간의 위상차는 120°이다.

정답 2번

간단한 해설

선간전압은 두 상전압의 벡터 차이이므로, 대응하는 상전압과 **30°의 위상차**가 있으며 동상이 아니다.

선지별 해설

Y 결선에서 상전압은 각 상과 중성점 사이의 전압이고, 선간전압은 두 선 사이의 전압이다. 평형 3상에서는 세 상전압의 크기가 같고 위상은 서로 120°씩 다르다.

① O: 선간전압은 위상이 120° 다른 두 상전압의 **벡터 차이**이다. 상전압의 크기를 V_P, 선간전압의 크기를 V_L이라 하면, 이 벡터 차이의 크기는 $V_L = \sqrt{3}V_P$이다.

② X: 선간전압과 대응하는 상전압 사이에는 **30°의 위상차**가 있다. 정상 상순서 a→b→c에서는 $V_{ab} = V_{aN} - V_{bN}$이므로, 선간전압 V_{ab}는 상전압 V_{aN}보다 30° 앞선다. 여기서 N은 중성점이다. 따라서 '동상이다'는 '위상차가 30°이다'로 고쳐야 한다.

③ O: Y 결선에서는 각 선이 해당 상의 부하와 **직렬로 연결**되어 있어, 선을 흐르는 전류가 그대로 그 상의 부하를 흐른다. 따라서 선전류와 상전류의 크기는 같다.

④ O: 평형 3상에서는 세 선간전압도 크기가 같고 **서로 120°의 위상차**를 갖는다. 세 상전압에 대해 같은 방식으로 벡터 차이를 구하므로, 선간전압 사이에도 상전압 사이의 120° 간격이 유지된다.

NoteBase

문 13. 선형 시불변 시스템의 입력이 $e^{-t}u(t)$일 때 출력은 $10e^{-t}\cos(2t)u(t)$이다. 시스템의 전달함수는? (단, $u(t)$는 단위계단함수이고 시스템의 초기조건은 0이다)

① $\frac{5(s+1)}{s^2+2s+5}$
② $\frac{5(s+1)^2}{s^2+2s+5}$
③ $\frac{10(s+1)}{s^2+2s+5}$
④ $\frac{10(s+1)^2}{s^2+2s+5}$

정답 4번

간단한 해설

초기조건이 0인 선형 시불변 시스템의 전달함수는 **출력과 입력의 라플라스 변환의 비**이다. 입력의 변환이 $\frac{1}{s+1}$이므로 출력의 변환에 $s+1$을 곱하면 $H(s)=\frac{10(s+1)^2}{s^2+2s+5}$가 된다.

계산 과정

전달함수의 정의: 입력과 출력을 각각 $x(t)$, $y(t)$, 그 라플라스 변환을 $X(s)$, $Y(s)$라 하자. **초기조건이 0**이므로 출력은 입력에 의한 응답이며, 선형 시불변 시스템에서 $Y(s)=H(s)X(s)$가 성립한다. 따라서 구하려는 전달함수는 $H(s)=\frac{Y(s)}{X(s)}$이다.

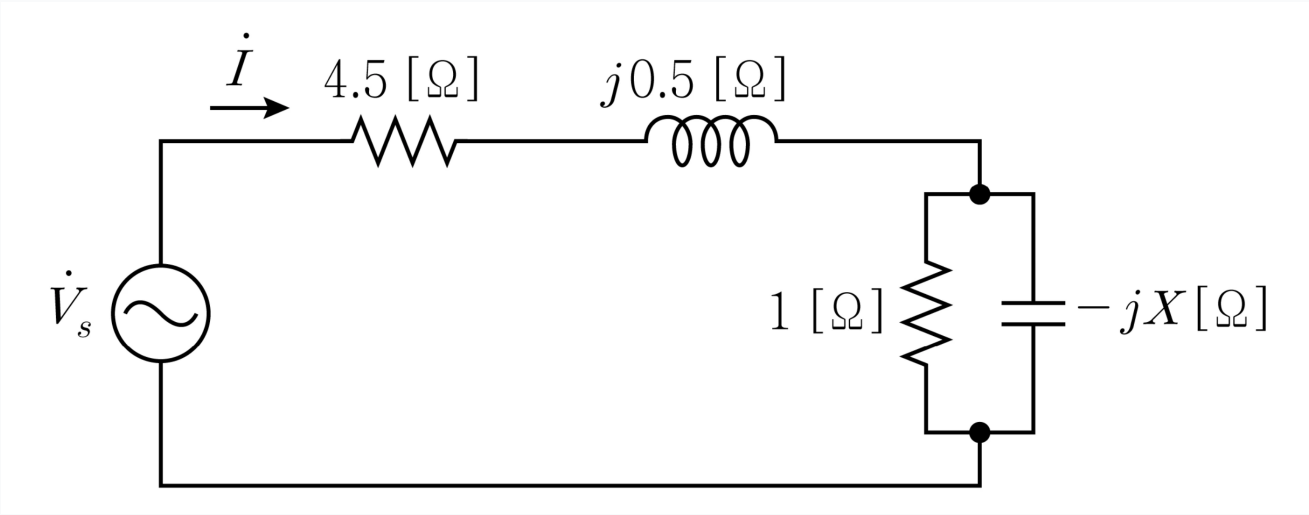
입력의 변환: 단위계단함수 $u(t)$가 곱해져 입력은 0초부터 주어진다. $x(t)=e^{-t}u(t)$를 라플라스 변환하면 $X(s)=\frac{1}{s+1}$이다.

출력의 변환: $\cos(2t)u(t)$의 라플라스 변환은 $\frac{s}{s^2+4}$이다. 여기에 e^{-t}를 곱하면 **변환식의 s를 s+1로 바꾸는** 주파수 이동 성질을 적용한다. 진폭 10도 반영하면 $Y(s)=\frac{10(s+1)}{(s+1)^2+4}$이다. 이는 입력에 대한 출력의 변환이며, 아직 전달함수는 아니다.

전달함수 계산: $X(s)=\frac{1}{s+1}$로 나누는 것은 $s+1$을 곱하는 것이므로 $H(s)=(s+1)Y(s)$이다. 따라서 $H(s)=\frac{10(s+1)^2}{(s+1)^2+4}$를 얻는다. 분모를 전개하면 $(s+1)^2+4=s^2+2s+5$이므로, 전달함수는 $\frac{10(s+1)^2}{s^2+2s+5}$이며 ④의 식과 일치한다.

NoteBase

문 14. 그림의 회로에서 교류전압 $\dot{V}_s$와 전류 $\dot{I}$가 동상일 때, 리액턴스 X[Ω]는?



① 0.5

② 1

③ 1.5

④ 2

정답 2번

간단한 해설

전압과 전체 전류가 동상이려면 **합성 임피던스의 허수부가 0**이어야 한다. 병렬 부분의 용량성 성분이 직렬 코일의 유도성 성분을 상쇄하는 조건은 $0.5 = \frac{X}{1+X^2}$이며, 이를 풀면 X = 1 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 4.5 Ω 저항과 임피던스 j0.5 Ω인 코일은, 1 Ω 저항과 임피던스 −jX Ω인 커패시터의 병렬 부분에 직렬로 연결되어 있다. 병렬 부분의 합성 임피던스를 Z_p, 전체 임피던스를 Z라 하며, j는 허수단위이다.

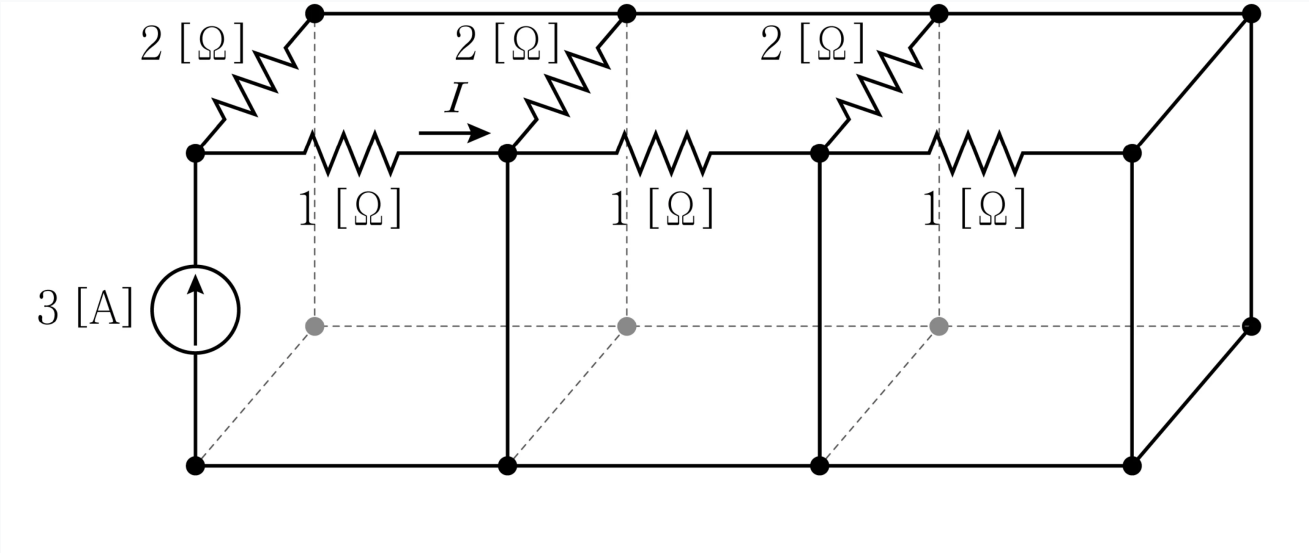
병렬 부분에는 두 소자에 같은 전압이 걸리므로 합성 임피던스는 두 임피던스의 곱을 합으로 나누어 구한다. $Z_p = \frac{1 \cdot (-jX)}{1 - jX}$ Ω이다. 분자와 분모에 $1 + jX$를 곱하면 $Z_p = \frac{X^2}{1+X^2} - j\frac{X}{1+X^2}$ Ω이다. 이때 음의 허수부가 병렬 부분의 용량성 성분을 나타낸다.

직렬로 연결된 임피던스는 더하므로 $Z = 4.5 + j0.5 + Z_p$ Ω이다. 전압과 전체 전류의 관계는 $\dot{V}_s = Z\dot{I}$이므로, 두 양이 동상이려면 **전체 임피던스가 양의 실수**여야 한다. 실수부는 $4.5 + \frac{X^2}{1+X^2}$로 양수이므로, 허수부가 0인 조건 $0.5 - \frac{X}{1+X^2} = 0$을 적용한다.

양변에 $2(1 + X^2)$를 곱하면 $1 + X^2 - 2X = 0$, 즉 $(X - 1)^2 = 0$이다. 따라서 X = 1 Ω이며, 선택지 ②의 1에 해당한다.

NoteBase

문 15. 그림의 회로에서 전류 /[A]는?



① 0.5

② 1

③ 1.5

④ 2

정답 4번

간단한 해설

도선으로 직접 연결된 점들은 전위가 같으므로, 회로는 왼쪽의 1 Ω과 2 Ω 저항이 **병렬 연결**된 형태로 줄어든다. 3 A가 저항에 반비례하여 나뉘므로 1 Ω 가지의 전류는 2 A이다.

NoteBase

계산 과정

회로의 연결 확인: 전류원 위쪽의 접속점을 A라 하고, 아래쪽 도선 전체를 기준 노드 B라 한다. 위쪽 도선도 오른쪽 끝의 도선을 따라 B와 연결된다. 따라서 왼쪽에서 두 번째와 세 번째 2 Ω 저항, 가운데와 오른쪽의 1 Ω 저항은 각각 **양단이 같은 노드**에 연결되어 전압이 0 V이고 전류도 흐르지 않는다.

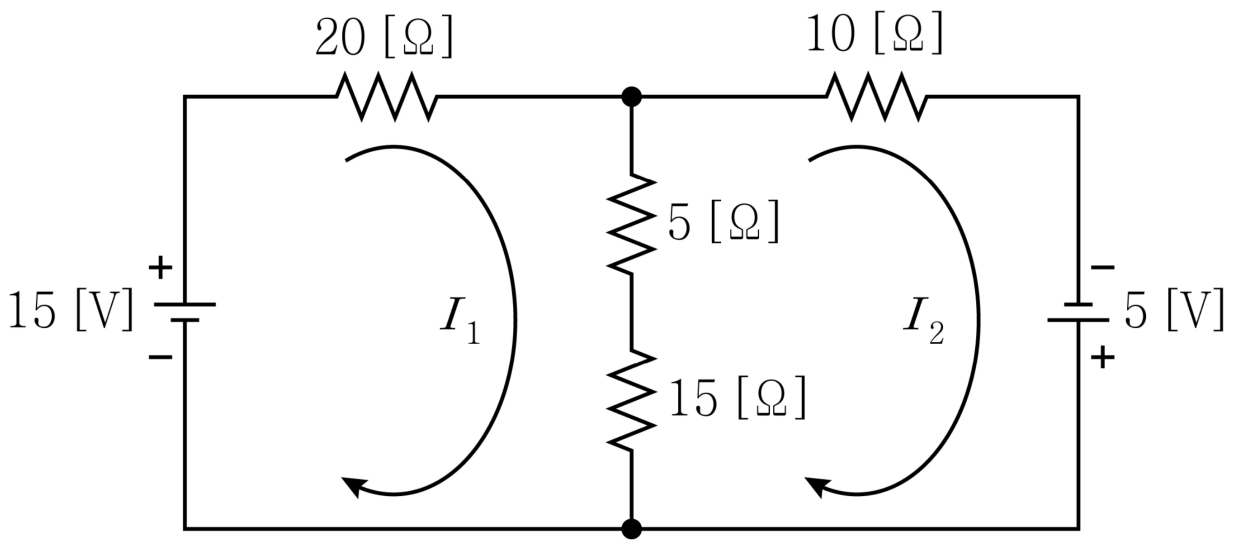
등가회로: 맨 왼쪽의 1 Ω 저항은 A와 B 사이에 있고, 맨 왼쪽의 2 Ω 저항도 A와 B 사이에 있다. 두 저항은 **같은 두 노드 사이의 병렬 연결**이며, 전류원이 A로 공급하는 3 A가 이 두 가지로 나뉜다. 구하려는 전류 I는 왼쪽 1 Ω 저항에서 A로부터 오른쪽으로 흐르는 전류이다.

병렬 저항의 전압: B를 기준으로 한 A의 전압을 V라 하면, 옴의 법칙에 따라 각 가지의 전류는 저항 양단 전압을 해당 저항으로 나눈 값이다. A에서 나가는 두 저항 전류의 합은 공급 전류 3 A와 같으므로 $\frac{V}{1\Omega} + \frac{V}{2\Omega} = 3\text{A}$이다. 이를 풀면 $V = 2\text{V}$로, 두 저항에 공통으로 걸리는 전압은 2 V이다.

전류 계산: $I = \frac{2\text{V}}{1\Omega} = 2\text{A}$이다. 양의 값이므로 그림의 오른쪽 화살표 방향으로 2 A가 흐르며, 이는 ④의 2 A와 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림의 회로에서 전류 I_1과 I_2에 대한 방정식이 다음과 같을 때, $a_1 + a_2$의 값은?



$a_1 I_1 - 20 I_2 = 15$
$-20 I_1 + a_2 I_2 = 5$

① 40
② 50
③ 60
④ 70

정답 4번

간단한 해설

망전류 방정식에서 각 망전류 자신의 계수는 **해당 폐회로에 포함된 저항의 합**이다. 공통 가지의 저항 20 Ω을 양쪽 폐회로에 각각 포함하면 $a_1 = 40$, $a_2 = 30$이므로 $a_1 + a_2 = 70$이다.

NoteBase

계산 과정

공통 가지: 가운데의 5 Ω과 15 Ω은 직렬이므로 공통 저항은 5 + 15 = 20 Ω이다. 두 망전류 I_1, I_2는 모두 시계 방향이어서 공통 가지에서는 **서로 반대 방향으로 흐른다**. 따라서 아래쪽을 기준으로 한 공통 가지 전류는 $I_1 - I_2$이다. 각 폐회로에서 키르히호프 전압 법칙을 적용하여 저항의 전압 강하 합을 전원의 전압 상승과 같게 놓는다.

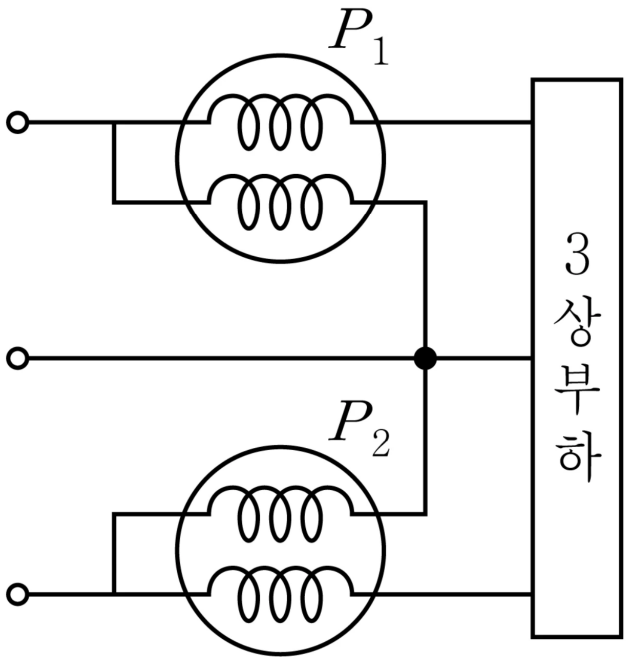
왼쪽 폐회로: 위쪽 20 Ω에는 I_1이, 공통 저항 20 Ω에는 아래쪽으로 $I_1 - I_2$가 흐른다. 시계 방향으로 돌면 15 V 전원을 −극에서 +극으로 지나므로 $20I_1 + 20(I_1 - I_2) = 15$이다. 이를 정리하면 $40I_1 - 20I_2 = 15$이므로 $a_1 = 40$이다. 이 계수는 왼쪽 폐회로의 저항 합 40 Ω에 해당한다.

오른쪽 폐회로: 위쪽 10 Ω에는 I_2가 흐르며, 이 폐회로가 공통 가지를 지나는 위쪽 방향의 전류는 $I_2 - I_1$이다. 시계 방향으로 돌면 5 V 전원도 −극에서 +극으로 지나므로 $10I_2 + 20(I_2 - I_1) = 5$이다. 이를 정리하면 $-20I_1 + 30I_2 = 5$이므로 $a_2 = 30$이다. 이 계수는 오른쪽 폐회로의 저항 합 30 Ω에 해당한다.

따라서 두 계수의 합은 $a_1 + a_2 = 40 + 30 = 70$이며, ④의 70과 일치한다.

NoteBase

문 17. 그림의 3상 교류 시스템에서 부하에 소비되는 전력을 2-전력계법으로 측정한 값이 P_1은 50 [W]이고 P_2는 100 [W]일 때, 전체 피상전력 [VA]은?



① 50

② $50\sqrt{3}$

③ $100\sqrt{3}$

④ $150\sqrt{3}$

정답 3번

간단한 해설

평형 3상 회로에서 두 전력계 측정값의 **합은 유효전력**이고, **차의 절댓값에 $\sqrt{3}$을 곱하면 무효전력의 크기**가 된다. 유효전력 150 W와 무효전력 $50\sqrt{3}$ var를 전력삼각형에 적용하면 전체 피상전력은 $100\sqrt{3}$ VA이다.

NoteBase

계산 과정

풀이 조건: 그림은 위쪽 선과 아래쪽 선에 전력계를 각각 연결하고, 가운데 선을 두 전력계 전압코일의 공통선으로 사용한 3상 3선식의 2-전력계법이다. 이 풀이에서는 전원과 부하가 **평형인 정현파 3상 회로**를 가정한다. 전체 유효전력, 무효전력, 피상전력을 각각 P, Q, S로 둔다.

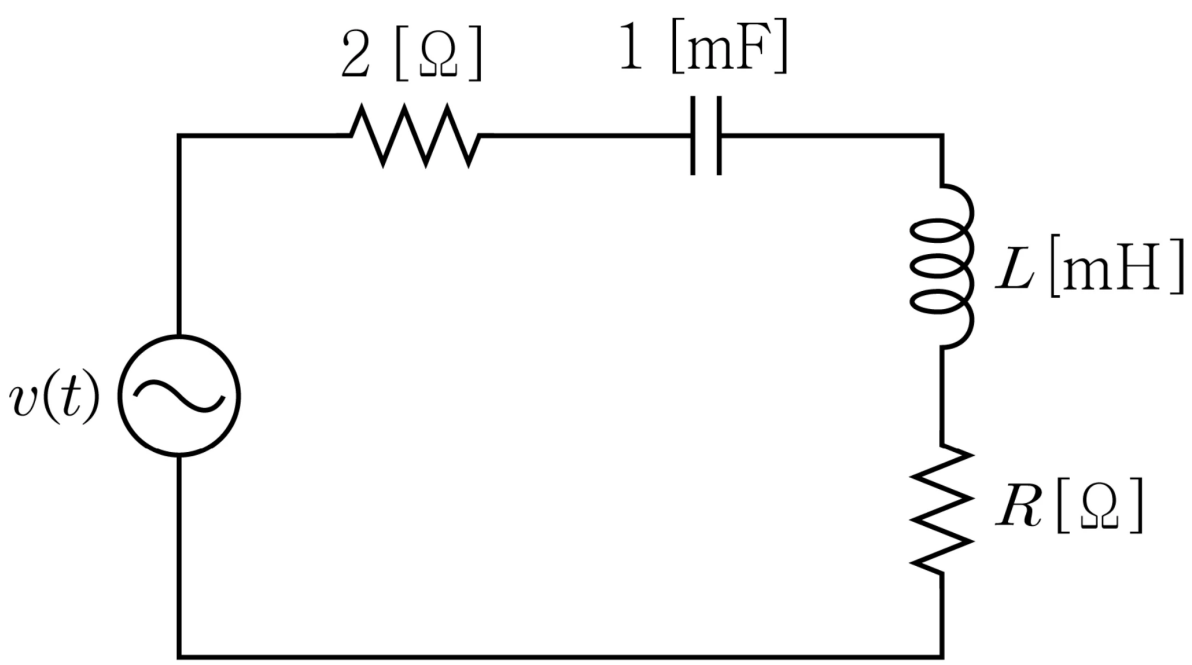
유효전력: 2-전력계법에서는 두 측정값을 더하면 세 상에서 소비되는 전체 유효전력이 된다. 따라서 $P = P_1 + P_2$이고, P = 50 + 100 = 150 W이다. 이 값은 **피상전력이 아니라 실제로 소비되는 전력**이다.

무효전력: 평형 3상에서는 선간전압과 상전압 사이의 30° 위상차로 인해 두 측정값의 차이에 $\sqrt{3}$을 곱하여 전체 무효전력을 구할 수 있다. 피상전력 계산에는 무효전력의 크기만 필요하므로 $|Q| = \sqrt{3}|P_2 - P_1|$을 사용한다. 두 측정값의 차이는 100 − 50 = 50 W이므로 $|Q| = 50\sqrt{3}\,\text{var}$이다.

피상전력: 정현파 교류에서 유효전력과 무효전력은 전력삼각형의 서로 직교하는 두 성분이므로 $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$이다. 위에서 구한 값을 대입하면 $S = \sqrt{150^2 + (50\sqrt{3})^2}\,\text{VA}$이다. 근호 안은 22500 + 7500 = 30000이므로 $S = \sqrt{30000}\,\text{VA}$이다. 따라서 전체 피상전력은 $100\sqrt{3}$ VA로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림의 회로에서 전원이 공급하는 평균전력은 100 [W]이고 지상 역률이 $\frac{1}{\sqrt{2}}$일 때, 저항 R [Ω]와 인덕턴스 L [mH]은? (단, $v(t) = 40\cos(1000t)$ [V]이다)



① R: 1, L: 4

② R: 2, L: 5

③ R: 3, L: 4

④ R: 4, L: 5

정답 2번

간단한 해설

평균전력과 역률로 구한 전류 실효값은 5 A이므로 전체 저항은 4 Ω이며, 기존 2 Ω을 빼면 R은 2 Ω이다. **지상 역률**이므로 유도성 리액턴스가 용량성 리액턴스보다 크며, 두 리액턴스의 차를 이용하면 L은 5 mH이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전압의 실효값과 각주파수: 그림은 2 Ω 저항, 1 mF 콘덴서, 인덕턴스 L, 저항 R이 직렬로 연결된 회로이다. 주어진 전압의 40 V는 **최댓값**이므로 전압 실효값은 $V = \frac{40}{\sqrt{2}} = 20\sqrt{2}\,\mathrm{V}$이다. 각주파수는 ω = 1000 rad/s이고, 정현파 정상상태에서 전압과 전류의 위상차를 ϕ라 하면 평균전력은 $P = VI\cos\varphi$이다.

2. 전류와 저항: 평균전력 100 W와 역률 $\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{2}}$를 대입하면 전류 실효값은 $I = \frac{100}{20\sqrt{2}\cdot(1/\sqrt{2})} = 5\mathrm{A}$이다. 이상적인 코일과 콘덴서는 평균전력을 소비하지 않으므로 100 W는 두 저항에서 소비된다. 따라서 $100 = 5^2(2+R)$이고, 전체 저항은 $2 + R = \frac{100}{25} = 4\Omega$이다. 여기서 기존 저항 2 Ω을 빼면 R = 2 Ω이다.

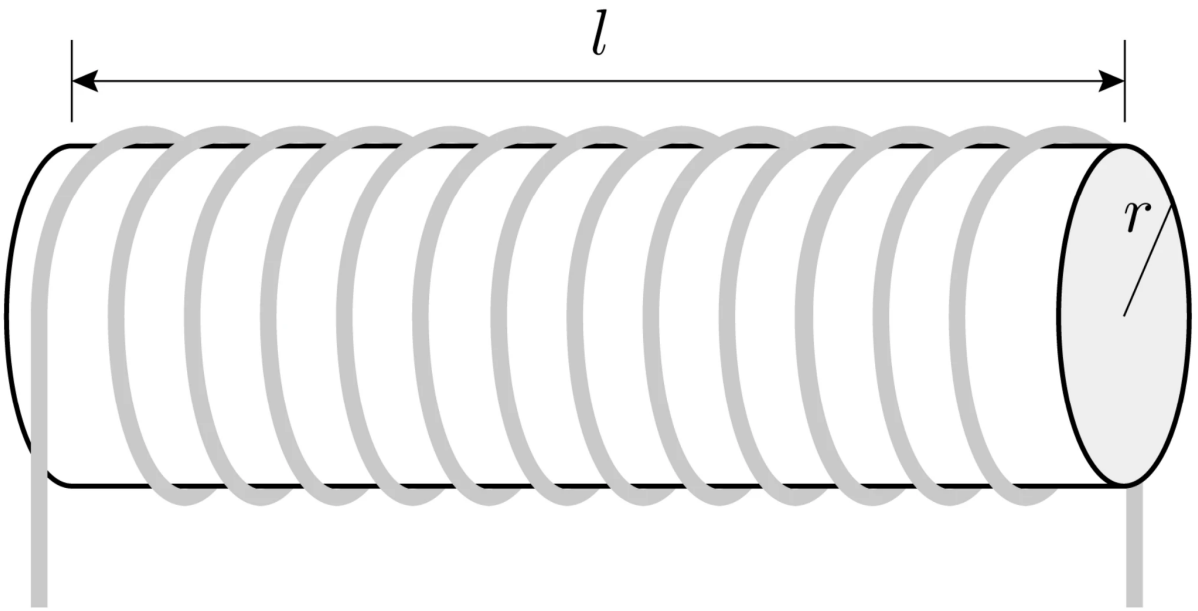
3. 전체 리액턴스: **지상 역률은 전류가 전압보다 늦는 유도성 회로**를 뜻한다. 따라서 전체 리액턴스 X는 양수이며, 주어진 역률에서 ϕ = 45°이다. 직렬 회로에서 $\tan\varphi = \frac{X}{2+R}$이므로 $X = (2+R)\tan 45^\circ = 4\Omega$이다. 이 값은 코일과 콘덴서의 리액턴스 크기의 차이다.

4. 인덕턴스: 정전용량은 $C = 1\mathrm{mF} = 10^{-3}\mathrm{F}$이므로 용량성 리액턴스의 크기는 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{1000\cdot 10^{-3}} = 1\Omega$이다. 전체 리액턴스는 $X = X_L - X_C$이므로 유도성 리액턴스는 $X_L = 4 + 1 = 5\Omega$이다. $X_L = \omega L$에 따라 $L = \frac{5}{1000}\mathrm{H} = 5\mathrm{mH}$이다.

따라서 R = 2 Ω, L = 5 mH이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 권선수 N, 반지름 r [cm], 길이 l [cm]을 갖는 원통 모양의 솔레노이드가 있다. 인덕턴스가 가장 큰 것은? (단, 솔레노이드의 내부 자기장은 균일하고 외부 자기장은 무시할 만큼 작다)



① N: 500, r: 0.5, l: 25

② N: 1,000, r: 0.5, l: 50

③ N: 2,000, r: 1.0, l: 100

④ N: 3,000, r: 0.5, l: 150

정답 3번

간단한 해설

같은 매질에서 솔레노이드의 인덕턴스는 **권선수와 반지름의 제곱에 비례**하고 길이에 반비례한다. 따라서 $\frac{N^2r^2}{l}$을 비교하면 권선수 2,000회·반지름 1.0 cm·길이 100 cm인 경우가 가장 크다.

NoteBase

선지별 해설

내부 자기장이 균일하고 외부 자기장을 무시하는 솔레노이드의 인덕턴스는 $L = \mu\frac{N^2A}{l}$이다. 여기서 μ는 내부 매질의 투자율, N은 권선수, A는 단면적, l은 길이이다. 그림의 r은 단면의 반지름이므로 $A = \pi r^2$이고, 따라서 $L = \mu\pi\frac{N^2r^2}{l}$이다. 권선수가 늘면 같은 전류가 만드는 자기장과 자속이 쇄교하는 권선수가 함께 늘어나므로 **권선수의 제곱에 비례**한다.

네 경우의 매질은 같으므로 공통 인자인 μπ를 제외하고 $\frac{N^2r^2}{l}$만 비교한다. 길이를 m로 통일하면 0.5 cm는 0.005 m, 1.0 cm는 0.01 m이며, 25·50·100·150 cm는 각각 0.25·0.5·1·1.5 m이다. 아래 비교값의 단위는 m이며, 여기에 μπ를 곱한 값이 인덕턴스 L(H)이다.

① N = 500, r = 0.005 m, l = 0.25 m이므로 비교값은 $\frac{500^2 \cdot 0.005^2}{0.25} = 25\text{m}$이다.

② N = 1,000, r = 0.005 m, l = 0.5 m이므로 비교값은 $\frac{1000^2 \cdot 0.005^2}{0.5} = 50\text{m}$이다.

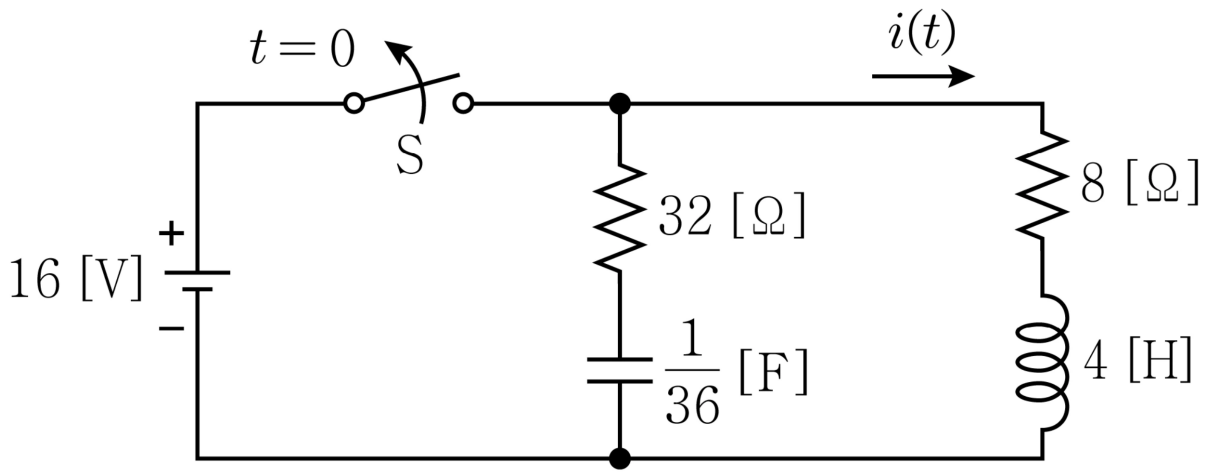
③ N = 2,000, r = 0.01 m, l = 1 m이므로 비교값은 $\frac{2000^2 \cdot 0.01^2}{1} = 400\text{m}$이다.

④ N = 3,000, r = 0.005 m, l = 1.5 m이므로 비교값은 $\frac{3000^2 \cdot 0.005^2}{1.5} = 150\text{m}$이다.

비교값은 ③ > ④ > ② > ① 순서이므로 인덕턴스가 가장 큰 것은 ③이다. ④는 권선수가 더 많지만, ③은 **반지름이 두 배여서 단면적이 네 배**이고 길이도 더 짧으므로 인덕턴스가 더 크다.

NoteBase

문 20. 그림의 회로에서 스위치 S가 충분히 긴 시간 동안 닫혀 있다가 $t = 0$에서 개방되었다. $t > 0$일 때의 전류 $i(t)$ [A]는?



① $\frac{1}{4}e^{-t} + \frac{7}{4}e^{-9t}$

② $\frac{7}{4}e^{-t} + \frac{1}{4}e^{-9t}$

③ $\frac{9}{4}e^{-t} - \frac{1}{4}e^{-9t}$

④ $-\frac{1}{4}e^{-t} + \frac{9}{4}e^{-9t}$

정답 1번

간단한 해설

스위치를 열어도 **인덕터 전류와 커패시터 전압은 연속**이므로 $i(0^+) = 2\,\text{A}$, $v_C(0^+) = 16\,\text{V}$이다. 개방 후 회로의 두 감쇠 성분에 이 초기조건을 적용하면 $i(t) = \frac{1}{4}e^{-t} + \frac{7}{4}e^{-9t}$ A가 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 개방 직전과 직후의 초기값: 커패시터 전압 v_C는 위쪽 단자의 전위를 아래쪽 단자에 대해 잡는다. 스위치가 충분히 오래 닫혀 있었으므로 직류 정상상태에서 인덕터는 단락, 커패시터는 개방으로 취급한다. 따라서 오른쪽 가지의 전류는 $i(0^-) = \frac{16}{8} = 2\,\text{A}$이다. 가운데 가지에는 전류가 흐르지 않아 $32\,\Omega$ 저항의 전압강하가 없으므로 $v_C(0^-) = 16\,\text{V}$이다. **인덕터 전류와 커패시터 전압의 연속성**에 따라 $i(0^+) = 2\,\text{A}$, $v_C(0^+) = 16\,\text{V}$이다.

2. 개방 후의 회로 방정식: 전원이 분리되면 오른쪽 가지의 전류 $i(t)$는 가운데 가지를 아래에서 위로 흐른다. 두 가지의 위아래 단자 전압은 같으므로, 오른쪽 가지에서는 $8i + 4i'$, 가운데 가지에서는 $v_C - 32i$로 나타낼 수 있다. 여기서 프라임은 시간에 대한 미분이다. 따라서 $4i' + 40i = v_C$이다. 커패시터에서는 전류가 양의 전압 기준 단자로 들어가는 방향과 반대로 흐르므로 $Cv_C' = -i$이며, $C = \frac{1}{36}\,\text{F}$를 대입하면 $v_C' = -36i$이다.

3. 전류의 시간응답: $4i' + 40i = v_C$를 시간에 대해 미분하고 $v_C' = -36i$를 대입하면 $4i'' + 40i' + 36i = 0$을 얻는다. 특성방정식은 $s^2 + 10s + 9 = (s+1)(s+9) = 0$이므로 두 근은 -1, -9이다. 따라서 전류는 **두 지수감쇠 성분의 합**인 $i(t) = Ae^{-t} + Be^{-9t}$로 표현된다.

4. 초기조건으로 계수 결정: $i(0^+) = 2$를 대입하면 $A + B = 2$이다. 또한 개방 직후의 회로 방정식에서 $i'(0^+) = \frac{16 - 40 \cdot 2}{4} = -16\,\text{A/s}$이다. 이는 개방 직후 전류가 감소하는 속도이다. 일반해를 미분하면 $i'(0^+) = -A - 9B$이므로 $-A - 9B = -16$이다. 두 식을 연립하면 $B = \frac{7}{4}$, $A = \frac{1}{4}$이다.

따라서 $t > 0$에서 $i(t) = \frac{1}{4}e^{-t} + \frac{7}{4}e^{-9t}\,\text{A}$이며, ①의 식과 일치한다.

NoteBase