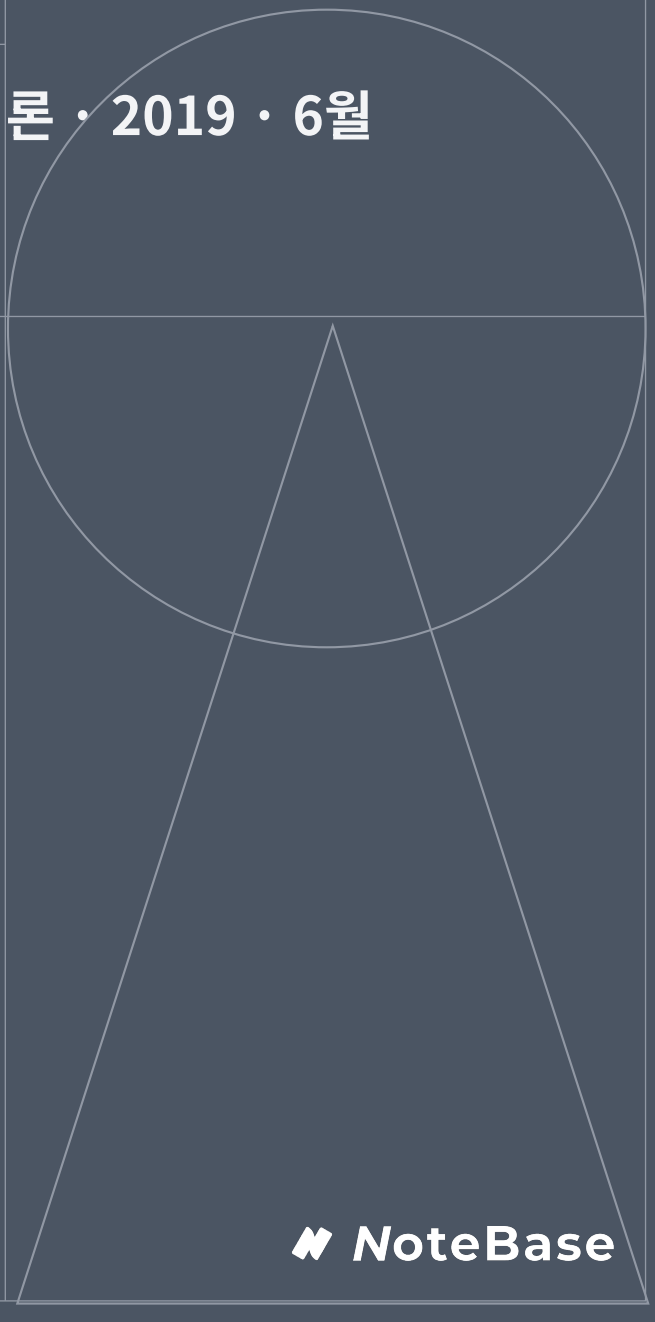
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2019 · 6월



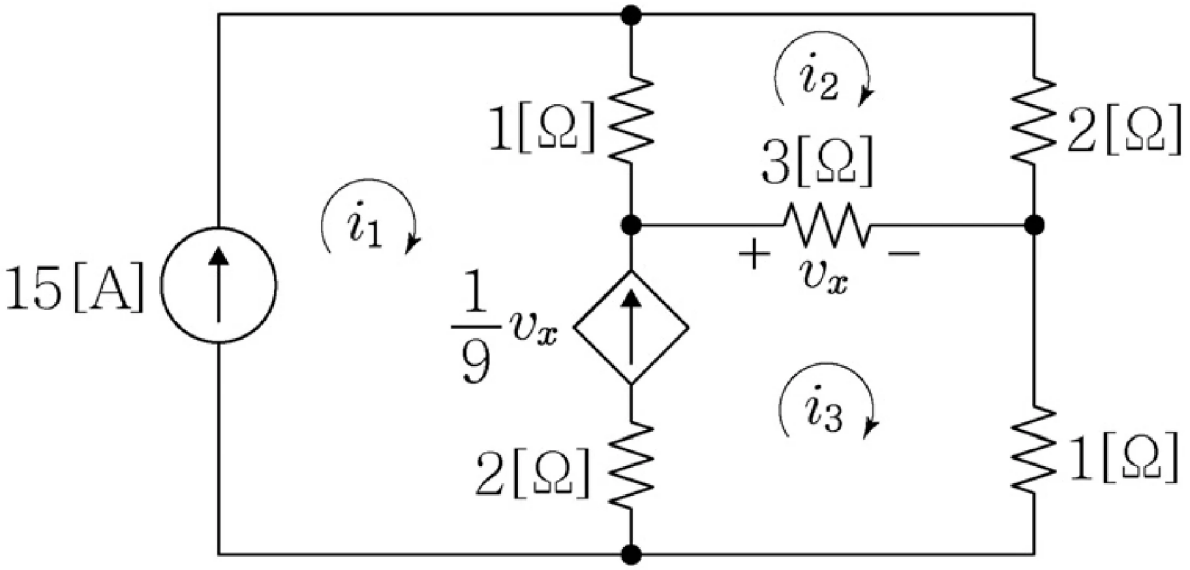
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2019 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2019 · 6월

문 1. 그림의 회로에서 $i_1 + i_2 + i_3$의 값 [A]은?



① 40[A]

② 41[A]

③ 42[A]

④ 43[A]

정답 4번

간단한 해설

공유 가지에서는 **두 망전류의 방향이 반대**이므로 가지 전류를 망전류의 차로 나타낸다. 전류원 조건과 오른쪽 위 망의 전압식을 연립하면 $i_1 = 15\mathrm{A}$, $i_2 = 11\mathrm{A}$, $i_3 = 17\mathrm{A}$이므로 합은 43 A이다.

NoteBase

계산 과정

1. 독립 전류원 조건: 그림의 세 망전류는 모두 시계 방향이다. 왼쪽 15 A 전류원은 첫 번째 망에만 속하고 화살표가 i_1의 방향과 같으므로 $i_1 = 15\text{A}$이다.

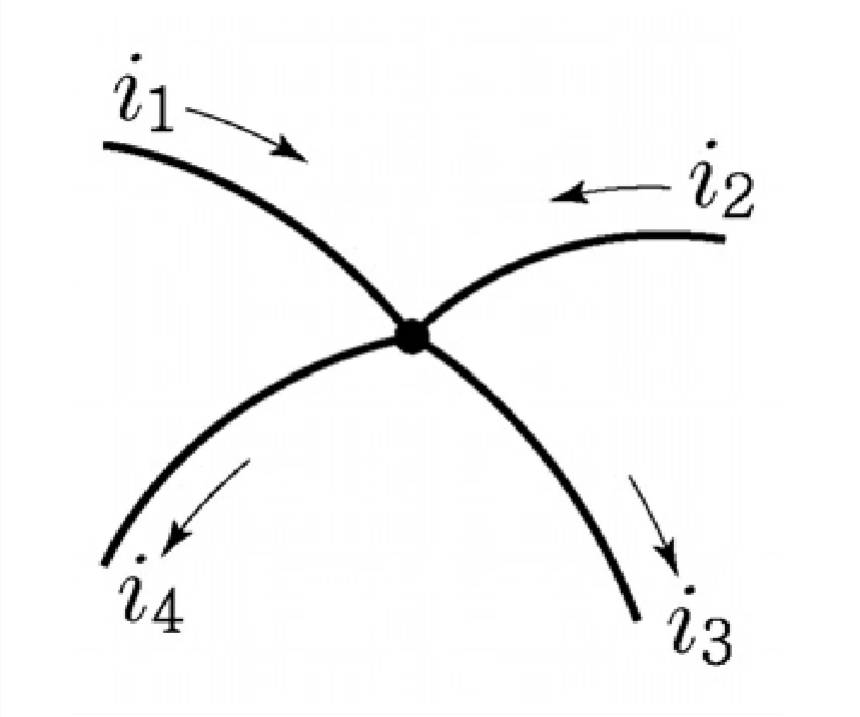
2. 종속 전류원 조건: 중앙 아래 가지에서 위쪽으로 흐르는 전류는 $i_3 - i_1$이다. 따라서 종속 전류원의 조건은 $i_3 - i_1 = \frac{v_x}{9}$이다. 3 Ω 저항에서는 i_3가 왼쪽에서 오른쪽으로, i_2가 반대로 흐른다. v_x의 +극성이 왼쪽이므로 **왼쪽에서 오른쪽으로 흐르는 전류**를 기준으로 옴의 법칙을 적용하면 $v_x = 3(i_3 - i_2)$이다. 이를 대입하면 $9(i_3 - i_1) = 3(i_3 - i_2)$이고, $i_1 = 15$를 넣어 정리하면 $i_2 + 2i_3 = 45$를 얻는다. 여기서 전류의 단위는 A, 전압의 단위는 V이다.

3. 오른쪽 위 망의 전압식: **전류원이 없는 오른쪽 위 망**에 키르히호프의 전압 법칙을 적용한다. 시계 방향으로 보았을 때 중앙 위 1 Ω 저항의 전류는 $i_2 - i_1$, 오른쪽 위 2 Ω 저항의 전류는 i_2, 3 Ω 저항의 전류는 $i_2 - i_3$이다. 저항의 전압강하를 더하면 $(i_2 - i_1) + 2i_2 + 3(i_2 - i_3) = 0$이다. 따라서 $6i_2 - 3i_3 = 15$, 즉 $2i_2 - i_3 = 5$이다.

4. 연립 및 합계: 두 번째 식에서 $i_3 = 2i_2 - 5$이다. 이를 첫 번째 식에 대입하면 $i_2 + 2(2i_2 - 5) = 45$이므로 $5i_2 = 55$이다. 따라서 $i_2 = 11\text{A}$, $i_3 = 17\text{A}$이다. 구하는 합은 $i_1 + i_2 + i_3 = 15 + 11 + 17 = 43$ A로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 한 접합점에 전류가 유입 또는 유출된다. $i_1(t) = 10\sqrt{2}\sin t$ **[A],** $i_2(t) = 5\sqrt{2}\sin(t + \frac{\pi}{2})$ **[A],** $i_3(t) = 5\sqrt{2}\sin(t - \frac{\pi}{2})$ **[A]일 때, 전류** i_4**의 값 [A]은?**



① $10\sin t$ [A]

② $10\sqrt{2}\sin t$ [A]

③ $20\sin(t + \frac{\pi}{4})$ [A]

④ $20\sqrt{2}\sin(t + \frac{\pi}{4})$ [A]

정답 3번

간단한 해설

접합점에서는 **유입 전류의 합과 유출 전류의 합이 같다**. 그림의 방향에 따라 $i_4 = i_1 + i_2 - i_3$을 적용하면, $i_4(t) = 20\sin(t + \frac{\pi}{4})$ [A]이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 i_1, i_2는 접합점으로 들어오고, i_3, i_4는 접합점에서 나간다. 전하 보존에 따른 키르히호프 전류 법칙은 매 순간 **유입 전류의 합과 유출 전류의 합이 같다**는 뜻이다. 따라서 $i_1 + i_2 = i_3 + i_4$이고, 구할 전류는 $i_4 = i_1 + i_2 - i_3$이다.

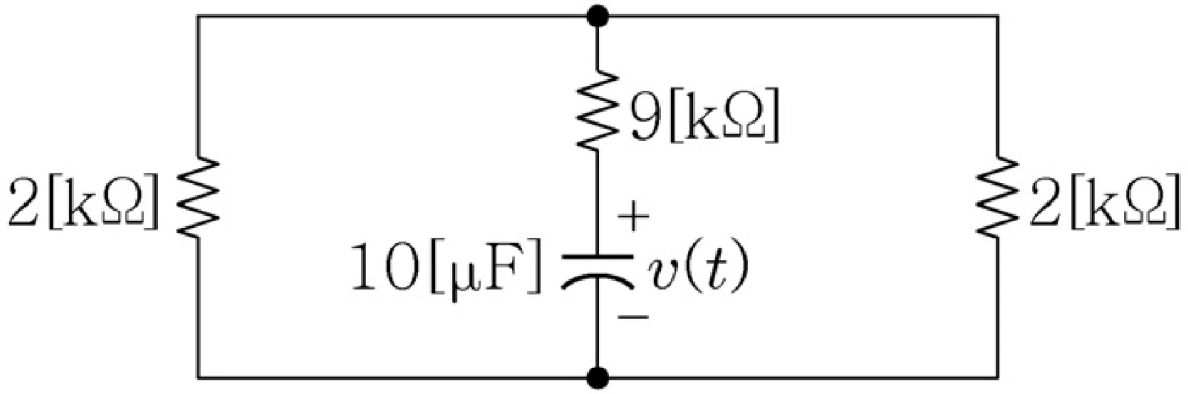
위상차를 삼각함수 관계로 바꾸면 $\sin(t + \frac{\pi}{2}) = \cos t$, $\sin(t - \frac{\pi}{2}) = -\cos t$이다. 따라서 $i_2 = 5\sqrt{2}\cos t$, $i_3 = -5\sqrt{2}\cos t$ [A]이다. 전류 법칙에서 **빼는 항인** i_3 자체에도 음의 부호가 있으므로, $i_2 - i_3 = 10\sqrt{2}\cos t$ [A]가 된다.

이를 대입하면 $i_4 = 10\sqrt{2}(\sin t + \cos t)$ [A]이다. 여기서 $\sin t + \cos t = \sqrt{2}\sin(t + \frac{\pi}{4})$이므로 두 성분을 하나의 정현파로 합치면 $i_4(t) = 20\sin(t + \frac{\pi}{4})$ [A]가 된다.

이 식의 **최댓값은 20 A**이고 위상은 $\sin t$보다 $\frac{\pi}{4}$만큼 앞선다. 문제는 전류의 순간값을 물으므로 이 식을 그대로 사용하며, ③의 식과 일치한다.

NoteBase

문 3. 그림의 회로에서 $v(t=0)=V_0$일 때, 시간 t에서의 $v(t)$의 값 [V]은?



① $v(t)=V_0e^{-10t}$ [V]

② $v(t)=V_0e^{0.1t}$ [V]

③ $v(t)=V_0e^{10t}$ [V]

④ $v(t)=V_0e^{-0.1t}$ [V]

정답 1번

간단한 해설

커패시터에서 본 등가 저항은 10 kΩ이므로 **시정수는 0.1초**이다. 전원 없이 방전하는 RC 회로의 전압은 지수적으로 감쇠하여 $v(t)=V_0e^{-10t}$ [V]가 된다.

NoteBase

계산 과정

등가 저항: 커패시터의 위쪽 단자에서 보면 9 kΩ 저항을 거친 뒤 두 개의 2 kΩ 저항이 병렬로 연결되어 있다. 따라서 **두 2 kΩ의 병렬 합성값에 9 kΩ을 더한다**. 병렬 합성 저항은 $R_p = \frac{2 \cdot 2}{2+2} = 1$ kΩ이므로, 커패시터에서 본 등가 저항은 $R_{\text{eq}} = 9 + 1 = 10$ kΩ이다.

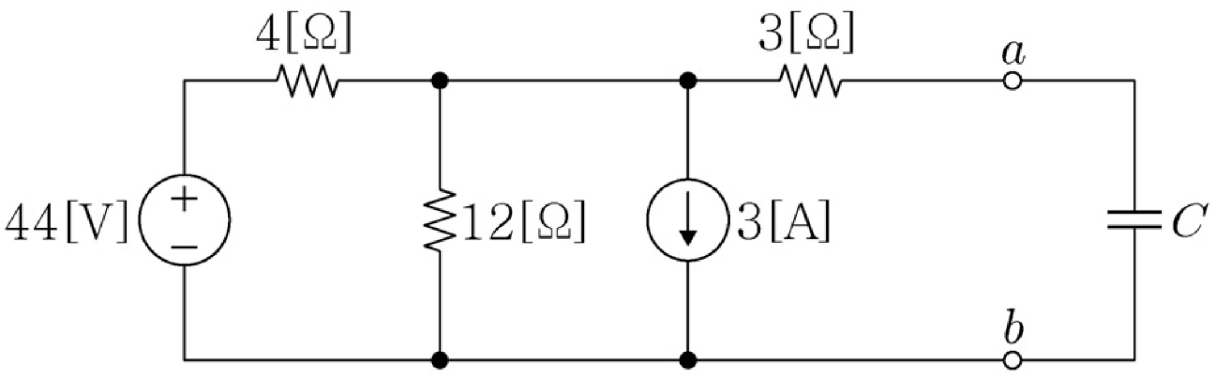
시정수: 이 회로에는 독립 전원이 없으므로 커패시터에 저장된 에너지가 저항에서 소모되는 자연응답이 나타난다. RC 회로의 시정수는 $\tau = R_{\text{eq}} C$이다. 저항은 $10^4\ \Omega$, 정전용량은 $10\mu\text{F} = 10^{-5}$ F이므로 $\tau = 10^4 \cdot 10^{-5} = 0.1$초이다. 이는 전압이 초기값의 1/e배로 줄어드는 데 걸리는 시간이다.

전압 응답: 커패시터의 위쪽 단자에서 아래쪽 단자로 흐르는 전류를 기준으로 하면 $C\frac{dv}{dt} + \frac{v}{R_{\text{eq}}} = 0$이다. 이 방정식에 초기조건 $v(0) = V_0$를 적용하면 $v(t) = V_0 e^{-t/\tau}$가 된다. **외부 전원 없이 방전하므로 지수의 부호는 음수**이다.

시정수를 대입하면 $v(t) = V_0 e^{-t/0.1} = V_0 e^{-10t}$ [V]이며, 여기서 t의 단위는 초이다. 이 식은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 4. 그림의 회로에서 $C = 200[pF]$의 콘덴서가 연결되어 있을 때, 시정수 $\tau[psec]$와 단자 $a - b$ 왼쪽의 테브낭 등가전압 V_{Th}의 값[V]은?



① $\tau = 1200[psec]$, $V_{Th} = 24[V]$

② $\tau = 1200[psec]$, $V_{Th} = 12[V]$

③ $\tau = 600[psec]$, $V_{Th} = 12[V]$

④ $\tau = 600[psec]$, $V_{Th} = 24[V]$

정답 1번

간단한 해설

콘덴서에서 본 **테브낭 등가저항은 6 Ω**이므로, 200 pF를 곱한 시정수는 1200 psec이다. 테브낭 등가전압은 콘덴서를 분리한 **단자 개방전압**으로, 24 V이다.

NoteBase

계산 과정

테브낭 등가전압: 콘덴서를 분리하고 b를 기준 전위로 둔다. 단자 a가 개방되면 **3 Ω 저항에는 전류가 흐르지 않아** 전압강하가 없다. 따라서 a의 전위는 4 Ω·12 Ω·3 A 전류원이 만나는 위쪽 접점의 전위와 같다. 이 접점의 전압을 V라 하면, 4 Ω을 통해 들어오는 전류는 12 Ω과 아래 방향의 3 A 전류원으로 나뉜다. 키르히호프 전류법칙에 따라 $\frac{44-V}{4} = \frac{V}{12} + 3$이다. 양변에 12를 곱하면 $132 - 3V = V + 36$이므로 V = 24 V, 즉 $V_{Th} = 24\text{V}$이다.

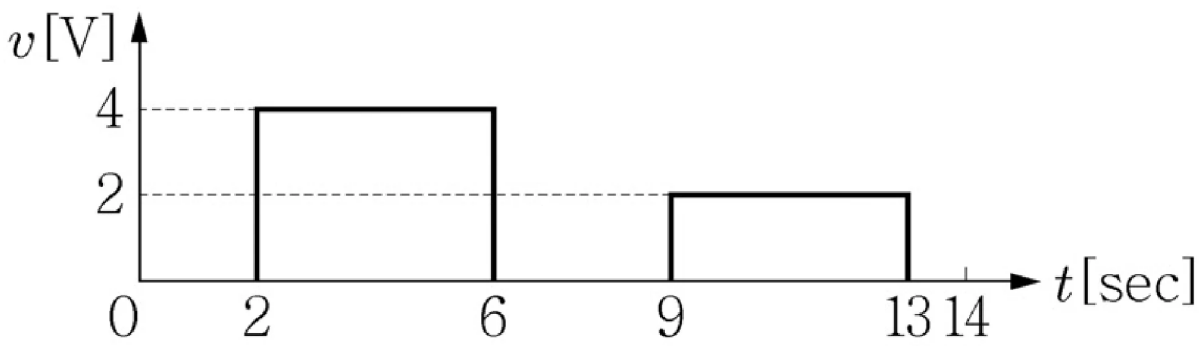
테브낭 등가저항: 콘덴서를 분리한 상태에서 **독립 전압원은 단락하고 독립 전류원은 개방한다**. 그러면 4 Ω과 12 Ω은 같은 두 접점에 연결되어 병렬이 되고, 이 병렬저항은 단자 a 쪽의 3 Ω과 직렬이 된다. 병렬저항은 $\frac{4\cdot 12}{4+12} = 3\Omega$이므로, $R_{Th} = 3 + 3 = 6\Omega$이다.

시정수: 콘덴서가 하나인 이 RC 회로의 시정수는 콘덴서에서 본 등가저항과 정전용량의 곱인 $\tau = R_{Th}C$이다. 따라서 $\tau = 6 \cdot 200 \cdot 10^{-12}\text{s}$이며, $1\text{psec} = 10^{-12}\text{s}$이므로 1200 psec이다.

시정수 1200 psec와 테브낭 등가전압 24 V를 함께 제시한 선택지는 ①이다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 전압 파형이 100[mH] 인덕터에 인가되었다. $t = 0$[sec]에서 인덕터 초기 전류가 0[A]라고 한다면, $t = 14$[sec]일 때 인덕터 전류의 값[A]은?



① 210[A]

② 220[A]

③ 230[A]

④ 240[A]

정답 4번

간단한 해설

인덕터의 전류 증가량은 **전압–시간 파형의 면적을 인덕턴스로 나눈 값**이다. 0–14초의 면적은 24 V·s이고 인덕턴스는 0.1 H이므로, 초기 전류가 0 A일 때 최종 전류는 240 A이다.

계산 과정

인덕턴스가 일정한 인덕터에서는 $v(t) = L\frac{di}{dt}$이므로, 전압을 시간에 대해 적분하면 전류의 변화량을 구할 수 있다. 여기서 L은 인덕턴스이며 100 mH = 0.1 H이다. 따라서 $i(14) = i(0) + \frac{1}{L}\int_0^{14} v(t)dt$를 적용한다. 적분값은 **전압–시간 파형과 시간축 사이의 부호 있는 면적**이다.

2–6초: 전압이 4 V로 일정하므로 직사각형의 면적은 $4 \times (6 - 2) = 16$ V·s이다.

9–13초: 전압이 2 V로 일정하므로 면적은 $2 \times (13 - 9) = 8$ V·s이다.

0–2초, 6–9초, 13–14초에는 전압이 0 V이므로 면적이 추가되지 않는다. 이때는 전류의 변화율이 0이므로 **직전 전류를 그대로 유지**한다. 따라서 0–14초의 전체 면적은 16 + 8 = 24 V·s이다.

초기 전류가 0 A이므로 $i(14) = 0 + \frac{24}{0.1} = 240$A이다. 이는 ④의 240 A에 해당한다.

NoteBase

문 6. 20[Ω]의 저항에 실효치 20[V]의 사인파가 걸릴 때 발생열은 직류 전압 10[V]가 걸릴 때 발생열의 몇 배인가?

① 1배

② 2배

③ 4배

④ 8배

정답 3번

간단한 해설

같은 저항에서 같은 시간 동안 발생하는 열은 **전압의 실효치의 제곱에 비례**한다. 실효치가 20 V인 사인파는 직류 20 V와 같은 발열 효과를 내므로, 직류 10 V를 걸었을 때보다 발생열이 4배이다.

계산 과정

발열 관계: 실효치는 교류가 저항에서 내는 평균 전력과 같은 전력을 내는 직류값이다. 저항 R에 전압 실효치 V를 가하면 평균 전력은 $P = \frac{V^2}{R}$이고, 시간 t 동안의 발생열은 $Q = Pt$이다. 따라서 **같은 저항·같은 시간**을 기준으로 비교하면 발생열의 비는 평균 전력의 비와 같다.

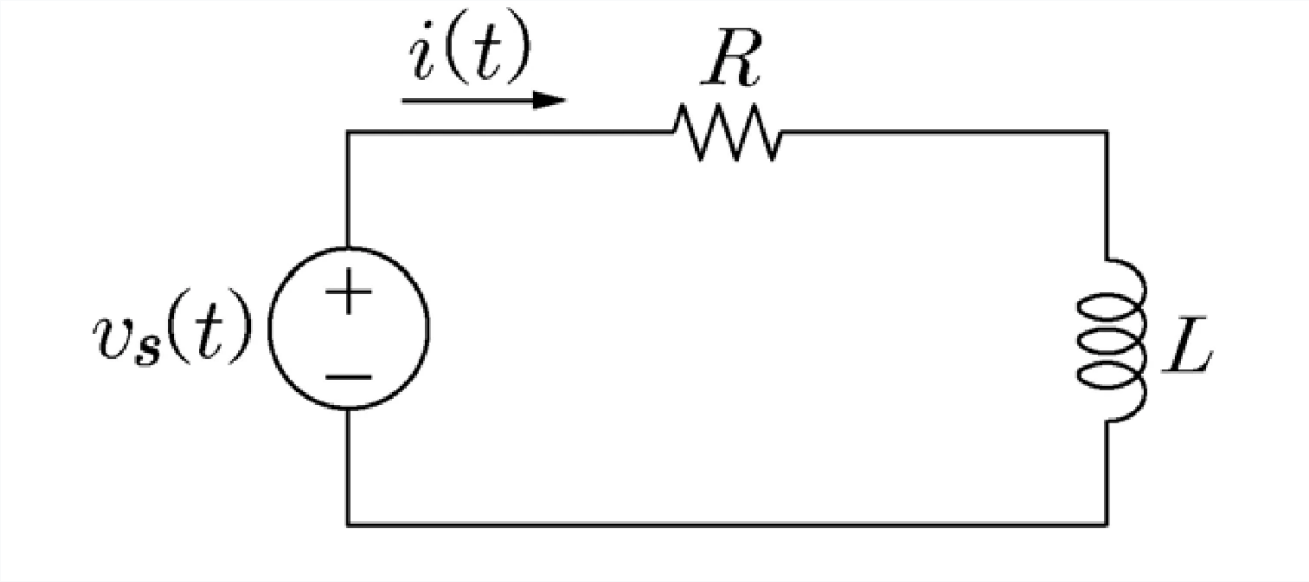
사인파를 걸었을 때: 저항은 20 Ω이고 전압의 실효치는 20 V이므로, 평균 전력은 $P_{AC} = \frac{20^2}{20} = 20\text{W}$이다. 주어진 20 V는 이미 **실효치**이므로 최댓값을 실효치로 바꾸는 계산은 필요하지 않다.

직류를 걸었을 때: 직류 전압은 10 V이므로, 소비 전력은 $P_{DC} = \frac{10^2}{20} = 5\text{W}$이다. 같은 시간 동안 사인파에서는 초당 평균 20 J, 직류에서는 초당 5 J의 열이 발생한다.

발생열의 비: 같은 시간 t가 약분되므로 $\frac{Q_{AC}}{Q_{DC}} = \frac{20t}{5t} = 4$이다. 따라서 사인파를 걸었을 때의 발생열은 직류를 걸었을 때의 4배이며, ③의 '4배'에 해당한다.

NoteBase

문 7. 교류전원 $v_s(t) = 2\cos 2t$ [V]가 직렬 RL 회로에 연결되어 있다. $R = 2$ [Ω], $L = 1$ [H]일 때, 회로에 흐르는 전류 $i(t)$의 값 [A]은?



① $\sqrt{2}\cos(2t - \frac{\pi}{4})$ [A]
② $\sqrt{2}\cos(2t + \frac{\pi}{4})$ [A]
③ $\frac{1}{\sqrt{2}}\cos(2t + \frac{\pi}{4})$ [A]
④ $\frac{1}{\sqrt{2}}\cos(2t - \frac{\pi}{4})$ [A]

정답 4번

간단한 해설

직렬 RL 회로에서 전류의 진폭은 전압의 진폭을 임피던스의 크기로 나눈 값이고, **전류는 전압보다 위상이 늦다**.
이 회로에서는 전류의 진폭이 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ A, 지상각이 $\frac{\pi}{4}$이므로 $i(t) = \frac{1}{\sqrt{2}}\cos(2t - \frac{\pi}{4})$ [A]이다.

NoteBase

계산 과정

조건 해석: 그림의 저항 R과 인덕터 L에는 같은 전류가 흐른다. 정현파 정상상태에서의 전류를 구하며, 전원 $v_s(t) = 2\cos 2t$ [V]에서 **전압의 진폭은 2 V**, 각주파수는 $\omega = 2$ rad/s이다. 따라서 유도 리액턴스는 $X_L = \omega L = 2 \cdot 1 = 2\,\Omega$이다.

임피던스: 직렬 회로에서는 저항과 인덕터의 임피던스를 더하므로 $Z = R + jX_L = 2 + j2\,\Omega$이다. 여기서 j는 허수단위이다. 저항 성분과 리액턴스 성분은 위상이 90° 다르므로, 임피던스의 크기는 단순 합이 아니라 $|Z| = \sqrt{2^2 + 2^2} = 2\sqrt{2}\,\Omega$이다.

전류의 진폭: 교류 회로의 옴의 법칙에 따라 전류의 진폭은 전압의 진폭을 임피던스의 크기로 나눈다. 따라서 $I_m = \frac{2}{2\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ A이다. 이는 시간함수에서 코사인 앞에 오는 **진폭이며 실효값이 아니다**.

전류의 위상: 임피던스의 위상각은 $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)$이다. 여기서는 $X_L = R$이므로 $\theta = \frac{\pi}{4}$이다. 전류는 전압을 임피던스로 나누어 구하므로, 전압 위상 0에서 이 각을 뺀다. 즉 **전류의 위상은 전압보다 늦어** 코사인 안의 위상항이 $-\frac{\pi}{4}$이 된다.

시간함수: 구한 진폭과 위상을 $i(t) = I_m\cos(\omega t - \theta)$에 넣으면 $i(t) = \frac{1}{\sqrt{2}}\cos(2t - \frac{\pi}{4})$ [A]이다. 진폭과 위상 부호가 모두 일치하는 것은 ④이다.

NoteBase

문 8. 단면적은 A, 길이는 L인 어떤 도선의 저항의 크기가 10[Ω]이다. 이 도선의 저항을 원래 저항의 $\frac{1}{2}$로 줄일 수 있는 방법으로 가장 옳지 않은 것은?

① 도선의 길이만 기존의 $\frac{1}{2}$로 줄인다.

② 도선의 단면적만 기존의 2배로 증가시킨다.

③ 도선의 도전율만 기존의 2배로 증가시킨다.

④ 도선의 저항률만 기존의 2배로 증가시킨다.

정답 4번

간단한 해설

저항은 **저항률에 비례**하므로, 저항률만 2배로 높이면 저항도 10 Ω에서 20 Ω으로 증가한다. 저항을 절반인 5 Ω으로 줄이려면 저항률도 **절반으로 낮춰야** 한다.

공통 해설

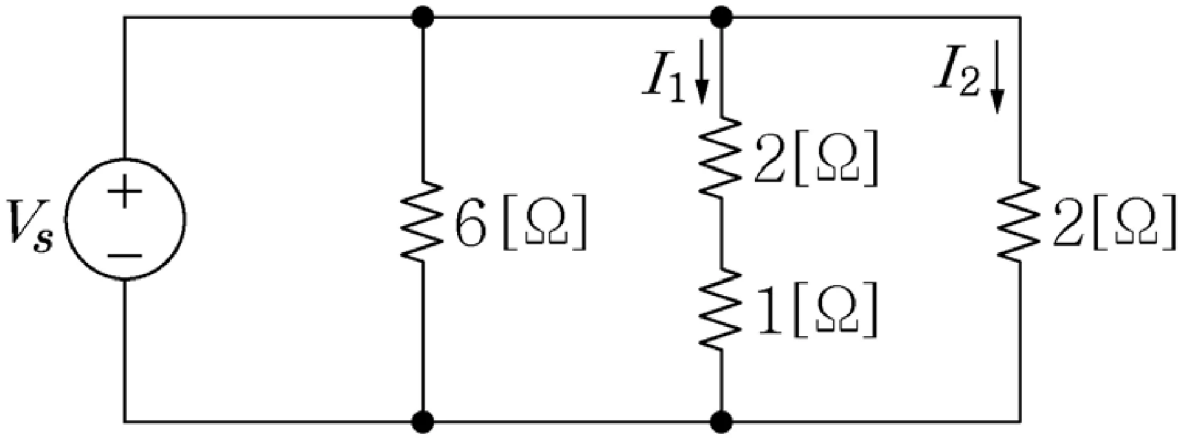
재질이 균일하고 단면적이 일정한 도선의 저항은 $R = \rho\frac{L}{A} = \frac{L}{\sigma A}$이다. 여기서 R은 저항, L은 길이, A는 단면적, ρ는 저항률, σ는 도전율이다. 저항률은 재료가 전류의 흐름을 방해하는 정도를 나타내며, 도전율은 전류가 잘 흐르는 정도를 나타낸다. 둘은 $\sigma = \frac{1}{\rho}$의 역수 관계이다.

이 관계에서 저항은 **길이에 비례**하고 **단면적과 도전율에 반비례**한다. 따라서 다른 조건을 유지한 채 길이만 절반으로 줄이거나, 단면적만 2배로 늘리거나, 도전율만 2배로 높이면 모두 저항이 원래의 절반인 5 Ω이 된다.

반면 저항률은 저항에 비례하므로 저항률만 2배로 높이면 저항은 2배인 20 Ω이 된다. 저항률을 바꾸어 저항을 5 Ω으로 줄이려면 저항률을 **2배로 높이는 대신 절반으로 낮춰야** 한다.

NoteBase

문 9. 그림의 회로에서 1[Ω]에서의 소비전력이 4[W]라고 할 때, 이 회로의 전압원의 전압 V_s[V]의 값과 2[Ω] 저항에 흐르는 전류 I_2의 값[A]은?



① V□=5[V], I_2=2[A]
② V□=5[V], I_2=3[A]
③ V□=6[V], I_2=2[A]
④ V□=6[V], I_2=3[A]

정답 4번

간단한 해설

1 Ω 저항의 소비전력으로 구한 가운데 가지의 전류는 2 A이다. 가운데의 2 Ω과 1 Ω은 **직렬**이므로 전압은 6 V이고, 오른쪽 2 Ω에도 **같은 6 V**가 걸려 전류는 3 A가 된다.

NoteBase

계산 과정

1 Ω 저항의 전류: 저항의 소비전력은 $P = I^2R$이다. 가운데 가지의 전류를 I_1이라 하면, 1 Ω 저항에서 4 W가 소비되므로 $I_1 = \sqrt{\frac{4}{1}} = 2\text{A}$이다. 전압원의 위쪽이 +이므로 전류는 그림의 화살표처럼 아래로 흐른다.

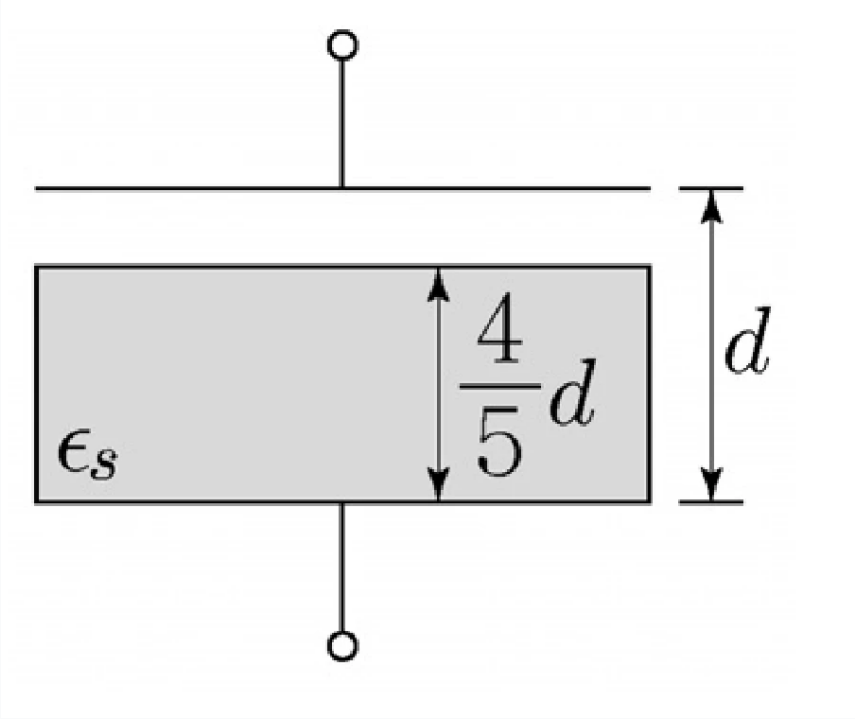
전압원의 전압: 가운데의 2 Ω과 1 Ω 사이에는 분기점이 없어 **두 저항에 같은 전류가 흐른다**. 이 직렬 가지의 합성저항은 2 + 1 = 3 Ω이다. 가지의 양 끝이 전압원 양 단자에 연결되어 있으므로, 옴의 법칙에 따라 $V_s = I_1(2 + 1) = 2 \cdot 3 = 6\text{V}$이다.

오른쪽 2 Ω 저항의 전류: 오른쪽 가지는 가운데 가지 및 6 Ω 가지와 위아래의 두 접속점을 공유한다. 따라서 **각 병렬 가지의 전압은 모두 전압원 전압과 같다**. 오른쪽 저항에는 6 V가 걸리므로 $I_2 = \frac{V_s}{2} = \frac{6}{2} = 3\text{A}$이며, 방향은 표시된 아래쪽이다.

따라서 V_s는 6 V, I_2는 3 A로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 정전용량이 C_0[F]인 평행평판 공기 콘덴서가 있다. 이 극판에 평행하게, 판 간격 d[m]의 $\frac{4}{5}$ 두께가 되는 비유전율 ε_s인 에보나이트 판으로 채우면, 이때의 정전용량의 값[F]은?



① $\frac{5\varepsilon_s}{1+4\varepsilon_s}C_0$[F]
② $\frac{5\varepsilon_s}{4+\varepsilon_s}C_0$[F]
③ $\frac{4+\varepsilon_s}{5}C_0$[F]
④ $\frac{1+4\varepsilon_s}{5}C_0$[F]

정답 2번

간단한 해설

공기층과 에보나이트층이 전기장 방향으로 차례로 놓이므로 **두 층의 정전용량을 직렬로 합성**한다. 공기층의 두께는 $\frac{d}{5}$, 에보나이트층의 두께는 $\frac{4d}{5}$이므로 합성 정전용량은 $C = \frac{5\varepsilon_s}{4+\varepsilon_s}C_0$[F]이다.

NoteBase

계산 과정

극판의 면적을 A, 공기의 유전율을 ε_0로 두면, 처음 공기 콘덴서의 정전용량은 $C_0 = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$이다. 그림에서 에보나이트는 극판과 평행하게 전체 면적을 덮고 있으므로, 두 층의 면적은 모두 A이고 두께만 다르다.

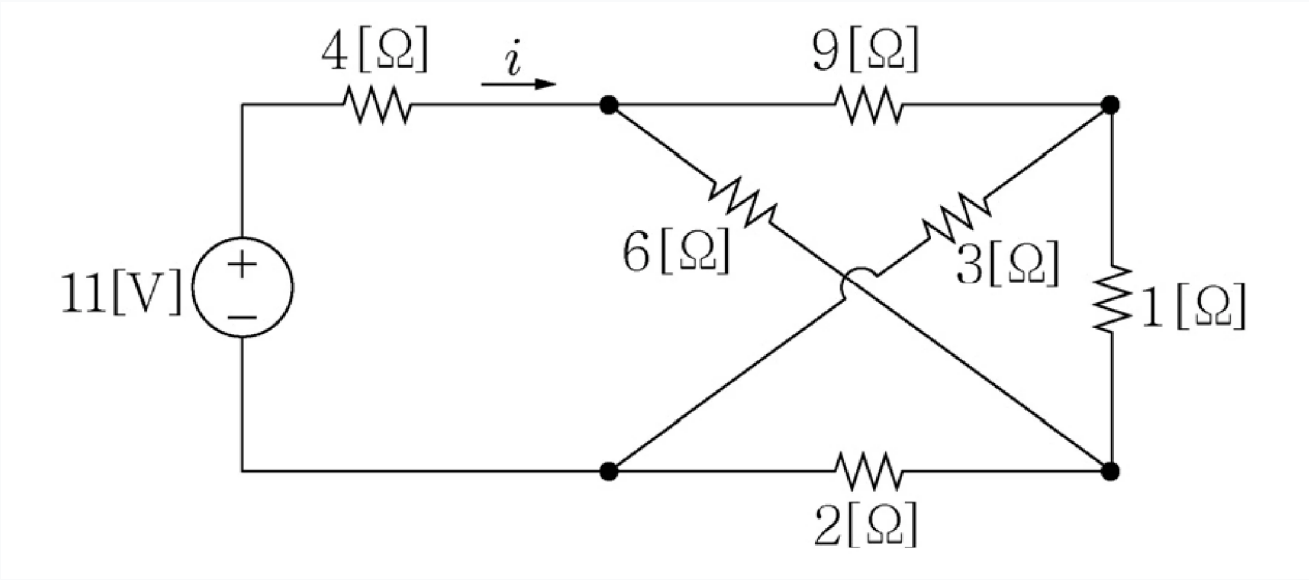
공기층: 전체 간격에서 에보나이트 두께를 빼면 $d - \frac{4d}{5} = \frac{d}{5}$이다. 평행평판 콘덴서의 정전용량은 **층의 두께에 반비례**하므로, 이 공기층의 정전용량은 C_공기=(_0 A)/(d/5)=5C_0이다.

에보나이트층: 비유전율이 ε_s이므로 유전율은 $\varepsilon_0\varepsilon_s$이다. 두께가 $\frac{4d}{5}$이므로 이 층의 정전용량은 C_에보나이트=(_0_s A)/(4d/5), 즉 $\frac{5\varepsilon_s}{4}C_0$이다.

직렬 합성: 두 층에는 같은 크기의 전하가 대응하고 전체 전압은 각 층의 전압의 합이므로 **정전용량의 역수를 더한다**. 따라서 $\frac{1}{C} = \frac{1}{5C_0} + \frac{4}{5\varepsilon_s C_0}$이다. 이를 통분하면 $\frac{1}{C} = \frac{\varepsilon_s + 4}{5\varepsilon_s C_0}$이므로, $C = \frac{5\varepsilon_s}{4 + \varepsilon_s}C_0$[F]로 ②의 식과 일치한다.

NoteBase

문 11. 그림의 회로에서 전류 i의 값[A]은?



① $\frac{3}{4}$ [A]
② $\frac{5}{4}$ [A]
③ $\frac{7}{4}$ [A]
④ $\frac{9}{4}$ [A]

정답 2번

간단한 해설

9 Ω과 3 Ω, 6 Ω과 2 Ω의 저항비가 같아 **1 Ω 저항의 양 끝 전위가 같다**. 따라서 이 저항에는 전류가 흐르지 않으며, 나머지 회로를 직렬·병렬로 합성하면 전류는 $i = \frac{5}{4}$A이다.

NoteBase

계산 과정

회로의 연결: 4 Ω 바로 오른쪽 접점을 A, 전원 음극과 연결된 왼쪽 아래 접점을 B, 오른쪽 위와 아래 접점을 각각 C, D라고 하자. 대각선 두 도선은 중앙의 건너뛰는 표시 때문에 서로 연결되지 않는다. A–C에는 9 Ω, C–B에는 3 Ω, A–D에는 6 Ω, D–B에는 2 Ω이 있고, 1 Ω은 C와 D를 잇는다. 구하는 i는 4 Ω을 지나는 전체 전류이다.

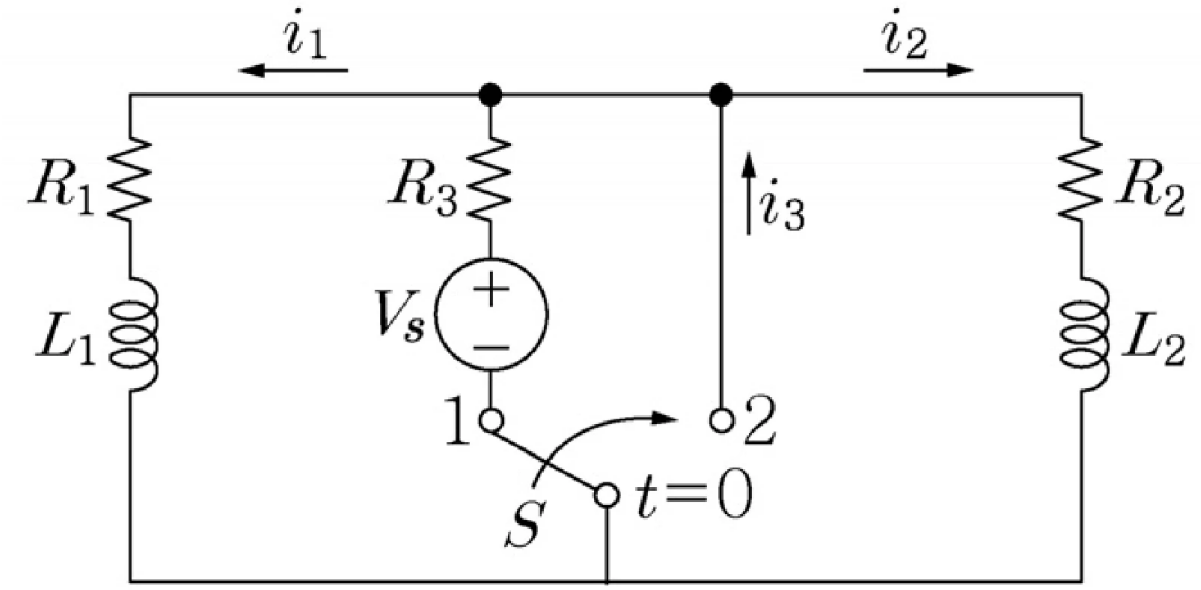
브리지의 평형: 두 경로의 저항비가 $\frac{9}{3} = \frac{6}{2} = 3$으로 같다. 1 Ω 가지를 잠시 제외하고 B를 기준 전위로 잡으면, 전압 분배에 따라 C의 전위는 A–B 전압의 $\frac{3}{9+3} = \frac{1}{4}$, D의 전위는 $\frac{2}{6+2} = \frac{1}{4}$이다. 따라서 **C와 D는 같은 전위**이며, 1 Ω을 연결해도 양 끝 전압이 0 V이므로 전류가 흐르지 않는다. 이 가지는 개방한 것으로 취급할 수 있다.

합성저항: 1 Ω 가지를 제외하면 A–C–B 경로는 9 + 3 = 12 Ω, A–D–B 경로는 6 + 2 = 8 Ω의 직렬회로가 된다. 두 경로는 같은 A, B에 연결된 병렬회로이므로 $R_{AB} = \frac{12 \cdot 8}{12+8} = \frac{24}{5}\Omega$이다. 여기에 4 Ω이 직렬로 연결되어 전체 저항은 $R = 4 + \frac{24}{5} = \frac{44}{5}\Omega$이다.

전체 전류: 전체 저항에 전원 전압 11 V가 걸리므로 옴의 법칙을 적용하면 $i = \frac{11}{44/5} = \frac{5}{4}\text{A}$이다. 양수이므로 그림의 오른쪽 화살표 방향으로 흐르며, 이 값은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 전압원 V_s는 직류 1[V], $R_1 = 1[\Omega]$, $R_2 = 1[\Omega]$, $R_3 = 1[\Omega]$, $L_1 = 1[H]$, $L_2 = 1[H]$이며, $t = 0$일 때, 스위치는 단자 1에서 단자 2로 이동했다. $t = \infty$일 때, i_1의 값[A]은?



① 0[A]

② 0.5[A]

③ −0.5[A]

④ −1[A]

정답 1번

간단한 해설

스위치가 단자 2로 이동하면 **전원 가지는 개방되고 위·아래 노드는 단락**된다. 인덕터에 저장된 에너지가 저항에서 소모되므로, 충분한 시간이 지난 뒤 i_1은 0 A가 된다.

NoteBase

계산 과정

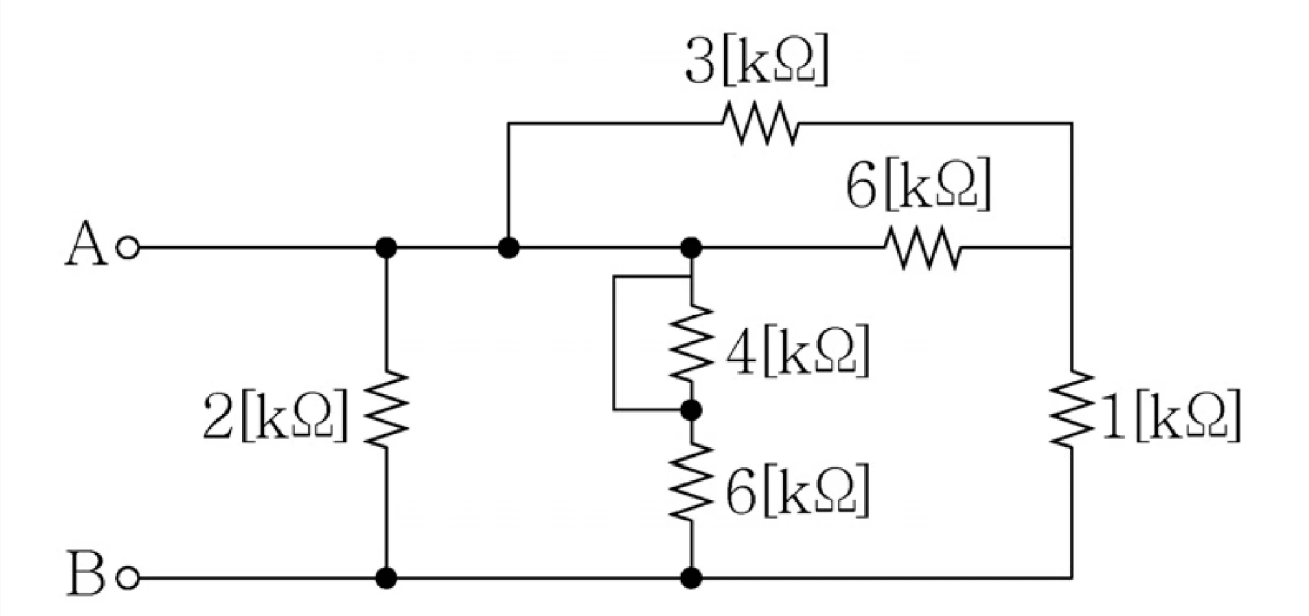
스위치 이동 후의 연결: 단자 1이 떨어지므로 V_s와 R_3가 있는 가지는 개방되어 나머지 회로에 전류를 공급하지 못한다. 단자 2는 위쪽 노드와 연결되어 있으므로, 스위치가 단자 2에 닿으면 **위·아래 노드 사이의 전압은 0 V**가 된다. 왼쪽의 $R_1 \cdot L_1$ 직렬 가지와 오른쪽의 $R_2 \cdot L_2$ 직렬 가지는 각각 이 두 노드 사이에 연결된다.

충분한 시간이 지난 상태: 왼쪽 가지에는 외부 전원의 공급이 없고 저항이 있으므로, L_1에 저장된 에너지가 R_1에서 소모되며 전류가 감소한다. $t \to \infty$에서는 전류의 변화율이 0이므로 인덕터 전압은 $v_{L_1} = L_1 \frac{di_1}{dt} = 0$이다. 인덕터 전류의 연속성은 **스위칭 순간 전류가 갑자기 바뀌지 않는다**는 뜻이며, 이후에도 처음 전류가 계속 유지된다는 뜻은 아니다.

전류 계산: 그림의 i_1은 위쪽 노드에서 왼쪽 가지로 흐르는 방향이다. 위·아래 노드 사이의 전압이 0 V이므로 $R_1 i_1 + v_{L_1} = 0$이다. 정상상태의 $v_{L_1} = 0$과 $R_1 = 1\Omega$을 대입하면 $i_1 = \frac{0}{1} = 0\text{A}$이다. 이 값은 ①의 0 A에 해당한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같은 회로에서 단자 A, B 사이의 등가저항의 값[kΩ]은?



① 0.5[kΩ]

② 1.0[kΩ]

③ 1.5[kΩ]

④ 2.0[kΩ]

정답 2번

간단한 해설

가운데 4 kΩ 저항은 도선과 **단락**되어 등가저항에 영향을 주지 않는다. 나머지 회로를 합성하면 A–B 사이에는 2 kΩ, 6 kΩ, 3 kΩ의 세 가지가 병렬로 연결되어 등가저항은 1.0 kΩ이다.

NoteBase

계산 과정

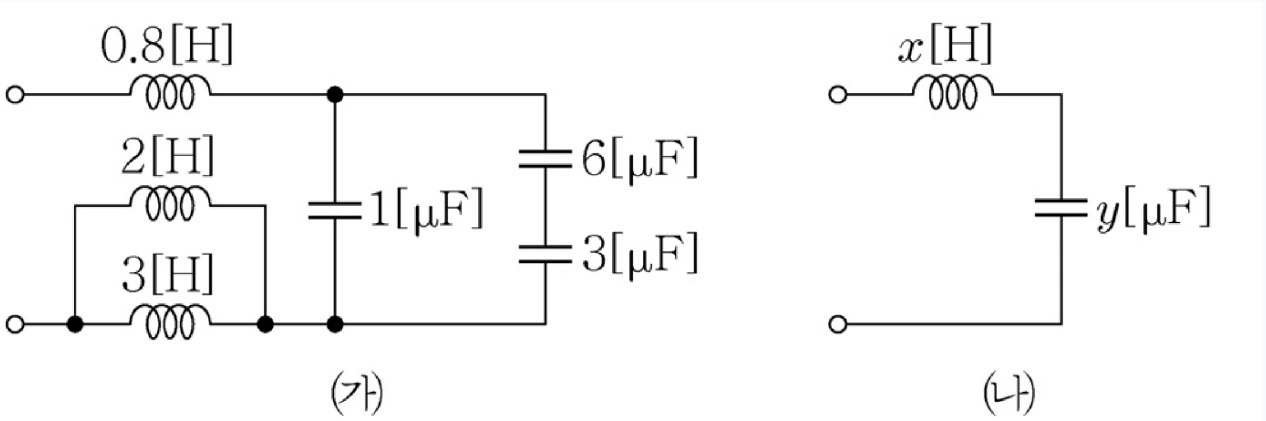
1. 4 kΩ 저항의 단락: 가운데 4 kΩ 저항의 양 끝은 왼쪽으로 돌아가는 도선으로 직접 연결되어 있다. 따라서 **양 끝의 전위차가 0**이므로 이 저항에는 전류가 흐르지 않는다. 이 저항을 제외하면 가운데 아래쪽 6 kΩ 저항은 A–B 사이에 직접 연결된다.

2. 오른쪽 가지의 합성: 위쪽 3 kΩ 저항과 가로로 놓인 6 kΩ 저항은 양 끝이 각각 같은 두 접점에 연결되어 있으므로 병렬이다. 이 부분의 등가저항은 $\frac{3 \cdot 6}{3+6} = 2$ kΩ이다. 여기에 오른쪽 세로 1 kΩ 저항이 직렬로 이어져 있으므로, 오른쪽 가지 전체의 저항은 2 + 1 = 3 kΩ이다.

3. A–B 사이의 등가저항: 왼쪽 2 kΩ, 가운데 아래쪽 6 kΩ, 합성한 오른쪽 3 kΩ 가지는 모두 **같은 단자 A와 B 사이에 병렬**로 연결된다. 병렬회로에서는 각 가지에 같은 전압이 걸리고 전체 전류가 가지 전류의 합이므로, 등가저항의 역수는 각 저항의 역수의 합이다. 따라서 $R_{AB} = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3}\right)^{-1} = 1.0$ kΩ이며, 이는 ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 14. 그림에서 (가)의 회로를 (나)와 같은 등가회로로 구성한다고 할 때, $x + y$의 값은?



① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 3번

간단한 해설

2 H와 3 H 코일의 병렬 합성값을 0.8 H와 더하면 **등가 인덕턴스는 2 H**이다. 6 μF와 3 μF 커패시터의 직렬 합성값에 1 μF를 병렬로 더하면 **등가 정전용량은 3 μF**이므로, $x + y = 5$이다.

계산 과정

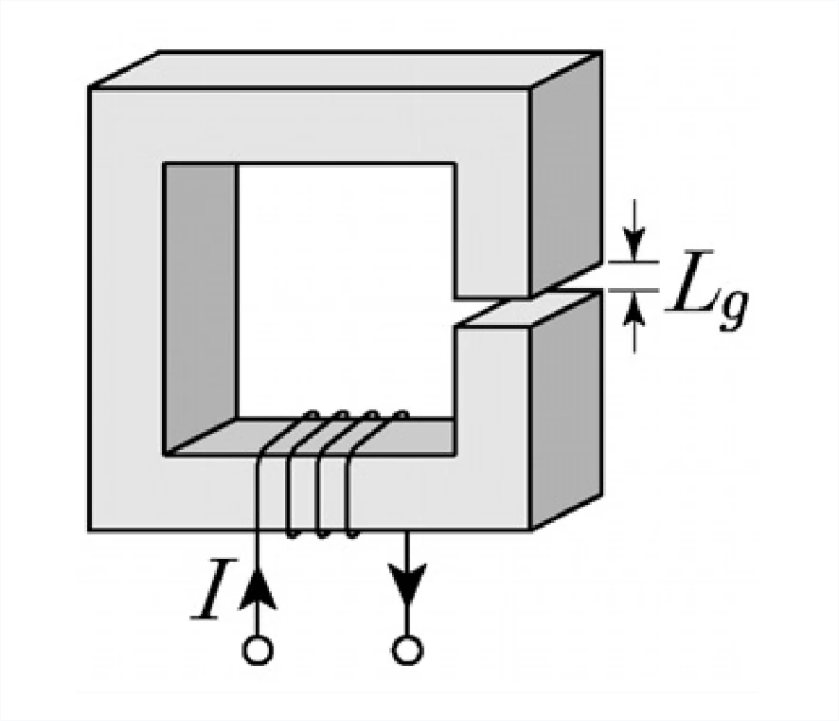
등가 인덕턴스 x: 그림 (가)의 2 H와 3 H 코일은 양 끝이 각각 같은 두 점에 연결되어 **병렬**이다. 상호유도가 없는 코일을 병렬로 연결하면 인덕턴스의 역수를 더하므로, 합성 인덕턴스는 $L_p = \frac{2 \cdot 3}{2 + 3} = 1.2\text{H}$이다. 이 합성 코일과 0.8 H 코일에는 같은 단자 전류가 흐르므로 직렬로 합성한다. 따라서 $L_{\text{eq}} = 0.8 + 1.2 = 2\text{H}$이고, x = 2이다.

등가 정전용량 y: 오른쪽의 6 μF와 3 μF 커패시터는 중간 접속점에 다른 가지가 없어 **직렬**이다. 직렬 커패시터는 전하량이 같고 전압이 더해지므로 정전용량의 역수를 더한다. 따라서 합성 정전용량은 $C_s = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2\mu\text{F}$이다. 이 가지와 가운데의 1 μF 커패시터는 같은 위·아래 접속점에 연결되어 병렬이므로 정전용량을 더한다. 따라서 $C_{\text{eq}} = 1 + 2 = 3\mu\text{F}$이고, y = 3이다.

구하는 값: x와 y는 각각 H와 μF 단위로 표시한 소자값의 수치이므로, $x + y = 2 + 3 = 5$이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 자기회로에서 철심의 자기저항 R_c의 값 [A·turns/Wb]은? (단, 자성체의 비투자율 μ_{r1}은 100이고, 공극 내 비투자율 μ_{r2}은 1이다. 자성체와 공극의 단면적은 4[m^2]이고, 공극을 포함한 자로의 전체길이 $L_c = 52$[m]이며, 공극의 길이 $L_g = 2$[m]이다. 누설 자속은 무시한다.)



① $\frac{1}{32\pi} \times 10^7$ [A·turns/Wb]
② $\frac{1}{16\pi} \times 10^7$ [A·turns/Wb]
③ $\frac{1}{8\pi} \times 10^7$ [A·turns/Wb]
④ $\frac{1}{4\pi} \times 10^7$ [A·turns/Wb]

정답 1번

간단한 해설

철심의 자기저항은 **공극을 제외한 철심 길이** 50 m와 철심의 투자율로 계산한다. 따라서 $R_c = \frac{1}{32\pi} \times 10^7$ A·turns/Wb이다.

NoteBase

계산 과정

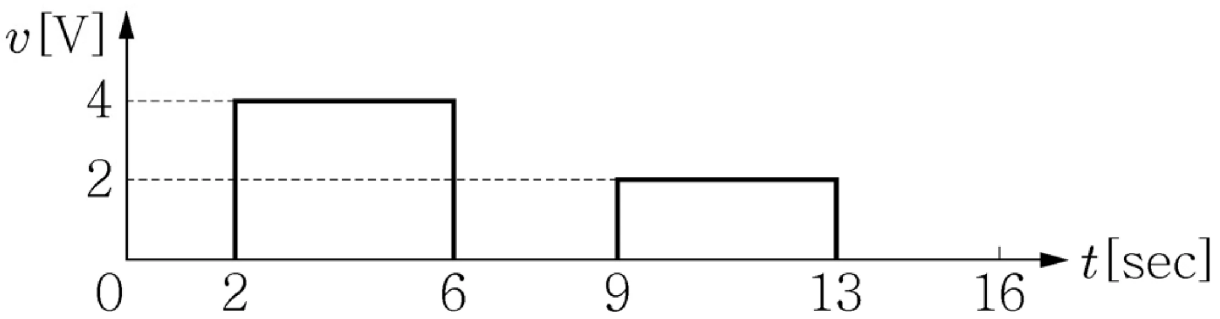
철심 길이: 전체 자로 길이 52 m에는 그림 오른쪽의 공극 2 m가 포함되어 있다. 철심 부분의 길이는 $l = L_c - L_g$ 이므로 $52 - 2 = 50$ m이다.

자기저항의 관계식: 자기저항은 자속을 만들기 위해 필요한 기자력을 자속으로 나눈 값이다. 단면적과 투자율이 일정한 구간에서는 $R = \frac{l}{\mu A}$를 적용한다. 여기서 l은 해당 구간의 자로 길이, A는 단면적, μ는 투자율이다. 철심의 투자율은 $\mu = \mu_0 \mu_{r1}$이고, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m, $\mu_{r1} = 100$, $A = 4\ \mathrm{m}^2$를 사용한다. 구하는 것은 **철심 부분의 자기저항**이므로 공극의 자기저항은 더하지 않는다.

값 대입: $R_c = \frac{50}{(4\pi \times 10^{-7}) \cdot 100 \cdot 4}$이다. 이를 정리하면 $R_c = \frac{50}{16\pi \times 10^{-5}} = \frac{1}{32\pi} \times 10^7$ A·turns/Wb로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같은 전압 파형의 실횻값[V]은? (단, 해당 파형의 주기는 16[sec]이다.)



① $\sqrt{3}$ [V]

② 2 [V]

③ $\sqrt{5}$ [V]

④ $\sqrt{6}$ [V]

정답 3번

간단한 해설

실횻값은 **전압 제곱의 한 주기 평균에 제곱근을 취한 값**이다. 4 V와 2 V가 각각 4초씩 유지되므로, 전압 제곱을 전체 주기 16초에 걸쳐 평균하면 5 V^2이고 실횻값은 $\sqrt{5}$ V이다.

계산 과정

실횻값의 정의: 시간에 따른 전압을 $v(t)$, 주기를 T라 하면 실횻값은 $V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)dt}$이다. 이는 같은 저항에서 해당 파형과 같은 평균 전력을 발생시키는 직류 전압의 크기이다. 이 문제에서는 T = 16초이다.

파형의 구간: 가로축은 시간[sec], 세로축은 전압[V]이다. 2–6초에는 4 V가 4초 동안, 9–13초에는 2 V가 4초 동안 유지된다. 0–2초, 6–9초, 13–16초에는 전압이 0 V이다. 전압이 0인 구간도 **평균을 구하는 전체 시간 16초에 포함**한다.

전압 제곱의 시간 평균: 각 구간에서 전압이 일정하므로 전압의 제곱에 지속 시간을 곱하여 더한다. 4 V 구간의 기여량은 $4^2 \cdot 4 = 64$ $V^2 \cdot s$, 2 V 구간의 기여량은 $2^2 \cdot 4 = 16$ $V^2 \cdot s$이고, 0 V 구간의 기여량은 0이다. 합계 80 $V^2 \cdot s$를 한 주기 16초로 나누면 $\frac{80}{16} = 5$ V^2이다.

실횻값 계산: 전압 제곱의 평균에 제곱근을 취하면 $V_{\text{rms}} = \sqrt{5}$ V이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 시변 전계, 시변 자계와 관련한 Maxwell 방정식의 4가지 수식으로 가장 옳지 않은 것은?

① $\nabla \cdot \vec{D} = \rho_v$

② $\nabla \cdot \vec{E} = 0$

③ $\nabla \cdot \vec{B} = 0$

④ $\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

정답 2번

간단한 해설

시변 자계에 대응하는 전계 방정식은 **패러데이 전자유도 법칙**인 $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$이다. $\nabla \cdot \vec{E} = 0$은 전하가 없는 균일한 선형 매질 등에서 성립하는 특수한 조건이며, 일반적인 맥스웰 방정식을 대신할 수 없다.

선지별 해설

① O: $\nabla \cdot \vec{D} = \rho_v$는 전계에 대한 가우스 법칙이다. $\vec{D}$는 전속밀도, ρ_v는 자유전하의 체적밀도이다. 전속밀도의 발산은 한 점에서 전속이 퍼져 나오는 정도를 뜻하며, 그 크기는 **그곳의 전하밀도**와 같다. 적분형으로는 닫힌 면을 통과하는 총 전속이 내부의 자유전하량과 같다는 의미이다.

② X: 시변 자계와 전계의 관계를 나타내는 식은 $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$이다. 이는 **시간에 따라 변하는 자속밀도가 회전하는 전계를 유도**한다는 패러데이 전자유도 법칙이며, 음의 부호는 유도 작용이 자속의 변화를 방해하는 방향임을 나타낸다. 선지의 $\nabla \cdot \vec{E} = 0$은 일반적으로 성립하지 않는다. 공간적으로 일정한 유전율 ε을 갖는 선형 매질에서는 $\vec{D} = \varepsilon \vec{E}$이므로 $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho_v}{\varepsilon}$이며, 전하밀도가 0인 영역에서 선지의 식이 성립한다.

③ O: $\nabla \cdot \vec{B} = 0$은 자계에 대한 가우스 법칙이다. $\vec{B}$는 자속밀도이며, **자기 단극자가 존재하지 않아** 자속에는 독립적인 시작점이나 끝점이 없다. 따라서 닫힌 면으로 들어오는 자속과 나가는 자속이 같아 순자속은 0이다. 이 관계는 자계가 시간에 따라 변해도 성립한다.

④ O: $\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$는 앙페르–맥스웰 법칙이다. $\vec{H}$는 자계의 세기, $\vec{J}$는 전도전류밀도이며, $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$는 **변위전류밀도**이다. 자계의 회전은 전도전류뿐 아니라 시간에 따라 변하는 전속밀도에 의해서도 생기므로, 시변 전계에서는 변위전류 항을 포함해야 한다.

NoteBase

문 18. 무한히 먼 곳에서부터 A점까지 +3[C]의 전하를 이동시키는 데 60[J]의 에너지가 소비되었다. 또한 무한히 먼 곳에서부터 B점까지 +2[C]의 전하를 이동시키는 데 10[J]의 에너지가 생성되었다. A점을 기준으로 측정한 B점의 전압[V]은?

① −20[V]

② −25[V]

③ +20[V]

④ +25[V]

정답 2번

간단한 해설

A점의 전위는 20 V이고, B점에서는 에너지가 생성되므로 전위가 −5 V이다. **A점을 기준으로 한 B점의 전압**은 B점 전위에서 A점 전위를 뺀 값이므로 −25 V이다.

계산 과정

무한히 먼 곳의 전위를 0 V로 두면, 전하 q를 한 점까지 옮길 때 전기적 위치에너지 변화는 $\Delta U = qV$이다. 따라서 그 점의 전위는 $V = \frac{\Delta U}{q}$로 구한다. 이동에 에너지가 소비되면 위치에너지가 증가하고, 에너지가 생성되면 위치에너지가 감소한다.

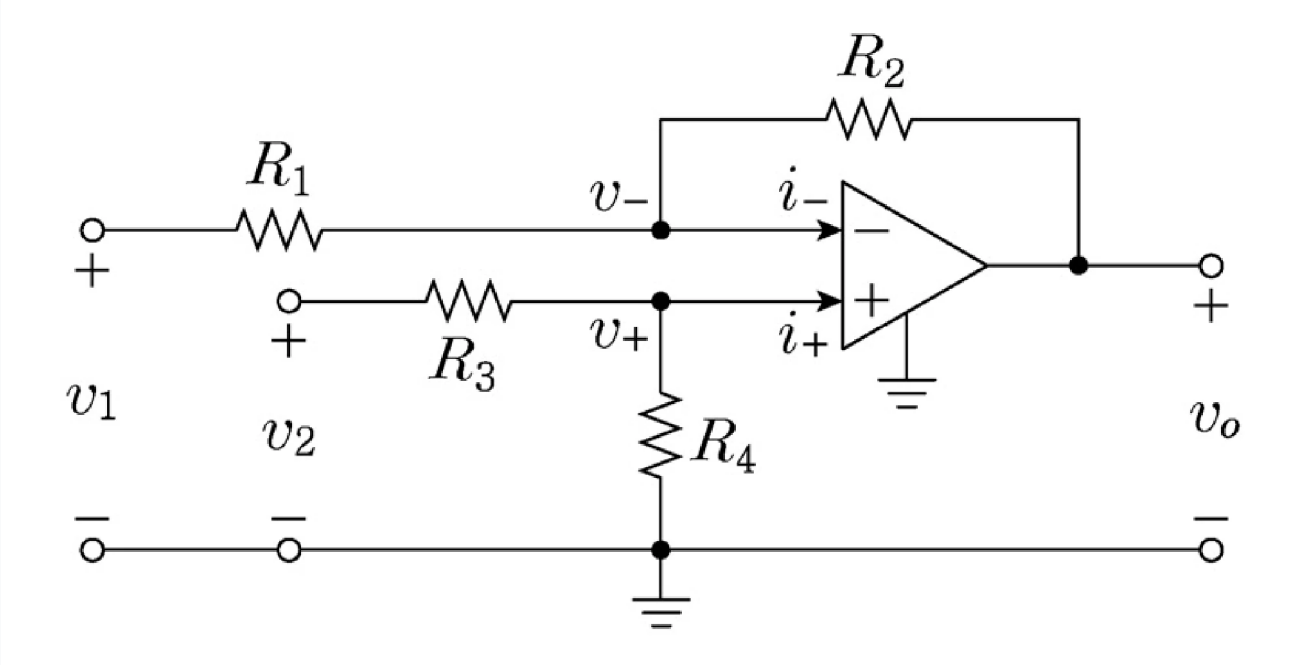
A점: +3 C의 전하를 옮기는 데 60 J가 소비되었으므로 위치에너지 변화는 +60 J이다. 따라서 $V_A = \frac{60}{3} = 20\text{V}$이다. 이는 무한히 먼 곳보다 A점의 전위가 20 V 높다는 뜻이다.

B점: +2 C의 전하를 옮길 때 10 J가 생성되었으므로 **위치에너지 변화는 −10 J**이다. 따라서 $V_B = \frac{-10}{2} = -5\text{V}$이다. 양전하가 이동하면서 에너지를 내놓았으므로 B점은 무한히 먼 곳보다 전위가 낮다.

A점을 기준으로 측정한 B점의 전압은 **측정점 B의 전위에서 기준점 A의 전위를 뺀 값**이다. 따라서 $V_B - V_A = -5 - 20 = -25\text{V}$이며, ②의 −25 V에 해당한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 연산증폭기 회로에서 $v_1 = 1[V]$, $v_2 = 2[V]$, $R_1 = 1[\Omega]$, $R_2 = 4[\Omega]$, $R_3 = 1[\Omega]$, $R_4 = 4[\Omega]$일 때, 출력 전압 v_o의 값[V]은? (단, 연산증폭기는 이상적이라고 가정한다.)



① 1 [V]

② 2 [V]

③ 3 [V]

④ 4 [V]

정답 4번

간단한 해설

두 저항비가 모두 4인 **차동 증폭 회로**이므로 두 입력 전압의 차를 4배 한다. 따라서 $v_o = 4(v_2 - v_1) = 4$V이다.

NoteBase

계산 과정

입력 조건: 출력에서 R_2를 거쳐 반전 입력으로 돌아오는 **음의 피드백**이 걸려 있다. 이상적인 연산증폭기의 선형 동작에서 두 입력 전압은 $v_- = v_+$이고, 입력 전류는 $i_- = i_+ = 0$이다.

비반전 입력 전압: 입력 전류가 0이므로 R_3와 R_4는 v_2를 분압한다. 비반전 입력은 R_4의 위쪽 단자에 연결되어 있으므로 $v_+ = \frac{R_4}{R_3 + R_4} v_2$이다. 수치를 대입하면 $v_+ = \frac{4}{1+4} \cdot 2 = 1.6\text{V}$이고, 반전 입력 전압도 1.6 V이다.

반전 측 저항의 전류: R_1에는 반전 입력 접점에서 v_1 쪽으로 $I = \frac{v_- - v_1}{R_1} = \frac{1.6 - 1}{1} = 0.6\text{A}$가 흐른다. **연산증폭기 입력으로 흐르는 전류가 0**이므로, 이 전류는 출력에서 R_2를 통해 접점으로 들어오는 전류와 같다.

출력 전압: R_2에서 출력 쪽 전위가 반전 입력 쪽보다 $IR_2 = 0.6 \cdot 4 = 2.4\text{V}$만큼 높다. 따라서 $v_o = v_- + IR_2 = 1.6 + 2.4 = 4\text{V}$이며, 선택지 ④의 4 V와 일치한다.

NoteBase

문 20. 커패시터 양단에 인가되는 전압이 $v(t) = 5\sin(120\pi t - \frac{\pi}{3})$ [V]일 때, 커패시터에 입력되는 전류는 $i(t) = 0.03\pi\cos(120\pi t - \frac{\pi}{3})$ [A]이다. 이 커패시터의 커패시턴스의 값 [μF]은?

① 40 [μF]

② 45 [μF]

③ 50 [μF]

④ 55 [μF]

정답 3번

간단한 해설

커패시터 전류는 $i(t) = C\frac{dv(t)}{dt}$로, **전압의 시간 변화율**에 비례한다. 전압을 미분한 뒤 주어진 전류와 코사인 항의 계수를 비교하면 커패시턴스는 50 μF이다.

계산 과정

커패시턴스 C가 일정한 커패시터에서 전하와 전압의 관계는 $q(t) = Cv(t)$이다. 전류는 전하의 시간 변화율이므로 $i(t) = C\frac{dv(t)}{dt}$를 적용한다.

주어진 전압을 시간에 대해 미분하면 $\frac{dv(t)}{dt} = 600\pi\cos(120\pi t - \frac{\pi}{3})$ [V/s]이다. 사인 함수를 미분하면 코사인 함수가 되고, **위상의 시간 미분값**인 120π가 곱해져 계수는 $5 \times 120\pi = 600\pi$가 된다.

주어진 전류와 전압의 미분에 나타나는 코사인 항이 같으므로, 그 계수를 비교하면 $600\pi C = 0.03\pi$이다. 따라서 $C = \frac{0.03\pi}{600\pi} = 5 \times 10^{-5}$ F이다.

$1\mu\text{F} = 10^{-6}$F이므로, 구한 커패시턴스를 환산하면 50 μF이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase