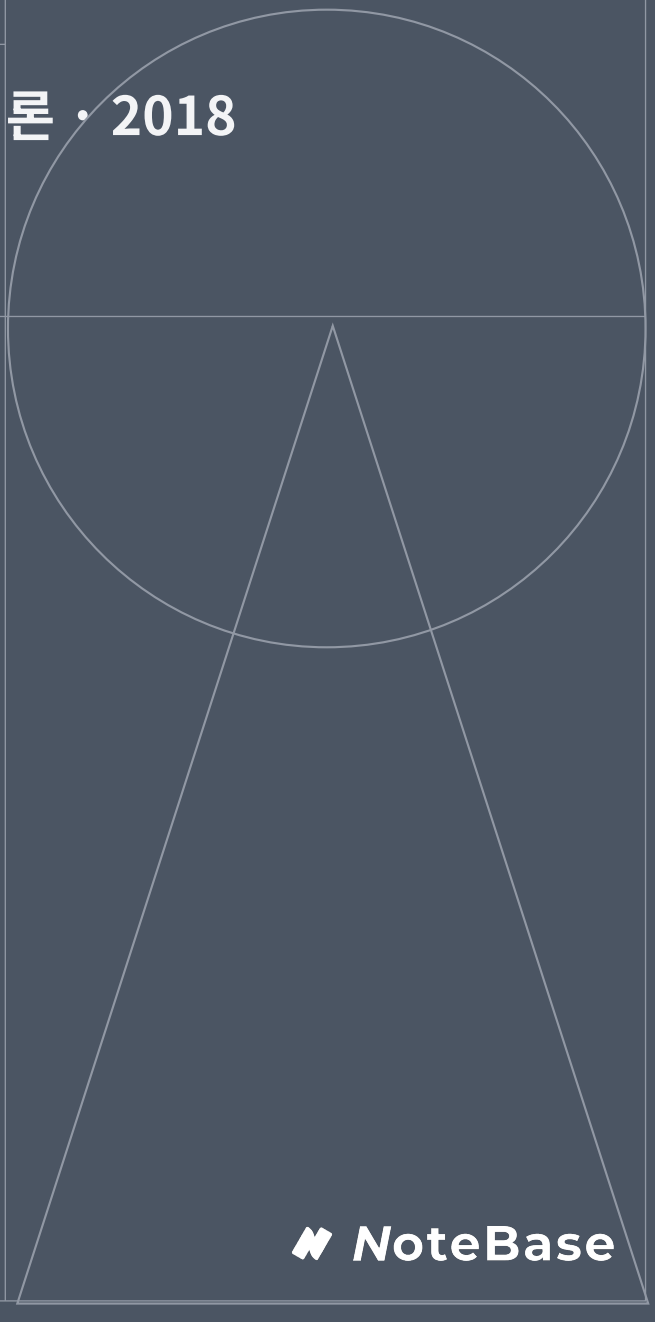
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2018



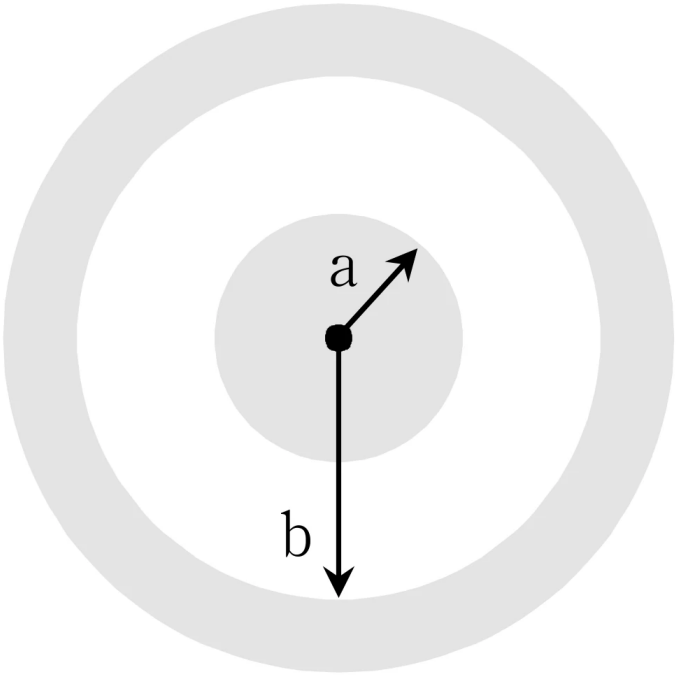
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2018

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2018

문 1. 다음 그림은 내부가 빈 동심구 형태의 콘덴서이다. 내구와 외구의 반지름 a, b를 각각 2배 증가시키고 내부를 비유전율 $\varepsilon_r = 2$인 유전체로 채웠을 때, 정전용량은 몇 배로 증가하는가?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 4번

간단한 해설

동심구 콘덴서의 두 반지름을 모두 2배로 하면 정전용량은 **2배**가 된다. 여기에 비유전율 2인 유전체를 채우면 다시 2배가 되어, 처음의 **4배**가 된다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 a는 안쪽 도체의 반지름이고, b는 바깥 도체의 안쪽 면까지의 반지름이다. 두 도체 사이가 비어 있을 때 유전율을 ε_0라 하면, 동심구 콘덴서의 처음 정전용량은 $C_0 = 4\pi\varepsilon_0\frac{ab}{b-a}$이다. 이 식은 두 도체가 동심구이고 도체 사이의 유전율이 균일할 때 적용된다.

반지름 변화: a와 b를 각각 2배로 하면 기하학적 항은 $\frac{(2a)(2b)}{2b-2a} = 2\frac{ab}{b-a}$가 된다. **분자는 4배, 분모는 2배**가 되므로, 유전체를 채우기 전 정전용량은 처음의 2배이다. 두 도체 사이의 간격만으로 정전용량 변화를 판단해서는 안 된다.

유전체 변화: 비유전율은 진공 유전율에 대한 유전체 유전율의 비이다. 비유전율 2인 유전체로 **두 도체 사이를 완전히 채우면** 유전율은 $\varepsilon = 2\varepsilon_0$가 된다. 같은 크기와 모양에서 정전용량은 유전율에 비례하므로, 반지름을 키운 상태에서 정전용량이 다시 2배가 된다.

최종 배율: 반지름 변화와 유전체 변화의 효과를 곱하면 $C_1 = 2 \cdot 2C_0 = 4C_0$이다. 따라서 $\frac{C_1}{C_0} = 4$로, 정전용량은 처음의 4배이며 ④의 값과 일치한다. 정전용량끼리 나눈 배율이므로 단위는 없다.

NoteBase

문 2. 선간전압 300[V]의 3상 대칭전원에 △결선 평형부하가 연결되어 역률이 0.8인 상태로 720[W]가 공급될 때, 선전류[A]는?

① 1
② $\sqrt{2}$
③ $\sqrt{3}$
④ 2

정답 3번

간단한 해설

각 상의 유효전력 240 W를 상전압 300 V와 역률 0.8로 나누면 상전류는 1 A이다. △**결선의 선전류**는 상전류의 $\sqrt{3}$배이므로 $\sqrt{3}$A이다.

계산 과정

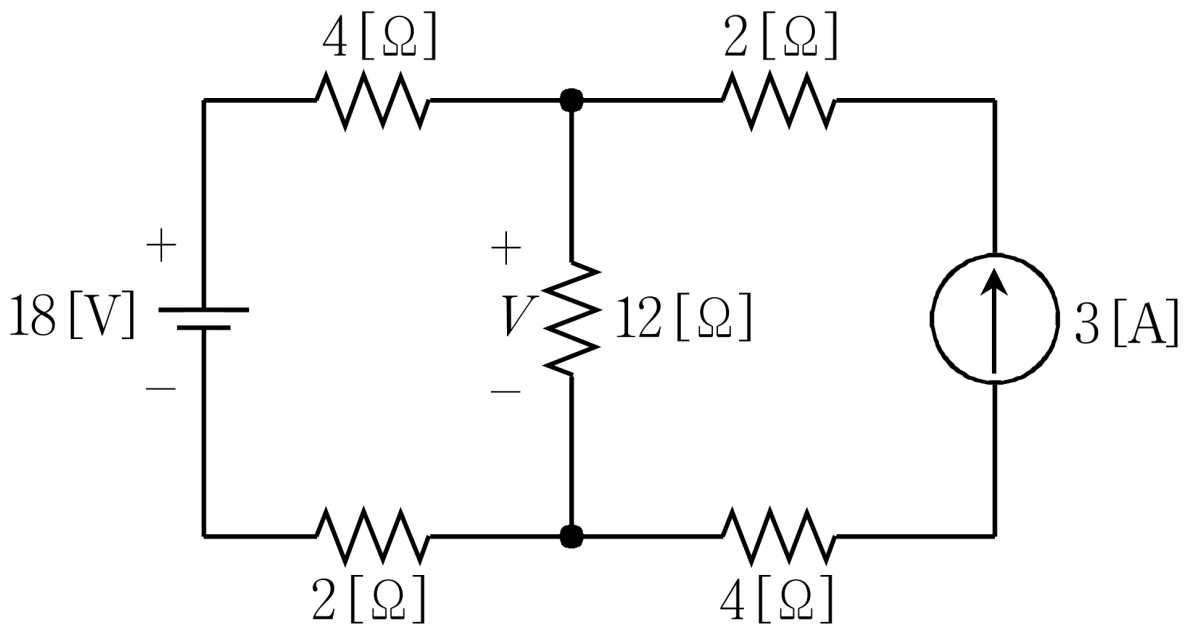
상별 전압과 전력: △결선에서는 각 상의 부하가 두 선 사이에 연결되므로 **상전압과 선간전압이 같다**. 따라서 상전압 V_ϕ는 300 V이다. 평형부하이므로 전체 유효전력 720 W가 세 상에 똑같이 나뉘어, 한 상의 유효전력은 $P_\phi = \frac{720}{3} = 240\text{W}$이다.

상전류: 한 상의 유효전력은 $P_\phi = V_\phi I_\phi \cos\phi$이다. 여기서 I_ϕ는 각 상의 부하에 흐르는 전류이고, $\cos\phi$는 역률이다. 역률 0.8을 적용하면 $I_\phi = \frac{240}{300 \cdot 0.8} = 1\text{A}$이다. 이 값은 **부하 한 상의 전류**이다.

선전류: △결선의 각 선에서는 두 상전류의 벡터 차가 흐른다. 평형 상태의 상전류들은 크기가 같고 위상차가 120°이므로, 선전류의 크기는 $I_L = \sqrt{3} I_\phi$이다. 따라서 $I_L = \sqrt{3} \cdot 1 = \sqrt{3}\text{A}$로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 다음 회로에서 12 [Ω] 저항의 전압 V[V]는?



① 12

② 24

③ 36

④ 48

정답 2번

간단한 해설

전류원이 위쪽 접점으로 공급하는 3 A는 왼쪽 가지와 12 Ω 저항으로 나뉜다. **접점의 전류 보존**을 적용하면 12 Ω 저항의 위쪽이 아래쪽보다 **24 V 높다**.

NoteBase

계산 과정

접점 전압과 공급 전류: 가운데 아래쪽 접점을 0 V로 잡으면, 표시된 극성에 따라 위쪽 접점의 전압이 V이다. 오른쪽 가지에서는 전류원과 2 Ω·4 Ω 저항이 직렬이므로, 저항값과 관계없이 **전류원이 정한 3 A**가 화살표 방향으로 흘러 위쪽 접점에 들어온다.

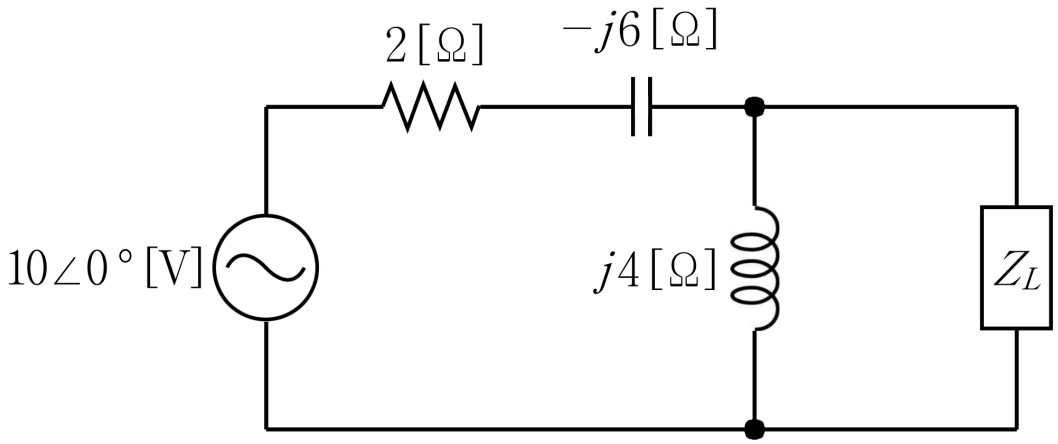
왼쪽 가지의 전류: 위쪽 접점에서 왼쪽 가지를 거쳐 아래쪽 접점으로 흐르는 전류를 I_L이라 둔다. 왼쪽 4 Ω과 2 Ω에는 같은 전류가 흐르므로 저항의 합은 6 Ω이다. 위에서 아래로 갈 때 18 V 전원을 +극에서 −극으로 지나므로 전압 강하는 $V = 6I_L + 18$이다. 따라서 $I_L = \frac{V-18}{6}$ A이다. 여기서 **18 V를 뺀 값**이 두 저항에 걸리는 전압이다.

12 Ω 저항의 전류: 저항 양단의 전압이 V이므로 옴의 법칙에 따라 위쪽에서 아래쪽으로 흐르는 전류는 $I_{12} = \frac{V}{12}$ A이다.

접점의 전류 보존: 위쪽 접점에 들어오는 3 A는 왼쪽 가지와 12 Ω 저항으로 나가는 전류의 합과 같다. 따라서 $\frac{V-18}{6} + \frac{V}{12} = 3$이다. 양변에 12를 곱하면 $2(V-18) + V = 36$이고, 정리하면 $3V = 72$이다. 구하는 전압은 24 V이며, 양수이므로 표시된 대로 위쪽이 +극이다. 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 다음 회로에서 부하임피던스 Z_L에 최대전력이 전달되기 위한 $Z_L[\Omega]$은?



① $4\sqrt{5}$
② $4\sqrt{6}$
③ $5\sqrt{3}$
④ $6\sqrt{3}$

정답 1번

간단한 해설

선지처럼 **부하를 실수 저항값으로 비교할 때** 최대전력 전달 조건은 부하 저항이 전원측 테브난 임피던스의 크기와 같아지는 것이다. 이 회로에서는 $Z_{th} = 4 + j8\Omega$이므로 부하값은 $\sqrt{4^2 + 8^2} = 4\sqrt{5}\Omega$이다.

NoteBase

계산 과정

테브난 임피던스: 부하 Z_L을 떼어 내고 독립 전압원을 **단락**한다. 부하 단자에서 바라보면 2 Ω 저항과 $-j6\Omega$ 커패시터가 직렬이고, 이 직렬 가지가 $j4\Omega$ 인덕터와 병렬로 연결된다.

병렬 합성: 두 가지의 임피던스를 각각 $2-j6\Omega$, $j4\Omega$으로 놓고 병렬 합성식을 적용한다.
$Z_{\text{th}} = \frac{(2-j6)\cdot j4}{(2-j6)+j4}$
$= \frac{24+j8}{2-j2} = 4+j8\Omega$
따라서 전원측 등가회로의 저항 성분은 4 Ω, 유도성 리액턴스는 8 Ω이다.

실수 부하의 최대전력 조건: 선지가 모두 양의 실수이므로, 이 값들을 저항성 부하 $Z_L = R_L$로 놓고 비교한다. 부하의 평균전력은 전류 크기의 제곱과 부하 저항의 곱이므로, 전원측 테브난 전압이 일정할 때 $P_L \propto \frac{R_L}{(R_L+4)^2+8^2}$ 이다. 이 비율을 최대화하려면 그 역수인 $R_L + 8 + \frac{80}{R_L}$을 최소화해야 한다. 양수 R_L에 대해 $R_L + \frac{80}{R_L} \geq 2\sqrt{80}$ 이며, 등호는 $R_L = \sqrt{80}$일 때 성립한다.

부하값과 선지 대응: 따라서 **저항성 부하의 최적값은 테브난 임피던스의 크기**인 $R_L = |Z_{\text{th}}| = \sqrt{4^2+8^2}$이다. 이를 계산하면 $Z_L = R_L = 4\sqrt{5}\,\Omega$이므로 ①의 값과 일치한다.

적용 조건의 구별: 위 결과는 선지의 실수값을 저항성 부하로 비교한 경우이다. 부하의 저항과 리액턴스를 모두 자유롭게 조절할 수 있다면 최대전력 조건은 **켤레복소수 정합**인 $Z_L = Z_{\text{th}}^* = 4-j8\Omega$이다. 이 복소 임피던스 자체와 저항성 부하값을 혼동하지 않아야 한다.

NoteBase

문 5. 부하에 인가되는 비정현파 전압 및 전류가 다음과 같을 때, 부하에서 소비되는 평균전력[W]은?

$v(t) = 100 + 80\sin\omega t + 60\sin(3\omega t - 30^\circ) + 40\sin(7\omega t + 60^\circ)$ [V]
$i(t) = 40 + 30\cos(\omega t - 30^\circ) + 20\cos(5\omega t + 60^\circ) + 10\cos(7\omega t - 30^\circ)$ [A]

① 4,700
② 4,800
③ 4,900
④ 5,000

정답 2번

간단한 해설

평균전력에는 **직류분과 전압·전류의 차수가 같은 성분**만 기여한다. 직류분 4,000 W에 기본파 600 W와 7차 고조파 200 W를 더하면 평균전력은 4,800 W이다.

계산 과정

평균전력 산정: 평균전력은 순간전력 $v(t)i(t)$를 기본파의 한 주기 동안 평균한 값이다. 직류분과 교류 성분의 곱, 서로 다른 차수의 교류 성분끼리의 곱은 평균이 0이다. 같은 차수에서는 $P_n = \frac{V_{mn}I_{mn}}{2}\cos\phi_n$을 적용한다. 여기서 n은 고조파 차수, V_{mn}과 I_{mn}은 전압·전류의 최댓값, ϕ_n은 두 성분의 위상차이다. 주어진 교류항의 계수는 **실효값이 아니라 최댓값**이므로 두 계수의 곱을 2로 나눈다.

직류분: 전압은 100 V, 전류는 40 A이므로 직류분의 전력은 $100 \times 40 = 4{,}000$ W이다.

기본파: 전류를 전압과 같은 사인 기준으로 바꾸면 $i_1(t) = 30\sin(\omega t + 60^\circ)$이다. 전압 기본파의 위상은 0°이므로 **전압과 전류의 위상차는 60°**이다. 따라서 $P_1 = \frac{80 \cdot 30}{2}\cos 60^\circ = 600\text{W}$이다.

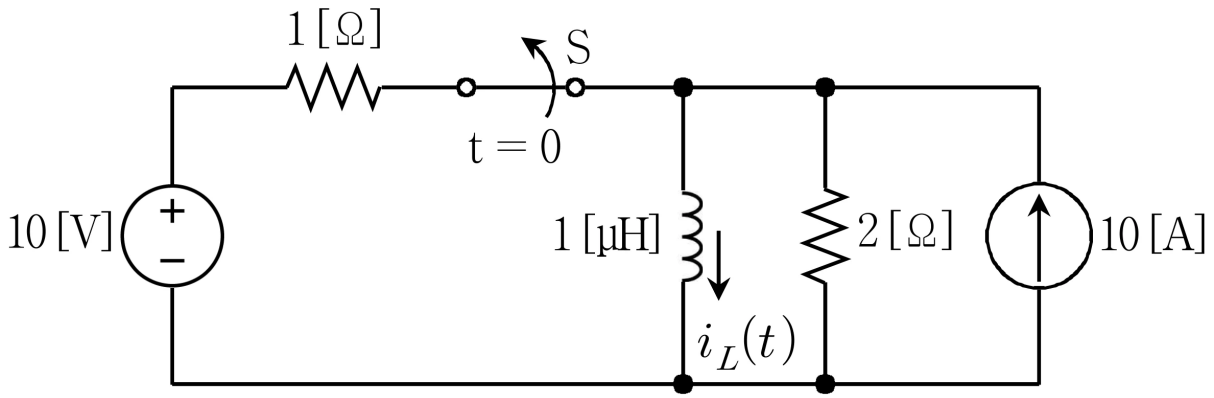
3차·5차 고조파: 전압에는 3차 성분이 있지만 전류에는 3차 성분이 없고, 전류에는 5차 성분이 있지만 전압에는 5차 성분이 없다. **같은 차수의 전압·전류 쌍이 없으므로** 이 성분들이 기여하는 평균전력은 0 W이다. 3차 전압과 5차 전류를 곱한 항도 서로 다른 차수이므로 한 주기 평균이 0이다.

7차 고조파: 전류를 사인 기준으로 바꾸면 $i_7(t) = 10\sin(7\omega t + 60^\circ)$이다. 전압의 7차 성분도 위상이 60°이므로 **두 성분의 위상차는 0°**이다. 따라서 $P_7 = \frac{40 \cdot 10}{2}\cos 0^\circ = 200\text{W}$이다.

전체 평균전력: 각 성분의 전력을 더하면 4,000 + 600 + 200 = 4,800 W이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 다음 회로에서 오랜 시간 닫혀있던 스위치 S가 t=0에서 개방된 직후에 인덕터의 초기전류 $i_L(0^+)$[A]는?



① 5

② 10

③ 20

④ 30

정답 3번

간단한 해설

인덕터 전류는 스위치를 개방하는 순간에도 **연속적으로 유지된다**. 개방 전 정상상태에서 전압원 쪽의 10 A와 전류원의 10 A가 인덕터로 합쳐져 흐르므로, 개방 직후의 전류도 아래 방향으로 20 A이다.

계산 과정

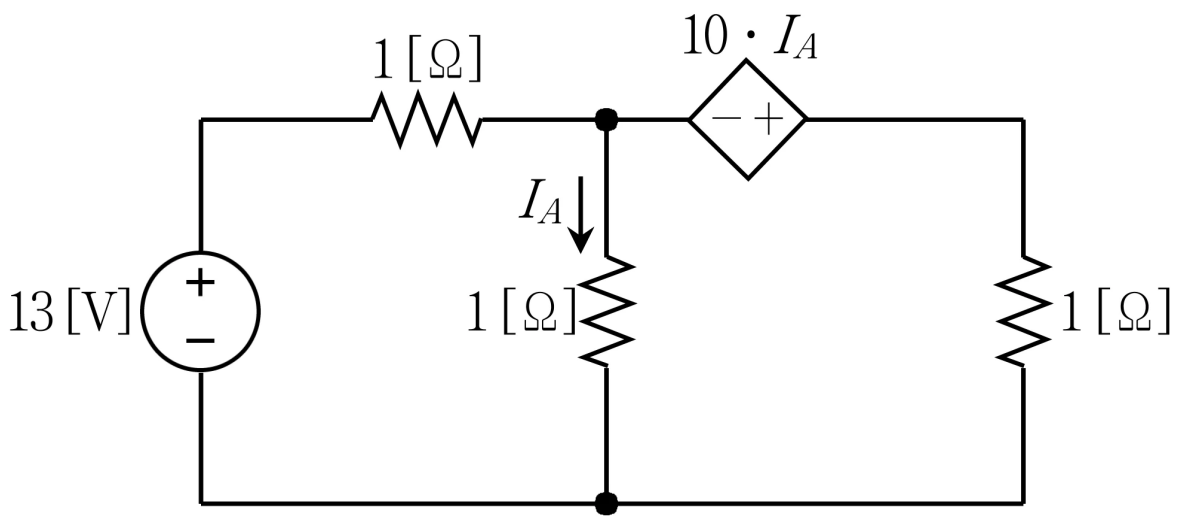
개방 전 정상상태: 스위치가 오랫동안 닫혀 있었으므로 직류 정상상태에서 인덕터 전류는 일정하다. 인덕터 전압은 $v_L = L\frac{di_L}{dt} = 0$이므로, 인덕터는 **단락으로 취급한다**. 따라서 인덕터와 병렬인 2 Ω 저항의 양단 전압도 0 V이고, 이 저항에는 전류가 흐르지 않는다.

개방 직전의 인덕터 전류: 10 V 전압원의 위쪽 단자가 양극이므로, 1 Ω 저항에는 전압원에서 인덕터 쪽으로 $\frac{10}{1} = 10\text{A}$가 흐른다. 오른쪽 전류원도 위쪽 접점으로 10 A를 공급한다. 2 Ω 저항에는 전류가 흐르지 않으므로, 두 전류는 모두 인덕터를 통해 아래로 흐른다. 따라서 키르히호프 전류법칙에 의해 $i_L(0^-) = 10 + 10 = 20\text{A}$이다.

개방 직후의 초기전류: 인덕터 전류가 순간적으로 변하려면 무한대의 전압이 필요하다. 이 회로에서는 개방 후에도 인덕터와 2 Ω 저항이 연결되어 전류가 흐를 경로가 있으므로 **인덕터 전류는 불연속적으로 변하지 않는다**. 따라서 $i_L(0^+) = i_L(0^-) = 20\text{A}$이며, 그림의 아래 방향을 기준으로 양의 값이다. 이는 ③의 20 A에 해당한다.

NoteBase

문 7. 다음 직류회로에서 전류 I_A[A]는?



① 13

② $\frac{13}{2}$

③ $\frac{13}{7}$

④ 1

정답 4번

간단한 해설

종속전압원의 극성이 왼쪽 −, 오른쪽 +이므로 오른쪽 1 Ω 저항에는 **중앙 저항 전압과 종속전압원 전압의 합**이 걸린다. 이에 따라 오른쪽 전류는 $11I_A$가 되며, 전류법칙을 적용하면 $I_A = 1$A이다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽 공통 도선을 기준 전위 0 V로 두고, 중앙 위 접속점의 전압을 V_1, 오른쪽 저항 위쪽의 전압을 V_2라 한다. 이하 전압·전류·저항은 각각 V·A·Ω 단위의 수치로 식을 세운다. 중앙 1 Ω 저항에서 전류 I_A가 아래로 흐르므로, 옴의 법칙에 따라 $V_1 = 1 \cdot I_A = I_A$이다.

종속전압원은 **오른쪽이 +극**이고 전압이 $10I_A$이므로 $V_2 - V_1 = 10I_A$이다. 따라서 $V_2 = 11I_A$이며, 오른쪽 1 Ω 저항을 아래로 흐르는 전류는 $\frac{V_2}{1} = 11I_A$이다. 종속전압원과 오른쪽 저항 사이에는 분기점이 없으므로 이 전류가 중앙 접속점에서 오른쪽으로 나가는 전류이기도 하다.

13 V 전압원의 위쪽은 +극이므로 왼쪽 위 저항으로 들어가는 쪽의 전위는 13 V이다. 이 저항을 통해 중앙 접속점으로 들어오는 전류는 $\frac{13 - V_1}{1} = 13 - I_A$이다. 키르히호프 전류법칙에 따라 **들어오는 전류는 나가는 두 전류의 합**과 같으므로 $13 - I_A = I_A + 11I_A$이다.

이를 정리하면 $13 = 13I_A$이므로 $I_A = 1\text{A}$이다. 양수이므로 실제 전류 방향도 그림의 아래쪽 화살표와 같으며, 선택지 ④의 1 A에 해당한다.

NoteBase

문 8. 단면적이 1[cm^2]인 링(Ring) 모양의 철심에 코일을 균일하게 500회 감고 600[mA]의 전류를 흘렸을 때 전체 자속이 0.2[μWb]이다. 같은 코일에 전류를 2.4[A]로 높일 경우 철심에서의 자속밀도[T]는? (단, 기자력(MMF)과 자속은 비례관계로 가정한다)

① 0.005

② 0.006

③ 0.007

④ 0.008

정답 4번

간단한 해설

같은 코일에서는 기자력이 전류에 비례하므로, 주어진 비례 가정에 따라 전류를 4배로 하면 **자속도 4배**가 된다. 증가한 자속 0.8 μWb를 단면적 1 cm^{2}로 나누면 자속밀도는 0.008 T이다.

계산 과정

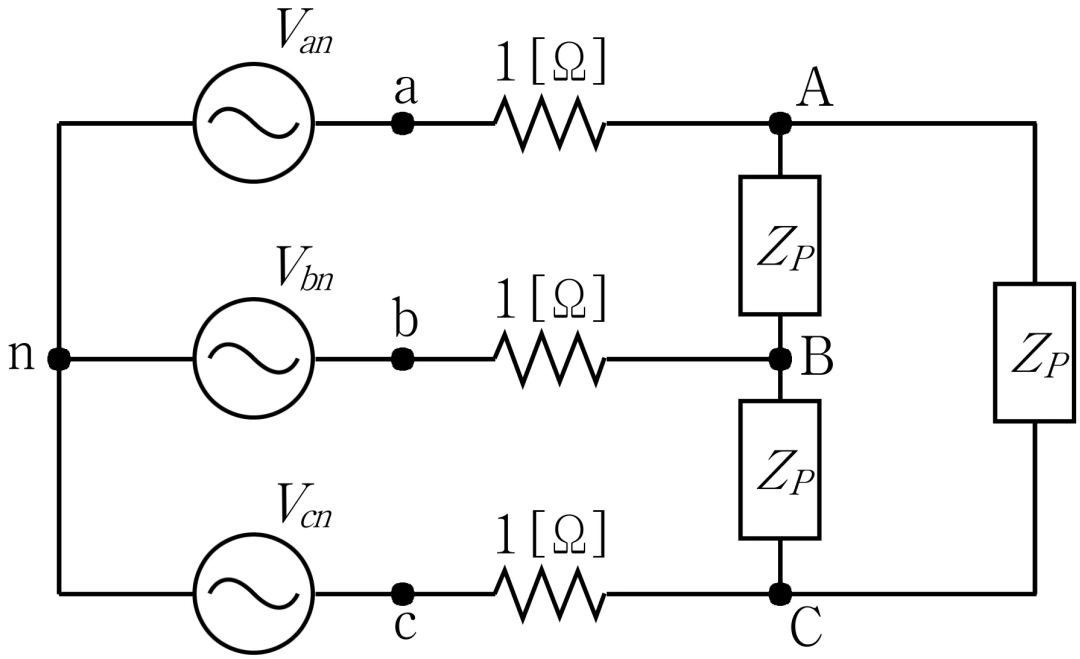
주어진 양과 단위: 권수는 $N = 500$, 처음 전류는 $I_1 = 600\text{mA} = 0.6\text{A}$, 증가한 전류는 $I_2 = 2.4\text{A}$이다. 처음 자속은 $\Phi_1 = 0.2\mu\text{Wb}$이고, 철심 단면적은 $S = 1\text{cm}^2 = 10^{-4}\text{m}^2$이다. **면적 단위는 길이 단위의 변환비를 제곱**하여 바꾼다.

전류 증가 후의 자속: 기자력은 $\mathcal{F} = NI$이다. 같은 코일이므로 권수는 일정하고, 문제에서 **기자력과 자속이 비례**한다고 하였으므로 자속의 증가비도 전류의 증가비와 같다. 따라서 $\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{NI_2}{NI_1} = \frac{2.4}{0.6} = 4$이고, 증가한 자속은 $\Phi_2 = 4\Phi_1 = 0.8\mu\text{Wb}$이다. 권수 500회는 비율에서 약분되므로 별도로 곱하지 않는다.

자속밀도 계산: 자속밀도는 **단위 단면적을 통과하는 자속**이므로 $B_2 = \frac{\Phi_2}{S}$를 적용한다. 자속을 Wb로 바꾸어 대입하면 $B_2 = \frac{0.8 \times 10^{-6}}{10^{-4}} = 0.008\text{T}$이다. 이 값은 ④의 0.008에 해당한다.

NoteBase

문 9. 다음 평형(전원 및 부하 모두) 3상회로에서 상전류 I_{AB} [A]는? (단, $Z_P = 6 + j9[\Omega]$, $V_{an} = 900\angle 0^\circ [V]$이다)



① $50\sqrt{2}\angle(-45^\circ)$

② $50\sqrt{2}\angle(-15^\circ)$

③ $50\sqrt{3}\angle(-45^\circ)$

④ $50\sqrt{6}\angle(-15^\circ)$

정답 4번

간단한 해설

Δ결선 부하를 Y결선으로 환산한 뒤 선로 저항을 더하면 한 상의 합성 임피던스는 $3 + j3\Omega$이다. 여기서 구한 선전류에 Δ결선의 **상전류는 선전류보다 위상이 30° 앞선다**는 관계를 적용하면 $I_{AB} = 50\sqrt{6}\angle(-15^\circ)$A이다.

NoteBase

계산 과정

1. 부하의 Y결선 환산: 그림에서 각 선로에는 1 Ω의 저항이 있고, 세 부하 Z_P는 A–B, B–C, C–A 사이에 연결된 평형 Δ결선이다. 이를 등가 Y결선으로 바꾸면 각 상의 임피던스는 $Z_Y = \frac{Z_P}{3} = 2 + j3\Omega$이다. 전원과 부하가 모두 평형이므로 등가 부하의 중성점과 전원 중성점 사이에 전위차가 없어 한 상만 계산할 수 있다. 상순은 통상적인 a-b-c 정상 상순을 기준으로 한다.

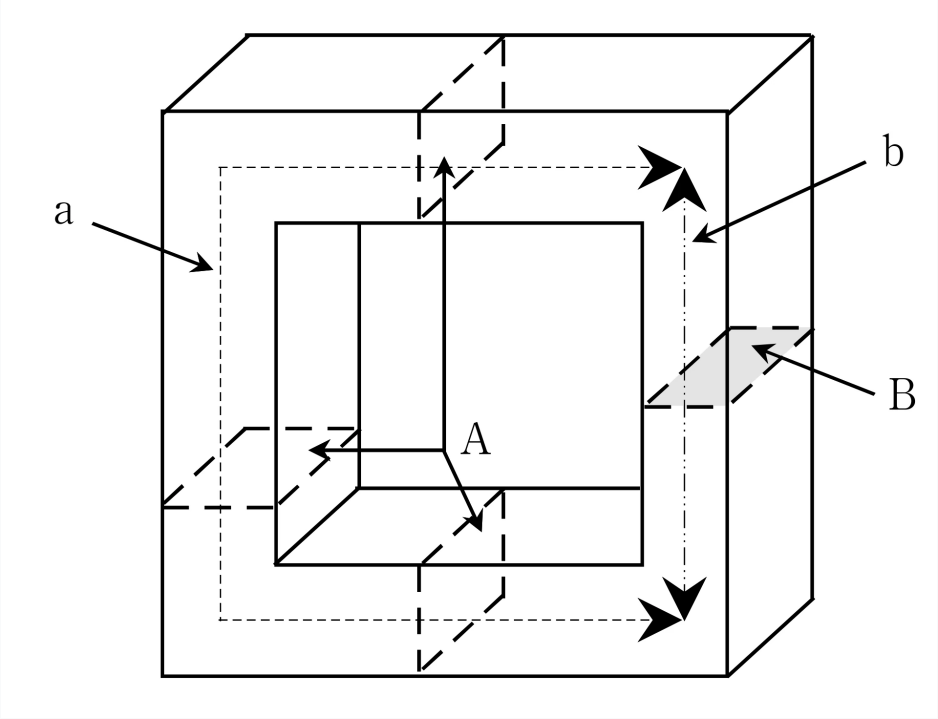
2. 한 상의 합성 임피던스: 등가 Y부하에는 **해당 선로의 1 Ω을 직렬로 더한다**. 따라서 $Z_{eq} = 1 + (2 + j3) = 3 + j3\Omega$이다. 그 크기는 $|Z_{eq}| = 3\sqrt{2}\,\Omega$, 위상각은 $\angle Z_{eq} = 45^\circ$이다.

3. 선전류 계산: a선에 흐르는 전류를 I_a라 하면 옴의 법칙에 따라 $I_a = \frac{V_{an}}{Z_{eq}}$이다. 전류의 크기는 $|I_a| = \frac{900}{3\sqrt{2}} = 150\sqrt{2}\,\text{A}$이고, 위상각은 0° − 45° = −45°이다. 따라서 $I_a = 150\sqrt{2}\angle(-45^\circ)\text{A}$이다. 이는 부하 한 가지의 전류가 아니라 **선로에 흐르는 선전류**이다.

4. Δ부하의 상전류 계산: A점에서 키르히호프 전류 법칙을 적용하면 $I_a = I_{AB} - I_{CA}$이다. 평형 정상 상순에서는 두 상전류의 위상차가 120°이므로 선전류의 크기는 상전류의 $\sqrt{3}$배이고, 선전류의 위상은 대응하는 상전류보다 30° 늦다. 따라서 I_{AB}의 크기는 $\frac{150\sqrt{2}}{\sqrt{3}} = 50\sqrt{6}\,\text{A}$이며, 위상은 −45° + 30° = −15°이다. 즉, $I_{AB} = 50\sqrt{6}\angle(-15^\circ)\text{A}$로 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 다음 그림과 같이 $\mu_r = 50$인 선형모드로 작용하는 페라이트 자성체의 전체 자기저항은? (단, 단면적 $A = 1[m^2]$, 단면적 $B = 0.5[m^2]$, 길이 $a = 10[m]$, 길이 $b = 2[m]$이다)



① $\frac{7}{25\mu_0}$
② $\frac{7}{1000\mu_0}$
③ $\frac{7\mu_0}{25}$
④ $\frac{7\mu_0}{1000}$

정답 1번

간단한 해설

그림의 두 구간은 같은 자속이 차례로 지나는 **직렬 자기회로**이므로 자기저항을 더한다. 각 구간에 $R = \frac{l}{\mu S}$를 적용하면 전체 자기저항은 $\frac{7}{25\mu_0}$ A/Wb이다.

NoteBase

계산 과정

자기저항은 자속이 흐르기 어려운 정도로, 길이 l인 균일한 구간에서 $R = \frac{l}{\mu S}$이다. 여기서 S는 자속에 수직인 단면적이고, μ는 투자율이다. 선형 영역에서는 투자율이 일정하므로, 주어진 비투자율 $\mu_r = 50$에 따라 $\mu = \mu_0 \mu_r = 50\mu_0$를 사용한다. μ_0는 진공의 투자율이다.

A 구간: 그림에서 단면적 A인 구간의 전체 자로 길이는 a=10 m이고, 단면적은 A=1 m^2이다. 따라서 $R_A = \frac{10}{50\mu_0 \cdot 1} = \frac{1}{5\mu_0}$ A/Wb이다.

B 구간: 오른쪽의 좁은 구간은 자로 길이가 b=2 m이고, 단면적은 B=0.5 m^2이다. 따라서 $R_B = \frac{2}{50\mu_0 \cdot 0.5} = \frac{2}{25\mu_0}$ A/Wb이다. 문제의 B는 **자속밀도가 아니라 단면적**을 나타낸다.

전체 자기저항: 두 구간은 하나의 닫힌 자로를 이루어 **같은 자속이 차례로 통과**하므로 자기저항을 합한다. $R = R_A + R_B$에 위 값을 대입하면 $R = \frac{1}{5\mu_0} + \frac{2}{25\mu_0} = \frac{7}{25\mu_0}$ A/Wb로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 선간전압 20 [kV], 상전류 6 [A]의 3상 Y결선되어 발전하는 교류 발전기를 Δ결선으로 변경하였을 때, 상전압 V_P[kV]와 선전류 I_L[A]은? (단, 3상 전원은 평형이며, 3상 부하는 동일하다)

① V_P[kV]: $\frac{20}{\sqrt{3}}$, I_L[A]: $6\sqrt{3}$
② V_P[kV]: 20, I_L[A]: $6\sqrt{3}$
③ V_P[kV]: $\frac{20}{\sqrt{3}}$, I_L[A]: 6
④ V_P[kV]: 20, I_L[A]: 6

정답 1번

간단한 해설

각 상 권선의 전압·전류를 유지하면서 결선만 바꾸면 **상전압은 그대로**이고, Δ결선의 선전류는 상전류의 $\sqrt{3}$ 배이다. 따라서 상전압은 $\frac{20}{\sqrt{3}}$ kV, 선전류는 $6\sqrt{3}$ A이다.

계산 과정

발전기 각 상 권선의 전압을 V_P, 상전류를 I_P, 선간전압을 V_L, 선전류를 I_L라 한다. 이 문항의 결선 변경은 **각 상 권선의 전압·전류를 유지하는 조건**으로 해석한다.

상전압: 평형 Y결선에서 선간전압은 위상이 120° 다른 두 상전압의 벡터 차이이므로 $V_L = \sqrt{3}V_P$이다. 처음 선간전압이 20 kV이므로 각 상 권선의 전압은 $V_P = \frac{20}{\sqrt{3}}$ kV이다. 같은 권선의 접속을 Δ결선으로 바꾸어도 이 상전압은 유지된다. Δ결선에서는 한 상 권선이 두 선 사이에 직접 연결되므로, 변경 후 선간전압도 이 상전압과 같다.

선전류: Δ결선의 한 선에 흐르는 전류는 그 선에 접속된 두 상전류의 벡터 차이이다. 평형 3상에서는 두 상전류의 위상차가 120°이므로 **선전류의 크기가 상전류의 $\sqrt{3}$배**가 된다. 각 상 권선의 전류를 6 A로 유지하는 조건에서 $I_L = \sqrt{3}I_P = 6\sqrt{3}$ A이다.

상전압 $\frac{20}{\sqrt{3}}$ kV와 선전류 $6\sqrt{3}$ A의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 12. 전압이 10[V], 내부저항이 1[Ω]인 전지(E)를 두 단자에 n개 직렬접속하여 R과 $2R$이 병렬접속된 부하에 연결하였을 때, 전지에 흐르는 전류 I가 2[A]라면 저항 R[Ω]은?

① $3n$

② $4n$

③ $5n$

④ $6n$

정답 4번

간단한 해설

전지를 직렬로 연결하면 기전력과 내부저항이 각각 합산된다. 전체 저항에서 내부저항을 빼면 **병렬 부하의 합성저항**은 $4n\Omega$이고, 이는 $\frac{2R}{3}$이므로 $R = 6n\Omega$이다.

계산 과정

전지의 직렬접속: 전지 한 개의 기전력은 10 V, 내부저항은 1 Ω이다. 이를 n개 직렬로 연결하면 전체 기전력은 $10n$V, 전체 내부저항은 $n\Omega$이다. 내부저항에도 전지 전류 2 A가 흐르므로 **부하저항과 내부저항을 함께** 계산한다.

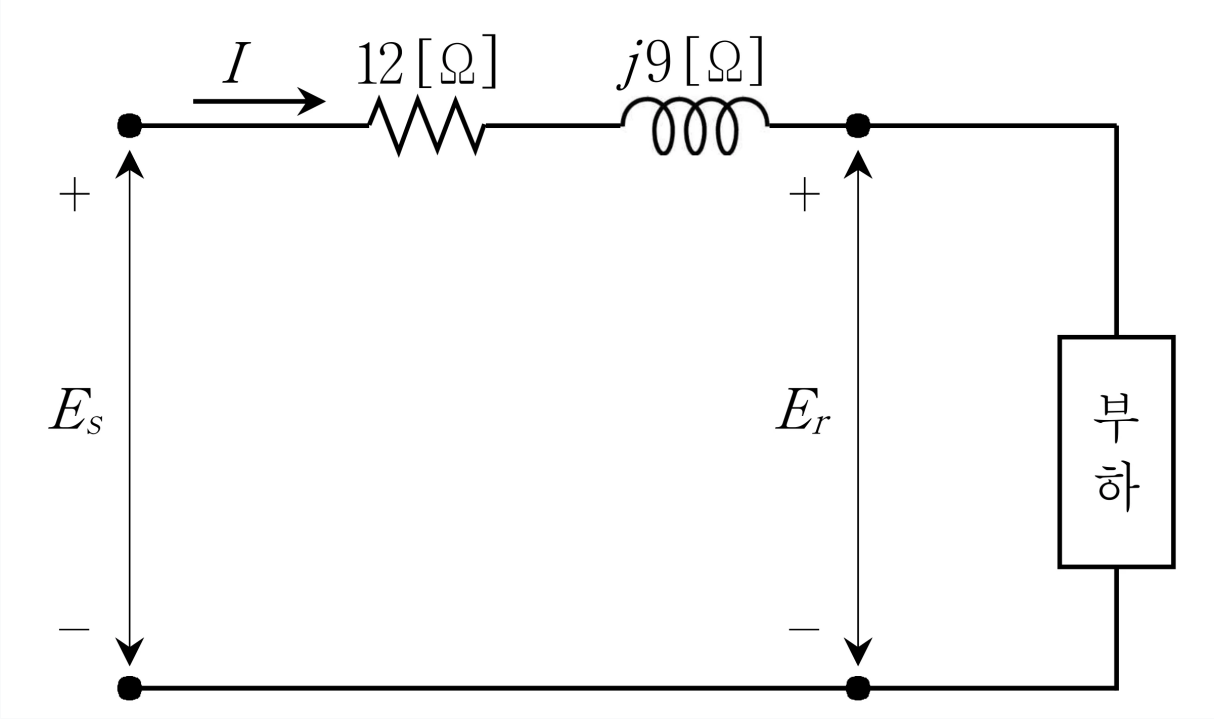
병렬 부하의 합성저항: 저항 R과 $2R$은 양단 전압이 같고 전류가 나뉘는 병렬접속이다. 부하의 합성저항을 R_L이라 하면 $R_L = \frac{R \cdot 2R}{R + 2R} = \frac{2R}{3}$이다.

전체 저항과 부하저항: 전지 전류는 전체 기전력을 내부저항과 부하저항의 합으로 나눈 값이다. 따라서 전체 저항은 $\frac{10n}{2} = 5n\Omega$이다. 여기서 **내부저항을 뺀 나머지**가 부하의 합성저항이므로 $R_L = 5n - n = 4n\Omega$이다.

저항 R 계산: $\frac{2R}{3} = 4n$에서 $R = \frac{3}{2} \cdot 4n = 6n\Omega$이다. 따라서 저항 R의 값은 ④의 $6n$에 해당한다.

NoteBase

문 13. 다음 회로는 뒤진 역률이 0.8인 300 [kW]의 부하가 걸려있는 송전선로이다. 수전단 전압 $E_r = 5,000$ [V]일 때, 전류 I [A]와 송전단 전압 E_s [V]는?



① I [A]: 50, E_s [V]: 6,125

② I [A]: 50, E_s [V]: 6,250

③ I [A]: 75, E_s [V]: 6,125

④ I [A]: 75, E_s [V]: 6,250

정답 3번

간단한 해설

부하의 **유효전력과 역률**을 적용하면 전류는 75 A이다. 뒤진 전류에 선로 임피던스를 곱한 전압강하는 **수전단 전압과 동상인 1,125 V**이므로, 송전단 전압은 5,000 + 1,125 = 6,125 V이다.

NoteBase

계산 과정

1. 부하 전류: 그림의 회로에서 부하에 걸리는 전압은 수전단 전압 E_r이다. 부하의 유효전력은 $P = E_r I\cos\varphi$ 이므로, 300 kW를 300,000 W로 바꾸어 적용한다. $I = \frac{300{,}000}{5{,}000 \cdot 0.8} = 75\text{A}$이다. 이 값은 선로와 부하에 흐르는 전류의 실효값이다.

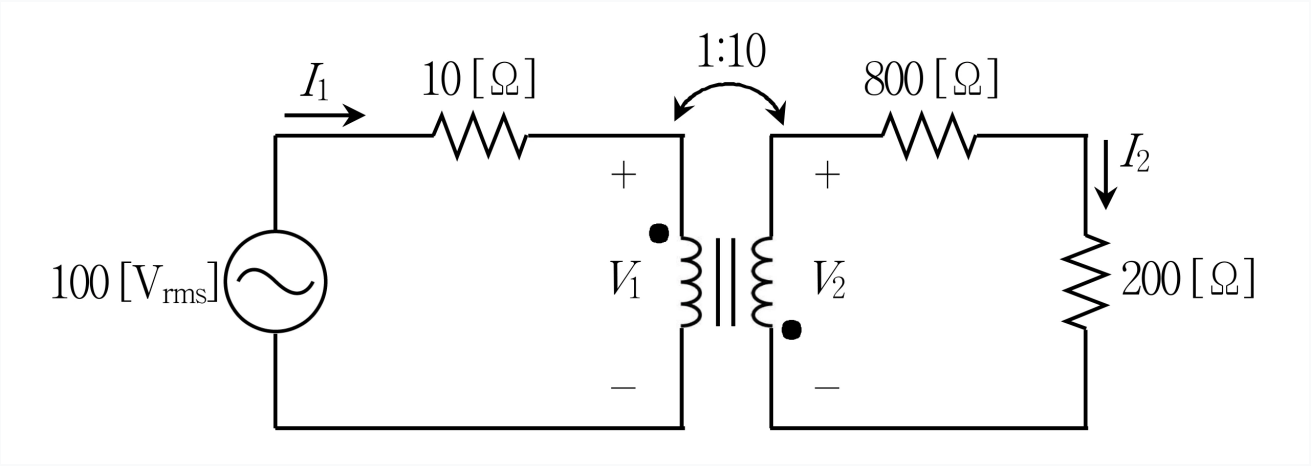
2. 전류의 위상: 수전단 전압을 기준 위상으로 잡으면 $\dot{E}_r = 5{,}000\text{V}$이다. 역률이 0.8이므로 $\cos\varphi = 0.8$, $\sin\varphi = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$이다. **전류가 전압보다 뒤지므로** 전류 페이저의 허수부는 음수이다. 따라서 $\dot{I} = 75(0.8 - j0.6) = 60 - j45\text{A}$이다.

3. 선로 전압강하: 그림의 저항 12 Ω과 유도성 리액턴스 9 Ω은 직렬이므로 선로 임피던스는 $Z = 12 + j9\Omega$이다. 전압강하는 $\Delta\dot{E} = Z\dot{I}$로 구한다. 수치를 대입하면 $\Delta\dot{E} = (12 + j9)(60 - j45)\text{V}$이다. 실수부는 $12 \times 60 + 9 \times 45 = 1{,}125$ V이고, 허수부는 $9 \times 60 - 12 \times 45 = 0$ V이다. 즉, 선로 전압강하는 **수전단 전압과 동상**이다.

4. 송전단 전압: 송전단 전압은 수전단 전압과 선로 전압강하의 페이저 합이므로 $\dot{E}_s = \dot{E}_r + \Delta\dot{E}$이다. 여기서는 두 전압이 동상이므로 크기를 그대로 더할 수 있다. E_s는 5,000 + 1,125 = 6,125 V이다. 전류 75 A와 송전단 전압 6,125 V의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 14. 다음 그림과 같은 이상적인 변압기 회로에서 200 [Ω] 저항의 소비전력[W]은?



① 5

② 10

③ 50

④ 100

정답 3번

간단한 해설

2차측의 800 Ω과 200 Ω은 직렬이며, 합성저항 1,000 Ω을 권수비 1:10에 따라 1차측으로 환산하면 **10 Ω**이다. 전원 측 10 Ω까지 고려하면 2차 전류의 실효값은 0.5 A이므로, 200 Ω 저항의 소비전력은 **50 W**이다.

계산 과정

2차측 부하: 그림의 800 Ω과 200 Ω은 **직렬로 연결**되어 같은 전류가 흐른다. 따라서 2차측 합성저항을 R_2라 하면 $R_2 = 800 + 200 = 1{,}000\Omega$이다. 전원은 실효값 100 V이므로 이후 전압과 전류도 실효값의 크기로 계산한다.

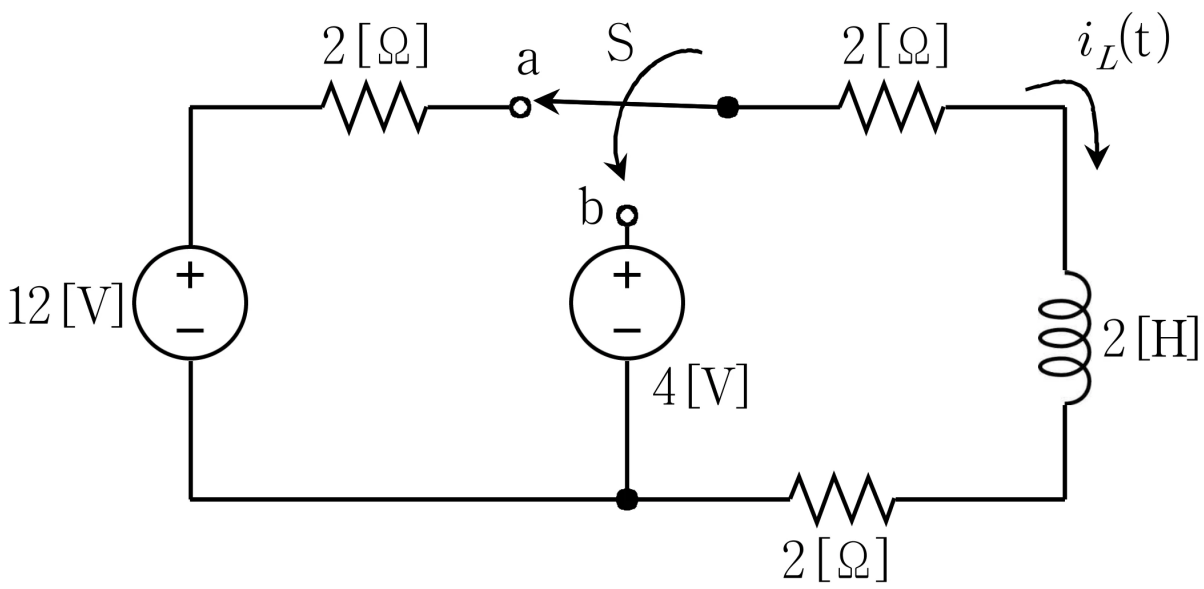
1차측 환산저항: 이상적인 변압기는 전압의 크기가 권수에 비례하고 전류의 크기는 권수에 반비례하므로, 저항은 **권수비의 제곱**으로 환산한다. 권수비가 $N_1 : N_2 = 1 : 10$이므로, 2차 부하의 1차측 환산저항은 $R'_2 = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_2$이다. 수치를 대입하면 $R'_2 = \left(\frac{1}{10}\right)^2 \cdot 1{,}000 = 10\Omega$이다.

회로 전류: 전원에서 본 저항은 1차측의 10 Ω과 환산저항 10 Ω의 합인 20 Ω이다. 따라서 1차 전류는 $I_1 = \frac{100}{20} = 5\text{A}$이다. 2차 전류는 권수가 10배인 만큼 크기가 1/10이 되어 $I_2 = \frac{N_1}{N_2} I_1 = \frac{1}{10} \cdot 5 = 0.5\text{A}$이다.

200 Ω 저항의 소비전력: 저항의 평균 소비전력은 **전류의 실효값**을 사용하여 $P = I^2 R$로 구한다. 이 저항에는 2차 전류가 그대로 흐르므로 $P = (0.5)^2 \cdot 200 = 50\text{W}$이다. 이는 ③의 50 W에 해당한다.

NoteBase

문 15. 다음 회로에서 스위치 S가 충분히 오래 단자 a에 머물러 있다가 t=0에서 스위치 S가 단자 a에서 단자 b로 이동하였다. t>0일 때의 전류 $i_L(t)$ [A]는?



① $2 + e^{-3t}$

② $2 + e^{-2t}$

③ $1 + e^{-2t}$

④ $1 + e^{-3t}$

정답 3번

간단한 해설

스위치를 옮겨도 **인덕터 전류는 연속**이므로 초기 전류 2 A에서 최종 전류 1 A로 감소한다. 전환 후 시정수가 0.5 s이므로 전류는 $i_L(t) = 1 + e^{-2t}$ [A]이다.

NoteBase

계산 과정

초기 전류: 스위치가 a에 충분히 오래 연결되어 있었으므로 직류 정상상태에서 인덕터는 단락으로 취급한다. 12 V 전원에 세 개의 2 Ω 저항이 직렬로 연결되므로 전체 저항은 6 Ω이다. 그림의 전류 방향을 양으로 잡으면 $i_L(0^-) = \frac{12}{6} = 2\text{A}$이다. **인덕터 전류는 순간적으로 변할 수 없으므로** $i_L(0^+) = 2\text{A}$이다.

최종 전류: 스위치가 b로 이동하면 왼쪽의 12 V 전원과 2 Ω 저항은 인덕터가 포함된 폐회로에서 제외된다. 4 V 전원과 오른쪽의 두 2 Ω 저항, 2 H 인덕터가 직렬 회로를 이룬다. 충분한 시간이 지나면 인덕터는 다시 단락으로 취급되므로 $i_L(\infty) = \frac{4}{2+2} = 1\text{A}$이다.

시정수: 전환 후 인덕터에서 바라본 등가 저항을 구할 때 독립 전압원인 4 V 전원을 단락한다. 두 2 Ω 저항은 직렬이므로 $R_{\text{eq}} = 4\Omega$이다. 직렬 RL 회로의 시정수는 $\tau = \frac{L}{R_{\text{eq}}}$이므로 $\tau = \frac{2}{4} = 0.5\text{s}$이다. 이는 초기 전류와 최종 전류의 차이가 처음의 e^{-1}배로 줄어드는 데 걸리는 시간이다.

전류의 시간 응답: 일정한 직류 전원에 연결된 1차 RL 회로에서는 **최종값에 초기값과 최종값의 차이가 지수적으로 감소하는 항을 더한다**. 따라서 $i_L(t) = i_L(\infty) + [i_L(0^+) - i_L(\infty)]e^{-t/\tau}$이다. 앞에서 구한 값을 대입하면 $i_L(t) = 1 + (2-1)e^{-2t}$, 즉 $i_L(t) = 1 + e^{-2t}$ [A]이며 ③의 식과 일치한다. 여기서 t의 단위는 s이다.

NoteBase

문 16. R-L 직렬회로에서 10[V]의 직류 전압을 가했더니 250[mA]의 전류가 측정되었고, 주파수 $\omega = 1000$ [rad/sec], 10[V]의 교류 전압을 가했더니 200[mA]의 전류가 측정되었다. 이 코일의 인덕턴스[mH]는? (단, 전류는 정상상태에서 측정한다)

① 18

② 20

③ 25

④ 30

정답 4번

간단한 해설

직류 측정으로 구한 저항은 40 Ω이고, 교류 측정으로 구한 임피던스의 크기는 50 Ω이다. 두 값은 $|Z|^2 = R^2 + (\omega L)^2$를 만족하므로 **인덕턴스는 30 mH**이다.

계산 과정

저항 R: **직류 정상상태에서는 전류가 일정**하여 인덕터의 유도전압이 0이다. 따라서 인가 전압 10 V는 저항에 걸린다. 250 mA = 0.25 A이므로 $R = \frac{10}{0.25} = 40\Omega$이다.

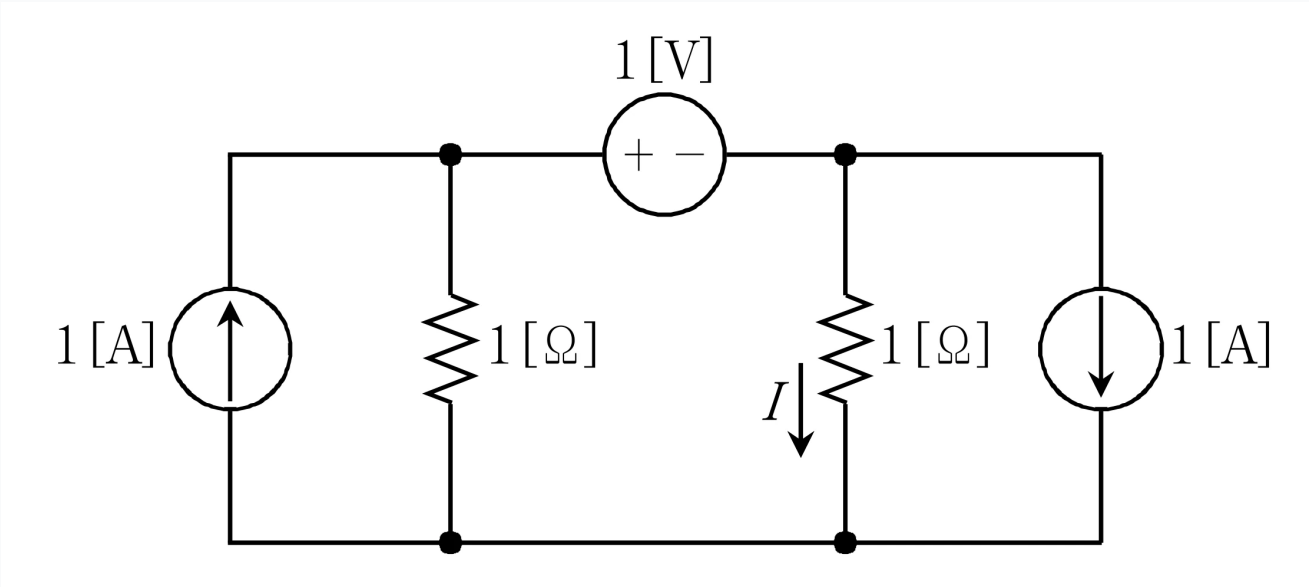
임피던스의 크기: 교류에서는 저항뿐 아니라 인덕터도 전류의 흐름을 방해한다. 200 mA = 0.20 A이므로 전압과 전류의 비에서 $|Z| = \frac{10}{0.20} = 50\Omega$를 얻는다. 이 값은 저항과 유도 리액턴스를 함께 반영한 값이다.

유도 리액턴스: 저항 양단 전압과 인덕터 양단 전압의 위상차는 90°이므로 **크기를 단순히 더하지 않고 제곱합으로 합성**한다. 유도 리액턴스를 X_L이라 하면 $|Z|^2 = R^2 + X_L^2$이다. 따라서 $X_L = \sqrt{50^2 - 40^2} = 30\Omega$이다.

인덕턴스 L: 유도 리액턴스는 $X_L = \omega L$이다. 주어진 각주파수 $\omega = 1000\text{rad/s}$를 대입하면 $L = \frac{30}{1000} = 0.03\text{H}$이다. 1 H = 1000 mH이므로 0.03 H = 30 mH이며, 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 다음 직류회로에서 전류 I[A]는?



① −0.5

② 0.5

③ 1

④ −1

정답 1번

간단한 해설

두 전류원의 유입·유출이 상쇄되므로 두 1 Ω 저항의 아래 방향 전류 합은 0이다. 전압원의 극성을 함께 적용하면 오른쪽 위 전위는 −0.5 V이므로 **아래 방향 기준 전류는 −0.5 A**이다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽 공통 노드를 기준 전위 0 V로 두고, 왼쪽과 오른쪽 위 노드의 전위를 각각 V_L, V_R라 한다. 1 V 전압원의 **왼쪽이 +극, 오른쪽이 −극**이므로 $V_L - V_R = 1\text{V}$이다.

전압원으로 연결된 두 위쪽 노드를 하나의 영역으로 묶어 키르히호프 전류법칙을 적용한다. 왼쪽 전류원으로 1 A가 들어오고 오른쪽 전류원으로 1 A가 나가므로, **두 저항을 통해 아래로 나가는 전류의 합은 0**이다. 옴의 법칙을 적용하면 $\frac{V_L}{1\Omega} + \frac{V_R}{1\Omega} = 0$이므로 $V_L + V_R = 0$이다.

두 전위의 합이 0이므로 $V_L = -V_R$이다. 이를 전압원 관계에 대입하면 $-2V_R = 1\text{V}$이고, $V_R = -0.5\text{V}$, $V_L = 0.5\text{V}$를 얻는다. 오른쪽 위 노드는 아래쪽 공통 노드보다 전위가 0.5 V 낮다.

구하는 전류의 기준 방향은 오른쪽 저항의 위에서 아래이므로 $I = \frac{V_R - 0}{1\Omega} = \frac{-0.5\text{V}}{1\Omega} = -0.5\text{A}$이다. 따라서 전류는 −0.5 A로 ①의 값과 일치하며, 실제로는 **화살표와 반대인 위쪽으로 0.5 A**가 흐른다.

NoteBase

문 18. 서로 다른 유전체의 경계면에서 발생되는 전기적 현상에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 경계면에서 전계 세기의 접선 성분은 유전율의 차이로 달라진다.

② 경계면에서 전속밀도의 법선 성분은 유전율의 차이에 관계없이 같다.

③ 전속밀도는 유전율이 큰 영역에서 크기가 줄어든다.

④ 전계의 세기는 유전율이 작은 영역에서 크기가 줄어든다.

정답 2번

간단한 해설

경계면에 **자유 표면전하가 없으면** 전속밀도의 법선 성분은 양쪽에서 같다. 유전율이 달라져도 이 연속 조건은 유지되며, 전계의 법선 성분이 달라진다.

선지별 해설

정전계에서 선형·등방성 유전체 사이의 경계조건을 적용한다. 이 문항은 경계면에 자유 표면전하가 없는 경우로 해석한다. 접선 성분은 경계면에 평행한 성분이고, 법선 성분은 수직인 성분이다. 전계 E와 전속밀도 D의 관계는 $\mathbf{D} = \varepsilon \mathbf{E}$이며, ε은 유전율이다.

① X: 정전계에서는 경계면을 가로지르는 아주 작은 폐경로를 따라 전계를 적분한 값이 0이므로, 전계의 접선 성분은 $E_{1t} = E_{2t}$를 만족한다. 따라서 유전율이 달라도 **전계의 접선 성분은 연속**이다. 유전율에 따라 달라질 수 있는 것은 전계의 법선 성분이다.

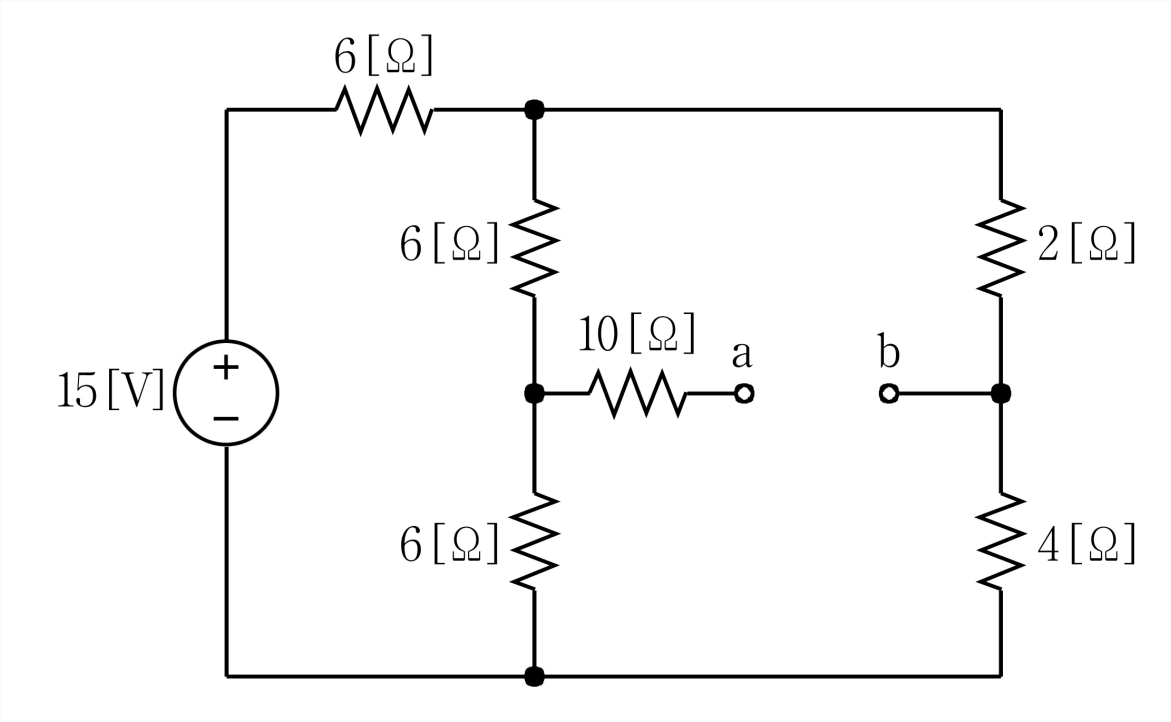
② O: 가우스 법칙에 따라, 같은 법선 방향을 기준으로 한 전속밀도 성분의 차이는 자유 표면전하밀도와 같다. 즉 $D_{2n} - D_{1n} = \sigma_f$이다. **자유 표면전하가 없으면** $\sigma_f = 0$이므로 $D_{1n} = D_{2n}$이며, 유전율이 달라도 같다. 자유 표면전하가 존재하면 그만큼 차이가 생기므로 이 조건을 구분해야 한다.

③ X: 전계의 접선 성분은 양쪽에서 같으므로 $D_{1t} = \varepsilon_1 E_t$, $D_{2t} = \varepsilon_2 E_t$이다. 따라서 접선 성분이 0이 아니면 유전율이 큰 쪽에서 **전속밀도의 접선 성분과 전체 크기가 더 크다**. 법선 성분은 양쪽에서 같기 때문이다. 전계가 경계면에 수직이어서 접선 성분이 0이면 전속밀도 크기는 양쪽에서 같다. 따라서 유전율이 큰 영역에서 줄어든다는 설명은 성립하지 않는다.

④ X: 전속밀도의 법선 성분이 같으므로 전계의 법선 성분은 $E_{1n} = \frac{D_n}{\varepsilon_1}$, $E_{2n} = \frac{D_n}{\varepsilon_2}$이다. 법선 성분이 0이 아니면 유전율이 작은 쪽에서 **전계의 법선 성분과 전체 크기가 더 크다**. 접선 성분은 양쪽에서 같기 때문이다. 전계가 경계면에 평행하여 법선 성분이 0이면 전계 크기는 양쪽에서 같다. 따라서 유전율이 작은 영역에서 줄어든다는 설명은 성립하지 않는다.

NoteBase

문 19. 다음 회로에서 단자 a, b 간의 전압 V_{ab}[V]는?



① 1

② −1

③ 2

④ −2

정답 2번

간단한 해설

단자 a, b가 개방되어 있으므로 **10 Ω 저항에는 전류가 흐르지 않는다**. 아래쪽 공통 노드를 기준으로 분압하면 a의 전위는 3 V, b의 전위는 4 V이므로 $V_{ab} = V_a - V_b = -1$V이다.

NoteBase

계산 과정

1. 개방 단자의 처리: a와 b 사이가 연결되어 있지 않아 10 Ω 저항을 지나는 전류는 0 A이다. 따라서 이 저항의 전압 강하도 0 V이며, **a의 전위는 가운데 두 6 Ω 저항의 접속점 전위와 같다**. 아래쪽 공통 노드를 기준 전위 0 V로 둔다.

2. 합성저항: 가운데 가지의 두 6 Ω 저항은 직렬이므로 12 Ω이고, 오른쪽 가지의 2 Ω과 4 Ω도 직렬이므로 6 Ω이다. 두 가지는 위아래의 같은 노드에 연결되어 병렬이므로 합성저항은 $R_p = \frac{12 \cdot 6}{12 + 6} = 4\Omega$이다. 여기에 전원 위쪽의 6 Ω이 직렬로 연결되어 전체 저항은 6 + 4 = 10 Ω이다.

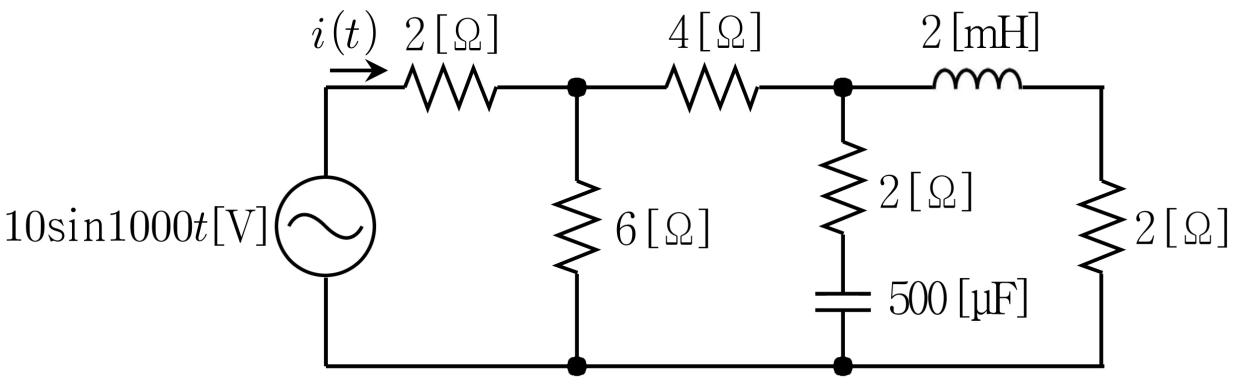
3. 병렬 부분의 전압: 전원 전류는 $I = \frac{15}{10} = 1.5\text{A}$이다. 이 전류가 병렬 합성저항 4 Ω으로 들어가므로 병렬 부분의 위아래 전압은 $U = 1.5 \cdot 4 = 6\text{V}$이다. 따라서 두 가지 모두 위쪽 노드의 전위가 6 V, 아래쪽 노드의 전위가 0 V이다.

4. a와 b의 전위: 각 가지에서 **아래쪽 저항에 걸리는 전압이 중간 접속점의 전위**이다. 가운데 가지는 6 Ω과 6 Ω으로 분압되므로 $V_a = 6 \cdot \frac{6}{6+6} = 3\text{V}$이다. 오른쪽 가지는 위쪽 2 Ω, 아래쪽 4 Ω으로 분압되므로 $V_b = 6 \cdot \frac{4}{2+4} = 4\text{V}$이다.

5. 단자 전압: V_{ab}는 a의 전위에서 b의 전위를 뺀 값이다. 따라서 $V_{ab} = 3 - 4 = -1\text{V}$로, ②의 −1 V에 해당한다. 음수는 a의 전위가 b보다 1 V 낮다는 뜻이다.

NoteBase

문 20. 다음 교류회로가 정상상태일 때, 전류 i(t)[A]는?



① 2sin1000t

② 2cos1000t

③ $10\cos(1000t - 60^\circ)$

④ $10\sin(1000t - 60^\circ)$

정답 1번

간단한 해설

오른쪽의 RL 직렬 가지와 RC 직렬 가지를 병렬로 합성하면 리액턴스가 상쇄되어 2 Ω이 된다. 회로 전체가 **5 Ω의 순저항**으로 등가화되므로 전류는 전압과 동상이며, $i(t) = 2\sin(1000t)$ A이다.

NoteBase

계산 과정

리액턴스: 전원 전압은 $v(t) = 10\sin(1000t)$ V이므로 각주파수는 1000 rad/s이다. 정상상태에서는 코일과 커패시터를 각각 임피던스로 나타낸다. L = 2 mH = 0.002 H, C = 500 μF = 0.0005 F이므로 $Z_L = j\omega L = j2\ \Omega$, $Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j2\ \Omega$이다. 여기서 j는 허수 단위이다.

오른쪽 병렬회로: 4 Ω 저항 오른쪽의 분기점에서 아래 공통선까지 두 가지가 연결되어 있다. 오른쪽 가지는 코일과 2 Ω 저항의 직렬연결이므로 $Z_{RL} = 2 + j2\ \Omega$이고, 아래쪽 가지는 2 Ω 저항과 커패시터의 직렬연결이므로 $Z_{RC} = 2 - j2\ \Omega$이다. 병렬 합성 임피던스는 두 임피던스의 곱을 합으로 나누어 구한다. 따라서 $Z_p = \frac{(2+j2)(2-j2)}{4}\ \Omega$이고, 분자가 8이므로 $Z_p = \frac{8}{4} = 2\ \Omega$이다. 두 가지의 리액턴스 부호가 반대여서 **합성 임피던스의 허수부가 0**이 된다.

전체 임피던스: 오른쪽 합성 임피던스 2 Ω은 4 Ω 저항과 직렬이므로 4 + 2 = 6 Ω이다. 이 6 Ω은 그림의 세로 방향 6 Ω 저항과 병렬이므로 $Z_a = \frac{6 \cdot 6}{6+6} = 3\ \Omega$이다. 여기에 전원 바로 오른쪽의 2 Ω 저항이 직렬로 연결되어 있어 전체 임피던스는 2 + 3 = 5 Ω이다.

전류: 전체 임피던스가 **허수부가 없는 양의 실수**이므로 전류와 전원 전압의 위상차는 0이다. 전압의 최댓값이 10 V이므로 전류의 최댓값은 $I_m = \frac{10}{5} = 2$ A이다. 따라서 화살표 방향의 전류는 $i(t) = 2\sin(1000t)$ A이며, ①의 식과 일치한다.

NoteBase