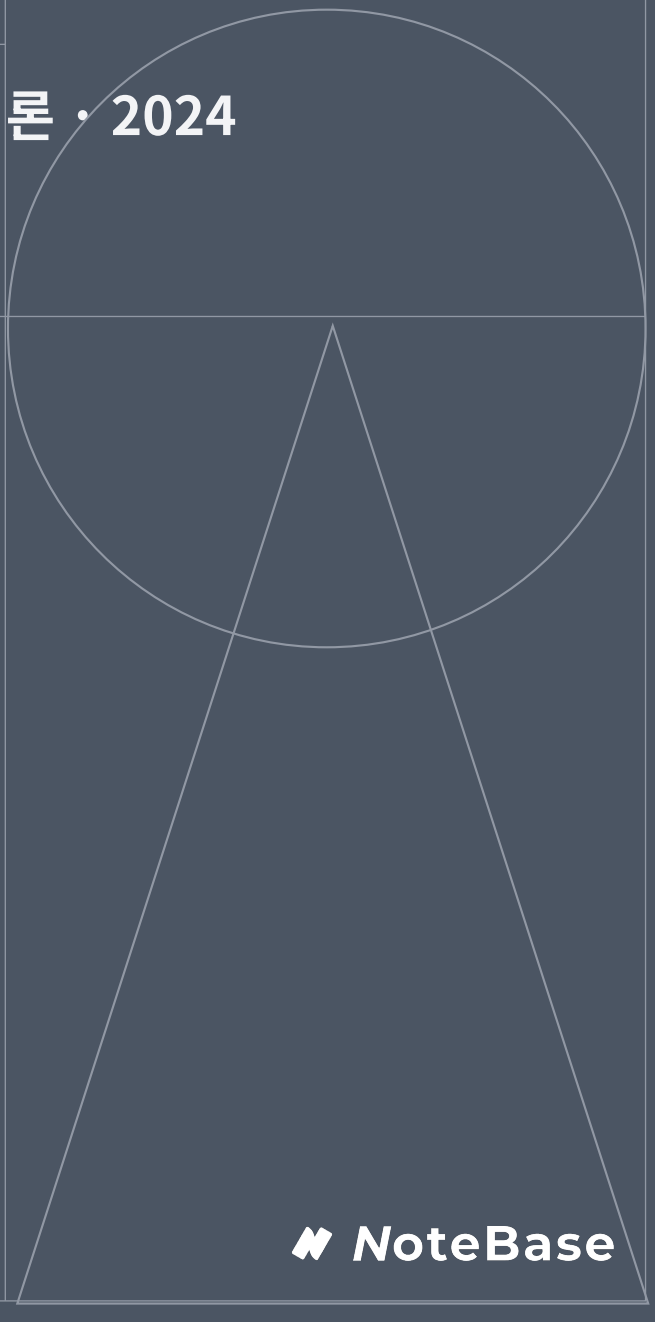
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2024

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2024

문 1. 어떤 회로의 양단에 걸리는 전압 $v(t)$ [V]와 그 전압의 양의(+) 단자로 들어가는 전류 $i(t)$ [A]가 다음과 같이 주어질 때, 평균전력 [W]은?

$$v(t) = 10 + 5\cos(25t + 30^\circ), \quad i(t) = 30 + 20\cos(25t - 30^\circ)$$

① 300

② 325

③ 365

④ 400

정답 2번

간단한 해설

직류 성분의 전력 300 W에 **위상차 60°를 반영한 교류 평균전력** 25 W를 더하면 평균전력은 325 W이다.

NoteBase

계산 과정

전류가 전압의 양의(+) 단자로 들어가므로 회로가 흡수하는 순간전력은 $p(t) = v(t)i(t)$이다. 평균전력은 이 순간전력을 한 주기 동안 평균한 값이다.

전압과 전류의 직류 성분은 각각 $V_0 = 10\,\text{V}$, $I_0 = 30\,\text{A}$이다. 교류 성분의 **최댓값**은 각각 $V_m = 5\,\text{V}$, $I_m = 20\,\text{A}$이며, 두 교류 성분의 각주파수는 25 rad/s로 같다. 위상차는 $\phi = 30^\circ - (-30^\circ) = 60^\circ$이다.

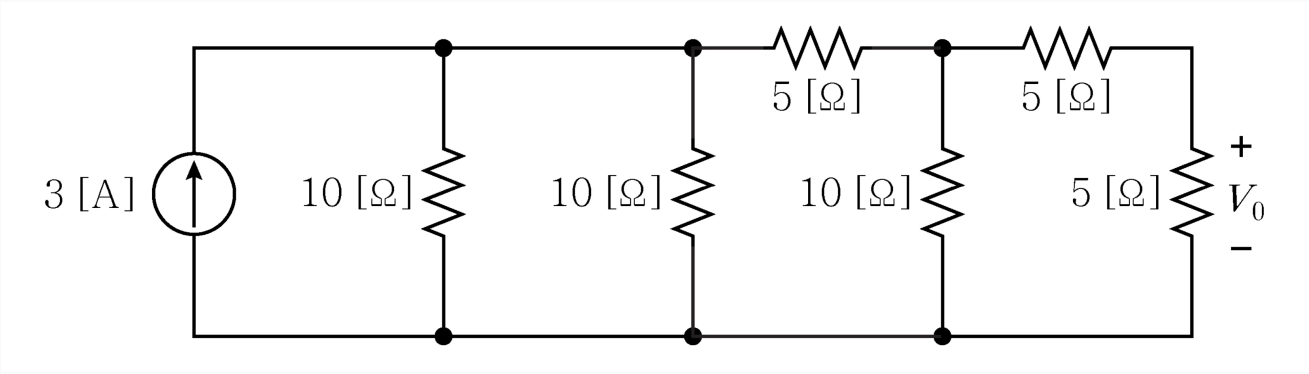
전압과 전류를 곱하면 직류끼리의 곱, 직류와 교류의 곱, 교류끼리의 곱이 생긴다. **직류와 교류의 곱은 한 주기 평균이 0**이다. 같은 주파수의 두 코사인 함수의 곱은 곱을 합으로 바꾸면 위상차에 따른 상수항과 두 배 주파수의 진동항으로 나뉜다. 진동항의 평균도 0이므로 평균전력은 $P = V_0 I_0 + \frac{V_m I_m}{2}\cos\phi$이다.

직류 성분이 기여하는 평균전력은 $10 \times 30 = 300\,\text{W}$이다. 교류 성분이 기여하는 평균전력은 $\frac{5 \cdot 20}{2}\cos 60^\circ = 25\,\text{W}$이다. 여기서 1/2은 주어진 교류 성분의 크기가 실횻값이 아니라 최댓값이기 때문에 들어간다.

전체 평균전력은 두 기여분의 합인 $300 + 25 = 325\,\text{W}$이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 그림의 회로에서 종단전압 V_0 [V]는?



① 2.5

② 3.0

③ 3.5

④ 4.0

정답 1번

간단한 해설

전류원에서 나온 3 A는 등가저항이 같은 세 가지에 1 A씩 나뉘고, 오른쪽에서 다시 **0.5 A씩 분배**된다. 따라서 종단의 5 Ω에 걸리는 전압은 2.5 V이다.

NoteBase

계산 과정

오른쪽부터 등가저항을 구한다. 맨 오른쪽 위의 5 Ω과 종단의 세로 5 Ω 사이에는 전류가 갈라지는 곳이 없으므로 두 저항은 직렬이며, 합성저항은 5 + 5 = 10 Ω이다. 이 가지는 바로 왼쪽의 세로 10 Ω과 **양 끝 노드를 공유하는 병렬**이므로, 두 가지의 등가저항은 $\frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5\ \Omega$이다.

이 등가저항 5 Ω에 왼쪽 위의 5 Ω이 직렬로 연결되므로, 전류원 쪽에서 본 오른쪽 회로의 등가저항은 5 + 5 = 10 Ω이다. 따라서 전류원의 위쪽 노드와 아래쪽 공통 노드 사이에는 왼쪽의 세로 10 Ω 두 개와 오른쪽 회로의 10 Ω이 병렬로 연결되어 있다. **저항이 같은 세 병렬 가지**에는 3 A가 똑같이 나뉘므로, 오른쪽 회로로 흐르는 전류는 $\frac{3}{3} = 1$ A이다.

오른쪽 회로로 들어온 1 A는 가운데의 세로 10 Ω과 맨 오른쪽의 5 Ω 두 개를 직렬로 이은 10 Ω 가지로 나뉜다. 두 가지의 저항이 같으므로 전류는 각각 $\frac{1}{2} = 0.5$ A이다. 직렬로 연결된 두 5 Ω에는 같은 전류가 흐르므로, 종단 저항에도 0.5 A가 위에서 아래로 흐른다.

종단전압은 아래쪽을 기준으로 한 위쪽의 전압이다. 전류가 표시된 +단자로 들어가므로 옴의 법칙에 따라 $V_0 = 0.5 \cdot 5 = 2.5$ V이다. 이는 ①의 2.5 V와 일치한다.

NoteBase

문 3. 전선 내부의 전하량 q [C]가 다음과 같을 때, $t = 0$인 순간의 전류[A]는?

q(t)=cases0 & (t<0)\\30te^0.1t & (t≥ 0)cases

① 0

② 10

③ 20

④ 30

정답 4번

간단한 해설

전류는 전하량 자체가 아니라 **전하량의 시간 변화율**이다. $q(t) = 30te^{0.1t}$를 미분하여 시작 직후의 값을 구하면 $i(0^+) = 30\text{A}$이다.

계산 과정

전류 $i(t)$는 단위 시간에 흐르는 전하량이므로 $i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$로 구한다. 전하량의 단위가 C, 시간의 단위가 s이므로 전류의 단위는 C/s, 즉 A이다.

$t \geq 0$ 구간의 전하량은 $q(t) = 30te^{0.1t}$이다. t와 $e^{0.1t}$가 모두 시간에 따라 변하므로 **곱의 미분법**을 적용한다. $\frac{d}{dt}e^{0.1t} = 0.1e^{0.1t}$이므로, $t > 0$에서 $i(t) = 30e^{0.1t} + 3te^{0.1t}$이다. 이를 묶으면 $i(t) = 30e^{0.1t}(1 + 0.1t)$이다.

$t < 0$에서는 전하량이 일정하게 0이므로 전류도 0이다. 이 문항에서 묻는 초기 전류는 **시작 직후의 값**인 $i(0^+)$로 구한다. 양의 시간 쪽 전류식에서 $t \to 0^+$로 보내면 $e^{0.1t} \to 1$, $0.1t \to 0$이므로 $i(0^+) = 30 \cdot 1 \cdot (1 + 0) = 30\text{A}$이다. 시작 시점의 전하량이 0이어도 그 변화율인 전류는 0일 필요가 없다.

따라서 초기 전류는 30 A이며, ④의 30에 해당한다.

NoteBase

문 4. $\vec{E} = 3\hat{a}_x + 2\hat{a}_y + 1\hat{a}_z$ **[V/m]로 표시되는 전계가 분포한 공간에서 0.1 [μC]의 전하를 원점으로부터** $\vec{r} = -3\hat{a}_x$ **[m]로 움직이는 데 필요한 일 [J]의 크기는?**

① 0.3×10^{-6}

② 0.6×10^{-6}

③ 0.9×10^{-6}

④ 1.2×10^{-6}

정답 3번

간단한 해설

전하의 변위가 −x 방향으로만 있으므로 **전계의 x성분만** 일에 기여한다. 이 이동에 따른 전위 상승은 9 V이므로, 필요한 일의 크기는 전하량과 전위차를 곱한 0.9×10^{-6}J이다.

계산 과정

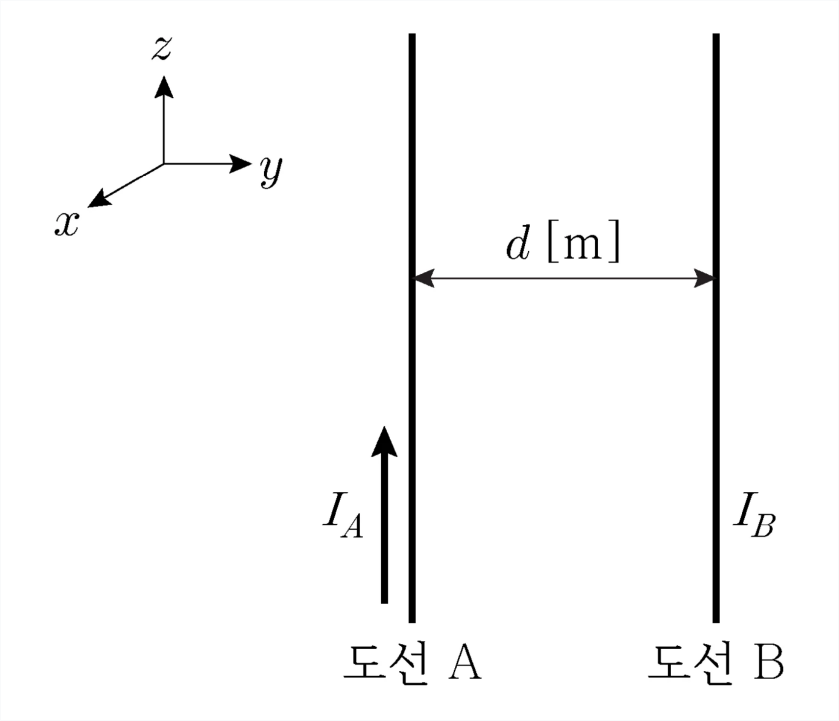
전하량을 q라 하면 $q = 0.1 \times 10^{-6}$C이다. 원점에서 $\vec{r} = -3\hat{a}_x$m로 이동하므로 변위는 $\Delta\vec{r} = -3\hat{a}_x$m이며, y와 z 방향의 변위는 0이다.

주어진 전계는 위치에 관계없이 일정하므로 전위차는 $\Delta V = -\vec{E} \cdot \Delta\vec{r}$로 구한다. 내적에는 **같은 축의 성분끼리의 곱**이 더해지므로 $\vec{E} \cdot \Delta\vec{r} = 3 \cdot (-3) = -9$V이다. 따라서 도착점의 전위는 출발점보다 9 V 높다. 전계의 y성분과 z성분은 해당 방향의 변위가 0이어서 기여하지 않는다.

양전하를 더 높은 전위로 옮기는 데 필요한 일은 **전기적 위치에너지 증가량**이다. 따라서 $W = q\Delta V$에 전하량과 전위차를 대입하면 $W = (0.1 \times 10^{-6}) \cdot 9$이므로, 필요한 일의 크기는 0.9×10^{-6}J로 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 거리 $d = 1$[m]만큼 떨어진 무한히 긴 두 개의 평행도선 중 도선 A에 $I_A = 1$[A]의 전류가 +z 방향으로 흐르고 있다. 이때, 도선 B에 1 [A]의 전류 I_B를 인가한 경우에 발생하는 현상으로 옳지 않은 것은? (단, 진공투자율 $\mu_o = 4\pi \times 10^{-7}$[H/m]이다)



① I_B가 +z방향으로 흐르는 경우, 두 도선 간에 작용하는 힘은 흡인력이다.

② I_B가 +z방향으로 흐르는 경우, 두 도선 간에 작용하는 힘은 단위길이당 10^{-7}[N/m]이다.

③ I_B가 −z방향으로 흐르는 경우, 두 도선 사이의 영역에서 자속의 크기는 증가한다.

④ I_B가 −z방향으로 흐르는 경우, 두 도선 사이의 영역에서 자속의 방향은 −x방향이다.

정답 2번

간단한 해설

두 평행도선에 의한 단위길이당 힘은 $\frac{F}{L} = \frac{\mu_o I_A I_B}{2\pi d}$이다. 주어진 값을 대입하면 **단위길이당 힘의 크기**는 2×10^{-7}N/m이므로, ②의 10^{-7}N/m는 이를 절반으로 작게 나타낸 값이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: I_B가 +z방향이면 두 도선의 전류 방향이 같다. 도선 A가 B의 위치에 만드는 자기장은 오른손 법칙에 따라 −x방향이고, +z방향 전류가 흐르는 B는 −y방향, 즉 A 쪽으로 힘을 받는다. A도 B 쪽으로 힘을 받으므로 **같은 방향의 평행 전류 사이에는 흡인력**이 작용한다.

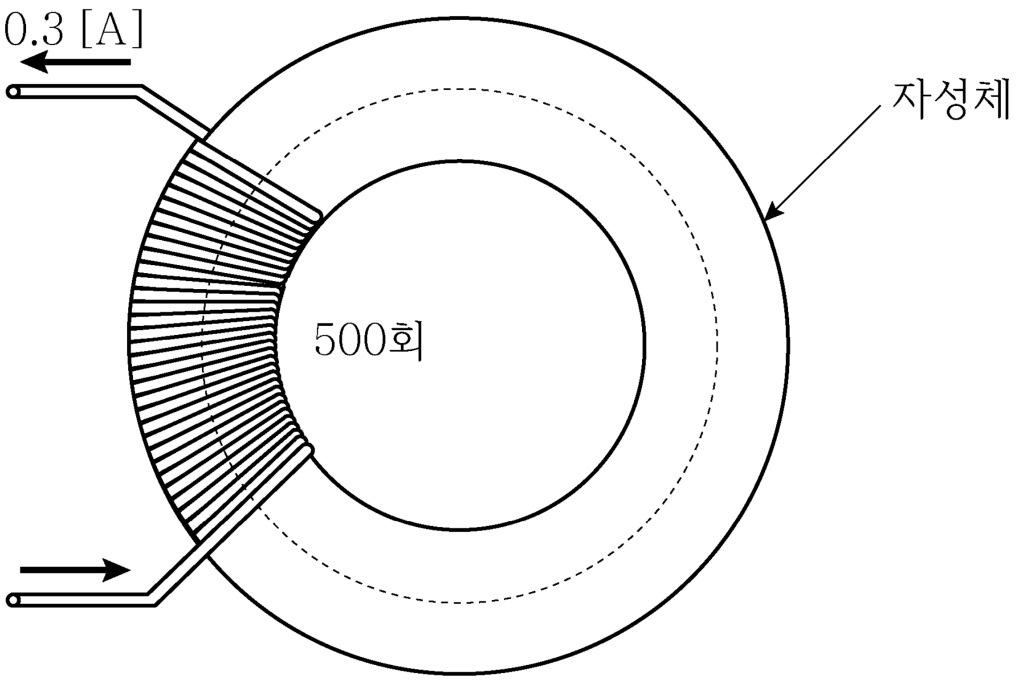
② X: 무한 직선 도선 A가 거리 d인 B의 위치에 만드는 자속밀도의 크기는 $B_A = \frac{\mu_o I_A}{2\pi d}$이다. 자기장에 수직인 전류가 받는 단위길이당 힘의 크기는 $\frac{F}{L} = I_B B_A$이므로, $\frac{F}{L} = \frac{\mu_o I_A I_B}{2\pi d}$이다. 여기서 $\frac{\mu_o}{2\pi} = 2 \times 10^{-7}$H/m이고, 두 전류가 각각 1 A, 도선 간 거리가 1 m이므로 $\frac{F}{L} = 2 \times 10^{-7}$N/m이다. 따라서 선지의 힘은 **두 배인 값으로 고쳐야 한다**.

③ O: I_B가 −z방향이면 두 전류는 반대 방향으로 흐른다. 이때 두 도선 사이에서는 각 도선이 만드는 자기장이 **같은 방향으로 겹쳐져 더해진다**. 따라서 A에만 전류가 흐를 때보다 도선 사이의 자속밀도 크기가 증가하며, 같은 면적을 통과하는 자속의 크기도 증가한다.

④ O: 그림에서 B는 A의 +y방향에 있다. 오른손 엄지를 A의 전류 방향인 +z방향으로 향하게 하면, A의 +y쪽인 두 도선 사이에서 자기장 방향은 −x방향이다. B의 전류는 −z방향이고 두 도선 사이는 B의 −y쪽이므로, B가 만드는 자기장도 −x방향이다. 따라서 합성 자속의 방향은 **−x방향**이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 토로이드 자성체에 코일을 500회 감고 0.3 [A]의 전류를 흘릴 때, 자성체 내부의 자속[Wb]은? (단, 자성체의 자기저항은 0.25×10^{5} [H^{-1}]이고, 누설자속은 없다)



① 3×10^{-3}
② 6×10^{-3}
③ 3×10^{-4}
④ 6×10^{-4}

정답 2번

간단한 해설

자속은 **기자력을 자기저항으로 나눈 값**이다. 코일의 기자력은 $500\times0.3=150$ A·회이므로, 자성체 내부의 자속은 6×10^{-3}Wb이다.

NoteBase

계산 과정

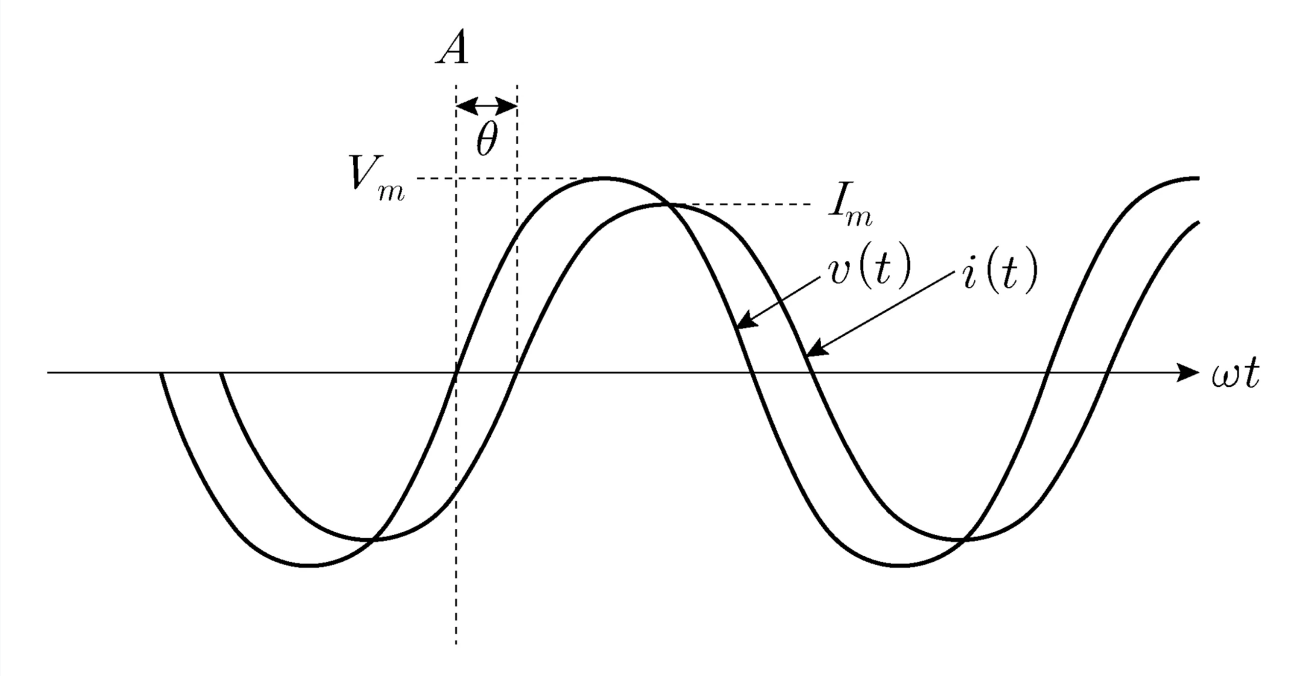
자기회로에서 기자력은 자속을 발생시키는 원인이며, 코일의 감은 수 N과 전류 I의 곱 NI로 구한다. 자기저항을 R_m, 자속을 Φ라 하면 $NI = R_m\Phi$이므로 $\Phi = \frac{NI}{R_m}$이다. 이 문제는 **누설자속이 없으므로** 이 관계로 구한 자속이 자성체 내부의 자속이다.

그림과 발문에서 N = 500회, I = 0.3 A이다. 따라서 기자력은 $500 \times 0.3 = 150$ A·회이다. 이 값은 코일 전체가 자속을 만들어 내는 구동력이다.

주어진 자기저항은 $R_m = 0.25 \times 10^5 \text{H}^{-1}$이다. 이를 대입하면 $\Phi = \frac{150}{0.25 \times 10^5} = 6 \times 10^{-3}\text{Wb}$이다. 따라서 자성체 내부의 자속은 6×10^{-3}Wb로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 어떤 회로에서 부하의 전압 $v(t)$ [V]와 전류 $i(t)$ [A]의 그래프가 그림과 같을 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 전압과 전류는 정현파이고 주파수는 동일하다)



① 유도성 부하를 나타낸다.

② 전압과 전류의 위상차는 θ로 시간에 상관없이 일정하다.

③ 부하에 저항 소자를 직렬로 연결하면 위상차는 감소한다.

④ A를 기준으로 할 때, $v(t) = V_m \sin \omega t$, $i(t) = I_m \sin(\omega t + \theta)$이다.

정답 4번

간단한 해설

그림에서 전류는 전압보다 **위상이 θ만큼 늦다**. 따라서 A를 시간의 기준으로 잡으면 전류는 $i(t) = I_m \sin(\omega t - \theta)$로 나타내며, ④의 +θ는 전류가 앞서는 경우의 부호이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 그림에서 전압이 음에서 양으로 바뀌는 영점을 지난 뒤에 전류가 같은 방향으로 영점을 지난다. 즉 **전류가 전압보다 늦는** 지상 전류이므로 유도성 부하를 나타낸다.

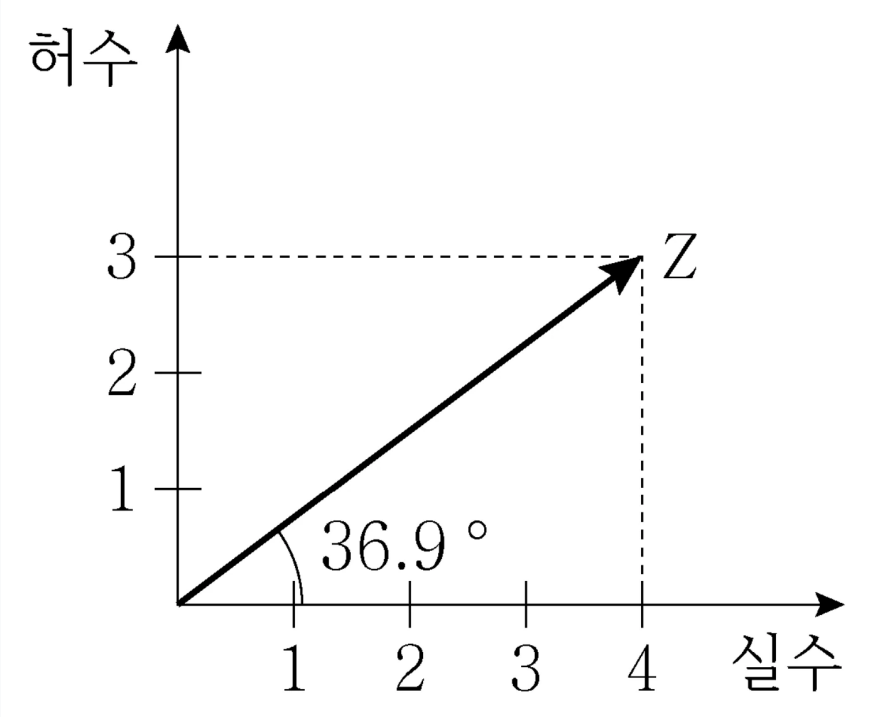
② O: 두 정현파의 주파수가 같으므로 각주파수 ω도 같다. 전압과 전류의 위상을 각각 ωt, $\omega t - \theta$로 나타내면 그 차이는 항상 θ이다. 시간에 따라 두 위상이 같은 속도로 증가하므로 **위상차는 일정하다**.

③ O: 부하의 저항 성분을 R, 유도성 리액턴스를 X라 하면 위상차는 $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)$이다. 같은 주파수에서 저항을 직렬로 추가하면 X는 그대로이고 전체 저항이 증가한다. 따라서 **저항에 대한 리액턴스의 비가 작아져** 전체 부하 전압과 전류의 위상차가 감소한다.

④ X: A는 전압이 0을 지나 양의 방향으로 증가하는 시점이므로, 이를 시간의 기준으로 잡으면 $v(t) = V_m \sin \omega t$이다. 전류의 같은 영점은 A보다 오른쪽에 있어 θ만큼 늦으므로 전류식은 **위상에서 θ를 빼서** $i(t) = I_m \sin(\omega t - \theta)$로 써야 한다. 선지의 $\omega t + \theta$는 전류가 전압보다 θ만큼 앞선다는 뜻이므로 그림과 반대이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 임피던스를 갖는 부하 Z에 100 [V], 60 [Hz]의 전원을 연결할 때, 부하의 전류[A]는? (단, 전압의 크기는 실횻값이고, 위상은 0°이며 $\tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\right)$은 36.9°이다)



① $20\sin(60\pi t - 36.9^\circ)$

② $20\sqrt{2}\sin(60\pi t + 53.1^\circ)$

③ $20\sqrt{2}\cos(120\pi t - 36.9^\circ)$

④ $20\cos(120\pi t + 53.1^\circ)$

정답 3번

간단한 해설

임피던스의 크기가 5 Ω이므로 전류의 실효값은 20 A이며, **순시값의 최댓값**은 $20\sqrt{2}$ A이다. 임피던스의 위상이 양수이므로 전류는 전압보다 **36.9° 늦고**, 주파수 60 Hz에 해당하는 각주파수는 120πrad/s이다.

NoteBase

계산 과정

임피던스 구하기: 그림에서 실수 성분은 4, 허수 성분은 3이므로 $Z = (4 + j3)\Omega$이다. 여기서 j는 허수단위이며, 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\Omega$이다. 위상각은 $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\right) = 36.9^\circ$로 양수이다.

전류의 실효값과 위상: 정현파 정상상태에서는 전압과 전류를 크기와 위상으로 나타내는 페이저에 옴의 법칙 $I = \frac{V}{Z}$를 적용한다. 따라서 전류의 실효값은 $|I| = \frac{100}{5} = 20\text{A}$이다. 나눗셈에서는 위상각을 빼므로 전류의 위상은 $0^\circ - 36.9^\circ = -36.9^\circ$이다. 즉, 전류가 전압보다 **36.9° 늦는다**.

각주파수 구하기: 주파수 f = 60 Hz는 1초에 60번 진동한다는 뜻이다. 한 주기는 2π rad이므로 각주파수는 $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 60 = 120\pi\text{rad/s}$이다.

순시 전류 구하기: 정현파의 최댓값은 **실효값의 $\sqrt{2}$배**이므로 $I_m = \sqrt{2}|I| = 20\sqrt{2}\text{A}$이다. 위상 0°인 전압을 코사인 기준으로 나타내면 전류는 $i(t) = 20\sqrt{2}\cos(120\pi t - 36.9^\circ)\text{A}$가 된다. 이 식은 ③의 전류식과 일치한다.

NoteBase

문 9. 정현파 전원이 인가된 회로의 단자 전압과 전류가 각각 $V_{eff}\angle\theta$, $I_{eff}\angle\phi$로 표시된다. 이에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, V_{eff}와 I_{eff}는 전압과 전류의 실횻값이다)

① 복소전력은 $\frac{V_{eff}I_{eff}}{2}\angle(\theta-\phi)$이다.
② 피상전력은 $\frac{V_{eff}I_{eff}}{2}$이다.
③ 유효전력은 $V_{eff}I_{eff}\cos(\theta-\phi)$이다.
④ 무효전력은 VA 단위를 사용한다.

정답 3번

간단한 해설

유효전력은 전압·전류의 **실횻값의 곱에 역률**을 곱한 값이다. 전압과 전류의 위상차가 $\theta-\phi$이므로 $P=V_{eff}I_{eff}\cos(\theta-\phi)$이며, 단위는 W이다.

선지별 해설

전압과 전류의 위상차를 $\delta=\theta-\phi$라 하자. 문제의 V_{eff}, I_{eff}는 최댓값이 아니라 실횻값이다.

① X: 복소전력은 **전압 페이저와 전류 페이저의 켤레복소수의 곱**이다. 따라서 $S=V_{eff}I_{eff}\angle\delta$이며, 선지의 계수 1/2을 빼야 한다. 계수 1/2은 전압과 전류의 최댓값을 곱하여 전력을 나타낼 때 필요하고, 실횻값의 곱에는 이미 반영되어 있다.

② X: 피상전력은 **복소전력의 크기**이므로 $|S|=V_{eff}I_{eff}$이고 단위는 VA이다. 실횻값의 곱을 다시 2로 나누지 않는다.

③ O: 유효전력은 복소전력의 실수부로, 회로에서 실제로 소비되는 평균전력이다. 따라서 $P=V_{eff}I_{eff}\cos\delta$이며 단위는 W이다. 여기서 $\cos\delta$는 **전압과 전류의 위상차에 따른 역률**이므로, 선지의 식과 일치한다.

④ X: 무효전력은 코일이나 축전기와 전원 사이에서 주기적으로 교환되는 에너지에 대응하는 전력이다. 복소전력의 허수부로서 $Q=V_{eff}I_{eff}\sin\delta$이며, 단위는 **var**를 사용한다. VA는 피상전력의 단위이다.

NoteBase

문 10. 임피던스에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, ω는 각주파수[rad/s]이다)

① 수동 소자 커패시터 C의 임피던스는 $-\frac{j}{\omega C}$이다.

② 임피던스는 옴(Ohm)의 단위를 사용하는 복소량이다.

③ 임피던스는 주파수 영역에서 페이저 전류 $\dot{I}$와 페이저 전압 $\dot{V}$의 비인 $Z=\frac{\dot{V}}{\dot{I}}$로 정의된다.

④ 임피던스는 페이저이므로 $e^{j\omega t}$를 곱하고 실수부분을 취하면 시간영역으로 변환할 수 있다.

정답 4번

간단한 해설

임피던스는 **전압·전류 페이저의 비**로 나타내는 회로 특성이며, 시간에 따라 변하는 정현파의 페이저 자체가 아니다. $e^{j\omega t}$를 곱한 뒤 실수부를 취해 시간영역 파형을 구하는 대상은 **전압이나 전류의 페이저**이다.

선지별 해설

① O: 이상적인 커패시터는 수동 부호 규약에서 $i(t)=C\frac{dv(t)}{dt}$를 만족한다. 정현파 정상상태에서 미분은 페이저에 $j\omega$를 곱하는 것에 대응하므로 $\dot{I}=j\omega C\dot{V}$이다. 따라서 커패시터의 임피던스는 $Z_C=\frac{1}{j\omega C}=-\frac{j}{\omega C}$이다. 음의 허수부는 **전압의 위상이 전류보다 90° 뒤짐**을 나타낸다.

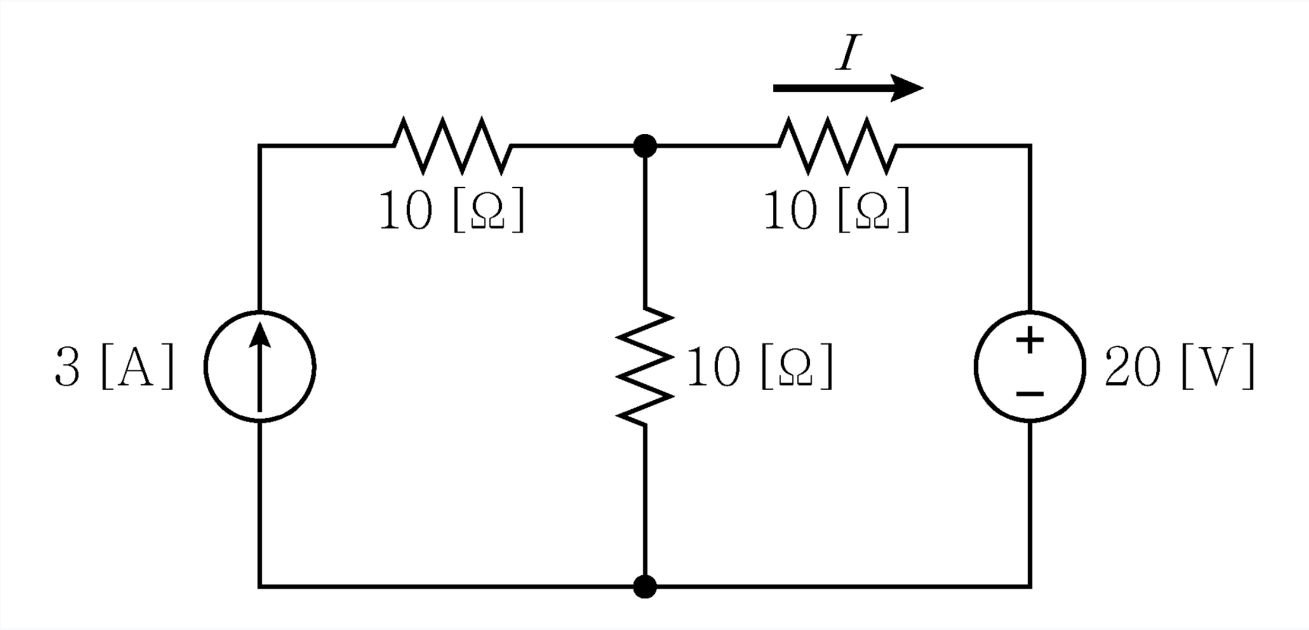
② O: 임피던스는 $Z=R+jX$로 나타내는 복소량이다. 실수부 R은 저항, 허수부 X는 리액턴스이며, 둘 다 **옴(Ω)** 단위를 사용한다. 전압을 전류로 나눈 양이므로 임피던스의 단위도 V/A, 즉 Ω이다.

③ O: 같은 각주파수의 정현파 정상상태에서 임피던스는 **전압 페이저를 전류 페이저로 나눈 값**인 $Z=\frac{\dot{V}}{\dot{I}}$로 정의된다. 이에 따라 $\dot{V}=Z\dot{I}$가 성립하며, 임피던스의 크기는 전압과 전류의 진폭비를, 위상각은 전압과 전류의 위상차를 나타낸다.

④ X: 임피던스는 **전압·전류 페이저의 비로 정의되는 회로 특성**이므로, 임피던스 자체에 $e^{j\omega t}$를 곱하고 실수부를 취해 시간영역으로 변환한다는 설명은 잘못이다. 이 변환은 정현파를 나타내는 전압·전류 페이저에 적용한다. 예를 들어 최대값을 크기로 하는 전압 페이저가 $\dot{V}$이면 시간영역 전압은 $v(t)=\mathrm{Re}\{\dot{V}e^{j\omega t}\}$로 구한다. 임피던스는 먼저 $\dot{V}=Z\dot{I}$를 통해 전압과 전류 페이저를 연결하는 데 사용한다.

NoteBase

문 11. 그림의 회로에서 전류 I [A]는?



① −1

② −0.5

③ 0.5

④ 1

정답 3번

간단한 해설

중앙 위쪽 접점으로 들어오는 3 A에 키르히호프의 전류 법칙을 적용하면 접점 전위는 25 V이다. 오른쪽 10 Ω 저항에는 **왼쪽에서 오른쪽으로 5 V의 전위차**가 걸리므로 전류 I는 0.5 A이다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽 공통 도선의 전위를 0 V, 중앙 위쪽 접점의 전위를 V라고 둔다. 오른쪽 전압원은 위가 +, 아래가 −이므로 오른쪽 10 Ω 저항의 오른쪽 끝 전위는 20 V이다.

왼쪽 전류원은 위쪽으로 3 A를 흘린다. 전류원과 왼쪽 10 Ω 저항 사이에는 분기점이 없으므로, **중앙 위쪽 접점으로 들어오는 전류는 3 A**이다.

중앙 위쪽 접점에서 아래쪽으로 나가는 전류는 $\frac{V}{10}$, 오른쪽으로 나가는 전류는 $\frac{V-20}{10}$이다. 전위는 V 단위, 저항은 Ω 단위로 넣었으므로 각 전류의 단위는 A이다. **들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합이 같다**는 키르히호프의 전류 법칙에 따라 $3 = \frac{V}{10} + \frac{V-20}{10}$이다. 양변에 10을 곱하면 $30 = 2V - 20$이므로 중앙 접점의 전위는 25 V이다.

그림의 I는 오른쪽을 기준 방향으로 잡았으므로 $I = \frac{25-20}{10} = 0.5\text{A}$이다. 양수이므로 실제 전류도 화살표 방향인 오른쪽으로 흐르며, 이 값은 ③의 0.5 A에 해당한다.

NoteBase

문 12. 3상 Y결선 역률 0.8인 부하회로에 상전압 500 [V]를 인가할 때 전체 소비전력이 1,200 [W]이면, 상당 부하 임피던스의 크기[Ω]는? (단, 전압은 실횻값이다)

① 100

② 300

③ 500

④ 700

정답 3번

간단한 해설

전체 유효전력은 각 상 유효전력의 3배이므로 상전류는 1 A이다. **상전압을 상전류로 나누면** 상당 부하 임피던스의 크기는 500 Ω이다.

계산 과정

조건과 전력 관계: 상당 임피던스를 하나의 값으로 구하는 이 문제는 각 상의 부하가 같은 평형 3상 회로를 전제로 한다. 상전압의 실횻값을 V_{p}, 상전류의 실횻값을 I_{p}, 전압과 전류의 위상차를 ϕ라 하면, 한 상의 유효전력은 $V_{\mathrm{p}}I_{\mathrm{p}}\cos\phi$이다. 따라서 전체 소비전력은 $P = 3V_{\mathrm{p}}I_{\mathrm{p}}\cos\phi$이다. 주어진 500 V는 **이미 상전압**이므로 각 상의 전력 계산에 그대로 사용한다.

상전류 계산: 전체 소비전력 1,200 W를 세 상이 똑같이 소비하므로 한 상의 유효전력은 $P_{\mathrm{p}} = \frac{1200}{3} = 400\mathrm{W}$이다. 역률은 $\cos\phi = 0.8$이므로 $I_{\mathrm{p}} = \frac{P_{\mathrm{p}}}{V_{\mathrm{p}}\cos\phi}$에 대입하면 $I_{\mathrm{p}} = \frac{400}{500 \cdot 0.8} = 1\mathrm{A}$이다. 이는 각 상의 부하에 흐르는 전류의 실횻값이다.

상당 임피던스 계산: 교류 회로에서 **임피던스의 크기는 전압과 전류의 실횻값의 비**이다. 따라서 $|Z| = \frac{V_{\mathrm{p}}}{I_{\mathrm{p}}} = \frac{500}{1} = 500\Omega$이다. 상당 부하 임피던스의 크기는 500 Ω이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 자계가 $\vec{H} = xyz\hat{a}_x$ [A/m]로 분포된 직각좌표계의 한 점 P(1, 3, 4)에서의 전류밀도 $\vec{J}$ [A/m^2]의 크기는?

① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 3번

간단한 해설

전류밀도는 자계의 **회전(컬)**인 $\vec{J} = \nabla \times \vec{H}$로 구한다. P에서 y방향 성분은 3 A/m^2, z방향 성분은 −4 A/m^{2}이므로 크기는 5 A/m^{2}이다.

계산 과정

주어진 자계는 시간에 따라 변하지 않는 정자계이므로 암페어 법칙의 미분형 $\vec{J} = \nabla \times \vec{H}$를 적용한다. 자계의 성분은 $H_x = xyz$, $H_y = H_z = 0$이다.

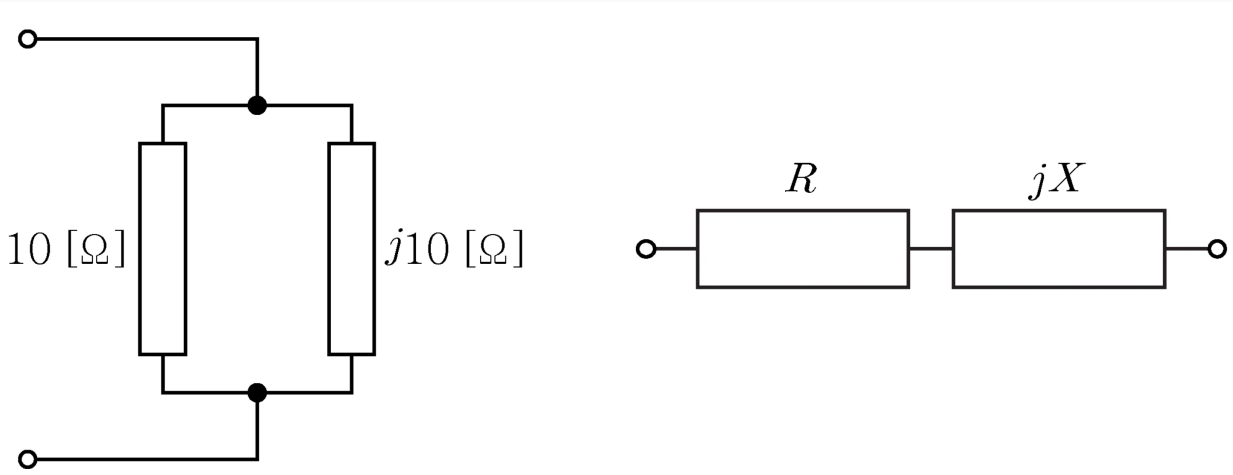
직각좌표계에서 회전을 계산하면 $J_x = 0$, $J_y = \frac{\partial H_x}{\partial z} = xy$, $J_z = -\frac{\partial H_x}{\partial y} = -xz$이다. 편미분할 때는 미분하는 좌표 이외의 좌표를 상수로 취급하며, **좌표값은 미분한 뒤에 대입**한다.

P(1, 3, 4)를 대입하면 $J_y = 1 \cdot 3 = 3$, $J_z = -1 \cdot 4 = -4$이므로 $\vec{J}(P) = 3\hat{a}_y - 4\hat{a}_z$ [A/m^2]이다. 이는 전류밀도가 y축의 양의 방향과 z축의 음의 방향 성분을 갖는다는 뜻이다.

요구하는 값은 벡터의 크기이므로 **서로 수직인 성분의 제곱합에 제곱근**을 취한다. $|\vec{J}(P)| = \sqrt{3^2 + (-4)^2} = 5$ [A/m^2]이므로 ③의 5에 해당한다.

NoteBase

문 14. 그림의 병렬회로를 등가 직렬회로로 변환하면 저항 R [Ω]과 리액턴스 X [Ω]는?



① R [Ω]: 5, X [Ω]: 5

② R [Ω]: 5, X [Ω]: −5

③ R [Ω]: 10, X [Ω]: 10

④ R [Ω]: 10, X [Ω]: −10

정답 1번

간단한 해설

10 Ω과 j10 Ω을 병렬 합성하면 $Z = (5 + j5)\Omega$이다. 등가 직렬회로에서 **실수부는 저항, 허수부의 계수는 리액턴스**이므로 R = 5 Ω, X = 5 Ω이다.

계산 과정

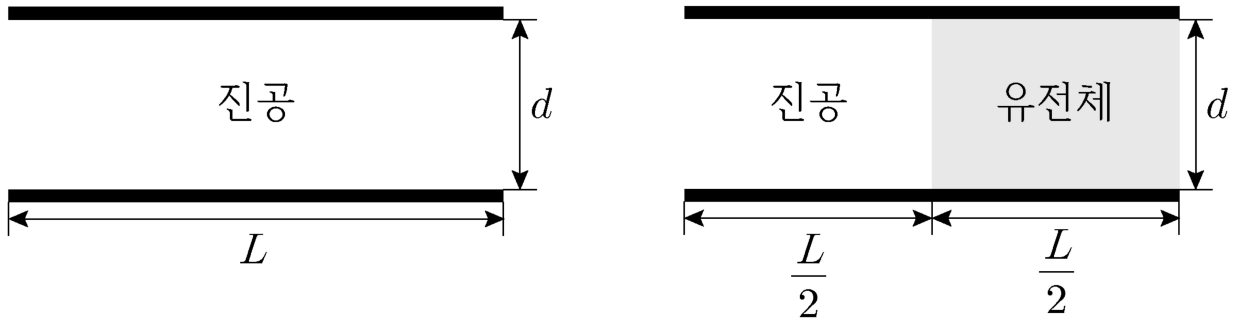
병렬 합성식: 그림의 두 가지 임피던스는 $Z_1 = 10\Omega$, $Z_2 = j10\Omega$이며, j는 $j^2 = -1$인 허수단위이다. 병렬회로는 **각 가지의 전압이 같고 전류가 합해지므로** 합성 임피던스 Z에 대해 $\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$가 성립한다. 이를 정리하면 $Z = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$이다.

합성 임피던스 계산: 주어진 값을 대입하면 $Z = \frac{10 \cdot j10}{10 + j10}\Omega = \frac{j10}{1 + j}\Omega$이다. 분자와 분모에 켤레복소수 1 − j를 곱한다. 분모는 $(1 + j)(1 - j) = 2$가 되므로 $Z = \frac{j10(1 - j)}{2}\Omega = (5 + j5)\Omega$이다.

직렬회로의 R과 X: 직렬 연결에서는 임피던스를 더하므로 $Z = R + jX$이다. 계산한 $Z = (5 + j5)\Omega$와 비교하면 R = 5 Ω, X = 5 Ω이다. **리액턴스가 양수**이므로 직렬 등가회로도 유도성이다. 이 값의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 진공상태에 놓여있는 평행판 커패시터에 극판길이 L의 절반에 해당하는 유전체를 삽입하여 정전용량이 10 [μF]에서 25 [μF]로 증가하였다. 삽입된 유전체의 비유전율 ε_r은? (단, 극판의 간격은 일정하다)



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 4번

간단한 해설

두 영역은 **같은 전압이 걸리는 병렬 연결**이므로 정전용량을 더한다. 진공 부분이 5 μF, 유전체 부분이 20 μF이므로 비유전율은 $\varepsilon_r = \frac{20}{5} = 4$이다.

NoteBase

계산 과정

전체 극판 면적을 S, 극판 간격을 d, 진공의 유전율을 ε_0라 하면, 삽입 전 정전용량은 평행판 커패시터 공식에 따라 $C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = 10\mu\text{F}$이다.

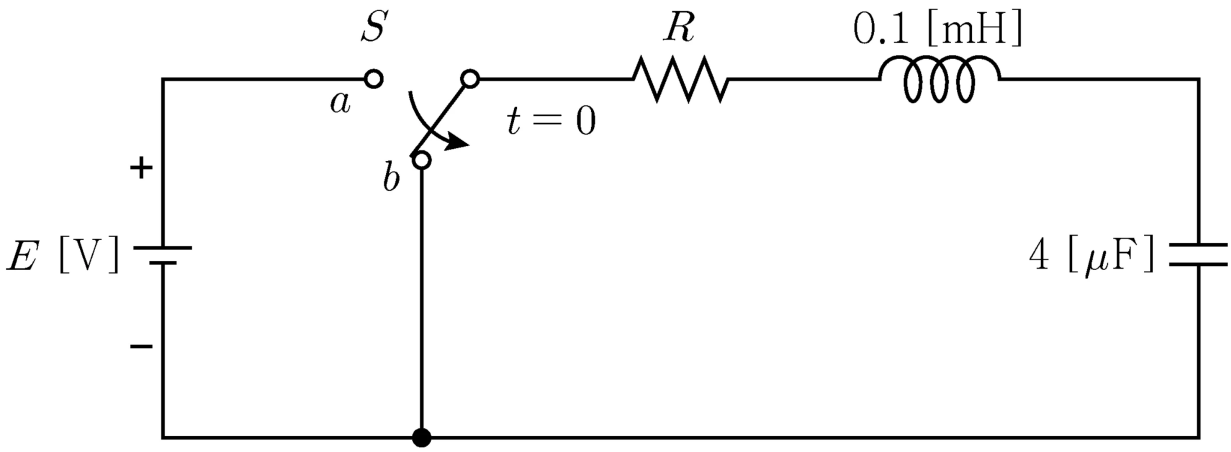
그림에서 유전체는 극판 길이의 절반을 차지하면서 위아래 극판 사이를 가득 채운다. 따라서 진공 영역과 유전체 영역의 면적은 각각 $S/2$이고, 두 영역의 극판 간격은 모두 d이다. 두 영역은 동일한 위아래 극판을 공유하여 **전압이 같으므로 병렬 연결**로 본다.

진공 영역의 정전용량은 $C_{\text{vac}} = \frac{\varepsilon_0 (S/2)}{d} = 5\mu\text{F}$이다. 비유전율 ε_r은 진공 유전율에 대한 유전체 유전율의 비이므로, 면적과 간격이 같은 유전체 영역의 정전용량은 **진공 영역의 비유전율 배**이다. 따라서 $C_{\text{diel}} = 5\varepsilon_r\mu\text{F}$이다.

병렬 연결에서는 두 정전용량을 더하므로, μF 단위로 수치를 대입하면 $25 = 5 + 5\varepsilon_r$이다. 전체 25 μF에서 진공 영역의 5 μF을 빼면 유전체 영역은 20 μF이므로, $\varepsilon_r = \frac{25-5}{5} = 4$이다. 비유전율은 단위가 없는 비이며, 계산값 4는 ④에 해당한다.

NoteBase

문 16. 스위치 S가 그림의 a에 충분히 긴 시간 동안 연결되어 있는 회로에서 시간 $t = 0$ [s]일 때 스위치 S를 b로 이동시켰다. $t \geq 0$에서 회로의 전류응답이 부족제동 특성을 가지려면 저항 R [Ω]은?



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 1번

간단한 해설

스위치를 b로 옮긴 뒤의 직렬 RLC 회로가 부족제동이 되려면 저항이 **임계저항보다 작아야** 한다. 이 회로의 임계저항은 10 Ω이므로, 선택지 중 5 Ω에서만 감쇠진동이 나타난다.

NoteBase

계산 과정

스위치가 a에 충분히 오래 연결되어 있으면 직류 정상상태에서 커패시터는 전압 E로 충전되고 전류는 0이 된다. 스위치를 b로 옮기면 전원이 분리되고, 충전된 커패시터의 에너지에 의해 **직렬 RLC 회로의 자연응답**이 나타난다. 그림의 소자값을 기본단위로 바꾸면 $L = 0.1\text{mH} = 10^{-4}\text{H}$, $C = 4\mu\text{F} = 4 \cdot 10^{-6}\text{F}$이다.

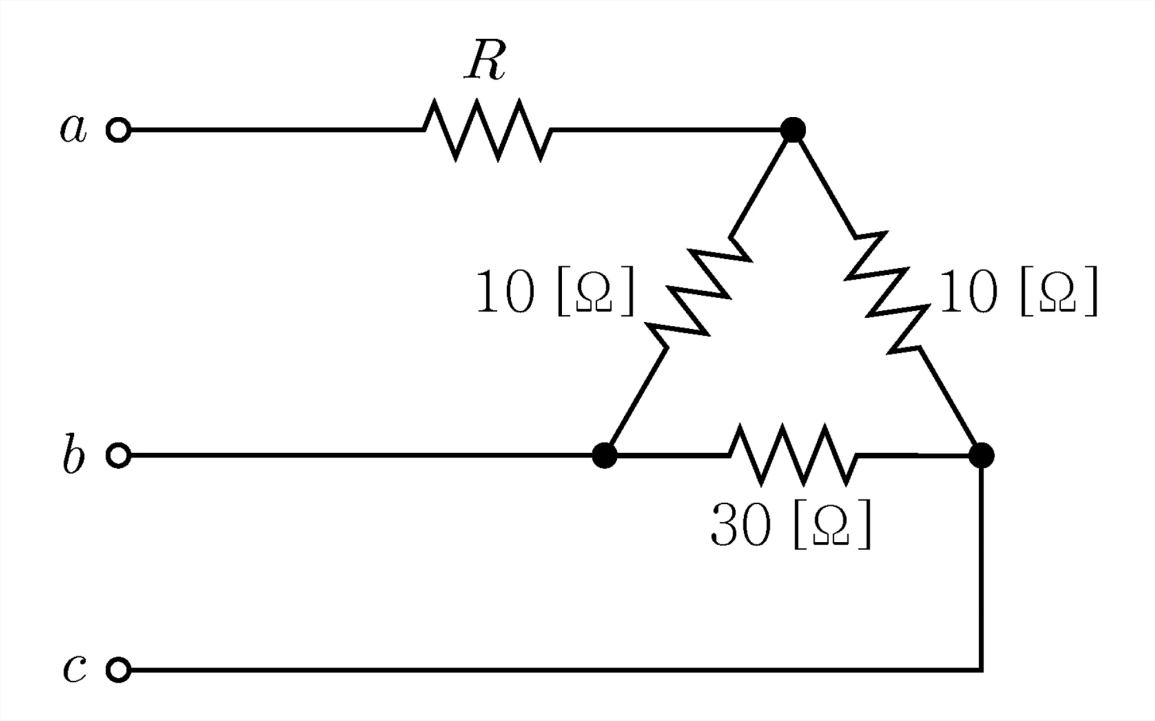
직렬 RLC 회로에 키르히호프 전압법칙을 적용하면 전류 자연응답의 특성방정식은 $s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC} = 0$이다. 이를 표준형 $s^2 + 2\alpha s + \omega_0^2 = 0$과 비교하면 감쇠계수는 $\alpha = \frac{R}{2L}$, 비감쇠 고유각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다. 부족제동은 특성근이 켤레복소수가 되어 진폭이 줄어들면서 진동하는 경우이므로, **감쇠계수가 비감쇠 고유각주파수보다 작아야** 한다. 따라서 $0 < \alpha < \omega_0$, 즉 $0 < R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$가 조건이다.

임계저항은 부족제동과 과제동의 경계인 $R_c = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$이다. 주어진 값을 대입하면 $R_c = 2\sqrt{\frac{10^{-4}}{4 \cdot 10^{-6}}}\,\Omega$, 즉 $R_c = 2\sqrt{25}\,\Omega = 10\Omega$이다. 따라서 부족제동의 저항 범위는 $0 < R < 10\Omega$이다.

선택지 중 이 범위에 들어가는 값은 ①의 5 Ω이다. 10 Ω은 임계제동이고, 15 Ω과 20 Ω은 임계저항보다 커서 과제동이다.

NoteBase

문 17. 그림의 비대칭 △결선 회로에 저항 R을 추가로 연결하여 단자 a, b, c 기준의 평형 3상 부하전류를 얻고자 한다. 이때 필요한 R [Ω]은?



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 2번

간단한 해설

△결선을 Y결선으로 바꾸면 각 상의 저항은 a 방향 2 Ω, b·c 방향 각각 6 Ω이다. a상에만 직렬로 연결된 저항을 더해 **세 상의 등가저항을 같게** 해야 하므로 필요한 R은 4 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

그림의 △결선은 위쪽 두 변이 각각 10 Ω이고, b–c 사이가 30 Ω이다. 추가 저항 R은 a단자와 △결선의 위쪽 꼭짓점 사이에 직렬로 연결되어 있다. △결선을 Y결선으로 등가 변환하면 단자에서 본 전압·전류 관계가 유지되므로, **변환 후 각 상의 전체 저항**을 비교할 수 있다.

Y결선의 각 저항은 해당 꼭짓점에 접한 △결선의 두 저항을 곱한 뒤, △결선의 세 저항 합으로 나눈 값이다. 분모는 10 + 10 + 30 = 50 Ω이다. R을 제외한 a·b·c 방향의 Y결선 저항을 각각 r_a, r_b, r_c라 하면 다음과 같다.

$r_a = \frac{10 \cdot 10}{50} = 2\Omega$

$r_b = \frac{10 \cdot 30}{50} = 6\Omega$

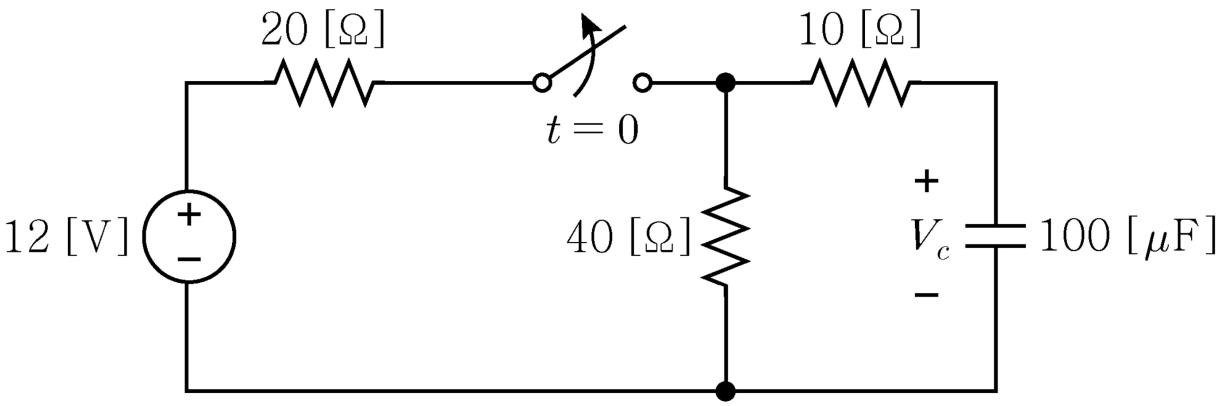
$r_c = \frac{10 \cdot 30}{50} = 6\Omega$

평형 3상 전원에서 저항 부하의 전류가 크기는 같고 위상은 120°씩 차이 나려면 세 상의 전체 저항이 같아야 한다. 변환 후 a상의 전체 저항은 $R + r_a$이고, b상과 c상은 각각 6 Ω이다. 따라서 **a상의 2 Ω에 R을 직렬로 더해 6 Ω**이 되도록 맞춘다.

평형 조건은 $R + 2 = 6$이므로 $R = 6 - 2 = 4\Omega$이다. 이는 ②의 4 Ω에 해당한다.

NoteBase

문 18. 그림의 회로에서 스위치가 닫힌 상태로 오랜 시간이 경과한 후 $t = 0$ [s]에서 열렸다. $t \geq 0$에서 커패시터의 초기전압 V_c [V]와 시정수 τ [ms]는?



① V_c [V]: 6, τ [ms]: 5

② V_c [V]: 6, τ [ms]: 8

③ V_c [V]: 8, τ [ms]: 5

④ V_c [V]: 8, τ [ms]: 6

정답 3번

간단한 해설

커패시터 전압은 **스위치가 열리는 순간에도 연속**이므로, 직전 정상상태의 전압인 8 V가 초기전압이다. 스위치가 열린 뒤에는 10 Ω과 40 Ω을 거쳐 방전하므로 등가저항은 50 Ω이며, 시정수는 5 ms이다.

NoteBase

계산 과정

1. 초기전압: 스위치가 닫힌 채 충분한 시간이 지나면 직류 정상상태에서 **커패시터는 개방회로로 취급**한다. 따라서 커패시터와 직렬인 10 Ω에는 전류가 흐르지 않아 전압강하가 없다. 12 V 전원에는 20 Ω과 40 Ω만 직렬로 연결되므로 전류는 $I = \frac{12}{20+40} = 0.2\text{A}$이다. 커패시터 위쪽 단자의 전위는 40 Ω 위쪽 단자의 전위와 같으므로, 그림의 극성을 기준으로 $v_c(0^-) = 0.2 \cdot 40 = 8\text{V}$이다. 커패시터 전압은 순간적으로 바뀌지 않으므로 초기전압도 $V_c = v_c(0^+) = 8\text{V}$이다.

2. 방전 등가저항: 스위치가 열리면 12 V 전원과 20 Ω 가지는 커패시터의 방전 경로에서 분리된다. 커패시터 위쪽 단자에서 아래쪽 단자로 이어지는 경로에는 **10 Ω과 40 Ω이 직렬**로 놓인다. 따라서 커패시터가 바라보는 등가저항은 $R_{\text{eq}} = 10 + 40 = 50\Omega$이다.

3. 시정수: 하나의 커패시터와 저항으로 이루어진 방전회로의 시정수는 $\tau = R_{\text{eq}}C$이다. 이는 커패시터 전압이 초기값의 약 36.8 %로 감소하는 데 걸리는 시간이다. $C = 100\mu\text{F} = 100 \cdot 10^{-6}\text{F}$를 대입하면 $\tau = 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}\text{s}$이므로 0.005 s, 즉 5 ms이다.

초기전압 8 V와 시정수 5 ms의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 19. 한 상의 임피던스가 $Z = 10 + j10$ [Ω]인 평형 Δ결선 부하에 3상 선간전압 $70\sqrt{2}$ [V]를 인가할 때, 전체 무효전력[VAR]은? (단, 전압은 실횻값이다)

① 490

② 1,470

③ 1,600

④ 2,546

정답 2번

간단한 해설

평형 Δ결선에서는 **상전압과 선간전압이 같고**, 전체 무효전력은 한 상의 무효전력의 3배이다. 한 상의 무효전력이 490 VAR이므로 전체는 1,470 VAR이다.

계산 과정

상전압: Δ결선의 각 상은 두 선 사이에 직접 연결되므로 **상전압은 선간전압과 같다**. 따라서 각 상에 걸리는 전압의 실횻값은 $V_{ph} = 70\sqrt{2}\,\mathrm{V}$이다.

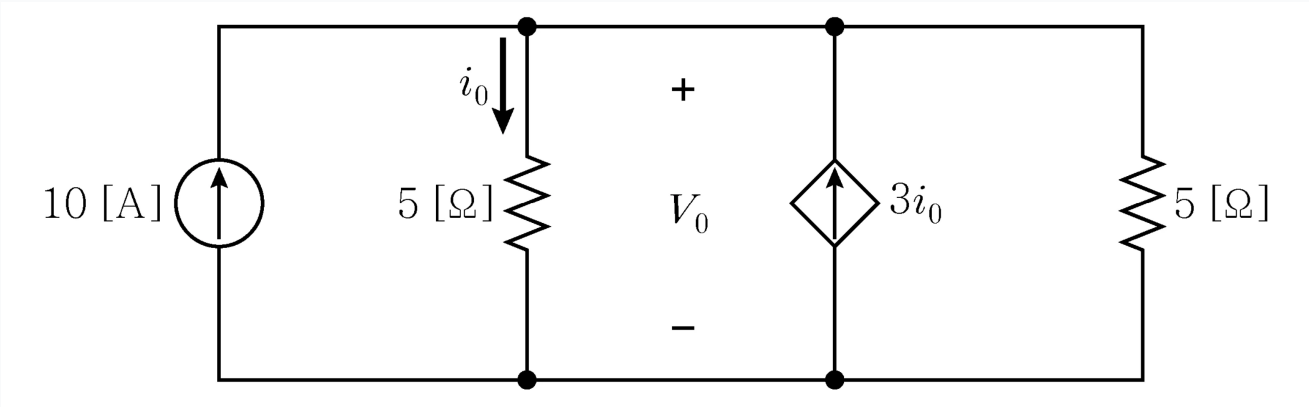
상전류: 한 상의 임피던스는 $Z = R + jX = 10 + j10\Omega$이므로 저항 R과 유도성 리액턴스 X는 각각 10 Ω이다. 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2}\Omega$이다. 옴의 법칙으로 구한 각 상의 전류 실횻값은 $I_{ph} = \frac{70\sqrt{2}}{10\sqrt{2}} = 7\mathrm{A}$이다.

한 상의 무효전력: 전류의 실횻값과 리액턴스를 이용하면 무효전력은 $Q_{ph} = I_{ph}^2 X$로 구한다. 여기서는 **리액턴스가 양수인 유도성 부하**이므로 무효전력도 양수이며, $Q_{ph} = 7^2 \cdot 10 = 490\mathrm{VAR}$이다.

전체 무효전력: 평형 부하에서는 세 상의 무효전력이 같으므로 한 상의 값을 3배 한다. 따라서 전체 무효전력은 3 × 490 = 1,470 VAR이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림의 회로에서 종속전류원의 양단에 걸리는 전압 V_0 [V]는?



① −50

② −30

③ 30

④ 50

정답 1번

간단한 해설

두 5 Ω 저항은 병렬이므로 아래쪽을 향하는 전류가 모두 i_0이다. 위쪽 접점에서 $10 + 3i_0 = 2i_0$이므로 $i_0 = -10$A, V_0는 −50 V이며, 이는 **위쪽 전위가 아래쪽보다 50 V 낮다**는 뜻이다.

계산 과정

전압과 전류의 기준: 아래쪽 공통 접점의 전위를 0 V로 두면, 위쪽 접점의 전위가 그림에 표시된 V_0이다. 두 5 Ω 저항은 **같은 두 접점에 연결된 병렬**이므로 양단 전압이 같고, 저항값도 같아 아래쪽을 향하는 전류가 모두 i_0이다. 옴의 법칙으로 $V_0 = 5i_0$가 성립한다.

접점의 전류 관계: 키르히호프 전류법칙에 따라 접점으로 들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합은 같다. 그림의 화살표를 기준으로 위쪽 접점에 들어오는 전류는 10 A와 $3i_0$, 두 저항으로 나가는 전류의 합은 $2i_0$이므로 $10 + 3i_0 = 2i_0$이다. 이를 풀면 $i_0 = -10$A이다. 음수는 가운데 저항의 실제 전류가 **표시된 화살표와 반대인 위쪽으로 10 A** 흐른다는 뜻이다.

전압 계산: $V_0 = 5 \cdot (-10) = -50$V이다. 전압의 기준 극성이 위쪽 +, 아래쪽 −이므로 위쪽 전위가 아래쪽보다 50 V 낮으며, 이 값은 ①의 −50 V에 해당한다.

NoteBase