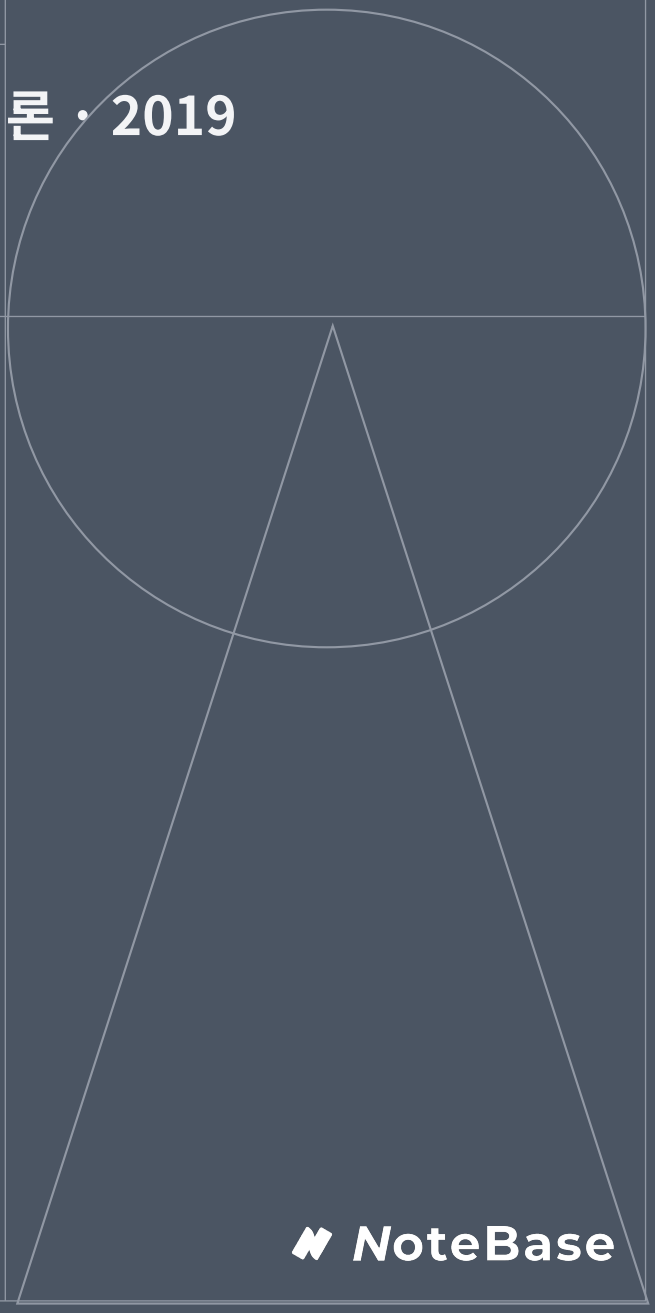
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2019

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2019

문 1. 전압이 E[V], 내부저항이 r[Ω]인 전지의 단자 전압을 내부저항 25[Ω]의 전압계로 측정하니 50[V]이고, 75[Ω]의 전압계로 측정하니 75[V]이다. 전지의 전압 E[V]와 내부저항 r[Ω]은?

① E[V]: 100, r[Ω]: 25

② E[V]: 100, r[Ω]: 50

③ E[V]: 200, r[Ω]: 25

④ E[V]: 200, r[Ω]: 50

정답 1번

간단한 해설

전압계에 흐르는 전류 때문에 전지의 내부저항에서도 전압이 떨어지므로, **측정한 단자 전압에 내부 전압강하를 더한 값**이 전지의 기전력 E이다. 두 측정 조건에 이 관계를 적용하면 내부저항은 25 Ω, 기전력은 100 V이다.

계산 과정

전압계의 내부저항을 R, 측정한 단자 전압을 V, 흐르는 전류를 I라고 하자. 전압계를 전지 양단에 연결하면 전지의 내부저항 r과 전압계의 저항 R에 같은 전류가 흐른다. 따라서 $I = \frac{V}{R}$이고, 전지의 기전력은 **단자 전압과 내부저항의 전압강하의 합**이므로 $E = V + Ir$이다.

25 Ω 전압계로 측정할 때: 단자 전압이 50 V이므로 $I_1 = \frac{50}{25} = 2\text{A}$이다. 이는 전압계뿐 아니라 전지 내부저항에도 흐르는 전류이다. 따라서 $E = 50 + 2r$이다.

75 Ω 전압계로 측정할 때: 단자 전압이 75 V이므로 $I_2 = \frac{75}{75} = 1\text{A}$이다. 이때는 전류가 줄어 내부저항의 전압강하도 작아진다. 따라서 $E = 75 + r$이다.

두 측정에서 **같은 전지의 기전력 E는 같으므로** $50 + 2r = 75 + r$이다. 이를 풀면 $r = 25\Omega$이다. 첫 번째 측정식에 대입하면 $E = 50 + 2 \cdot 25 = 100\text{V}$이다.

전지의 전압 E는 100 V, 내부저항 r은 25 Ω이므로 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 등전위면(equipotential surface)의 특징에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 등전위면과 전기력선은 수평으로 접한다.
ㄴ. 전위의 기울기가 없는 부분으로 평면을 이룬다.
ㄷ. 다른 전위의 등전위면은 서로 교차하지 않는다.
ㄹ. 전하의 밀도가 높은 등전위면은 전기장의 세기가 약하다.

① ㄱ, ㄹ
② ㄴ, ㄷ
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 2번

간단한 해설

등전위면은 **면을 따른 전위 변화가 없는 면**이며, 서로 다른 전위의 등전위면은 교차하지 않는다. 다만 ㄴ의 '평면'은 등전위면의 일반적인 형상을 엄밀하게 나타내는 표현은 아니다.

보기별 해설

ㄱ. X: 전기장이 0이 아닌 곳에서 전기력선은 등전위면에 **수직으로 교차한다**. 등전위면을 따라서는 전위가 변하지 않으므로, 전위를 감소시키는 방향인 전기장의 접선 성분이 없기 때문이다. '수평으로 접한다'는 설명을 '수직으로 교차한다'로 고쳐야 한다.

ㄴ. O: 이 문항에서는 '전위의 기울기가 없는 부분'을 **면을 따른 전위 변화가 없다**는 의미로 해석하여 받아들인다. 다만 원문의 '평면을 이룬다'는 표현은 엄밀하지 않다. 점전하 주위의 등전위면은 구면이므로 등전위면이 항상 평면인 것은 아니다. 또한 면을 따른 전위 변화가 없다는 것이 면에 수직한 방향까지 포함한 전위 기울기 전체가 0이라는 뜻은 아니다.

ㄷ. O: 전위는 한 점에서 하나의 값으로 정해진다. 서로 다른 전위의 등전위면이 교차하면 교점 하나가 서로 다른 두 전위를 가져야 하므로 모순이다. 따라서 **전위가 다른 등전위면은 서로 교차하지 않는다**.

ㄹ. X: 전하가 분포한 정전평형 도체 표면은 등전위면이다. 같은 매질에서 이 표면의 전하밀도 크기가 클수록 표면 바로 바깥의 **전기장은 강하다**. 따라서 '전하의 밀도가 높은' 부분의 전기장이 '약하다'는 설명은 '강하다'로 고쳐야 한다.

ㄴ을 면을 따른 전위 변화가 없다는 의미로 해석하면, 옳은 보기의 조합은 ㄴ·ㄷ으로 ②에 해당한다.

NoteBase

문 3. 코일에 직류 전압 200[V]를 인가했더니 평균전력 1,000[W]가 소비되었고, 교류 전압 300[V]를 인가했더니 평균전력 1,440[W]가 소비되었다. 코일의 저항[Ω]과 리액턴스[Ω]는?

① 저항 [Ω]: 30, 리액턴스 [Ω]: 30

② 저항 [Ω]: 30, 리액턴스 [Ω]: 40

③ 저항 [Ω]: 40, 리액턴스 [Ω]: 30

④ 저항 [Ω]: 40, 리액턴스 [Ω]: 40

정답 3번

간단한 해설

직류 정상상태의 소비전력으로 구한 저항은 **40 Ω**이다. 교류 평균전력에서 전류와 임피던스를 구한 뒤 $X = \sqrt{Z^2 - R^2}$를 적용하면 **리액턴스는 30 Ω**이다.

계산 과정

저항 구하기: 코일을 저항 R과 인덕턴스의 직렬회로로 본다. 직류 정상상태에서는 전류가 일정하여 유도기전력이 생기지 않으므로 **코일의 저항만 전류를 제한한다**. 따라서 직류 소비전력은 $P_{DC} = V_{DC}^2/R$이고, $R = \frac{200^2}{1000} = 40\Omega$이다.

교류 전류 구하기: 교류 전압과 전류는 실효값으로 계산한다. 이상적인 인덕턴스는 에너지를 저장했다가 돌려주므로 평균전력을 소비하지 않는다. 평균전력은 **저항에서 소비되는 유효전력**으로, $P_{AC} = I^2R$이다. 따라서 $I = \sqrt{\frac{1440}{40}} = 6\text{A}$이다.

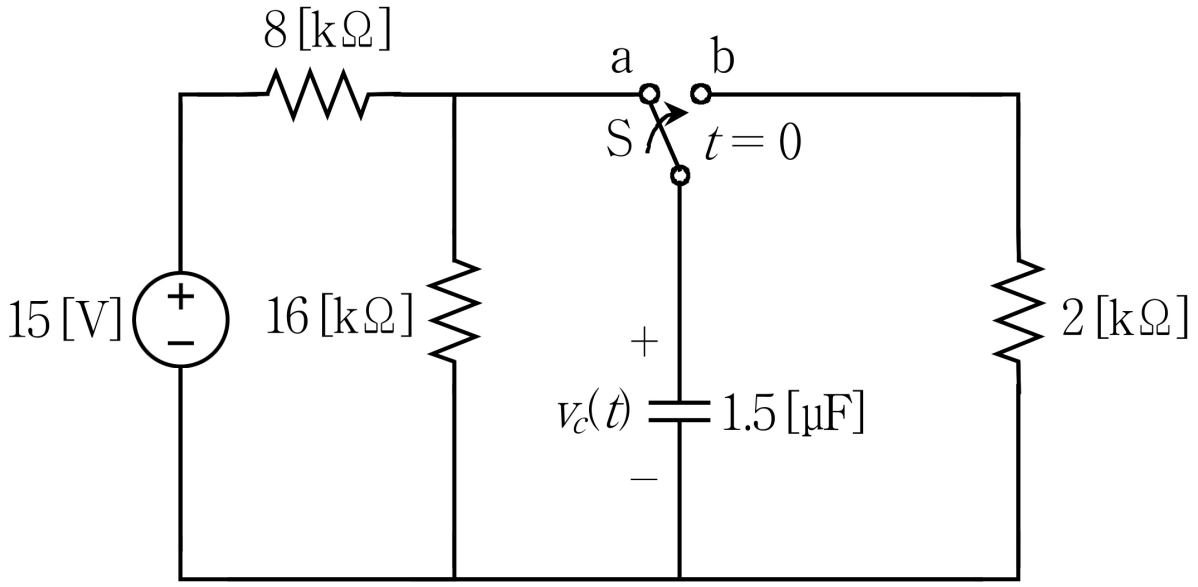
임피던스 구하기: 임피던스의 크기 Z는 교류에서 전류의 크기를 결정하는 전압과 전류의 비이다. 따라서 $Z = \frac{300}{6} = 50\Omega$이다. 이 값에는 저항과 유도성 리액턴스의 영향이 함께 포함된다.

리액턴스 구하기: 저항 양단의 전압과 유도성 리액턴스 양단의 전압은 위상이 90° 다르므로, 임피던스의 크기는 단순한 합이 아니라 $Z^2 = R^2 + X^2$를 따른다. 따라서 $X = \sqrt{50^2 - 40^2} = 30\Omega$이다.

저항 40 Ω과 리액턴스 30 Ω의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 4. 다음 회로에서 스위치 S가 단자 a에서 충분히 오랫동안 머물러 있다가 $t = 0$에서 단자 a에서 단자 b로 이동하였다. $t > 0$일 때의 전압 $v_c(t)$ [V]는?



① $5e^{-\frac{t}{3\times10^{-2}}}$

② $5e^{-\frac{t}{3\times10^{-3}}}$

③ $10e^{-\frac{t}{3\times10^{-2}}}$

④ $10e^{-\frac{t}{3\times10^{-3}}}$

정답 4번

간단한 해설

커패시터는 스위치 전환 직후에도 **초기 전압 10 V**를 유지하며, 이후 2 kΩ 저항을 통해 방전한다. **시정수는 3 ms**이므로 전압은 $v_c(t) = 10e^{-\frac{t}{3\cdot10^{-3}}}$V로 감소한다.

NoteBase

계산 과정

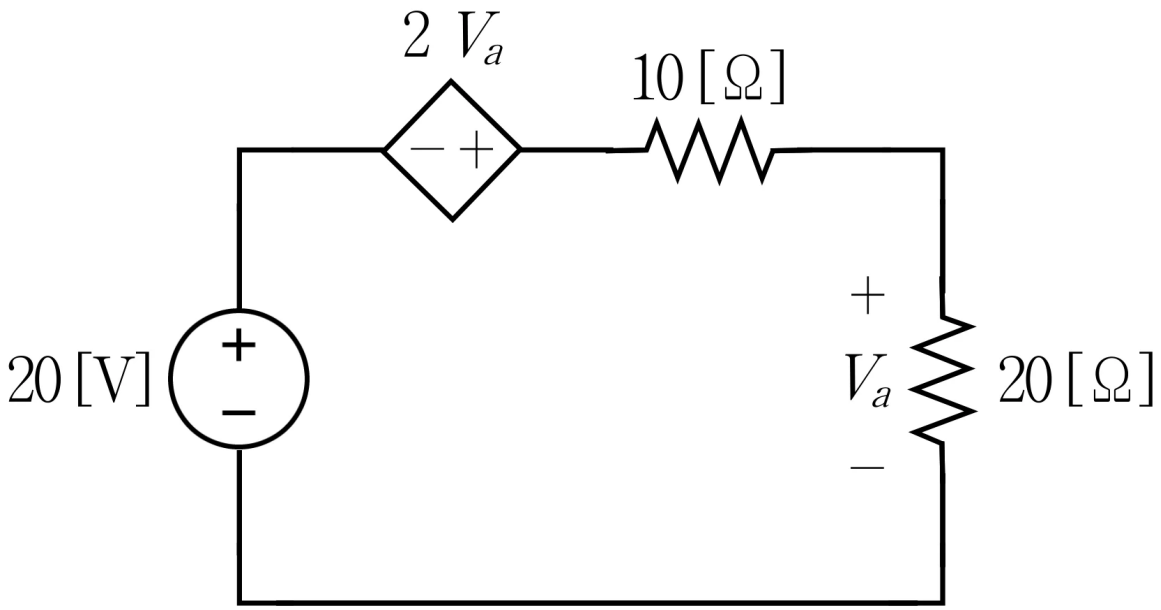
초기 전압: 스위치가 a에 충분히 오래 머무르면 직류 정상상태가 되어 **커패시터에는 전류가 흐르지 않는다**. 따라서 8 kΩ과 16 kΩ이 직렬로 연결된 분압 회로에서 커패시터 전압은 16 kΩ 양단 전압과 같다. 그림의 위쪽을 +로 잡으면 $v_c(0^-) = 15 \cdot \frac{16}{8+16} = 10\text{V}$이다. 커패시터 전압은 순간적으로 변할 수 없으므로 $v_c(0^+) = v_c(0^-) = 10\text{V}$이다.

방전 저항과 시정수: 스위치가 b로 이동하면 커패시터의 위쪽 단자는 전원 및 8 kΩ·16 kΩ 저항에서 분리되고, 2 kΩ 저항에 연결된다. 따라서 **방전 경로의 저항은 2 kΩ**이며, 전원이 없는 RC 회로가 되어 최종 전압은 0 V이다. 시정수는 $\tau = RC$이고, 단위를 Ω과 F로 바꾸면 $\tau = (2 \cdot 10^3)(1.5 \cdot 10^{-6}) = 3 \cdot 10^{-3}\text{s}$이다. 이는 전압이 초기값의 e^{-1}배로 줄어드는 데 걸리는 시간이다.

전압의 시간 변화: 전원이 없는 RC 회로의 커패시터 전압은 초기값에서 0 V를 향해 지수적으로 감소하므로 $v_c(t) = v_c(0^+)e^{-t/\tau}$를 적용한다. 초기 전압과 시정수를 대입하면 $v_c(t) = 10e^{-\frac{t}{3 \cdot 10^{-3}}}\text{V}$이며, 여기서 t의 단위는 초이다. 초기값 10 V와 시정수 3 ms를 갖는 이 식은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 5. 독립전원과 종속전압원이 포함된 다음의 회로에서 저항 20 [Ω]의 전압 V_a[V]는?



① −40

② −20

③ 20

④ 40

정답 1번

간단한 해설

종속전압원을 왼쪽에서 오른쪽으로 지날 때의 **전압 상승**을 반영하면 $20 + 2V_a = 30$이고, 20 Ω 저항에서는 $V_a = 20$이다. 두 관계를 함께 풀면 $V_a = -40$ V로, 실제 전압의 극성은 그림의 표시와 반대이다.

NoteBase

계산 과정

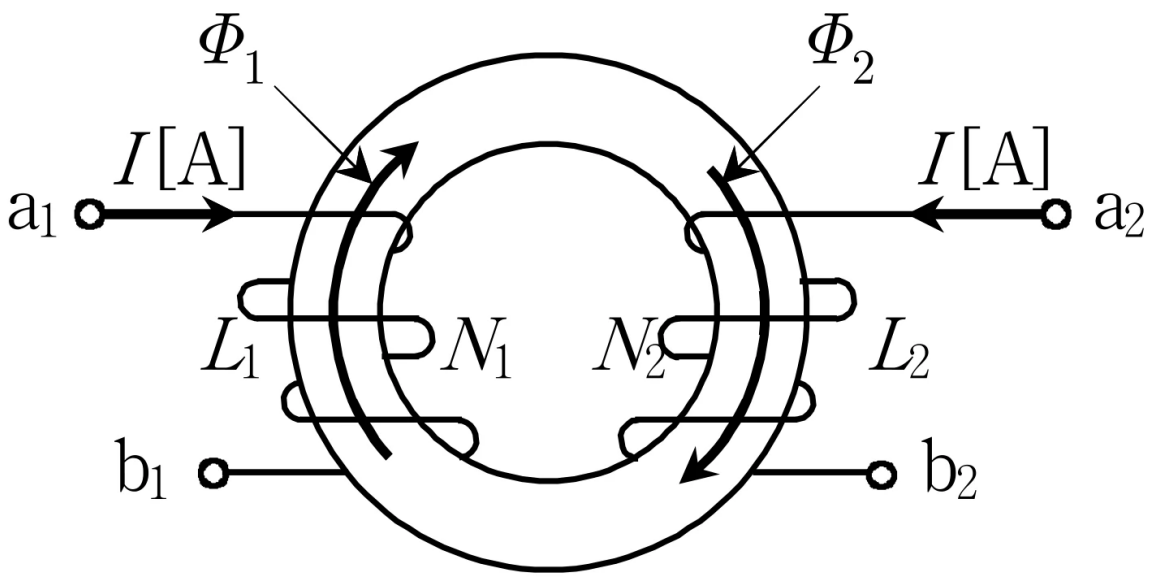
전류와 전압의 관계: 회로는 하나의 폐회로이므로 10 Ω과 20 Ω 저항에 같은 전류가 흐른다. 시계 방향 전류를 I로 정하면 20 Ω 저항에서는 위쪽에서 아래쪽으로 흐르는 방향이다. 전류가 표시된 +단자로 들어가도록 정했으므로 옴의 법칙에 따라 $V_a = 20I$이다. 여기서 전류의 단위는 A, 전압의 단위는 V이다.

회로방정식: 아래쪽 도선에서 출발해 시계 방향으로 돌면 독립전원에서는 −단자에서 +단자로 지나므로 20 V의 전압 상승이 있다. 종속전압원도 왼쪽 −단자에서 오른쪽 +단자로 지나므로 전압 변화는 $+2V_a$이다. 두 저항의 전압 강하는 각각 $10I$, $20I$이므로 **폐회로의 전압 변화 합이 0**이라는 키르히호프 전압법칙을 적용하면 $20 + 2V_a - 10I - 20I = 0$이다.

전압 계산과 해석: $I = \frac{V_a}{20}$을 회로방정식에 대입하면 $20 + 2V_a - \frac{30V_a}{20} = 0$이다. 이를 정리하면 $20 + \frac{V_a}{2} = 0$이므로 $V_a = -40$ V이다. 이때 $I = -2$ A이므로 실제 전류는 가정한 시계 방향의 반대로 흐른다. 전압이 음수라는 것은 **아래쪽 전위가 위쪽보다 40 V 높다**는 뜻이다. 구한 전압 −40 V는 ①에 해당한다.

NoteBase

문 6. 다음 자기회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 손실이 없는 이상적인 회로이다)



① b_1과 a_2를 연결한 합성 인덕턴스는 b_1과 b_2를 연결한 합성 인덕턴스보다 크다.

② 한 코일의 유도기전력은 상호 인덕턴스와 다른 코일의 전류 변화량에 비례한다.

③ 권선비가 $N_1 : N_2 = 2 : 1$일 때, 자기 인덕턴스 L_1은 자기 인덕턴스 L_2의 2배이다.

④ 교류 전압을 변성할 수 있고, 변압기 등에 응용될 수 있다.

정답 3번

간단한 해설

같은 자기회로에서 자기 인덕턴스는 **권선 수의 제곱에 비례**한다. 따라서 권선비가 2:1이면 인덕턴스비는 4:1이므로, ③의 '2배'는 '4배'로 고쳐야 한다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 그림에서 전류가 각각 a_1, a_2로 들어갈 때 두 자속은 모두 철심을 따라 시계 방향으로 흐른다. b_1과 a_2를 연결하면 직렬 전류가 두 코일의 a단자로 들어가므로 자속이 서로 더해지는 **가동 접속**이 된다. 상호 인덕턴스의 크기를 M이라 하면 합성 인덕턴스는 $L_1 + L_2 + 2M$이다. 반면 b_1과 b_2를 연결하면 한 코일의 전류 방향이 반대가 되어 자속이 서로 상쇄되는 차동 접속이 되며, 합성 인덕턴스는 $L_1 + L_2 - 2M$이다. 따라서 앞의 접속에서 합성 인덕턴스가 더 크다.

② O: 한 코일의 전류가 변하면 철심의 자속이 변하고, 이 자속이 다른 코일을 쇄교하여 상호유도 기전력이 생긴다. 상호 인덕턴스 M이 일정할 때 그 크기는 $|e_2| = M\left|\frac{di_1}{dt}\right|$이다. 즉 상호 인덕턴스와 다른 코일 전류의 **단위 시간당 변화량**에 비례한다. 같은 전류 변화라도 더 짧은 시간에 일어날수록 유도기전력이 커진다.

③ X: 같은 철심의 자기저항을 $\mathcal{R}$, 권선 수를 N이라 하면 자속은 $\Phi = \frac{NI}{\mathcal{R}}$이고, 자기 인덕턴스는 $L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{N^2}{\mathcal{R}}$이다. 권선 수가 늘면 만들어지는 자속과 그 자속을 쇄교하는 권선 수가 함께 늘어나므로 인덕턴스는 권선 수의 제곱에 비례한다. 따라서 $\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = 2^2 = 4$이므로, L_1은 L_2의 **2배가 아니라 4배**이다.

④ O: 한 코일에 교류 전압을 가하면 시간에 따라 변하는 자속이 생기고, 이 자속에 의해 다른 코일에도 교류 전압이 유도된다. 이상적인 변압기에서는 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$이므로 **권선비에 따라 전압을 높이거나 낮출 수 있다**. 이와 같은 상호유도 작용을 변압기에 이용한다.

NoteBase

문 7. 전류 $i(t) = t^2 + 2t$[A]가 1[H] 인덕터에 흐르고 있다. $t = 1$일 때, 인덕터의 순시전력 [W]은?

① 12

② 16

③ 20

④ 24

정답 1번

간단한 해설

인덕터 전압은 **전류의 시간 변화율**에 비례하고, 순시전력은 같은 시각의 전압과 전류를 곱한 값이다. 1초에서 전류가 3 A, 전압이 4 V이므로 순시전력은 12 W이다.

계산 과정

전압·전류 관계: 인덕턴스가 일정한 인덕터에서, 전류가 들어가는 단자를 전압의 양(+)의 기준으로 잡으면 $v(t) = L\frac{di(t)}{dt}$이다. 여기서 L은 인덕턴스이며 주어진 값은 1 H이다. 따라서 전압을 구할 때는 전류 자체가 아니라 **전류를 시간에 대해 미분한 값**을 사용한다.

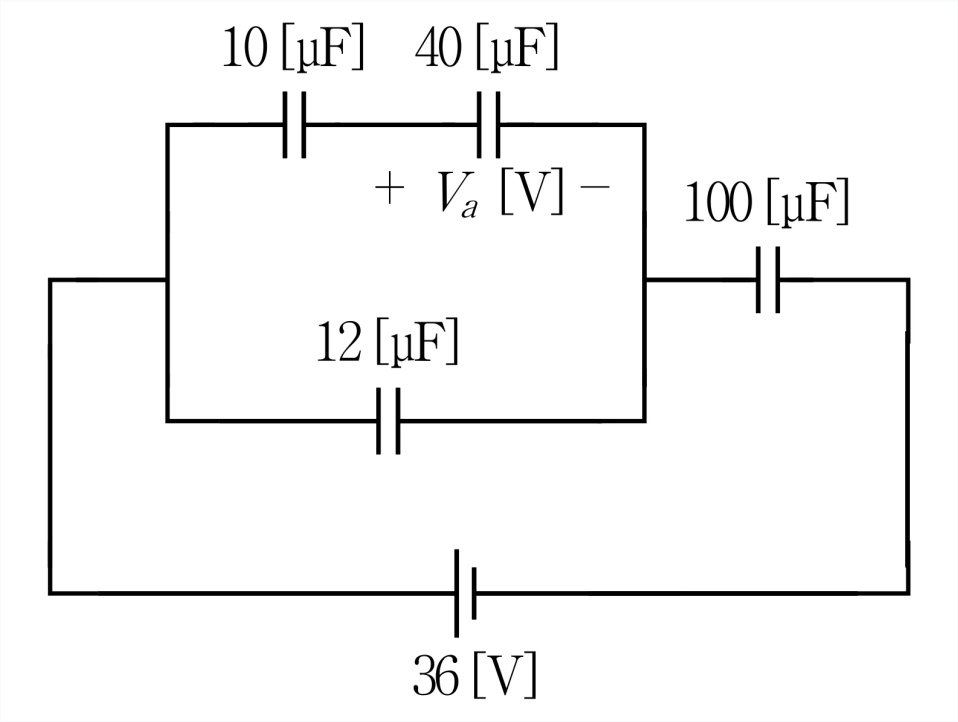
전류: 주어진 전류는 $i(t) = t^2 + 2t$ A이므로, 1초에서 $i(1) = 1^2 + 2 \cdot 1 = 3$ A이다.

전압: 전류를 미분하면 $\frac{di(t)}{dt} = 2t + 2$이다. 1초에서 전류의 시간 변화율은 $2 \times 1 + 2 = 4$ A/s이므로, 인덕터 전압은 1 H × 4 A/s = 4 V이다.

순시전력: 인덕터가 흡수하는 순시전력은 $p(t) = v(t)i(t)$이다. 앞서 구한 **같은 시각의 전압과 전류**를 곱하면 4 V × 3 A = 12 W이므로, ①의 12 W에 해당한다.

NoteBase

문 8. 다음 회로에서 40 [μF] 커패시터 양단의 전압 V_a [V]는?



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 3번

간단한 해설

10 μF와 40 μF의 직렬 부분을 12 μF와 병렬로 합치면 20 μF이고, 이 부분에는 30 V가 걸린다. 위쪽 두 커패시터에서는 **전압이 정전용량에 반비례하여 분배**되므로 40 μF 양단의 전압은 6 V이다.

NoteBase

계산 과정

회로의 연결: 위쪽의 10 μF와 40 μF는 직렬이고, 이 직렬 가지가 아래쪽의 12 μF와 병렬이다. 이 병렬 부분 전체가 오른쪽의 100 μF와 직렬로 연결되어 36 V 전원에 걸린다. 커패시터는 처음에 충전되지 않은 이상적인 소자로 가정한다.

합성 정전용량: 직렬에서는 전하량의 크기가 같고 전압이 더해지므로 두 커패시터의 합성 정전용량은 $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$이다. 따라서 위쪽 가지는 $C_s = \frac{10 \cdot 40}{10 + 40} = 8\mu\text{F}$이다. 병렬에서는 전압이 같고 전하량이 더해지므로 병렬 부분 전체는 8 + 12 = 20 μF이다.

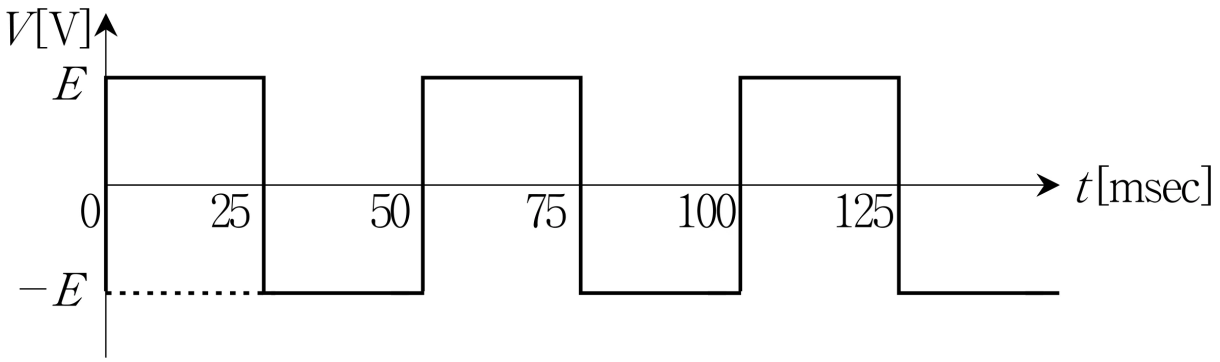
병렬 부분의 전압: 직렬인 20 μF와 100 μF에는 같은 크기의 전하량이 저장된다. $V = \frac{Q}{C}$이므로 **정전용량이 작은 쪽에 더 큰 전압**이 걸린다. 20 μF 부분의 전압을 V_p라 하면 $V_p = 36 \cdot \frac{100}{20 + 100} = 30\text{V}$이다. 이 30 V가 12 μF와 위쪽 직렬 가지에 공통으로 걸린다.

40 μF의 전압: 위쪽의 10 μF와 40 μF도 직렬이므로 전압은 정전용량에 반비례하여 나뉜다. 따라서 $V_a = 30 \cdot \frac{10}{10 + 40} = 6\text{V}$이다. 전원의 양극이 왼쪽이므로 40 μF의 왼쪽 극판 전위가 더 높아 그림의 +, – 기준과 일치한다.

구한 전압 6 V는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 주기적인 전압 파형에 포함되지 않은 고조파의 주파수 [Hz]는?



① 60

② 100

③ 120

④ 140

정답 3번

간단한 해설

파형의 주기는 50 ms이므로 기본주파수는 20 Hz이다. 반주기마다 전압의 부호가 반대로 바뀌는 **반파 대칭** 파형에는 짝수차 고조파가 없으므로, **제6고조파인 120 Hz**가 포함되지 않는다.

계산 과정

주기 확인: 시간축의 단위는 ms이며, 0~25 ms에는 +E, 25~50 ms에는 −E가 나타난다. 50 ms부터 같은 모양이 반복되므로 **주기는 25 ms가 아니라 50 ms**이다. 초 단위로 바꾸면 T = 0.05 s이다.

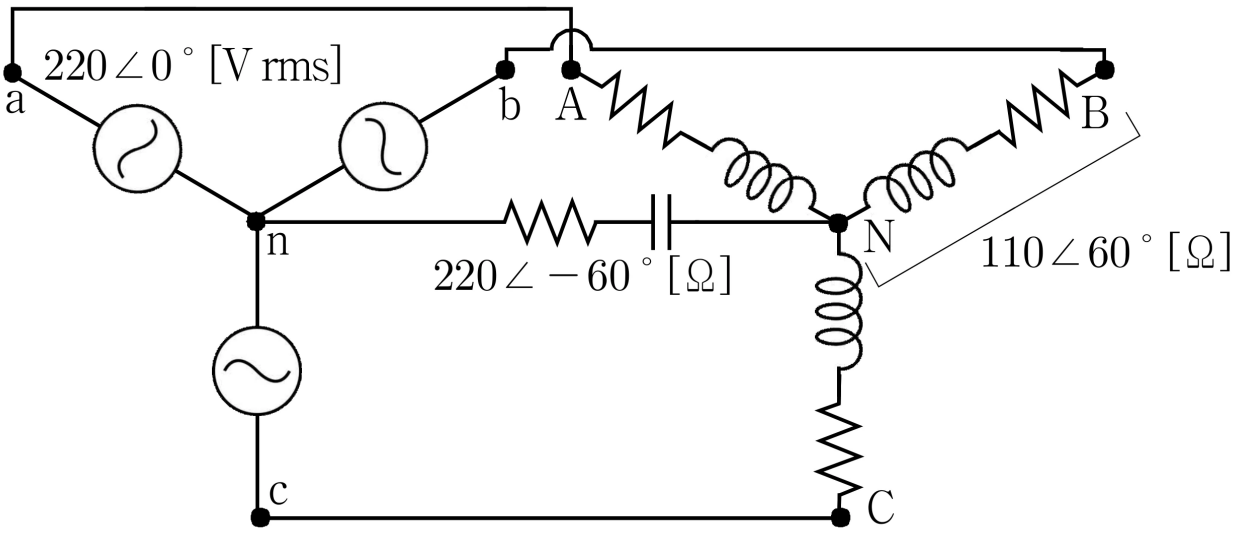
기본주파수 계산: 기본주파수는 1초 동안 파형이 반복되는 횟수이므로 주기의 역수이다. 따라서 $f_1 = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.05} = 20\text{Hz}$이다.

고조파의 구성: 그림의 파형은 반주기인 25 ms만큼 이동하면 크기는 같고 부호만 바뀌므로 $v(t + \frac{T}{2}) = -v(t)$인 반파 대칭을 이룬다. 이 조건에서는 두 반주기의 기여가 상쇄되어 **짝수차 고조파가 나타나지 않는다**. 이와 같이 양·음의 크기와 지속 시간이 같은 구형파에는 기본파와 제3·제5·제7차 등 홀수차 성분이 포함된다.

선택지와 대응: 고조파의 주파수는 $f_n = nf_1$이므로 60 Hz, 100 Hz, 140 Hz는 각각 제3·제5·제7고조파에 해당하여 포함된다. 반면 $\frac{120}{20} = 6$이므로 120 Hz는 짝수차인 제6고조파이며, 포함되지 않는 주파수는 ③의 120 Hz이다.

NoteBase

문 10. 다음 Y−Y 결선 평형 3상 회로에서 부하 한 상에 공급되는 평균전력 [W]은? (단, 극좌표의 크기는 실횻값이다)



① 110

② 220

③ 330

④ 440

정답 2번

간단한 해설

평형 3상 회로에서는 **중성선 전류가 0**이므로 중성선 임피던스에 전압강하가 생기지 않아 부하 상전압이 220 V이다. 부하전류는 2 A, 역률은 0.5이므로 한 상의 평균전력은 **220 W**이다.

NoteBase

계산 과정

상전압 확인: 그림의 $220\angle 0^\circ$ V는 전원 a와 중성점 n 사이의 전압이다. 전원과 부하가 평형이므로 크기가 같고 위상이 120°씩 다른 세 상전류의 합은 0이다. 따라서 n–N 사이의 중성선에는 전류가 흐르지 않고, $220\angle -60^\circ\,\Omega$의 중성선 임피던스에도 전압강하가 없다. 두 중성점의 전위가 같으므로 부하 한 상에 걸리는 전압의 실횻값은 **220 V**이다.

상전류와 역률: 각 부하의 상임피던스는 $Z = 110\angle 60^\circ\,\Omega$이다. 상전류의 실횻값은 상전압을 임피던스의 크기로 나눈 $I = \frac{220}{110} = 2\text{A}$이다. 임피던스각이 60°이므로 전류가 전압보다 60° 뒤지고, **역률**은 $\cos 60^\circ = 0.5$이다.

한 상의 평균전력: 정현파 전압·전류의 실횻값을 사용하면 평균전력은 $P = VI\cos\phi$이다. 여기서 ϕ는 같은 상의 전압과 전류 사이의 위상차이다. 따라서 $P = 220 \cdot 2 \cdot 0.5 = 220\text{W}$이다. 요구한 것은 **부하 한 상의 전력**이므로 3을 곱하지 않으며, 220 W는 ②에 해당한다.

NoteBase

문 11. R-L-C 직렬회로에 100[V]의 교류 전원을 인가할 경우, 이 회로에 가장 큰 전류가 흐를 때의 교류 전원 주파수 f[Hz]와 전류 I[A]는? (단, $R = 50[\Omega]$, $L = 100$[mH], $C = 1,000$[μF]이다)

① f[Hz]: $\frac{50}{\pi}$, I[A]: 2

② f[Hz]: $\frac{50}{\pi}$, I[A]: 4

③ f[Hz]: $\frac{100}{\pi}$, I[A]: 2

④ f[Hz]: $\frac{100}{\pi}$, I[A]: 4

정답 1번

간단한 해설

R-L-C 직렬회로에서는 **유도성 리액턴스와 용량성 리액턴스가 같아지는 공진** 때 임피던스가 최소가 되어 전류가 가장 크다. 공진 주파수는 $f = \frac{50}{\pi}$Hz이고, 이때 저항만 전류를 제한하므로 전류는 2 A이다.

계산 과정

주어진 값과 단위 환산: 전원 전압은 100 V, 저항은 50 Ω이다. 공진 주파수 계산에 사용할 인덕턴스와 정전용량은 H와 F로 맞추어 L = 100 mH = 0.1 H, C = 1,000 μF = 0.001 F로 환산한다.

전류가 최대가 되는 조건: 각주파수를 $\omega = 2\pi f$라 하면, 직렬회로의 합성 리액턴스는 $X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$이고 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$이다. 전원 전압이 일정할 때 전류의 크기 $I = \frac{V}{|Z|}$가 최대가 되려면 임피던스가 최소여야 한다. 따라서 **두 리액턴스가 상쇄되는** $X = 0$, 즉 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$가 공진 조건이다.

공진 주파수: 공진 조건을 정리하면 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다. 값을 대입하면 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{0.1 \cdot 0.001}} = 100$rad/s이다. 이는 각주파수이므로 **주파수로 바꾸려면 2π로 나눈다**. 따라서 $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{50}{\pi}$Hz이다.

최대 전류: 공진 때에는 합성 리액턴스가 0이므로 임피던스의 크기는 저항과 같은 50 Ω이다. 따라서 $I_{\max} = \frac{100}{50} = 2$A이다. 주파수 $\frac{50}{\pi}$Hz와 전류 2 A의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 12. 1대의 용량이 100 [kVA]인 단상 변압기 3대를 평형 3상 Δ결선으로 운전 중 변압기 1대에 장애가 발생하여 2대의 변압기를 V결선으로 이용할 때, 전체 출력용량 [kVA]은?

① $\frac{100}{\sqrt{3}}$
② $\frac{173}{\sqrt{3}}$
③ $\frac{220}{\sqrt{3}}$
④ $\frac{300}{\sqrt{3}}$

정답 4번

간단한 해설

V결선의 **평형 3상 출력용량**은 단상 변압기 1대 용량의 $\sqrt{3}$배이므로, $100\sqrt{3} = \frac{300}{\sqrt{3}}$ kVA이다.

계산 과정

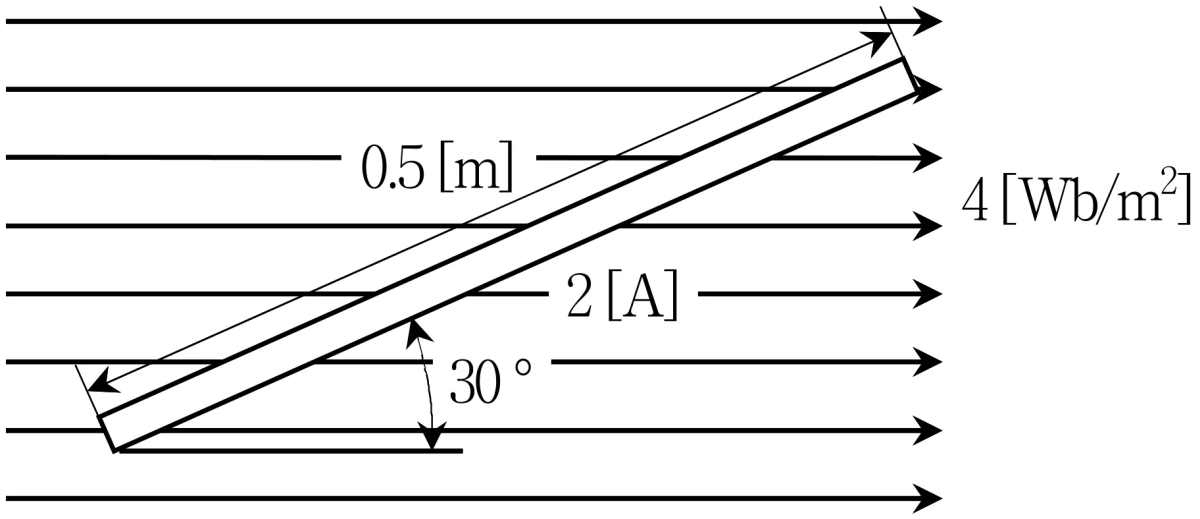
1. 주어진 용량: 단상 변압기 1대의 정격용량을 S_1이라 하면 $S_1 = 100$kVA이다. 3대 중 1대가 고장 나면, 같은 정격의 나머지 2대로 V결선하여 평형 3상 부하에 전력을 공급한다.

2. V결선의 용량 관계: 선간전압을 V_L, 선전류를 I_L이라 하자. V결선에서는 각 변압기 권선에 선간전압이 걸리고, 각 변압기 권선전류의 크기는 선전류와 같다. 따라서 각 변압기를 정격까지 사용할 때 $V_L I_L = S_1$이다. 평형 3상의 피상전력은 $S_V = \sqrt{3} V_L I_L$이므로, V결선의 전체 출력용량은 $S_V = \sqrt{3} S_1$이다. 즉, 전체 출력용량은 **남은 2대의 정격용량을 단순히 합한 값이 아니다**.

3. 수치 대입: $S_V = \sqrt{3} \cdot 100 = 100\sqrt{3}$kVA이다. 이를 선택지의 형태로 바꾸면 $100\sqrt{3} = \frac{300}{\sqrt{3}}$이므로, 전체 출력용량은 $\frac{300}{\sqrt{3}}$ kVA로 ④에 해당한다.

NoteBase

문 13. 자속밀도 4 [Wb/m^2]의 평등자장 안에서 자속과 30° 기울어진 길이 0.5 [m]의 도체에 전류 2 [A]를 흘릴 때, 도체에 작용하는 힘 F [N]는?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

자기장 속 도체에 작용하는 힘은 **자기장에 수직인 도체 길이 성분**에 비례한다. 도체가 자속과 30°를 이루므로 $F = BIl\sin 30^\circ$를 적용하면 힘의 크기는 2 N이다.

NoteBase

계산 과정

조건 확인: 자속밀도 B = 4 Wb/m^2, 전류 I = 2 A, 도체 길이 l = 0.5 m이다. 그림에서 오른쪽으로 향하는 자속과 도체가 이루는 각은 30°이다. 1 Wb/m^2 = 1 T이므로 자속밀도는 4 T이며, 주어진 값은 모두 SI 단위이므로 별도의 수치 환산은 필요하지 않다.

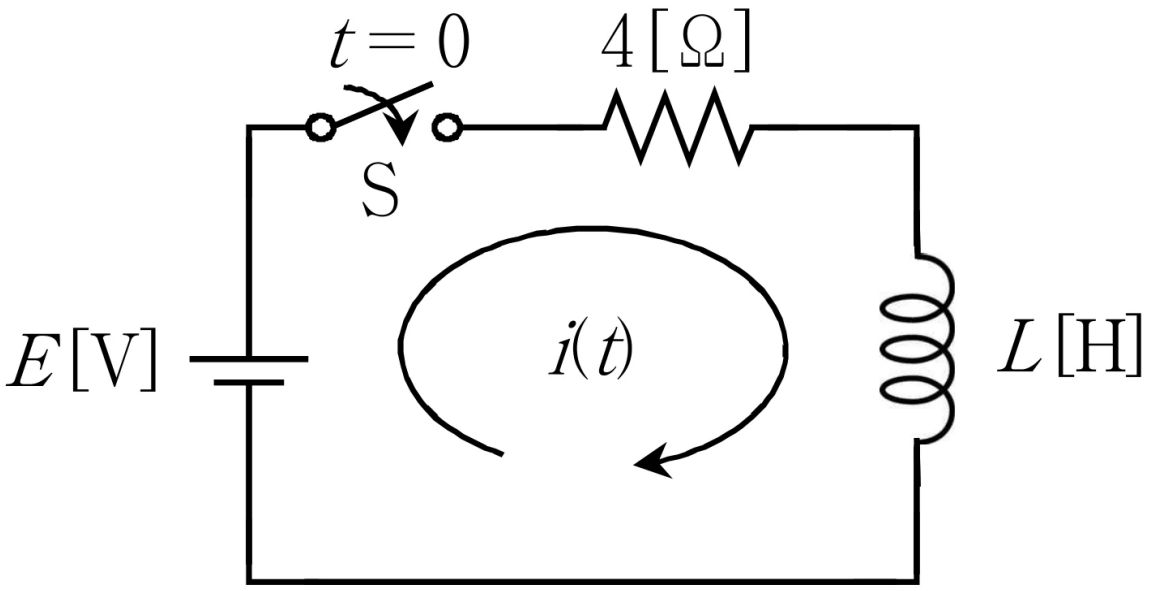
힘의 관계: 균일한 자기장 속 직선 도체에 작용하는 자기력의 크기는 $F = BIl\sin\theta$이다. 여기서 θ는 도체와 자기장 사이의 각이다. 힘을 계산할 때에는 전체 길이에 **각도의 사인값**을 곱하여 자기장에 수직인 길이 성분을 구한다.

수직 길이 성분: $l\sin 30^\circ = 0.5 \cdot \frac{1}{2} = 0.25\text{m}$이다. 이 0.25 m가 힘의 크기를 결정하는 도체 길이 성분이다.

힘 계산: F = 4 × 2 × 0.25 = 2 N이다. 따라서 도체에 작용하는 힘의 크기는 2 N으로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 다음 $R-L$ 직렬회로에서 $t=0$에서 스위치 S를 닫았다. $t=3$에서 전류의 크기가 $i(3)=4(1-e^{-1})$ [A]일 때, 전압 E [V]와 인덕턴스 L [H]은?



① E[V]: 8, L[H]: 6

② E[V]: 8, L[H]: 12

③ E[V]: 16, L[H]: 6

④ E[V]: 16, L[H]: 12

정답 4번

간단한 해설

초기 전류가 0인 R-L 직렬회로의 전류는 **정상상태 전류에 지수적으로 접근**한다. 주어진 전류는 약 2.53 A이므로 선지의 8 V로는 도달할 수 없고, 16 V를 적용하면 **시정수는 3초**가 되어 인덕턴스는 12 H이다.

NoteBase

계산 과정

회로 조건과 전류식: 그림의 저항은 R = 4 Ω이고, 스위치를 닫기 전에는 회로가 끊어져 있어 초기 전류는 0이다. 인덕터는 전류의 급격한 변화를 억제하므로 전류는 0에서 서서히 증가한다. 직류 전압 E를 가한 직렬회로의 전류는 $i(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau})$이며, $\tau = \frac{L}{R}$는 전류 변화의 빠르기를 나타내는 시정수이다. 따라서 이 회로에서는 $i(3) = \frac{E}{4}(1 - e^{-12/L})$이다.

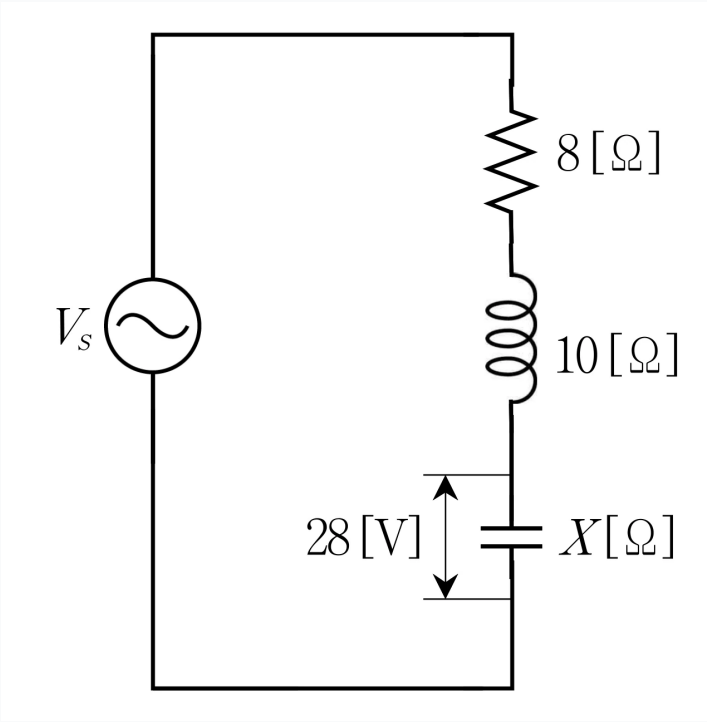
전압 E 결정: 주어진 전류는 $4(1 - e^{-1}) \approx 2.53$ A이다. 전류는 **정상상태 값보다 작은 상태에서 증가**하므로, E = 8 V이면 $\frac{E}{R} = \frac{8}{4} = 2$ A에 도달하기 전의 값만 가질 수 있다. 이는 약 2.53 A라는 조건을 만족하지 못한다. 따라서 선지에 제시된 전압 중 E = 16 V를 택하며, 이때 정상상태 전류는 $\frac{16}{4} = 4$ A이다.

인덕턴스 L 계산: E = 16 V를 전류식에 대입하면 $4(1 - e^{-12/L}) = 4(1 - e^{-1})$이다. 양변의 공통 계수를 소거하면 $e^{-12/L} = e^{-1}$이므로 $\frac{12}{L} = 1$에서 L = 12 H를 얻는다. 이때 $\tau = \frac{12}{4} = 3$초이므로, t = 3초는 **시정수가 한 번 지난 시점**이고 전류는 정상상태 값의 약 63.2 %이다.

따라서 E = 16 V, L = 12 H의 조합으로, ④와 일치한다.

NoteBase

문 15. 다음 회로의 역률이 0.8일 때, 전압 V_s[V]와 임피던스 X[Ω]는? (단, 전체 부하는 유도성 부하이다)



① V_s[V]: 70, X[Ω]: 2

② V_s[V]: 70, X[Ω]: 4

③ V_s[V]: 80, X[Ω]: 2

④ V_s[V]: 80, X[Ω]: 4

정답 2번

간단한 해설

역률 0.8과 저항 8 Ω에서 전체 임피던스의 크기는 10 Ω이다. **전체 부하가 유도성**이므로 합성 리액턴스는 +6 Ω이고, 커패시터의 리액턴스 X는 10 − 6 = 4 Ω이다. 커패시터 전압 28 V에서 전류는 7 A이므로 전원 전압은 70 V이다.

NoteBase

계산 과정

회로 조건: 그림은 저항 8 Ω, 유도성 리액턴스 10 Ω인 코일, 용량성 리액턴스가 X Ω인 커패시터의 직렬회로이다. 커패시터 양단 전압은 28 V이며, **직렬회로이므로 모든 소자에 같은 전류**가 흐른다. 여기서 X는 커패시터 리액턴스의 크기이고, 합성 리액턴스에는 음의 부호로 반영한다.

전체 임피던스: 전압과 전류의 위상차를 φ, 전체 임피던스를 Z라 하면 직렬회로의 역률은 $\cos\varphi = \frac{R}{|Z|}$이다. 따라서 $|Z| = \frac{8}{0.8} = 10\Omega$이다. 이 10 Ω은 저항과 합성 리액턴스를 함께 반영한 전체 임피던스의 크기이다.

커패시터의 리액턴스 X: 전체 임피던스는 $Z = 8 + j(10 - X)$이고, 저항 성분과 리액턴스 성분은 위상이 90° 다르므로 $|Z|^2 = 8^2 + (10 - X)^2$이다. **전체 부하가 유도성**이므로 $10 - X > 0$인 값을 택한다. 따라서 $10 - X = \sqrt{10^2 - 8^2} = 6$이며, $X = 10 - 6 = 4\Omega$이다.

회로 전류: 커패시터 전압의 크기는 전류와 용량성 리액턴스 크기의 곱이므로 $V_C = IX$이다. 따라서 $I = \frac{V_C}{X} = \frac{28}{4} = 7\text{A}$이다. 이 전류가 전원과 나머지 소자에도 동일하게 흐른다.

전원 전압: 교류회로의 옴의 법칙에서 전원 전압의 크기는 $V_s = I|Z|$이므로 $V_s = 7 \cdot 10 = 70\text{V}$이다. 전압 70 V와 리액턴스 4 Ω의 조합은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 16. $R-L$ **직렬회로에 직류 전압 100[V]를 인가하면 정상상태 전류는 10[A]이고,** $R-C$ **직렬회로에 직류 전압 100[V]를 인가하면 초기전류는 10[A]이다. 이 두 회로의 설명으로 옳지 않은 것은? (단,** C**=100[μF],** L**=1[mH]이고, 각 회로에 직류 전압을 인가하기 전 초깃값은 0이다)**

① $R-L$ 직렬회로의 시정수는 L이 10배 증가하면 10배 증가한다.

② $R-L$ 직렬회로의 시정수가 $R-C$ 직렬회로의 시정수보다 10배 크다.

③ $R-C$ 직렬회로의 시정수는 C가 10배 증가하면 10배 증가한다.

④ $R-L$ 직렬회로의 시정수는 0.1[msec]다.

정답 2번

간단한 해설

두 회로의 저항은 각각 10 Ω이며, 시정수는 R-L 회로가 0.1 ms, R-C 회로가 1 ms이다. 따라서 R-L 회로의 시정수는 R-C 회로의 **10배가 아니라 1/10배**이다.

선지별 해설

R-L 회로는 직류 정상상태에서 인덕터 양단 전압이 0이므로 저항에 100 V가 모두 걸린다. R-C 회로는 초기 커패시터 전압이 0이고 그 전압이 순간적으로 변할 수 없으므로 전압을 인가한 직후 저항에 100 V가 모두 걸린다. 주어진 전류가 각각 10 A이므로 두 회로의 저항은 모두 $R=\frac{100}{10}=10\Omega$이다. 시정수는 과도응답이 얼마나 빠르게 변하는지를 나타내는 시간으로, R-L 직렬회로에서는 $\tau_{RL}=\frac{L}{R}$, R-C 직렬회로에서는 $\tau_{RC}=RC$이다.

① O: $\tau_{RL}=\frac{L}{R}$이므로 **저항이 일정하면 인덕턴스에 비례**한다. 따라서 L만 10배로 증가시키면 시정수도 10배가 된다.

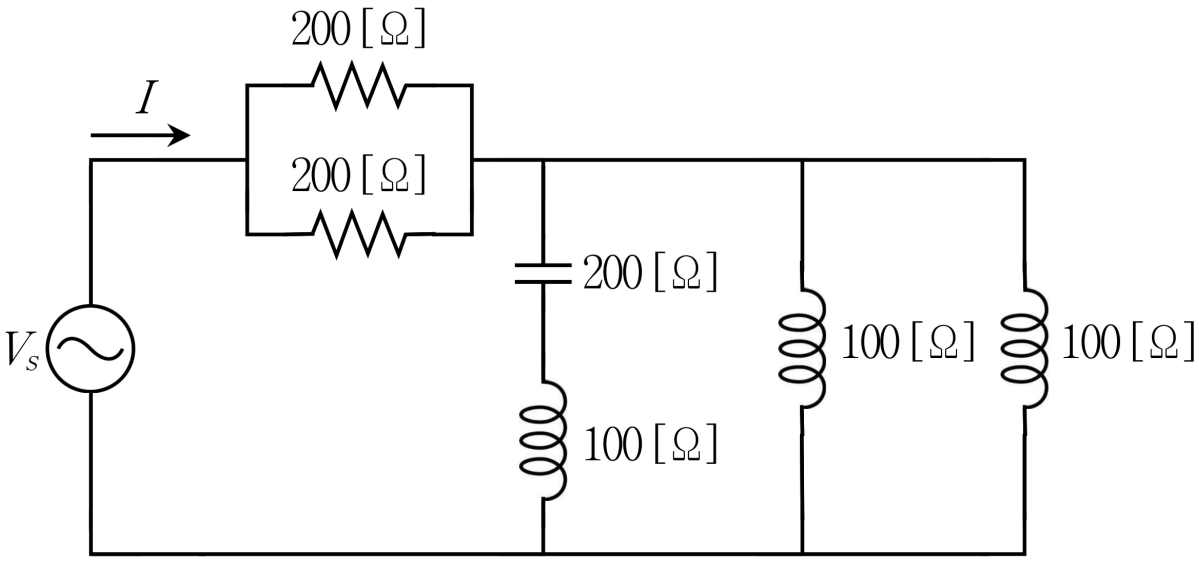
② X: 1 mH = 0.001 H이므로 R-L 회로의 시정수는 $\tau_{RL}=\frac{0.001}{10}=0.0001\text{s}$, 즉 0.1 ms이다. 100 μF = 0.0001 F이므로 R-C 회로의 시정수는 $\tau_{RC}=10\cdot 0.0001=0.001\text{s}$, 즉 1 ms이다. 따라서 R-L 회로의 시정수는 R-C 회로의 **1/10배**이며, 10배 큰 것은 R-C 회로의 시정수이다.

③ O: $\tau_{RC}=RC$이므로 **저항이 일정하면 정전용량에 비례**한다. 따라서 C만 10배로 증가시키면 시정수도 10배가 된다.

④ O: R-L 회로의 시정수는 0.0001 s이다. **1 s = 1000 ms**이므로 0.0001 × 1000 = 0.1 ms이며, 선지의 0.1 msec와 같다.

NoteBase

문 17. 다음 회로에서 전원 V_s[V]가 R-L-C로 구성된 부하에 인가되었을 때, 전체 부하의 합성 임피던스 Z[Ω] 및 전압 V_s와 전류 I의 위상차 θ[°]는?



① Z[Ω]: 100, θ[°]: 45

② Z[Ω]: 100, θ[°]: 60

③ Z[Ω]: $100\sqrt{2}$, θ[°]: 45

④ Z[Ω]: $100\sqrt{2}$, θ[°]: 60

정답 3번

간단한 해설

병렬로 연결된 저항 두 개의 합성저항은 100 Ω이고, 오른쪽 세 가지의 합성 임피던스는 유도성인 $j100$ Ω이다. 따라서 전체 임피던스의 크기는 $100\sqrt{2}$ Ω이며, **전류가 전압보다 45° 늦는다**.

NoteBase

계산 과정

회로의 코일과 커패시터 옆에 표시된 Ω 값은 각각 유도성·용량성 리액턴스의 크기이다. 허수단위 j를 쓰면 코일의 임피던스는 jX_L, 커패시터의 임피던스는 $-jX_C$이다. 왼쪽 저항 병렬부와 오른쪽 세 가지 병렬부는 서로 직렬로 연결되어 있다.

저항 병렬부: 200 Ω 저항 두 개는 양 끝이 같은 두 접점에 연결되어 있으므로 병렬이다. 합성저항은 $R = \frac{200 \cdot 200}{200 + 200} = 100\Omega$이다.

C-L 직렬 가지: 오른쪽 병렬부의 맨 왼쪽 가지에서는 커패시터와 코일에 같은 전류가 흐르므로 임피던스를 더한다. $Z_1 = -j200 + j100 = -j100\Omega$이며, 이 가지는 **용량성**이다. 나머지 두 가지는 각각 코일 하나이므로 $Z_2 = Z_3 = j100\Omega$이다.

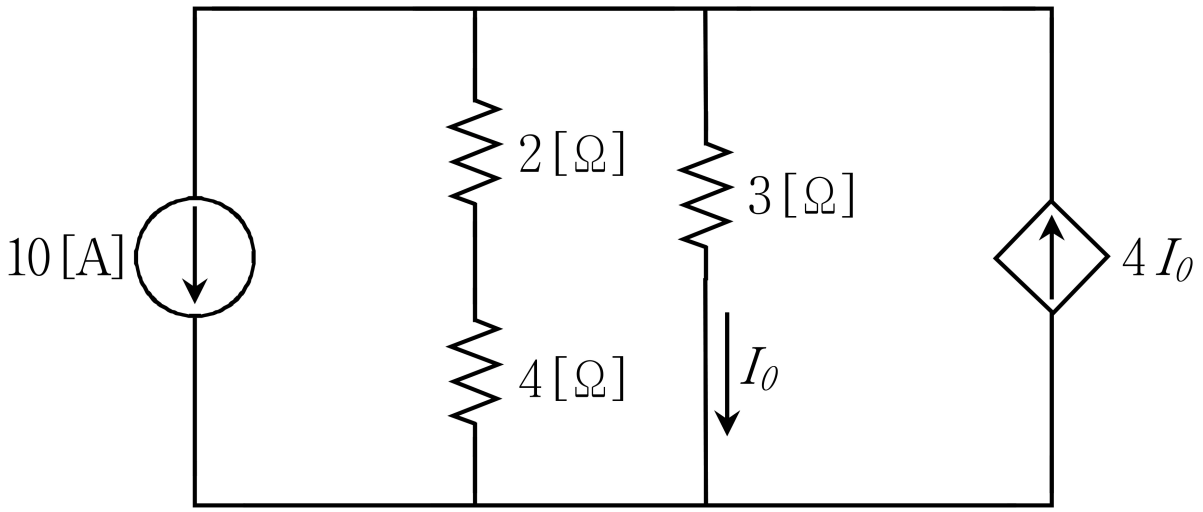
세 가지의 병렬 합성: 병렬에서는 전압이 같고 전류가 더해지므로 **임피던스의 역수인 어드미턴스를 더한다**. C-L 가지의 어드미턴스는 $\frac{1}{-j100} = \frac{j}{100}$ S이고, 코일만 있는 각 가지는 $\frac{1}{j100} = -\frac{j}{100}$ S이다. 따라서 합성 어드미턴스는 $Y_p = \frac{j}{100} - \frac{2j}{100} = -\frac{j}{100}$ S이며, 이를 다시 뒤집으면 $Z_p = \frac{1}{Y_p} = j100\Omega$이다.

전체 임피던스의 크기: 두 합성부는 직렬이므로 전체 복소 임피던스는 $Z_{\text{eq}} = R + Z_p = 100 + j100\Omega$이다. 실수부는 저항, 허수부는 순리액턴스이므로 크기는 단순 합이 아니라 $|Z_{\text{eq}}| = \sqrt{100^2 + 100^2}$로 구한다. 따라서 문제에서 묻는 크기 Z는 $100\sqrt{2}$ Ω이다.

위상차: 임피던스의 위상각은 $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{100}{100}\right) = 45\,^\circ$이다. $V_s = Z_{\text{eq}} I$이고 허수부가 양수인 유도성 부하이므로 전압이 전류보다 45° 앞선다. 즉, 전류가 전압보다 45° 늦으며, 임피던스 크기 $100\sqrt{2}$ Ω과 위상차 45°의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 18. 다음 직류회로에서 4[Ω] 저항의 소비전력[W]은?



① 4

② 8

③ 12

④ 16

정답 4번

간단한 해설

2 Ω과 4 Ω의 직렬 가지에는 **2 A**가 흐른다. 저항의 소비전력은 $P = I^2R$이므로 4 Ω 저항의 소비전력은 **16 W**이다.

NoteBase

계산 과정

가지의 연결: 2 Ω과 4 Ω은 직렬이므로 이 가지의 합성저항은 2 + 4 = 6 Ω이다. 6 Ω 가지와 3 Ω 가지는 같은 위·아래 노드에 연결되어 **양단 전압이 같다**. 6 Ω 가지에서 위에서 아래로 흐르는 전류를 I라 두면, 4 Ω 저항에도 같은 전류 I가 흐른다.

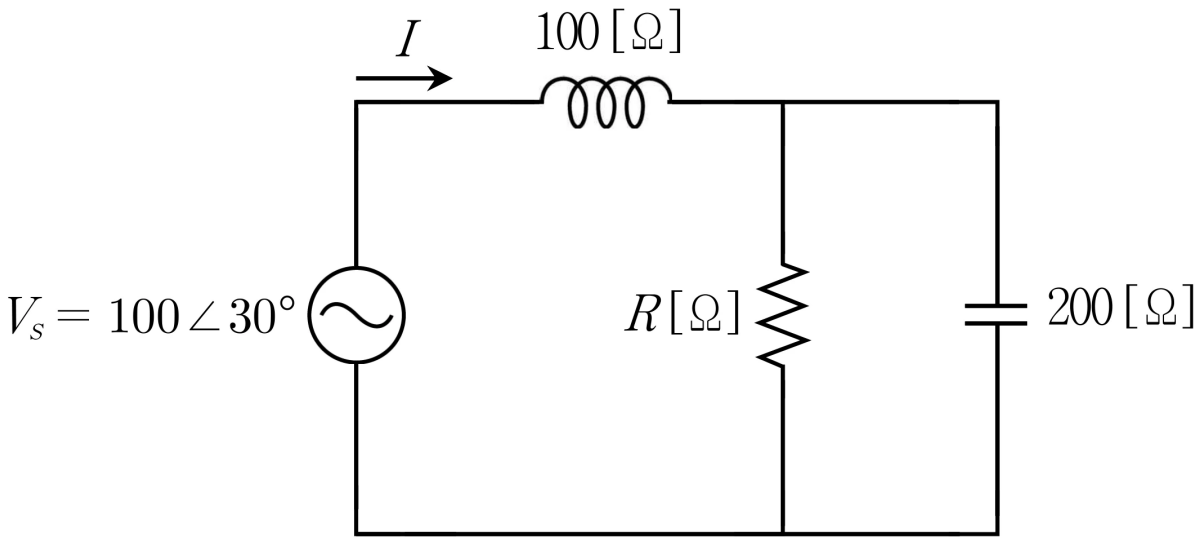
전류의 관계: 그림의 I_0는 3 Ω 가지에서 아래로 흐르는 전류이다. 두 저항 가지의 전압이 같으므로 옴의 법칙에 따라 $6I = 3I_0$, 즉 $I_0 = 2I$이다. 저항이 절반인 3 Ω 가지에는 6 Ω 가지의 두 배 전류가 흐른다는 뜻이다.

노드 전류 계산: 위쪽 노드에서 종속 전류원의 $4I_0$는 위로 흘러 들어오고, 10 A 전류와 두 저항 가지의 전류는 아래로 흘러 나간다. **유입 전류의 합과 유출 전류의 합이 같다**는 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $4I_0 = 10 + I + I_0$이다. 여기에 $I_0 = 2I$를 대입하면 $8I = 10 + 3I$이므로 I = 2 A이다.

소비전력 계산: 직류 저항의 소비전력은 전압과 전류의 곱이며, 옴의 법칙을 적용하면 $P = I^2R$이다. 따라서 4 Ω 저항의 소비전력은 $P = 2^2 \cdot 4 = 16$ W로, ④의 16 W와 일치한다.

NoteBase

문 19. 다음 직·병렬 회로에서 전류 *I*[A]의 위상이 전압 V_s[V]의 위상과 같을 때, 저항 *R*[Ω]은?



① 100

② 200

③ 300

④ 400

정답 2번

간단한 해설

전압과 전류의 위상이 같으려면 **전체 임피던스의 허수부가 0**이어야 한다. 코일의 유도성 리액턴스 100 Ω과 저항·커패시터 병렬부의 용량성 성분이 상쇄되는 조건을 풀면 R = 200 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

1. 회로의 임피던스: 그림에서 코일은 저항 R과 커패시터의 병렬부에 직렬로 연결되어 있다. 코일의 임피던스는 $Z_L = j100\,\Omega$, 커패시터의 임피던스는 $Z_C = -j200\,\Omega$이다. 여기서 j는 허수 단위이며, 유도성 성분은 양의 허수부, 용량성 성분은 음의 허수부로 나타낸다.

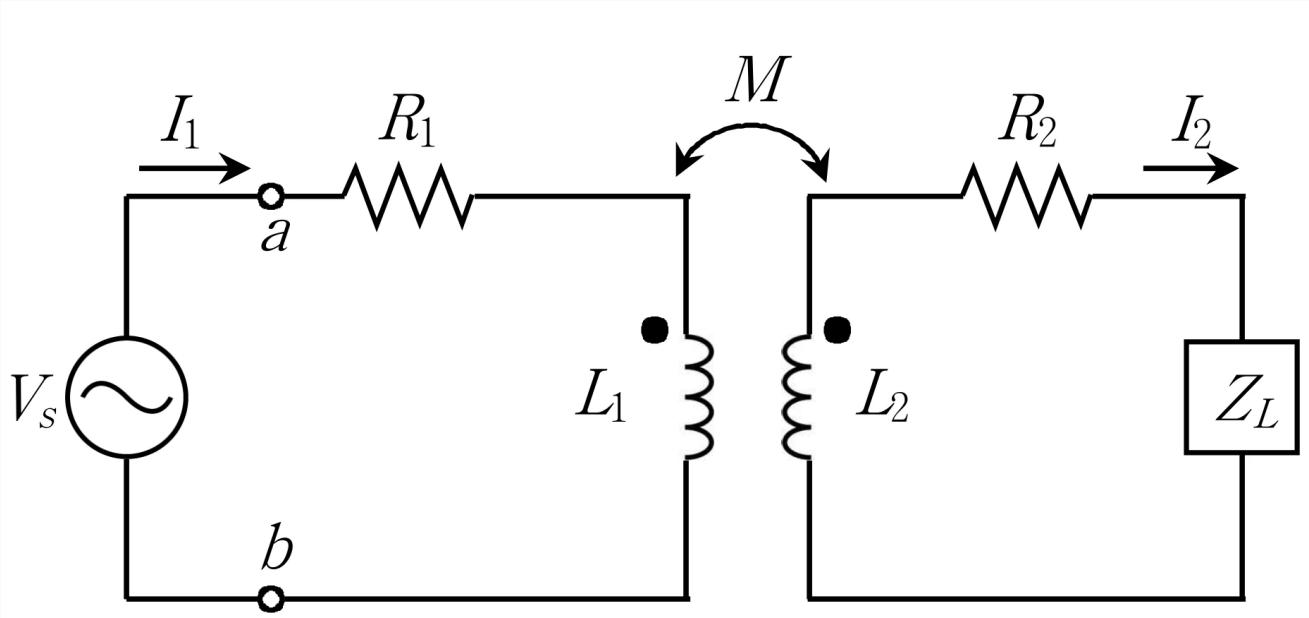
2. 병렬부 계산: 저항과 커패시터는 **병렬 연결**이므로 두 임피던스의 곱을 합으로 나눈다. 병렬부 임피던스를 Z_p라 하면 $Z_p = \frac{R(-j200)}{R - j200}\,\Omega$이다. 분모의 켤레복소수로 분자와 분모를 곱해 정리하면 $Z_p = \frac{40000R}{R^2 + 40000} - j\frac{200R^2}{R^2 + 40000}\,\Omega$이다. 이 식의 음의 허수부가 코일의 양의 허수부를 상쇄한다.

3. 동상 조건: 전체 임피던스는 $Z = Z_L + Z_p$이고, 전압과 전류는 $V_s = ZI$의 관계를 갖는다. 두 위상이 같으려면 Z가 양의 실수여야 하므로 **허수부를 0으로 둔다**. 따라서 $100 - \frac{200R^2}{R^2 + 40000} = 0$이다. 전원 전압의 위상이 30°라는 것은 이 조건에서 전류의 위상도 30°라는 뜻이며, 저항값을 구하는 데 전압의 크기를 대입할 필요는 없다.

4. 저항값 결정: 동상 조건을 정리하면 $100(R^2 + 40000) = 200R^2$이고, $R^2 = 40000$이다. 저항은 양수이므로 R = 200 Ω을 얻는다. 이를 대입하면 병렬부는 $Z_p = 100 - j100\,\Omega$, 전체는 Z = 100 Ω이 되어 전압과 전류의 위상이 같아진다. 구한 저항값 200 Ω은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 저항 $R_1 = R_2 = 10$[Ω], 자기 인덕턴스 $L_1 = 10$[H], $L_2 = 100$[H], 상호 인덕턴스 $M = 10$[H]로 구성된 회로의 임피던스 Z_{ab}[Ω]는? (단, 전원 V_s의 각속도는 $\omega = 1$[rad/s]이고 $Z_L = 10 - j100$[Ω]이다.)



① 10-j15

② 10+j15

③ 15-j10

④ 15+j10

정답 4번

간단한 해설

2차 회로에서는 코일의 유도성 리액턴스와 부하의 용량성 리액턴스가 **서로 상쇄**되어 합성 임피던스가 20 Ω이 된다. 이 회로가 1차 측에 더하는 임피던스는 5 Ω이므로, 입력 임피던스는 15+j10 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

그림의 전류 방향을 기준으로 하면 I_1은 1차 코일의 점 표시 단자로 들어가고, I_2는 2차 코일의 점 표시 단자에서 나온다. 따라서 각 코일에서 전류 방향으로 전압강하를 잡으면 **상호유도 항의 부호는 음수**이다. 여기서 j는 허수단위이며, $j^2 = -1$이다.

2차 회로의 합성 임피던스를 $D = R_2 + Z_L + j\omega L_2$라 하자. $\omega = 1$ rad/s이므로 2차 코일의 임피던스는 $j\omega L_2 = j100\,\Omega$이다. 부하의 −j100 Ω와 상쇄되어 **저항 성분만 남으므로**, D = 10 + 10 = 20 Ω이다.

2차 회로에 키르히호프 전압법칙을 적용하면 $DI_2 - j\omega MI_1 = 0$이다. 따라서 전류비는 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{j\omega M}{D} = \frac{j10}{20} = \frac{j}{2}$이다. 이는 2차 전류의 크기가 1차 전류의 절반이고 위상이 90° 앞선다는 뜻이다.

1차 입력 전압은 $V_{ab} = (R_1 + j\omega L_1)I_1 - j\omega MI_2$이다. 이를 I_1으로 나누면 입력 임피던스는 $Z_{ab} = R_1 + j\omega L_1 - j\omega M\frac{I_2}{I_1}$이다. 앞서 구한 전류비를 대입하면 상호유도에 의한 추가 항은 $-j10 \cdot \frac{j}{2} = 5\,\Omega$이다. 즉, 2차 회로의 영향이 1차 측에서는 **5 Ω의 저항 성분**으로 나타난다.

따라서 $Z_{ab} = 10 + j10 + 5 = 15 + j10\,\Omega$이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase