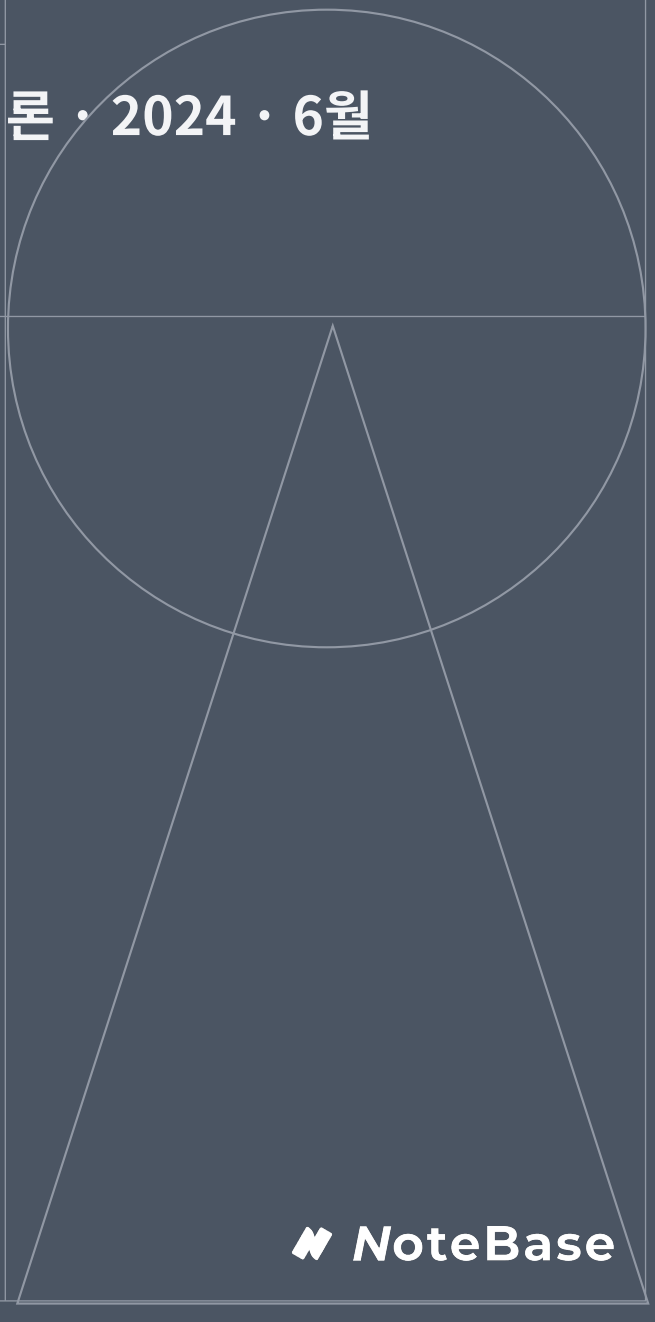
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2024 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2024 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2024 · 6월

문 1. 어떤 콘덴서에 1[A]의 전류가 흘러 들어가고 있으며, 콘덴서의 전압 변화율은 10[V/s]이다. 해당 콘덴서의 정전용량으로 알맞은 것은?

① 10[mF]

② 0.1[F]

③ 1[F]

④ 10[F]

정답 2번

간단한 해설

콘덴서 전류는 **정전용량과 전압 변화율의 곱**이므로, 정전용량은 전류를 전압 변화율로 나누어 구한다. 주어진 값으로 계산하면 $C = \frac{1}{10} = 0.1\text{F}$이다.

계산 과정

정전용량 C가 일정한 콘덴서에서는 저장 전하량 q와 전압 v가 $q = Cv$의 관계를 갖는다. 전류는 전하량의 시간 변화율이므로 $i = \frac{dq}{dt} = C\frac{dv}{dt}$이다. 즉, 전류를 결정하는 것은 전압 자체가 아니라 **전압의 시간 변화율**이다.

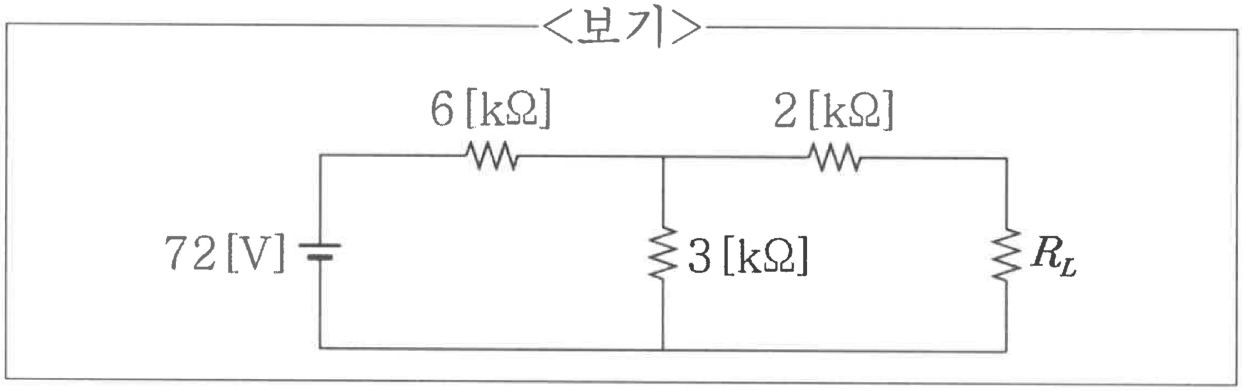
주어진 전류는 1 A이고 전압 변화율은 10 V/s이다. 전류 관계식을 C에 대해 정리하여 대입하면 $C = \frac{i}{dv/dt} = \frac{1}{10} = 0.1\text{F}$이다. 단위도 $\frac{\text{A}}{\text{V/s}} = \frac{\text{A}\cdot\text{s}}{\text{V}} = \text{F}$이므로 정전용량의 단위와 일치한다.

구한 정전용량은 0.1 F로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. <보기>의 회로에서 테브난 등가회로의 저항[kΩ]과 전압[V]은?

<보기>



① 테브난 저항[kΩ]: 3, 테브난 전압[V]: 12

② 테브난 저항[kΩ]: 4, 테브난 전압[V]: 24

③ 테브난 저항[kΩ]: 5, 테브난 전압[V]: 36

④ 테브난 저항[kΩ]: 6, 테브난 전압[V]: 48

정답 2번

간단한 해설

부하를 개방하면 **2 kΩ 저항의 전압 강하가 0**이므로, 테브난 전압은 3 kΩ 저항에 분배되는 24 V이다. 전압원을 단락했을 때 부하 단자에서 본 저항은 2 kΩ과 6 kΩ·3 kΩ의 병렬 합성저항을 더한 4 kΩ이다.

계산 과정

테브난 전압: 부하 R_L을 떼어 내어 두 단자를 개방한다. 이때 **2 kΩ 저항에는 전류가 흐르지 않으므로** 전압 강하도 없다. 따라서 부하 단자의 개방전압은 3 kΩ 저항 양단의 전압과 같다. 6 kΩ과 3 kΩ은 72 V 전원에 직렬로 연결되므로 전압분배 법칙을 적용하면 $V_{\text{th}} = 72 \times \frac{3}{6+3} = 24\text{V}$이다. 전원의 위쪽이 양극이므로 부하의 위쪽 단자가 아래쪽보다 24 V 높다.

테브난 저항: 부하를 떼어 낸 상태에서 **독립 전압원을 0 V로 만들어 단락**한다. 그러면 6 kΩ과 3 kΩ이 같은 두 노드 사이에 연결되어 병렬이 되고, 그 합성저항은 $R_p = \frac{6\times 3}{6+3} = 2\text{k}\Omega$이다. 부하 단자에서 보면 이 병렬 합성저항과 위쪽의 2 kΩ 저항이 직렬이므로 $R_{\text{th}} = 2 + 2 = 4\text{k}\Omega$이다.

테브난 저항 4 kΩ, 테브난 전압 24 V로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 선로의 직렬 임피던스가 $Z = R + j\omega L[\Omega]$이며, 병렬 어드미턴스가 $Y = G + j\omega C[S]$이다. 선로가 무손실 선로일 때, 선로의 특성 임피던스는?

① $\sqrt{\frac{C}{L}}$
② $\sqrt{\frac{L}{C}}$
③ $\sqrt{LC}$
④ $\sqrt{L^2C}$

정답 2번

간단한 해설

무손실 선로에서는 **저항과 누설 컨덕턴스가 모두 0**이므로, 특성 임피던스는 $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$이다. 인덕턴스 L과 정전용량 C의 곱이 아니라 비의 제곱근으로 결정된다.

공통 해설

특성 임피던스는 선로를 따라 진행하는 파의 전압과 전류의 비이다. 정현파 정상상태에서 직렬 임피던스 Z와 병렬 어드미턴스 Y를 사용하면 $Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$로 나타낸다. 여기서 R, L, G, C는 각각 선로의 단위 길이당 저항, 인덕턴스, 누설 컨덕턴스, 정전용량이다.

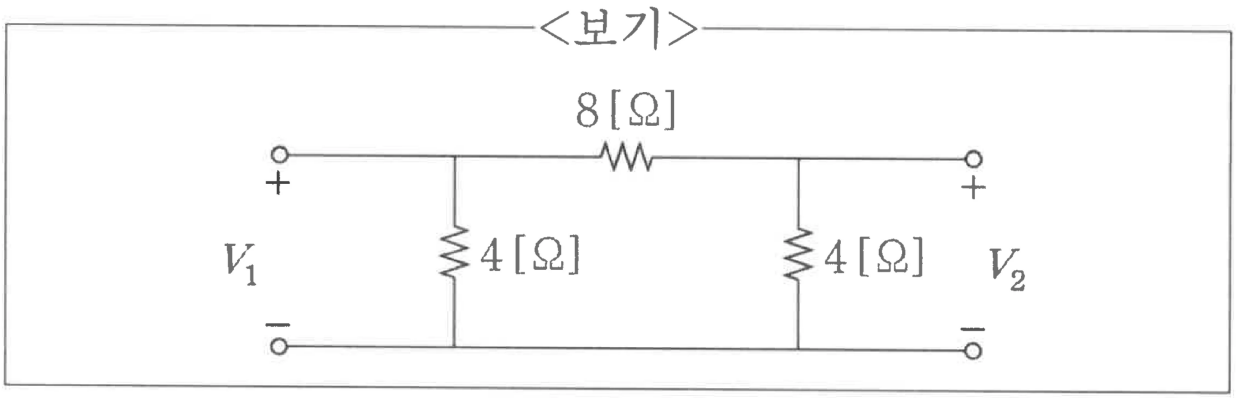
무손실 선로는 도체의 저항 손실과 절연체의 누설 손실이 없는 선로이므로 **R = 0, G = 0**이다. 따라서 $Z = j\omega L$, $Y = j\omega C$이며, 이를 대입하면 $Z_0 = \sqrt{\frac{j\omega L}{j\omega C}} = \sqrt{\frac{L}{C}}$가 된다.

분자와 분모의 공통 인자 $j\omega$가 약분되므로 특성 임피던스는 주파수에 무관한 양의 실수이며 단위는 Ω이다. 즉, **L을 C로 나눈 값의 제곱근**이므로 L과 C의 위치를 바꾸거나 곱한 식과 구별한다.

NoteBase

문 4. <보기>의 4단자망 회로에서 ABCD 파라미터 값은?

<보기>



① A: 2, B: 1, C: 3, D: 2

② A: 3, B: 1, C: 8, D: 3

③ A: 2, B: 3, C: 1, D: 2

④ A: 3, B: 8, C: 1, D: 3

정답 4번

간단한 해설

출력단을 개방해도 **오른쪽 4 Ω 저항에는 전류가 흐른다**. 개방·단락 조건을 적용하면 A = D = 3, B = 8 Ω, C = 1 S이다.

NoteBase

계산 과정

회로는 양쪽의 병렬 저항 4 Ω과 가운데의 직렬 저항 8 Ω으로 이루어진 π형 4단자망이다. 입력 전류 I_1은 왼쪽 단자로 들어가는 방향, 출력 전류 I_2는 오른쪽 단자에서 외부로 나가는 방향으로 정한다. 이때 ABCD 파라미터는 $V_1 = AV_2 + BI_2$, $I_1 = CV_2 + DI_2$의 계수이다.

A 계산: 출력단을 개방하면 외부로 나가는 전류는 $I_2 = 0$이지만, **내부의 오른쪽 4 Ω 저항은 그대로 연결되어 있다**. 따라서 8 Ω 저항을 흐르는 전류는 $\frac{V_2}{4\Omega}$이다. 입력 전압은 $V_1 = V_2 + 8\Omega \cdot \frac{V_2}{4\Omega} = 3V_2$이므로, $A = \frac{V_1}{V_2} = 3$이다.

C 계산: 출력단 개방 상태의 입력 전류는 **왼쪽 4 Ω 저항 전류와 8 Ω 저항 전류의 합**이다. 따라서 $I_1 = \frac{V_1}{4\Omega} + \frac{V_2}{4\Omega}$이다. 여기에 $V_1 = 3V_2$를 대입하면 $C = \frac{I_1}{V_2} = \frac{3}{4\Omega} + \frac{1}{4\Omega} = 1\text{S}$이다. C는 전압에 대한 전류의 비이므로 단위가 지멘스(S)이다.

B 계산: 출력단을 단락하면 $V_2 = 0$이 되어 **오른쪽 4 Ω 저항에는 전류가 흐르지 않는다**. 8 Ω 저항을 흐르는 전류가 모두 외부 단락선으로 나가므로 $I_2 = \frac{V_1}{8\Omega}$이다. 따라서 $B = \frac{V_1}{I_2} = 8\Omega$이다.

D 계산: 출력단 단락 상태에서 왼쪽 4 Ω 저항의 전류는 $\frac{V_1}{4\Omega} = 2I_2$이다. 입력 전류는 이 전류와 8 Ω 저항 전류의 합이므로 $I_1 = 2I_2 + I_2 = 3I_2$이다. 따라서 $D = \frac{I_1}{I_2} = 3$이다.

계산 결과는 A = 3, B = 8 Ω, C = 1 S, D = 3으로 ④의 값과 일치한다. A와 D는 각각 전압비와 전류비이므로 무차원이다.

NoteBase

문 5. 반지름이 1[m]인 환상 솔레노이드 코일에 6.28[A]의 전류가 흘렀을 때 내부자계의 세기가 150[AT/m]인 것으로 나타났다. 해당 환상 솔레노이드의 권선수는? (단, 원주율 π=3.14로 계산한다.)

① 50

② 100

③ 150

④ 200

정답 3번

간단한 해설

환상 솔레노이드의 권선수는 **자계의 세기와 원주 길이의 곱을 전류로 나누어** 구한다. 주어진 값으로 계산하면 권선수는 150회이다.

계산 과정

권선수를 N, 전류를 I, 내부 자계의 세기를 H, 원형 자기 경로의 길이를 ℓ이라 하자. 암페어의 주회 법칙에 따라 $H\ell = NI$가 성립한다. 여기서 NI는 코일 전체의 기자력이며, 주어진 값은 I = 6.28 A, H = 150 AT/m이다.

환상 솔레노이드의 자기 경로는 **반지름 1 m인 원의 둘레**이므로 $\ell = 2\pi r$이다. π = 3.14를 적용하면 경로 길이는 $2 \times 3.14 \times 1 = 6.28$ m이다.

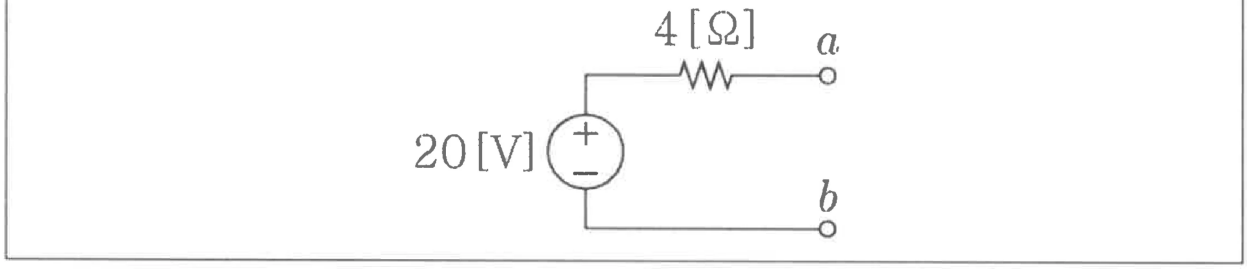
$H\ell = NI$를 권선수에 대해 정리하면 $N = \frac{H\ell}{I}$이다. 따라서 $N = \frac{150 \times 6.28}{6.28} = 150$이다. 자계의 세기에 경로 길이를 곱한 기자력을 전류로 나누므로 권선수의 단위인 회가 남는다.

따라서 권선수는 150회이며, ③의 150에 해당한다.

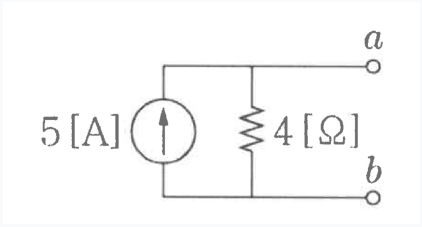
NoteBase

문 6. <보기>의 회로의 전압원을 전류원으로 변환 시 등가 변환 회로도로 적절한 것은?

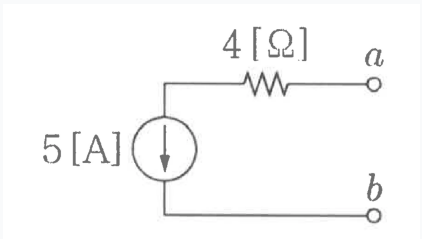
<보기>



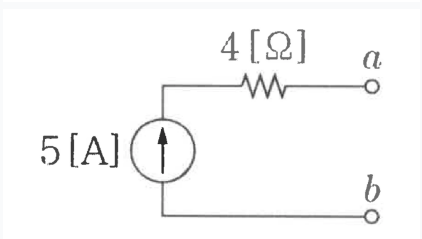
①



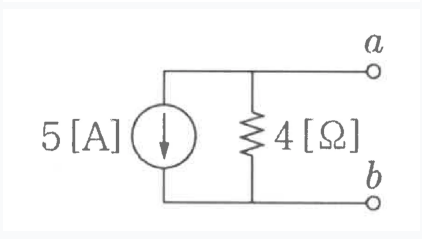
②



③



④



정답 1번

간단한 해설

전압원에 직렬로 연결된 4 Ω 저항은 전류원으로 변환하면 **전류원과 병렬**로 연결된다. 전류원의 크기는 5 A이며, 원래 전압원의 극성을 유지하려면 화살표가 **b에서 a로 향하는 위쪽**이어야 한다.

NoteBase

공통 해설

전원 등가 변환은 외부에서 단자 a와 b에 부하를 연결했을 때 부하의 전압과 전류가 같도록 전원의 표현을 바꾸는 것이다. 전압 V의 전압원과 저항 R이 직렬인 회로는 크기가 $I = \frac{V}{R}$인 전류원과 **같은 저항 R을 병렬로 연결한 회로**로 바꾼다. 주어진 회로에서는 $I = \frac{20}{4} = 5\text{A}$이고 저항은 4 Ω을 유지한다.

원래 회로는 단자를 개방하면 저항에 전류가 흐르지 않아 저항의 전압 강하가 0 V이며, a의 전위가 b보다 20 V 높다. 변환한 회로에서도 이 극성이 유지되어야 하므로 전류원의 화살표는 b에서 a로 향해야 한다. 그러면 개방 상태에서 전류원이 위로 보낸 5 A가 병렬 저항을 따라 a에서 b로 흐르고, 저항 양단에는 a 쪽이 양극인 $5 \times 4 = 20$ V가 생긴다.

따라서 필요한 회로는 위쪽을 향하는 5 A 전류원과 4 Ω 저항을 a–b 사이에 병렬로 연결한 형태이다. 저항을 전류원과 직렬로 두면 이 등가 변환의 연결 조건을 만족하지 못하며, 병렬이어도 화살표를 아래쪽으로 두면 a와 b 사이 전압의 극성이 반대가 된다.

NoteBase

문 7. 어떠한 교류 전압원이 순수 용량성 부하에 연결되었을 때, 해당 부하에 흐르는 전류의 위상은 교류 전압원에 비해 (가)이며, 해당 회로망의 역률은 (나)이다. (가)와 (나)에 해당하는 것을 옳게 짝지은 것은?

① (가): 진상, (나): 0

② (가): 지상, (나): 0

③ (가): 진상, (나): 1

④ (가): 지상, (나): 1

정답 1번

간단한 해설

순수 용량성 부하에서는 전류가 전압보다 **90° 앞서는 진상**이다. 전압과 전류의 위상차가 90°이므로 **역률은 0**이다.

빈칸별 해설

(가) 진상: 순수 용량성 부하는 저항 성분이 없는 이상적인 커패시터 부하이다. 정전용량을 C, 전압을 v, 전류를 i라 하면 $i = C\frac{dv}{dt}$이므로 전류는 전압의 시간 변화율에 비례한다. 정현파 전압을 미분하면 위상이 90° 앞선 파형이 되므로, 전류는 전압보다 **90° 앞선다**. 이를 진상이라 하며, 전압보다 뒤지는 지상과 구별한다.

(나) 0: 역률은 피상전력 S에 대한 유효전력 P의 비율이다. 정현파 교류에서 전압과 전류의 위상차를 ϕ라 하면 $\frac{P}{S} = \cos\phi$이다. 순수 용량성 부하에서는 위상차의 크기가 90°이므로 $\cos 90^\circ = 0$이다. 커패시터는 전원과 에너지를 주고받지만 **한 주기 평균으로 소비하는 유효전력은 0**이므로 역률도 0이다. 역률 1은 전압과 전류가 동상인 경우에 해당한다.

따라서 (가)는 진상, (나)는 0으로, ①의 조합과 일치한다.

NoteBase

문 8. 인덕터에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 동일한 자성체에 권선을 2회 감아준 인덕터와 4회 감아준 인덕터의 인덕턴스는 4배 차이다.

② 동일한 자성체의 형상과 권수를 가지지만, 자성체의 투자율이 다른 두 인덕터가 존재한다. 이때, 투자율이 더 큰 자성체를 지닌 인덕터의 인덕턴스가 더 크다.

③ 자성체의 투자율, 권수, 자로의 길이가 같지만, 자성체의 단면적이 다른 두 인덕터가 존재한다. 이때, 자성체의 단면적이 좁은 인덕터의 인덕턴스가 더 크다.

④ 공극이 없던 인덕터에 공극을 추가하면 인덕터의 인덕턴스는 줄어든다.

정답 3번

간단한 해설

투자율·권수·자로 길이가 같으면 인덕턴스는 **자성체의 단면적에 비례**한다. 따라서 ③의 '단면적이 좁은 인덕터의 인덕턴스가 더 크다'는 반대이며, 단면적이 넓을수록 인덕턴스가 크다.

선지별 해설

투자율이 일정하고 누설자속을 무시하는 자기회로에서 인덕턴스는 $L = \frac{N^2}{R_m}$이다. 여기서 N은 권수, R_m은 자속의 형성을 방해하는 정도인 자기저항이다. 공극이 없는 균일한 자성체에서는 $R_m = \frac{l}{\mu S}$이므로 $L = \frac{\mu N^2 S}{l}$이다. μ는 투자율, S는 자로의 단면적, l은 자로 길이이다.

① O: 동일한 자성체에서는 투자율·단면적·자로 길이가 같으므로 인덕턴스는 **권수의 제곱에 비례**한다. 권수를 2회에서 4회로 늘리면 인덕턴스는 $\left(\frac{4}{2}\right)^2 = 4$배가 되어, 4회 감은 인덕터의 인덕턴스가 2회 감은 것의 4배이다.

② O: 자성체의 형상과 권수가 같으면 인덕턴스는 **투자율에 비례**한다. 투자율이 클수록 자기저항이 작아져 같은 전류로 더 큰 자속이 생기므로 인덕턴스가 커진다.

③ X: 투자율·권수·자로 길이가 같으면 인덕턴스는 단면적에 비례한다. 단면적이 좁아지면 자기저항이 커져 같은 전류에서 자속이 줄어들므로 인덕턴스가 작아진다. 따라서 '단면적이 좁은 인덕터'를 **'단면적이 넓은 인덕터'**로 고쳐야 한다.

④ O: 공기의 투자율은 자성체보다 작으므로 자로에 공극을 추가하면 **전체 자기저항이 커진다**. 권수가 같을 때 $L = \frac{N^2}{R_m}$이므로 자기저항이 커지면 인덕턴스는 줄어든다.

NoteBase

문 9. 전계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전계 내의 한 점 a에서 다른 한 점 b로 10[C]의 전하를 30[J]의 에너지를 들여 이동시켰을 때, a점과 b점의 전위차의 크기는 3[V]이다.

② 두 콘덴서가 동일한 유전체와 전극의 면적을 지닐 때, 전극 간 거리가 더 먼 콘덴서가 더 큰 정전용량을 갖는다.

③ 두 콘덴서가 동일한 유전체와 전극 간 거리를 지닐 때, 전극의 면적이 더 넓은 콘덴서가 더 큰 정전용량을 갖는다.

④ 두 콘덴서를 병렬로 연결하면 등가 정전용량은 더 커진다.

정답 2번

간단한 해설

동일한 유전체와 전극 면적을 가진 평행판 콘덴서의 정전용량은 **전극 간 거리에 반비례**한다. 따라서 전극 간 거리가 멀수록 정전용량은 작아진다.

선지별 해설

① O: 전위차의 크기는 전하를 이동시키는 데 필요한 에너지를 전하량으로 나눈 값이다. 에너지를 W, 전하량을 Q라 하면 $V = \frac{W}{Q} = \frac{30}{10} = 3\text{V}$이다. 이는 **전하 1 C당 3 J의 에너지**가 필요하다는 뜻이다.

② X: 평행판 콘덴서의 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon A}{d}$이다. 여기서 ε는 유전체의 유전율, A는 서로 마주 보는 전극의 면적, d는 전극 간 거리이다. 유전체와 전극 면적이 같으면 정전용량은 **전극 간 거리에 반비례**하므로, 거리가 더 먼 콘덴서의 정전용량이 더 작다.

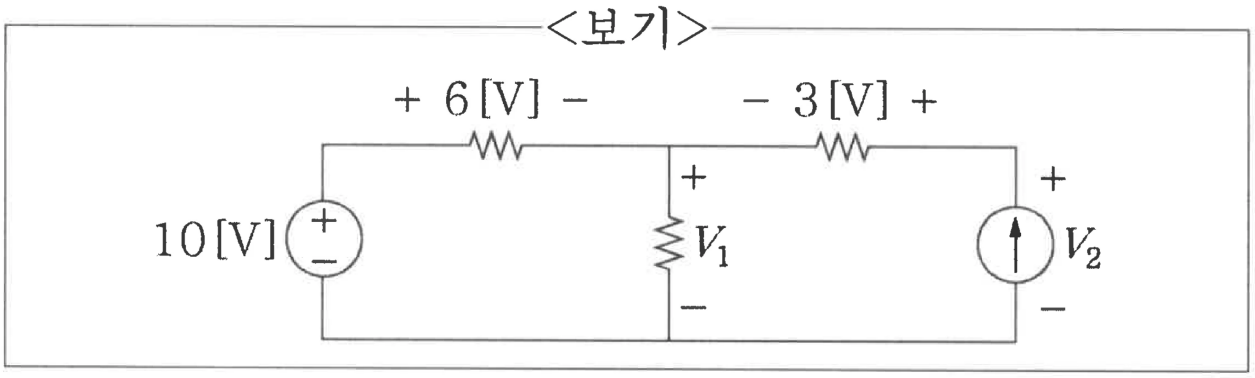
③ O: 평행판 콘덴서에서 유전체와 전극 간 거리가 같으면 $C = \frac{\varepsilon A}{d}$의 ε와 d가 일정하다. 따라서 정전용량은 **전극 면적에 비례**하며, 면적이 넓을수록 같은 전압에서 더 많은 전하를 저장할 수 있다.

④ O: 병렬로 연결된 두 콘덴서에는 **같은 전압**이 걸리고, 전체 전하량은 각 콘덴서에 저장된 전하량의 합이다. 정전용량의 정의 $C = \frac{Q}{V}$에 따라 등가 정전용량은 $C_{\text{eq}} = C_1 + C_2$가 되므로, 각 콘덴서 하나의 정전용량보다 커진다.

NoteBase

문 10. <보기>와 같은 회로에서 전압 V_1[V]과 V_2[V]는?

<보기>



① V_1[V] 6, V_2[V] 2
② V_1[V] 2, V_2[V] 6
③ V_1[V] 4, V_2[V] 7
④ V_1[V] 7, V_2[V] 4

정답 3번

간단한 해설

아래 공통 도선을 0 V로 잡으면 중앙 위쪽 점의 전위는 10 − 6 = 4 V이므로 V_1은 4 V이다. 오른쪽 3 V 표시는 **오른쪽이 더 높은 전위**라는 뜻이므로 V_2는 4 + 3 = 7 V이다.

계산 과정

기준 전위와 극성: 아래쪽 공통 도선의 전위를 0 V로 정한다. 표시된 전압은 **＋ 단자의 전위에서 − 단자의 전위를 뺀 값**이다. 왼쪽 전압원은 위가 ＋, 아래가 −이므로 왼쪽 위 점의 전위는 10 V이다.

V_1 계산: 왼쪽 위 저항의 6 V는 왼쪽이 ＋, 중앙이 −이므로 중앙 위 점의 전위는 왼쪽 위 점보다 6 V 낮다. 따라서 중앙 위 점의 전위는 10 − 6 = 4 V이다. V_1은 중앙 위 점과 아래 공통 도선 사이의 전압이므로 $V_1 = 4$V이다.

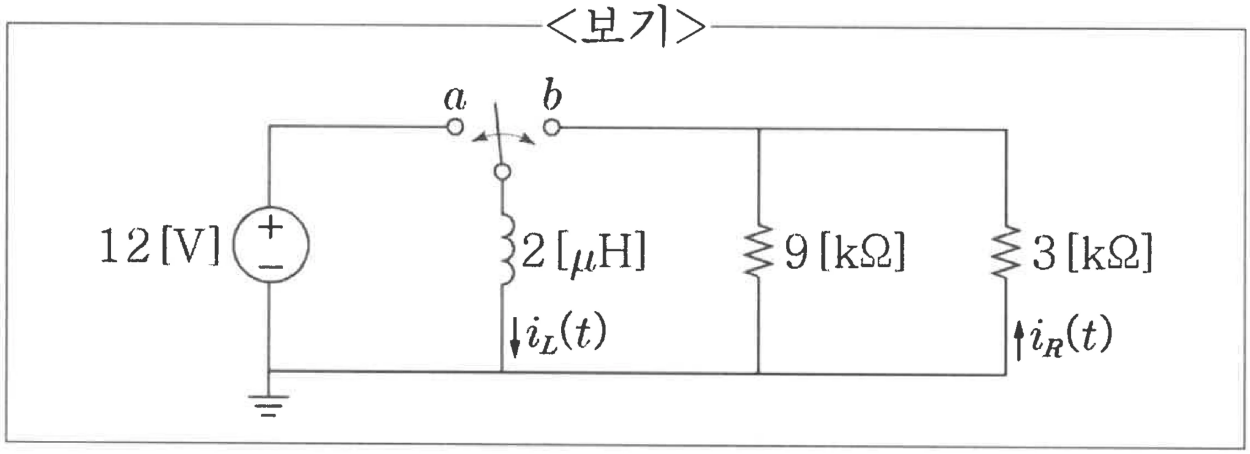
V_2 계산: 오른쪽 위 저항의 3 V는 중앙이 −, 오른쪽이 ＋이므로 **오른쪽 위 점이 중앙 위 점보다 3 V 높다**. 따라서 오른쪽 위 점의 전위는 4 + 3 = 7 V이다. V_2 역시 위가 ＋, 아래가 −이므로 $V_2 = 7$V이다.

따라서 $V_1 = 4$V, $V_2 = 7$V로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. <보기>의 회로에서 $t = 0$ 이전에 수동 소자에 저장된 에너지는 없으며, 스위치 S는 개방되어 있다. 스위치는 시간 $t = 0$인 순간에 a점에 연결된다. 이후 $t = 1[\mu s]$인 순간 스위치는 a점에서 떨어져 b점에 연결된다. 이후 충분한 시간이 흘러 회로가 새로운 평형 상태에 도달하였다. 이때, $t > 0$인 구간에서 (가) 인덕터 전류 $i_L(t)$의 최댓값[A]과 (나) 전류 $i_R(t)$의 최댓값[A]을 옳게 짝지은 것은?

<보기>



① (가): 1/6, (나): 1/24

② (가): 1/6, (나): 1/8

③ (가): 6, (나): 1.5

④ (가): 6, (나): 4.5

정답 4번

간단한 해설

인덕터에는 12 V가 1 μs 동안 걸리므로 전류가 0에서 **6 A까지 증가**한다. b점으로 전환한 직후에도 인덕터 전류는 유지되며, 이 전류가 두 병렬 저항으로 나뉘어 3 kΩ 저항에 흐르는 전류의 최댓값은 **4.5 A**가 된다.

NoteBase

계산 과정

초기 조건: 인덕터에 저장된 에너지가 없으므로 $i_L(0^-) = 0$이다. 인덕터 전류는 순간적으로 변하지 않으므로 $i_L(0^+) = 0$이다. 그림에서 인덕터 전류의 기준 방향은 아래쪽이고, 3 kΩ 저항 전류의 기준 방향은 위쪽이다.

a점 연결 구간: $0 < t < 1\mu$s에는 인덕터 양단에 12 V가 직접 걸린다. $v_L = L\frac{di_L}{dt}$에 따라 전류는 **일정한 기울기로 증가**한다. 인덕턴스는 2×10^{-6}H, 전압이 걸리는 시간은 10^{-6}s이므로 전환 직전의 전류는 $i_L(1\mu s^-) = \frac{12}{2 \times 10^{-6}} \cdot 10^{-6} = 6$A이다. 이 구간에서 저항 쪽에는 전원이 연결되지 않아 $i_R(t) = 0$이다.

b점 전환 이후: 전원은 분리되고 인덕터와 9 kΩ, 3 kΩ 저항이 병렬로 연결된다. 두 저항의 합성저항은 $R_{eq} = \frac{9 \cdot 3}{9 + 3} = 2.25$kΩ이다. 전환 직후에도 인덕터 전류는 6 A이며, 저장된 에너지가 저항에서 소비된다. 이때 $L\frac{di_L}{dt} = -R_{eq} i_L$이므로 전류는 아래쪽 방향을 유지하면서 0으로 감소한다. 따라서 (가) 인덕터 전류의 최댓값은 6 A이다.

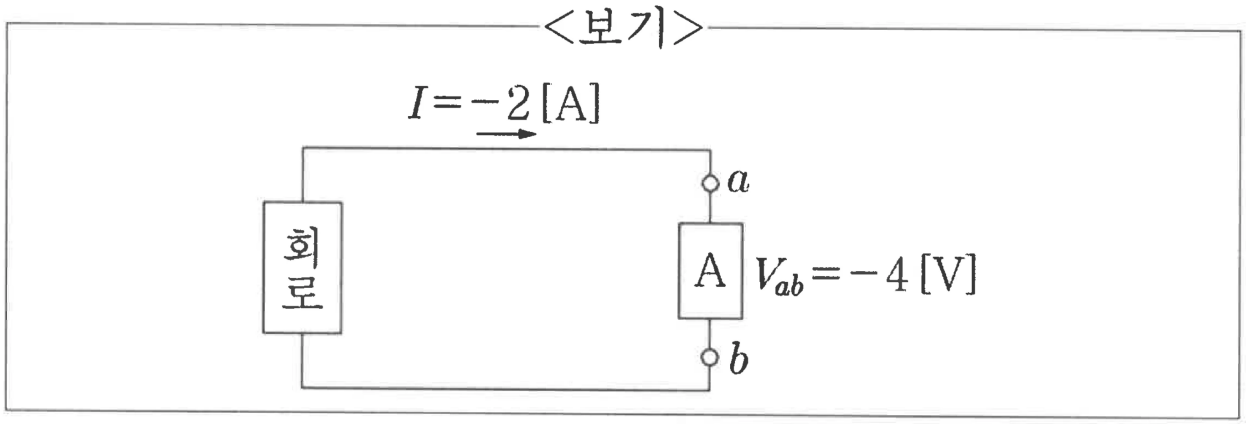
(나) 저항 전류의 최댓값: b점 연결 후 인덕터를 아래쪽으로 흐르는 전류는 두 저항을 위쪽으로 흐르며 나뉜다. 이는 그림의 $i_R(t)$ 기준 방향과 같으므로 양의 값이다. 병렬 저항의 전류는 **저항값에 반비례하여 분배**되므로 3 kΩ 저항에는 $i_R(t) = \frac{9}{9+3} i_L(t)$가 흐른다. 인덕터 전류가 가장 큰 전환 직후에 $i_{R,\max} = \frac{9}{9+3} \cdot 6 = 4.5$A이며, 이후에는 0으로 감소한다.

따라서 최댓값의 짝은 (가) 6 A, (나) 4.5 A로 ④에 해당한다.

NoteBase

문 12. <보기>와 같이 회로와 물체 A가 연결되어 있고, 전압 $V_{ab} = -4$[V]이고, 전류 $I = -2$[A]이다. 이때, 물체 A는 (가)의 전력[W]을 (나)한다. (가)와 (나)에 해당하는 것을 옳게 짝지은 것은?

<보기>



① 8 공급

② 8 흡수

③ 2 공급

④ 2 흡수

정답 2번

간단한 해설

그림의 전류 기준 방향은 전압의 기준 단자 a로 들어가므로, 전압과 전류의 곱이 물체 A의 흡수전력이다. 두 값이 모두 음수여서 그 곱은 양수이므로, 물체 A는 **8 W를 흡수**한다.

계산 과정

전압과 전류의 기준: $V_{ab} = V_a - V_b = -4$ V이며, 그림의 전류 I는 물체 A의 a단자로 들어가 b단자로 나오는 방향을 기준으로 한다. 이처럼 전압의 기준상 양의 단자로 전류가 들어가도록 정하면 **수동부호규약**에 따라 흡수전력은 $p = V_{ab}I$이다. 여기서 p가 양수이면 전력을 흡수하고, 음수이면 공급한다.

전력 계산: 주어진 부호를 그대로 대입하면 $p = (-4) \cdot (-2) = 8$W이다. 실제로는 b단자의 전위가 a단자보다 4 V 높고, 전류도 기준 화살표와 반대 방향으로 2 A가 흘러 **전위가 높은 b단자로 들어간다**. 따라서 계산된 양의 전력은 물체 A가 흡수하는 전력이다.

물체 A는 8 W를 흡수하므로 (가)는 8, (나)는 흡수이며, 이는 ②의 짝과 일치한다.

NoteBase

문 13. 극판 사이가 공기로 채워져 있던 콘덴서에 비유전율(ε_r)이 3인 유전체로 대체하여 채우는 경우 극판의 전하량의 변화를 가장 적절히 설명한 것은? (단, 전압은 일정하고 공기 중과 진공의 유전율은 동일한 것으로 가정한다.)

① 3배로 증가함

② $\frac{1}{3}$로 감소함

③ $\sqrt{3}$배로 증가함

④ $\frac{1}{9}$로 감소함

정답 1번

간단한 해설

극판 사이의 물질만 바꾸면 정전용량은 유전율에 비례하므로 3배가 된다. **전압이 일정**할 때는 $Q = CV$에 따라 극판의 전하량도 **처음의 3배**가 된다.

계산 과정

극판의 면적을 A, 간격을 d, 유전율을 ε이라 하면 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon A}{d}$이다. 극판 사이의 물질만 대체하므로 **극판의 면적과 간격은 변하지 않는다**. 공기의 유전율은 진공과 같은 ε_0로 둔다.

비유전율은 진공에 대한 유전율의 비이므로, 비유전율이 3인 유전체의 유전율은 $\varepsilon = 3\varepsilon_0$이다. 대체 전후의 정전용량을 각각 C_0, C_1이라 하면 $C_0 = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$, $C_1 = \frac{3\varepsilon_0 A}{d} = 3C_0$이다. 즉, 같은 전압에서 전하를 저장하는 능력이 3배가 된다.

전하량 Q, 정전용량 C, 전압 V 사이에는 $Q = CV$가 성립한다. **전압이 일정**하므로 대체 전후의 전하량 비는 $\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{C_1 V}{C_0 V} = 3$이다. 전하량은 처음의 3배로 증가하며, 이는 ①의 설명과 일치한다. 전하량끼리의 비이므로 결과에는 단위가 없다.

NoteBase

문 14. 영역 1($z < 0$)에는 비유전율(ε_r)이 2, 영역 2($z > 0$)에는 비유전율(ε_r)이 4인 유전체가 있다. 영역 1에서 전계가 $\vec{E}_1 = -3a_x + 4a_y - 2a_z$ [V/m]일 때, 영역 2에서의 전계 $\vec{E}_2$ [V/m]는?

① $-3a_x + 4a_y - 2a_z$

② $-3a_x + 2a_y - 2a_z$

③ $-3a_x + 4a_y - a_z$

④ $-3a_x + 2a_y - a_z$

정답 3번

간단한 해설

자유 표면전하가 없는 유전체 경계에서는 **전계의 접선 성분**과 **전속밀도의 법선 성분**이 연속이다. 경계면에 수직인 z 성분만 유전율의 비에 따라 절반이 되므로, 영역 2의 전계는 $\vec{E}_2 = -3a_x + 4a_y - a_z$ [V/m]이다.

계산 과정

경계면과 적용 조건: 두 영역의 경계는 $z = 0$인 xy 평면이다. 따라서 x·y 방향은 경계면의 접선 방향이고, z 방향은 법선 방향이다. 별도의 자유 표면전하가 주어지지 않았으므로 **자유 표면전하가 없는 정전계 경계조건**을 적용한다. 각 영역의 유전율은 $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_0$, $\varepsilon_2 = 4\varepsilon_0$이며, ε_0는 진공의 유전율이다.

접선 성분: 정전계에서는 경계면을 가로지르는 미소 폐경로를 따라 전계를 선적분한 값이 0이므로 **전계의 접선 성분이 연속**이다. 따라서 $E_{2x} = E_{1x} = -3$ [V/m], $E_{2y} = E_{1y} = 4$ [V/m]이다. 유전율이 달라져도 이 두 성분은 바뀌지 않는다.

법선 성분: 가우스 법칙에 따라 자유 표면전하가 없으면 **전속밀도의 법선 성분이 연속**이므로 $D_{1z} = D_{2z}$이다. 전속밀도와 전계의 관계 $\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$를 적용하면 $\varepsilon_1 E_{1z} = \varepsilon_2 E_{2z}$이다. 따라서 $E_{2z} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} E_{1z}$에 값을 대입하면 $E_{2z} = \frac{2}{4} \cdot (-2) = -1$ [V/m]이다. 영역 2의 유전율이 두 배이므로 법선 전계의 크기는 절반이 되고, 음의 z 방향은 유지된다.

전계의 합성: 구한 세 성분을 합하면 $\vec{E}_2 = -3a_x + 4a_y - a_z$ [V/m]이며, 이는 ③의 벡터와 일치한다. 여기서 a_x, a_y, a_z는 각 좌표축의 양의 방향을 나타내는 단위벡터이다.

NoteBase

문 15. 반지름 50[cm]의 원주형 도선에 4π[A]의 전류가 흐를 때, 무한장 긴 도선의 중심축에서 100[cm]되는 점의 자계의 세기[AT/m]는?

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

관측점은 도선 바깥에 있으므로, 자계의 세기는 **중심축으로부터의 거리**를 사용한 $H = \frac{I}{2\pi r}$로 구한다. 전류 4π A와 거리 1 m를 대입하면 2 AT/m이다.

계산 과정

거리 확인: 도선의 반지름은 50 cm = 0.5 m이고, 관측점의 중심축으로부터의 거리는 100 cm = 1 m이다.
관측점은 **도선 바깥**에 있으므로, 중심축을 중심으로 관측점을 지나는 원 안에는 전체 전류 4π A가 포함된다.

공식 적용: 무한히 긴 원주형 도선의 자계는 중심축을 둘러싼 원의 접선 방향이며, 중심축에서 같은 거리에서는 그 세기가 같다. 따라서 반지름 r인 원을 따라 암페어의 주회 법칙을 적용하면 $H \cdot 2\pi r = I$이고, $H = \frac{I}{2\pi r}$이다. 여기서 H는 자계의 세기, I는 원 안을 통과하는 전체 전류이며, r은 **도선 표면이 아닌 중심축에서 잰 거리**이다.

대입 및 결과: $H = \frac{4\pi}{2\pi \cdot 1} = 2$ AT/m이다. 따라서 구하는 자계의 세기는 2 AT/m로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 전계벡터 $\vec{E} = 4x\mathbf{a}_x + 2y\mathbf{a}_y$ [V/m]가 있을 때, 점 (1, 2)를 지나는 전기력선 방정식은?

① $2x = y^2$

② $x = 2y^2$

③ $4x = y^2$

④ $x = 4y^2$

정답 3번

간단한 해설

전기력선은 각 점에서 **접선 방향이 전계 방향과 일치**하므로 $\frac{dy}{dx} = \frac{2y}{4x}$를 만족한다. 이를 적분하고 점 (1, 2)를 지나는 조건을 적용하면 $y^2 = 4x$가 된다.

계산 과정

전기력선은 각 점에서 전계벡터를 접선 방향으로 갖는 곡선이다. 주어진 전계의 성분은 $E_x = 4x$, $E_y = 2y$이므로, 전기력선의 **기울기는 전계 성분의 비**로 나타낸다. 따라서 $\frac{dy}{dx} = \frac{E_y}{E_x} = \frac{y}{2x}$이다.

변수를 분리하면 $\frac{2}{y}dy = \frac{1}{x}dx$이다. 점 (1, 2)를 지나는 제1사분면의 전기력선에서 x와 y는 양수이므로, 양변을 적분하면 $2\ln y = \ln x + C$를 얻는다. 이를 정리하면 $y^2 = Kx$이며, K는 **어느 전기력선인지를 정하는 상수**이다.

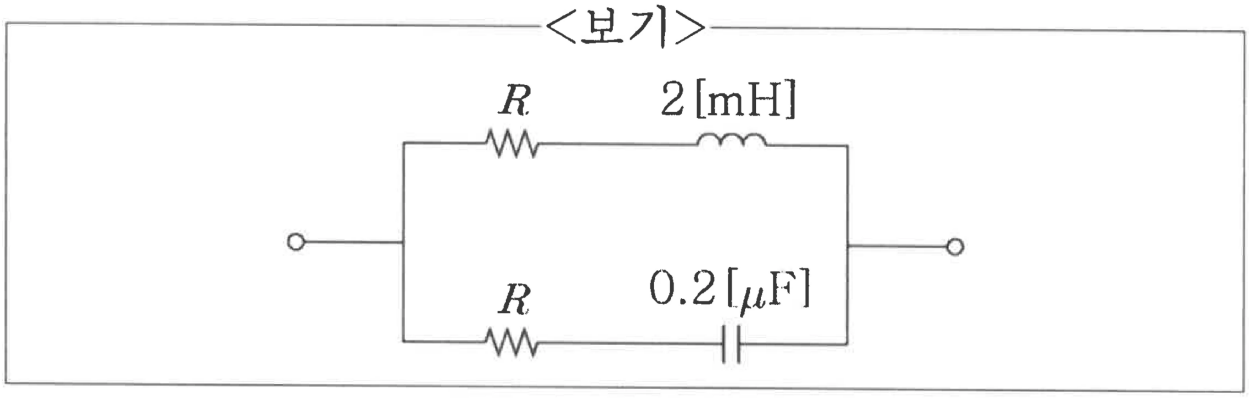
점 (1, 2)를 지나므로 $y^2 = Kx$에 x = 1, y = 2를 대입한다. $2^2 = K \cdot 1$이므로 K = 4이다.

따라서 구하는 전기력선 방정식은 $y^2 = 4x$, 즉 $4x = y^2$이며 ③과 일치한다.

NoteBase

문 17. <보기>의 회로에서 주파수에 관계없이 일정한 임피던스를 갖도록 하기 위한 R[Ω]은?

<보기>



① 20

② 40

③ 80

④ 100

정답 4번

간단한 해설

두 직렬 가지의 합성 임피던스는 $R^2 = \frac{L}{C}$일 때 **주파수에 관계없이 R로 일정**하다. L = 2 mH, C = 0.2 μF를 대입하면 R = 100 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

회로의 위쪽은 저항 R과 인덕터 L = 2 mH의 직렬 연결이고, 아래쪽은 같은 저항 R과 커패시터 C = 0.2 μF의 직렬 연결이다. 두 가지는 병렬로 연결되어 있다. 각주파수를 $\omega = 2\pi f$, 허수 단위를 j라 하고, 리액턴스의 크기를 $X_L = \omega L$, $X_C = \frac{1}{\omega C}$로 둔다.

각 가지의 임피던스는 $Z_1 = R + jX_L, Z_2 = R - jX_C$이다. 병렬 연결에서는 어드미턴스가 더해지므로 합성 임피던스는 $Z = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$이며, 이를 대입하면 다음과 같다.
$Z = \frac{(R + jX_L)(R - jX_C)}{2R + j(X_L - X_C)}$

주파수가 0에 가까워지면 인덕터는 단락, 커패시터는 개방에 가까워지므로 합성 임피던스는 R에 가까워진다. 따라서 **모든 주파수에서 일정하려면 Z = R**이어야 한다. 위 식에 Z = R을 넣고 양변에 분모를 곱하면 허수항 $jR(X_L - X_C)$가 소거되어 $R^2 + X_L X_C = 2R^2$이 된다. 즉, $R^2 = X_L X_C$가 필요하다.

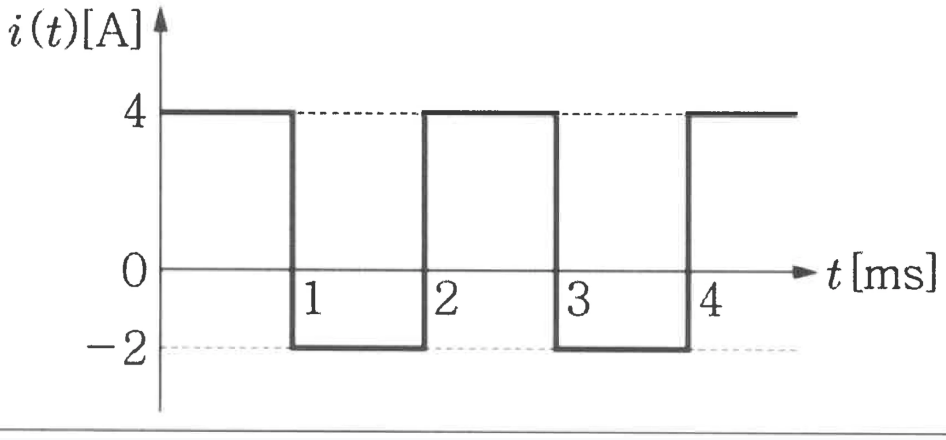
두 리액턴스의 곱은 $X_L X_C = \omega L \cdot \frac{1}{\omega C} = \frac{L}{C}$이므로 주파수와 무관하다. 따라서 양의 저항값은 $R = \sqrt{\frac{L}{C}}$ 이다. 이 조건에서는 앞의 합성 임피던스 식이 실제로 Z = R이 되어 주파수 의존성이 사라진다.

단위를 H와 F로 바꾸면 $L = 2 \cdot 10^{-3}$H, $C = 2 \cdot 10^{-7}$F이다. 따라서 $R = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-7}}} = \sqrt{10^4}\,\Omega$이고, R = 100 Ω으로 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. <보기>와 같이 주기적으로 변하는 전류 $i(t)$의 실횻값[A]은?

<보기>



① 2

② $\sqrt{5}$

③ $\sqrt{10}$

④ $2\sqrt{5}$

정답 3번

간단한 해설

실횻값은 전류의 **제곱을 한 주기 동안 평균한 뒤 제곱근**을 취한 값이다. 4 A와 −2 A가 같은 시간 동안 흐르므로 제곱의 평균은 10 A^2이고, 실횻값은 $\sqrt{10}$ A이다.

계산 과정

파형의 한 주기는 $T = 2$ms이다. 0~1 ms에서는 4 A, 1~2 ms에서는 −2 A가 흐르므로 두 전류가 유지되는 시간은 각각 1 ms로 같다.

전류의 실횻값은 $I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)dt}$로 구한다. 이 파형은 구간마다 전류가 일정하므로, 각 구간의 전류 제곱에 지속 시간을 곱해 더한 뒤 한 주기로 나누면 제곱의 평균을 얻는다. **음의 전류도 제곱하여 양수로 반영**한다.

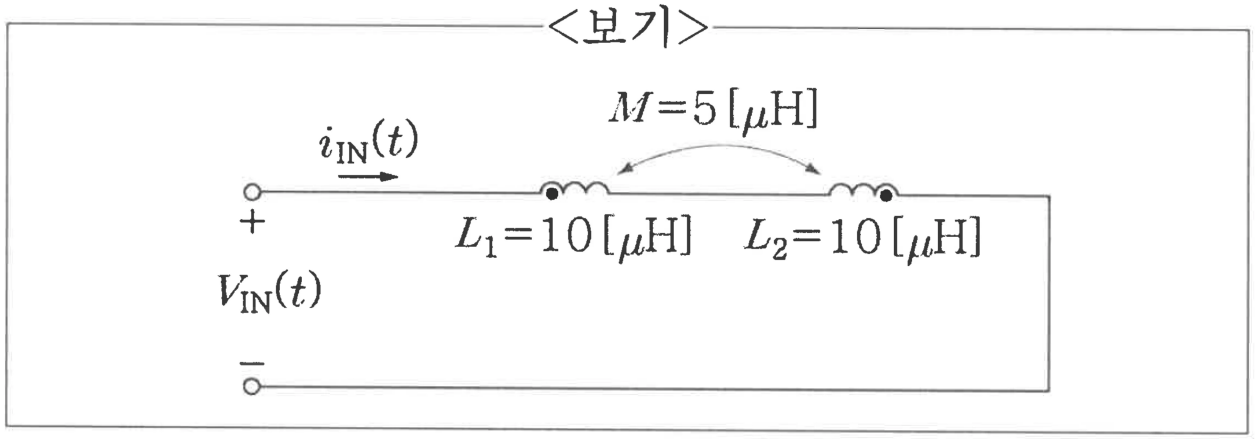
두 구간의 제곱값은 각각 $4^2 = 16$, $(-2)^2 = 4$이다. 시간을 모두 ms로 통일하면 분자와 분모의 시간 단위가 약분되므로, 제곱의 평균은 $\frac{16\cdot 1 + 4\cdot 1}{2} = 10\text{A}^2$이다.

제곱의 평균에 제곱근을 취하면 $I_{rms} = \sqrt{10}$ A이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. <보기>의 자기 결합 회로에서 전압 $V_{IN}(t<0)=0$[V], 전류 $i_{IN}(t<0)=0$[A]이다. 전압 $V_{IN}(t\geq 0)=10$[V]일 때, 전류 $i_{IN}(t=5[\mu s])$[A]은? (단, 누설 자속은 없다고 가정한다.)

<보기>



① 5

② 2.5

③ 1.25

④ 0.625

정답 1번

간단한 해설

전류가 한 코일의 점으로 들어가고 다른 코일의 점에서 나오므로 **직렬 감극 접속**이다. 등가 인덕턴스는 10 μH이며, 10 V를 가하면 전류가 1 μs마다 1 A씩 증가하여 5 μs에서 5 A가 된다.

계산 과정

등가 인덕턴스: 그림에서 입력 전류는 L_1의 점이 있는 단자로 들어가고, L_2의 점이 있는 단자에서 나온다. 따라서 **상호유도 효과가 자기유도 효과를 줄이는** 직렬 감극 접속이다. 각 코일에서 상호유도 항이 한 번씩 감산되므로 $L_{eq}=L_1+L_2-2M$이다. 그림의 값을 대입하면 $10+10-2\times 5=10$ μH이다.

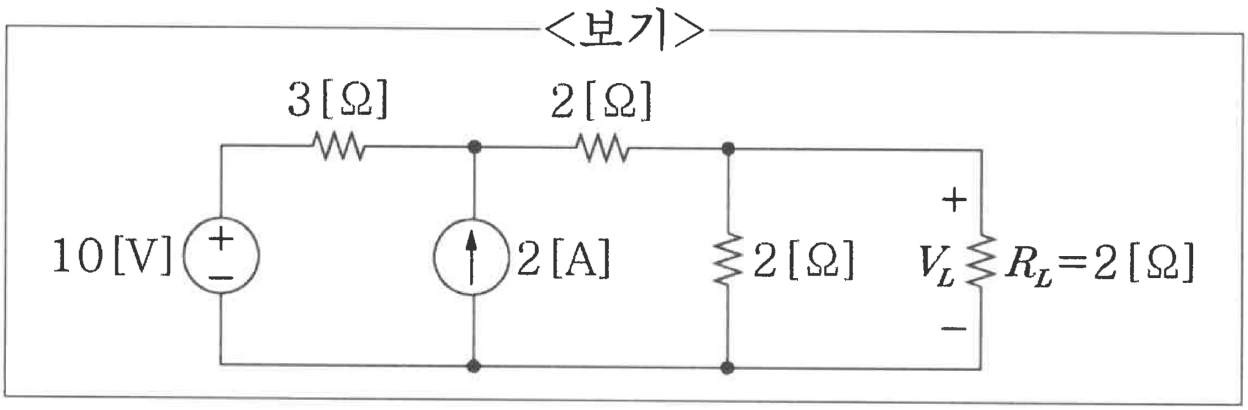
전류의 시간 변화: 회로에 저항이 없으므로 입력 전압 전체가 등가 인덕터에 걸리며, $V_{IN}=L_{eq}\frac{di_{IN}}{dt}$가 성립한다. 주어진 초기 전류는 0 A이고, 유한한 전압 계단을 가해도 인덕터 전류는 연속이므로 $i_{IN}(0^+)=0$이다. 이후 전압이 10 V로 일정하므로 **전류의 증가율이 일정**하다. 따라서 t를 초 단위로 나타내면 $i_{IN}(t)=\frac{10}{L_{eq}}t$이다.

5 μs에서의 전류: $L_{eq}=10\cdot 10^{-6}$H, $t=5\cdot 10^{-6}$s를 대입한다. 전류는 $\frac{10\cdot 5\cdot 10^{-6}}{10\cdot 10^{-6}}=5$A로, ①의 5 A에 해당한다.

NoteBase

문 20. <보기>에서 부하저항 R_L에 걸리는 전압 V_L[V]은?

<보기>



① $\frac{7}{16}$

② $\frac{3}{8}$

③ $\frac{16}{7}$

④ $\frac{8}{3}$

정답 4번

간단한 해설

부하저항과 세로 2 Ω 저항은 **병렬**이므로 합성저항은 1 Ω이다. 전류원이 연결된 위쪽 접점의 전압은 8 V이고, 이 전압이 가로 2 Ω과 합성저항 1 Ω에 나뉘어 걸리므로 $V_L = \frac{8}{3}$V이다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽 공통 도선을 기준 전위 0 V로 잡고, 3 Ω 저항·가로 2 Ω 저항·전류원이 만나는 접점을 A라 하자. A의 전압을 V_A라 하면, 전압원의 위쪽 단자는 표시된 극성에 따라 10 V이다. 구하려는 V_L은 부하저항의 위쪽 전위에서 아래쪽 전위를 뺀 값이다.

오른쪽 세로 2 Ω 저항과 부하저항 $R_L = 2\Omega$는 **양 끝이 같은 두 접점에 연결**되어 있으므로 병렬이다. 합성저항은 $R_p = \frac{2 \cdot 2}{2+2} = 1\Omega$이다. 따라서 A에서 오른쪽으로 보이는 저항은 가로 2 Ω과 이 합성저항의 직렬 연결이므로 2 + 1 = 3 Ω이다.

A에는 전류원이 아래에서 위로 2 A를 공급한다. **유입 전류의 합과 유출 전류의 합은 같다**는 키르히호프 전류 법칙과 옴의 법칙을 적용하면 $\frac{10 - V_A}{3} + 2 = \frac{V_A}{3}$이다. 왼쪽 첫 항은 전압원 쪽에서 A로 들어오는 전류이고, 오른쪽 항은 A에서 오른쪽 3 Ω 경로로 나가는 전류이다. 양변에 3을 곱하면 $10 - V_A + 6 = V_A$이므로 $V_A = 8\text{V}$이다.

이 8 V가 가로 2 Ω과 병렬 합성저항 1 Ω에 나뉘어 걸린다. 부하저항의 전압은 병렬 합성저항의 전압과 같으므로 전압 분배에 따라 $V_L = 8 \cdot \frac{1}{2+1} = \frac{8}{3}\text{V}$이다. 위쪽이 양의 전위이며, 이 값은 ④와 일치한다.

NoteBase