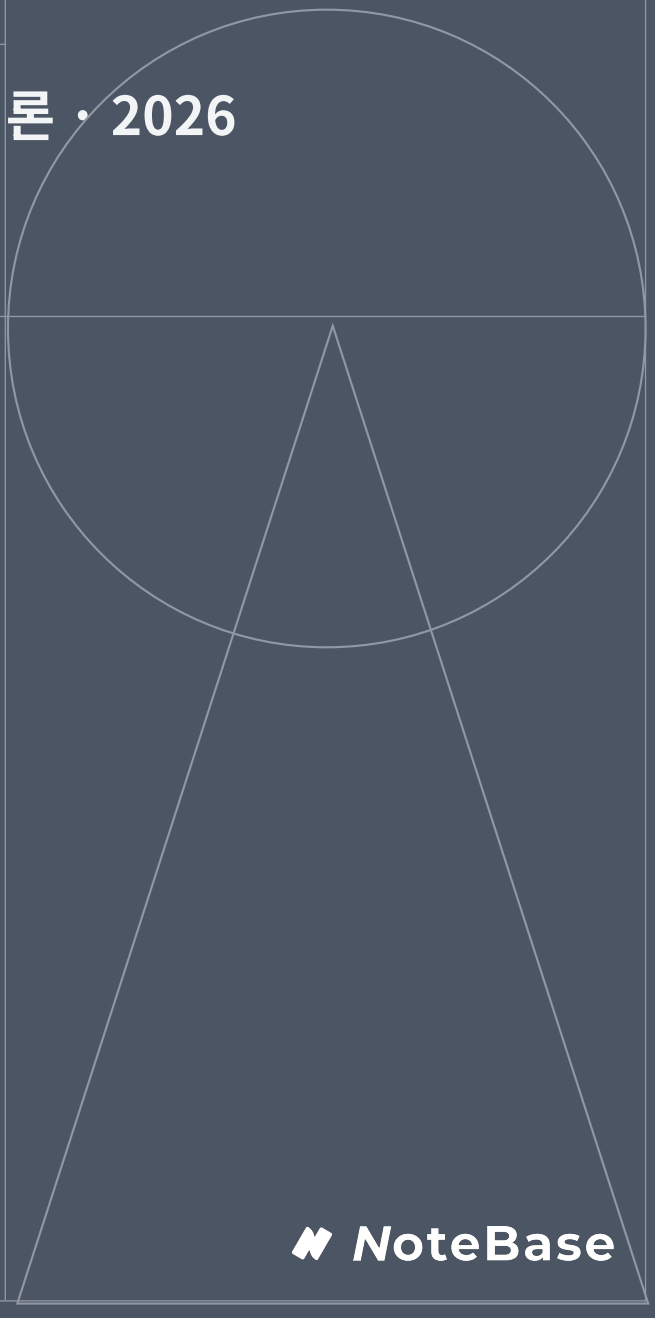
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2026

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2026

문 1. 초기 전류가 0 [A]인 2 [H]의 인덕터에 3 [A]의 전류가 흐를 때, 충분히 긴 시간이 지난 후 인덕터에 저장된 자기에너지 [J]는?

① 3

② 6

③ 9

④ 12

정답 3번

간단한 해설

인덕터에 저장되는 자기에너지는 **전류의 제곱에 비례**하며, $W = \frac{1}{2}LI^2$로 구한다. 인덕턴스가 2 H이고 전류가 3 A이므로 저장 에너지는 9 J이다.

계산 과정

인덕턴스 L = 2 H, 최종 전류 I = 3 A이다. 초기 전류가 0 A이므로 초기 저장 에너지도 0 J이다. 인덕턴스가 일정한 인덕터에서는 전류가 증가하는 동안 공급된 에너지가 자기장에 저장되며, 전류 I가 흐를 때의 저장 에너지는 $W = \frac{1}{2}LI^2$이다.

주어진 값을 대입하면 $W = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 = 9$J이다. 여기서 $3^2 = 9$는 **전류를 제곱한 값**이며, 인덕턴스와 전류를 각각 H와 A로 넣으면 에너지의 단위는 J이 된다.

충분히 긴 시간이 지나 전류가 일정해져도, 3 A의 전류가 흐르는 인덕터에는 자기장 에너지가 저장되어 있다. 구한 9 J은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 1차 코일의 권선수가 100회, 2차 코일의 권선수가 200회인 이상적인 변압기에서 2차 측의 부하 임피던스가 400 [Ω]일 때, 1차에서 2차 측을 본 회로 임피던스[Ω]는?

① 100

② 200

③ 300

④ 600

정답 1번

간단한 해설

이상적인 변압기에서 1차로 환산한 부하 임피던스는 **1차와 2차 권수비의 제곱**을 부하 임피던스에 곱한 값이다. 권수비가 $\frac{100}{200}=\frac{1}{2}$이므로 1차에서 본 임피던스는 100 Ω이다.

계산 과정

1차 권선수는 $N_1=100$회, 2차 권선수는 $N_2=200$회이고, 2차 부하 임피던스는 $Z_L=400\Omega$이다. 구하려는 Z_1은 이 부하를 1차 측으로 환산한 임피던스이다.

이상적인 변압기는 전압비가 권수비와 같고 전류비는 그 역수이다. 따라서 1차 전압은 2차 전압의 1/2, 1차 전류는 2차 전류의 2배이다. 임피던스는 전압을 전류로 나눈 값이므로, 1차에서 본 임피던스는 2차 부하 임피던스의 **1/4로 환산**된다. 이를 식으로 쓰면 $Z_1=\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.

주어진 값을 대입하면 $Z_1=\left(\frac{100}{200}\right)^2\times 400=100\Omega$이다. 따라서 1차에서 2차 측을 본 회로 임피던스는 100 Ω이며, ①의 값에 해당한다.

NoteBase

문 3. 솔레노이드 구조를 갖는 자기회로에서 자기저항에 대한 설명으로 바르게 연결한 것은?

① 투자율: 비례, 단면적: 반비례, 길이: 반비례

② 투자율: 반비례, 단면적: 비례, 길이: 비례

③ 투자율: 비례, 단면적: 비례, 길이: 반비례

④ 투자율: 반비례, 단면적: 반비례, 길이: 비례

정답 4번

간단한 해설

자기저항은 $R_m = \frac{l}{\mu A}$로 나타낸다. 자속이 통과하기 쉬울수록 자기저항이 작아지므로 **투자율과 단면적에는 반비례**하고, 자속이 지나가는 **길이에는 비례**한다.

대응 관계 해설

자기저항은 자기회로에서 자속의 흐름을 방해하는 정도로, 같은 자속을 만들기 위해 필요한 기자력이 클수록 크다. 투자율과 단면적이 균일한 자기회로에서는 $R_m = \frac{l}{\mu A}$이다. 여기서 μ는 투자율, A는 자속이 통과하는 단면적, l은 자속이 지나가는 자기회로의 길이이다. 각 비례 관계는 나머지 두 조건이 일정할 때 비교한다.

투자율: **반비례**한다. 투자율은 물질에서 자기장이 주어졌을 때 자속이 얼마나 잘 형성되는지를 나타낸다. 같은 길이와 단면적에서 투자율이 클수록 같은 자속을 만드는 데 필요한 기자력이 작아지므로 자기저항이 감소한다.

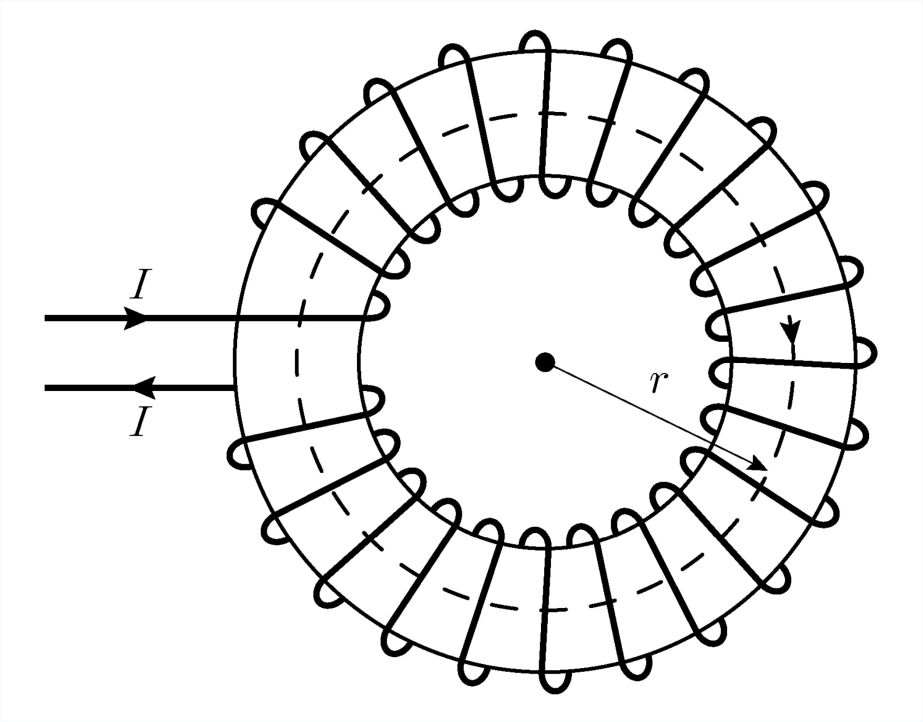
단면적: **반비례**한다. 같은 투자율과 길이에서 자속이 통과하는 단면적이 넓어질수록 같은 기자력으로 더 많은 자속이 흐를 수 있으므로 자기저항이 감소한다.

길이: **비례**한다. 같은 투자율과 단면적에서 자속이 지나가는 경로가 길어질수록 같은 자속을 유지하는 데 더 큰 기자력이 필요하므로 자기저항이 증가한다.

따라서 투자율·단면적·길이에 대한 관계는 각각 반비례·반비례·비례이며, ④의 연결과 일치한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같이 코일의 권선수가 N인 토로이드의 내부 자계를 증가시키기 위한 방법으로 옳지 않은 것은?



① 전류 I를 증가시킨다.

② 반지름 r을 작게 한다.

③ 코일 권선수 N을 많게 한다.

④ 전류 I의 방향을 반대로 흘린다.

정답 4번

간단한 해설

전류의 크기를 그대로 두고 방향만 반대로 바꾸면 토로이드 내부 자계도 **방향만 반대**가 된다. 자계의 크기는 증가하지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

그림의 r은 토로이드 중심에서 내부의 점선 원형 경로까지의 반지름이다. 권선이 고르게 감긴 이상적인 토로이드에 앙페르의 주회 법칙을 적용하면 $H \cdot 2\pi r = NI$, 즉 $H = \frac{NI}{2\pi r}$이다. 여기서 H는 자계의 크기(A/m), I는 전류의 크기(A), N은 전체 권선수이며, 각 방법은 나머지 조건이 같을 때 비교한다.

① O: 전류 I가 커지면 코일이 만드는 기자력 NI가 커진다. N과 r이 일정하면 자계의 크기는 **전류 I에 비례**하므로 증가한다.

② O: 반지름 r이 작아지면 자계가 형성되는 원형 경로의 길이도 짧아진다. N과 I가 일정하면 자계의 크기는 **반지름 r에 반비례**하므로 증가한다.

③ O: 권선수 N을 늘리면 각 권선의 전류가 만드는 기자력이 더 많이 합쳐져 전체 기자력 NI가 커진다. I와 r이 일정하면 자계의 크기는 **권선수 N에 비례**하므로 증가한다.

④ X: 전류의 크기가 같다면 방향을 반대로 바꾸어도 기자력의 크기 NI는 변하지 않는다. 오른손 법칙에 따라 내부 자계의 방향만 반대가 되며, **자계의 크기는 그대로**이다. 자계의 크기를 늘리려면 전류의 크기나 권선수를 늘리거나 반지름을 줄여야 한다.

NoteBase

문 5. 동일한 철심에 감긴 두 코일의 자기인덕턴스 L_1, L_2가 각각 4 [mH], 9 [mH]이고, 상호인덕턴스 M이 4.2 [mH]일 때, 결합계수 k는?

① 0.3

② 0.5

③ 0.7

④ 0.9

정답 3번

간단한 해설

결합계수는 상호인덕턴스를 **두 자기인덕턴스의 기하평균**으로 나눈 값이다. 주어진 값에 적용하면 $k = \frac{4.2}{\sqrt{4 \cdot 9}} = 0.7$이며, 단위는 없다.

계산 과정

두 코일의 자기인덕턴스는 $L_1 = 4\text{mH}$, $L_2 = 9\text{mH}$이고 상호인덕턴스는 $M = 4.2\text{mH}$이다. 결합계수 k는 두 코일의 자기적 결합 정도를 나타내며, $M = k\sqrt{L_1 L_2}$의 관계를 이용한다.

먼저 두 자기인덕턴스의 기하평균은 $\sqrt{L_1 L_2} = \sqrt{4 \cdot 9} = 6\text{mH}$이다. 이는 주어진 자기인덕턴스에서 **완전 결합일 때의 상호인덕턴스**에 해당한다.

따라서 $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} = \frac{4.2}{6} = 0.7$이다. 분자와 분모의 단위가 모두 mH이므로 단위가 소거되어 k는 무차원이다. 계산값 0.7은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 6. 임피던스 $Z = 10 + j5$ [Ω]에 대한 서셉턴스[S]는?

① −0.2

② −0.04

③ 0.04

④ 0.2

정답 2번

간단한 해설

서셉턴스는 임피던스의 역수인 어드미턴스의 **허수부 계수**이다. 주어진 임피던스의 역수는 $Y = 0.08 - j0.04$ S이므로 서셉턴스는 −0.04 S이다.

계산 과정

어드미턴스는 임피던스의 역수이므로 $Y = \frac{1}{Z}$이다. 이를 $Y = G + jB$로 나타낼 때 실수부 G는 컨덕턴스, **허수부 계수 B는 서셉턴스**이며, 두 값의 단위는 모두 S이다.

주어진 $Z = 10 + j5$ Ω의 역수를 구한다. 분모를 실수로 만들기 위해 분자와 분모에 **켤레복소수**인 $10 - j5$를 곱한다. 허수 단위 j는 $j^2 = -1$이므로 분모는 $10^2 + 5^2 = 125$가 된다.

$$Y = \frac{1}{10 + j5} = \frac{10 - j5}{10^2 + 5^2}$$

$$Y = \frac{10 - j5}{125} = 0.08 - j0.04 \text{ S}$$

계산된 어드미턴스에서 j의 계수는 −0.04이다. 따라서 서셉턴스는 −0.04 S이며, 선택지 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 전기회로를 해석하기 위한 기법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 평형 3상 회로에서 Y결선과 △결선은 서로 변환가능하다.

② 중첩의 원리는 여러 개의 전원이 동시에 존재하는 선형회로에서 적용된다.

③ 전압원과 직렬저항이 접속된 회로는 전류원과 병렬저항이 접속된 회로로 등가대체할 수 없다.

④ 선형회로에서는 테브난(Thevenin) 등가회로 또는 노턴(Norton) 등가회로로 변환가능하다.

정답 3번

간단한 해설

③의 '등가대체할 수 없다'는 설명이 잘못되었다. 전압원과 직렬저항은 **전류원과 같은 크기의 병렬저항으로 등가변환할 수 있다**. 전압원의 전압이 V, 저항이 R이면 전류원의 전류는 $I = \frac{V}{R}$이다.

선지별 해설

① O: 평형 3상 부하에서는 각 상의 임피던스가 같으므로 Y결선과 △결선을 서로 등가변환할 수 있다. Y결선의 상 임피던스를 Z_Y, △결선의 상 임피던스를 Z_Δ라고 하면 $Z_\Delta = 3Z_Y$이다. 이 관계로 바꾸면 **외부의 세 선로 단자에서 본 전압과 전류의 관계가 같아진다**.

② O: 중첩의 원리는 여러 전원이 있는 선형회로에서 각 전원이 단독으로 만드는 전압·전류를 구한 뒤, 방향과 부호를 고려하여 합하는 원리이다. 한 독립전원의 영향을 계산할 때 다른 **독립 전압원은 단락하고 독립 전류원은 개방한다**. 종속전원이 있다면 제거하지 않고 유지한다.

③ X: 전압원과 직렬저항은 **전류원과 병렬저항으로 등가대체할 수 있다**. 전압 V인 전압원에 저항 R이 직렬로 연결되어 있으면, 전류가 $I = \frac{V}{R}$인 전류원에 같은 저항 R을 병렬로 연결한 회로로 바꾼다. 이때 R은 0이 아닌 유한한 저항이며, 전류원은 전압원의 양극 쪽 단자로 전류를 공급하는 방향으로 둔다. 두 회로는 외부 단자에 같은 부하를 연결했을 때 부하의 전압과 전류가 같다는 의미에서 등가이다.

④ O: 선형회로의 두 단자에서 본 전압·전류 관계는 테브난 등가회로나 노턴 등가회로로 나타낼 수 있다. 테브난 등가회로는 **전압원과 직렬저항**으로, 노턴 등가회로는 **전류원과 병렬저항**으로 구성된다. 테브난 전압은 단자를 개방했을 때의 전압이고, 노턴 전류는 단자를 단락했을 때의 전류이다. 두 등가회로의 내부 저항은 같으며, 교류회로에서는 저항 대신 임피던스를 사용한다.

NoteBase

문 8. △결선 평형 3상 부하의 각 상임피던스가 $15 + j3$ [Ω]일 경우, 이와 등가인 Y결선의 상임피던스[Ω]는?

① $5 + j1$

② $45 + j9$

③ $\frac{15}{\sqrt{3}} + j\sqrt{3}$

④ $\sqrt{3}(15 + j3)$

정답 1번

간단한 해설

평형 3상 부하의 △결선을 등가 Y결선으로 바꾸면 상임피던스는 **기존 값의 3분의 1**이 된다. 따라서 $Z_Y = \frac{15+j3}{3} = 5 + j1\ \Omega$이다.

계산 과정

△결선의 상임피던스를 Z_Δ, 등가 Y결선의 상임피던스를 Z_Y라 한다. **평형 부하이므로 세 상의 임피던스가 같다.** △–Y 등가변환에서 Y의 한 상임피던스는 해당 단자에 접한 △의 두 임피던스의 곱을 △의 세 임피던스 합으로 나눈 값이다. 따라서 $Z_Y = \frac{Z_\Delta \cdot Z_\Delta}{3Z_\Delta} = \frac{Z_\Delta}{3}$이다.

주어진 $Z_\Delta = 15 + j3\ \Omega$를 대입하면 $Z_Y = \frac{15+j3}{3} = 5 + j1\ \Omega$이다. 여기서 j는 허수단위이며, **저항 성분과 리액턴스 성분을 각각 3으로 나눈다.** 등가 Y결선의 각 상은 저항 5 Ω와 유도성 리액턴스 1 Ω를 가지며, 상임피던스는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 단상 변압기 3대를 Δ-Δ결선으로 운전하던 중에 한 대가 고장나서 V-V결선으로 운전하였다. 이 경우에 고장 전 출력에 대한 고장 후 출력의 비는?

① $\frac{1}{2}$
② $\frac{\sqrt{3}}{3}$
③ $\frac{2}{3}$
④ $\frac{\sqrt{3}}{2}$

정답 2번

간단한 해설

V-V결선은 남은 변압기 2대로 3상 전력을 공급하지만, 공급 가능한 용량이 기존의 2/3이 되는 것은 아니다. 같은 정격의 변압기를 사용할 때 **V-V결선의 출력은 Δ-Δ결선 출력의 약 57.7%**인 $\frac{\sqrt{3}}{3}$이다.

공통 해설

같은 정격의 단상 변압기로 평형 3상 부하를 공급할 때, V-V결선의 공급 가능 용량은 Δ-Δ결선 용량의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$이다. 여기서 출력은 변압기를 과부하시키지 않고 공급할 수 있는 용량을 뜻하며, 유효전력을 비교할 때도 부하 역률이 같으면 이 비가 유지된다.

변압기 한 대의 정격용량을 S라 하면, Δ-Δ결선의 용량은 $3S$, V-V결선의 용량은 $\sqrt{3}S$이다. V-V결선에서는 각 변압기의 권선전압과 권선전류가 각각 선간전압과 선전류에 해당하므로, 3상 용량 관계에 따라 $\sqrt{3}S$까지 공급할 수 있다. 따라서 **남은 두 대의 정격용량을 단순히 더한 값**을 V-V결선의 출력으로 삼으면 안 된다.

고장 전 출력을 기준으로 한 고장 후 출력의 비는 $\frac{\sqrt{3}S}{3S} = \frac{\sqrt{3}}{3}$이며, 단위가 없는 비율이다.

NoteBase

문 10. 비정현 주기파를 푸리에 급수 전개했을 때, 일반적인 구성 성분으로 옳지 않은 것은?

① 직류

② 삼각파

③ 고조파

④ 기본파

정답 2번

간단한 해설

삼각파는 여러 정현파를 합성하여 나타내는 **비정현 주기파**이다. 푸리에 급수의 구성 성분은 **직류 성분과 정현파 성분**이며, 삼각파 자체가 하나의 기본 구성 성분이 되는 것은 아니다.

선지별 해설

① O: 직류 성분은 파형의 **한 주기 평균값**에 해당하며, 시간에 따라 변하지 않는 상수 성분이다. 푸리에 급수의 상수항으로 나타내고, 파형의 평균값이 0이면 이 성분도 0이다.

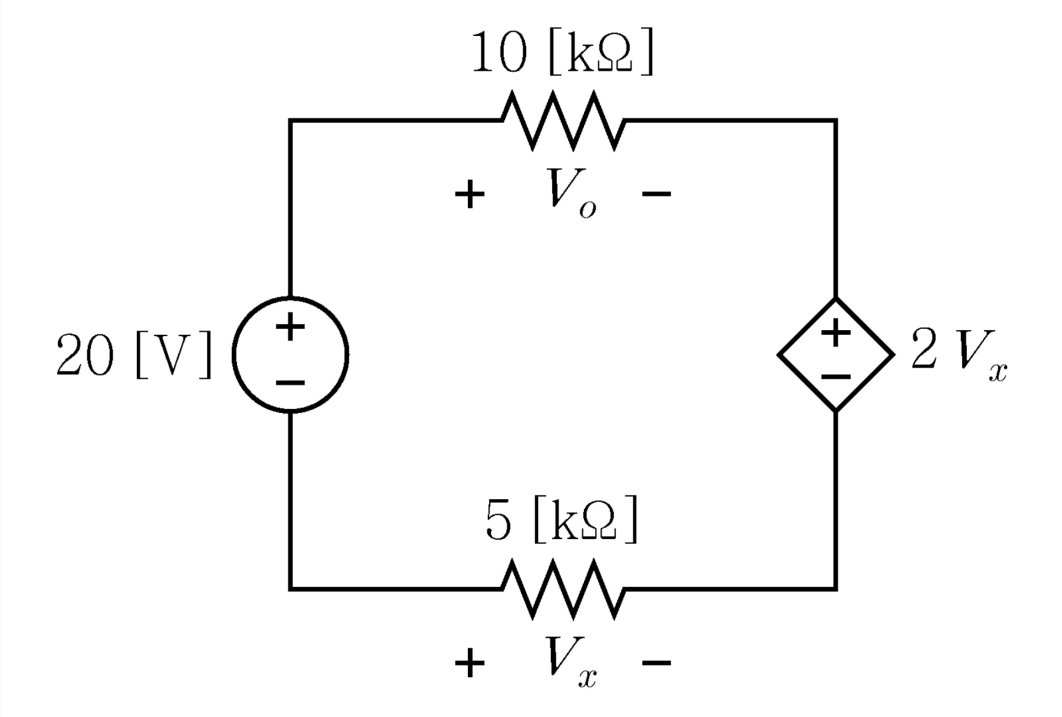
② X: 삼각파는 직선적으로 증가하고 감소하는 비정현 주기파로, 그 자체를 푸리에 급수로 전개할 수 있다. 푸리에 급수에서는 삼각파를 포함한 비정현 주기파를 **정현파 성분들의 합**으로 나타내므로, 삼각파 자체를 일반적인 구성 성분으로 분류하지 않는다.

③ O: 고조파는 주파수가 **기본파 주파수의 2배, 3배 등 정수배**인 정현파 성분이다. 기본파에 이러한 성분들이 더해지면서 정현파와 다른 파형을 나타낼 수 있다.

④ O: 기본파는 **원래 주기파와 같은 주기**를 갖는 정현파 성분이다. 이 주기에 대응하는 주파수가 기본 주파수이며, 고조파의 차수를 정하는 기준이 된다.

NoteBase

문 11. 그림의 회로에서 전압 V_o [V]와 V_x [V]는?



① V_o [V]: −40, V_x [V]: −20

② V_o [V]: −40, V_x [V]: 20

③ V_o [V]: 40, V_x [V]: −20

④ V_o [V]: 40, V_x [V]: 20

정답 3번

간단한 해설

두 저항에는 같은 전류가 흐르지만 전류에 대한 **전압의 기준 극성이 반대**이므로 $V_o = -2V_x$이다. 종속전원을 포함한 전압법칙을 함께 적용하면 $V_o = 40\text{V}$, $V_x = -20\text{V}$이다.

NoteBase

계산 과정

전류와 전압의 관계: 회로에 분기점이 없으므로 두 저항에는 같은 전류가 흐른다. 시계 방향 전류를 I로 두면 위쪽 10 kΩ 저항에서는 전류가 +단자로 들어가므로 $V_o = (10\text{k}\Omega)I$이다. 아래쪽 5 kΩ 저항에서는 전류가 오른쪽의 −단자로 들어가므로 $V_x = -(5\text{k}\Omega)I$이다. 따라서 저항비와 **전류에 대한 기준 극성의 차이**에 의해 $V_o = -2V_x$가 된다.

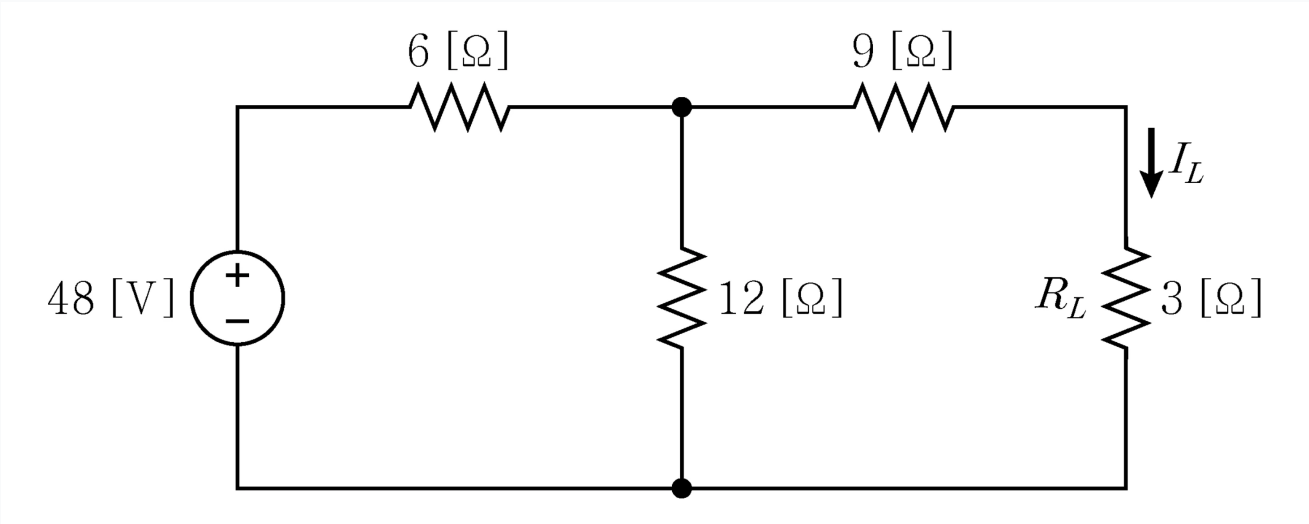
루프 전압식: 키르히호프 전압법칙에 따라 폐회로를 한 바퀴 돌 때 전압 변화의 합은 0이다. 시계 방향으로 돌면 왼쪽 전원에서 20 V 상승하고, 위쪽 저항에서 V_o, 오른쪽 종속전원에서 $2V_x$만큼 하강한다. 아래쪽 저항은 표시된 −단자에서 +단자로 지나므로 전압 변화는 $+V_x$이다. 따라서 $20\text{V} - V_o - 2V_x + V_x = 0$이고, 정리하면 $V_o + V_x = 20\text{V}$이다.

전압 계산: $V_o = -2V_x$를 루프 전압식에 대입하면 $-2V_x + V_x = 20\text{V}$이므로 $V_x = -20\text{V}$이다. 이어서 $V_o = -2 \cdot (-20\text{V}) = 40\text{V}$를 얻는다. V_x의 음수 부호는 아래쪽 저항의 **오른쪽 전위가 왼쪽보다 20 V 높다**는 뜻이다.

따라서 $V_o = 40\text{V}$, $V_x = -20\text{V}$로 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 그림의 회로에서 저항 R_L에 흐르는 전류 I_L[A]과 저항 R_L에서 소비되는 전력 P_L[W]은?



① I_L[A]: 1, P_L[W]: 3

② I_L[A]: 1, P_L[W]: 6

③ I_L[A]: 2, P_L[W]: 6

④ I_L[A]: 2, P_L[W]: 12

정답 4번

간단한 해설

오른쪽 가지의 저항은 9 + 3 = 12 Ω으로 가운데 가지와 같으므로, 전체 전류 4 A가 **두 가지에 똑같이 나뉜다**.
부하전류는 2 A이고, 3 Ω 부하의 소비전력은 12 W이다.

NoteBase

계산 과정

회로의 합성저항: 오른쪽의 9 Ω 저항과 부하저항 $R_L = 3\Omega$은 중간에 분기점이 없는 직렬 연결이므로 합성저항은 9 + 3 = 12 Ω이다. 이 가지는 가운데 12 Ω 저항과 **같은 두 접점에 연결된 병렬**이다. 병렬 부분의 합성저항은 $\frac{12 \cdot 12}{12 + 12} = 6\Omega$이고, 왼쪽 6 Ω 저항이 여기에 직렬로 연결되어 전체 저항은 6 + 6 = 12 Ω이다.

전체 전류와 병렬 부분의 전압: 전원전압이 48 V이므로 옴의 법칙에 따라 전체 전류는 $I = \frac{48}{12} = 4\text{A}$이다. 왼쪽 6 Ω 저항에는 전체 전류가 흐르므로 전압강하는 $4 \times 6 = 24$ V이다. 따라서 나머지 병렬 부분의 양단전압은 48 − 24 = 24 V이며, 이는 **9 Ω과 부하저항을 합친 가지 전체의 전압**이다.

부하전류: 오른쪽 가지의 양단전압은 24 V, 합성저항은 12 Ω이므로 $I_L = \frac{24}{9 + 3} = 2\text{A}$이다. 직렬 연결된 9 Ω 저항과 부하저항에는 같은 전류가 흐르며, 부하에서는 그림의 화살표처럼 아래쪽으로 흐른다.

부하의 소비전력: 저항의 소비전력은 $P = I^2R$이므로, **부하저항 3 Ω에 흐르는 전류 2 A**를 적용한다. $P_L = I_L^2 R_L = 2^2 \cdot 3 = 12\text{W}$이다. 따라서 부하전류 2 A와 소비전력 12 W의 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 13. 자성체의 비투자율 μ_r에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, μ는 자성체의 투자율이고, μ_0는 진공 중의 투자율이다)

① $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$이다.
② 자계의 세기에 비례한다.
③ 자속밀도에 반비례한다.
④ 기자력에 비례한다.

정답 1번

간단한 해설

비투자율은 자성체의 투자율이 **진공 투자율의 몇 배인지** 나타내는 비로, $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$이다. 두 투자율의 단위가 같으므로 비투자율에는 단위가 없다.

선지별 해설

자계의 세기를 H, 자속밀도를 B라 하면 투자율은 두 양을 연결하는 비례계수로, $B = \mu H$로 나타낸다. 따라서 비투자율은 $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{B}{\mu_0 H}$로 쓸 수 있다.

① O: 비투자율은 **자성체의 투자율을 진공의 투자율로 나눈 값**이다. 따라서 $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$이며, 같은 단위를 가진 두 양의 비이므로 무차원량이다.

② X: 비투자율이 자계의 세기에 비례하는 것은 아니다. 투자율이 일정한 선형 구간에서는 자계의 세기 H가 커질 때 **자속밀도 B가 H에 비례하여 증가**하고, 비투자율은 일정하다. 강자성체에서는 투자율이 자계의 세기에 따라 달라질 수 있지만, 이를 단순한 비례 관계로 볼 수는 없다.

③ X: 비투자율은 자속밀도에 반비례하지 않는다. $\mu_r = \frac{B}{\mu_0 H}$이므로, **자계의 세기 H가 같은 조건**에서 비교하면 비투자율은 자속밀도 B에 비례한다. 투자율이 일정한 물질에서 H를 증가시켜 B가 커지는 경우에는 비투자율이 변하지 않는다.

④ X: 기자력은 코일의 권수 N과 전류 I의 곱인 $\mathcal{F} = NI$로, 자기회로에 자속을 만드는 작용을 나타낸다. 같은 길이의 균일한 자기 경로에서 기자력이 커지면 자계의 세기가 커지지만, **투자율이 일정한 선형 구간**에서는 자속밀도만 그에 비례하여 커지고 비투자율은 일정하다. 따라서 비투자율이 기자력에 비례한다는 설명은 성립하지 않는다.

NoteBase

문 14. 자유공간에서 선전하밀도가 4 [C/m]인 무한 길이의 직선도체의 중심점으로부터 3 [m]만큼 떨어진 위치에 2 [C]의 점전하가 있다. 이때, 점전하가 받는 힘의 크기[N]는? (단, ε_0는 진공 중의 유전율이다)

① $\frac{1}{9\pi\varepsilon_0}$
② $\frac{2}{9\pi\varepsilon_0}$
③ $\frac{2}{3\pi\varepsilon_0}$
④ $\frac{4}{3\pi\varepsilon_0}$

정답 4번

간단한 해설

무한 직선전하가 만드는 전기장의 크기는 **거리의 역수에 비례**하며, 점전하가 받는 힘은 $F = |q|E$이다. 주어진 선전하밀도와 거리로 전기장을 구한 뒤 2 C를 곱하면 힘의 크기는 $\frac{4}{3\pi\varepsilon_0}$N이다.

계산 과정

선전하밀도는 $\lambda = 4$C/m, 도체 중심선에서 점전하까지의 거리는 r = 3 m, 점전하량은 q = 2 C이다.
자유공간이므로 유전율은 ε_0를 사용한다.

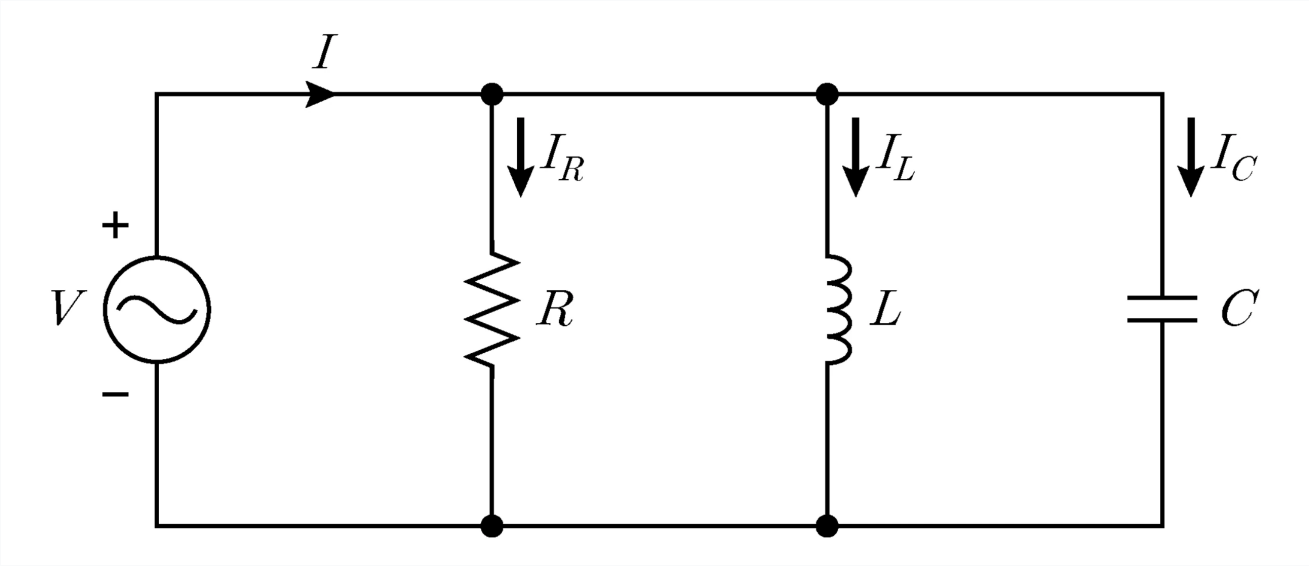
무한 직선전하의 전기장은 중심선에 수직인 방향이며, 중심선에서 같은 거리에서는 크기가 같다. 따라서 중심선을 축으로 하는 반지름 r, 길이 L의 원통형 가우스면을 잡으면 전기력선은 옆면을 통과하고 양 끝면에는 평행하다. 가우스 법칙에 따라 $E(2\pi rL) = \frac{\lambda L}{\varepsilon_0}$이므로 $E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$이다. 이 식은 **무한 직선전하의 원통 대칭**을 이용한 결과이다.

주어진 값을 대입하면 $E = \frac{4}{2\pi\varepsilon_0 \cdot 3} = \frac{2}{3\pi\varepsilon_0}$N/C이다. 이는 도체 중심선에서 3 m 떨어진 위치에 놓인 단위 양전하가 받는 힘의 크기를 뜻한다.

점전하가 받는 힘의 크기는 **전하량의 절댓값과 전기장 크기의 곱**이다. 따라서 $F = |q|E = 2 \cdot \frac{2}{3\pi\varepsilon_0} = \frac{4}{3\pi\varepsilon_0}$N이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림의 RLC 병렬회로에서 교류전원 V의 전압과 주파수를 3배씩 각각 증가시킬 때, 각 소자의 전류의 증가 배수를 바르게 연결한 것은?



① I_R: 3배, I_L: 1배, I_C: 9배

② I_R: 3배, I_L: 3배, I_C: 3배

③ I_R: 9배, I_L: 3배, I_C: 1배

④ I_R: 9배, I_L: 9배, I_C: 9배

정답 1번

간단한 해설

저항 전류는 전압에 비례하고, 코일 전류는 **전압에 비례·주파수에 반비례**하며, 축전기 전류는 **전압과 주파수 모두에 비례**한다. 전압과 주파수가 각각 3배가 되면 전류는 저항 3배, 코일 1배, 축전기 9배가 된다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 저항 R, 코일 L, 축전기 C는 전원의 두 단자에 병렬로 연결되어 있으므로 **각 소자에 걸리는 전압은 전원 전압과 같다**. 전압과 전류는 정현파 정상상태의 실효값으로 비교하고, 소자의 값은 일정하다고 본다. 변경 전 전압과 주파수를 V, f라 하면 변경 후에는 $V' = 3V$, $f' = 3f$이다.

저항 전류 I_R: 저항에는 옴의 법칙이 적용되어 $I_R = \frac{V}{R}$이다. 저항값은 주파수에 따라 변하지 않으므로 전압 증가만 반영한다. 변경 후 전류는 $I_R' = \frac{3V}{R} = 3I_R$로, 기존의 3배이다.

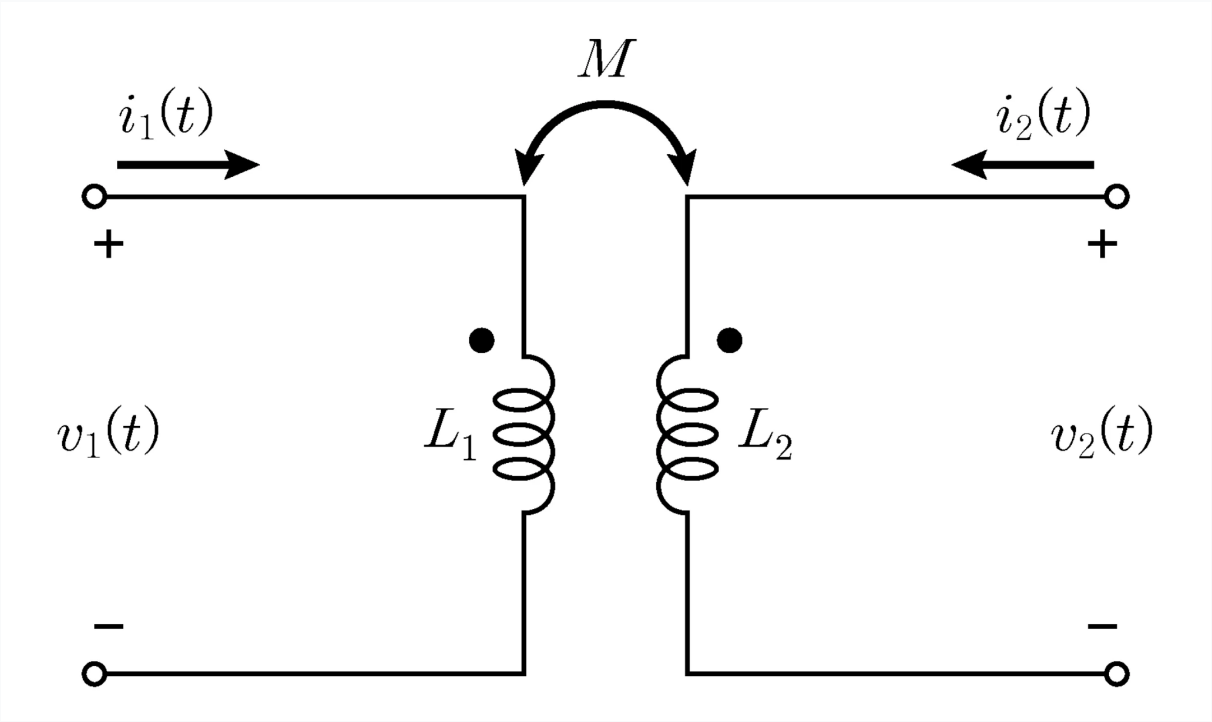
코일 전류 I_L: 유도성 리액턴스는 $X_L = 2\pi fL$이고, 전류의 크기는 $I_L = \frac{V}{X_L}$이다. 주파수가 3배가 되면 **유도성 리액턴스도 3배**가 된다. 변경 후에는 $I_L' = \frac{3V}{3X_L} = I_L$이므로, 전압 증가와 리액턴스 증가가 상쇄되어 전류는 기존과 같은 1배이다.

축전기 전류 I_C: 용량성 리액턴스는 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$이고, 전류의 크기는 $I_C = \frac{V}{X_C}$이다. 주파수가 3배가 되면 **용량성 리액턴스는 기존의 1/3**이 된다. 변경 후에는 $I_C' = \frac{3V}{X_C/3} = 9I_C$이므로, 전압 증가에 따른 3배와 리액턴스 감소에 따른 3배가 함께 작용하여 전류는 기존의 9배이다.

따라서 각 전류의 증가 배수는 I_R 3배, I_L 1배, I_C 9배이며, ①의 연결과 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림의 자기결합회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① $v_1(t) = L_1\frac{di_1(t)}{dt} + M\frac{di_2(t)}{dt}$의 관계가 성립한다.

② $v_2(t) = M\frac{di_1(t)}{dt} + L_2\frac{di_2(t)}{dt}$의 관계가 성립한다.

③ 각 코일의 쇄교자속은 $\lambda_1 = L_1 i_1 + M i_2,\ \lambda_2 = M i_1 + L_2 i_2$이다.

④ 상호인덕턴스 M은 항상 $0 < \sqrt{L_1 L_2} < M$ 관계가 성립한다.

정답 4번

간단한 해설

상호인덕턴스 M은 두 자기인덕턴스의 기하평균인 $\sqrt{L_1 L_2}$를 **초과할 수 없다**. 결합계수 k는 $0 \leq k \leq 1$이므로 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$, 즉 $0 \leq M \leq \sqrt{L_1 L_2}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 그림에서 두 전류는 모두 **점이 표시된 단자로 유입**되고, 두 전압은 점이 있는 쪽을 양의 극성으로 잡았다. 따라서 상호유도 전압은 자기유도 전압에 더해진다. 첫 번째 코일의 단자전압은 $v_1(t) = L_1\frac{di_1(t)}{dt} + M\frac{di_2(t)}{dt}$이다. 첫 항은 자기 전류의 변화에 따른 전압이고, 둘째 항은 다른 코일의 전류 변화에 따른 전압이다.

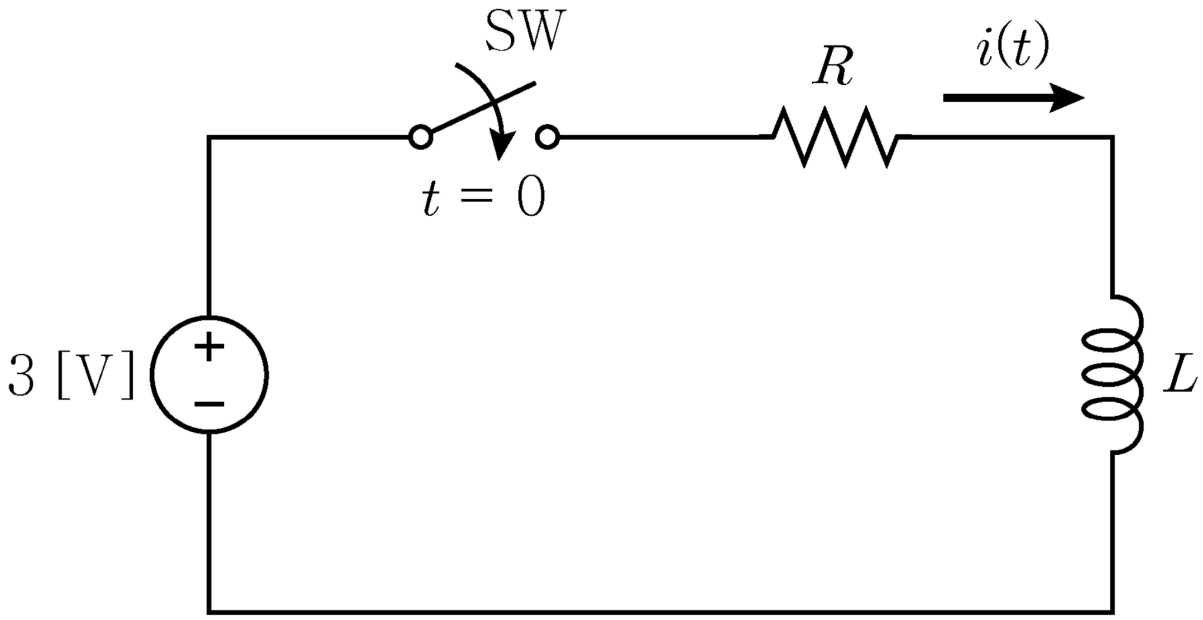
② O: 두 번째 코일에도 같은 점표기 규칙이 적용되므로, 첫 번째 코일의 전류 변화로 생기는 상호유도 전압의 부호는 양이다. 따라서 $v_2(t) = M\frac{di_1(t)}{dt} + L_2\frac{di_2(t)}{dt}$이다. 상호인덕턴스 M은 두 코일 사이의 결합을 나타내므로 두 전압식의 상호유도 항에 공통으로 쓰인다.

③ O: 쇄교자속은 코일의 권선에 연결되는 자속을 권선 전체에 걸쳐 합한 양이다. 각 코일에는 **자기 전류에 의한 성분과 다른 코일의 전류에 의한 성분**이 함께 작용한다. 그림의 전류 방향과 점표기에서는 두 성분이 더해지므로 $\lambda_1 = L_1 i_1 + M i_2$, $\lambda_2 = M i_1 + L_2 i_2$이다. 인덕턴스가 일정할 때 이 식들을 시간에 대해 미분하면 $v_1 = \frac{d\lambda_1}{dt}$, $v_2 = \frac{d\lambda_2}{dt}$에 따라 ①과 ②의 전압식이 된다.

④ X: 상호인덕턴스의 크기는 결합계수 k를 사용하여 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$로 나타낸다. 결합계수는 한 코일의 자속이 다른 코일과 얼마나 결합하는지를 나타내며, $0 \le k \le 1$이다. 따라서 선지의 부등식은 **상한을 반대로 제시**한 것으로, $0 \le M \le \sqrt{L_1 L_2}$로 고쳐야 한다. 자기결합이 없으면 $M = 0$이고, 완전결합이면 $M = \sqrt{L_1 L_2}$이다.

NoteBase

문 17. 그림의 RL 회로에서 스위치 SW를 t=0에서 닫았을 때, 4초 후 회로에 흐르는 전류 i가 $2(1-e^{-2})$ [A]인 경우에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 저항 R은 1.5 [Ω]이다.

② 인덕턴스 L은 4 [H]이다.

③ 회로의 시정수 τ는 2 [sec]이다.

④ 인덕터에 흐르는 전류는 순간적으로 변할 수 없다.

정답 2번

간단한 해설

RL 직렬회로의 시정수는 $\tau = \frac{L}{R}$이다. 공식 채점에서 의도한 계수·지수 대응으로 R = 1.5 Ω, τ = 2초를 얻으면 인덕턴스는 $L = R\tau = 1.5 \times 2 = 3$H이며, **4 H가 아니라 3 H**이다. 다만 원문은 4초 후의 전류값 하나만 제시하므로, 엄밀하게는 이 값만으로 R과 L을 각각 확정할 수 없다.

NoteBase

선지별 해설

그림은 3 V 직류전원에 저항과 인덕터가 직렬로 연결된 회로이다. 스위치를 닫기 전 전류가 0이므로, 닫은 뒤의 전류는 $i(t) = \frac{3}{R}(1 - e^{-t/\tau})$이고 시정수는 $\tau = \frac{L}{R}$이다. 원문에서 얻는 조건은 $\frac{3}{R}(1 - e^{-4R/L}) = 2(1 - e^{-2})$ 하나이다. 미지수 R과 L이 두 개이므로, **한 시점의 전류값만으로 두 소자값을 유일하게 정할 수 없다**. 예를 들어 R = 1 Ω, $L = \frac{-4}{\ln[1 - \frac{2}{3}(1 - e^{-2})]}$ H인 경우도 같은 전류값을 만족한다. 공식 정답 ②는 괄호 앞 계수 2를 정상상태 전류로, 지수 −2를 t = 4초의 지수항으로 각각 대응시키는 출제 의도에 따른 것이다. 다음 ①~③의 O/X는 이 대응에 따른 공식 채점 판단이며, 원문 조건만으로 각각 확정되는 판단은 아니다.

① O: RL 응답함수에서 괄호 앞의 계수는 **충분한 시간이 지난 뒤의 전류**를 나타낸다. 직류 정상상태에서는 인덕터 양단 전압이 0이므로 이 전류는 $\frac{3}{R}$이다. 출제 의도대로 이 계수를 2 A로 대응시키면 $\frac{3}{R} = 2$에서 $R = \frac{3}{2} = 1.5\Omega$이다.

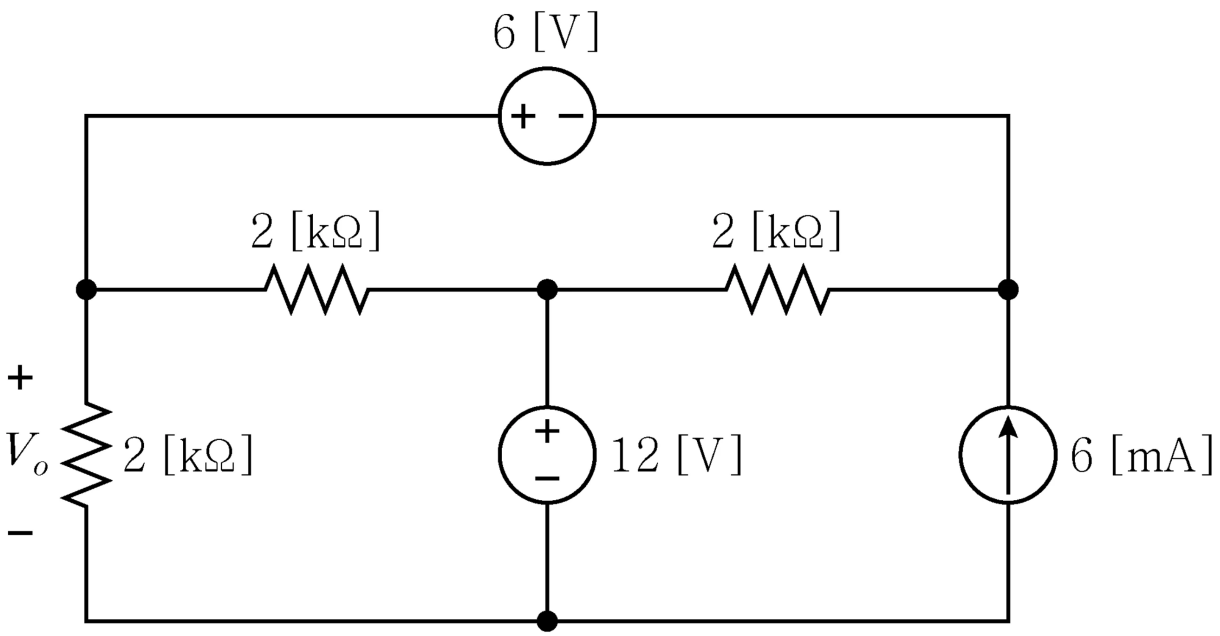
② X: 출제 의도대로 t = 4초의 지수항을 e^{-2}에 대응시키면 $\frac{4}{\tau} = 2$에서 τ = 2초이다. 인덕턴스는 시정수와 저항의 곱이므로 $L = R\tau = 1.5 \times 2 = 3$H이다. 이 해석에서 선지의 4 H는 **3 H로 고쳐야 한다**.

③ O: 지수항은 $e^{-t/\tau}$이므로, 출제 의도의 대응에서 t = 4초에 e^{-2}가 되는 시정수는 2초이다. 이 해석으로 구한 소자값으로도 $\tau = \frac{L}{R} = \frac{3}{1.5} = 2$s임을 확인할 수 있다.

④ O: 인덕터 양단 전압과 전류의 관계는 $v_L = L\frac{di}{dt}$이다. 전류가 순간적으로 불연속하게 변하려면 무한히 큰 전압이 필요하므로, 이 회로처럼 **유한한 전압이 가해지는 경우 전류는 연속**이다. 따라서 스위치를 닫는 순간에도 전류는 0 A를 유지하고 이후 점차 증가한다.

NoteBase

문 18. 그림의 회로에서 전압 V_o[V]는?



① 12

② 14

③ 16

④ 18

정답 2번

간단한 해설

6 V 전압원으로 연결된 두 절점을 하나로 묶어 **유입 전류 6 mA와 유출 전류의 합**을 같게 놓는다. 두 절점의 전위차가 6 V라는 조건을 함께 적용하면 왼쪽 저항의 전압은 14 V이다.

NoteBase

계산 과정

1. 절점 전압 설정: 아래쪽 공통 도선을 기준 전위 0 V로 두고, 왼쪽·가운데·오른쪽 절점의 전압을 각각 V_A, V_C, V_B로 둔다. 가운데 12 V 전압원의 위쪽이 +이므로 $V_C = 12\text{V}$이다. 위쪽 6 V 전압원은 왼쪽이 +, 오른쪽이 −이므로 $V_A - V_B = 6\text{V}$이다.

2. 전류 법칙 적용: 이상적인 전압원을 사이에 둔 왼쪽과 오른쪽 절점을 **하나의 슈퍼노드**로 묶는다. 이렇게 하면 6 V 전압원을 지나는 내부 전류를 구하지 않고, 묶인 영역의 경계를 드나드는 전류만으로 식을 세울 수 있다. 6 mA 전류원은 아래에서 오른쪽 절점으로 전류를 공급한다. 영역 밖으로 나가는 전류는 왼쪽 아래 2 kΩ 저항, 왼쪽과 가운데 사이 2 kΩ 저항, 오른쪽과 가운데 사이 2 kΩ 저항을 지나는 전류이다. 옴의 법칙에 따라 각 전류는 출발 절점과 도착 절점의 전위차를 저항으로 나눈 값이다. 전압을 V, 저항을 kΩ 단위로 대입하면 전류 단위는 mA이므로 다음과 같다.

$$\frac{V_A}{2} + \frac{V_A - 12}{2} + \frac{V_B - 12}{2} = 6$$

3. 절점 전압 계산: 전류 방정식의 양변에 2를 곱하여 정리하면 $2V_A + V_B = 36$이다. 전압원의 극성에서 얻은 $V_B = V_A - 6$을 대입하면 $3V_A - 6 = 36$, 즉 $3V_A = 42$이므로 $V_A = 14\text{V}$이다.

4. 출력 전압: V_o는 왼쪽 아래 저항의 위쪽을 +, 아래쪽을 −로 정한 전압이다. 아래쪽이 기준 전위 0 V이므로 $V_o = V_A - 0 = 14\text{V}$이며, ②의 14 V에 해당한다.

NoteBase

문 19. 지상역률 0.6, 120 [kVA]인 부하를 지상역률 0.8로 개선하기 위한 진상용 커패시터의 무효전력[kVAR]은? (단, 유효전력을 일정하게 유지한다)

① 42

② 48

③ 70

④ 96

정답 1번

간단한 해설

유효전력이 일정하므로 역률 개선 전후의 **무효전력 차이**를 커패시터가 보상한다. 부하의 지상 무효전력이 96 kVAR에서 54 kVAR로 줄어야 하므로 필요한 진상 무효전력은 42 kVAR이다.

계산 과정

1. 유효전력 구하기: 피상전력을 S, 유효전력을 P, 전압과 전류의 위상차를 ϕ라 하면 역률은 $\cos\phi = \frac{P}{S}$이다. 처음 피상전력은 120 kVA, 역률은 0.6이므로 유효전력은 P = 120 × 0.6 = 72 kW이다. 문제의 조건에 따라 **개선 후에도 유효전력은 72 kW로 일정하다**.

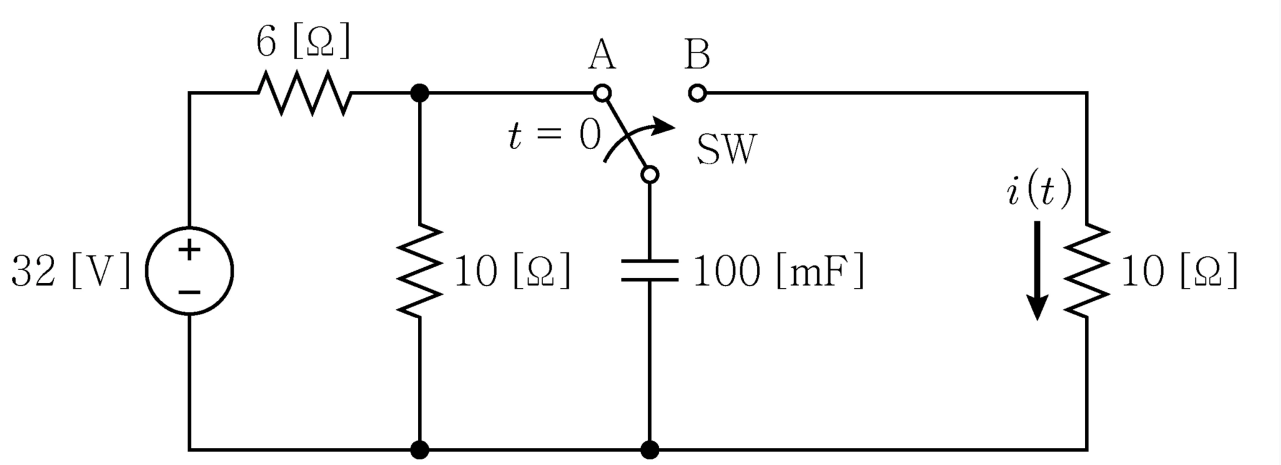
2. 개선 전 무효전력 구하기: 전력삼각형에서 무효전력 Q는 $Q = S\sin\phi$이다. 개선 전에는 $\sin\phi_1 = \sqrt{1 - 0.6^2} = 0.8$이므로, $Q_1 = 120 \times 0.8 = 96\text{kVAR}$이다. 이는 처음 부하가 요구하는 지상 무효전력이다.

3. 개선 후 무효전력 구하기: 목표 역률이 0.8이므로 $\sin\phi_2 = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$이다. 따라서 $\tan\phi_2 = \frac{0.6}{0.8} = 0.75$이다. 전력삼각형의 관계 $Q = P\tan\phi$를 적용하면 $Q_2 = 72 \times 0.75 = 54\text{kVAR}$이다. 목표도 **지상역률**이므로 개선 후에는 지상 무효전력 54 kVAR가 남는다.

4. 커패시터의 무효전력 구하기: 커패시터의 진상 무효전력은 부하의 지상 무효전력을 상쇄한다. 필요한 보상량은 **개선 전후 지상 무효전력의 차이**이므로 $Q_c = Q_1 - Q_2$이다. 따라서 96 − 54 = 42 kVAR이며, ①의 42에 해당한다.

NoteBase

문 20. 그림의 회로에서 $t = 0$에서 스위치 SW가 A에서 B로 이동했다. $t > 0$ 구간에서, 전류 $i(t)$ [A]는? (단, 스위치 SW는 충분히 긴 시간 동안 A 위치에 있었다)



① e^{-t}

② e^{-2t}

③ $2e^{-t}$

④ $2e^{-2t}$

정답 3번

간단한 해설

스위치를 옮기기 전 커패시터는 20 V로 충전되어 있으며, 이동 직후에도 **커패시터 전압은 연속**이다. 이후 오른쪽 10 Ω 저항을 통해 **시정수 1초**로 방전하므로 전류는 $i(t) = 2e^{-t}$ A이다.

NoteBase

계산 과정

① 이동 전의 커패시터 전압: 커패시터 위쪽 단자의 전압을 아래쪽 단자 기준으로 $v_C(t)$라 하자. 스위치가 A에 충분히 오래 있었으므로 직류 정상상태에서 **커패시터에는 전류가 흐르지 않는다**. 따라서 왼쪽 6 Ω과 10 Ω 저항의 전압분배로 초기 전압을 구한다. $v_C(0^-) = 32 \cdot \frac{10}{6+10} = 20$ V이며, 위쪽 단자가 양극이다.

② 이동 직후의 초기조건: **커패시터 전압은 순간적으로 변할 수 없으므로** $v_C(0^+) = v_C(0^-) = 20$ V이다. B로 이동하면 커패시터의 위쪽 단자가 오른쪽 10 Ω 저항에 연결되고, 왼쪽 전원과 저항들은 방전 경로에서 분리된다.

③ 방전 시정수: B 위치에서 커패시터가 연결된 방전 저항은 오른쪽의 10 Ω뿐이다. 정전용량은 100 mF = 0.1 F이므로 시정수는 $\tau = RC = 10 \cdot 0.1 = 1$초이다. 전원이 없는 RC 회로에서는 커패시터에 저장된 에너지가 저항에서 소모되며, 전압은 $v_C(t) = v_C(0^+)e^{-t/\tau}$로 감소한다. 따라서 시간을 초 단위로 넣으면 $v_C(t) = 20e^{-t}$ V이다.

④ 저항 전류: 오른쪽 저항의 위쪽 전압이 양수이므로 전류는 그림의 화살표처럼 아래쪽으로 흐른다. 저항과 커패시터의 양단 전압이 같으므로 옴의 법칙을 적용하면 $i(t) = \frac{v_C(t)}{10} = 2e^{-t}$ A이다. 초기 전류 2 A에서 시정수 1초로 감소하는 이 식은 ③의 표현과 일치한다.

NoteBase