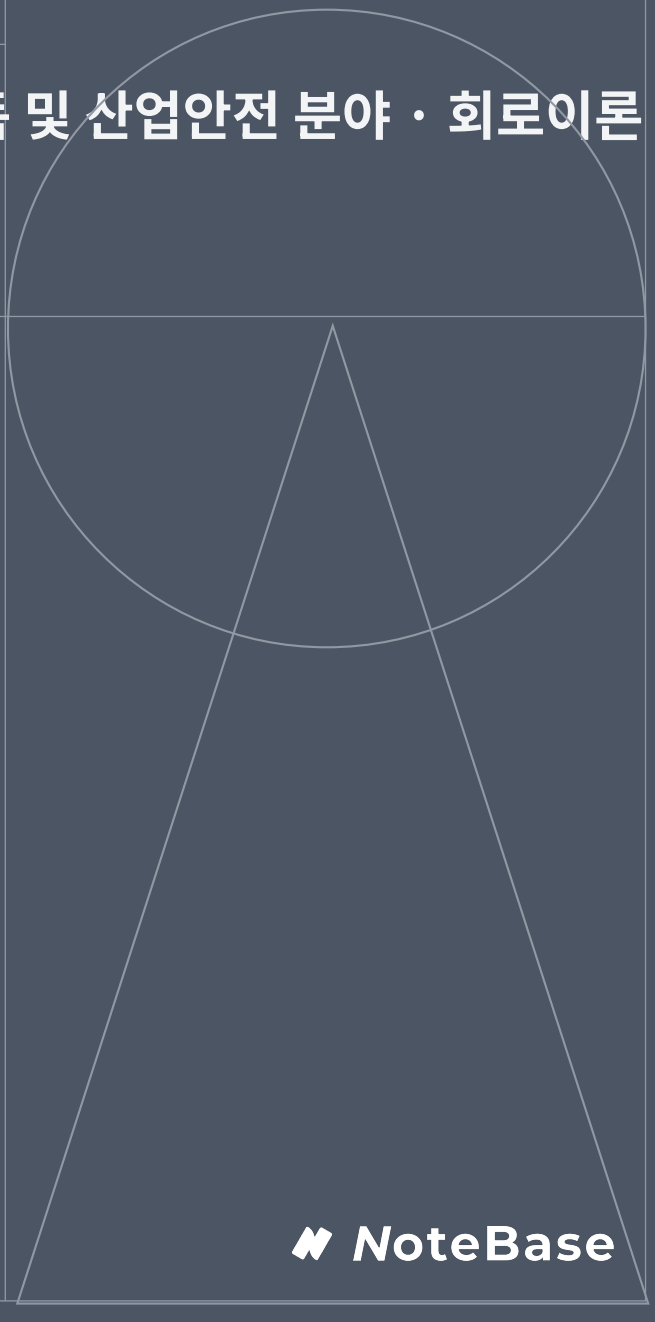
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 회로이론 · 202



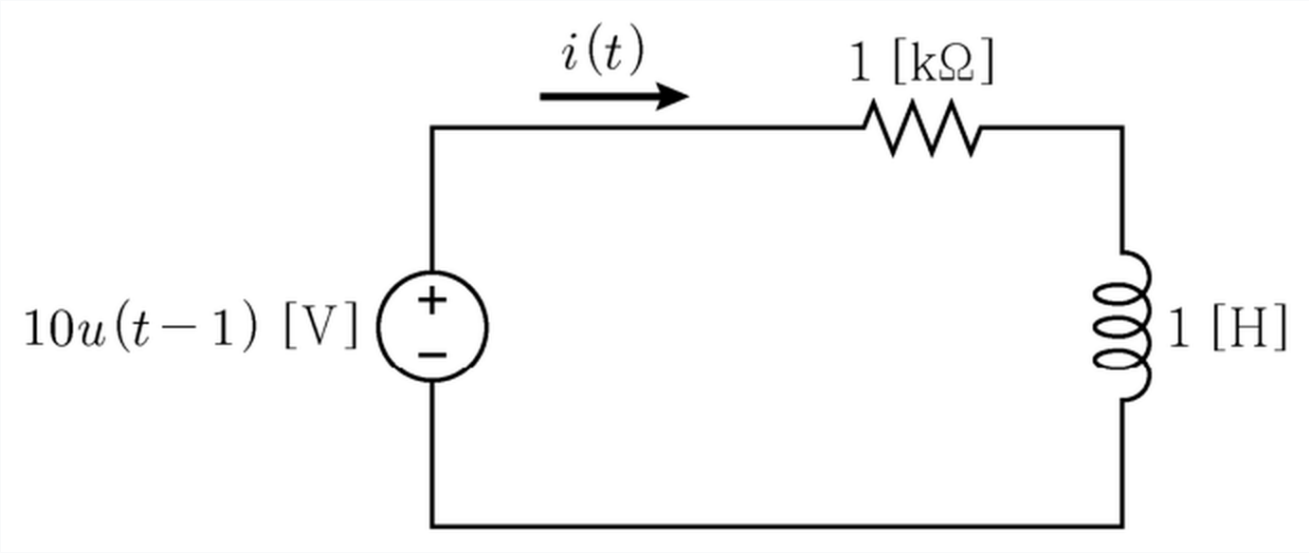
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 회로이론 · 2025 · 2차

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 회로이론 · 2025 · 2차

문 1. 다음 회로에서 전류 $i(1^+)$[mA]와 $i(\infty)$[mA]를 바르게 연결한 것은? (단, $u(t)$는 단위계단함수이다)



① $i(1^+)$: 0, $i(\infty)$: 5

② $i(1^+)$: 0, $i(\infty)$: 10

③ $i(1^+)$: 10, $i(\infty)$: 5

④ $i(1^+)$: 10, $i(\infty)$: 10

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬 RL 회로에 계단전압 $10u(t-1)$가 인가될 때 인덕터 전류의 초기값 $i(1^+)$와 정상상태값 $i(\infty)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전압원 $10u(t-1)V$, 저항 $R=1k\Omega$, 인덕턴스 $L=1H$이다.
구해야 할 값: $i(1^+)$와 $i(\infty)$이다.
주의할 조건: 전압원은 $t=1$에서 켜지고, 인덕터 전류는 순간적으로 불연속 점프할 수 없다.

NoteBase

사용할 공식

사용할 원리는 두 가지이다.
$i_L(t_0^+) = i_L(t_0^-)$
$i(\infty) = \frac{V}{R}$
이 공식을 쓰는 이유는 $t = 1$ 직후에는 인덕터 전류 연속조건으로 초기값을 정하고, $t \to \infty$의 직류 정상상태에서는 인덕터가 단락처럼 동작하여 저항만으로 전류가 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. $t < 1$에서는 $u(t-1) = 0$이므로 전압원이 0 V이고 회로 전류도 0이다. 따라서 $i(1^-) = 0$이다.
2. 인덕터 전류는 순간적으로 변할 수 없으므로 $i(1^+) = i(1^-) = 0$이다.
3. $t \to \infty$에서는 직류 정상상태가 되어 인덕터는 단락으로 본다. 따라서 $i(\infty) = \frac{10V}{1k\Omega} = 0.01A = 10mA$이다.

선지별 해설

① X: $i(1^+) = 0mA$는 맞지만 $i(\infty) = 5mA$는 틀리다. 정상상태에서는 인덕터에 전압강하가 없으므로 전류는 $10/1000 = 10mA$가 된다. 틀린 표현은 $i(\infty) = 5mA$이고, 올바르게는 $i(\infty) = 10mA$이다.
② O: 인덕터 전류 연속조건으로 $i(1^+) = 0mA$이고, 직류 정상상태에서 $i(\infty) = 10mA$이므로 옳다.
③ X: $i(1^+) = 10mA$가 틀리다. 인덕터 전류는 순간적으로 0에서 10으로 점프할 수 없다. 틀린 표현은 $i(1^+) = 10mA$이고, 올바르게는 $i(1^+) = 0mA$이다. $i(\infty) = 5mA$도 틀리며 올바르게는 $10mA$이다.
④ X: $i(\infty) = 10mA$는 맞지만 $i(1^+) = 10mA$가 틀리다. 틀린 표현은 $i(1^+) = 10mA$이고, 올바르게는 $i(1^+) = 0mA$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 1^+를 $t = 1$초에서의 어떤 계산값으로 오해하는 점과, 정상상태에서 인덕터에도 저항처럼 전압이 걸린다고 착각하는 점이다. 1^+는 스위칭 직후이므로 인덕터 전류 연속조건을 먼저 적용해야 하고, ∞에서는 인덕터를 단락으로 보아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

계단입력 RL 문제는 먼저 전원이 켜지기 직전 전류를 구한 뒤 $i_L(t_0^+) = i_L(t_0^-)$를 적용하고, 마지막에 직류 정상상태에서 인덕터를 단락으로 바꾸어 V/R를 계산하면 된다.

암기 포인트

인덕터 전류는 연속, 직류 정상상태의 인덕터는 단락이다.

NoteBase

문 2. 신호 $f(t) = 3tu(t)$의 라플라스 변환 $F(s)$는? (단, $u(t)$는 단위계단함수이다)

① $\frac{3}{s}$
② $\frac{1}{s^2}$
③ $\frac{3}{s^2}$
④ $\frac{3^2}{s^2}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 $f(t) = 3tu(t)$의 라플라스 변환을 기본 공식과 선형성으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $f(t) = 3tu(t)$
구해야 할 값: $F(s) = \mathcal{L}\{3tu(t)\}$
주의할 조건: $u(t)$가 붙은 t항은 $t \geq 0$에서의 신호이므로 일방 라플라스 변환의 기본식 $\mathcal{L}\{tu(t)\} = 1/s^2$를 적용한다.

사용할 공식

$\mathcal{L}\{tu(t)\} = \frac{1}{s^2}, \qquad \mathcal{L}\{af(t)\} = aF(s)$
이 문제의 신호는 $tu(t)$에 상수 3이 곱해진 형태이므로, $tu(t)$의 변환값에 3만 곱하면 된다.

계산 과정

1. $\mathcal{L}\{tu(t)\} = 1/s^2$를 적용한다.
2. 상수배의 선형성으로 $\mathcal{L}\{3tu(t)\} = 3\mathcal{L}\{tu(t)\}$가 된다.
3. 따라서 $F(s) = 3 \cdot 1/s^2 = 3/s^2$가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X

$3/s$는 $\mathcal{L}\{3u(t)\}$에 해당하는 형태이다. 이 문제는 t가 한 번 곱해져 있으므로 분모가 s가 아니라 s^2가 되어야 한다. 틀린 표현은 분모의 차수이며, 올바르게는 $3/s^2$이다.

② X

$1/s^2$는 $\mathcal{L}\{tu(t)\}$까지만 반영한 값이다. 앞의 상수 3을 빠뜨렸으므로 틀렸다. 틀린 표현은 계수 3의 누락이며, 올바르게는 $3/s^2$이다.

③ O

$\mathcal{L}\{tu(t)\} = 1/s^2$이고 상수배는 그대로 앞으로 나오므로 $\mathcal{L}\{3tu(t)\} = 3/s^2$이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

④ X

$3^2/s^2 = 9/s^2$는 상수 3까지 제곱한 오답이다. 라플라스 변환에서 상수배는 그대로 유지되며 제곱되지 않는다. 틀린 표현은 3을 3^2로 바꾼 부분이며, 올바르게는 $3/s^2$이다.

오답 포인트

①처럼 $1/s$와 $1/s^2$를 혼동하거나, ②처럼 상수배 3을 빠뜨리거나, ④처럼 계수를 임의로 제곱하는 실수가 자주 나온다. 이 문항의 함정은 $tu(t)$의 기본 변환과 상수배의 선형성을 동시에 확인하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

시간함수에 t가 곱해져 있으면 먼저 $\mathcal{L}\{tu(t)\} = 1/s^2$ 같은 기본형을 떠올리고, 그다음 앞의 상수배를 그대로 곱해 최종식을 정리하면 된다.

암기 포인트

$u(t)$가 붙은 t의 라플라스 변환은 $1/s^2$이고, 상수배는 값만 그대로 곱해진다.

NoteBase

문 3. RLC 직렬공진회로에서 저항 R이 $10[\Omega]$일 때의 공진주파수 $\omega_{o(10\Omega)}$[rad/sec]과 저항 R이 $1[k\Omega]$일 때의 공진주파수 $\omega_{o(1k\Omega)}$[rad/sec]을 바르게 연결한 것은? (단, $L=1[mH]$, $C=0.1[\mu F]$이다)

① $\omega_{o(10\Omega)}$: 10^5, $\omega_{o(1k\Omega)}$: 10^3

② $\omega_{o(10\Omega)}$: 10^5, $\omega_{o(1k\Omega)}$: 10^5

③ $\omega_{o(10\Omega)}$: 10^{10}, $\omega_{o(1k\Omega)}$: 10^8

④ $\omega_{o(10\Omega)}$: 10^{10}, $\omega_{o(1k\Omega)}$: 10^{10}

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 RLC 직렬공진회로의 공진각주파수 ω_0가 저항 R과 무관하게 L과 C로만 결정된다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $L=1\text{mH}=10^{-3}\text{H}$, $C=0.1\mu\text{F}=10^{-7}\text{F}$이다.
구해야 할 값은 $R=10\Omega$일 때와 $R=1\text{k}\Omega$일 때의 공진각주파수 ω_0이다.
직렬공진의 조건은 유도리액턴스와 용량리액턴스가 같아지는 $X_L=X_C$이다.

사용할 공식

직렬공진회로의 공진각주파수는 $\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 직렬공진에서 $\omega L=\frac{1}{\omega C}$가 되어 $\omega^2=\frac{1}{LC}$가 되기 때문이다. 이 식에는 저항 R이 들어가지 않으므로 공진각주파수는 R값이 바뀌어도 변하지 않는다.

계산 과정

1. L과 C를 SI 단위로 바꾸면 $L=10^{-3}\text{H}$, $C=10^{-7}\text{F}$이다.
2. 곱은 $LC=10^{-3}\times10^{-7}=10^{-10}$이다.
3. 따라서 $\sqrt{LC}=\sqrt{10^{-10}}=10^{-5}$이고, $\omega_0=\frac{1}{10^{-5}}=10^5\text{rad/s}$이다.
4. 공진각주파수는 R와 무관하므로 $\omega_{o(10\Omega)}=10^5\text{rad/s}$, $\omega_{o(1k\Omega)}=10^5\text{rad/s}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- $\omega_{o(10\Omega)} = 10^5$는 맞지만, $\omega_{o(1k\Omega)}$를 10^3으로 본 부분이 틀렸다.
- 직렬공진의 공진각주파수는 저항 변화로 달라지지 않는다. 틀린 표현은 "저항이 커지면 공진주파수가 작아진다"는 취지이고, 올바르게는 "두 경우 모두 10^5rad/s이다"이다.

② O

- $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10^5$rad/s이고, 이 값은 R와 무관하다.
- 따라서 $\omega_{o(10\Omega)} = 10^5$, $\omega_{o(1k\Omega)} = 10^5$로 연결한 ②가 옳다.

③ X

- 10^{10}과 10^8은 공진각주파수 공식을 잘못 적용한 값이다.
- 특히 10^{10}은 $\omega_0 = \frac{1}{LC}$처럼 제곱근을 빠뜨렸을 때 나오는 값이다. 올바르게는 두 경우 모두 10^5rad/s이다.

④ X

- 두 값을 모두 10^{10}으로 본 것은 공진공식에서 $\sqrt{LC}$를 누락한 오답이다.
- 틀린 표현은 공진각주파수를 $\frac{1}{LC}$로 본 부분이고, 올바르게는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10^5$rad/s이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 직렬공진회로에 저항 R이 함께 그려져 있다는 이유로 공진각주파수까지 R의 영향을 받는다고 오해하는 점이다. 또 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$에서 제곱근을 빠뜨리면 10^{10} 같은 큰 오답이 바로 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

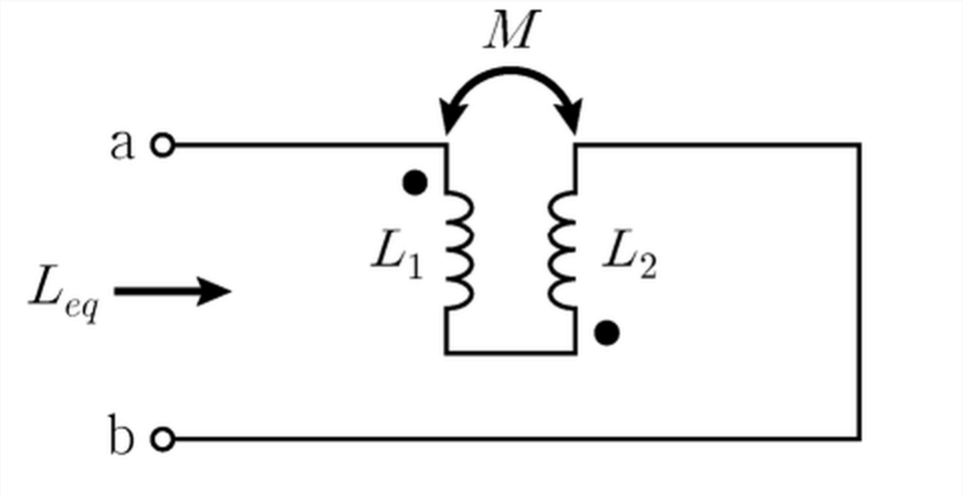
직렬공진 문제는 먼저 $X_L = X_C$에서 출발해 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$를 세운 뒤, 식에 R이 들어가는지 확인하면 된다. 식에 R이 없으면 공진각주파수는 저항과 무관하다고 판단한다.

암기 포인트

직렬공진의 공진각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이며, 공진점의 위치는 R가 아니라 L과 C가 정한다.

NoteBase

문 4. 다음 자기 결합 회로의 단자 a, b에서 우측으로 본 등가 인덕턴스 L_{eq}는?



① $L_1 + L_2$

② $L_1 + L_2 + M$

③ $L_1 + L_2 - 2M$

④ $L_1 + L_2 + 2M$

정답 4번

출제 포인트

점 표기(dot convention)가 있는 두 코일의 직렬 연결에서 상호인덕턴스의 부호를 판정하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $L_1 + L_2$만 남기면 상호인덕턴스 M의 효과를 완전히 무시한 식이 된다.
- 틀린 표현은 상호항이 없다는 점이다. 올바르게는 $L_1 + L_2 + 2M$이다.

② X
- 직렬 결합에서 상호인덕턴스 항은 한 번이 아니라 $2M$으로 반영된다.
- 틀린 표현은 $+M$이다. 올바르게는 $+2M$이다.

③ X
- $L_1 + L_2 - 2M$은 한 코일에는 점단자로 들어가고 다른 코일에는 점단자에서 나가는 직렬 반극성 연결일 때의 식이다.
- 이 그림은 두 코일 모두 점단자로 전류가 들어가므로 부호가 음(-)이 될 수 없다. 올바르게는 $L_1 + L_2 + 2M$이다.

④ O
- a에서 b 방향으로 본 직렬 전류가 L_1, L_2의 점단자에 모두 들어가므로 직렬 가극성 연결이다.
- 따라서 등가 인덕턴스는 $L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$이 된다.

오답 포인트

점의 위치가 위아래로 반대로 그려졌다는 이유만으로 $-2M$을 고르면 틀리기 쉽다. 부호는 점의 상대적 위치가 아니라 전류가 각 코일의 점단자에 들어가는지 나가는지로 결정된다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 결합 회로는 먼저 같은 직렬 전류가 각 코일의 점단자에 대해 어떻게 흐르는지 확인한다. 둘 다 점단자로 들어가거나 둘 다 점단자에서 나오면 $+2M$, 한쪽은 들어가고 다른 쪽은 나오면 $-2M$이다.

암기 포인트

직렬 결합의 부호는 그림의 위아래가 아니라 점단자 기준 전류 방향으로 정해지며, 동일 방향이면 $L_1 + L_2 + 2M$이다.

NoteBase

문 5. 전달함수 $F(s)=\frac{s+2}{s(s+1)}$에서 라플라스 역변환 $f(t)$의 최종값 $f(\infty)$는?

① 0

② 1

③ 2

④ ∞

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 최종값 정리를 이용해 $f(t)$의 정상상태값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전달함수 $F(s)=\frac{s+2}{s(s+1)}$이다.
구해야 할 값: 라플라스 역변환 $f(t)$의 최종값 $f(\infty)$이다.
주의할 조건: 최종값은 $F(s)$ 자체가 아니라 $sF(s)$에 $s\to 0$을 대입해 구한다.

사용할 공식

최종값 정리는 $f(\infty)=\lim_{s\to 0} sF(s)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 시간영역 함수 전체가 아니라 $f(t)$의 최종값만 묻고 있기 때문이다.

계산 과정

먼저 $sF(s)$를 구하면
$sF(s)=s\cdot\frac{s+2}{s(s+1)}=\frac{s+2}{s+1}$
이다.
이제 $s\to 0$을 대입하면
$f(\infty)=\lim_{s\to 0}\frac{s+2}{s+1}=\frac{2}{1}=2$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과는 0이 아니다. $sF(s) = \frac{s+2}{s+1}$에 $s = 0$을 넣으면 2가 된다. 틀린 표현은 최종값을 0으로 본 부분이고, 올바르게는 최종값은 2이다.
② X: 계산 결과는 1이 아니다. 분자와 분모에 $s = 0$을 대입하면 각각 2와 1이므로 값은 2가 된다. 틀린 표현은 최종값을 1로 본 부분이고, 올바르게는 최종값은 2이다.
③ O: 최종값 정리에 따라 $f(\infty) = \lim_{s \to 0} sF(s) = 2$이므로 옳다.
④ X: 최종값은 무한대가 아니다. $s = 0$ 부근에서 $sF(s) = \frac{s+2}{s+1}$은 유한한 값 2로 수렴한다. 틀린 표현은 최종값이 발산한다고 본 부분이고, 올바르게는 최종값은 2이다.

오답 포인트

원함수 $F(s)$에 바로 $s \to 0$을 넣거나, $sF(s)$ 대신 $F(s)$ 자체를 보고 판단하면 오답이 된다. 분모의 s가 보여서 무조건 발산한다고 착각하는 함정도 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

최종값을 묻는 문제는 먼저 최종값 정리 $f(\infty) = \lim_{s \to 0} sF(s)$를 떠올린 뒤, $sF(s)$를 간단히 정리하고 마지막에 $s = 0$을 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

최종값은 $F(s)$가 아니라 $sF(s)$에 $s \to 0$을 적용해 구한다.

NoteBase

문 6. 한 상의 부하 임피던스가 $6+j8[\Omega]$인 평형 3상 Δ결선 회로에서 선간전압 100 [V]가 인가될 때, 선전류[A]는? (단, 전류와 전압은 실효값이다)

① $2\sqrt{3}$
② $6\sqrt{3}$
③ $8\sqrt{3}$
④ $10\sqrt{3}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Δ결선 평형 3상 회로에서 상전압, 상전류, 선전류의 관계를 이용해 선전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 한 상 부하 임피던스: $Z=6+j8\Omega$
- 선간전압: $V_L=100V$

구해야 할 값:
- 선전류 I_L

주의할 조건:
- Δ결선에서는 상전압 V_ϕ가 선간전압과 같고, 선전류는 상전류의 $\sqrt{3}$배이다.

사용할 공식

$|Z|=\sqrt{6^2+8^2}=10\Omega$
$I_\phi=\frac{V_\phi}{|Z|}$
$I_L=\sqrt{3}I_\phi$
이 공식을 쓰는 이유:
문제의 회로가 평형 3상 Δ결선이므로 각 상에 걸리는 전압은 선간전압과 같고, 선전류는 각 상전류의 $\sqrt{3}$배 관계를 따른다.

계산 과정

1. 임피던스의 크기를 구하면 $|Z|=\sqrt{6^2+8^2}=10\Omega$이다.
2. Δ결선이므로 상전압은 $V_\phi=V_L=100V$이다.
3. 상전류는 $I_\phi=\frac{100}{10}=10A$이다.
4. 선전류는 $I_L=\sqrt{3}\times 10=10\sqrt{3}A$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 선전류는 $10\sqrt{3}A$이므로 $2\sqrt{3}A$는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 선전류 값을 $2\sqrt{3}A$로 본 부분이며, 올바르게는 $10\sqrt{3}A$이다.

② X
- 계산 결과 선전류는 $10\sqrt{3}A$이므로 $6\sqrt{3}A$는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 선전류 값을 $6\sqrt{3}A$로 본 부분이며, 올바르게는 $10\sqrt{3}A$이다.

③ X
- 계산 결과 선전류는 $10\sqrt{3}A$이므로 $8\sqrt{3}A$는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 선전류 값을 $8\sqrt{3}A$로 본 부분이며, 올바르게는 $10\sqrt{3}A$이다.

④ O
- Δ결선에서는 상전압이 선간전압과 같으므로 상전류는 $10A$이다.
- 여기에 선전류 관계식 $I_L = \sqrt{3}I_\phi$를 적용하면 $10\sqrt{3}A$가 되어 옳다.

오답 포인트

Δ결선과 Y결선의 전압 관계를 바꾸어 적용하면 처음부터 값이 어긋난다. 이 문제의 핵심 함정은 Δ결선에서 상전압이 선간전압과 같다는 점과, 마지막에 상전류를 그대로 답으로 쓰지 않고 선전류로 한 번 더 바꾸어야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

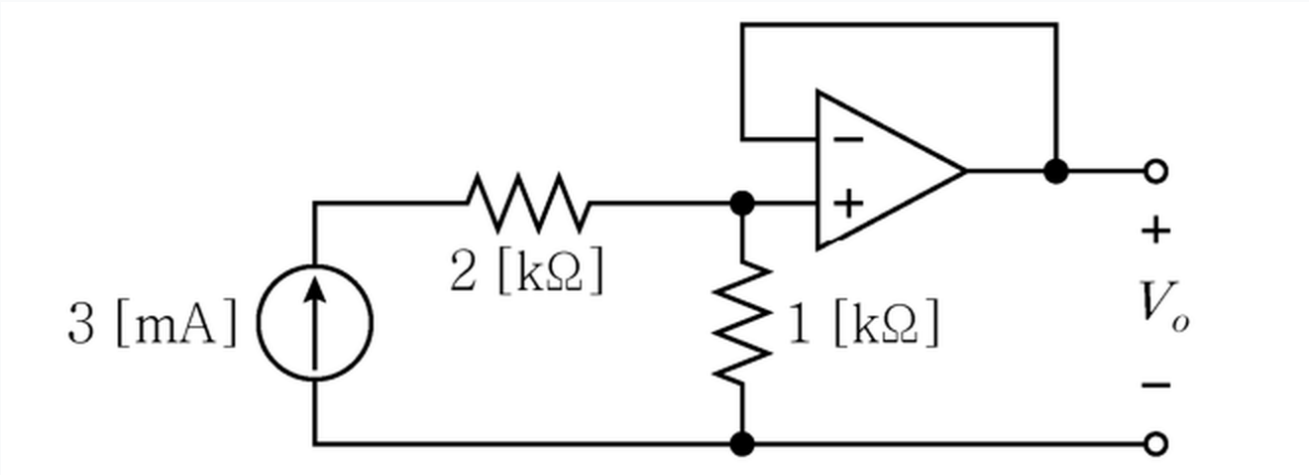
평형 3상 계산형은 먼저 결선 형태를 확인한 뒤 V_ϕ와 I_ϕ 관계를 정리하고, 임피던스 크기 계산 후 마지막에 선전류인지 상전류인지 답의 대상을 다시 대조하면 된다.

암기 포인트

Δ결선은 $V_L = V_\phi$, $I_L = \sqrt{3}I_\phi$이고, Y결선은 $V_L = \sqrt{3}V_\phi$, $I_L = I_\phi$이다.

NoteBase

문 7. 다음 회로에서 출력전압 V_o[V]는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 2

② 3

③ 6

④ 9

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기의 전압 팔로어 조건과 노드 전압 계산으로 출력전압 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 전류원 $3mA$, 저항 $2k\Omega$, $1k\Omega$
- 구해야 할 값: 출력전압 V_o
- 주의할 조건: 연산증폭기는 이상적이고, 출력이 반전입력에 직접 귀환되므로 $V_o = V_+$인 전압 팔로어이다. 입력전류는 0이므로 $3mA$는 저항 두 개를 같은 전류로 흐른다.

사용할 공식

$V = IR$

$V_o = V_- = V_+$

이 공식을 쓰는 이유는 이상적 연산증폭기에 음귀환이 걸린 전압 팔로어이므로 출력전압이 비반전입력 전압과 같고, 입력전류가 0이어서 회로 전류 $3mA$가 $1k\Omega$에도 그대로 흐르기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 연산증폭기 입력전류는 0이므로 전류원 $3mA$는 $2k\Omega$와 $1k\Omega$를 연속해서 흐른다.
2. 비반전입력 노드 전압은 $1k\Omega$ 양단 전압이므로
$V_+ = 3mA \times 1k\Omega = 3V$
3. 전압 팔로어이므로
$V_o = V_+ = 3V$

선지별 해설

① X
- $2V$는 계산 결과와 다르다. 비반전입력 노드에는 $3mA$가 $1k\Omega$를 지나므로 전압은 $3V$이다.
- 틀린 표현은 출력전압을 $2V$로 본 점이다. 올바르게는 $V_o = 3V$이다.
- 이런 값은 전류 분배가 일어난다고 잘못 생각하거나, 저항비를 임의로 나누어 잡을 때 나올 수 있다.

② O
- 계산 결과 비반전입력 전압이 $3V$이고, 전압 팔로어이므로 출력전압도 $3V$이다.

③ X
- $6V$는 $2k\Omega$에 걸리는 전압강하 $3mA \times 2k\Omega$에 해당한다. 문제는 출력전압 V_o를 묻고 있으므로 노드전압 $3V$를 써야 한다.
- 틀린 표현은 $2k\Omega$ 전압강하를 그대로 출력전압으로 본 점이다. 올바르게는 $V_o = 3V$이다.

④ X
- $9V$는 $2k\Omega$와 $1k\Omega$ 전체 직렬저항 $3k\Omega$에 $3mA$가 흐를 때의 전체 전압이다.
- 틀린 표현은 전체 전압을 출력노드 전압으로 본 점이다. 올바르게는 접지 기준 출력노드 전압만 취하므로 $V_o = 3V$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $2k\Omega$ 전압강하 $6V$, 전체 전압 $9V$, 출력노드 전압 $3V$를 서로 혼동하는 점이다. 연산증폭기 출력이 반전입력에 직접 연결되면 먼저 전압 팔로어인지 확인하고, 그다음 출력이 어느 노드 전압과 같은지 잡아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상적 연산증폭기 회로에서 출력이 반전입력에 직접 귀환되면 먼저 $V_o = V_+$를 잡는다. 그다음 입력전류 0 조건으로 실제 전류 경로를 확인하고, 출력노드와 같은 기준점의 저항 전압만 계산하면 된다.

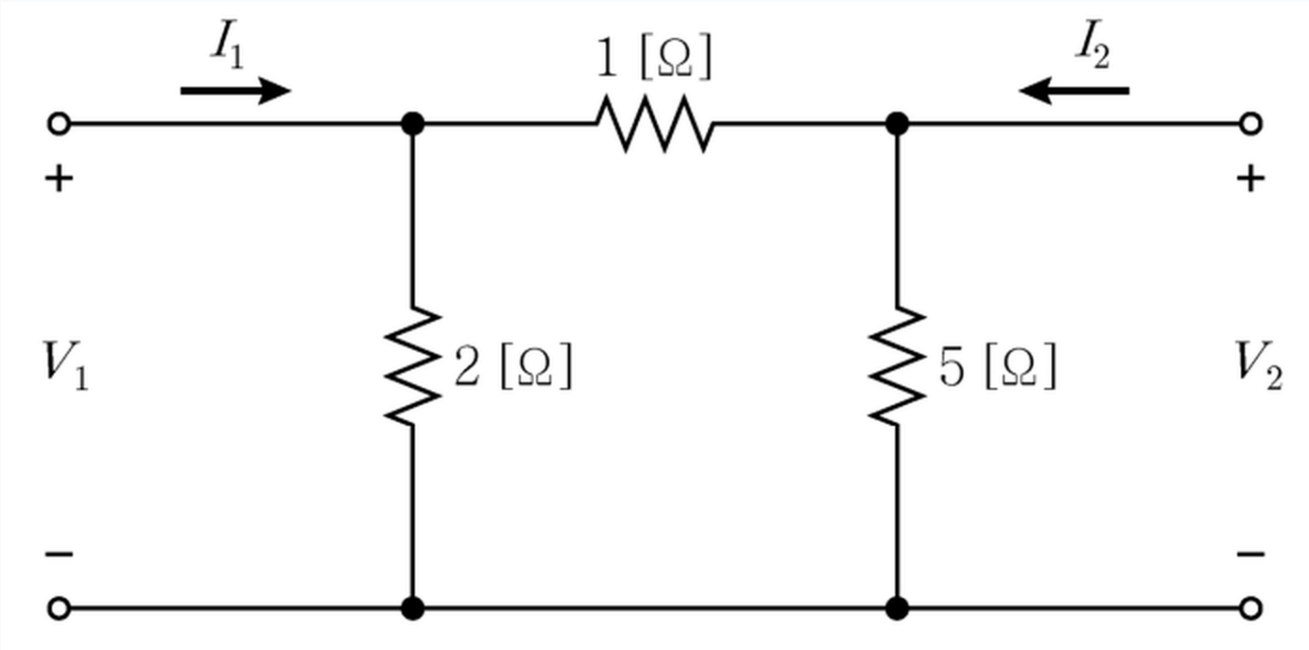
NoteBase

암기 포인트

전압 팔로어는 $V_o = V_+$이고, 입력전류는 0이므로 노드전압은 연결된 저항의 IR로 바로 구한다.

NoteBase

문 8. 다음 2포트 회로망에서 단락회로 입력 어드미턴스 y_{11}[S]의 값은?



① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 3.0

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 y 파라미터의 정의에서 $y_{11} = \frac{I_1}{V_1}\Big|_{V_2=0}$를 적용해, 출력 포트를 단락했을 때 입력단에서 보이는 병렬 어드미턴스를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 회로는 입력단에 2Ω 션트가 있고, 두 상단 노드 사이에 1Ω가 있으며, 출력단에는 5Ω 션트가 있다.
구해야 할 값은 단락회로 입력 어드미턴스 y_{11}이다.
주의할 조건은 y_{11}에서 반드시 $V_2 = 0$으로 출력 포트를 단락해야 한다는 점이다.

사용할 공식

사용 공식은 $y_{11} = \frac{I_1}{V_1}\Big|_{V_2=0}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 y_{11}가 출력 포트를 단락한 상태에서 입력단이 보이는 어드미턴스로 정의되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $V_2 = 0$이면 오른쪽 포트가 단락되어 오른쪽 상단 노드는 접지와 같은 전위가 된다.
2. 따라서 5Ω는 단락과 병렬이 되어 영향이 없어지고, 입력 노드에서 보면 1Ω와 2Ω가 모두 접지로 연결된다.
3. 입력 어드미턴스는 병렬 가지의 컨덕턴스 합이므로 $y_{11} = \frac{1}{2} + \frac{1}{1} = 0.5 + 1.0 = 1.5\text{S}$ 이다.

선지 판단

① X: 2Ω 가지만 보고 $\frac{1}{2} = 0.5\text{S}$로 계산한 값이다. $V_2 = 0$이면 1Ω 가지도 접지로 연결되므로 함께 더해야 한다. 틀린 값 0.5 S → 올바르게는 1.5 S이다.
② X: 1Ω 가지만 보고 1.0 S로 본 값이다. 입력단에는 2Ω 션트도 동시에 존재하므로 총 어드미턴스는 더 커진다. 틀린 값 1.0 S → 올바르게는 1.5 S이다.
③ O: 출력 포트를 단락하면 입력단에서 보는 회로는 1Ω와 2Ω의 병렬이므로 어드미턴스는 $1 + 0.5 = 1.5\text{S}$가 된다. 따라서 정답과 일치한다.
④ X: 저항값 1과 2를 단순히 더해 3.0으로 본 오답이다. 이 문제는 저항의 합이 아니라 병렬 가지의 어드미턴스 합을 구해야 한다. 틀린 값 3.0 S → 올바르게는 1.5 S이다.

오답 포인트

단락회로 조건을 보지 않고 2Ω, 1Ω, 5Ω를 모두 그대로 남겨 두면 틀리기 쉽다. 특히 $V_2 = 0$이면 5Ω 가지는 단락과 병렬이라 사라지고, 1Ω는 입력단의 추가 병렬 가지가 된다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

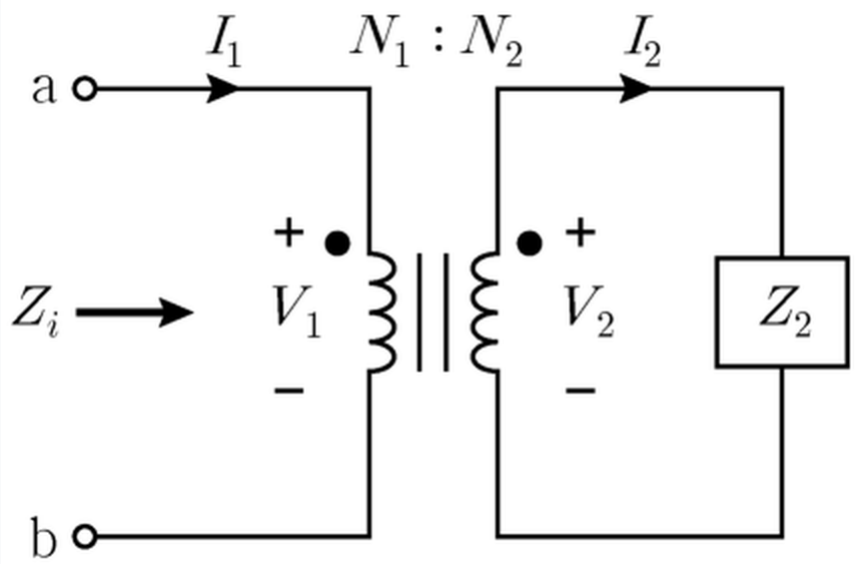
y 파라미터 문제는 먼저 해당 항의 조건을 읽어 단락인지 개방인지를 정한 뒤, 그 조건에서 각 노드가 실제로 어떤 회로로 바뀌는지 다시 그려 본다. 그다음 입력단에서 보이는 컨덕턴스를 합산하면 된다.

암기 포인트

단락된 포트의 션트 저항은 영향이 없어지고, 입력단에서 접지로 이어지는 가지들의 어드미턴스는 그대로 더해진다.

NoteBase

문 9. 다음 이상적인 변압기의 권선비가 $N_1 : N_2 = 1 : 5$일 때, 단자 a, b에서 우측으로 본 임피던스 $Z_i[\Omega]$는? (단, $Z_2 = 1[k\Omega]$이다)



① 40

② 50

③ 60

④ 70

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상적 변압기의 임피던스 환산식 $Z_i = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_2$를 적용해 1차측에서 본 입력 임피던스를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 권선비 $N_1 : N_2 = 1 : 5$, 부하 임피던스 $Z_2 = 1k\Omega = 1000\Omega$
구해야 할 값: 단자 a, b에서 우측으로 본 입력 임피던스 Z_i
주의할 조건: 이상적 변압기이므로 2차측 임피던스를 1차측으로 환산할 때 권선비의 제곱을 곱한다.

사용할 공식

$Z_i = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_2$
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 2차측 부하 Z_2를 1차측 단자 a, b에서 본 등가 임피던스로 바꾸는 상황이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 부하 임피던스를 옴 단위로 바꾸면 $Z_2 = 1k\Omega = 1000\Omega$이다.
2. 권선비를 대입하면 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \left(\frac{1}{5}\right)^2 = \frac{1}{25}$이다.
3. 따라서 $Z_i = \frac{1}{25} \times 1000 = 40\Omega$이다.

선지별 해설

① O

40은 계산 결과 40Ω와 일치한다. 이상적 변압기에서 2차측 1kΩ를 1차측으로 환산하면 40Ω가 된다.

② X

50은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 입력 임피던스를 50Ω로 본 부분이고, 올바르게는 40Ω이다. 권선비 제곱 환산을 정확히 하지 않으면 이런 오답을 고르기 쉽다.

③ X

60은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 입력 임피던스를 60Ω로 본 부분이고, 올바르게는 40Ω이다. 단자 a, b에서 본다는 조건을 놓치고 2차측 값을 감으로 줄이면 틀리기 쉽다.

④ X

70은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 입력 임피던스를 70Ω로 본 부분이고, 올바르게는 40Ω이다. 임피던스 환산은 권선비 1승이 아니라 2승 관계라는 점을 놓치면 오답이 된다.

오답 포인트

많이 틀리는 지점은 단자 a, b에서 본다는 말을 보고도 2차측 부하를 그대로 보거나, 임피던스 환산에서 권선비를 한 번만 적용하는 경우이다. 이상적 변압기에서 임피던스는 권선비의 제곱으로 환산된다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

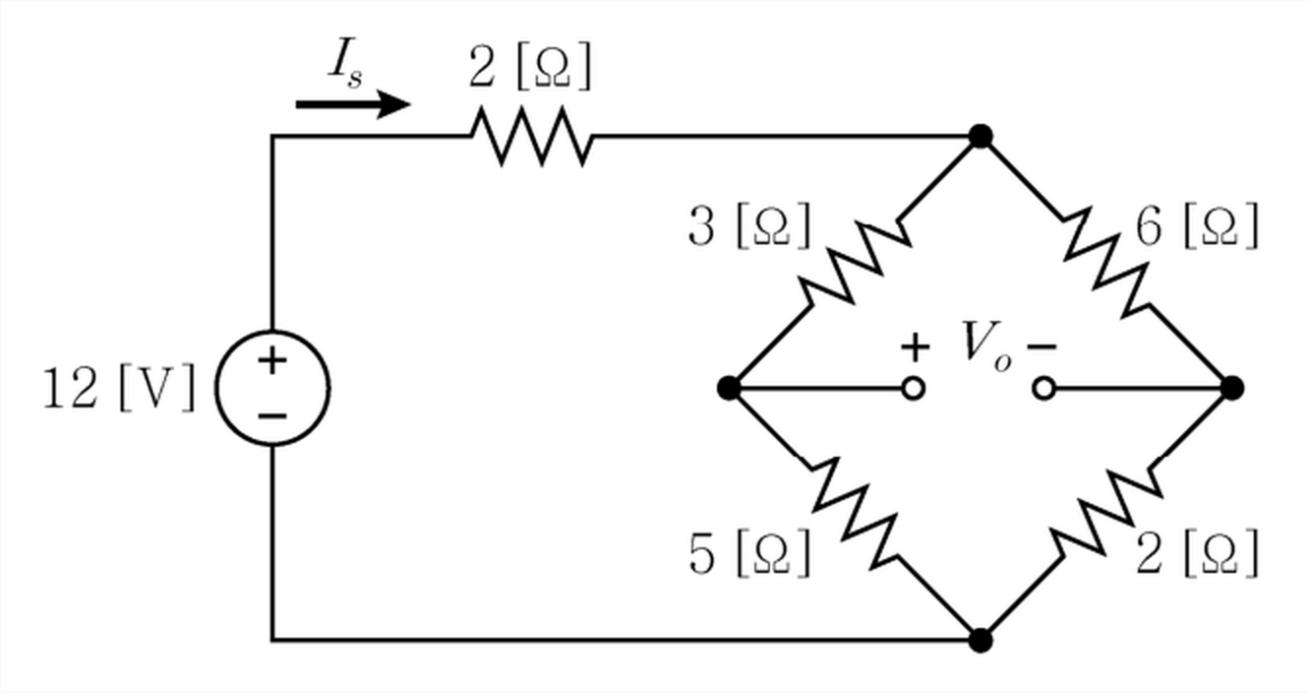
변압기에서 어느 쪽에서 본 임피던스인지 먼저 확인한 뒤, 반대측 부하에 ≤ft(보는 쪽 권선수부하가 있는 쪽 권선수)^2를 곱해 환산하면 된다.

암기 포인트

이상적 변압기 임피던스 환산은 전압비 1승이 아니라 권선비 2승으로 계산한다.

NoteBase

문 10. 다음 회로에서 전류 I_s[A]와 전압 V_o[V]를 바르게 연결한 것은?



① I_s: 1.5, V_o: 4.5

② I_s: 2.0, V_o: 2.0

③ I_s: 2.0, V_o: 3.0

④ I_s: 3.0, V_o: 2.0

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직렬·병렬 합성저항과 노드 전위차를 이용해 전체 전류 I_s와 전압 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원은 12 V, 직렬 저항은 2Ω, 좌측 가지는 3Ω와 5Ω의 직렬, 우측 가지는 6Ω와 2Ω의 직렬이다.
구해야 할 값: 전체 전류 I_s와 좌우 중간 노드 사이 전압 V_o이다.
주의할 조건: 가운데 두 단자는 서로 연결되지 않은 개방단자이므로, V_o는 두 중간 노드 전위의 차로 구한다.

사용할 공식

$R_{eq} = R_s + (R_L \parallel R_R), \quad I_s = \frac{V}{R_{eq}}, \quad V_o = V_L - V_R$

이 문제에서 좌우 가지는 각각 직렬 연결이고, 그 두 직렬 가지가 서로 병렬이므로 먼저 합성저항을 구한 뒤 각 가지 전류와 중간 노드 전위를 계산해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 좌측 가지 저항은 $3 + 5 = 8\Omega$, 우측 가지 저항은 $6 + 2 = 8\Omega$이다.
2. 병렬 합성저항은 $8 \parallel 8 = 4\Omega$이므로 전체 저항은 $2 + 4 = 6\Omega$이다.
3. 따라서 $I_s = 12/6 = 2A$이다.
4. 병렬망 양단 전압은 $12 - (2 \times 2) = 8V$이므로 각 가지 전류는 $8/8 = 1A$이다.
5. 좌측 중간 노드 전압은 아래 노드를 기준으로 $1 \times 5 = 5V$, 우측 중간 노드 전압은 $1 \times 2 = 2V$이다.
6. 따라서 $V_o = 5 - 2 = 3V$이다.

선지별 해설

① X

I_s는 전체 합성저항이 6Ω이므로 $2.0A$이다. $1.5A$는 틀리다. V_o도 두 중간 노드 전위차가 $5 - 2 = 3.0V$이므로 $4.5V$가 아니다. 틀린 표현은 "$I_s = 1.5A$, $V_o = 4.5V$"이고, 올바르게는 "$I_s = 2.0A$, $V_o = 3.0V$"이다.

② X

$I_s = 2.0A$ 부분은 맞지만 V_o는 우측 노드 전압 자체가 아니라 좌우 중간 노드 전위차이다. 따라서 $V_o = 2.0V$가 아니라 $5 - 2 = 3.0V$이다. 틀린 표현은 "$V_o = 2.0V$"이고, 올바르게는 "$V_o = 3.0V$"이다.

③ O

전체 전류는 $I_s = 2.0A$이고, 좌측 중간 노드 전압은 $5V$, 우측 중간 노드 전압은 $2V$이므로 $V_o = 3.0V$이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

④ X

$V_o = 2.0V$는 우측 중간 노드 전압만 본 값으로 전위차 계산이 빠져 틀리다. I_s도 전체 저항을 6Ω로 보아야 하므로 $3.0A$가 될 수 없다. 틀린 표현은 "$I_s = 3.0A$, $V_o = 2.0V$"이고, 올바르게는 "$I_s = 2.0A$, $V_o = 3.0V$"이다.

오답 포인트

가운데 두 단자가 연결되어 있다고 착각하거나, 한쪽 중간 노드 전압 자체를 V_o로 읽으면 ②, ④처럼 틀린다. 또한 좌우 가지를 각각 8Ω 직렬로 만든 뒤 다시 병렬 합성하는 단계를 빼먹으면 전체 전류 I_s를 잘못 구하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 계산형은 먼저 연결 형태를 직렬과 병렬로 단순화하고, 그다음 전체 전류를 구한 뒤, 마지막에 측정량이 전체 전류인지 개별 노드 전압인지 두 점 사이 전위차인지를 확인해 값을 읽는다.

암기 포인트

개방된 두 점 사이 전압은 각 점의 절대전압이 아니라 전위차 $V_o = V_L - V_R$이며, 같은 양단에 걸린 두 직렬 가지는 먼저 가지별 합저항을 만든 뒤 병렬 처리한다.

NoteBase

문 11. 인덕터의 단위길이당 권선수는 100 [회/cm]이고, 평행판 커패시터의 면적은 1 [cm^2]일 때, 인덕턴스 $L[H]$이 가장 큰 인덕터의 길이 $\ell[cm]$과 커패시턴스 $C[F]$가 가장 큰 평행판 커패시터의 전극판 사이의 거리 $d[cm]$를 바르게 연결한 것은? (단, 이외의 파라미터들은 동일하다고 가정한다)

① ℓ: 4, d: 0.1

② ℓ: 4, d: 0.2

③ ℓ: 8, d: 0.1

④ ℓ: 8, d: 0.2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 솔레노이드 인덕턴스와 평행판 커패시터의 비례식을 이용해 L과 C가 동시에 최대가 되는 ℓ과 d를 고르는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 단위길이당 권선수 n=100 회/cm, 평행판 면적 $A = 1\text{cm}^2$이다.
구해야 할 값: 인덕턴스 L이 가장 큰 경우의 인덕터 길이 ℓ와 커패시턴스 C가 가장 큰 경우의 전극판 거리 d이다.
주의할 조건: 이외의 파라미터는 모두 동일하므로 비례관계만 비교하면 된다.

사용할 공식

인덕터는 $L = \mu n^2 A\ell$ 이고, 평행판 커패시터는 $C = \varepsilon A/d$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 단위길이당 권선수 n가 고정되어 있으므로 인덕턴스는 ℓ에 비례하고, 면적 A가 고정되어 있으므로 커패시턴스는 d에 반비례한다.

계산 과정

1. $L = \mu n^2 A\ell$ 에서 μ, n, A가 모두 일정하므로 $L \propto \ell$ 이다.
2. 따라서 L을 가장 크게 하려면 보기 중 더 큰 길이인 $\ell = 8\text{cm}$ 를 선택해야 한다.
3. $C = \varepsilon A/d$ 에서 ε, A가 일정하므로 $C \propto 1/d$ 이다.
4. 따라서 C를 가장 크게 하려면 보기 중 더 작은 거리인 $d = 0.1\text{cm}$ 를 선택해야 한다.
5. 두 조건을 동시에 만족하는 조합은 $\ell = 8\text{cm}$, $d = 0.1\text{cm}$ 이므로 3번이 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X

$d = 0.1\text{cm}$ 는 커패시턴스를 크게 만드는 값이지만, $\ell = 4\text{cm}$ 는 $\ell = 8\text{cm}$ 보다 짧아서 인덕턴스가 최대가 아니다. 틀린 표현은 "$\ell = 4$" 이고, 올바르게는 "$\ell = 8$" 이다.

② X

$\ell = 4\text{cm}$ 이므로 인덕턴스가 최대가 아니고, $d = 0.2\text{cm}$ 이므로 커패시턴스도 최대가 아니다. 틀린 표현은 "$\ell = 4,\ d = 0.2$" 이고, 올바르게는 "$\ell = 8,\ d = 0.1$" 이다.

③ O

$\ell = 8\text{cm}$ 는 보기 중 가장 긴 길이이므로 인덕턴스를 최대로 만들고, $d = 0.1\text{cm}$ 는 보기 중 가장 짧은 거리이므로 커패시턴스를 최대로 만든다. 두 최대 조건을 동시에 만족하므로 옳다.

④ X

$\ell = 8\text{cm}$ 는 인덕턴스를 최대로 만드는 값이 맞지만, $d = 0.2\text{cm}$ 는 0.1cm 보다 커서 커패시턴스가 최대가 아니다. 틀린 표현은 "$d = 0.2$" 이고, 올바르게는 "$d = 0.1$" 이다.

오답 포인트

인덕턴스 식에서 권선수 N과 단위길이당 권선수 n를 혼동하면 $L \propto 1/\ell$ 처럼 잘못 판단하기 쉽다. 이 문제는 n이 고정이라는 조건 때문에 $L \propto \ell$ 이고, 커패시터는 $C \propto 1/d$ 라는 반비례를 함께 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

권선 밀도 n가 고정된 솔레노이드는 $L \propto \ell$, 면적이 고정된 평행판 커패시터는 $C \propto 1/d$ 로 먼저 정리한 뒤, 최대 조건이면 큰 ℓ와 작은 d를 고르면 된다.

암기 포인트

권선 밀도 고정이면 L은 길이에 비례하고, 평행판에서 C는 간격에 반비례한다.

NoteBase

문 12. RLC 직렬공진회로에서 저항 $R = 10[\Omega]$, 공진주파수 $\omega_o = 10[\text{rad/sec}]$, 대역폭 $BW = 20[\text{rad/sec}]$일 때, 인덕턴스 L[H]과 커패시턴스 C[F]를 바르게 연결한 것은?

① L: 0.5, C: 0.01

② L: 0.5, C: 0.02

③ L: 1.0, C: 0.01

④ L: 1.0, C: 0.02

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬 RLC 공진회로의 대역폭 공식과 공진주파수 공식을 이용해 L과 C를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R = 10[\Omega]$, $\omega_0 = 10[rad/sec]$, $BW = 20[rad/sec]$
구해야 할 값: $L[H]$, $C[F]$
주의할 조건: 직렬공진회로이므로 대역폭은 $BW = R/L$, 공진조건은 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$이다.

사용할 공식

직렬 RLC 공진회로에서
$BW = \frac{R}{L}, \qquad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 직렬공진회로의 저항, 공진주파수, 대역폭이 함께 주어졌으므로 먼저 대역폭으로 L을 구하고, 그다음 공진조건으로 C를 정할 수 있다.

계산 과정

1. 대역폭 공식에서 인덕턴스를 구하면
$L = \frac{R}{BW} = \frac{10}{20} = 0.5[H]$
2. 공진주파수 공식에서 C를 구하면
$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10 \Rightarrow LC = \frac{1}{10^2} = 0.01$
3. $L = 0.5$를 대입하면
$C = \frac{0.01}{0.5} = 0.02[F]$
따라서 $L = 0.5[H]$, $C = 0.02[F]$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: $L = 0.5[H]$는 맞지만, $C = 0.01[F]$이면 $\omega_0 = 1/\sqrt{0.5 \times 0.01} = 14.14[rad/sec]$가 되어 조건의 10과 다르다. 틀린 표현은 $C = 0.01[F]$이고, 올바르게는 $C = 0.02[F]$이다.
② O: $L = 0.5[H]$, $C = 0.02[F]$이면 $BW = 10/0.5 = 20[rad/sec]$, $\omega_0 = 1/\sqrt{0.5 \times 0.02} = 10[rad/sec]$가 모두 성립한다.
③ X: $L = 1.0[H]$이면 $BW = 10/1.0 = 10[rad/sec]$가 되어 대역폭 조건부터 어긋난다. 틀린 표현은 $L = 1.0[H]$와 $C = 0.01[F]$의 조합이며, 올바르게는 $L = 0.5[H]$, $C = 0.02[F]$이다.
④ X: $L = 1.0[H]$이면 $BW = 10[rad/sec]$로 틀리고, $C = 0.02[F]$를 넣으면 $\omega_0 = 1/\sqrt{1.0 \times 0.02} = 7.07[rad/sec]$가 되어 공진주파수도 맞지 않는다. 틀린 표현은 $L = 1.0[H]$, $C = 0.02[F]$이고, 올바르게는 $L = 0.5[H]$, $C = 0.02[F]$이다.

오답 포인트

①처럼 L만 맞고 C를 잘못 고르는 경우가 가장 흔하다. 직렬 RLC에서는 대역폭 공식 하나로 끝내지 않고, 구한 L을 다시 공진주파수 공식에 넣어 C까지 검산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

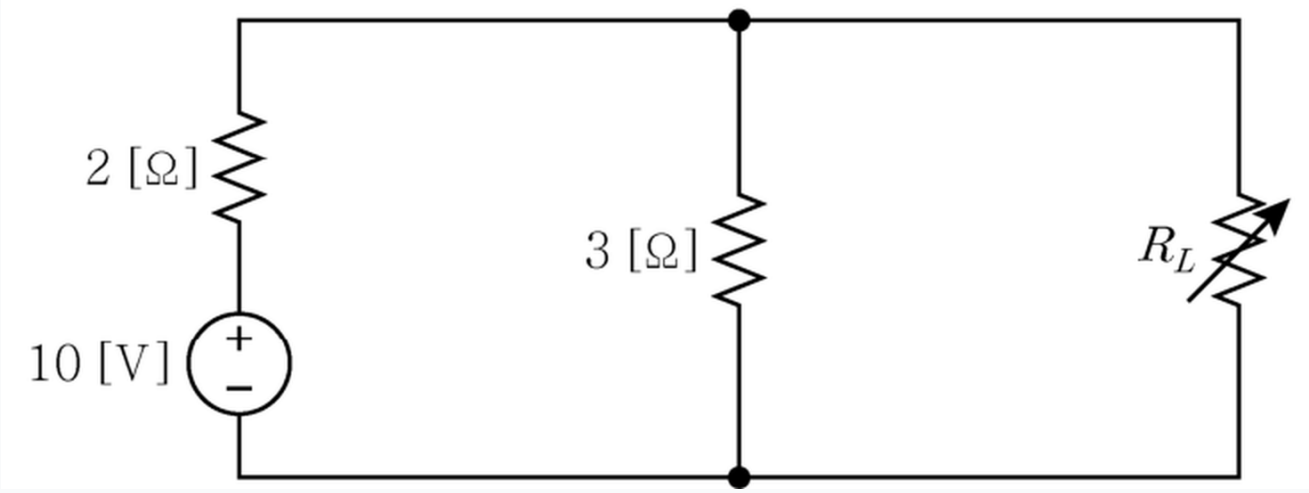
직렬 RLC에서 R, BW, ω_0가 함께 주어지면 먼저 $BW = R/L$로 L을 구하고, 이어서 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$에서 C를 계산한다. 마지막에는 두 값을 다시 대입해 대역폭과 공진주파수가 동시에 맞는지 확인한다.

암기 포인트

직렬 RLC는 $BW = R/L$, 공진조건은 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$이다. 대역폭으로 L, 공진조건으로 C를 정리한다.

NoteBase

문 13. 다음 회로의 부하 R_L에 최대전력을 전달하기 위한 $R_L[\Omega]$과 이때 전달되는 최대전력 $P_{L(\max)}[W]$를 바르게 연결한 것은?



① R_L: 1.2, $P_{L(\max)}$: 7.5

② R_L: 1.2, $P_{L(\max)}$: 15

③ R_L: 2.4, $P_{L(\max)}$: 3.75

④ R_L: 2.4, $P_{L(\max)}$: 7.5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 부하에서 본 테브난 등가저항과 개방전압을 구한 뒤 최대전력전달 조건으로 R_L과 $P_{L(max)}$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 부하 R_L에서 본 나머지 회로의 테브난 등가를 구한다.
- 전압원을 제거하면 내부저항은 2Ω와 3Ω의 병렬이다.
- 개방전압 V_{th}와 등가저항 R_{th}를 이용해 최대전력을 구한다.

사용할 공식

$R_L = R_{th}$

$P_{L(max)} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$

이 공식을 쓰는 이유는 저항성 부하의 최대전력전달 조건이 부하저항과 테브난 저항이 같을 때 성립하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. R_L을 떼어내고 위쪽 노드 전압을 V라 두면 개방회로에서
$\frac{V-10}{2}+\frac{V}{3}=0$
이므로
$5V=30 \Rightarrow V_{th}=6V$
이다.
2. 전압원을 꺼서 단락시키면
$R_{th}=2 \parallel 3=\frac{2\times 3}{2+3}=1.2\Omega$
이다.
3. 최대전력 전달 조건에서
$R_L=R_{th}=1.2\Omega$
이다.
4. 이때 최대전력은
$P_{L(max)}=\frac{6^2}{4\times 1.2}=\frac{36}{4.8}=7.5W$
이다.

선지별 해설

① O
- $R_L=R_{th}=1.2\Omega$이고 $P_{L(max)}=7.5W$이므로 옳다.

② X
- $R_L=1.2\Omega$는 맞지만 최대전력을 15 W로 본 것이 틀리다. $15W$는 $P_{L(max)}=\frac{V_{th}^2}{2R_{th}}$처럼 분모를 잘못 둔 값이다. 올바르게는 $P_{L(max)}=7.5W$이다.

③ X
- 최대전력 조건은 $R_L=R_{th}$이므로 $R_L=2.4\Omega$가 아니라 1.2Ω이어야 한다. 틀린 표현은 $R_L=2.4\Omega$이고, 올바르게는 $R_L=1.2\Omega$, $P_{L(max)}=7.5W$이다.

④ X
- $P_{L(max)}=7.5W$ 값 자체는 맞지만 $R_L=2.4\Omega$가 틀려서 최대전력 전달 조건을 만족하지 못한다. 틀린 표현은 $R_L=2.4\Omega$이고, 올바르게는 $R_L=1.2\Omega$이다.

오답 포인트

최대전력전달 문제에서는 $R_L=R_{th}$ 조건과 $P_{L(max)}=\frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$ 공식을 함께 기억해야 한다. 병렬저항을 더해서 2.4Ω로 오판하거나, 전력 공식의 분모를 $4R_{th}$가 아니라 $2R_{th}$로 잘못 두기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

최대전력 전달 문제는 먼저 부하 단자에서 본 테브난 등가 V_{th}, R_{th}를 만든 뒤 $R_L=R_{th}$를 잡고, 마지막에 $P_{L(max)}=\frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$를 적용하면 된다.

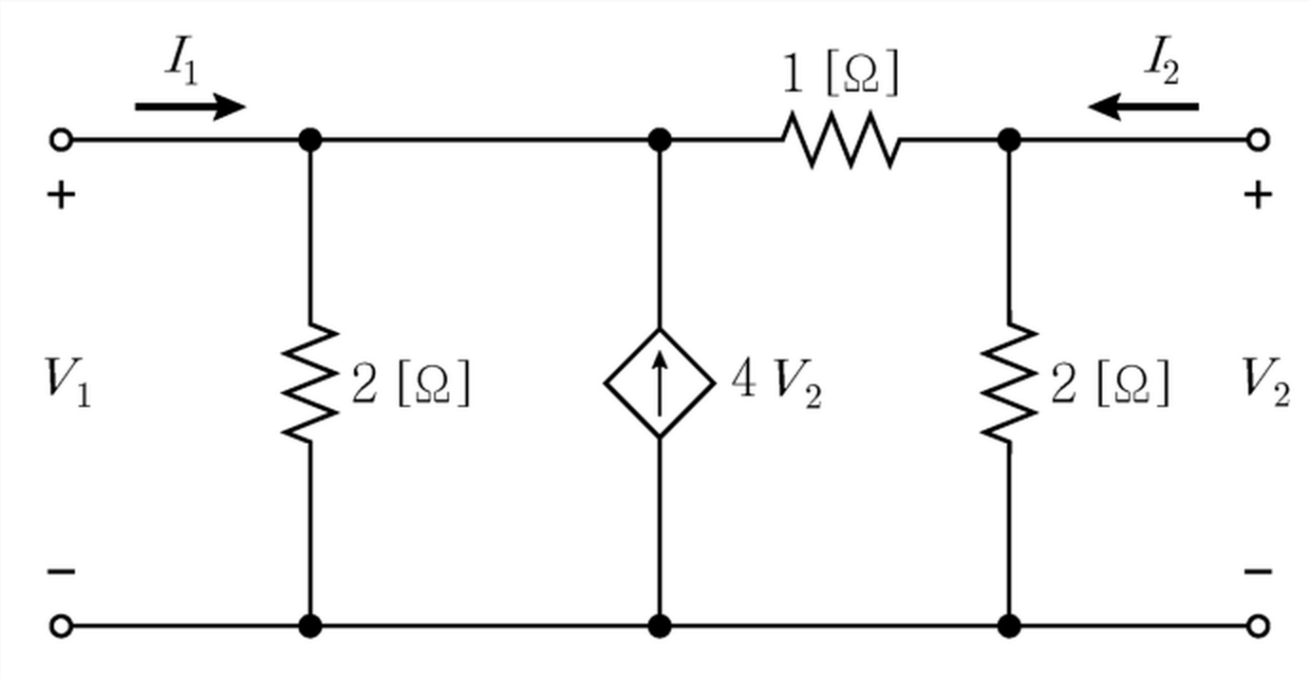
NoteBase

암기 포인트

저항성 부하 최대전력 전달은 $R_L = R_{th}$, 최대전력은 $\frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$이다.

NoteBase

문 14. 다음 회로의 어드미턴스 파라미터 [Y]=bmatrixY_11 & Y_12 \ Y_21 & Y_22bmatrix 는?



① bmatrix1.5 & -5.0 \ -1.0 & 1.5bmatrix

② bmatrix1.5 & -2.5 \ -0.5 & 1.5bmatrix

③ bmatrix3.0 & -5.0 \ -1.0 & 3.0bmatrix

④ bmatrix3.0 & -2.5 \ -0.5 & 3.0bmatrix

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 2포트 회로에서 각 포트 전류를 V_1, V_2로 나타내어 어드미턴스 파라미터 Y_{ij}를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 포트 1 노드에서 접지로 2Ω 저항이 연결된다.
- 포트 1 노드와 포트 2 노드 사이에 1Ω 저항이 연결된다.
- 포트 2 노드에서 접지로 2Ω 저항이 연결된다.
- 포트 1 노드에는 위쪽 방향 종속 전류원 $4V_2$가 연결된다.

구해야 할 값:
- $I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2, I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2$의 계수

주의할 조건:
- I_1, I_2는 모두 포트 안쪽으로 들어가는 전류이다.
- 종속 전류원은 포트 1 노드로 $4V_2$를 주입하므로 노드에서 빠져나가는 전류로 쓰면 $-4V_2$가 된다.

사용할 공식

노드전류법으로 각 포트 전류를 쓴다.

$I_1 = \frac{V_1}{2} + \frac{V_1 - V_2}{1} - 4V_2$

$I_2 = \frac{V_2}{2} + \frac{V_2 - V_1}{1}$

이 공식을 쓰는 이유:

어드미턴스 파라미터는 포트 전류를 포트 전압의 1차식으로 나타낸 계수이므로, 각 포트 노드에서 KCL을 세우면 바로 Y_{ij}를 읽을 수 있다.

계산 과정

1. 포트 1 노드에서 KCL을 세우면

$I_1 = \frac{V_1}{2} + (V_1 - V_2) - 4V_2 = 1.5V_1 - 5V_2$

2. 포트 2 노드에서 KCL을 세우면

$I_2 = \frac{V_2}{2} + (V_2 - V_1) = -V_1 + 1.5V_2$

3. 따라서

bmatrixI_1_2bmatrix=bmatrix1.5 & -5.0\-1.0 & 1.5bmatrixbmatrixV_1_2bmatrix

이므로 $Y_{11} = 1.5, Y_{12} = -5.0, Y_{21} = -1.0, Y_{22} = 1.5$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- 계산 결과 bmatrix1.5 & -5.0\-1.0 & 1.5bmatrix와 완전히 일치하므로 옳다.

② X

- 이 선지는 $Y_{12} = -2.5, Y_{21} = -0.5$로 두었는데, 포트 사이 1Ω 저항의 상호항만 반영하고 포트 1 노드의 종속 전류원 $4V_2$가 I_1에 만드는 $-4V_2$를 빠뜨린 값이다.
- 틀린 표현은 $Y_{12} = -2.5, Y_{21} = -0.5$ 부분이다. 올바르게는 $Y_{12} = -5.0, Y_{21} = -1.0$이다.

③ X

- 이 선지는 대각항을 모두 3.0으로 두었는데, 각 포트의 자기 어드미턴스는 접지된 2Ω 저항의 $0.5S$와 포트 사이 1Ω 저항의 $1S$가 더해진 $1.5S$이다.
- 틀린 표현은 $Y_{11} = 3.0, Y_{22} = 3.0$ 부분이다. 올바르게는 $Y_{11} = 1.5, Y_{22} = 1.5$이다.

④ X

- 이 선지는 ②의 상호항 오답과 ③의 대각항 오답이 함께 들어간 경우이다.
- 틀린 표현은 $Y_{11} = 3.0, Y_{12} = -2.5, Y_{21} = -0.5, Y_{22} = 3.0$ 부분이다. 올바르게는 $Y_{11} = 1.5, Y_{12} = -5.0, Y_{21} = -1.0, Y_{22} = 1.5$이다.

계산 결과가 ①과 일치하므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 종속 전류원 부호와 대각항 계산이다. 포트 1 노드로 전류가 주입되므로 I_1 식에서는 $-4V_2$로 들어가고, 대각항은 각 노드에 직접 연결된 어드미턴스의 합으로 계산된다.

다시 나오면 이렇게 판단

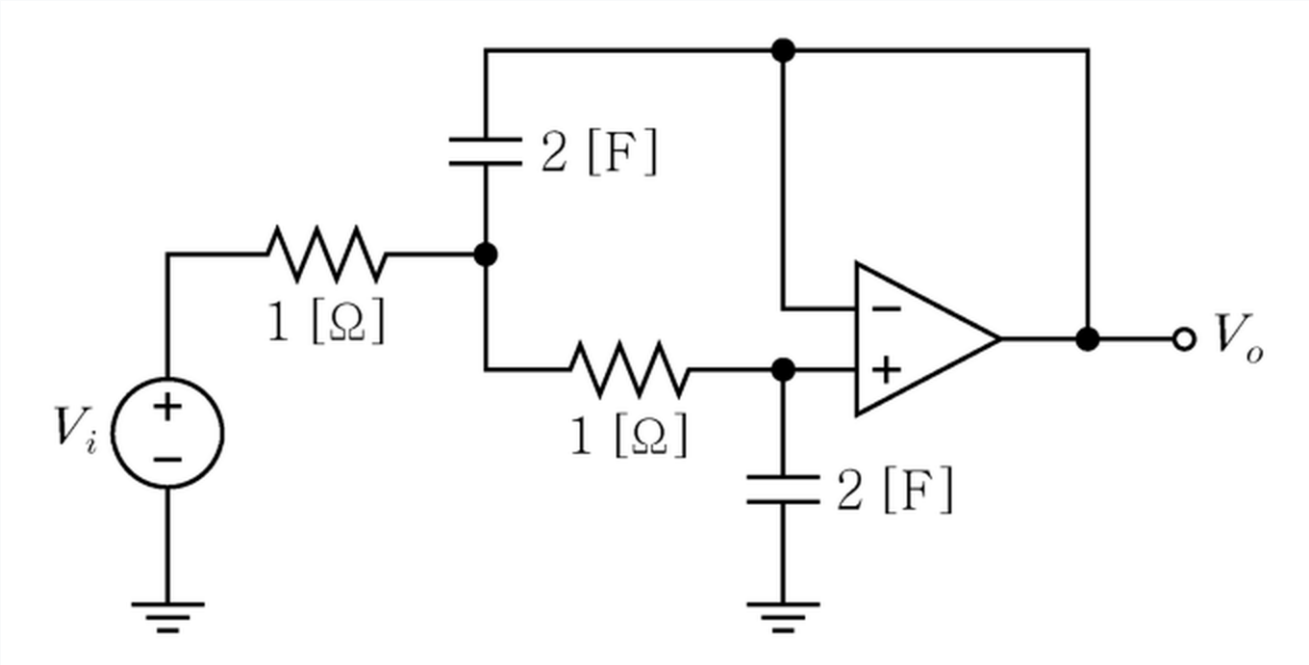
2포트 Y행렬 문제는 각 포트 노드에서 KCL을 먼저 세워 I_1, I_2를 V_1, V_2의 식으로 만든 뒤, V_1과 V_2의 계수를 그대로 Y_{ij}로 읽으면 된다. 종속원이 있으면 그 제어전압의 계수까지 같은 줄에서 함께 정리된다.

암기 포인트

Y행렬은 포트 KCL의 계수표이며, 대각항은 자기 노드 어드미턴스의 합이고 비대각항은 상호 연결항과 종속원 영향까지 포함한 계수이다.

NoteBase

문 15. 다음 회로의 전달함수가 $H(s) = \frac{1}{As^2 + Bs + 1}$일 때, A와 B의 값을 바르게 연결한 것은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① A: 2, B: 2

② A: 2, B: 4

③ A: 4, B: 2

④ A: 4, B: 4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기의 전압 팔로어 조건과 노달해석을 이용해 전달함수 분모의 계수 A, B를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 저항은 각각 1Ω이다.
- 커패시터는 각각 $2F$이다.
- 연산증폭기는 이상적이므로 입력전류는 0이고, 음귀환이 걸려 있어 $V_o = V_+ = V_-$이다.
- $H(s) = V_o/V_i = 1/(As^2 + Bs + 1)$의 분모 계수를 비교하면 된다.

NoteBase

사용할 공식

$I_C = sC(V_1 - V_2)$

KCL: 각 노드에서 유입전류와 유출전류의 합은 0이다.

이 공식을 쓰는 이유는 회로가 저항과 커패시터, 이상적 연산증폭기로 이루어진 2차 회로이므로 각 노드 전압에 대해 KCL을 세우면 전달함수를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 가운데 왼쪽 노드를 V_a, 연산증폭기 +단자 노드를 V_b로 두면 이상적 전압 팔로어이므로 $V_o = V_b$이다.
2. V_b 노드에서 KCL을 세우면

$(V_b - V_a) + 2sV_b = 0$

이므로

$V_a = (1 + 2s)V_b$

이다.

3. V_a 노드에서 KCL을 세우면

$(V_a - V_i) + (V_a - V_b) + 2s(V_a - V_o) = 0$

이고 $V_o = V_b$를 대입하면

$(2 + 2s)V_a - (1 + 2s)V_b = V_i$

이다.

4. 여기에 $V_a = (1 + 2s)V_b$를 대입하면

$(2 + 2s)(1 + 2s)V_b - (1 + 2s)V_b = V_i$

$(1 + 2s)^2 V_b = V_i$

이 된다.

5. 따라서

$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{V_b}{V_i} = \frac{1}{(1 + 2s)^2} = \frac{1}{4s^2 + 4s + 1}$

이므로 $A = 4, B = 4$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $A=2, B=2$이면 전달함수는 $1/(2s^2+2s+1)$이 되어 실제 계산 결과 $1/(4s^2+4s+1)$와 다르다.
- 틀린 표현은 A, B를 둘 다 2로 둔 점이다. 올바르게는 $A=4, B=4$이다.

② X
- $A=2, B=4$이면 s의 계수만 맞고 s^2의 계수가 부족하다. 실제 분모의 2차항 계수는 $(1+2s)^2$에서 나온 4이다.
- 틀린 표현은 $A=2$이다. 올바르게는 $A=4, B=4$이다.

③ X
- $A=4, B=2$이면 2차항 계수는 맞지만 1차항 계수가 부족하다. 실제 분모 전개 결과 1차항 계수도 4가 된다.
- 틀린 표현은 $B=2$이다. 올바르게는 $A=4, B=4$이다.

④ O
- 계산 결과 $H(s)=1/(4s^2+4s+1)$이므로 $A=4, B=4$가 맞다.
- 따라서 보기 ④가 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $V_o=V_+$라는 전압 조건만 보고 출력 노드와 +단자 노드를 물리적으로 같은 노드처럼 합쳐 버리는 데 있다. 이상적 연산증폭기 입력전류는 0이므로 +단자 노드 KCL과 출력 노드에 연결된 커패시터 전류는 구분해서 보아야 계수가 정확히 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

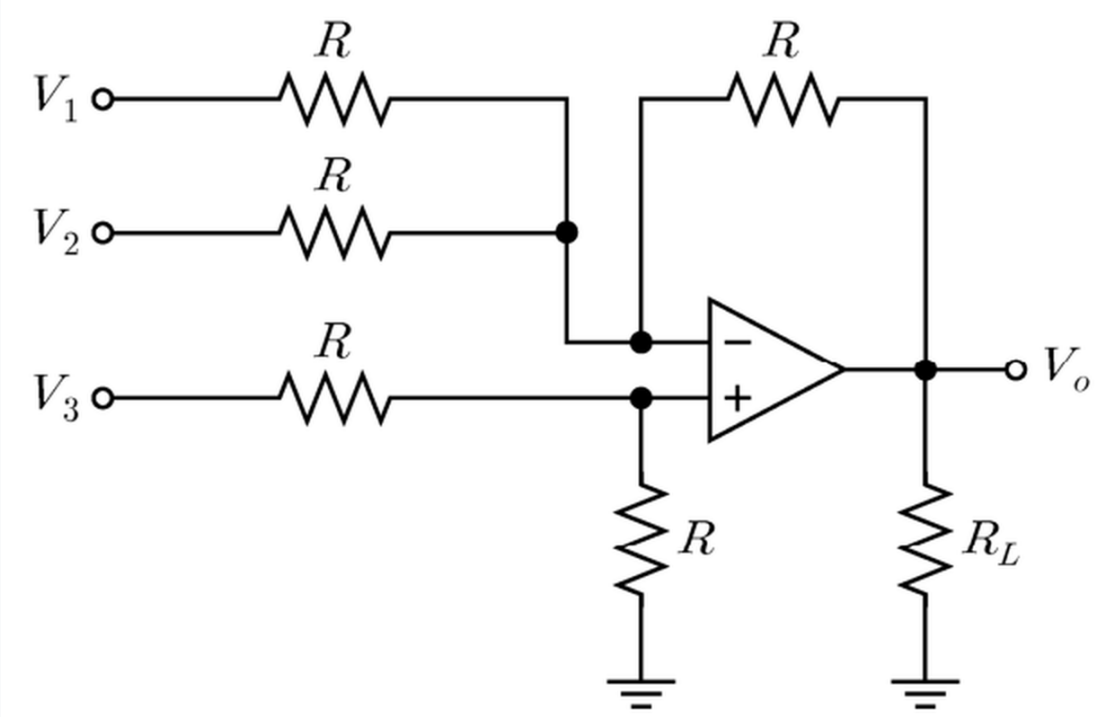
이상적 연산증폭기 회로의 전달함수는 먼저 $i_+=i_-=0, V_+=V_-$, 필요하면 $V_o=V_+$를 적고, 그다음 실제로 소자가 연결된 노드에만 KCL을 세워 분모 계수를 비교하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

이상적 전압 팔로어는 $V_o=V_+$이지만 입력단 전류는 0이므로 출력 노드와 입력 노드의 KCL은 분리해서 본다.

NoteBase

문 16. 다음 회로에서 출력전압 V_o는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① $-V_1 - V_2 + \frac{1}{2}V_3$

② $-V_1 - V_2 + V_3$

③ $-V_1 - V_2 + \frac{3}{2}V_3$

④ $-V_1 - V_2 + 2V_3$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 가상단락과 반전 입력 노드의 KCL을 이용해 출력전압 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 비반전 입력단은 V_3와 접지 사이에 R, R로 연결된 분압회로이므로 $V_+ = \frac{V_3}{2}$이다.
- 이상적인 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고, 음귀환이 걸려 있으므로 $V_- = V_+ = \frac{V_3}{2}$이다.
- 부하저항 R_L은 이상적인 출력으로 가정하면 폐루프 식 자체는 바꾸지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

$V_+ = \frac{R}{R+R}V_3 = \frac{V_3}{2}$
$\frac{V_- - V_1}{R} + \frac{V_- - V_2}{R} + \frac{V_- - V_o}{R} = 0$
이 공식을 쓰는 이유는 반전 입력 노드가 V_1, V_2, V_o와 각각 저항 R로 연결된 합류점이므로 노드전압법을 바로 적용할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 비반전 입력 전압은 $V_+ = \frac{V_3}{2}$이다.
2. 이상적인 연산증폭기의 가상단락으로 $V_- = \frac{V_3}{2}$이다.
3. 반전 입력 노드에 KCL을 적용하면
$\frac{\frac{V_3}{2} - V_1}{R} + \frac{\frac{V_3}{2} - V_2}{R} + \frac{\frac{V_3}{2} - V_o}{R} = 0$
$\frac{3V_3}{2} - V_1 - V_2 - V_o = 0$
$V_o = -V_1 - V_2 + \frac{3}{2}V_3$
이 된다.

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 $+\frac{1}{2}V_3$이다. $\frac{V_3}{2}$는 입력 노드 전압 V_-일 뿐이고, 출력식은 $V_o = 3V_- - V_1 - V_2$이므로 올바르게는 $+\frac{3}{2}V_3$이다.
② X: 틀린 표현은 $+V_3$이다. 분압 때문에 $V_- = \frac{V_3}{2}$이고, KCL 결과에서 V_-의 계수는 3이므로 올바르게는 $+\frac{3}{2}V_3$이다.
③ O: 계산 결과 $V_o = -V_1 - V_2 + \frac{3}{2}V_3$이므로 식이 정확히 일치한다.
④ X: 틀린 표현은 $+2V_3$이다. 이는 분압이나 가상단락 관계를 과대평가한 값이다. 올바르게는 $+\frac{3}{2}V_3$이다.

오답 포인트

비반전 입력의 분압으로 $V_+ = \frac{V_3}{2}$가 된다는 점과, 반전 입력 노드에서 V_1, V_2, V_o 세 갈래 전류를 모두 더해야 한다는 점을 하나라도 놓치면 V_3의 계수가 $\frac{1}{2}$, 1, 2처럼 틀어지기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상적인 연산증폭기 회로는 먼저 비반전 입력 전압을 분압으로 구하고, 다음에 $V_- = V_+$를 둔 뒤, 마지막으로 반전 입력 노드에 KCL을 적용하는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

이상적인 OP AMP는 $i_+ = i_- = 0$(입력전류 0), $V_- = V_+$(가상단락), 반전 입력 노드는 KCL이라는 세 단계로 정리된다.

NoteBase

문 17. 평형 3상 Y결선 회로에 연결된 부하의 소비전력이 12 [kW], 역률이 0.8이다. 이 회로에 선간전압 $200\sqrt{3}[V]$가 인가될 때, 선전류[A]는? (단, 전류와 전압은 실효값이다)

① 20

② 25

③ $20\sqrt{3}$

④ $25\sqrt{3}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 평형 3상 회로의 유효전력 공식 $P=\sqrt{3}V_L I_L\cos\phi$를 이용해 선전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 소비전력 12 kW, 역률 0.8, 선간전압 $200\sqrt{3}V$이다.
구해야 할 값은 선전류 I_L이다.
평형 3상 Y결선에서는 유효전력을 선간전압과 선전류로 바로 계산할 수 있다.

사용할 공식

사용 공식은 $P=\sqrt{3}V_L I_L\cos\phi$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제가 평형 3상 회로의 소비전력, 선간전압, 역률을 주고 선전류를 묻고 있기 때문이다.

계산 과정

소비전력 $P=12kW=12000W$이다.
$I_L=\frac{P}{\sqrt{3}V_L\cos\phi}=\frac{12000}{\sqrt{3}\times200\sqrt{3}\times0.8}$
$I_L=\frac{12000}{3\times200\times0.8}=\frac{12000}{480}=25A$
따라서 선전류는 25 A이다.

선지 판단

① X: 계산 결과는 20 A가 아니라 25 A이다. 이 값은 역률 0.8을 누락하고 $P=\sqrt{3}V_L I_L$처럼 계산할 때 나오는 오답이다. 틀린 표현은 선전류가 20 A라는 점이며, 올바르게는 25 A이다.
② O: $P=\sqrt{3}V_L I_L\cos\phi$에 값을 대입하면 $I_L=25A$가 된다. 따라서 정답과 일치한다.
③ X: 계산 결과는 $20\sqrt{3}A$가 아니다. 틀린 표현은 선전류에 불필요한 $\sqrt{3}$를 남긴 점이며, 올바르게는 $\sqrt{3}\times\sqrt{3}=3$으로 정리되어 25 A가 된다.
④ X: 계산 결과는 $25\sqrt{3}A$가 아니다. 틀린 표현은 최종 전류값에 $\sqrt{3}$가 포함된다는 점이며, 올바르게는 선간전압을 이미 $200\sqrt{3}V$로 대입했으므로 최종값은 25 A이다.

NoteBase

오답 포인트

역률 0.8을 빠뜨리거나, 선간전압에 포함된 $\sqrt{3}$와 공식의 앞에 있는 $\sqrt{3}$를 약분하지 못하면 오답이 나온다.
Y결선이라는 말에만 끌려 상전압으로 바꿀 필요가 있다고 생각하면 계산이 더 꼬이기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

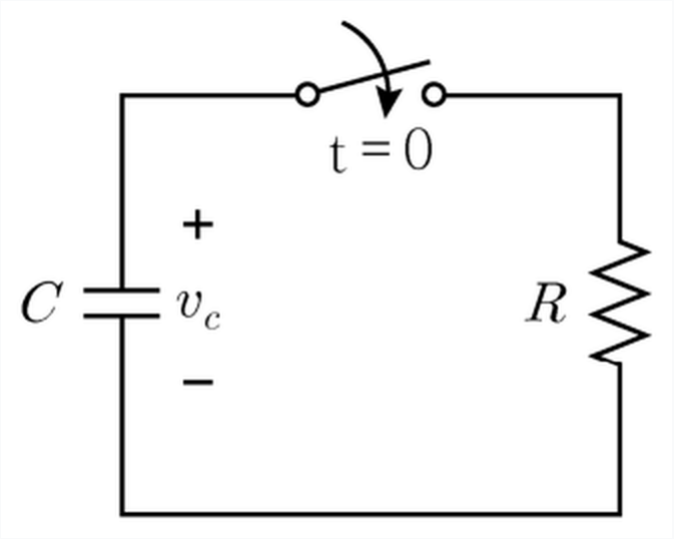
평형 3상 전력 문제는 먼저 유효전력 공식이 선간전압 기준인지 상전압 기준인지 확인한다. 그다음 주어진 전압이 선간전압이면 $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\phi$를 바로 적용하고, 마지막에 역률과 $\sqrt{3}$ 정리를 검산한다.

암기 포인트

평형 3상 유효전력은 $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\phi$이고, 선간전압이 바로 주어지면 이 공식을 곧바로 쓴다.

NoteBase

문 18. 다음 회로에서 스위치가 $t = 0[sec]$에서 닫힌다. 커패시터의 전압 v_c가 $t = 0$일 때의 값보다 절반으로 감소되는 데 걸리는 $t[sec]$는? (단, $t = 0$일 때, $v_c(0) = V_0$이다)



① $RC\ln\left(\frac{1}{2}\right)$
② $-RC\ln\left(\frac{1}{2}\right)$
③ $\frac{1}{RC}\ln\left(\frac{1}{2}\right)$
④ $-\frac{1}{RC}\ln\left(\frac{1}{2}\right)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 스위치가 닫힌 뒤 RC 방전회로에서 커패시터 전압이 절반이 되는 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초기 커패시터 전압은 $v_c(0) = V_0$이다.
구해야 할 값: $v_c(t) = V_0/2$가 되는 시간 t이다.
주의할 조건: 전원 없이 R과 C만 연결된 방전회로이므로 전압은 지수적으로 감소한다.

사용할 공식

방전하는 커패시터 전압은 $v_c(t) = V_0e^{-t/RC}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 스위치가 닫히면 초기전압 V_0를 가진 커패시터가 저항 R을 통해 자연방전하는 1차 RC 회로가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 절반 조건을 대입하면 $V_0/2 = V_0 e^{-t/RC}$이다.
2. V_0를 약분하면 $1/2 = e^{-t/RC}$이다.
3. 양변에 자연로그를 취하면 $\ln(1/2) = -t/RC$이다.
4. 따라서 $t = -RC\ln(1/2) = RC\ln 2$이다.

선지 판단

① X
$RC\ln(1/2)$는 $\ln(1/2) < 0$이므로 음수가 된다. 시간은 음수가 될 수 없으므로 틀리다. 틀린 표현은 부호가 빠진 점이며, 올바르게는 $-RC\ln(1/2)$이다.

② O
$-RC\ln(1/2)$는 계산으로 얻은 값과 정확히 일치한다. $\ln(1/2) < 0$이므로 전체 값은 양수가 되어 물리적으로도 타당하다.

③ X
$(1/RC)\ln(1/2)$는 RC를 역수로 뒤집어 차원이 시간이 아니라 1/time이 된다. 틀린 표현은 $1/RC$ 부분이며, 올바르게는 RC가 곱해진 $-RC\ln(1/2)$이다.

④ X
$-(1/RC)\ln(1/2)$도 RC를 역수로 둔 점이 틀리다. 부호만 맞추어도 시간 차원이 맞지 않으므로 오답이다. 올바르게는 $-RC\ln(1/2)$이다.

오답 포인트

지수항 $e^{-t/RC}$에서 $-t/RC$만 보고 t를 정리할 때 RC를 곱해야 하는데 이를 $1/RC$로 착각하기 쉽다. 또한 $\ln(1/2)$가 음수라는 점을 놓치면 ①처럼 음의 시간값을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

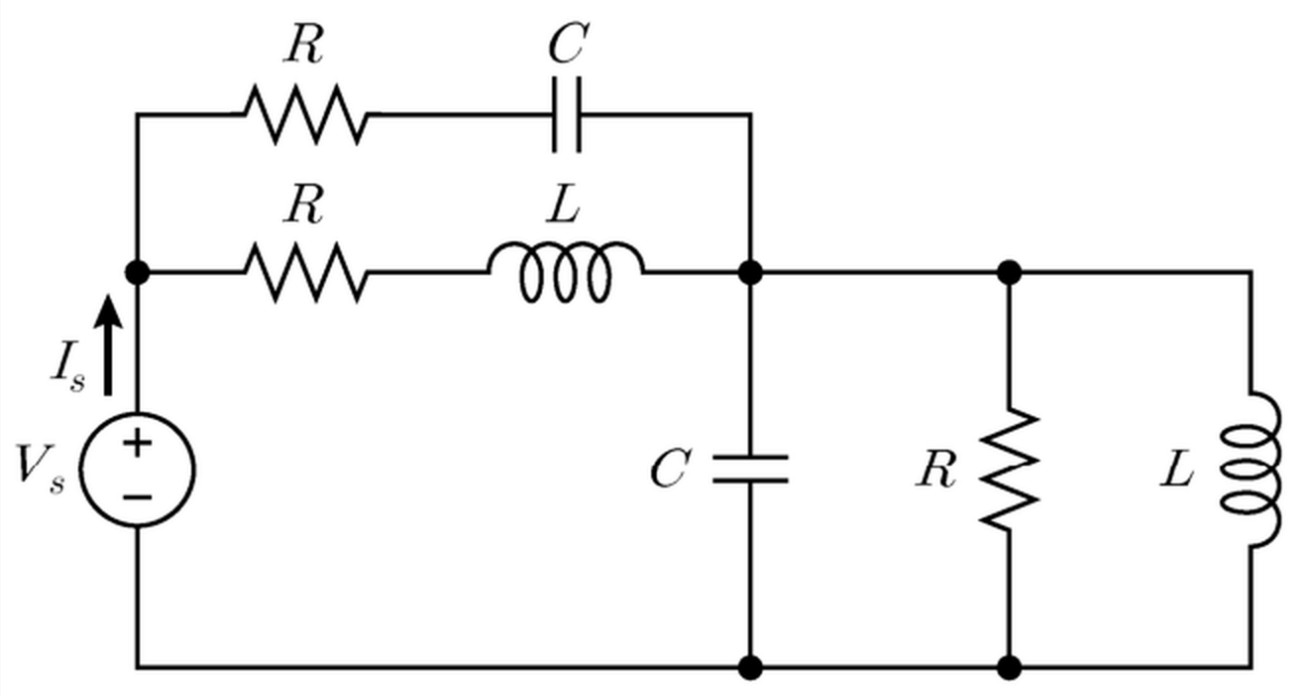
RC 방전회로의 시간문제는 먼저 $v_c(t) = V_0 e^{-t/RC}$를 세우고, 목표 전압비를 대입해 t를 고립한다. 마지막에는 시간값이 양수인지와 RC가 시간 차원을 가지는지를 함께 점검하면 된다.

암기 포인트

RC 방전회로에서 전압이 절반이 되는 시간은 $t_{1/2} = RC\ln 2 = -RC\ln(1/2)$이다.

NoteBase

문 19. 다음 회로에서 I_s는? (단, 회로는 정상상태이다)



① $\frac{V_s}{2R}$
② $\frac{2V_s}{3R}$
③ $\frac{V_s}{R}$
④ $\frac{2V_s}{R}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 정상상태에서 커패시터와 인덕터를 등가적으로 바꾼 뒤 전체 등가저항을 구해 I_s를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 V_s, 모든 저항값 R, 커패시터 C, 인덕터 L이다.
구해야 할 값: 전원전류 I_s이다.
주의할 조건: 정상상태의 직류 회로이므로 커패시터는 개방, 인덕터는 단락으로 본다.

사용할 공식

$I_s = \frac{V_s}{R_{eq}}$
이 공식을 쓰는 이유는 정상상태에서 소자 상태를 바꿔 등가회로를 만들면, 전원은 최종 등가저항 R_{eq}만을 보고 전류 I_s를 공급하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 위쪽 가지의 $R-C$ 직렬회로는 커패시터가 개방되므로 전류가 흐르지 않아 제거된다.
2. 가운데 가지의 $R-L$ 직렬회로는 인덕터가 단락되므로 왼쪽 노드에서 가운데 노드까지 저항 R 하나만 남는다.
3. 가운데 노드에서 아래 노드로 내려가는 오른쪽 부분은 커패시터 가지는 개방되고, 저항 R 가지와 인덕터 L 가지가 병렬이다. 이때 인덕터는 단락이므로 가운데 노드는 바로 아래 노드와 같은 전위가 된다.
4. 따라서 오른쪽 저항 R은 단락과 병렬이어서 무의미하고, 전체 회로는 전원 V_s와 저항 R 하나만 남는다.
5. 그러므로 $R_{eq}=R$, $I_s=\frac{V_s}{R}$이다.

선지별 해설

① X

- $I_s=\frac{V_s}{2R}$는 틀렸다. 이는 저항 두 개가 직렬로 남는다고 본 값인데, 오른쪽 인덕터가 단락이므로 가운데 노드는 바로 접지되고 오른쪽 저항은 직렬 저항으로 더해지지 않는다. 옳게는 $I_s=\frac{V_s}{R}$이다.

② X

- $I_s=\frac{2V_s}{3R}$는 틀렸다. 이는 위쪽 $R-C$ 가지까지 도통한다고 잘못 보고 병렬·직렬 조합을 계산한 값에 가깝다. 그러나 위쪽 가지의 커패시터는 정상상태에서 개방이므로 이 가지는 회로에서 빠진다. 옳게는 $I_s=\frac{V_s}{R}$이다.

③ O

- $I_s=\frac{V_s}{R}$가 맞다. 정상상태에서 C는 개방, L은 단락이므로 전체 등가저항은 R 하나가 되고, 따라서 전원전류는 $\frac{V_s}{R}$이다.

④ X

- $I_s=\frac{2V_s}{R}$는 틀렸다. 이는 왼쪽의 두 저항이 병렬로 남아 등가저항을 $R/2$로 본 값인데, 위쪽 저항은 커패시터와 직렬이라 정상상태에서 아예 개방되어 병렬 경로를 만들지 못한다. 옳게는 $I_s=\frac{V_s}{R}$이다.

오답 포인트

정상상태에서 C는 개방, L은 단락이라는 기본 치환을 먼저 하지 않으면 오답이 된다. 특히 위쪽 $R-C$ 가지를 병렬저항으로 포함시키거나, 단락과 병렬인 저항도 영향을 준다고 보는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

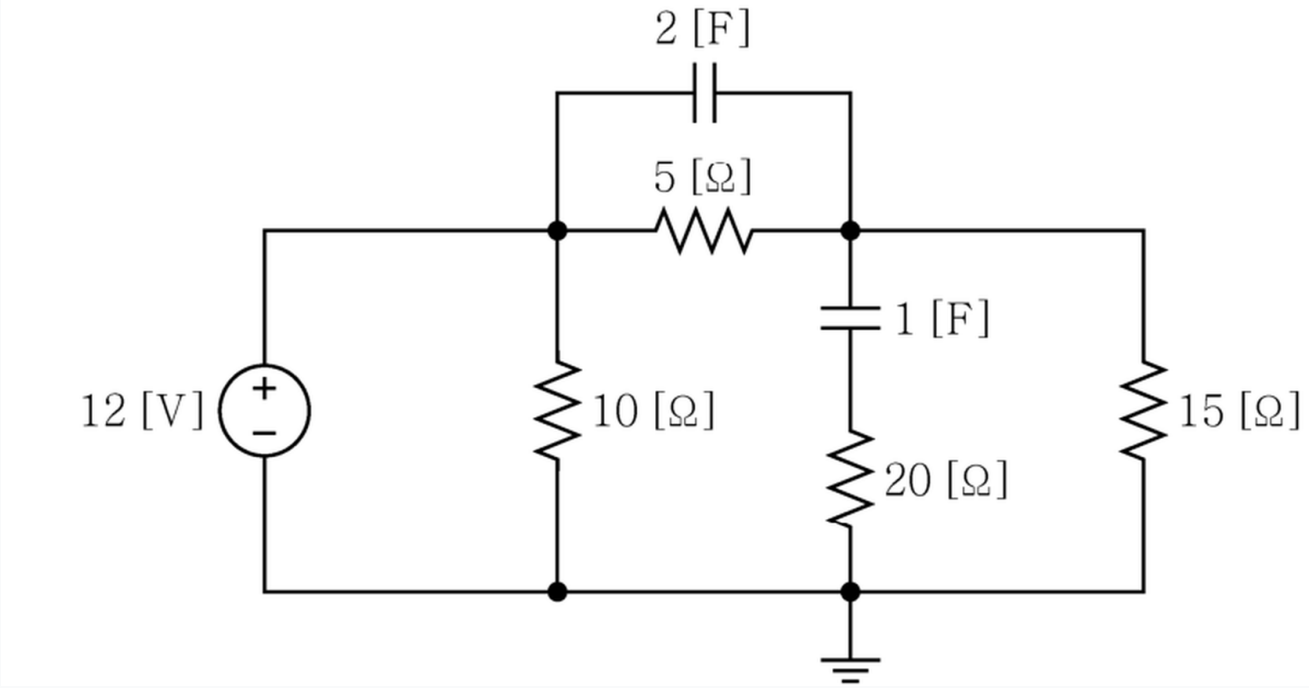
정상상태 회로는 먼저 $C\rightarrow$ 개방, $L\rightarrow$ 단락으로 바꾼다. 그다음 개방된 가지는 제거하고, 단락과 병렬인 소자는 무시한 뒤 남은 저항으로 등가저항을 계산하면 된다.

암기 포인트

직류 정상상태는 C 개방, L 단락이며, 단락과 병렬인 저항은 등가회로에서 의미가 없다.

NoteBase

문 20. 다음 회로에서 1 [F] 커패시터에 축적된 에너지는 2 [F] 커패시터에 축적된 에너지의 몇 배인가? (단, 회로는 정상상태이다)



① 1.0

② 1.5

③ 3.0

④ 4.5

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직류 정상상태에서 커패시터를 개방회로로 본 뒤, 각 커패시터 양단 전압을 구해 $W = \frac{1}{2}CV^2$로 저장 에너지의 비를 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 전원 때문에 왼쪽 노드 전압은 12 V로 고정된다.
- 정상상태이므로 2F 커패시터와 1F 커패시터에는 전류가 흐르지 않는다.
- 1F 커패시터 아래쪽의 20Ω 저항에도 전류가 0이므로 그 위 노드 전압은 0 V이다.
- 구할 값은 1F 커패시터 에너지와 2F 커패시터 에너지의 비이다.

NoteBase

사용할 공식

$W = \frac{1}{2}CV^2$

이 공식을 쓰는 이유는 커패시터에 저장되는 에너지가 정전용량 C와 그 양단 전압 V로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 정상상태에서 두 커패시터는 개방회로가 된다.
2. 오른쪽 노드 전압 V_B는 5Ω과 15Ω의 분압으로 구한다.

$V_B = 12 \times \frac{15}{5+15} = 9\ \text{V}$

3. 1F 커패시터의 아래쪽 노드는 0 V이므로 1F 커패시터 전압은 $V_{1F} = 9\ \text{V}$이다.
4. 2F 커패시터는 왼쪽 12 V 노드와 오른쪽 9 V 노드 사이에 있으므로 전압은 $V_{2F} = 12 - 9 = 3\ \text{V}$이다.
5. 각 에너지는

$W_{1F} = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 9^2 = 40.5$

$W_{2F} = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 = 9$

이다.

6. 따라서 비는

$\frac{W_{1F}}{W_{2F}} = \frac{40.5}{9} = 4.5$

이다.

선지 판단

① X: 계산 결과 에너지 비는 4.5이므로 1.0은 맞지 않는다. 1.0은 두 커패시터 에너지를 같다고 본 값인데, 실제 전압이 9 V와 3 V로 다르다. 틀린 값 1.0 → 올바르게는 4.5이다.

② X: 1.5는 V^2 항을 충분히 반영하지 못한 오답이다. 에너지는 전압에 비례하지 않고 전압의 제곱에 비례하므로 계산값 4.5와 다르다. 틀린 값 1.5 → 올바르게는 4.5이다.

③ X: 3.0은 1F와 2F 커패시터의 전압비 9 : 3만 본 값에 가깝다. 에너지 비는 전압비가 아니라 CV^2 비로 구해야 하므로 틀리다. 틀린 값 3.0 → 올바르게는 4.5이다.

④ O: 1F 커패시터 에너지는 40.5, 2F 커패시터 에너지는 9이므로 비는 4.5이다. 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

정상상태에서 커패시터를 개방회로로 처리하지 않으면 노드 전압부터 틀리기 쉽다. 또 3.0처럼 전압비만 보고 답을 고르거나, 20Ω 저항에도 전압강하가 있다고 착각하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류 정상상태의 커패시터 회로는 먼저 커패시터를 개방한 뒤 저항회로의 노드 전압을 구하고, 마지막에 $W = \frac{1}{2}CV^2$를 적용해 에너지를 비교한다.

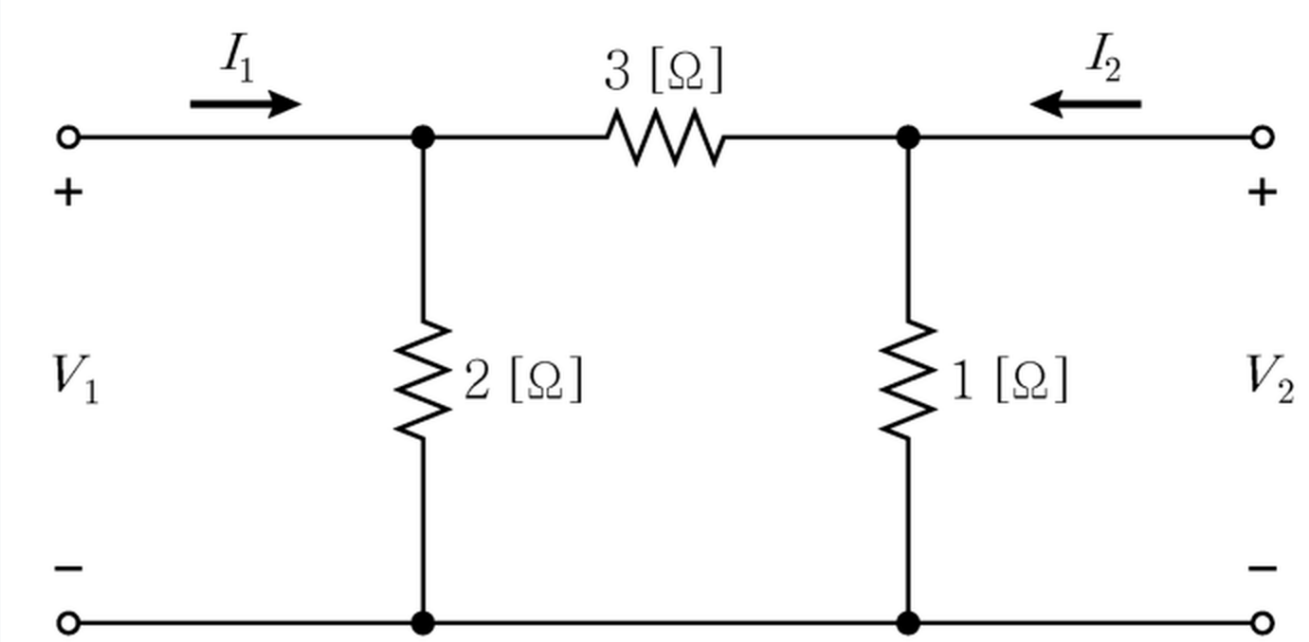
NoteBase

암기 포인트

커패시터 에너지는 C에 비례하고 V^2에 비례하므로, 전압이 3배면 에너지는 용량이 같을 때 9배가 된다.

NoteBase

문 21. 다음 2포트 회로망에서 임피던스 파라미터[Ω] 중 옳지 않은 것은?



① $z_{11} = \frac{4}{3}$

② $z_{12} = \frac{1}{3}$

③ $z_{21} = \frac{1}{3}$

④ $z_{22} = \frac{1}{3}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 2포트 회로의 어드미턴스 행렬을 세운 뒤 역행렬로 임피던스 파라미터를 구하는 문제이다.

조건 정리

포트 1에는 접지로 연결된 2Ω 저항이 있다.
포트 2에는 접지로 연결된 1Ω 저항이 있다.
두 포트 상단 노드 사이에는 3Ω 저항이 있다.
구해야 할 값은 z 파라미터 $z_{11}, z_{12}, z_{21}, z_{22}$이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 회로이론 · 2025 · 2차

사용할 공식

bmatrix I_1 I_2 bmatrix= bmatrix y_11 & y_12 y_21 & y_22 bmatrix bmatrix V_1 V_2 bmatrix, [Z]=[Y]^-1

이 회로는 각 포트에 접지 저항이 있고 두 포트 사이에 결합 저항이 하나 있는 형태이므로, 먼저 노드 전류식으로 Y 행렬을 만드는 것이 가장 빠르다.

계산 과정

1. 각 저항을 어드미턴스로 바꾸면 $2\Omega \to \frac{1}{2}\mathrm{S}$, $1\Omega \to 1\mathrm{S}$, $3\Omega \to \frac{1}{3}\mathrm{S}$이다.

2. 따라서

[Y]= bmatrix (1)/(2)+(1)/(3) & -(1)/(3) -(1)/(3) & 1+(1)/(3) bmatrix = bmatrix (5)/(6) & -(1)/(3) -(1)/(3) & (4)/(3) bmatrix

이다.

3. 행렬식은

$\Delta = \frac{5}{6}\cdot\frac{4}{3} - \left(-\frac{1}{3}\right)\left(-\frac{1}{3}\right) = \frac{20}{18} - \frac{2}{18} = 1$

이다.

4. 따라서

[Z]=[Y]^-1= bmatrix (4)/(3) & (1)/(3) (1)/(3) & (5)/(6) bmatrix

이므로 $z_{11} = \frac{4}{3}$, $z_{12} = \frac{1}{3}$, $z_{21} = \frac{1}{3}$, $z_{22} = \frac{5}{6}$이다.

선지별 해설

① O

$z_{11} = \frac{4}{3}$이므로 맞는 선지이다.

② O

$z_{12} = \frac{1}{3}$이므로 맞는 선지이다.

③ O

상호 임피던스는 대칭이어서 $z_{21} = z_{12} = \frac{1}{3}$이므로 맞는 선지이다.

④ X

계산 결과 $z_{22} = \frac{5}{6}$이므로 틀린 선지이다. 틀린 표현은 '$z_{22} = \frac{1}{3}$'이고, 올바르게는 '$z_{22} = \frac{5}{6}$'이다.

오답 포인트

z 파라미터를 직접 구하려다가 개방 조건을 혼동하면 오답이 나온다. 특히 z_{22}를 단순히 포트 간 연결 저항의 영향만 보고 $\frac{1}{3}$으로 착각하기 쉽지만, 포트 2의 접지 저항 1Ω와 포트 1 쪽 2Ω 경로까지 함께 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

2포트 저항회로는 먼저 노드 기준으로 Y 행렬을 만든 뒤 역행렬로 Z 행렬을 구하면 된다. 대각성분은 자기 포트의 구동점 임피던스, 비대각성분은 상호 임피던스라는 점을 함께 확인하면 검산이 된다.

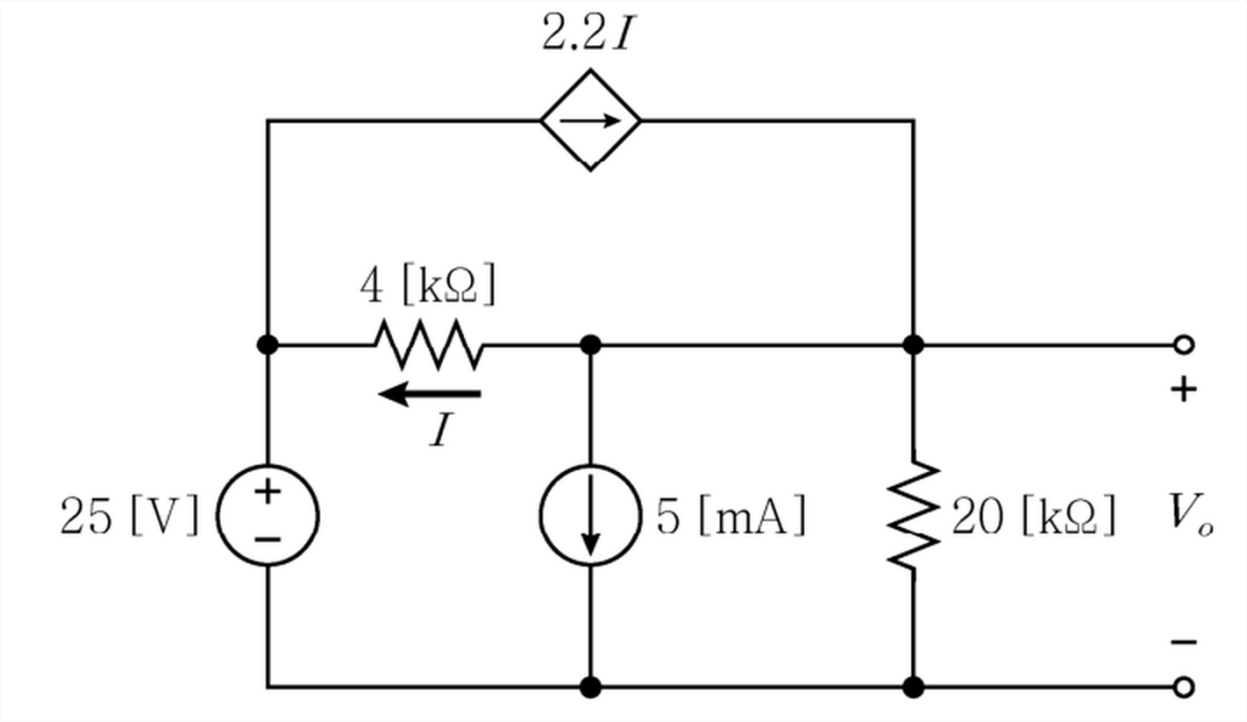
NoteBase

암기 포인트

셔트 저항이 있는 2포트는 Y 행렬이 먼저 보이고, $[Z] = [Y]^{-1}$로 임피던스 파라미터를 정리한다.

NoteBase

문 22. 다음 회로에서 V_o[V]는?



① 20

② 30

③ 40

④ 50

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 종속전류원이 포함된 회로에서 노드전압법으로 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

좌측 노드 전압은 독립전압원 때문에 25 V이다.

출력 노드 전압이 곧 V_o이다.

4 kΩ 저항 전류는 그림의 화살표 방향 기준으로 $I = \frac{V_o - 25}{4k\Omega}$이다.

상단 종속전류원은 좌측에서 우측으로 $2.2I$가 흐르고, 중앙 전류원은 아래로 5 mA가 흐른다.

NoteBase

사용할 공식

$I = \frac{V_o - 25}{4k\Omega}$
$I + \frac{V_o}{20k\Omega} + 5mA = 2.2I$
출력 노드에서 나가는 전류와 들어오는 전류를 같게 두는 KCL 식이므로 노드전압법을 사용한다.

계산 과정

1. 4 kΩ 저항 전류는 $I = \frac{V_o - 25}{4k\Omega}$이다.
2. 출력 노드에 KCL을 적용하면 $I + \frac{V_o}{20k\Omega} + 5mA = 2.2I$이다.
3. 이를 정리하면 $\frac{V_o}{20k\Omega} + 5mA = 1.2I$이고, I를 대입하면
$\frac{V_o}{20k\Omega} + 5mA = 1.2 \cdot \frac{V_o - 25}{4k\Omega}$
이다.
4. 양변에 20 kΩ를 곱하면 $V_o + 100 = 6(V_o - 25)$이다.
5. 따라서 $V_o + 100 = 6V_o - 150$, $250 = 5V_o$, $V_o = 50V$이다.

선지별 해설

① X
$V_o = 20V$를 대입하면 $I = -1.25mA$이고, KCL의 좌변은 4.75 mA, 우변은 -2.75 mA가 되어 식이 성립하지 않는다. 틀린 표현은 '20 V'이며, 올바르게는 '$V_o = 50V$'이다.
② X
$V_o = 30V$를 대입하면 $I = 1.25mA$이고, KCL의 좌변은 7.75 mA, 우변은 2.75 mA가 되어 식이 성립하지 않는다. 틀린 표현은 '30 V'이며, 올바르게는 '$V_o = 50V$'이다.
③ X
$V_o = 40V$를 대입하면 $I = 3.75mA$이고, KCL의 좌변은 10.75 mA, 우변은 8.25 mA가 되어 식이 성립하지 않는다. 틀린 표현은 '40 V'이며, 올바르게는 '$V_o = 50V$'이다.
④ O
$V_o = 50V$를 대입하면 $I = 6.25mA$이고, KCL의 좌변과 우변이 모두 13.75 mA가 되어 식이 성립한다.

오답 포인트

4 kΩ 저항 전류 I의 방향을 그림의 왼쪽 화살표 기준으로 잡아야 한다는 점과, 종속전류원 $2.2I$가 출력 노드로 들어오는 전류라는 점이 함정이다. 이 둘의 부호를 반대로 두면 식이 바로 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

종속원이 있는 회로는 먼저 기준 노드와 미지 노드 전압을 정하고, 화살표 기준 전류식을 만든 뒤, 해당 노드에 KCL을 세워 부호를 끝까지 일관되게 유지하는 방식으로 판단한다.

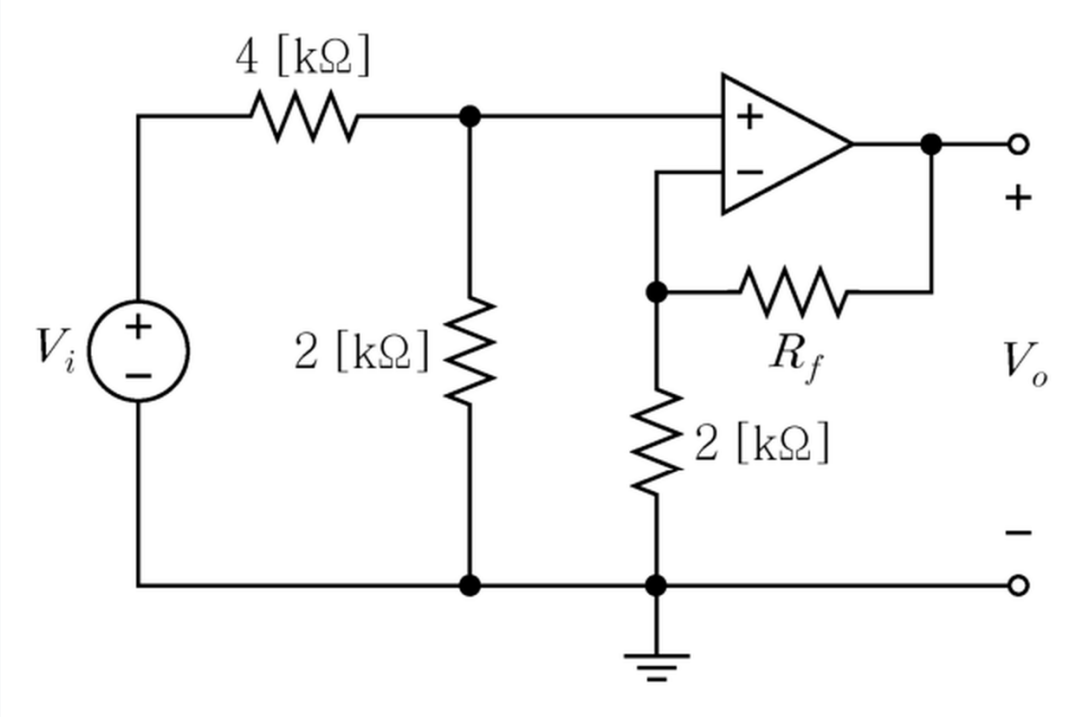
NoteBase

암기 포인트

노드전압법은 '저항전류를 미지 노드전압으로 표현하고 KCL 한 개를 세운다'로 정리된다.

NoteBase

문 23. 다음 회로에서 전압이득 $A_V = \frac{V_o}{V_i}$가 3이 되도록 하는 궤환저항 R_f[kΩ] 값은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 2

② 4

③ 8

④ 16

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 입력 분압과 비반전 증폭기의 폐루프 이득을 곱해 전체 전압이득 A_V를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력 쪽은 $4k\Omega$와 $2k\Omega$의 분압회로이다.
구해야 할 값: 궤환저항 R_f이다.
주의할 조건: 연산증폭기는 이상적이므로 비반전 입력 전압과 반전 입력 전압이 같고, 입력 전류는 0이다.

NoteBase

사용할 공식

입력 노드 전압은 $V_+ = V_i \times \frac{2}{4+2} = \frac{V_i}{3}$이다.
비반전 증폭기의 이득은 $\frac{V_o}{V_+} = 1 + \frac{R_f}{2k\Omega}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 회로의 오른쪽 연산증폭기 부분은 반전 입력에 R_f와 $2k\Omega$가 연결된 비반전 증폭기 구조이기 때문이다.

계산 과정

1. 왼쪽 분압회로에서 연산증폭기 비반전 입력 전압은 $V_+ = \frac{V_i}{3}$이다.
2. 전체 이득은 $\frac{V_o}{V_i} = \frac{V_o}{V_+} \times \frac{V_+}{V_i} = \left(1 + \frac{R_f}{2k\Omega}\right) \times \frac{1}{3}$이다.
3. 조건 $\frac{V_o}{V_i} = 3$을 대입하면 $\left(1 + \frac{R_f}{2k\Omega}\right) \times \frac{1}{3} = 3$이고, 따라서 $1 + \frac{R_f}{2k\Omega} = 9$, $R_f = 16k\Omega$이다.

선지별 해설

① X
- $R_f = 2k\Omega$이면 비반전 증폭기 이득은 $1 + \frac{2}{2} = 2$이고 전체 이득은 $2 \times \frac{1}{3} = \frac{2}{3}$이다.
- 틀린 값은 $2k\Omega$이고, 올바른 값은 $16k\Omega$이다.

② X
- $R_f = 4k\Omega$이면 비반전 증폭기 이득은 3이지만 입력 분압 $\frac{1}{3}$을 함께 곱해야 하므로 전체 이득은 1이다.
- 틀린 값은 $4k\Omega$이고, 올바른 값은 $16k\Omega$이다. 이 값은 입력 분압을 빼먹으면 나오기 쉽다.

③ X
- $R_f = 8k\Omega$이면 비반전 증폭기 이득은 5이고 전체 이득은 $\frac{5}{3}$이다.
- 틀린 값은 $8k\Omega$이고, 올바른 값은 $16k\Omega$이다.

④ O
- $R_f = 16k\Omega$이면 비반전 증폭기 이득은 $1 + \frac{16}{2} = 9$이고, 여기에 입력 분압 $\frac{1}{3}$을 곱하면 전체 이득은 3이 된다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

연산증폭기 부분만 보고 $1 + \frac{R_f}{2k\Omega} = 3$으로 두면 입력 쪽 분압회로를 놓치게 된다. 이 문항의 함정은 전체 이득이 입력 분압 이득과 비반전 증폭기 이득의 곱이라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 앞단에 저항망이 있으면 먼저 비반전 입력 또는 반전 입력에 실제로 들어가는 전압을 구한 뒤, 그 전압에 대한 증폭기 이득을 곱해 전체 전달이득을 판단한다.

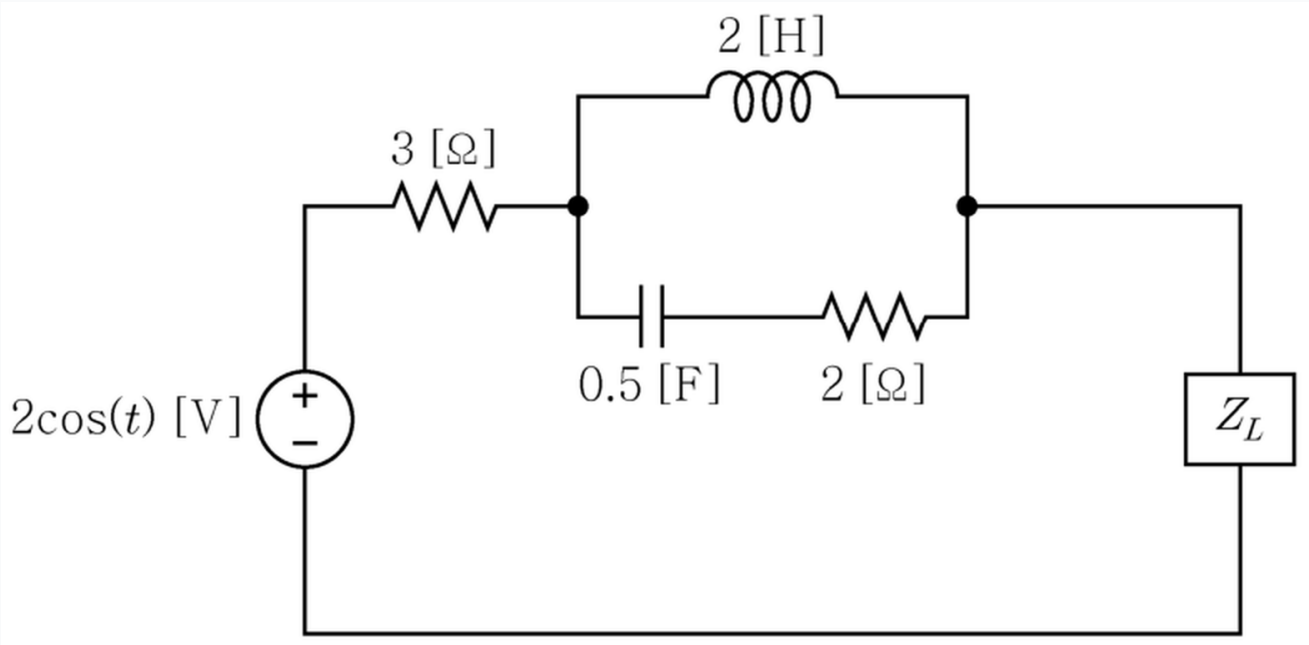
NoteBase

암기 포인트

전체 이득은 앞단 분압과 증폭기 이득을 분리해서 본다. 비반전 증폭기 이득은 $1 + \frac{R_f}{R_g}$이다.

NoteBase

문 24. 다음 회로에서 부하 Z_L에 전달될 수 있는 최대평균전력 P_L[W]은?



① 0.1

② 0.5

③ 1.0

④ 5.0

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 부하 단자에서 테브난 등가를 구한 뒤 최대전력전달조건과 최대평균전력 공식을 적용하는 문제이다.

조건 정리

- 전원은 $v_s(t) = 2\cos t[V]$이므로 $\omega = 1[rad/s]$, $V_s = \sqrt{2}[V]$이다.
- 인덕터 임피던스는 $j\omega L = j2[\Omega]$이다.
- 커패시터 임피던스는 $1/(j\omega C) = -j2[\Omega]$이다.
- 아래 가지의 직렬 임피던스는 $2 - j2[\Omega]$이다.
- 부하에서 최대평균전력을 구해야 하므로 부하 단자에서 본 V_{th}, Z_{th}를 먼저 구해야 한다.

NoteBase

사용할 공식

$Z_{th} = Z_{seen}$, $V_{th} = V_{oc}$, $P_{L,\max} = \frac{|V_{th}|^2}{4R_{th}}$
이 공식을 쓰는 이유는 교류 회로에서 부하에 평균전력이 최대로 전달되려면 $Z_L = Z_{th}^*$가 되어야 하고, 그때 최대평균전력은 테브난 전압과 테브난 저항의 실수부로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 좌우 두 노드 사이 병렬회로의 합성임피던스를 구하면
$Z_p = j2 \parallel (2 - j2) = \left(\frac{1}{j2} + \frac{1}{2-j2}\right)^{-1} = 2 + 2j[\Omega]$
이다.
2. 부하를 개방하면 회로 전류가 0이므로 3[Ω]와 내부 병렬회로에 전압강하가 없다. 따라서 개방전압은
$V_{th} = V_s = \sqrt{2}[V]$이다.
3. 전압원을 단락시키면 부하 단자에서 본 임피던스는
$Z_{th} = 3 + (2 + 2j) = 5 + 2j[\Omega]$
이므로 $R_{th} = 5[\Omega]$이다.
4. 따라서 최대평균전력은
$P_{L,\max} = \frac{|V_{th}|^2}{4R_{th}} = \frac{(\sqrt{2})^2}{4 \cdot 5} = \frac{2}{20} = 0.1[W]$
이다. 이때 정합부하는 $Z_L = 5 - j2[\Omega]$이다.

선지 판단

① O
- 계산 결과 최대평균전력은 0.1[W]이다. 따라서 ①은 옳다.

② X
- 0.5[W]는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 최대평균전력은 0.1[W]이다. 최대전력전달식의 분모 $4R_{th}$를 잘못 처리하면 이런 과대값이 나온다.

③ X
- 1.0[W]는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 최대평균전력은 0.1[W]이다. 전압원의 최대값 2[V]를 rms값으로 바꾸지 않거나 $R_{th} = 5[\Omega]$를 빠뜨리면 크게 계산된다.

④ X
- 5.0[W]는 계산 결과와 전혀 맞지 않는다. 올바르게는 최대평균전력은 0.1[W]이다. 테브난 저항의 실수부와 rms 조건을 무시한 값이다.

NoteBase

오답 포인트

개방전압을 구할 때 부하를 떼면 전류가 0이 된다는 점을 놓치기 쉽다. 또한 $2\cos t$의 2를 그대로 쓰면 최대값과 rms값을 혼동하게 되고, 최대전력전달식의 분모가 $4R_{th}$라는 점을 빠뜨리면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

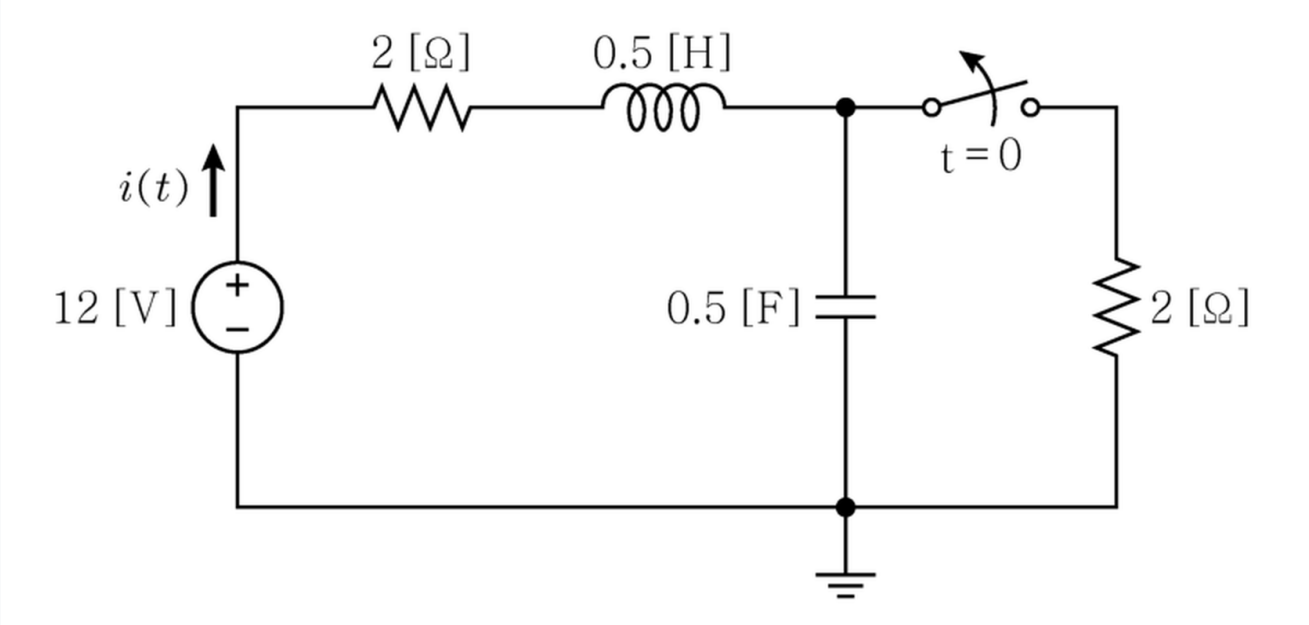
교류 최대전력 문제는 먼저 부하 단자에서 V_{th}와 Z_{th}를 구하고, 그다음 R_{th}만 뽑아 $P_{L,\max} = |V_{th}|^2/(4R_{th})$를 적용하면 된다. 전압원이 시간함수로 주어지면 최대값을 rms값으로 먼저 바꾼다.

암기 포인트

교류 최대전력전달은 $Z_L = Z_{th}^*$, 최대평균전력은 $P_{\max} = |V_{th}|^2/(4R_{th})$이다.

NoteBase

문 25. 다음 회로에서 스위치가 $t = 0[sec]$에서 열린다. $t > 0[sec]$에서 전류 $i(t)$의 라플라스 변환 $I(s)$는? (단, $t < 0[sec]$에서 회로는 정상상태이다)



① $\frac{12}{(s+2)^2}$
② $\frac{24}{(s+2)^2}$
③ $\frac{3(s+4)}{(s+2)^2}$
④ $\frac{3(s+8)}{(s+2)^2}$

정답 3번

출제 포인트

정상상태 초기조건 $i_L(0^-)$, $v_C(0^-)$를 구한 뒤, 스위치가 열린 후의 회로를 초기조건이 있는 라플라스 회로로 바꾸어 $I(s)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전원 12 V, 저항 2 Ω, 인덕터 0.5 H, 커패시터 0.5 F이다.
스위치는 $t = 0$에서 열리므로 $t < 0$에는 오른쪽 2 Ω 저항이 연결되고, $t > 0$에는 제거된다.
$t < 0$ 정상상태에서 인덕터는 단락, 커패시터는 개방이므로 전체 전류는 $12/(2 + 2) = 3A$이다.
따라서 $i_L(0^-) = i(0^+) = 3A$, $v_C(0^-) = v_C(0^+) = 3 \times 2 = 6V$이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 회로이론 · 2025 · 2차

사용할 공식

일방 라플라스 변환의 초기조건식을 사용한다.

$V_L(s) = L\{sI(s) - i(0^-)\}, \qquad I(s) = C\{sV_C(s) - v_C(0^-)\}$

이 공식을 쓰는 이유는 $t > 0$ 회로가 전원-저항-인덕터-커패시터의 직렬 회로가 되고, 인덕터 전류와 커패시터 전압의 초기값이 0이 아니므로 초기조건을 포함한 s영역 식이 $I(s)$를 가장 직접적으로 구해 주기 때문이다.

계산 과정

1. $t < 0$ 정상상태에서 $i(0^+) = 3A$, $v_C(0^+) = 6V$이다.
2. $t > 0$에서 KVL은 $12u(t) = 2i(t) + 0.5di/dt + v_C(t)$이다.
3. 이를 라플라스 변환하면

$\frac{12}{s} = 2I(s) + 0.5\{sI(s) - 3\} + V_C(s)$

또한 커패시터 식은

$I(s) = 0.5\{sV_C(s) - 6\} \quad \Rightarrow \quad V_C(s) = \frac{2I(s)}{s} + \frac{6}{s}$

이다.

4. 이를 대입하면

$\frac{12}{s} = 2I(s) + 0.5\{sI(s) - 3\} + \frac{2I(s)}{s} + \frac{6}{s}$

$12 = 2sI(s) + 0.5s^2I(s) - 1.5s + 2I(s) + 6$

$6 + 1.5s = 0.5(s^2 + 4s + 4)I(s) = 0.5(s+2)^2I(s)$

5. 따라서

$I(s) = \frac{1.5s + 6}{0.5(s+2)^2} = \frac{3s + 12}{(s+2)^2} = \frac{3(s+4)}{(s+2)^2}$

이다.

선지 판단

① X: $\frac{12}{(s+2)^2}$는 분자에 상수 12만 남아 초기전류에 해당하는 $\frac{3}{s+2}$ 성분이 빠진 식이다. 올바르게는 $\frac{3(s+4)}{(s+2)^2}$이다.
② X: $\frac{24}{(s+2)^2}$도 $\frac{3}{s+2}$ 성분이 없고 분자 계수도 실제 계산값보다 크게 잡힌 식이다. 올바르게는 $\frac{3(s+4)}{(s+2)^2}$이다.
③ O: 계산 결과가 정확히 $\frac{3(s+4)}{(s+2)^2}$이므로 맞는 선지이다.
④ X: $\frac{3(s+8)}{(s+2)^2}$는 분자의 상수항을 과대하게 잡은 식이다. 커패시터 초기전압 $6V$와 인덕터 초기전류 $3A$를 함께 반영하면 분자는 $3(s+4)$가 된다.

오답 포인트

스위치가 열리기 전 정상상태를 잘못 읽으면 $i_L(0^+)$와 $v_C(0^+)$를 틀리게 잡게 된다. 특히 $t < 0$에서 인덕터는 단락, 커패시터는 개방이라는 점을 놓치거나 오른쪽 2 Ω 저항이 연결되어 있었다는 사실을 빼먹으면 ①, ②, ④ 같은 오답식이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

스위치 개폐 RLC 문항은 먼저 $t<0$ 정상상태에서 $i_L(0^-)$, $v_C(0^-)$를 구하고, 그다음 $t>0$의 바뀐 회로를 다시 그린 뒤 초기조건을 포함한 라플라스 식을 세우는 순서로 판단한다.

암기 포인트

인덕터 전류와 커패시터 전압은 순간적으로 바뀌지 않으므로 $i_L(0^-)=i_L(0^+)$, $v_C(0^-)=v_C(0^+)$가 출발점이다.

NoteBase