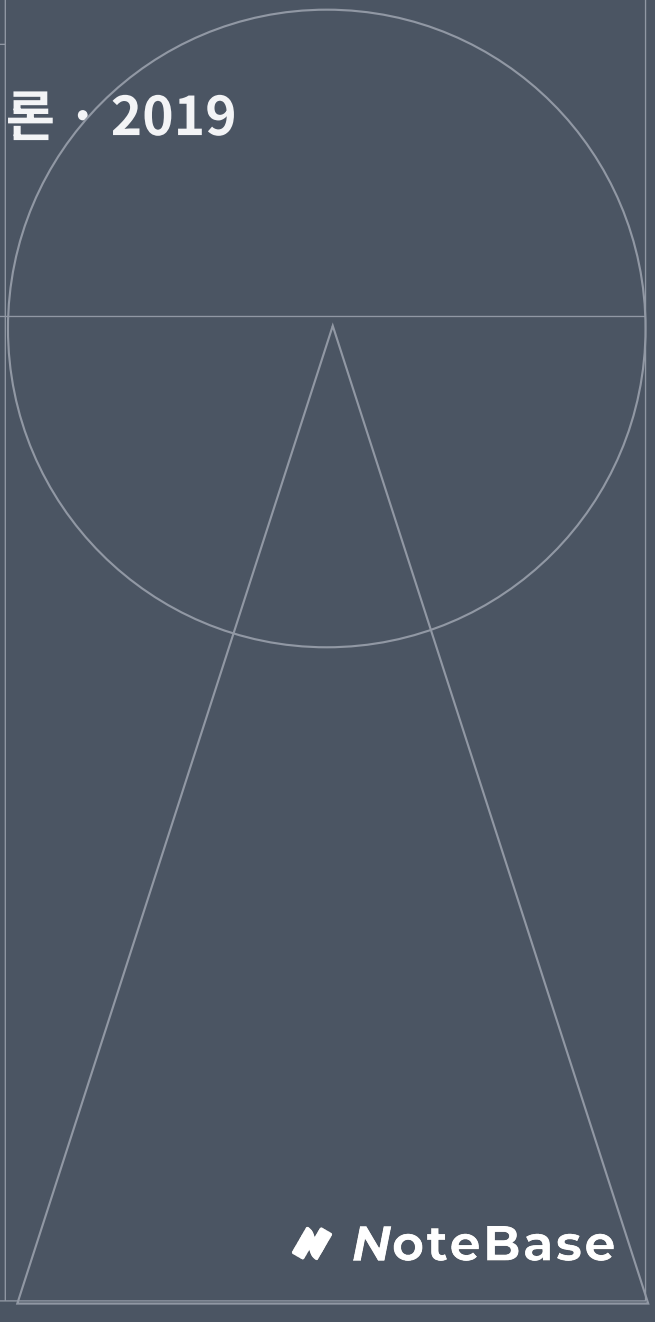
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2019



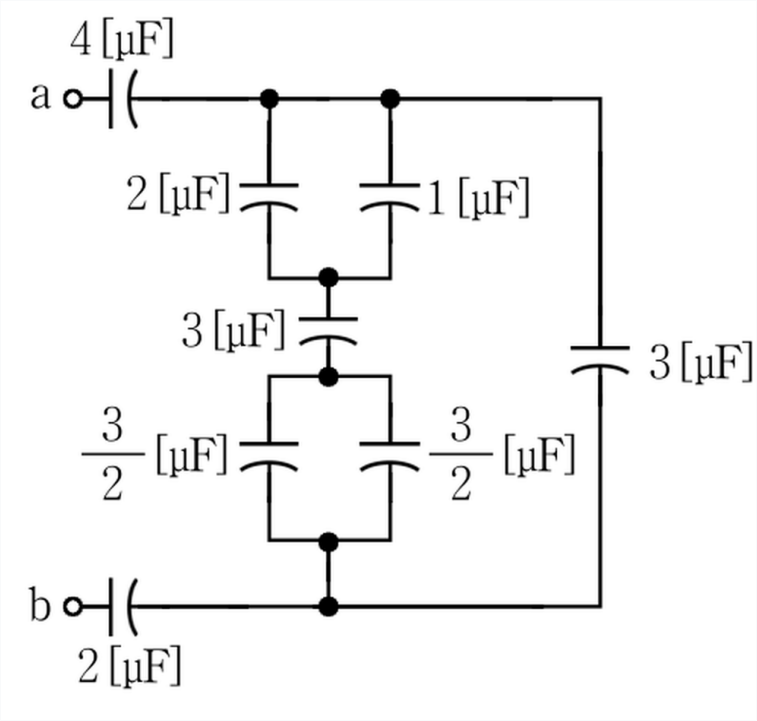
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2019

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2019

문 1. 다음 회로에서 단자 a, b 사이의 등가 커패시턴스[μF]는?



① $\frac{12}{13}$

② 1

③ $\frac{17}{15}$

④ 2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 회로도에서 병렬 연결과 직렬 연결을 단계적으로 축약하여 단자 a, b 사이의 등가 커패시턴스 C_{eq}를 구하는 문제이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2019

조건 정리

주어진 값: a 쪽에 $4\mu F$, b 쪽에 $2\mu F$, 내부 가지에 $2\mu F$, $1\mu F$, $3\mu F$, $\frac{3}{2}\mu F$, $\frac{3}{2}\mu F$, 오른쪽 바깥 가지에 $3\mu F$가 연결되어 있다.
구해야 할 값: 단자 a, b 사이의 등가 커패시턴스이다.
주의할 조건: 같은 두 노드에 걸린 커패시터는 병렬로 더하고, 한 경로에 연속으로 놓인 커패시터는 직렬 공식으로 묶는다.

사용할 공식

병렬 연결은 $C_p = C_1 + C_2$이다.
직렬 연결은 $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 위쪽의 $2\mu F$와 $1\mu F$는 같은 두 노드 사이에 있으므로 병렬이고, 아래쪽의 $\frac{3}{2}\mu F$ 두 개도 병렬이다. 이렇게 축약한 뒤 가운데 가지는 위에서 아래로 연속 연결이므로 직렬이 된다.

계산 과정

1. 위쪽 내부 두 커패시터는 병렬이므로 $2 + 1 = 3$이 되어 $3\mu F$가 된다.
2. 아래쪽 내부 두 커패시터도 병렬이므로 $\frac{3}{2} + \frac{3}{2} = 3$이 되어 $3\mu F$가 된다.
3. 따라서 가운데 세로 가지는 $3\mu F$, $3\mu F$, $3\mu F$의 직렬 연결이므로 $\frac{1}{C} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 1$, 따라서 $C = 1\mu F$이다.
4. 이 가운데 가지 $1\mu F$는 오른쪽 바깥 가지 $3\mu F$와 병렬이므로 위아래 공통 노드 사이 등가는 $1 + 3 = 4\mu F$이다.
5. 전체 회로는 a 쪽의 $4\mu F$, 방금 구한 가운데 등가 $4\mu F$, b 쪽의 $2\mu F$가 직렬이므로 $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = 1$, 따라서 $C_{eq} = 1\mu F$이다.

선지 판단

1번 X: 등가 커패시턴스는 $\frac{12}{13}\mu F$가 아니라 $1\mu F$이다. 내부 병렬 묶음을 놓치거나 전체를 잘못 직렬 합성하면 이런 값이 나온다.
2번 O: 단계적으로 축약하면 최종 등가 커패시턴스가 정확히 $1\mu F$가 되므로 옳다.
3번 X: 등가 커패시턴스는 $\frac{17}{15}\mu F$가 아니라 $1\mu F$이다. 가운데 가지와 오른쪽 가지의 병렬 관계를 잘못 처리하면 실제보다 큰 값으로 오판하기 쉽다.
4번 X: 등가 커패시턴스는 $2\mu F$가 아니라 $1\mu F$이다. 바깥의 $4\mu F$, $4\mu F$, $2\mu F$를 직렬로 보지 않고 단순 합산하면 틀린다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 회로를 한 번에 보지 않고 부분 회로를 먼저 병렬로 묶어야 한다는 점이다. 특히 위쪽 $2\mu F$와 $1\mu F$, 아래쪽 $\frac{3}{2}\mu F$ 두 개를 각각 병렬로 바꾸지 않으면 가운데 가지의 직렬 구조가 보이지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

회로형 커패시터 문제는 같은 두 노드를 공유하는 소자부터 병렬로 축약한 뒤, 남는 한 경로 연결을 직렬로 정리하고, 마지막에 바깥쪽 직렬 연결까지 다시 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

병렬은 바로 더하고, 직렬은 역수로 더한 뒤 다시 역수를 취한다는 원칙으로 등가 커패시턴스를 단계 축약하면 된다.

NoteBase

문 2. $f(t) = (1 - e^{-t})u(t)$**의 라플라스 변환으로 옳은 것은? (단,** $u(t)$**는 단위계단함수이다)**

① $\frac{1}{s}$
② $\frac{1}{s+1}$
③ $\frac{1}{s(s-1)}$
④ $\frac{1}{s(s+1)}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 $f(t) = (1 - e^{-t})u(t)$를 항별로 나누어 라플라스 변환한 뒤 통분하는 문제이다.

조건 정리

주어진 함수는 $f(t) = (1 - e^{-t})u(t)$이다.
구해야 할 값은 $\mathcal{L}\{(1 - e^{-t})u(t)\}$이다.
주의할 조건은 $u(t)$가 붙어 있으므로 $t \geq 0$에서의 단측 라플라스 변환을 그대로 적용하면 된다는 점과, e^{-t}의 변환이 $\frac{1}{s+1}$이라는 점이다.

사용할 공식

$\mathcal{L}\{u(t)\} = \frac{1}{s}, \qquad \mathcal{L}\{e^{-t}u(t)\} = \frac{1}{s+1}$
$\mathcal{L}\{(1 - e^{-t})u(t)\} = \mathcal{L}\{u(t)\} - \mathcal{L}\{e^{-t}u(t)\}$
이 공식을 쓰는 이유는 주어진 함수가 상수항 1과 지수항 e^{-t}의 차로 이루어진 단위계단함수 곱이기 때문이다.

계산 과정

1. 선형성을 적용하면 $\mathcal{L}\{(1 - e^{-t})u(t)\} = \frac{1}{s} - \frac{1}{s+1}$이다.
2. 통분하면 $\frac{1}{s} - \frac{1}{s+1} = \frac{s+1-s}{s(s+1)}$ 이다.
3. 따라서 $\mathcal{L}\{(1 - e^{-t})u(t)\} = \frac{1}{s(s+1)}$ 이다.

선지별 해설

① X: $\frac{1}{s}$는 $u(t)$만의 라플라스 변환이다. 원래 함수에는 $-e^{-t}u(t)$ 항이 더 있으므로 이 항을 빼 주어야 한다. 틀린 표현은 전체 함수를 상수항만으로 본 점이고, 올바르게는 $\frac{1}{s} - \frac{1}{s+1}$로 계산해야 한다.
② X: $\frac{1}{s+1}$는 $e^{-t}u(t)$만의 라플라스 변환이다. 원래 함수는 $1 - e^{-t}$이므로 상수항의 변환 $\frac{1}{s}$가 함께 있어야 한다. 틀린 표현은 첫째 항을 누락한 점이고, 올바르게는 $\frac{1}{s} - \frac{1}{s+1}$이다.
③ X: $\frac{1}{s(s-1)}$는 지수항의 부호를 잘못 읽어 e^{-t}를 e^{t}처럼 처리할 때 나오는 형태이다. e^{-t}의 라플라스 변환 분모는 $s + 1$이어야 하므로 틀렸고, 올바르게는 $\frac{1}{s(s+1)}$이다.
④ O: $\frac{1}{s} - \frac{1}{s+1} = \frac{1}{s(s+1)}$이므로 주어진 함수의 라플라스 변환과 일치한다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 함정은 1의 변환 $\frac{1}{s}$와 e^{-t}의 변환 $\frac{1}{s+1}$을 따로 기억하면서도 최종식에서 빼기를 빠뜨리거나, e^{-t}의 부호를 잘못 읽어 $s-1$로 쓰는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

시간함수가 여러 항의 합차로 보이면 먼저 항별 라플라스 변환으로 분리하고, 지수항은 $e^{-at} \rightarrow \frac{1}{s+a}$ 꼴인지 확인한 뒤 마지막에 통분하여 답을 정리하는 방식으로 판단한다.

암기 포인트

$1-e^{-t}$의 라플라스 변환은 $\frac{1}{s}-\frac{1}{s+1}=\frac{1}{s(s+1)}$로 정리된다는 점이 핵심이다.

문 3. 어떤 회로망의 등가 임피던스가 $Z = R + jX$일 때, 서셉턴스(susceptance)는?

① $-\frac{X}{R^2+X^2}$
② $-\frac{R}{R^2+X^2}$
③ $\frac{X}{R^2+X^2}$
④ $\frac{R}{R^2+X^2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 임피던스 $Z = R + jX$를 어드미턴스 $Y = 1/Z$로 바꾼 뒤 허수부인 서셉턴스 B를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 임피던스 $Z = R + jX$
구해야 할 값: 서셉턴스 B
주의할 조건: 서셉턴스는 임피던스가 아니라 어드미턴스의 허수부이다.

사용할 공식

어드미턴스는 $Y = \frac{1}{Z}$ 이고, $Y = G + jB$로 놓으면 B는 Y의 허수부이다.
따라서
$Y = \frac{1}{R+jX} = \frac{R-jX}{R^2+X^2} = \frac{R}{R^2+X^2} - j\frac{X}{R^2+X^2}$
이 공식을 쓰는 이유: 서셉턴스는 임피던스 Z 자체에서 바로 읽는 값이 아니라, Z를 역수로 바꾼 어드미턴스 Y의 허수부로 정의되기 때문이다.

계산 과정

1. $Z = R + jX$의 역수를 취해 $Y = 1/Z$로 바꾼다.
2. 분모를 실수화하기 위해 켤레복소수 $R - jX$를 곱한다.
3. $Y = \frac{R}{R^2+X^2} - j\frac{X}{R^2+X^2}$ 이므로 허수부는 $-\frac{X}{R^2+X^2}$이다.
4. 따라서 서셉턴스 $B = -\frac{X}{R^2+X^2}$ 이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과 서셉턴스는 $-\frac{X}{R^2+X^2}$ 이므로 맞는 식이다.
2번 X: $-\frac{R}{R^2+X^2}$는 R을 허수부로 잘못 본 식이다. 틀린 표현은 분자 R이고, 올바르게는 분자 X가 와서 $-\frac{X}{R^2+X^2}$가 된다.
3번 X: $\frac{X}{R^2+X^2}$는 부호를 반대로 쓴 식이다. 틀린 표현은 양의 부호이고, 올바르게는 허수부가 $-j\frac{X}{R^2+X^2}$이므로 $-\frac{X}{R^2+X^2}$가 된다.
4번 X: $\frac{R}{R^2+X^2}$는 어드미턴스의 실수부인 컨덕턴스 G이다. 틀린 표현은 서셉턴스를 R 항으로 본 점이고, 올바르게는 컨덕턴스는 $\frac{R}{R^2+X^2}$, 서셉턴스는 $-\frac{X}{R^2+X^2}$이다.

오답 포인트

서셉턴스와 컨덕턴스를 혼동하거나, $\frac{1}{R+jX}$를 정리할 때 켤레복소수를 곱한 뒤 허수부의 음수 부호를 놓치면 2번, 3번, 4번 같은 오답으로 흐른다.

다시 나오면 이렇게 판단

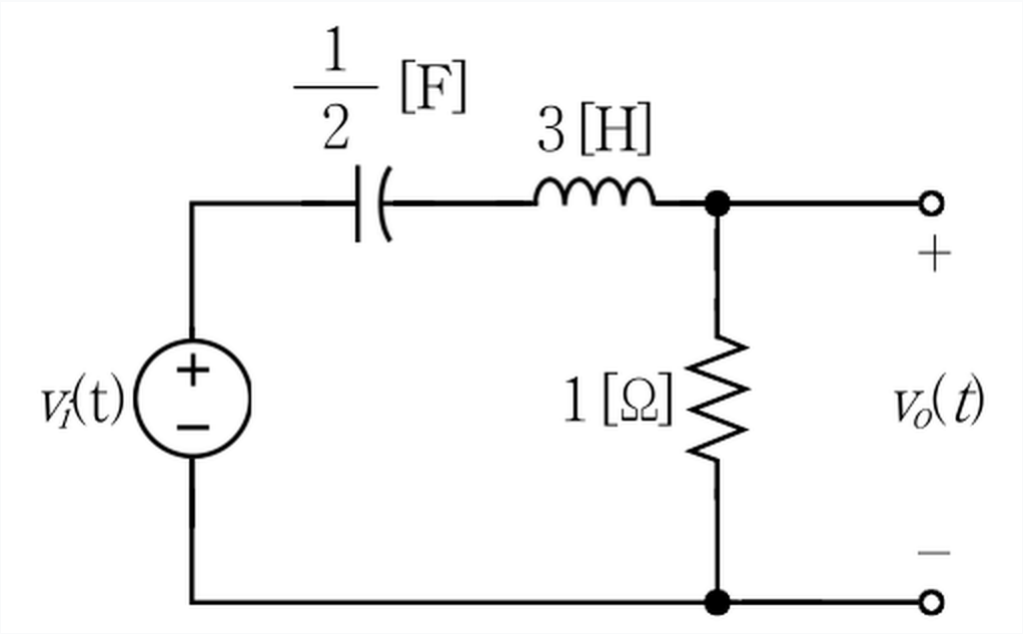
복소 임피던스에서 서셉턴스나 컨덕턴스를 묻는 문제는 $Z \to Y = 1/Z$로 먼저 바꾸고, 실수부는 G, 허수부는 B로 분리해 부호까지 확인하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

$Z = R + jX$이면 $Y = \frac{R-jX}{R^2+X^2} = G + jB$ 이고, $G = \frac{R}{R^2+X^2}$, $B = -\frac{X}{R^2+X^2}$이다.

NoteBase

문 4. 다음 회로에서 모든 초기 조건은 0이다. 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는?



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

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 라플라스 영역에서 커패시터와 인덕터의 임피던스를 구한 뒤, 직렬회로 전압분배로 전달함수 $H(s)$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $C=\frac{1}{2}F, L=3H, R=1\Omega$이다.
구해야 할 값: $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$이다.
주의할 조건: 출력은 오른쪽 1Ω 저항 양단 전압이므로 전압분배식의 분자는 반드시 저항 임피던스 1이 된다.

NoteBase

사용할 공식

직렬회로의 전압분배를 쓰면
$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{Z_R}{Z_R + Z_L + Z_C}$
이다.
여기서 $Z_R = 1, Z_L = sL = 3s, Z_C = \frac{1}{sC} = \frac{2}{s}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 커패시터, 인덕터, 저항이 입력에서 출력 노드까지 직렬로 연결되어 있고 출력이 저항 양단에서 측정되기 때문이다.

계산 과정

1. 각 소자의 임피던스를 라플라스 영역으로 바꾸면 $Z_C = \frac{1}{s(1/2)} = \frac{2}{s}, Z_L = 3s, Z_R = 1$이다.
2. 전압분배를 적용하면
$H(s) = \frac{1}{1 + 3s + 2/s}$
이다.
3. 분모를 통분하면
$H(s) = \frac{1}{\frac{3s^2 + s + 2}{s}} = \frac{s}{3s^2 + s + 2}$
이 된다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $\frac{s}{3s^2 + s + 2}$이므로 맞다.

② X
- 분자에 있어야 할 s가 빠져 있다. $2/s$를 포함한 분모를 통분하면 전체 식의 분자에도 s가 남으므로 올바르게는 $\frac{s}{3s^2 + s + 2}$이다.

③ X
- 분모의 최고차항 계수가 잘못되었다. $L = 3H$이므로 $Z_L = sL = 3s$이고 통분 뒤 분모는 $3s^2 + s + 2$가 된다. 올바르게는 $\frac{s}{3s^2 + s + 2}$이다.

④ X
- ②의 분자 s 누락과 ③의 분모 계수 오류가 함께 들어 있다. 올바르게는 $\frac{s}{3s^2 + s + 2}$이다.

오답 포인트

커패시터 임피던스 $1/(sC)$를 포함한 식을 통분할 때 분자 s를 놓치면 ②, ④처럼 된다. 또한 인덕터 임피던스 sL에서 $L = 3$을 빠뜨리면 ③, ④처럼 분모의 최고차항 계수가 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

전달함수 회로 문제는 출력이 걸린 소자의 임피던스를 먼저 찾고, 그 임피던스를 분자로 둔 뒤 전체 직렬 임피던스를 분모에 더해 정리한다. 마지막에는 $1/s$ 항을 통분했을 때 분자에 s가 남는지까지 확인하면 된다.

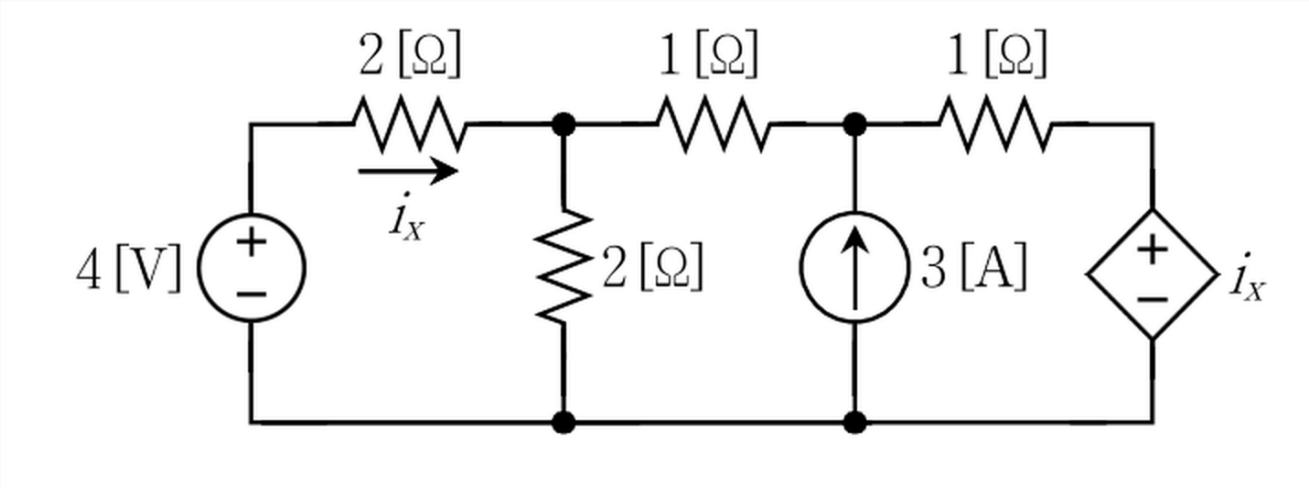
NoteBase

암기 포인트

직렬 전압분배 전달함수는 출력 소자 임피던스/전체 임피던스이며, 커패시터가 있으면 통분 뒤 분자 s의 존재를 반드시 확인한다.

NoteBase

문 5. 다음 회로에서 전류 i_x[A]는?



① 0.5

② $\frac{5}{7}$

③ 1

④ $\frac{8}{7}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 제어전류 i_x에 값이 종속되는 종속전압원(dependent voltage source)이 포함된 회로에서 노드전압법으로 i_x를 구하는 문제이다.

조건 정리

기준 노드는 하단 공통선(접지)이다.
노드 V_1은 첫 번째 2Ω, 접지 쪽 2Ω, 가운데 1Ω이 만나는 접속점이고, 노드 V_2는 가운데 1Ω · 오른쪽 1Ω · 3A 전류원이 만나는 접속점이며, 노드 V_3은 오른쪽 종속전압원의 윗단이다.
좌측 전원 윗단 전압은 4V이다.
첫 번째 2Ω 저항 전류가 i_x이므로 $i_x = \frac{4 - V_1}{2}$이다.
종속전압원의 전압은 제어전류 i_x에 그대로 대응하므로(제어계수 1Ω), $V_3 = i_x$로 두며 이때 i_x[A]의 수치가 그대로 V_3[V]가 된다.

NoteBase

사용할 공식

노드전류법 *KCL*을 적용한다(각 노드에서 나가는 전류의 합을 0으로 둔다).
노드 V_1에서는 첫 번째 2Ω로 나가는 $\frac{V_1-4}{2}$, 접지 쪽 2Ω로 나가는 $\frac{V_1}{2}$, 가운데 1Ω로 나가는 $\frac{V_1-V_2}{1}=(V_1-V_2)$의 합이 0이므로 $\frac{V_1-4}{2}+\frac{V_1}{2}+(V_1-V_2)=0$이다.
노드 V_2에서는 가운데 1Ω로 나가는 (V_2-V_1), 오른쪽 1Ω로 나가는 (V_2-V_3), 그리고 $3A$ 전류원이 노드로 들어오므로 나가는 값으로는 -3이 되어 $(V_2-V_1)+(V_2-V_3)-3=0$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 종속전압원의 값이 i_x로 주어져 있어 가지전류를 하나씩 구하는 방식보다 노드전압 관계를 바로 세우는 편이 가장 간단하기 때문이다.

계산 과정

1. 노드 V_1에서 KCL을 쓰면 $\frac{V_1-4}{2}+\frac{V_1}{2}+(V_1-V_2)=0$이므로 $2V_1-V_2=2$이다.
2. $i_x=\frac{4-V_1}{2}$, $V_3=i_x$이므로 노드 V_2에서 KCL을 쓰면, 가운데 1Ω로 나가는 (V_2-V_1)와 오른쪽 1Ω로 나가는 (V_2-V_3)의 합에서 노드 V_2로 들어오는 $3A$를 빼어 $(V_2-V_1)+(V_2-V_3)-3=0$이다.
3. $V_2=2V_1-2$, $V_3=\frac{4-V_1}{2}$를 대입하면 $V_1=\frac{18}{7}$이다.
4. 따라서 $i_x=\frac{4-18/7}{2}=\frac{5}{7}A$이다.

선지별 해설

① X: $0.5A$는 오른쪽 1Ω·종속전압원 가지를 개방(open)으로 잘못 보고 그 항을 노드 V_2의 KCL에서 빼먹었을 때 나오는 값이다. 그 경우 노드 V_2는 $(V_2-V_1)-3=0$이 되어 $V_2=V_1+3$이고, $2V_1-V_2=2$와 연립하면 $V_1=5$, $i_x=\frac{4-5}{2}=-0.5A$로 크기가 $0.5A$로 나온다. 그러나 오른쪽 가지의 (V_2-V_3) 항과 제어식 $V_3=i_x$를 함께 세워야 하며, 올바른 값은 $\frac{5}{7}A$이다.
② O: 두 노드방정식과 제어식 $V_3=i_x$를 연립하면 $V_1=\frac{18}{7}$, $i_x=\frac{5}{7}A$가 되므로 옳다.
③ X: $1A$는 오른쪽 1Ω·종속전압원 가지와 $3A$ 전류원을 무시하고 좌측만(첫 2Ω와 접지 쪽 2Ω) 계산할 때 나오는 값이다. 그 경우 $V_1=2V$, $i_x=\frac{4-2}{2}=1A$가 되지만, 실제로는 가운데 1Ω로도 전류가 빠져나가 $i_x=\frac{5}{7}A$이다.
④ X: $\frac{8}{7}A$는 노드 V_2의 KCL에서 $3A$ 전류원 항을 빠뜨렸을 때 나오는 값이다. 그 경우 $2V_1-V_2=2$와 $2V_2-V_1-V_3=0$을 풀어 $V_1=\frac{12}{7}$, $i_x=\frac{8}{7}A$가 되지만, $3A$를 포함하면 올바른 값은 $\frac{5}{7}A$이다.

오답 포인트

종속전압원의 값이 i_x라는 사실을 놓치면 우측 노드 전압을 독립적으로 잘못 두기 쉽다. 또 i_x는 첫 번째 2Ω 저항의 전류이므로 바로 $i_x=\frac{4-V_1}{2}$로 연결해야 하는데, 이 식을 빠뜨리면 수치가 쉽게 어긋난다. 노드 V_2의 $3A$ 전류원 항을 누락하면 $\frac{8}{7}A$와 같은 오답으로 이어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

종속원이 있는 회로는 기준 노드를 먼저 잡고 제어식 $V_3=i_x$ 같은 종속원 관계를 별도 식으로 만든 뒤 KCL 식에 바로 대입하면 된다. 마지막에는 구한 전류가 해당 저항의 전압차와 저항값에 부호까지 맞는지 검산하면 된다.

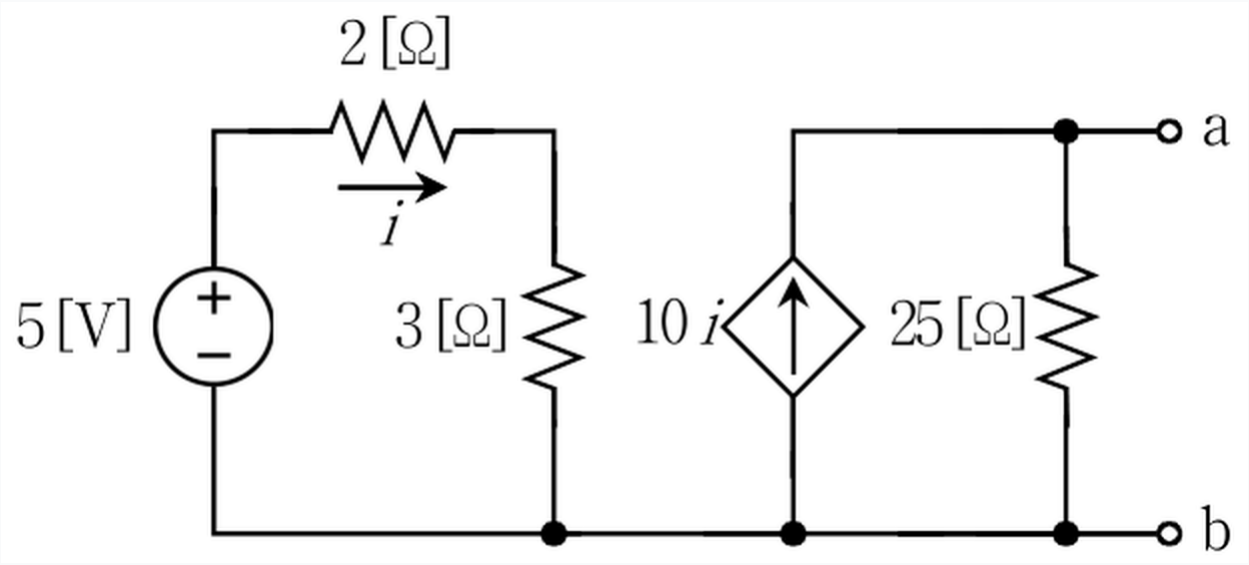
NoteBase

암기 포인트

종속원 회로는 제어식 1개와 KCL 식을 함께 세우면 정리된다.

NoteBase

문 6. 다음 회로의 단자 a, b에서 본 노턴(Norton) 등가 회로의 등가 전류원과 등가 저항은?



① 등가 전류원[A]: 5, 등가 저항[Ω]: 7.5

② 등가 전류원[A]: 10, 등가 저항[Ω]: 12.5

③ 등가 전류원[A]: 10, 등가 저항[Ω]: 25

④ 등가 전류원[A]: 25, 등가 저항[Ω]: 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 왼쪽 루프에서 제어전류 i를 구한 뒤, 종속전류원이 포함된 오른쪽 회로의 노턴 등가 I_N과 R_N을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 루프는 $5V$ 전압원과 2Ω, 3Ω 직렬회로이다.
구해야 할 값: 단자 a, b에서 본 노턴 등가 전류원 I_N과 등가 저항 R_N이다.
주의할 조건: 제어전류 i는 왼쪽 독립루프에서만 결정되므로 a, b의 개방·단락 여부와 무관하다.

사용할 공식

왼쪽 루프 전류는 $i = \frac{5}{2+3} = 1A$ 이다.
노턴 전류는 단락전류이므로 $I_N = I_{sc}$ 이다.
등가 저항은 $R_N = \frac{V_{oc}}{I_{sc}}$ 로 구할 수 있다.
이 공식을 쓰는 이유: 오른쪽 회로는 종속전류원과 25Ω 저항의 병렬구조이므로 개방전압과 단락전류를 알면 노턴 파라미터가 바로 결정된다.

NoteBase

계산 과정

1. 왼쪽 회로는 직렬이므로 제어전류는 $i = 1A$ 이다.
2. 따라서 종속전류원의 크기는 $10i = 10A$ 이다.
3. 단자 a, b를 개방하면 $10A$가 모두 25Ω 저항으로 흘러 개방전압은 $V_{oc} = 10 \times 25 = 250V$ 이다.
4. 단자 a, b를 단락하면 25Ω 양단 전압이 $0V$가 되어 저항 전류는 0이고, 단락전류는 그대로 $I_{sc} = 10A$ 이다.
5. 따라서 $R_N = \frac{V_{oc}}{I_{sc}} = \frac{250}{10} = 25\Omega$ 이고, 노턴 등가는 $10A$ 전류원과 25Ω 병렬저항이다.

선지 판단

1번: X. 등가 전류원을 $5A$, 등가 저항을 7.5Ω로 본 점이 틀렸다. 제어전류는 $i = 1A$이므로 종속전류원은 $10i = 10A$가 되어야 하고, a, b에서 본 등가 저항도 25Ω이다. 올바르게는 $10A$, 25Ω이다.
2번: X. 등가 전류원 $10A$는 맞지만 등가 저항을 12.5Ω로 본 점이 틀렸다. 오른쪽 포트에서 보이는 저항은 25Ω 하나이며, 개방전압 $250V$와 단락전류 $10A$로 계산해도 $R_N = 25\Omega$이다. 올바르게는 $10A$, 25Ω이다.
3번: O. 제어전류 $i = 1A$이므로 종속전류원은 $10A$이고, $R_N = V_{oc}/I_{sc} = 250/10 = 25\Omega$이므로 맞다.
4번: X. 등가 저항 10Ω와 등가 전류원 $25A$는 모두 틀렸다. 25는 저항값 25Ω에서 나온 수치일 뿐 전류원이 아니며, 실제 노턴 전류는 종속전류원 크기인 $10A$이다. 올바르게는 $10A$, 25Ω이다.

오답 포인트

왼쪽 루프의 i를 먼저 구하지 않고 $5V$, 25Ω, $10i$를 한 회로처럼 섞어 계산하면 전류원 크기와 등가 저항을 함께 틀리기 쉽다. 이 문제의 핵심은 오른쪽 포트가 왼쪽 루프를 바꾸지 못한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

종속원이 있는 등가회로 문제는 제어변수를 먼저 독립적으로 계산하고, 그다음 포트의 개방전압 V_{oc}와 단락전류 I_{sc}를 구해 $I_N = I_{sc}$, $R_N = V_{oc}/I_{sc}$ 순서로 판단한다.

암기 포인트

제어전류가 먼저, 노턴 파라미터가 나중이다. 이 문제에서는 $i = 1A \rightarrow 10i = 10A \rightarrow R_N = 25\Omega$이다.

NoteBase

문 7. 전달함수 $H(j\omega) = \frac{1}{1+\frac{j\omega}{\omega_o}}$를 가지는 회로의 주파수 ω_1에서 전압 이득이 A_V일 때, $100\omega_1$에서의 전압 이득은? (단, $\omega_1 \gg \omega_o$, 근사법을 이용한다)

① $0.1A_V$

② $0.01A_V$

③ $10A_V\log(0.01)$

④ $10\log(0.01A_V)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 1차 저역통과회로의 고주파 근사 $\omega \gg \omega_o$에서 전압 이득이 주파수에 반비례한다는 점을 이용해 다른 주파수에서의 이득을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 전달함수: $H(j\omega) = \frac{1}{1+j\omega/\omega_o}$
- ω_1에서의 전압 이득: A_V
- 구해야 할 값: $100\omega_1$에서의 전압 이득
- 주의할 조건: $\omega_1 \gg \omega_o$이므로 고주파 근사법을 적용한다.

사용할 공식

$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega/\omega_o)^2}} \approx \frac{\omega_o}{\omega} \quad (\omega \gg \omega_o)$

이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 $\omega_1 \gg \omega_o$라고 주어 고주파 영역의 1차 저역통과회로 크기응답 근사를 직접 적용할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. ω_1에서의 전압 이득은

$A_V \approx \frac{\omega_o}{\omega_1}$

2. $100\omega_1$에서의 전압 이득은

$|H(j100\omega_1)| \approx \frac{\omega_o}{100\omega_1}$

3. 이를 A_V로 나타내면

$|H(j100\omega_1)| = \frac{1}{100} \cdot \frac{\omega_o}{\omega_1} = 0.01A_V$

따라서 주파수가 100배 커지면 고주파 근사 영역에서는 전압 이득이 100분의 1로 줄어든다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 계산 결과는 $0.01A_V$이므로 $0.1A_V$는 10분의 1만 감소한 값이라서 틀리다.
- 틀린 표현은 $0.1A_V$이고, 올바르게는 $0.01A_V$이다.

② O
- 고주파 근사에서 전압 이득은 주파수에 반비례하므로 ω가 100배가 되면 이득은 1/100배가 된다.
- 따라서 $100\omega_1$에서의 전압 이득은 $0.01A_V$가 되어 맞다.

③ X
- 문제는 선형 전압 이득을 묻고 있는데 $10A_V\log(0.01)$는 로그식을 섞은 형태라서 전압 이득의 선형값이 아니다.
- 틀린 표현은 로그로 바꾼 계산 방식이고, 올바르게는 선형 이득 $0.01A_V$로 두어야 한다.
- 전압 이득을 dB로 바꿀 때도 이런 형태는 아니며, dB값은 별도로 $20\log_{10}(0.01A_V)$처럼 표현한다.

④ X
- $10\log(0.01A_V)$는 전력 이득에 쓰는 계수 10을 사용한 식이므로 전압 이득 표현으로 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 $10\log(0.01A_V)$이고, 올바르게는 선형 이득은 $0.01A_V$, 전압 이득의 dB 표현은 $20\log_{10}(0.01A_V)$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 전압 이득의 선형값과 dB표현을 혼동하는 점이다. 또한 ω가 100배가 되면 이득도 100배가 아니라 100분의 1이 된다는 반비례 관계를 놓치면 ①처럼 잘못 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

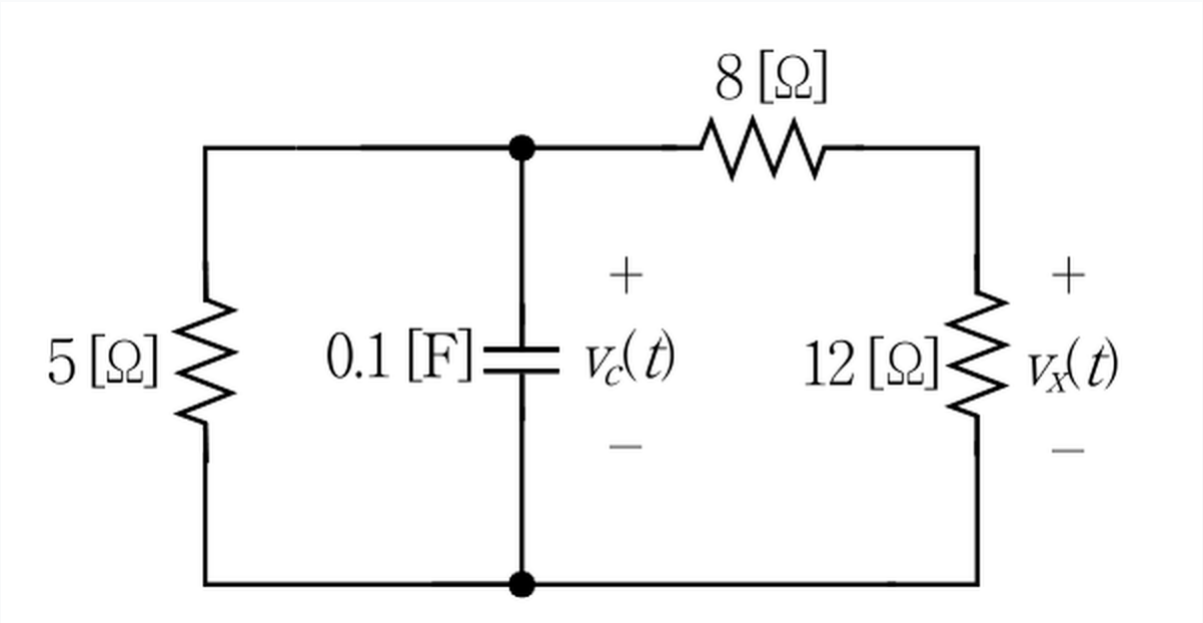
1차 저역통과회로에서 $\omega \gg \omega_o$ 조건이 보이면 먼저 $|H(j\omega)| \approx \omega_o/\omega$를 떠올린다. 그다음 주파수 변화 배수만큼 이득이 역비례로 얼마나 줄어드는지 바로 비교하면 된다.

암기 포인트

1차 저역통과회로의 고주파 근사에서는 $|H| \propto 1/\omega$이므로 주파수 10배 증가 시 전압 이득은 10분의 1이 된다.

NoteBase

문 8. 다음 회로에서 $V_c(0) = 15[V]$일 때, $t > 0$에서 $V_x(t)$[V]는?



① $6e^{-2.5t}$

② $6e^{-5t}$

③ $9e^{-2.5t}$

④ $9e^{-5t}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 커패시터의 자연응답과 직렬 저항의 전압분배를 이용해 $V_x(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_c(0) = 15V$, $C = 0.1F$, 저항은 5Ω, 8Ω, 12Ω이다.
구해야 할 값: $t > 0$에서 $V_x(t)$이다.
주의할 조건: $V_x(t)$는 전체 전압이 아니라 12Ω 양단 전압이다.

사용할 공식

커패시터 자연응답은 $V_c(t) = V_0 e^{-t/(R_{eq}C)}$이다.
전압분배는 $V_x(t) = \frac{12}{8+12} V_c(t)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 독립전원이 없으므로 커패시터는 자신이 보는 등가저항을 통해 자연방전하고, V_x는 8Ω과 12Ω 직렬회로에서 12Ω에 걸리는 전압이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 커패시터가 보는 등가저항은 $R_{eq} = 5 \parallel (8 + 12) = 5 \parallel 20 = \frac{5 \times 20}{5 + 20} = 4\Omega$이다.
2. 시정수는 $\tau = R_{eq}C = 4 \times 0.1 = 0.4s$이므로 $V_c(t) = 15e^{-t/0.4} = 15e^{-2.5t}$이다.
3. $V_x(t)$는 12Ω 양단 전압이므로 $V_x(t) = \frac{12}{8+12} V_c(t) = \frac{12}{20} \cdot 15e^{-2.5t} = 9e^{-2.5t}$이다.

선지별 해설

① X: 지수항 $e^{-2.5t}$는 맞지만 계수 6이 틀리다. 6은 12Ω 전압이 아니라 8Ω 전압 $15 \times \frac{8}{20}$을 잡을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 계수 6이며, 올바르게는 $9e^{-2.5t}$이다.
② X: 계수 6과 지수 e^{-5t}가 모두 틀리다. 전압분배 대상도 잘못 잡았고 시정수도 잘못 계산한 값이다. 틀린 표현은 계수 6과 지수 $-5t$이며, 올바르게는 $9e^{-2.5t}$이다.
③ O: 커패시터 전압이 $15e^{-2.5t}$로 감소하고, 그중 12Ω에 걸리는 비율이 $\frac{12}{20}$이므로 $V_x(t) = 9e^{-2.5t}$가 된다.
④ X: 계수 9는 맞지만 지수 e^{-5t}가 틀리다. 이는 등가저항을 잘못 계산해 시정수를 더 작게 잡을 때 생기는 오답이다. 틀린 표현은 지수 $-5t$이며, 올바르게는 $e^{-2.5t}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 단계이다. 첫째, V_x가 12Ω 양단 전압인데 8Ω 전압인 6을 쓰기 쉽다. 둘째, 시정수를 구할 때 커패시터가 보는 저항을 $5 \parallel (8 + 12)$로 보지 않으면 지수항을 틀리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

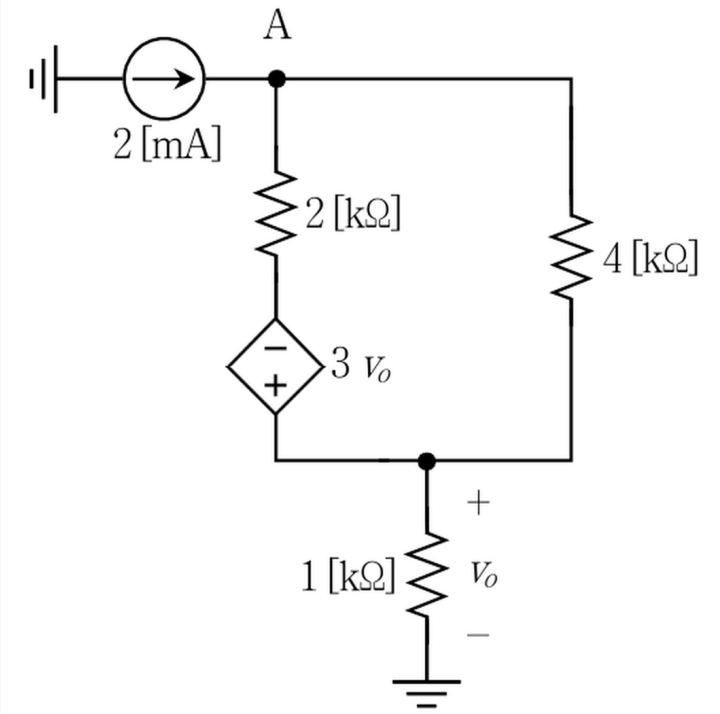
무전원 1차 RC 회로는 먼저 커패시터가 보는 R_{eq}를 구하고, 다음에 $V_c(t) = V_0 e^{-t/(R_{eq}C)}$를 만든 뒤, 마지막에 요구한 단자전압을 전압분배나 전류관계로 연결해 판단한다.

암기 포인트

무전원 RC는 $R_{eq}C$로 지수항을 만들고, 출력이 직렬 저항 일부 전압이면 마지막에 전압분배를 곱한다.

NoteBase

문 9. 다음 회로에서 A노드의 전압 V_A[V]는?



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

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 종속전압원의 극성 관계와 노드전압법을 이용해 V_A를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 독립 전류원은 $2mA$이고, 저항은 각각 $2k\Omega$, $4k\Omega$, $1k\Omega$이다.
구해야 할 값: A노드 전압 V_A이다.
주의할 조건: 아래 $1k\Omega$ 저항의 상단 전압이 V_o이므로 가운데 아래 노드 전압을 V_B라고 두면 $V_o = V_B$이다. 2kΩ 저항의 아래쪽이자 종속전압원의 − 단자가 연결된 가운데 위쪽 노드 전압을 V_C라 한다. 종속전압원은 위가 −, 아래가 +이므로 $V_B - V_C = 3V_o$이고, 따라서 $V_C = -2V_B$가 된다.

NoteBase

사용할 공식

A노드 KCL은
$\frac{V_A - V_B}{4k\Omega} + \frac{V_A - V_C}{2k\Omega} = 2mA$
이다.

종속전압원은 두 노드 V_B와 V_C 사이에 직접 걸려 있어 그 가지의 전류를 저항으로 나타낼 수 없다. 이럴 때는 전압원으로 이어진 두 노드를 하나로 묶어 초노드(supernode)를 만들고, 초노드 경계를 지나는 전류에만 KCL을 적용한다. 초노드로 들어오는 전류는 A에서 4kΩ과 2kΩ을 통해 흘러들어온 전류이고, 나가는 전류는 1kΩ을 통해 접지로 흐르는 전류이므로 초노드 KCL은
$\frac{V_A - V_B}{4k\Omega} + \frac{V_A - V_C}{2k\Omega} = \frac{V_B}{1k\Omega}$
이다.

이 공식을 쓰는 이유: 회로의 미지수는 각 노드 전압이고, 종속전압원이 두 노드 사이에 있으므로 전압 관계식과 KCL을 함께 세우는 노드해석이 가장 직접적이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 아래 노드를 V_B라 두면 $V_o = V_B$이다. 종속전압원 극성으로부터
$V_B - V_C = 3V_o = 3V_B$
이므로
$V_C = -2V_B$
이다.

2. A노드 KCL로
$\frac{V_A - V_B}{4k\Omega} + \frac{V_A - V_C}{2k\Omega} = 2mA$
를 얻는다.

3. A노드 KCL의 좌변과 초노드 KCL의 좌변은 완전히 같은 식 $\frac{V_A - V_B}{4k\Omega} + \frac{V_A - V_C}{2k\Omega}$이다. A노드 KCL에서 이 좌변은 $2mA$와 같고, 초노드 KCL에서 이 좌변은 $\frac{V_B}{1k\Omega}$와 같으므로 두 결과를 연결하면 A에서 내려온 전류가 모두 $1k\Omega$를 통해 접지로 흐른다는 뜻이 되어
$\frac{V_B}{1k\Omega} = 2mA$
이고, 따라서
$V_B = 2V$
이다. 그러면 $V_C = -4V$이다.

4. 이를 A노드 식에 대입하면
$\frac{V_A - 2}{4k\Omega} + \frac{V_A + 4}{2k\Omega} = 2mA$
이고, 양변에 $4k\Omega$를 곱하면
$V_A - 2 + 2(V_A + 4) = 8$
이다. 정리하면
$3V_A = 2$
이므로
$V_A = \frac{2}{3}V$
이다.

선지별 해설

① X: $V_A = \frac{1}{4}V$를 A노드 식에 대입하면 좌변이 $1.6875mA$가 되어 $2mA$와 맞지 않는다. 틀린 표현은 $V_A = \frac{1}{4}V$이며, 올바르게는 $V_A = \frac{2}{3}V$이다. 이 값은 종속전압원 극성을 잘못 보거나 V_C를 잘못 잡았을 때 나올 수 있다.
② X: $V_A = \frac{1}{3}V$를 대입하면 좌변이 $1.75mA$가 되어 KCL을 만족하지 않는다. 틀린 표현은 $V_A = \frac{1}{3}V$이며, 올바르게는 $V_A = \frac{2}{3}V$이다. 이 값은 $V_o = V_B$ 관계를 놓치고 일부 전류 분배만 어림잡아 계산할 때 생기기 쉽다.
③ O: 계산 결과가 정확히 $V_A = \frac{2}{3}V$이므로 옳다. $V_B = 2V$, $V_C = -4V$를 구한 뒤 A노드 KCL에 대입하면 유일하게 성립하는 값이다.
④ X: $V_A = 1V$를 대입하면 좌변이 $2.25mA$가 되어 $2mA$보다 커진다. 틀린 표현은 $V_A = 1V$이며, 올바르게는 $V_A = \frac{2}{3}V$이다. 이 값은 종속원을 무시하고 단순 저항회로처럼 처리할 때 나오기 쉽다.

NoteBase

오답 포인트

가장 큰 함정은 V_o의 기준 노드와 종속전압원의 극성을 동시에 놓치는 점이다. 이 문제에서 핵심은 $V_o = V_B$, $V_C = -2V_B$라는 관계이며, 이를 $V_C = +2V_B$나 $V_C = V_B$로 두면 전체 계산이 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

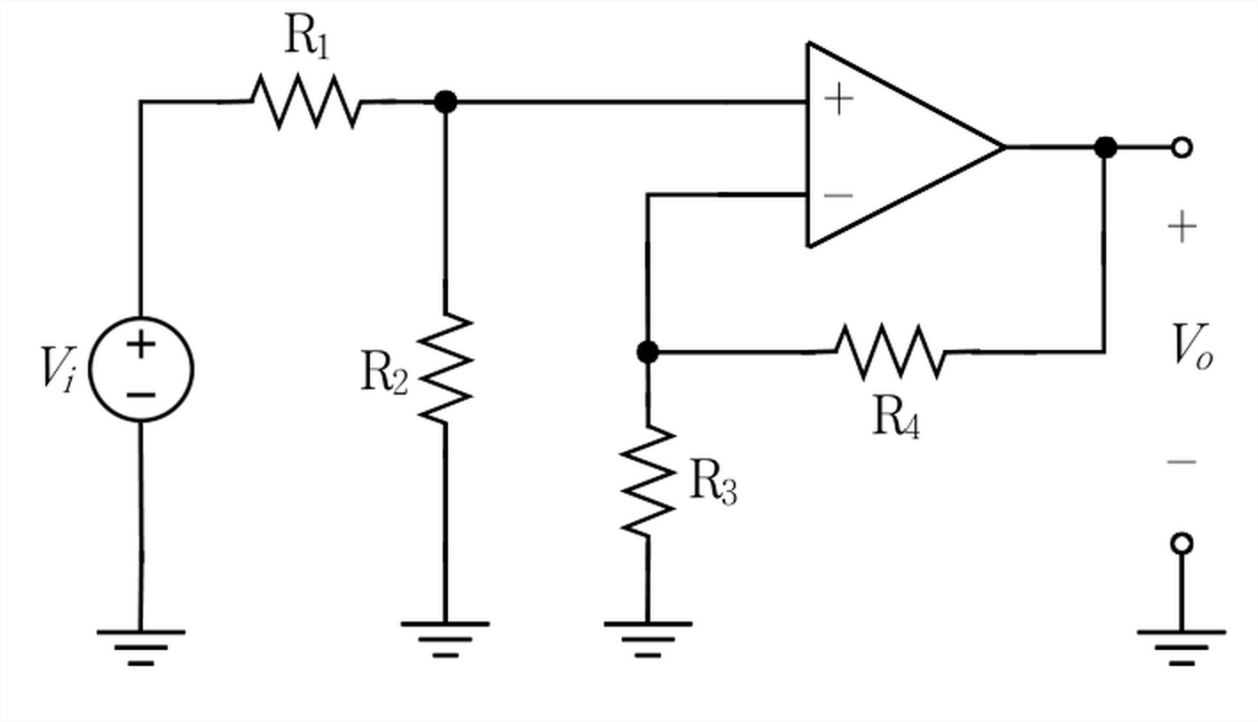
종속원이 있는 회로는 먼저 제어전압 V_o가 어느 노드 전압인지 정하고, 다음으로 종속원 극성으로 노드 간 전압 관계식을 세운 뒤, 마지막에 KCL로 미지수를 정리하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

노드해석에서 종속전압원은 KCL 하나와 전압 관계식 하나를 짝으로 묶으면 풀린다.

NoteBase

문 10. 다음 이상적인 연산증폭기 회로에서 $\frac{V_o}{V_i}$는?



① $\left(1+\frac{R_4}{R_3}\right)\left(\frac{R_1+R_2}{R_2}\right)$
② $\left(1+\frac{R_4}{R_3}\right)\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)$
③ $\left(1+\frac{R_3}{R_4}\right)\left(\frac{R_1+R_2}{R_2}\right)$
④ $\left(1+\frac{R_3}{R_4}\right)\left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 입력단의 분압과 이상적인 비반전 증폭기의 폐루프 이득을 결합해 V_o/V_i를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로는 이상적인 연산증폭기이므로 입력 전류는 0이고, 음귀환이 걸려 있어 $V_- = V_+$이다.
V_+는 R_1과 R_2의 분압 전압이고, R_4는 출력에서 음단자로 돌아가는 피드백 저항, R_3는 음단자에서 접지로 가는 저항이다.

NoteBase

사용할 공식

입력 분압은 $V_+ = V_i\frac{R_2}{R_1+R_2}$이다.
비반전 증폭기의 이득은 $\frac{V_o}{V_+} = 1+\frac{R_4}{R_3}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 양단자 입력이 +단자에 들어가고, −단자는 R_4-R_3 음귀환망으로 구성된 전형적인 비반전 증폭기이기 때문이다.

계산 과정

먼저 +단자 전압은
$V_+ = V_i\frac{R_2}{R_1+R_2}$
이다.
이상적인 비반전 증폭기이므로 출력은
$V_o = \left(1+\frac{R_4}{R_3}\right)V_+$
이다.
따라서
$V_o = \left(1+\frac{R_4}{R_3}\right)V_i\frac{R_2}{R_1+R_2}$
이므로
$\frac{V_o}{V_i} = \left(1+\frac{R_4}{R_3}\right)\frac{R_2}{R_1+R_2}$
이다.

선지별 해설

1번 X: 비반전 증폭기 이득 $1+\frac{R_4}{R_3}$는 맞지만, 입력 분압을 $\frac{R_1+R_2}{R_2}$로 뒤집어 쓴 것이 틀렸다. 올바르게는 $V_+ = V_i\frac{R_2}{R_1+R_2}$이다.
2번 O: 비반전 증폭기 이득 $1+\frac{R_4}{R_3}$와 입력 분압 $\frac{R_2}{R_1+R_2}$를 정확히 곱한 식이므로 맞다.
3번 X: 입력 분압을 $\frac{R_1+R_2}{R_2}$로 뒤집었고, 비반전 증폭기 이득도 $1+\frac{R_3}{R_4}$로 잘못 썼다. 올바르게는 $1+\frac{R_4}{R_3}$와 $\frac{R_2}{R_1+R_2}$가 곱해진다.
4번 X: 입력 분압 $\frac{R_2}{R_1+R_2}$는 맞지만, 비반전 증폭기 이득을 $1+\frac{R_3}{R_4}$로 반대로 쓴 것이 틀렸다. 올바르게는 피드백 저항이 R_4, 접지 저항이 R_3이므로 $1+\frac{R_4}{R_3}$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 두 비율을 동시에 혼동하게 만드는 데 있다. 분압은 항상 아래쪽 저항 대 전체 저항 비로 잡아야 하고, 비반전 증폭기 이득은 항상 $1+\frac{R_f}{R_g}$ 형태이므로 피드백 저항 R_4와 접지 저항 R_3의 위치를 바꾸면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 회로는 먼저 +단자에 직접 들어가는 전압이 분압인지 원전압인지 확인하고, 다음에 −단자 저항망이 비반전 증폭기인지 판별한 뒤, 마지막에 입력 전압식과 폐루프 이득을 곱해 V_o/V_i를 정리하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

비반전 증폭기 이득은 $1 + \frac{R_f}{R_g}$, 분압 전압은 아래 저항 나누기 전체 저항이라는 두 규칙을 함께 적용하는 문제이다.

NoteBase

문 11. $e^{-3t}\sin(3t)u(t)$**의 라플라스 변환은? (단,** $u(t)$**는 단위계단함수이다)**

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

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 $\mathcal{L}\{\sin(3t)\}=\frac{3}{s^2+3^2}$와 지수이동정리 $\mathcal{L}\{e^{-at}f(t)u(t)\}=F(s+a)$를 적용해 라플라스 변환을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 함수는 $e^{-3t}\sin(3t)u(t)$이다.
구해야 할 값은 이 함수의 라플라스 변환이다.
$u(t)$가 있으므로 $t\geq 0$에서의 표준 라플라스 변환식을 그대로 적용할 수 있다.

사용할 공식

$\mathcal{L}\{\sin(\omega t)\}=\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$, $\mathcal{L}\{e^{-at}f(t)u(t)\}=F(s+a)$이다.
이 문제에서는 먼저 $f(t)=\sin(3t)$의 변환을 구한 뒤, e^{-3t} 때문에 s를 $s+3$으로 치환하면 된다.

계산 과정

먼저 $\mathcal{L}\{\sin(3t)\}=\frac{3}{s^2+3^2}$이다.
여기에 지수이동정리를 적용하면 $s\to s+3$이므로
$\mathcal{L}\{e^{-3t}\sin(3t)u(t)\}=\frac{3}{(s+3)^2+3^2}$
가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
분모가 $(s+3)+3^2$로 되어 있어 $(s+3)$에 제곱이 빠졌다. 라플라스 변환의 기본형은 $s^2+\omega^2$이므로 올바르게는 $(s+3)^2+3^2$가 되어야 한다.

② O
$\sin(3t)$의 변환 $\frac{3}{s^2+3^2}$에 대해 지수이동 $s \to s+3$을 정확히 적용한 식이다.

③ X
분자가 s로 되어 있는데, 이는 sin이 아니라 cos 계열에서 나오는 형태이다. 올바르게는 분자가 3이어야 하므로 $\frac{3}{(s+3)^2+3^2}$가 맞다.

④ X
분자가 $s+3$인 형태도 $e^{-3t}\cos(3t)u(t)$의 라플라스 변환에 해당한다. $\sin(3t)$는 분자가 각주파수 3이므로 올바르게는 $\frac{3}{(s+3)^2+3^2}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, 지수이동정리에서 전체 s를 $s+3$으로 바꾸어야 하는데 분모의 제곱 구조를 깨뜨리면 ①처럼 틀린다. 둘째, sin과 cos의 라플라스 변환 분자를 혼동하면 ③, ④처럼 잘못 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

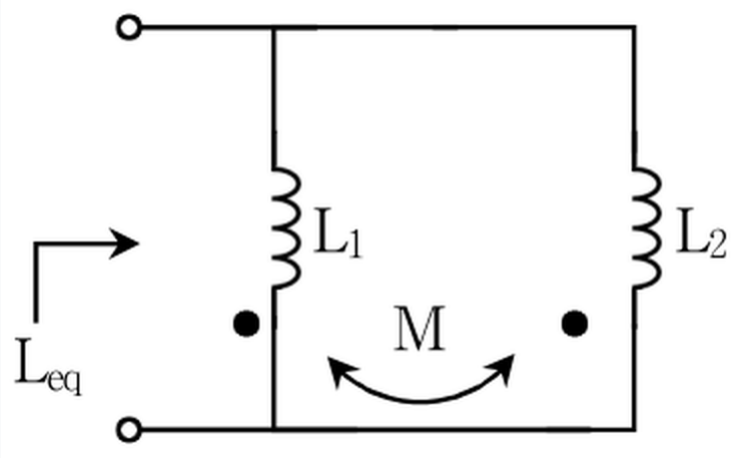
지수함수가 곱해진 라플라스 변환 문제는 먼저 원래 함수의 기본 변환식을 쓴 뒤, 마지막에 $s \to s+a$ 치환만 적용하는 순서로 판단하면 된다. 그다음 분자가 sin이면 상수 ω, cos이면 s 또는 이동 후 $s+a$인지 확인하면 된다.

암기 포인트

sin은 $\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$, cos는 $\frac{s}{s^2+\omega^2}$이고, e^{-at}가 붙으면 마지막에 $s \to s+a$를 적용한다.

NoteBase

문 12. 다음 유도결합회로에서 등가 인덕턴스 L_{eq}는? (단, L_1과 L_2는 자기 인덕턴스이고, M은 상호 인덕턴스이다)



① $\frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - M}$
② $\frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$
③ $\frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + M}$
④ $\frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 점표시가 같은 쪽에 있는 두 유도결합 인덕터의 병렬 접속에서 상호 인덕턴스의 부호를 반영하여 등가 인덕턴스 L_{eq}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 자기 인덕턴스 L_1, L_2, 상호 인덕턴스 M이다.
구해야 할 값: 병렬 유도결합회로의 등가 인덕턴스 L_{eq}이다.
주의할 조건: 두 코일의 점표시가 모두 아래쪽에 있고 두 코일이 병렬이므로 각 코일 전압은 같으며, 위에서 아래로 잡은 전류는 모두 무점단자에서 점단자로 흐른다. 따라서 상호항이 두 식에 모두 $+M$으로 들어가고 최종 분모에는 $-2M$가 반영된다.

NoteBase

사용할 공식

병렬 유도결합 인덕터에서 각 코일 전압을 같게 두면

$v = L_1\frac{di_1}{dt} + M\frac{di_2}{dt}$

$v = M\frac{di_1}{dt} + L_2\frac{di_2}{dt}$

이고 전체 전류는 $i = i_1 + i_2$이다.

이 공식을 쓰는 이유는 이 회로가 두 인덕터의 병렬 결합이므로 각 가지 전압이 동일하고, 점표시에 따라 상호 유도 전압의 부호를 먼저 정한 뒤 두 가지 전류의 합으로 등가 인덕턴스를 정의해야 하기 때문이다.

계산 과정

두 식을 더하면

$2v = (L_1 + M)\frac{di_1}{dt} + (L_2 + M)\frac{di_2}{dt}$

이지만 등가 인덕턴스를 바로 구하려면 연립방정식을 푸는 편이 정확하다.

연립하면

$\frac{di_1}{dt} = \frac{L_2 - M}{L_1L_2 - M^2}v, \qquad \frac{di_2}{dt} = \frac{L_1 - M}{L_1L_2 - M^2}v$

이므로

$\frac{di}{dt} = \frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt} = \frac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1L_2 - M^2}v$

이다.

따라서

$L_{eq} = \frac{v}{di/dt} = \frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$

이 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
계산 결과의 분모는 $L_1 + L_2 - 2M$이어야 하므로 틀리다. 이 식은 상호 인덕턴스 항이 두 코일 식에 각각 한 번씩 들어간다는 점을 놓치고 M을 한 번만 반영한 값이다. 틀린 표현은 분모의 $L_1 + L_2 - M$이고, 올바르게는 $L_1 + L_2 - 2M$이다.

② O
병렬 유도결합회로의 등가 인덕턴스는 $\frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$가 되므로 옳다. 점표시 방향과 전류 기준을 함께 보면 상호항이 두 번 반영되어 분모에 $-2M$가 생긴다.

③ X
분모 부호가 반대로 들어가 있어 틀리다. 이 식은 현재 전류 기준을 무시하고 가극성 결합처럼 $+M$을 넣은 값이다. 틀린 표현은 분모의 $L_1 + L_2 + M$이고, 올바르게는 $L_1 + L_2 - 2M$이다.

④ X
분모의 부호와 계수가 모두 틀리다. 이 식은 두 전류가 점단자로 들어가는 경우처럼 잘못 가정하여 상호항을 $+2M$으로 처리한 값이다. 틀린 표현은 분모의 $L_1 + L_2 + 2M$이고, 올바르게는 $L_1 + L_2 - 2M$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 점표시만 보고 무조건 $+2M$ 또는 $-2M$를 외워 대입하는 데 있다. 실제로는 전류 기준을 어느 단자에서 어느 단자로 잡았는지까지 함께 봐야 한다. 특히 ①은 상호항을 한 번만 반영한 실수이고, ③·④는 상호항의 부호를 반대로 본 실수라는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

유도결합 병렬회로는 먼저 각 코일 전류 방향을 정하고 그 전류가 점단자로 들어가는지 나오는지를 확인한다. 그다음 두 코일의 전압식을 동시에 세우고 $i = i_1 + i_2$를 이용해 $L_{eq} = v/(di/dt)$로 정리하면 부호 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

유도결합 병렬회로는 점표시만 보지 않고 전류 기준까지 본 뒤 전압 연립식으로 정리하면 분모의 $2M$ 부호가 결정된다.

NoteBase

문 13. 라플라스 함수 $F(s)=\frac{-(s+3)}{s^2+3s+2}$에 대하여 $f(t)$는? (단, $u(t)$는 단위계단함수이다)

① $(e^{-2t}-2e^{-t})u(t)$

② $(e^{-2t}+2e^{-t})u(t)$

③ $(2e^{t}-e^{2t})u(t)$

④ $(2e^{t}+e^{2t})u(t)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 라플라스 함수 $F(s)$를 부분분수로 분해한 뒤 역라플라스 변환하여 $f(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $F(s)=\frac{-(s+3)}{s^2+3s+2}$이다.
구해야 할 값: 역라플라스 변환 $f(t)$이다.
주의할 조건: $s^2+3s+2=(s+1)(s+2)$로 인수분해한 뒤 $\frac{1}{s+a}\leftrightarrow e^{-at}u(t)$를 적용해야 한다.

사용할 공식

$\frac{-(s+3)}{(s+1)(s+2)}=\frac{A}{s+1}+\frac{B}{s+2}$
$\mathcal{L}^{-1}\{\frac{1}{s+a}\}=e^{-at}u(t)$
이 공식을 쓰는 이유: 분모가 일차식 $(s+1)$, $(s+2)$의 곱으로 분해되므로 부분분수 분해 후 각 항을 바로 역라플라스 변환할 수 있다.

계산 과정

1. 분모를 인수분해하면 $s^2+3s+2=(s+1)(s+2)$이다.
2. $\frac{-(s+3)}{(s+1)(s+2)}=\frac{A}{s+1}+\frac{B}{s+2}$로 두면
$A(s+2)+B(s+1)=-(s+3)$
이다.
3. 계수를 비교하면
$A+B=-1,\quad 2A+B=-3$
이므로 $A=-2, B=1$이다.
4. 따라서
$F(s)=\frac{-2}{s+1}+\frac{1}{s+2}$
이고 역라플라스 변환하면
$f(t)=(e^{-2t}-2e^{-t})u(t)$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
$\frac{1}{s+2} \leftrightarrow e^{-2t}u(t)$, $\frac{-2}{s+1} \leftrightarrow -2e^{-t}u(t)$이므로 $(e^{-2t} - 2e^{-t})u(t)$가 맞다.

② X
틀린 표현은 "+2e^-t"이다. 부분분수 계수는 $A = -2$이므로 올바르게는 "-2e^-t"이어야 한다. 즉 올바른 식은 $(e^{-2t} - 2e^{-t})u(t)$이다.

③ X
틀린 표현은 "e^t, e^{2t}"처럼 지수 부호가 양수인 부분이다. $\frac{1}{s+a}$의 역라플라스는 $e^{-at}u(t)$이므로 지수는 음수가 되어야 한다. 올바르게는 $(e^{-2t} - 2e^{-t})u(t)$이다.

④ X
틀린 표현은 "2e^t+e^2t" 전체이다. 지수 부호가 모두 잘못되었고, $\frac{-2}{s+1}$에서 나온 계수의 부호도 음수여야 한다. 올바르게는 $(e^{-2t} - 2e^{-t})u(t)$이다.

오답 포인트

부분분수 계수의 부호와 역라플라스에서 지수의 부호를 함께 혼동하기 쉽다. 특히 $\frac{1}{s+a}$를 e^{at}로 잘못 바꾸거나, 계수 비교에서 $A = -2$를 $+2$로 착각하면 ②, ③, ④와 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

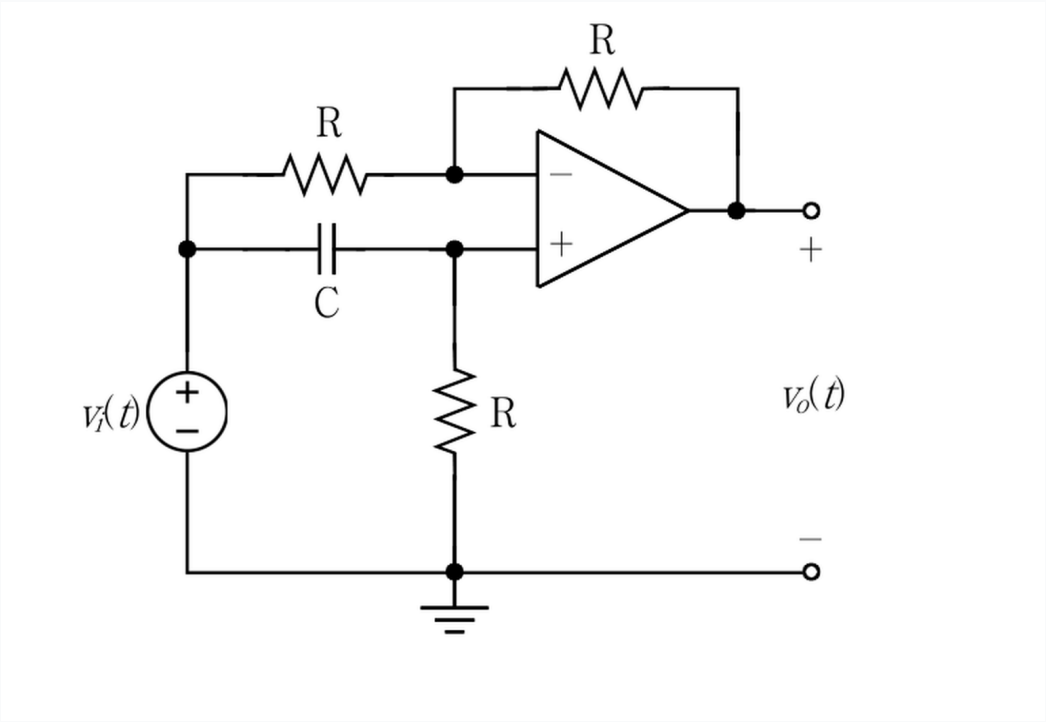
라플라스 역변환형은 먼저 분모를 인수분해하고, 다음에 부분분수 계수를 구한 뒤, 마지막으로 $\frac{1}{s+a} \leftrightarrow e^{-at}u(t)$를 적용하는 순서로 판단한다. 극점이 -1, -2이면 시간영역 지수는 반드시 e^{-t}, e^{-2t} 꼴이 된다.

암기 포인트

$\frac{1}{s+a}$는 $e^{-at}u(t)$로 바뀌며, 분모의 $+a$는 시간영역에서 지수의 음수 부호로 나타난다.

NoteBase

문 14. 다음 이상적인 연산증폭기 회로의 전달함수 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는?



① $\frac{s+\frac{1}{RC}}{-s+\frac{1}{RC}}$
② $\frac{s+\frac{1}{RC}}{s-\frac{1}{RC}}$
③ $\frac{-s+\frac{1}{RC}}{s+\frac{1}{RC}}$
④ $\frac{s-\frac{1}{RC}}{s+\frac{1}{RC}}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기에서 $V_+ = V_-$를 이용하고, 비반전단의 RC 회로를 고역통과 분압으로 해석하여 전달함수 $H(s)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 이상적 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고 $V_+ = V_-$이다.
- 비반전단은 입력 V_i에서 커패시터 C를 거쳐 들어오고 저항 R로 접지되므로 1차 고역통과 회로이다.
- 반전단은 입력 V_i와 출력 V_o가 각각 저항 R로 연결된 노드이다.

NoteBase

사용할 공식

$V_+ = \frac{R}{R+\frac{1}{sC}} V_i = \frac{sRC}{1+sRC} V_i$

$\frac{V_- - V_i}{R} + \frac{V_- - V_o}{R} = 0 \Rightarrow V_o = 2V_- - V_i$

이 공식을 쓰는 이유는 비반전단이 C-R 직렬 분압으로 이루어진 고역통과 회로이고, 반전단은 입력전류가 0인 상태에서 두 저항에 대한 KCL로 바로 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. 비반전단 전압은 $V_+ = \frac{sRC}{1+sRC} V_i$이다.
2. 이상적 연산증폭기이므로 $V_- = V_+ = \frac{sRC}{1+sRC} V_i$이다.
3. 반전단 KCL에서 $V_o = 2V_- - V_i$이므로

$V_o = 2 \cdot \frac{sRC}{1+sRC} V_i - V_i = \frac{2sRC - (1+sRC)}{1+sRC} V_i = \frac{sRC-1}{sRC+1} V_i$

4. 따라서

$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{sRC-1}{sRC+1} = \frac{s-\frac{1}{RC}}{s+\frac{1}{RC}}$

이다.

선지별 해설

① X: $\frac{s+\frac{1}{RC}}{-s+\frac{1}{RC}}$는 분자와 분모의 부호가 모두 실제 결과와 맞지 않는다. 실제 전달함수는 분자에 $s-\frac{1}{RC}$, 분모에 $s+\frac{1}{RC}$가 와야 한다. 틀린 표현은 "분자 $s+\frac{1}{RC}$, 분모 $-s+\frac{1}{RC}$"이고, 올바르게는 "분자 $s-\frac{1}{RC}$, 분모 $s+\frac{1}{RC}$"이다.

② X: $\frac{s+\frac{1}{RC}}{s-\frac{1}{RC}}$는 극점이 $s=\frac{1}{RC}$인 우반평면에 생기는 꼴인데, 실제 비반전단 RC 회로의 분모는 $1+sRC$이므로 극점은 $s=-\frac{1}{RC}$이다. 틀린 표현은 "분모 $s-\frac{1}{RC}$"이고, 올바르게는 "분모 $s+\frac{1}{RC}$"이다. 분자도 실제로는 $s+\frac{1}{RC}$가 아니라 $s-\frac{1}{RC}$이다.

③ X: $\frac{-s+\frac{1}{RC}}{s+\frac{1}{RC}}$는 분모는 맞지만 분자가 실제 결과의 부호와 반대이다. 반전단 KCL을 쓰면 $V_o = 2V_+ - V_i$가 되어 분자는 $sRC-1$이므로 $s-\frac{1}{RC}$가 된다. 틀린 표현은 "분자 $-s+\frac{1}{RC}$"이고, 올바르게는 "분자 $s-\frac{1}{RC}$"이다.

④ O: $H(s) = \frac{sRC-1}{sRC+1} = \frac{s-\frac{1}{RC}}{s+\frac{1}{RC}}$로 유도되므로 맞는 선지이다.

오답 포인트

비반전단의 C-R 연결을 저역통과로 착각하면 분모와 분자의 부호가 함께 뒤집힌다. 또 반전단에서 단순 반전증폭기처럼 생각하면 $V_o = 2V_- - V_i$ 관계를 놓쳐 ③ 같은 전체 부호 오답이 나오기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

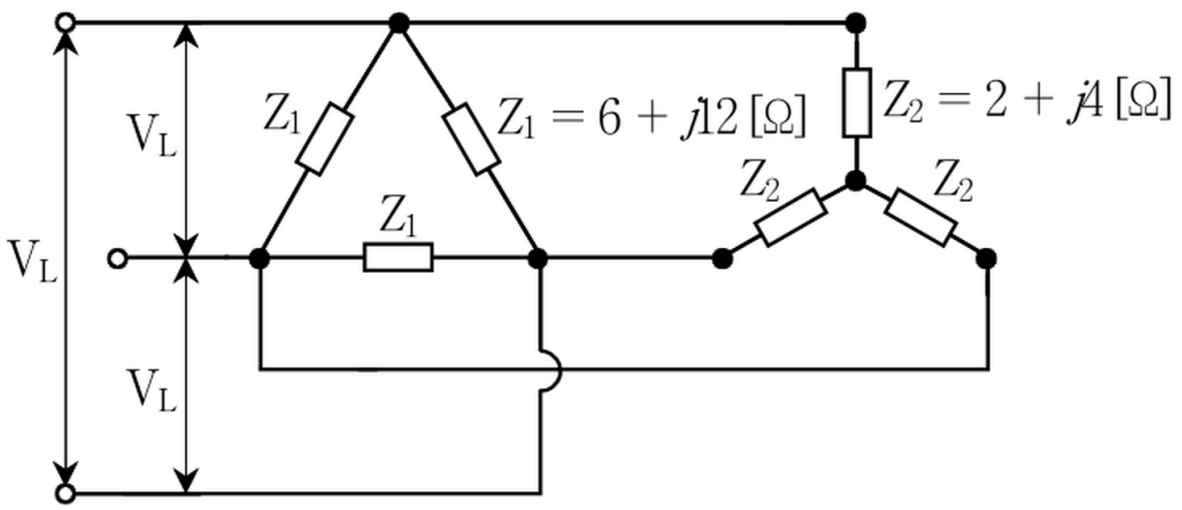
이상적 연산증폭기 전달함수 문제는 먼저 $V_+ = V_-$를 놓고, 입력이 걸린 수동소자망에서 V_+를 구한 뒤, 반전단 KCL로 V_o를 정리하면 된다. 마지막에는 분모가 $1+sRC$인지 확인하여 극점 부호를 검산하면 된다.

암기 포인트

비반전단 C-R 직렬 입력, R 접지는 $\frac{sRC}{1+sRC}$인 고역통과이고, 이 회로의 최종 전달함수는 $\frac{sRC-1}{sRC+1}$이다.

NoteBase

문 15. 다음 회로에서 Δ결선된 평형 3상 부하와 Y결선된 평형 3상 부하에 평형 3상 전압이 인가될 때, 전체 부하가 소비하는 총 3상 유효전력[W]은? (단, 선간전압 V_L는 $100\sqrt{3}[V]$이다)



① $1200\sqrt{3}$

② $1200\sqrt{5}$

③ 3600

④ 6000

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Δ결선 부하와 Y결선 부하의 상전압을 각각 구분한 뒤, 각 부하의 3상 유효전력을 합산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: $V_L = 100\sqrt{3}V, Z_1 = 6 + j12\Omega, Z_2 = 2 + j4\Omega$이다.
Δ결선 부하의 상전압은 $V_{\phi 1} = V_L = 100\sqrt{3}V$이다.
Y결선 부하의 상전압은 $V_{\phi 2} = V_L/\sqrt{3} = 100V$이다.
구해야 할 값은 두 부하가 함께 소비하는 총 3상 유효전력이다.

사용할 공식

평형 3상 부하의 유효전력은 $P = 3V_{\phi}^2 \frac{R}{R^2 + X^2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 각 부하의 임피던스가 $R + jX$ 꼴로 주어졌고, 유효전력은 상전압 제곱에 컨덕턴스 성분 $R/(R^2 + X^2)$을 곱해 구할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. Δ결선 부하에서 $|Z_1|^2 = 6^2 + 12^2 = 180$이므로
$P_\Delta = 3 \times (100\sqrt{3})^2 \times \frac{6}{180} = 3 \times 30000 \times \frac{1}{30} = 3000$
2. Y결선 부하에서 $|Z_2|^2 = 2^2 + 4^2 = 20$이므로
$P_Y = 3 \times 100^2 \times \frac{2}{20} = 3 \times 1000 = 3000$
3. 전체 유효전력은
$P_{\text{total}} = P_\Delta + P_Y = 3000 + 3000 = 6000$
이다.

선지 판단

1번 X: 총 3상 유효전력은 $1200\sqrt{3}$이 아니라 6000이다. Δ부하와 Y부하의 전력을 각각 계산해 더해야 하므로 이 값은 조건을 모두 반영하지 못한 오답이다. 올바르게는 총 유효전력은 6000이다.
2번 X: 총 3상 유효전력은 $1200\sqrt{5}$이 아니라 6000이다. 임피던스의 크기 $|Z|$만으로 전력을 잡으면 안 되고, 유효전력은 저항성분 R이 따로 들어가야 한다. 올바르게는 총 유효전력은 6000이다.
3번 X: 총 3상 유효전력은 3600이 아니라 6000이다. Δ와 Y의 상전압이 서로 다르다는 점을 놓치거나 한쪽 부하 전력을 누락하면 이런 오답이 나온다. 올바르게는 두 부하의 전력을 모두 합한 6000이다.
4번 O: Δ부하 3000과 Y부하 3000을 합하면 총 6000이므로 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 Δ결선은 상전압이 선간전압과 같고, Y결선은 상전압이 선간전압의 $1/\sqrt{3}$배라는 점을 섞어 쓰는 것이다. 또 유효전력을 구하면서 $|Z|$만 보고 저항성분 R을 빼먹으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

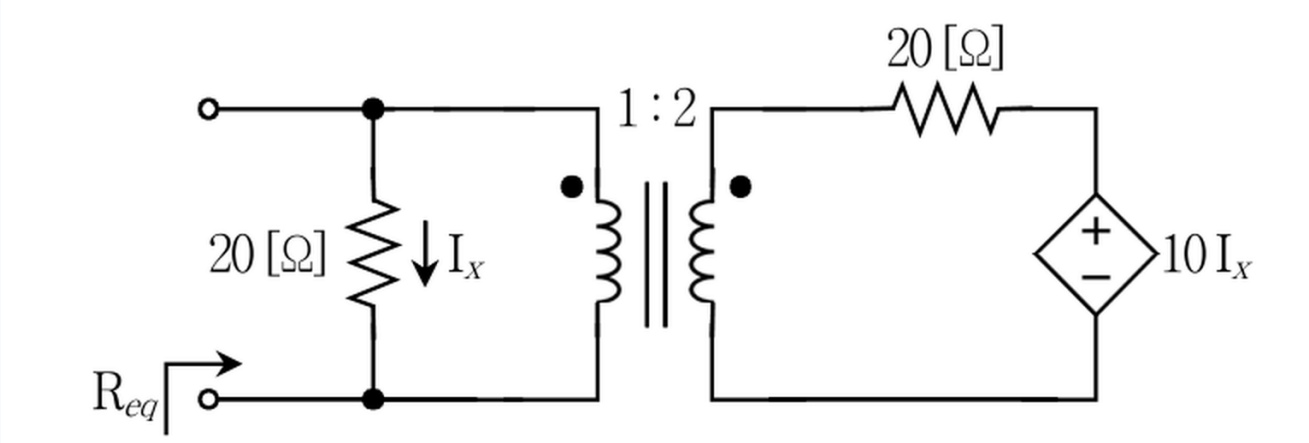
3상 복합부하는 먼저 결선별 상전압을 정리하고, 각 부하에 대해 $P = 3V_\phi^2 R/|Z|^2$로 유효전력을 구한 뒤 마지막에 합산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

Δ는 $V_\phi = V_L$, Y는 $V_\phi = V_L/\sqrt{3}$이며, 유효전력은 $|Z|$가 아니라 저항성분 R까지 들어가야 한다.

NoteBase

문 16. 다음 회로의 등가 저항 $R_{eq}[\Omega]$는? (단, 변압기는 이상적이며, 1 : 2는 1차와 2차 코일 권선수비이다)



① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상변압기의 권수비와 점표기, 그리고 종속전원을 함께 반영하여 1차측에서 본 등가저항을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 1차 단자전압을 V라 두면 왼쪽 20Ω 저항 전류는 $I_x = V/20$이다.
- 권수비가 1차:2차 = 1 : 2이므로 2차 권선 전압은 $v_2 = 2V$이다.
- 2차측의 20Ω 저항과 종속전원 $10I_x$는 직렬로 걸려 있다.

사용할 공식

이상변압기에서는 $v_2/v_1 = N_2/N_1 = 2$, $N_1 i_1 + N_2 i_2 = 0$가 성립한다.
이 공식을 쓰는 이유는 2차측 직렬회로의 전압과 전류를 1차측 입력전류로 연결해야 $R_{eq} = V/I$를 계산할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 1차 단자전압을 V라 두면 $I_x = V/20$이다.
2. 2차측 직렬회로 전류를 위에서 아래로 i_L라 두면, 2차 권선 전압이 $2V$이므로 $2V = 20i_L + 10I_x$이다. 따라서 $i_L = (2V - 10I_x)/20$이다.
3. 2차 권선전류 i_2는 위 직렬전류와 반대방향이므로 $i_2 = -i_L$이다. 이상변압기 전류비에서 $i_1 = -2i_2 = 2i_L$이므로 $i_1 = (2V - 10I_x)/10$이다.
4. $I_x = V/20$를 대입하면 $i_1 = (2V - V/2)/10 = 3V/20$이다.
5. 입력전류는 $I = I_x + i_1 = V/20 + 3V/20 = V/5$이므로 $R_{eq} = V/I = 5\Omega$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 등가저항은 5Ω이므로 2Ω는 될 수 없다. 틀린 표현은 '등가저항이 2Ω이다'이며, 올바르게는 '등가저항이 5Ω이다'이다. 종속전압과 변압기 전류비를 함께 반영하지 않으면 지나치게 작은 값이 나온다.
② X: 계산 결과와 맞지 않으므로 틀리다. 틀린 표현은 '등가저항이 3Ω이다'이며, 올바르게는 '등가저항이 5Ω이다'이다. 2차측 전압만 보고 1차측 전체 입력전류를 끝까지 합산하지 않으면 이런 오답이 나온다.
③ X: 계산 결과와 맞지 않으므로 틀리다. 틀린 표현은 '등가저항이 4Ω이다'이며, 올바르게는 '등가저항이 5Ω이다'이다. 마지막에 입력전류 $I = I_x + i_1$를 정확히 더하지 않으면 근접한 오답이 나온다.
④ O: $R_{eq} = 5\Omega$이므로 옳다. 왼쪽 저항 전류 I_x와 변압기 1차 권선전류 i_1를 모두 더한 입력전류가 $V/5$가 되어 정답이 된다.

오답 포인트

점표기를 보고 전류 방향 부호를 잘못 잡거나, 2차측 전류를 1차측으로 환산한 뒤에도 왼쪽 20Ω 저항 전류 I_x를 별도로 더해야 한다는 점을 놓치기 쉽다. 이 문항의 핵심 함정은 변압기 가지 전류만으로 전체 입력전류를 착각하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

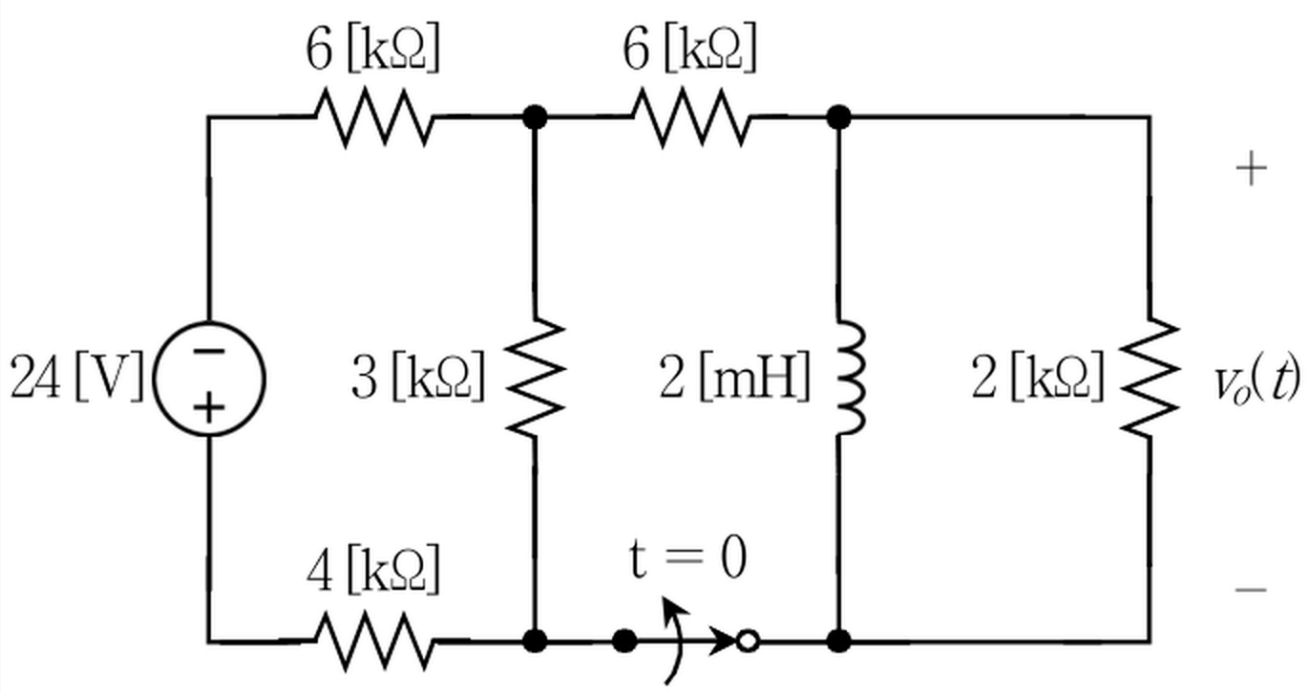
이상변압기 등가저항 문제는 먼저 1차 전압을 V로 두고 독립된 저항 전류를 표시한 뒤, 권수비로 2차 전압을 정하고, 2차 회로 전류를 구해 1차 전류로 환산한 다음, 마지막에 실제 입력전류를 모두 합산하여 $R_{eq} = V/I$로 마무리하면 된다.

암기 포인트

이상변압기 입력저항은 권수비만 보지 않고, 종속원 영향과 병렬 가지의 실제 입력전류 합까지 본다.

NoteBase

문 17. 다음 회로는 $t<0$에서 정상상태에 도달하였다. $t=0$인 순간에 스위치가 개방(open)되었을 때, 저항 2[kΩ]에 걸리는 전압 $V_o(0^+)$ [V]는?



① $-\frac{3}{5}$
② $-\frac{7}{6}$
③ $\frac{4}{3}$
④ $\frac{5}{7}$

정답 3번

출제 포인트

정상상태의 인덕터를 단락으로 바꾸어 $t=0^-$의 인덕터 전류를 구하고, 인덕터 전류 연속조건으로 $t=0^+$의 v_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 $24V$, 저항 $6k\Omega$, $3k\Omega$, $6k\Omega$, $4k\Omega$, $2k\Omega$, 인덕터 $2mH$이다.
구해야 할 값: 스위치 개방 직후 $t=0^+$에서 $2k\Omega$ 저항 양단 전압 $v_o(0^+)$이다.
주의할 조건: $t<0$ 정상상태에서는 인덕터가 단락이고, $t=0^+$에서도 인덕터 전류는 순간적으로 변하지 않는다.
스위치가 열리면 오른쪽 아래 노드는 떠 있으므로 오른쪽 위 $6k\Omega$에는 외부로 흐르는 전류가 없다.

NoteBase

사용할 공식

정상상태 인덕터: $v_L = 0$이므로 단락으로 본다.
인덕터 전류 연속조건: $i_L(0^+) = i_L(0^-)$이다.
저항 전압: $v_o = i_R \times 2k\Omega$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 이 문항은 스위치 동작 직전에는 직류 정상상태이고, 직후 값은 저장에너지 소자인 인덕터의 전류 연속성으로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. $t < 0$ 정상상태에서 인덕터를 단락으로 보면 가운데의 $3k\Omega$와 오른쪽 위 $6k\Omega$가 병렬이므로 등가저항은 $3 \parallel 6 = 2k\Omega$이다.
2. 전체 저항은 $6 + 2 + 4 = 12k\Omega$이므로 전원전류의 크기는 $24/12k\Omega = 2mA$이다.
3. 병렬부 양단전압의 크기는 $2mA \times 2k\Omega = 4V$이다. 따라서 오른쪽 위 $6k\Omega$ 전류의 크기는 $4/6k\Omega = 2/3mA$이다.
4. 이 전류가 곧 인덕터 전류의 크기이므로 $i_L(0^-) = i_L(0^+) = 2/3mA$이다. 방향은 아래 노드에서 위 노드로 흐른다.
5. 스위치가 열리면 오른쪽 부분은 인덕터와 $2k\Omega$만으로 닫힌 회로를 이루므로 KCL에 의해 $2k\Omega$ 전류는 위에서 아래로 $2/3mA$가 된다.
6. 따라서 $v_o(0^+) = 2k\Omega \times 2/3mA = 4/3V$이다.

선지 판단

① X
$-3/5V$는 인덕터 전류의 부호를 반대로 두거나 개방 직후 저항 전류 방향을 잘못 본 값이다. 올바르게는 $v_o(0^+) = 4/3V$이다.
② X
$-7/6V$는 $t = 0^-$의 인덕터 전류 크기 또는 부호를 잘못 계산한 값이다. 올바르게는 $v_o(0^+) = 4/3V$이다.
③ O
인덕터 전류는 $t = 0^+$에서도 $2/3mA$를 유지하고, 이 전류가 $2k\Omega$에 위에서 아래로 흘러 $v_o(0^+) = 4/3V$가 된다.
④ X
$5/7V$는 스위치 개방 후 회로를 직렬이나 분압회로처럼 잘못 단순화한 값이다. 오른쪽은 인덕터 전류 연속조건으로 바로 풀어야 하며 올바르게는 $4/3V$이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 두 가지이다. 첫째, $t<0$ 정상상태의 인덕터를 개방으로 착각하는 실수이다. 직류 정상상태 인덕터는 단락이다. 둘째, 스위치가 열린 뒤에도 왼쪽 회로와 오른쪽 회로가 계속 전류를 주고받는다고 보는 실수이다. 오른쪽 아래 노드가 떠 있으므로 외부와 주고받는 전류는 0이고, 인덕터 전류가 $2k\Omega$로 되돌아가면서 v_o가 정해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

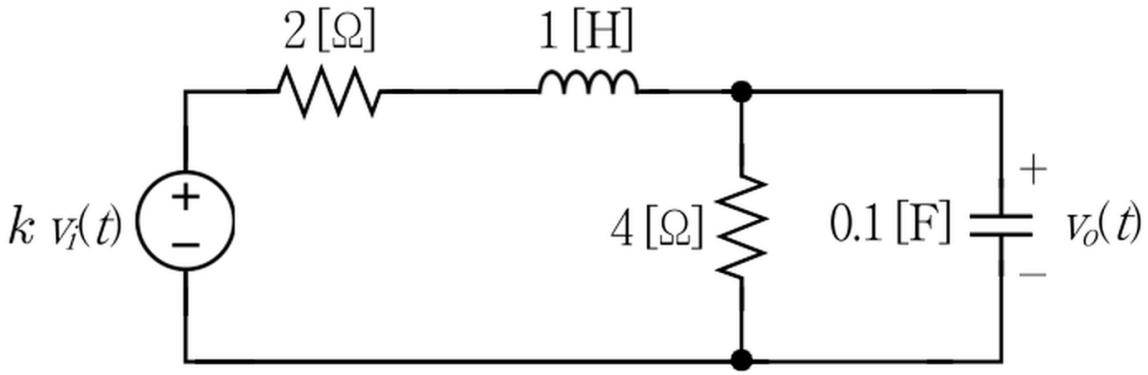
스위치가 있는 RL 과도문제는 먼저 $t<0$ 정상상태 등가회로를 그려 $i_L(0^-)$를 구한 뒤, $i_L(0^+)=i_L(0^-)$를 적용한다. 그 다음 스위치 직후에 실제로 닫혀 있는 경로만 남겨 KCL과 옴의 법칙으로 전압을 정한다.

암기 포인트

직류 정상상태 인덕터는 단락이고, 스위치 직후 인덕터 전류는 그대로 이어진다. 이 두 문장으로 $i_L(0^-)\rightarrow i_L(0^+)\rightarrow v_o(0^+)$를 연결한다.

NoteBase

문 18. 다음 회로에서 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는? (단, 모든 초기 조건은 0이다)



① $\frac{10k}{s^2+4.5s+15}$
② $\frac{10k}{s^2+9s+30}$
③ $\frac{20k}{s^2+4.5s+15}$
④ $\frac{20k}{s^2+9s+30}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직렬 R-L과 병렬 R-C 회로의 임피던스를 라플라스 영역에서 구한 뒤 전압분배법칙으로 $H(s)=V_o(s)/V_i(s)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 직렬 가지가 2Ω 저항과 $1H$ 인덕터이므로 $Z_s=2+s$이고, 출력 가지는 4Ω 저항과 $0.1F$ 커패시터의 병렬회로이므로 $Z_p=4\parallel\frac{1}{0.1s}$이다.
구해야 할 값은 $H(s)=V_o(s)/V_i(s)$이다.
주의할 조건은 전압원이 $V_i(s)$가 아니라 $kV_i(s)$이므로 마지막에 k가 곱해진다는 점이다.

사용할 공식

사용할 공식은 병렬 임피던스 공식과 전압분배법칙이다.
$Z_p=\frac{Z_RZ_C}{Z_R+Z_C}$, $V_o(s)=kV_i(s)\cdot\frac{Z_p}{Z_s+Z_p}$
이 회로에서 출력전압은 오른쪽 병렬 가지 양단 전압이므로, 먼저 병렬 임피던스를 하나의 등가 임피던스로 바꾼 뒤 전체 직렬회로의 전압분배로 처리할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 커패시터 임피던스는 $Z_C = \frac{1}{0.1s} = \frac{10}{s}$이다.
2. 출력 가지의 병렬 임피던스는
$Z_p = 4 \parallel \frac{10}{s} = \frac{4 \cdot \frac{10}{s}}{4 + \frac{10}{s}} = \frac{40}{4s + 10} = \frac{20}{2s + 5}$
이다.
3. 따라서 전달함수는
$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = k \cdot \frac{Z_p}{Z_s + Z_p} = k \cdot \frac{\frac{20}{2s+5}}{(s+2) + \frac{20}{2s+5}} = k \cdot \frac{20}{(s+2)(2s+5) + 20} = k \cdot \frac{20}{2s^2 + 9s + 30} = \frac{10k}{s^2 + 4.5s + 15}$
이다.

선지별 해설

① O
$H(s) = \frac{10k}{s^2 + 4.5s + 15}$로 계산되므로 옳다.

② X
분모의 $9s$와 30이 잘못되었다. 올바르게는 $4.5s$와 15이다. $\frac{20k}{2s^2 + 9s + 30}$를 monic 다항식으로 정리할 때 분모 전체를 2로 나누어야 하므로 이 선지는 계수를 2배 크게 남겨 둔 식이다.

③ X
분자 $20k$가 잘못되었다. 올바르게는 $10k$이다. $\frac{20k}{2s^2 + 9s + 30}$를 $\frac{10k}{s^2 + 4.5s + 15}$로 정리할 때 분자도 함께 2로 나누어야 한다.

④ X
분자 $20k$와 분모 $s^2 + 9s + 30$가 모두 잘못되었다. 올바르게는 $\frac{10k}{s^2 + 4.5s + 15}$이다. 이 식은 ②의 분모 오정리와 ③의 분자 오정리를 동시에 포함한 경우이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 두 가지이다. 첫째, 병렬 임피던스 $4 \parallel \frac{10}{s}$를 정리한 뒤 전달함수를 $\frac{20k}{2s^2 + 9s + 30}$까지 구해 놓고 monic 형식으로 바꾸면서 분자와 분모를 함께 나누지 않는 실수이다. 둘째, 입력원이 $kV_i(s)$라는 점을 놓쳐서 k를 빠뜨리거나 분자 계수를 잘못 쓰는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

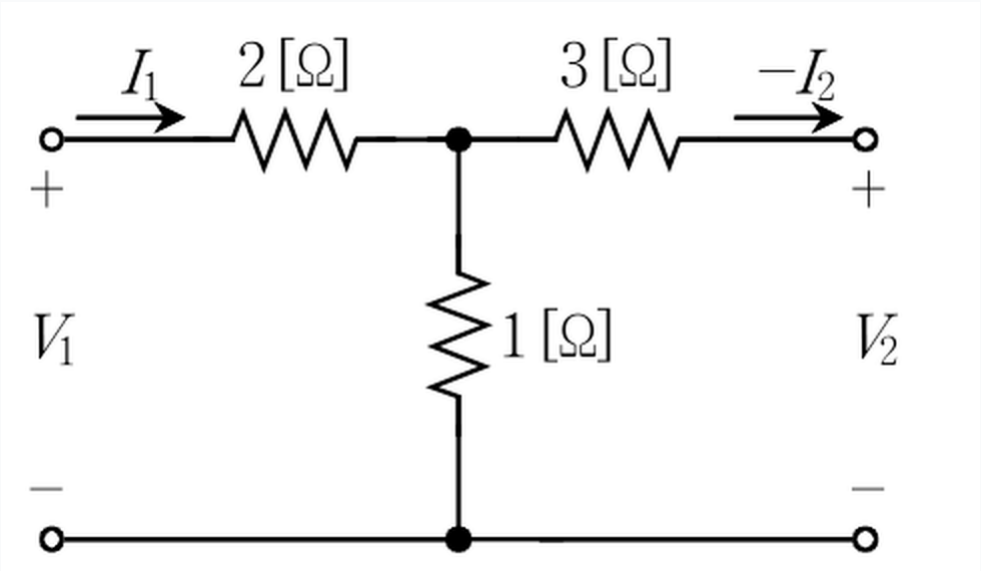
출력 노드가 병렬 가지 양단이면 먼저 그 병렬 가지를 하나의 임피던스로 줄인 뒤, 남은 회로를 직렬로 보고 전압분배식을 세우면 된다. 마지막에는 입력원이 $V_i(s)$인지 $kV_i(s)$인지 확인하고, 분모를 monic 형식으로 정리할 때 분자도 같은 수로 함께 나누는지 검산하면 된다.

암기 포인트

전달함수는 H(s)=k· Z_출력Z_직렬+Z_출력 형태로 잡고, 병렬 임피던스 정리 뒤 마지막 정규화에서는 분자와 분모를 함께 나눈다.

NoteBase

문 19. 다음 회로의 전송 파라미터(ABCD parameter) 중 B[Ω]는?



① 1

② 3

③ 4

④ 11

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직렬 임피던스와 병렬 어드미턴스의 전송 파라미터를 연쇄곱하여 B 값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력측 직렬 임피던스 $Z_1 = 2\Omega$, 중간 병렬 저항 1Ω 이므로 병렬 어드미턴스 $Y = 1S$, 출력측 직렬 임피던스 $Z_2 = 3\Omega$ 이다.
구해야 할 값: 전송 파라미터 행렬의 B 값이다.
주의할 조건: 전송 파라미터는 bmatrixV_1 ; I_1bmatrix=bmatrixA & B ; C & DbmatrixbmatrixV_2 ; -I_2bmatrix 정의를 따른다.

NoteBase

사용할 공식

직렬 임피던스 Z 의 전송행렬은 bmatrix1 & Z ; 0 & 1bmatrix 이고, 병렬 어드미턴스 Y 의 전송행렬은 bmatrix1 & 0 ; Y & 1bmatrix 이다.
따라서 전체 행렬은
bmatrix1 & Z_1 ; 0 & 1bmatrix bmatrix1 & 0 ; Y & 1bmatrix bmatrix1 & Z_2 ; 0 & 1bmatrix
로 계산한다.
이 공식을 쓰는 이유는 회로가 직렬 2Ω - 병렬 1Ω - 직렬 3Ω 의 2포트 연쇄구조이기 때문이다.

계산 과정

1. 각 소자의 전송행렬을 쓴다.
M_1=bmatrix1 & 2 ; 0 & 1bmatrix, M_2=bmatrix1 & 0 ; 1 & 1bmatrix, M_3=bmatrix1 & 3 ; 0 & 1bmatrix
2. 먼저 M_2M_3 를 계산하면
bmatrix1 & 0 ; 1 & 1bmatrix bmatrix1 & 3 ; 0 & 1bmatrix = bmatrix1 & 3 ; 1 & 4bmatrix
이다.
3. 다시 M_1 을 곱하면
M=M_1M_2M_3= bmatrix1 & 2 ; 0 & 1bmatrix bmatrix1 & 3 ; 1 & 4bmatrix = bmatrix3 & 11 ; 1 & 4bmatrix
이다.
4. 따라서 $B = 11\Omega$ 이다.

선지별 해설

① X: B 는 1Ω 가 아니다. 1Ω 는 가운데 병렬저항의 저항값일 뿐 전송행렬의 B 항이 아니다. 올바르게는 $B = 11\Omega$ 이다.
② X: B 는 3Ω 가 아니다. 3Ω 는 출력측 직렬저항 Z_2 값이며 전체 2포트의 전달특성을 반영한 값이 아니다. 올바르게는 $B = 11\Omega$ 이다.
③ X: B 는 4Ω 가 아니다. 4 는 계산 행렬의 D 성분으로, $D = 1 + YZ_2 = 4$ 에서 나온 값이다. B 와 D 를 혼동한 오답이다. 올바르게는 $B = 11\Omega$ 이다.
④ O: 전체 전송행렬이 bmatrix3 & 11 ; 1 & 4bmatrix 이므로 $B = 11\Omega$ 이다.

오답 포인트

단순 저항값 1, 2, 3 을 그대로 답으로 고르거나, 계산된 행렬의 다른 성분 $D = 4$ 를 B 로 착각하기 쉽다. 이 문항은 소자값 자체를 묻는 것이 아니라 연쇄곱 결과에서 B 위치의 성분을 묻는 점이 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

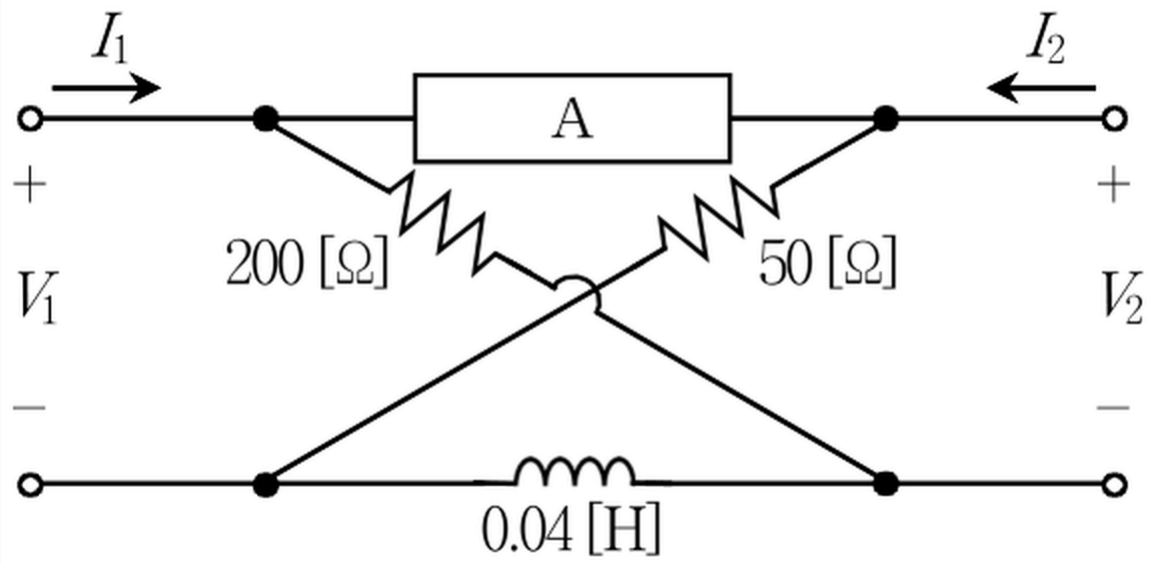
전송 파라미터 문제는 회로를 직렬 소자와 병렬 소자로 분해한 뒤 각 전송행렬을 입력측에서 출력측 순서로 곱하고, 마지막 행렬에서 묻는 성분 A, B, C, D 의 위치를 확인하여 판단한다.

암기 포인트

직렬은 bmatrix1 & Z ; 0 & 1bmatrix, 병렬은 bmatrix1 & 0 ; Y & 1bmatrix 이며, 전체 ABCD는 입력측부터 순서대로 곱한 결과이다.

NoteBase

문 20. 다음 회로의 임피던스 파라미터 pmatrix z_11 & z_12 \ z_21 & z_22 pmatrix 중 z_{21}값이 0일 때, 사용 가능한 소자 A의 종류와 크기는?



① 소자: L, 크기: 0.01 [H]

② 소자: L, 크기: 0.04 [H]

③ 소자: C, 크기: 2.5 [μF]

④ 소자: C, 크기: 4 [μF]

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 $z_{21} = 0$ 조건을 브리지 평형 조건으로 바꾸어 소자 A의 임피던스를 구하는 문제이다.

조건 정리

- $I_2 = 0$ 이므로 2포트 출력단은 개방 상태이다.
- 따라서 $z_{21} = 0$ 는 $V_2 = 0$, 즉 오른쪽 위 노드와 오른쪽 아래 노드의 전위가 같다는 뜻이다.
- 아래 소자는 $Z_L = j\omega \cdot 0.04$, 왼쪽 대각 저항은 200Ω, 오른쪽 대각 저항은 50Ω 이다.
- 구해야 할 값은 위쪽 소자 A의 종류와 크기이다.

사용할 공식

개방 출력에서 두 중간점 전위가 같아야 하므로 두 직렬분압의 결과를 같게 둔다.

$$\frac{50}{Z_A + 50} = \frac{j\omega 0.04}{200 + j\omega 0.04}$$

이 식을 쓰는 이유는 $z_{21} = 0$ 이 전달전압 0을 뜻하고, 전달전압 0은 브리지의 두 비교점 전위가 같다는 뜻이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 분압식을 교차곱하면

$50(200 + j\omega 0.04) = j\omega 0.04(Z_A + 50)$

2. 양변의 $50j\omega 0.04$ 가 소거되어

$10000 = j\omega 0.04 Z_A$

3. 따라서

$Z_A = \frac{10000}{j\omega 0.04} = -j\frac{250000}{\omega}$

4. Z_A 는 음의 허수 성분이므로 인덕터가 아니라 커패시터이다. $Z_A = \frac{1}{j\omega C}$ 를 대입하면

$j\omega 0.04 \cdot \frac{1}{j\omega C} = 10000$

5. 정리하면

$\frac{0.04}{C} = 10000 \quad \Rightarrow \quad C = 4 \times 10^{-6} F = 4\mu F$

따라서 소자 A 는 $4\mu F$ 커패시터이다.

선지별 해설

① X: $L = 0.01H$ 이면 $Z_A = j\omega L$ 이 되어 양의 허수 성분을 갖는다. 필요한 값은 $Z_A = -j\frac{250000}{\omega}$ 이므로 소자 종류부터 맞지 않는다. 틀린 표현은 "L" 이고, 올바르게는 "C" 이어야 하며 값은 $4\mu F$ 이다.

② X: $L = 0.04H$ 도 역시 유도성 리액턴스이므로 부호가 반대이다. 아래 가지의 인덕터와 같은 종류를 넣는다고 평형이 되는 것이 아니다. 틀린 표현은 "L" 이고, 올바르게는 "$C = 4\mu F$" 이다.

③ X: 커패시터라는 점은 맞지만 크기가 틀리다. $C = 2.5\mu F$ 이면 $\frac{0.04}{C} = 16000$ 이 되어 평형 조건 10000 을 만족하지 못한다. 틀린 표현은 "$2.5\mu F$" 이고, 올바르게는 "$4\mu F$" 이다.

④ O: $C = 4\mu F$ 이면 $Z_A = \frac{1}{j\omega C}$ 이고, $Z_A \cdot j\omega 0.04 = 200 \cdot 50 = 10000$ 이 되어 브리지 평형이 성립한다. 따라서 $V_2 = 0$, 즉 $z_{21} = 0$ 이 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $z_{21} = 0$ 을 "출력단에 전류가 없으니 아무 소자나 가능하다"로 오해하는 데 있다. 실제로는 출력이 개방되어도 두 비교점 전위가 같아야 하므로 브리지 평형 조건을 세워야 한다. 또 아래쪽 가지가 인덕터라고 해서 위쪽 A 도 인덕터라고 보는 실수가 잦은데, 평형식에서 나온 Z_A 는 음의 허수이므로 반드시 커패시터이다.

다시 나오면 이렇게 판단

전달 파라미터가 0인 브리지형 회로가 나오면 먼저 $V_2 = 0$ 또는 $I_2 = 0$ 조건을 전위 평형 조건으로 바꾼다. 그다음 두 직렬 가지의 분압식을 같게 두고, 마지막에 계산된 임피던스의 부호를 보고 인덕터인지 커패시터인지 판정한다.

NoteBase

암기 포인트

브리지 평형은 대각곱이 같다. 이 문항은 $Z_A \cdot j\omega 0.04 = 200 \cdot 50$ 이고, 따라서 A 는 인덕터가 아니라 $4\mu F$ 커패시터이다.

NoteBase