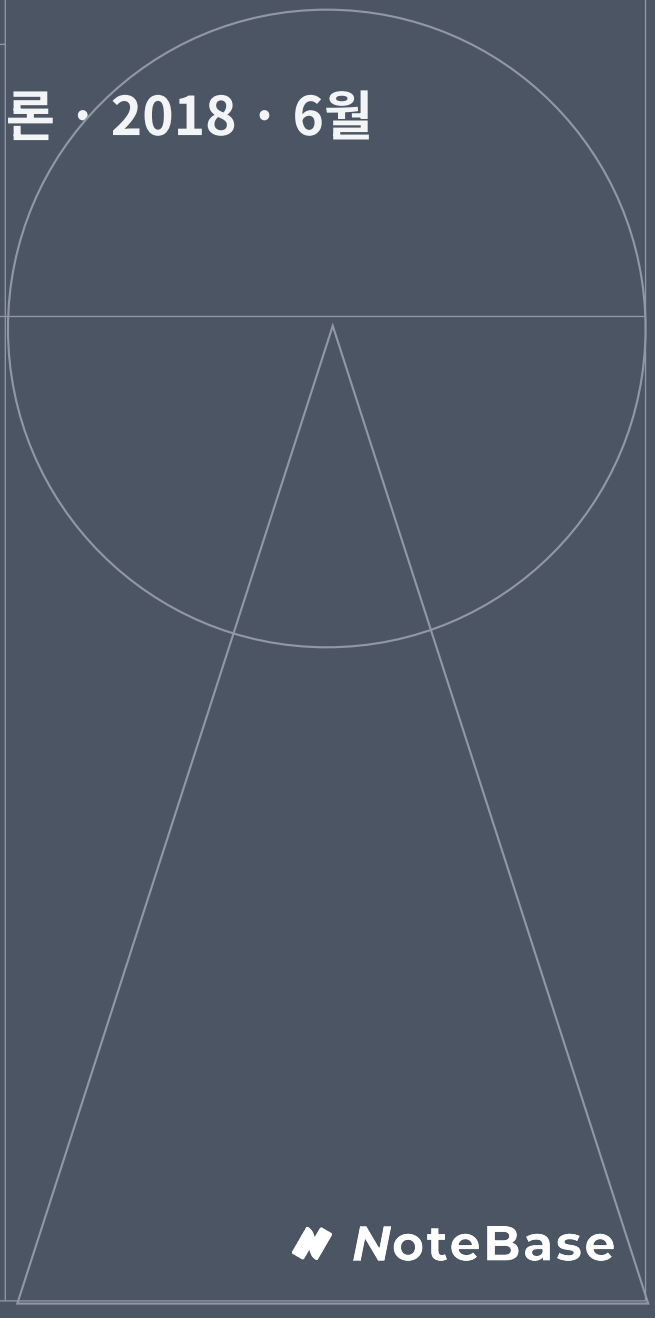
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2018 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2018 · 6월

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2018 · 6월

문 1. 전달함수 $H(s)=\frac{2}{s^2+4s+3}$이다. 입력이 $e^{-2t}u(t)$인 경우, 출력은?

① $(e^{-t}+e^{-2t}+e^{-3t})u(t)$

② $(e^{-t}-e^{-3t})u(t)$

③ $(e^{-t}-2e^{-2t}+e^{-3t})u(t)$

④ $2(e^{-t}+e^{-2t}+e^{-3t})u(t)$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 전달함수 $H(s)$와 입력 $x(t)$의 라플라스 변환을 곱한 뒤 부분분수 전개로 출력 $y(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $H(s)=\frac{2}{s^2+4s+3}=\frac{2}{(s+1)(s+3)}$, 입력은 $x(t)=e^{-2t}u(t)$이다.
구해야 할 값은 출력 $y(t)$이다.
주의할 조건은 입력 $e^{-2t}u(t)$의 라플라스 변환이 $\frac{1}{s+2}$라는 점과, 최종 출력은 역라플라스 변환까지 해야 한다는 점이다.

사용할 공식

라플라스 영역에서 출력은 $Y(s)=H(s)X(s)$이다.
입력 $e^{-at}u(t)$의 라플라스 변환은 $\frac{1}{s+a}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 전달함수가 주어졌고 입력도 표준 지수함수 형태이므로, 시간영역 합성곱 대신 라플라스 곱셈으로 바로 출력식을 만들 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 입력의 라플라스 변환은 $X(s) = \frac{1}{s+2}$이다.
2. 따라서
$Y(s) = H(s)X(s) = \frac{2}{(s+1)(s+3)} \cdot \frac{1}{s+2} = \frac{2}{(s+1)(s+2)(s+3)}$
이다.
3. 부분분수 전개를 하면
$\frac{2}{(s+1)(s+2)(s+3)} = \frac{1}{s+1} - \frac{2}{s+2} + \frac{1}{s+3}$
이다.
4. 역라플라스 변환을 하면
$y(t) = (e^{-t} - 2e^{-2t} + e^{-3t})u(t)$
이다.

선지별 해설

① X
- e^{-2t} 항의 계수를 $+1$로 쓴 부분이 틀리다. 부분분수 전개 결과 $\frac{1}{s+2}$의 계수는 -2이므로 올바르게는 $(e^{-t} - 2e^{-2t} + e^{-3t})u(t)$이다.
- 이 식은 $(s+2)$ 인수에 대한 계수를 잘못 구한 값이다.

② X
- e^{-2t} 항이 아예 빠진 부분이 틀리다. $Y(s)$의 분모에 $(s+2)$가 있으므로 역라플라스 변환 결과에 e^{-2t} 항이 반드시 포함된다. 올바르게는 $(e^{-t} - 2e^{-2t} + e^{-3t})u(t)$이다.
- 이 식은 중간 항을 누락한 불완전한 부분분수 전개에서 나오는 오답이다.

③ O
- $Y(s) = \frac{2}{(s+1)(s+2)(s+3)}$를 부분분수 전개하면 $\frac{1}{s+1} - \frac{2}{s+2} + \frac{1}{s+3}$이므로 역라플라스 변환 결과는 $(e^{-t} - 2e^{-2t} + e^{-3t})u(t)$이다.
- 계산 결과와 정확히 일치하므로 옳다.

④ X
- 식 전체에 2를 한 번 더 곱한 부분이 틀리다. 전달함수의 분자 2는 이미 $Y(s) = H(s)X(s)$에 반영되어 부분분수 계수 $1, -2, 1$로 들어가 있다. 올바르게는 $2(e^{-t} + e^{-2t} + e^{-3t})u(t)$가 아니라 $(e^{-t} - 2e^{-2t} + e^{-3t})u(t)$이다.
- 이 식은 전달함수 분자 2를 부분분수 전개 뒤에 다시 곱한 실수에서 나오는 오답이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 $e^{-2t}u(t)$를 보고 $(s+2)$ 인수를 빼먹거나, 부분분수 전개에서 가운데 계수의 부호를 잘못 잡는 점이다. 또한 전달함수의 분자 2가 이미 계수 계산에 반영되는데 이를 마지막에 한 번 더 곱하면 ④ 같은 오답이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

전달함수 출력 문제는 먼저 $X(s)$를 구하고, 다음에 $Y(s) = H(s)X(s)$로 묶은 뒤, 마지막에 부분분수 전개와 역라플라스 변환 순서로 판단한다. 중간 인수 $(s + a)$가 보이면 시간영역에 e^{-at} 항이 반드시 살아남는지도 함께 확인한다.

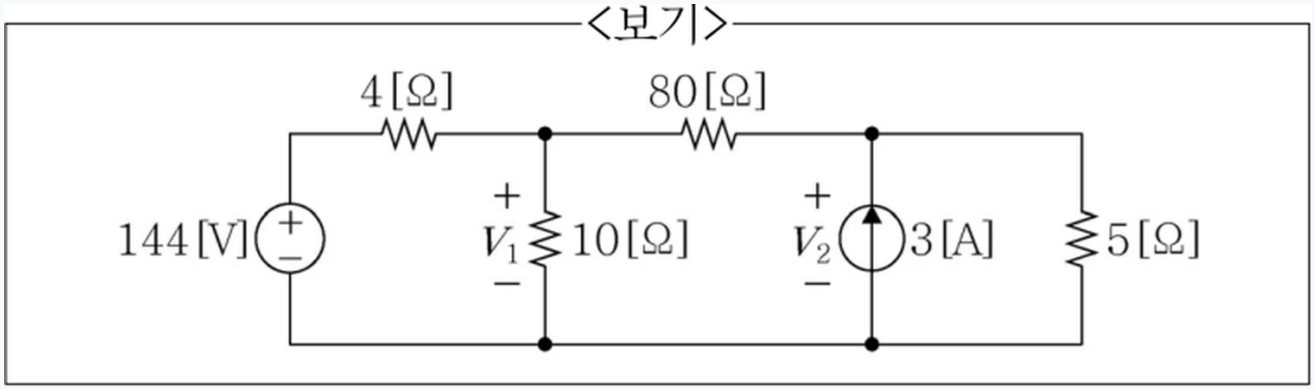
암기 포인트

$e^{-at}u(t) \leftrightarrow \frac{1}{s+a}$, 출력은 $Y(s) = H(s)X(s)$, 역라플라스 직전에는 부분분수 계수의 부호까지 확인한다.

NoteBase

문 2. <보기>의 회로에서 V_2의 값은?

<보기>



① 20 [V]

② 50 [V]

③ 100 [V]

④ 114 [V]

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 결절 전압법을 이용해 전압원, 전류원, 저항이 함께 있는 회로의 V_2를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 좌측 전압원 상단 노드는 144 V이다.
- 중간 노드 V_1은 4 Ω, 10 Ω, 80 Ω과 연결된다.
- 우측 노드 V_2는 80 Ω, 5 Ω, 3 A 전류원과 연결된다.

구해야 할 값:
- 우측 노드 전압 V_2이다.

주의할 조건:
- 3 A 전류원 화살표가 위쪽이므로 우측 노드로 3 A가 유입된다.

NoteBase

사용할 공식

각 결절에 KCL을 적용한다.
$\frac{V_1 - 144}{4} + \frac{V_1}{10} + \frac{V_1 - V_2}{80} = 0$
$\frac{V_2 - V_1}{80} + \frac{V_2}{5} - 3 = 0$
이 공식을 쓰는 이유는 미지수가 결절 전압 V_1, V_2뿐이므로 각 가지 전류를 전압 차로 바로 표현할 수 있기 때문이다.

계산 과정

첫째 식에 80을 곱하면
$20(V_1 - 144) + 8V_1 + (V_1 - V_2) = 0$
즉
$29V_1 - V_2 = 2880$
이다.
둘째 식에 80을 곱하면
$(V_2 - V_1) + 16V_2 - 240 = 0$
즉
$-V_1 + 17V_2 = 240$
이다.
두 식을 연립하면
$V_1 = 100, \quad V_2 = 20$
이 된다.

선지별 해설

1번: O. 계산 결과 $V_2 = 20V$이므로 맞다.
2번: X. '50[V]'가 틀렸고 올바르게는 '20[V]'이다. 올바른 KCL 연립방정식을 풀면 50 V가 아니라 20 V가 나온다.
3번: X. '100[V]'가 틀렸고 올바르게는 '20[V]'이다. 100 V는 중간 노드 V_1 값이며, V_2와 다른 노드 전압이다.
4번: X. '114[V]'가 틀렸고 올바르게는 '20[V]'이다. 114 V는 이 회로의 두 결절 방정식을 동시에 만족하지 않으므로 V_2가 될 수 없다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 중간 노드 $V_1 = 100V$를 바로 V_2로 착각하는 것이다. 또 전류원 화살표 방향을 반대로 해석해 둘째 KCL 식의 부호를 틀리면 전압이 크게 어긋난다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 계산 문제는 기준점을 먼저 잡고 각 결절에 KCL을 세운 뒤, 전류원 방향 부호를 확인하고, 마지막에 구한 값이 어떤 노드 전압인지까지 구분해서 판단한다.

NoteBase

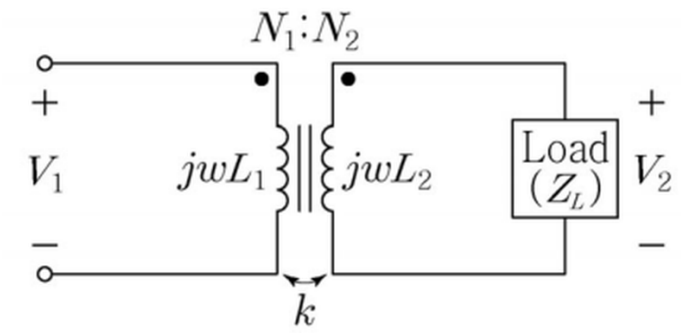
암기 포인트

결절 전압법은 '기준점 설정 -> KCL 작성 -> 연립방정식 계산 -> 노드 이름 확인' 순서로 정리된다.

NoteBase

문 3. <보기>와 같은 이상적인 변압기에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 결합계수 k는 상호 인덕턴스 M의 최솟값 ($\sqrt{L_1 \times L_2}$)과 실제 M값의 비율로 정의한다.

② 결합계수는 $k \geq 1$ 값을 갖는다.

③ 이상적인 변압기에서 자기 인덕턴스 L_1과 L_2는 무한대 값을 갖는다고 가정한다.

④ 이상적인 변압기에서는 상호 인덕턴스 M과 자기 인덕턴스 L_1과 L_2 사이에 $M > \sqrt{L_1 \times L_2}$ 관계가 성립한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적 변압기 도식에서 결합계수 k, 상호 인덕턴스 M, 자기 인덕턴스 L_1, L_2의 관계를 파악하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
결합계수는 $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$로 정의되며, $\sqrt{L_1 L_2}$는 상호 인덕턴스의 최소값이 아니라 최대 가능값이다.
틀린 표현은 "최소값"이다. 올바르게는 "상호 인덕턴스 M의 최대 가능값 $\sqrt{L_1 L_2}$에 대한 실제 M의 비율"이다.

② X
결합계수는 누설자속의 정도를 반영하므로 항상 $0 \le k \le 1$ 범위에 있다. 이상적 변압기에서만 $k = 1$이다.
틀린 표현은 "$k \ge 1$"이다. 올바르게는 "$0 \le k \le 1$이며 이상적 변압기에서는 $k = 1$이다"이다.

③ O
이상적 변압기는 여자전류가 0이 되도록 자화 리액턴스가 무한대인 모델로 다룬다. 그래서 자기 인덕턴스 L_1과 L_2를 무한대라고 가정한다.

④ X
이상적 변압기는 결합계수 $k = 1$이므로 $M = \sqrt{L_1 L_2}$가 성립한다. 따라서 M이 $\sqrt{L_1 L_2}$보다 클 수는 없다.
틀린 표현은 "$M > \sqrt{L_1 L_2}$"이다. 올바르게는 "이상적 변압기에서는 $M = \sqrt{L_1 L_2}$이다"이다.

오답 포인트

이 문제는 k의 정의에서 $\sqrt{L_1 L_2}$를 최소값으로 착각하거나, 이상적 조건을 부등식으로 과장하면 틀리기 쉽다.
이상적 변압기의 핵심은 $k = 1, M = \sqrt{L_1 L_2}$, 자화 인덕턴스 무한대의 세 가지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 이상조건이 나오면 먼저 $k = 1$인지 확인하고, 이어서 $M = \sqrt{L_1 L_2}$와 자화 인덕턴스 무한대가 연결되는지를 판단하면 된다. 부등식이 나오면 이상조건과 맞지 않는지 먼저 본다.

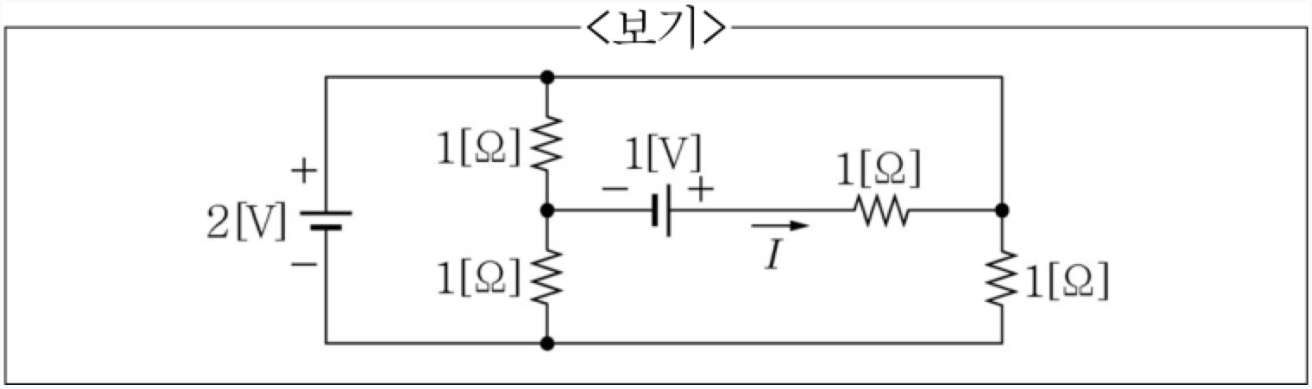
암기 포인트

이상적 변압기 = $k = 1, M = \sqrt{L_1 L_2}, L_1, L_2 \to \infty$이다.

NoteBase

문 4. <보기>의 회로에서 전류 /의 값은?

<보기>



① 0[A]

② 1[A]

③ 2[A]

④ 3[A]

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 기준 노드 전위를 먼저 정한 뒤, 전압원 극성과 저항 연결관계를 이용해 가지전류 /를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

위쪽 노드와 오른쪽 노드는 도선으로 바로 연결되어 같은 전위이다.
왼쪽 2 V 전원 때문에 위쪽 노드는 아래쪽 노드보다 2 V 높다.
가운데 세로 1Ω 두 개는 위아래에 직렬로 놓여 있어 가운데 노드 전위가 결정된다.
구해야 할 값은 1 V 전원 뒤 1Ω 저항을 지나는 전류 /이다.

사용할 공식

옴의 법칙 $I = \frac{V}{R}$와 노드 전위 관계를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 각 저항의 전류가 양 끝 전위차로 바로 정해지고, 문제에서 묻는 가지전류도 결국 해당 1Ω 저항 양단의 전위차로 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽 노드를 0 V로 두면 위쪽 노드는 2 V이다.
가운데 세로의 1Ω, 1Ω은 위아래 2 V 사이에 직렬로 놓인 전압분배이므로 가운데 노드 전위는 1 V이다.
가운데 노드에서 오른쪽으로 있는 1 V 전원은 왼쪽이 -, 오른쪽이 +이므로 전원 오른쪽 노드는 $1 + 1 = 2$V이다.
따라서 문제의 1Ω 저항 왼쪽도 2 V, 오른쪽도 2 V가 된다.
이 저항의 전위차는 0 V이므로 $I = \frac{0}{1} = 0$A이다.

선지 판단

1번 O: 계산 결과 가지전류는 0A이다. 1Ω 저항 양단 전위가 모두 2 V라서 전류가 흐르지 않는다.
2번 X: 1A가 되려면 해당 1Ω 저항 양단 전위차가 1 V여야 한다. 이 회로에서는 전압분배로 가운데 노드가 1 V가 되고, 1 V 전원을 지난 뒤 전위가 다시 2 V가 되어 전위차가 0 V이다. 틀린 표현은 "전류가 1A 흐른다"이고, 올바르게는 "전류는 0A이다"이다.
3번 X: 2A가 되려면 1Ω 저항 양단 전위차가 2 V여야 한다. 위쪽 노드와 전원 오른쪽 노드가 모두 2 V이므로 그런 전위차가 생기지 않는다. 틀린 표현은 "전류가 2A 흐른다"이고, 올바르게는 "전류는 0A이다"이다.
4번 X: 3A가 되려면 1Ω 저항 양단 전위차가 3 V여야 하는데, 회로 어디에도 그 저항에 3 V가 걸리지 않는다. 틀린 표현은 "전류가 3A 흐른다"이고, 올바르게는 "전류는 0A이다"이다.

오답 포인트

가운데 노드 전위를 구하지 않고 전원값 2 V와 1 V를 단순 가감하면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 도선으로 연결된 같은 노드와 전압원 극성을 놓치게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 계산 문제는 먼저 같은 노드를 묶어 전위를 정리하고, 전압원 극성으로 다음 노드 전위를 옮긴 뒤, 마지막에 저항 양단 전위차로 전류를 계산하면 된다.

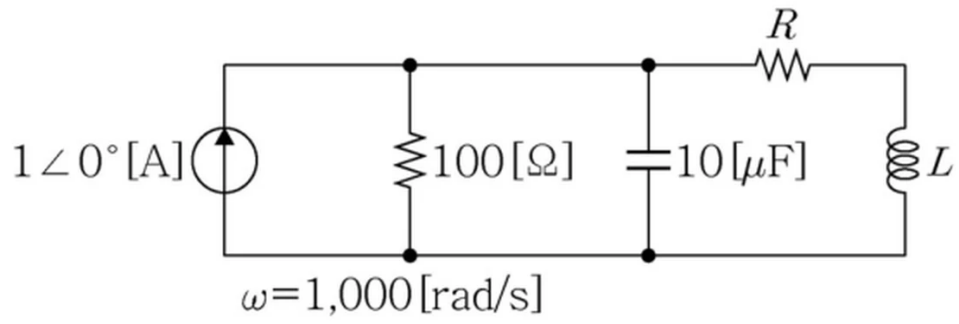
암기 포인트

1Ω 저항 전류는 양단 전위차와 같다. 양단 전위가 같으면 전류는 0A이다.

NoteBase

문 5. <보기>의 회로에서 저항 R에 최대 평균 전력이 공급될 때, R과 L의 값은? (단, 각주파수(angular frequency) $\omega = 1{,}000[\text{rad/s}]$이다.)

<보기>



① 50 [Ω], 50 [mH]

② 50 [Ω], 100 [mH]

③ 100 [Ω], 50 [mH]

④ 100 [Ω], 100 [mH]

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전류원과 병렬 소자를 테브난 등가로 바꾼 뒤, 부하 $R + j\omega L$에 대한 최대전력전달 조건을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전류원 $1\angle 0^\circ A$, 병렬저항 100Ω, 커패시터 $10\mu F$, 각주파수 $\omega = 1000 rad/s$이다.
구해야 할 값은 직렬부하의 R과 L이다.
인덕터는 평균전력을 소비하지 않으므로, 직렬부하 $R + j\omega L$에 전달되는 유효전력이 곧 저항 R에 공급되는 평균전력이다.

사용할 공식

병렬망의 어드미턴스는 $Y = G + jB$이고, 테브난 임피던스는 $Z_{th} = 1/Y$이다.
최대전력전달 조건은 부하 임피던스가 테브난 임피던스의 공액복소수와 같을 때이므로 $Z_L = Z_{th}^*$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 오른쪽 $R - L$ 직렬분지가 왼쪽 회로에서 본 교류 부하이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 커패시터 어드미턴스를 구하면 $Y_C = j\omega C = j(1000)(10 \times 10^{-6}) = j0.01S$이다.
2. 100Ω 저항의 어드미턴스는 $Y_R = 1/100 = 0.01S$이므로, 왼쪽 병렬망의 합성 어드미턴스는
$Y_{th} = 0.01 + j0.01S$
이다.
3. 따라서 테브난 임피던스는
$Z_{th} = \frac{1}{0.01 + j0.01} = 50 - j50\Omega$
이다.
4. 최대 평균 전력을 위해 부하는 공액정합이 되어야 하므로
$Z_L = Z_{th}^* = 50 + j50\Omega$
이다.
5. 부하 $Z_L = R + j\omega L$와 비교하면 $R = 50\Omega$, $\omega L = 50$이므로
$L = \frac{50}{1000} = 0.05H = 50mH$
이다.

선지별 해설

① O
$R = 50\Omega, L = 50mH$이면 $Z_L = 50 + j50\Omega$가 되어 $Z_{th} = 50 - j50\Omega$의 공액복소수와 정확히 일치한다. 최대 평균 전력 전달 조건을 만족하므로 옳다.

② X
$R = 50\Omega, L = 100mH$이면 $Z_L = 50 + j100\Omega$가 된다. 허수부가 $+j50\Omega$가 아니라 $+j100\Omega$이므로 공액정합이 아니다.
틀린 표현은 $L = 100mH$이다. 올바르게는 $L = 50mH$이다.

③ X
$R = 100\Omega, L = 50mH$이면 $Z_L = 100 + j50\Omega$가 된다. 허수부는 맞지만 실수부가 테브난 저항 50Ω와 일치하지 않아 최대전력전달이 아니다.
틀린 표현은 $R = 100\Omega$이다. 올바르게는 $R = 50\Omega$이다.

④ X
$R = 100\Omega, L = 100mH$이면 $Z_L = 100 + j100\Omega$가 되어 실수부와 허수부가 모두 공액정합 조건에서 벗어난다.
틀린 표현은 $R = 100\Omega, L = 100mH$이다. 올바르게는 $R = 50\Omega, L = 50mH$이다.

NoteBase

오답 포인트

커패시터가 병렬로 있을 때 임피던스 $-j100\Omega$만 보고 바로 합치면 계산이 꼬이기 쉽다. 이 문제는 병렬망이므로 먼저 어드미턴스 $0.01 + j0.01S$를 만든 뒤 역수를 취해야 한다. 또 최대전력전달은 $Z_L = Z_{th}$가 아니라 $Z_L = Z_{th}^*$라는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

교류 최대전력전달 문제는 먼저 부하를 제외한 회로를 테브난 또는 노턴 등가로 바꾸고, 그 등가임피던스를 구한 다음, 부하의 실수부는 같게 하고 허수부는 부호를 반대로 맞춘다.

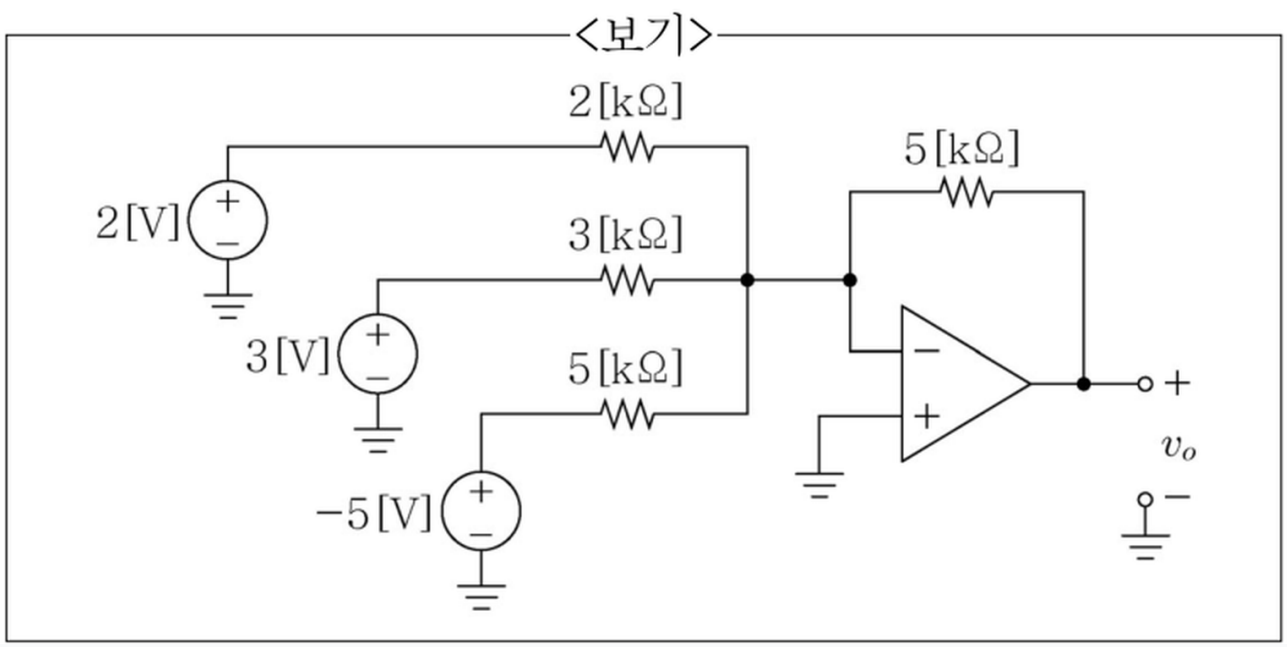
암기 포인트

교류 최대전력전달은 $Z_L = Z_{th}^*$, 즉 저항은 같고 리액턴스는 부호만 반대이다.

NoteBase

문 6. <보기>와 같은 이상적인 연산증폭기(op-amp)를 사용하여 구성한 회로에서 v_o의 값은?

<보기>



① -10[V]

② -5[V]

③ 0[V]

④ 5[V]

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 가상접지 성질을 이용하여 반전 가산증폭기의 출력전압 v_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력전압은 각각 2 V, 3 V, -5 V이고 입력저항은 각각 2kΩ, 3kΩ, 5kΩ이다. 피드백 저항은 5kΩ이다.
구해야 할 값: 출력전압 v_o이다.
주의할 조건: 이상적인 op-amp이므로 비반전 입력이 접지되면 반전 입력도 0 V인 가상접지 상태가 된다. 출력은 반전 증폭기 구조이므로 부호가 한 번 뒤집힌다.

NoteBase

사용할 공식

반전 가산증폭기의 출력은 $v_o = -R_f\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}\right)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 세 전압원이 모두 반전 입력 노드로 저항을 거쳐 연결되어 있고, 비반전 입력은 접지되어 있으므로 전류합으로 출력이 결정되는 반전 가산증폭기 회로이기 때문이다.

계산 과정

1. 이상적인 op-amp이므로 반전 입력 노드 전압은 0 V이다.
2. 각 입력전류는 $\frac{2}{2k} = 1mA$, $\frac{3}{3k} = 1mA$, $\frac{-5}{5k} = -1mA$이다.
3. 입력전류의 합은 $1 + 1 - 1 = 1mA$이다.
4. 따라서 출력전압은 $v_o = -5k\Omega \times 1mA = -5V$이다.

선지별 해설

① X: $-10V$는 세 입력전류를 $1mA + 1mA = 2mA$로만 보고 $-5V$ 입력이 만드는 $-1mA$를 빠뜨리거나 부호를 잘못 처리한 값이다. 틀린 표현은 출력이 $-10V$라는 점이고, 올바르게는 출력이 $-5V$이다.
② O: 계산 결과가 $-5V$이므로 옳다. 반전 가산증폭기에서 세 입력의 전류합이 $1mA$이고 여기에 피드백 저항 5kΩ이 곱해져 $-5V$가 된다.
③ X: 0 V는 입력전압만 단순히 $2 + 3 - 5 = 0$으로 더해 저항비와 피드백 작용을 무시한 값이다. 틀린 표현은 출력이 0 V라는 점이고, 올바르게는 각 입력을 전류로 바꾼 뒤 합산하여 $-5V$를 구해야 한다.
④ X: 5 V는 크기 5만 맞추고 반전 증폭기의 출력 부호를 놓친 값이다. 틀린 표현은 출력이 $+5V$라는 점이고, 올바르게는 반전 입력 구조이므로 출력은 $-5V$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 세 입력전압을 직접 더하거나, $-5V$ 입력이 만드는 전류의 부호를 반대로 잡거나, 마지막 반전 부호를 빠뜨리는 데 있다. 특히 ③은 저항을 무시한 단순 전압합의 함정이고, ④는 반전 증폭기의 부호를 놓친 경우에 해당한다.

다시 나오면 이렇게 판단

가산증폭기 문제는 먼저 비반전 입력이 접지인지 확인하고 반전 입력을 가상접지로 둔다. 그다음 각 입력을 V/R 전류로 바꾸어 부호까지 합산한 뒤, 마지막에 $-R_f$를 곱해 출력전압을 판단한다.

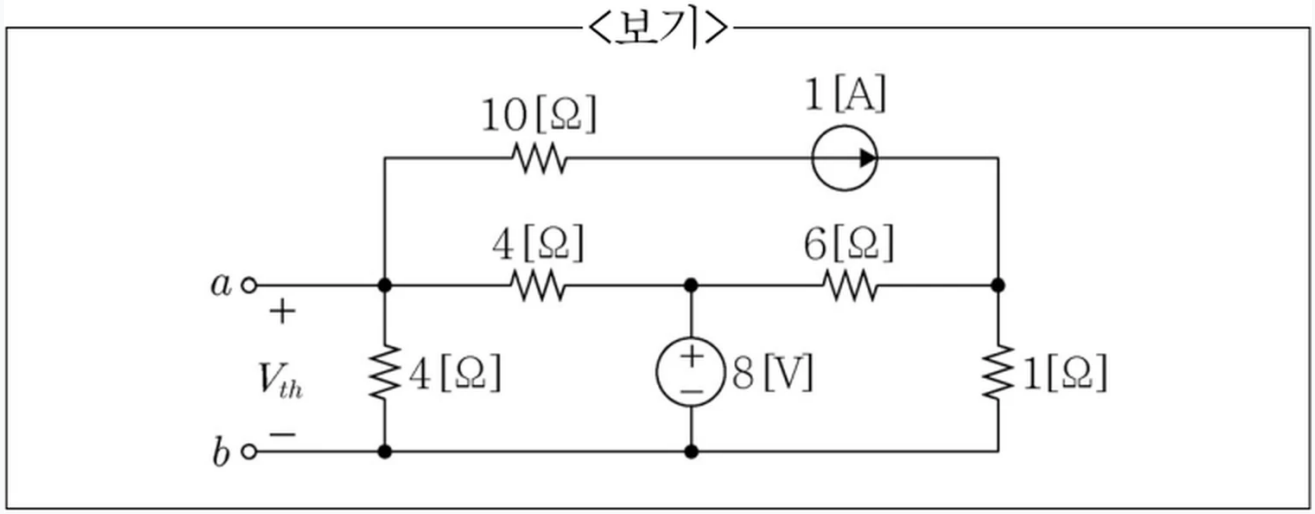
암기 포인트

반전 가산증폭기는 입력전압을 그대로 더하는 회로가 아니라 입력전류를 합한 뒤 $-R_f$를 곱하는 회로이다.

NoteBase

문 7. <보기>의 회로에서 a, b 우측을 테브난(Thevenin) 등가회로로 구성할 때, 테브난 등가 전압값과 저항값은?

<보기>



① 2[V], 2[Ω]

② 2[V], 2.4[Ω]

③ 4[V], 4[Ω]

④ 4[V], 4.8[Ω]

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 단자 a, b에서의 개방전압 V_{th}와 독립전원 제거 후 합성저항 R_{th}를 구하는 테브난 등가 계산 문제이다.

조건 정리

- b를 기준전위 0 V로 둔다.
- 가운데 노드는 8 V 전압원 때문에 항상 $8V$이다.
- a, b 단자는 외부에 개방되어 있으므로 V_{th}는 왼쪽 노드 전압이다.
- R_{th}는 독립전원을 제거한 뒤 a, b에서 본 저항이다.

NoteBase

사용할 공식

개방전압은 노드전압법의 KCL로 구한다.

$\frac{V_{th}}{4} + \frac{V_{th}-8}{4} + 1 = 0$

이 식의 첫째 항 $\frac{V_{th}}{4}$는 세로 4Ω에 흐르는 전류, 둘째 항 $\frac{V_{th}-8}{4}$는 가운데 4Ω에 흐르는 전류이며, 셋째 항 1은 윗가지 $1A$ 전류원이 노드 a에서 유출하는 전류이다. 단자 a, b가 개방되어 있어 단자로는 전류가 나가지 않고, 오른쪽 가지(6Ω, 1Ω)는 노드 a의 전압에 영향을 주지 않으므로 이 KCL에 들어오지 않는다.

테브난 저항은 독립전원을 제거한 뒤 합성저항으로 구한다.

- 전류원 제거: 개방
- 전압원 제거: 단락

이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 단자 a, b 우측 회로의 테브난 등가 전압과 저항을 직접 묻고 있기 때문이다.

계산 과정

1. 개방전압 V_{th}를 구한다.

$\frac{V_{th}}{4} + \frac{V_{th}-8}{4} + 1 = 0$

$2V_{th} - 8 + 4 = 0 \Rightarrow 2V_{th} = 4 \Rightarrow V_{th} = 2V$

2. 테브난 저항 R_{th}를 구한다. 1 A 전류원은 개방되고 8 V 전압원은 단락된다.

3. 1 A 전류원을 개방하면 그와 직렬로 연결된 윗가지 10 Ω 경로 전체가 끊어져 제외되고, 8 V 전압원을 단락하면 가운데 노드가 b와 같은 전위가 되어 가운데 4Ω가 세로 4Ω와 병렬로 묶인다. 이때 오른쪽 6Ω, 1Ω는 단자 a와 이어지지 않아 R_{th}에 기여하지 않으므로, a에서 b로 보이는 저항은 세로 4Ω와 가운데 4Ω의 병렬뿐이다.

$R_{th} = 4 \parallel 4 = \frac{4 \times 4}{4+4} = 2\Omega$

4. 따라서 테브난 등가는 $V_{th} = 2V$, $R_{th} = 2\Omega$이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2018 · 6월

선지별 해설

① O
- 계산 결과 $V_{th} = 2V$, $R_{th} = 2\Omega$이므로 옳다.

② X
- 전압 $2V$는 맞지만 저항 2.4Ω는 틀리다. 전류원을 제거하면 윗가지가 개방되어 10 Ω는 저항 계산에 포함되지 않는다.
- 틀린 표현은 "2[V], 2.4[Ω]"이다. 올바르게는 $2V$, 2Ω이다.

③ X
- 4Ω는 세로의 4Ω 한 개만 본 값이라서 틀리다. 전압원을 단락하면 가운데의 4Ω도 접지로 연결되어 세로 4Ω와 병렬이 된다.
- 전압도 $4V$가 아니라 KCL 계산 결과 $2V$이다.
- 틀린 표현은 "4[V], 4[Ω]"이다. 올바르게는 $2V$, 2Ω이다.

④ X
- 전압 $4V$는 8 V를 단순히 절반으로 본 값에 가깝지만, 실제로는 왼쪽 노드에서 세로 4Ω, 가운데 4Ω, 윗가지 1 A 전류원을 함께 고려한 KCL을 써야 하므로 틀리다.
- 저항 4.8Ω도 독립전원 제거 후의 병렬관계를 잘못 본 값이다. 실제 저항은 2Ω이다.
- 틀린 표현은 "4[V], 4.8[Ω]"이다. 올바르게는 $2V$, 2Ω이다.

오답 포인트

테브난 저항을 구할 때 독립전원을 제거하는 규칙을 반대로 적용하거나, 전류원을 제거한 뒤에도 10 Ω가 남아 있다고 보는 실수가 자주 나온다. 또한 세로 4Ω만 보고 가운데 4Ω와의 병렬을 놓치면 4Ω라는 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

테브난 문제는 먼저 개방단자전압으로 V_{th}를 구하고, 그다음 독립전원을 제거해서 R_{th}를 구하는 두 단계로 분리하면 된다. 전류원은 개방, 전압원은 단락이라는 소거 규칙을 먼저 적용하면 회로가 바로 단순해진다.

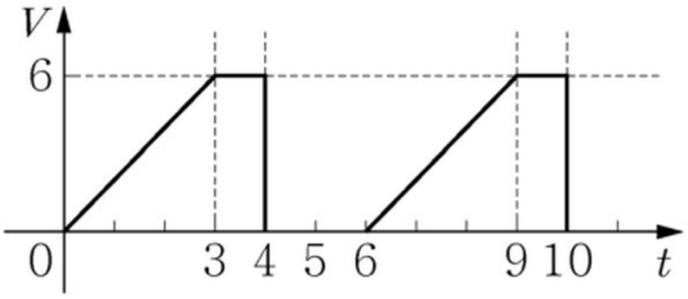
암기 포인트

테브난 등가는 V_{th}=개방단자전압, R_{th}=독립전원 제거 후 단자 합성저항이다.

NoteBase

문 8. <보기>와 같은 전압 파형의 실횻값은?

<보기>



① $2\sqrt{3}[V]$

② $3\sqrt{3}[V]$

③ $2\sqrt{5}[V]$

④ $3\sqrt{5}[V]$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 주기파 전압의 실횻값 V_{rms}을 평균제곱값 정의로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:

- $0 \le t \le 3$에서 전압은 0에서 6 V까지 선형 증가하므로 $v(t) = 2t$이다.
- $3 \le t \le 4$에서 전압은 6 V이다.
- $4 \le t \le 6$에서 전압은 0 V이다.

구해야 할 값:

- 한 주기의 실횻값 V_{rms}이다.

주의할 조건:

- 실횻값은 파형의 넓이가 아니라 v^2의 한 주기 평균에 제곱근을 취한 값이다.
- 한 주기는 $T = 6$이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2018 · 6월

사용할 공식

주기파의 실횻값은

$V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)dt}$

이다.

이 공식을 쓰는 이유는 주어진 파형이 시간에 따라 값이 변하는 비정현파이므로, 각 구간의 $v^2(t)$를 적분해 한 주기 평균제곱값을 구한 뒤 제곱근을 취해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 상승 구간 $0 \le t \le 3$에서 $v(t) = 2t$이므로

$\int_0^3 v^2(t)dt = \int_0^3 (2t)^2 dt = 4\int_0^3 t^2 dt = 4 \cdot \frac{3^3}{3} = 36$

이다.

2. 평탄 구간 $3 \le t \le 4$에서

$\int_3^4 v^2(t)dt = \int_3^4 6^2 dt = 36$

이다. 영전압 구간 $4 \le t \le 6$의 적분값은 0이다.

3. 한 주기 평균제곱값은

$\frac{1}{6}(36 + 36) = 12$

이므로

$V_{\text{rms}} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3}\,\text{V}$

이다.

선지별 해설

① O

- 계산 결과가 $2\sqrt{3}\,\text{V}$이므로 옳다.
- 평균제곱값 12에 제곱근을 취하면 바로 $2\sqrt{3}$이 된다.

② X

- $3\sqrt{3}\,\text{V}$의 제곱은 27인데, 이 파형의 평균제곱값은 12이므로 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 실횻값을 $3\sqrt{3}\,\text{V}$로 본 부분이다. 올바르게는 실횻값이 $2\sqrt{3}\,\text{V}$이다.

③ X

- $2\sqrt{5}\,\text{V}$의 제곱은 20인데, 계산된 평균제곱값 12와 다르므로 틀리다.
- 틀린 표현은 실횻값을 $2\sqrt{5}\,\text{V}$로 본 부분이다. 올바르게는 실횻값이 $2\sqrt{3}\,\text{V}$이다.

④ X

- $3\sqrt{5}\,\text{V}$의 제곱은 45인데, 평균제곱값 12보다 지나치게 크므로 틀리다.
- 틀린 표현은 실횻값을 $3\sqrt{5}\,\text{V}$로 본 부분이다. 올바르게는 실횻값이 $2\sqrt{3}\,\text{V}$이다.

NoteBase

오답 포인트

실횻값을 단순 평균전압이나 파형 면적으로 처리하면 오답이 된다. 특히 상승 구간에서 $v(t)$가 아니라 $v^2(t)$를 적분해야 한다는 점과, 적분합을 유효구간 4가 아니라 전체 주기 6으로 나누어야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

비정현파 실횻값 문제는 먼저 한 주기를 끊고, 다음으로 각 구간의 $v(t)$를 식으로 쓴 뒤, 마지막으로 $\frac{1}{T}\int v^2(t)dt$를 계산해 제곱근을 취하는 순서로 판단한다.

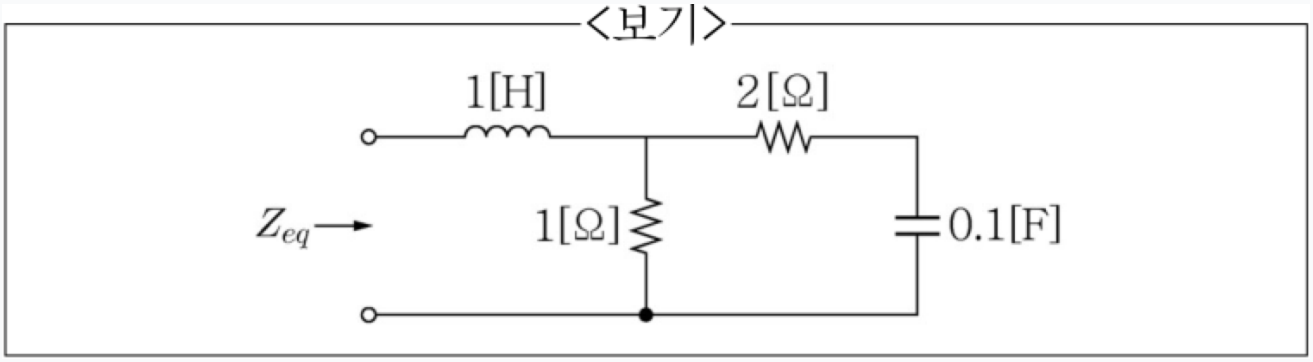
암기 포인트

실횻값은 파형 평균이 아니라 제곱평균제곱근이므로 $V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)dt}$로 정리된다.

NoteBase

문 9. <보기>의 회로에서 등가 임피던스 Z_{eq}의 값은? (단, 각주파수 (angular frequency) $w = 10[rad/s]$ 이다.)

<보기>



① $\frac{106+j9}{109}[\Omega]$
② $\frac{106+j99}{109}[\Omega]$
③ $\frac{7-j9}{10}[\Omega]$
④ $\frac{7+j99}{10}[\Omega]$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 인덕터, 커패시터의 임피던스를 구한 뒤 직렬·병렬 결합으로 등가 임피던스 Z_{eq}를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $\omega = 10\text{rad/s}$, $L = 1\text{H}$, $C = 0.1\text{F}$, 저항 1Ω, 2Ω이다. 구해야 할 값은 입력단에서 본 등가 임피던스이다. 회로는 인덕터가 전체와 직렬이고, 그 뒤 노드에서 1Ω와 2Ω 및 커패시터 직렬분이 병렬이다.

사용할 공식

사용 공식은 $Z_L = j\omega L$, $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$, 직렬은 합, 병렬은 $Z_p = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$이다. 이 공식을 쓰는 이유는 회로가 먼저 소자별 임피던스로 바뀐 뒤, 인덕터는 직렬, 나머지 두 갈래는 병렬 구조이기 때문이다.

계산 과정

먼저 인덕터와 커패시터의 임피던스를 구하면 $Z_L = j\omega L = j10$, $Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j} = -j$이다. 오른쪽 가지의 직렬 임피던스는 $2 - j$이다. 따라서 병렬부는 $Z_p = \frac{1 \cdot (2-j)}{1+(2-j)} = \frac{2-j}{3-j} = \frac{(2-j)(3+j)}{(3-j)(3+j)} = \frac{7-j}{10}$ 이다. 전체 등가 임피던스는 인덕터가 직렬이므로 $Z_{eq} = j10 + \frac{7-j}{10} = \frac{7+j99}{10}\Omega$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{106+j9}{109}\Omega$는 병렬 결합 뒤에 직렬 인덕터를 더하는 과정을 잘못 정리한 값이다. 최종 등가 임피던스는 분모가 109로 남지 않고 $\frac{7+j99}{10}\Omega$로 정리된다. 틀린 표현은 $\frac{106+j9}{109}\Omega$이고, 올바르게는 $\frac{7+j99}{10}\Omega$이다. ② X: $\frac{106+j99}{109}\Omega$도 병렬부 유리화와 직렬 가산을 끝까지 정리하지 못한 값이다. 허수부에 인덕터 영향이 일부 반영되어도 최종값은 반드시 $j10$을 직렬로 더한 $\frac{7+j99}{10}\Omega$가 되어야 한다. 틀린 표현은 $\frac{106+j99}{109}\Omega$이고, 올바르게는 $\frac{7+j99}{10}\Omega$이다. ③ X: $\frac{7-j9}{10}\Omega$는 병렬부 $\frac{7-j}{10}$에 인덕터의 $j10$을 직렬로 더하지 않았거나 부호를 잘못 처리한 값이다. 인덕터를 더하면 허수부는 -0.1이 아니라 $+9.9$가 된다. 틀린 표현은 $\frac{7-j9}{10}\Omega$이고, 올바르게는 $\frac{7+j99}{10}\Omega$이다. ④ O: 병렬부가 $\frac{7-j}{10}$이고 여기에 직렬 인덕터 $j10$을 더하면 $\frac{7+j99}{10}\Omega$가 되므로 맞는 선지이다.

오답 포인트

커패시터 임피던스를 $-j$로 두지 않고 $+j$로 쓰거나, 병렬 결합 결과 $\frac{7-j}{10}$만 구해 놓고 앞단 인덕터 $j10$을 마지막에 더하지 않는 실수가 자주 나온다. 또 병렬 유리화 중간의 분모를 최종값까지 그대로 끌고 가면 ①, ② 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

교류 회로 계산형은 소자를 먼저 임피던스로 바꾼 뒤 회로 연결 형태를 따라 직렬인지 병렬인지 순서대로 줄여 나가면 된다. 이 문항은 Z_L, Z_C 계산 후 오른쪽 가지를 직렬로 묶고, 그 결과를 1Ω와 병렬 결합한 다음, 마지막에 앞단 인덕터를 직렬 가산하면 된다.

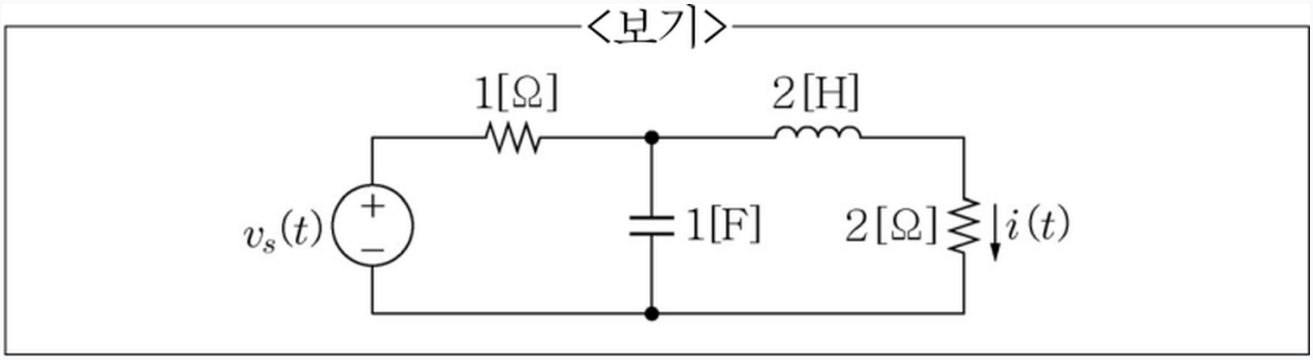
암기 포인트

인덕터는 $j\omega L$, 커패시터는 $\frac{1}{j\omega C}=-\frac{j}{\omega C}$이며, 직렬은 더하고 병렬은 곱해서 합으로 나눈다.

NoteBase

문 10. <보기>의 회로에서 $v_s(t)$를 입력, $i(t)$를 출력이라 할 때, 전달함수는?

<보기>



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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 s영역에서 임피던스로 바꾼 뒤 노달 해석으로 전달함수 $H(s) = I(s)/V_s(s)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력은 $V_s(s)$, 출력은 저항 2Ω를 지나는 전류 $I(s)$이다.
소자 임피던스: 저항 1Ω, 2Ω, 인덕터 $2H \to 2s$, 커패시터 $1F \to 1/s$이다.
구해야 할 값: $H(s) = I(s)/V_s(s)$이다.
주의할 조건: 출력은 오른쪽 저항의 전압이 아니라 전류이므로 마지막에 $I(s) = V_b(s)/2$를 써야 한다.

사용할 공식

노드 a를 1Ω 저항 뒤의 점, 노드 b를 2Ω 저항 위의 점으로 두면 KCL을 적용할 수 있다.
식은

$$\frac{V_a - V_b}{2s} = \frac{V_b}{2}, \qquad V_s - V_a = sV_a + \frac{V_a - V_b}{2s}$$

이다.
여기서 노드 a 식의 좌변 $V_s - V_a$는 1Ω 저항의 전압강하이므로 1Ω을 통해 노드 a로 들어오는 전류이고, 우변의 sV_a는 커패시터(1/s)로 흐르는 전류 $V_a/(1/s)$, $\frac{V_a - V_b}{2s}$는 인덕터(2s)로 흐르는 전류이다. 즉 1Ω으로 들어온 전류가 커패시터와 인덕터로 나뉜다는 전류 분배 구조이다.
이 공식을 쓰는 이유는 회로가 직병렬로 한 번에 단순화되기보다, 중간 노드 전압 V_a, V_b를 두면 출력전류까지 바로 연결되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

첫째, 노드 b에서
$\frac{V_a - V_b}{2s} = \frac{V_b}{2}$
이므로
$V_a - V_b = sV_b \Rightarrow V_a = (s+1)V_b$
이다.

둘째, 노드 a에서
$V_s - V_a = sV_a + \frac{V_a - V_b}{2s}$
이고, 위 관계를 대입하면
$V_s - (s+1)V_b = s(s+1)V_b + \frac{V_b}{2}$
이다.

셋째, 정리하면
$V_s = \left(s^2 + 2s + \frac{3}{2}\right)V_b = \frac{2s^2+4s+3}{2}V_b$
이므로
$\frac{V_b}{V_s} = \frac{2}{2s^2+4s+3}$
이다.

넷째, 출력전류는 $I(s) = V_b/2$이므로
$\frac{I(s)}{V_s(s)} = \frac{1}{2s^2+4s+3}$
이다.

선지별 해설

1번 X: 계산 결과 분모는 $2s^2 + 4s + 3$이어야 한다. 1번의 $2s^2 + 3s + 3$은 s의 계수 4를 3으로 잘못 줄인 식이다. 노드 a 식에서 $V_s - (s+1)V_b$를 전개할 때 $2sV_b$가 생긴다는 점이 반영되지 않아 틀렸다. 올바르게는 $\frac{1}{2s^2+4s+3}$이다.
2번 X: 이 식은 최고차항 계수 2가 사라져 인덕터 $2H$의 영향이 빠진 형태이다. 인덕터 임피던스가 $2s$이므로 2차항은 반드시 $2s^2$가 된다. 올바르게는 $\frac{1}{2s^2+4s+3}$이다.
3번 X: 이 식은 s의 계수 4와 상수항 3은 맞지만 최고차항 계수가 2가 아니라 1로 줄어 있다. 인덕터 임피던스 $2s$가 만드는 $2s^2$ 항을 s^2로 잘못 처리(인덕터를 $1H$로 착각)하면 이런 값이 나온다. 올바르게는 $\frac{1}{2s^2+4s+3}$이다.
4번 O: 노달 해석 결과 $\frac{I(s)}{V_s(s)} = \frac{1}{2s^2+4s+3}$이므로 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 출력을 전압처럼 다루거나, 노드식 정리 중 $2sV_b$ 항을 하나 빼먹는 데 있다. 특히 오른쪽 2Ω 저항은 출력전류를 정하는 소자이므로 $I(s) = V_b/2$를 끝까지 유지해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

전달함수 문제는 먼저 출력이 전압인지 전류인지 확정하고, 각 소자를 s영역 임피던스로 바꾼 뒤, 중간 노드에 KCL을 세워 V_{out}/V_{in} 또는 I_{out}/V_{in}을 바로 정리하는 방식으로 판단한다.

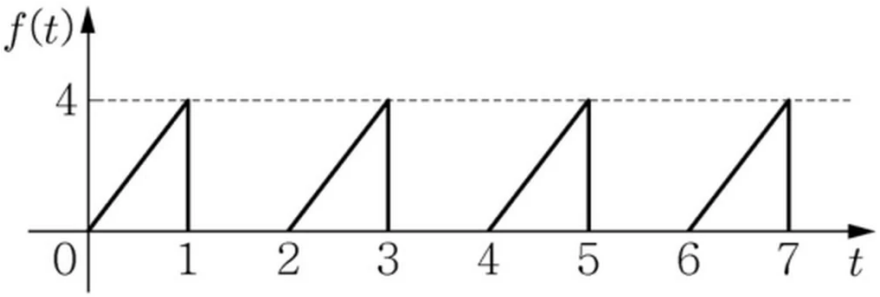
암기 포인트

인덕터는 $2H \rightarrow 2s$, 커패시터는 $1F \rightarrow 1/s$, 전류출력은 마지막에 $I = V/R$를 한 번 더 적용한다.

NoteBase

문 11. <보기>와 같은 주기함수 $f(t)$를 라플라스 변환한 $F(s)$는?

<보기>



① $\frac{4}{s(1-e^{-s})}(1-e^{-s}-se^{-s})$
② $\frac{4}{s^2(1-e^{-s})}(1-e^{-s}-se^{-2s})$
③ $\frac{4}{s^2(1-e^{-2s})}(1-e^{-s}-se^{-s})$
④ $\frac{4}{s(1-e^{-2s})}(1-e^{-s}-se^{-2s})$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 주기함수의 라플라스 변환 공식 $F(s)=\frac{1}{1-e^{-sT}}\int_0^T f(t)e^{-st}dt$를 적용해 한 주기 적분값을 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주기는 2이다.
한 주기 $0\le t<2$에서 $0\le t<1$ 구간은 $f(t)=4t$이고, $1\le t<2$ 구간은 $f(t)=0$이다.
따라서 한 주기 적분은 $\int_0^1 4te^{-st}dt$만 계산하면 된다.

사용할 공식

$F(s)=\frac{1}{1-e^{-sT}}\int_0^T f(t)e^{-st}dt$
이 문제는 파형이 주기 $T=2$로 반복되므로 주기함수의 라플라스 변환 공식을 그대로 적용한다.

NoteBase

계산 과정

$F(s) = \frac{1}{1-e^{-2s}} \int_0^1 4te^{-st}dt$
$\int te^{-st}dt = -\frac{t}{s}e^{-st} - \frac{1}{s^2}e^{-st}$
$\int_0^1 4te^{-st}dt = 4\left[-\frac{t}{s}e^{-st} - \frac{1}{s^2}e^{-st}\right]_0^1 = \frac{4}{s^2}(1 - e^{-s} - se^{-s})$
따라서
$F(s) = \frac{4}{s^2(1-e^{-2s})}(1 - e^{-s} - se^{-s})$
계산 결과가 3번 식과 일치한다.

선지 판단

1번 X: 분모가 $s(1-e^{-s})$로 되어 있는데, 주기함수 공식에서는 주기 $T=2$이므로 $1-e^{-2s}$가 들어가야 한다. 또한 적분 $\int_0^1 te^{-st}dt$를 계산하면 $1/s^2$가 생기므로 전체 계수도 $4/s^2$가 되어야 한다. 올바르게는 $\frac{4}{s^2(1-e^{-2s})}(1-e^{-s}-se^{-s})$이다.
2번 X: 적분 앞의 $4/s^2$ 형태는 맞지만 주기를 1로 본 듯이 $1-e^{-s}$를 사용한 점이 틀리다. 또 마지막 항도 se^{-2s}가 아니라 적분 상한 $t=1$에서 나온 se^{-s}이어야 한다. 올바르게는 $\frac{4}{s^2(1-e^{-2s})}(1-e^{-s}-se^{-s})$이다.
3번 O: 주기 2이므로 분모가 $1-e^{-2s}$이고, 한 주기 적분 결과가 $\frac{4}{s^2}(1-e^{-s}-se^{-s})$이므로 정확하다.
4번 X: 주기 2를 반영한 $1-e^{-2s}$는 맞지만, 적분 결과에서 $1/s^2$가 나와야 하므로 앞계수가 $4/s$인 것은 틀리다. 또한 마지막 항도 se^{-2s}가 아니라 se^{-s}이어야 한다. 올바르게는 $\frac{4}{s^2(1-e^{-2s})}(1-e^{-s}-se^{-s})$이다.

오답 포인트

주기함수 공식의 분모를 $1-e^{-sT}$가 아니라 구간 길이와 혼동해 $1-e^{-s}$로 쓰기 쉽다. 또 $\int te^{-st}dt$에서 $1/s^2$ 항이 생긴다는 점을 놓치면 1번이나 4번처럼 $1/s$만 남긴 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

주기 라플라스 문제는 먼저 주기 T를 확인하고, 다음으로 한 주기에서 0이 아닌 구간만 적분한 뒤, 마지막에 분모가 반드시 $1-e^{-sT}$인지와 적분 결과의 s 차수가 맞는지를 검산하면 된다.

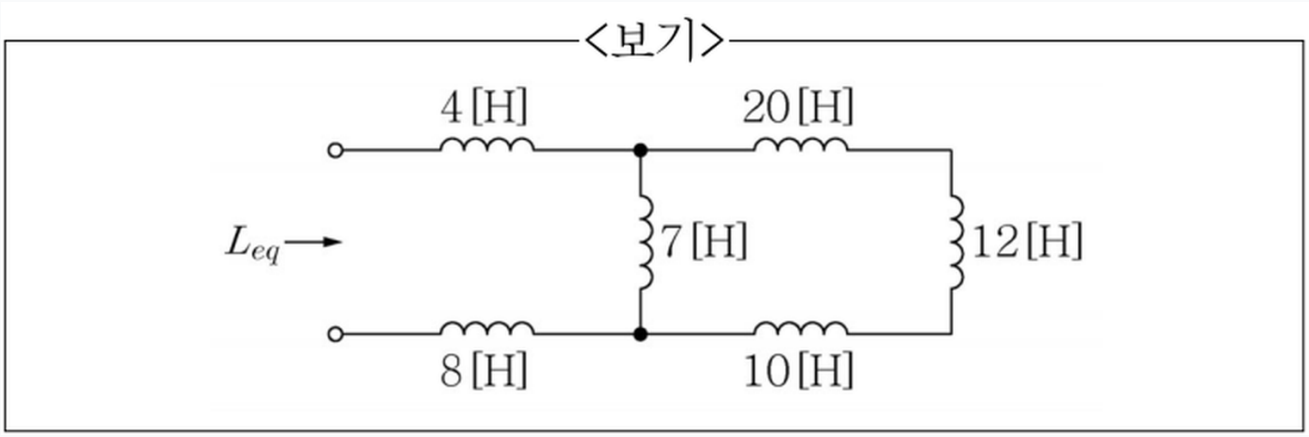
암기 포인트

주기함수 라플라스 변환은 $\frac{1}{1-e^{-sT}}$를 먼저 세우고, 한 주기 적분만 계산하면 된다.

NoteBase

문 12. <보기>의 회로에서 L_{eq}값은?

<보기>



① 12 [H]

② 14 [H]

③ 16 [H]

④ 18 [H]

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직렬과 병렬 연결을 구분하여 회로의 등가 인덕턴스 L_{eq}를 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 좌측 상단 4H, 좌측 하단 8H, 중앙 세로 7H, 우측 고리 부분은 20H, 12H, 10H이다.
구해야 할 값: 좌측 두 단자에서 본 등가 인덕턴스 L_{eq}이다.
주의할 조건: 우측의 20H, 12H, 10H는 한 경로의 직렬 연결이고, 이 직렬값이 중앙의 7H와 병렬이 된다.

사용할 공식

직렬 연결은 그대로 더하고, 병렬 연결은 $L_p = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유: 4H와 8H는 바깥쪽에서 각각 한 번만 지나므로 직렬이고, 두 검은 점 사이에는 7H 가지와 20 + 12 + 10H 가지가 나란히 연결되어 있어 병렬이기 때문이다.

계산 과정

먼저 우측 가지의 직렬 인덕턴스를 구하면 $20 + 12 + 10 = 42$H이다.
다음으로 두 검은 점 사이의 병렬 인덕턴스는 $7 \parallel 42 = \frac{7 \times 42}{7 + 42} = \frac{294}{49} = 6$H이다.
마지막으로 전체는 4H, 6H, 8H의 직렬이므로 $L_{eq} = 4 + 6 + 8 = 18$H이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 12H가 아니라 18H이다. 12H는 좌측의 4H와 8H만 더하고 중앙 병렬망 6H를 빠뜨린 값이므로 틀리다. 틀린 표현 → 올바르게는 $L_{eq} = 18\text{H}$이다.
2번 X: 계산 결과는 14H가 아니라 18H이다. 병렬 부분을 잘못 처리하거나 한쪽 직렬 인덕턴스를 누락하면 14H 같은 오답이 나오기 쉽다. 틀린 표현 → 올바르게는 중앙망이 6H이므로 전체는 18H이다.
3번 X: 계산 결과는 16H가 아니라 18H이다. 우측의 20H, 12H, 10H를 직렬 42H로 묶지 않으면 이런 오답이 나온다. 틀린 표현 → 올바르게는 $20 + 12 + 10 = 42\text{H}$를 먼저 만든 뒤 병렬 계산을 해야 한다.
4번 O: 두 검은 점 사이가 $7 \parallel 42 = 6\text{H}$가 되고, 여기에 좌측의 4H와 8H가 직렬로 더해져 전체가 18H가 된다.

오답 포인트

중앙의 7H와 우측의 20H, 12H, 10H 전체를 한 덩어리의 병렬로 보지 못하면 틀린다. 특히 우측 세 개를 각각 병렬처럼 보거나, 병렬 결과 6H를 전체 직렬합에 넣지 않는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로의 등가 인덕턴스 문제는 먼저 같은 두 노드 사이에 놓인 가지를 찾아 병렬 여부를 결정하고, 각 가지 내부는 직렬로 합친 뒤, 마지막에 바깥 직렬 성분을 더하는 순서로 판단한다.

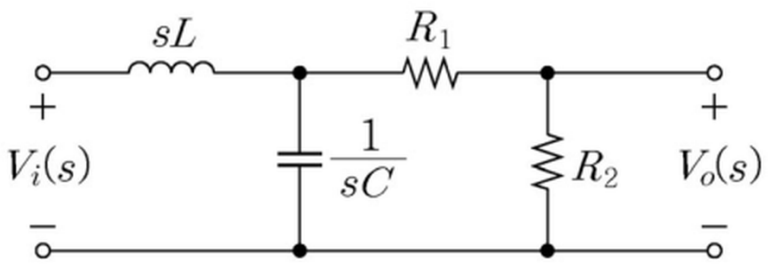
암기 포인트

직렬은 합, 병렬은 같은 두 노드 확인, 안쪽 병렬망부터 정리하면 L_{eq} 계산이 안정된다.

NoteBase

문 13. <보기>의 2-포트(port) 회로에서 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{0.2}{s^2+3s+2}$일 때, C값과 R_1+R_2의 값은? (단, $L=1[H]$이다.)

<보기>



① $C=\frac{1}{3}[F],\ R_1+R_2=\frac{3}{5}[\Omega]$

② $C=\frac{1}{4}[F],\ R_1+R_2=\frac{1}{5}[\Omega]$

③ $C=\frac{1}{2}[F],\ R_1+R_2=\frac{2}{3}[\Omega]$

④ $C=\frac{2}{3}[F],\ R_1+R_2=\frac{1}{3}[\Omega]$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 사다리형 2-포트 회로의 전달함수를 노드방정식으로 유도한 뒤 계수를 비교하여 C와 R_1+R_2를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $H(s)=\frac{0.2}{s^2+3s+2}$, $L=1H$이다.
구해야 할 값은 C와 R_1+R_2이다.
출력은 오른쪽 노드 전압 $V_o(s)$이므로 먼저 회로의 일반 전달함수를 만든 뒤 계수를 맞추면 된다.

NoteBase

사용할 공식

중간 노드 전압을 V_a라 두면 출력단은 저항 분압이므로 $\frac{V_o}{V_a} = \frac{R_2}{R_1+R_2}$이다.
또한 인덕터 임피던스는 $sL = s \cdot 1 = s$이므로, 중간 노드 KCL은 $\frac{V_i - V_a}{s} = sCV_a + \frac{V_a - V_o}{R_1}$이다. 좌변은 인덕터를 통해 들어오는 전류, 우변은 커패시터로 흐르는 전류 sCV_a와 R_1으로 나가는 전류의 합이다.
여기서 출력단이 R_1, R_2의 분압이므로 $\frac{V_a - V_o}{R_1} = \frac{V_a}{R_1+R_2}$가 되어 KCL은 $\frac{V_i - V_a}{s} = sCV_a + \frac{V_a}{R_1+R_2}$로 정리된다. 이 식에서 V_a를 구하고 $V_o = \frac{R_2}{R_1+R_2}V_a$를 대입한 뒤, 분모의 s^2 계수가 1이 되도록 C로 나누면
$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{R_2}{C(R_1+R_2)}}{s^2 + \frac{1}{C(R_1+R_2)}s + \frac{1}{C}}$
가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 전달함수의 분모 계수와 분자 이득이 모두 주어져 있으므로, 유도식의 계수를 직접 비교하면 미지수를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 분모의 상수항을 비교하면 $\frac{1}{C} = 2$이므로 $C = \frac{1}{2}F$이다.
2. 분모의 s항을 비교하면 $\frac{1}{C(R_1+R_2)} = 3$이다. 여기에 $C = \frac{1}{2}$를 대입하면 $\frac{2}{R_1+R_2} = 3$이므로 $R_1 + R_2 = \frac{2}{3}\Omega$이다.
3. 분자도 확인하면 $\frac{R_2}{C(R_1+R_2)} = 0.2$이고 $C(R_1+R_2) = \frac{1}{3}$이므로 $3R_2 = 0.2$, 따라서 $R_2 = \frac{1}{15}\Omega$가 되어 전체 식과 모순이 없다.

선지 판단

1번 X: 틀린 표현은 $C = \frac{1}{3}F, R_1 + R_2 = \frac{3}{5}\Omega$이다. 올바르게는 $C = \frac{1}{2}F, R_1 + R_2 = \frac{2}{3}\Omega$이다. $C = \frac{1}{3}$이면 분모 상수항 $\frac{1}{C}$가 3이 되어 주어진 2와 맞지 않는다.
2번 X: 틀린 표현은 $C = \frac{1}{4}F, R_1 + R_2 = \frac{1}{5}\Omega$이다. 올바르게는 $C = \frac{1}{2}F, R_1 + R_2 = \frac{2}{3}\Omega$이다. $C = \frac{1}{4}$이면 분모 상수항이 4가 되어 처음부터 불일치한다.
3번 O: $C = \frac{1}{2}F, R_1 + R_2 = \frac{2}{3}\Omega$는 $\frac{1}{C} = 2$, $\frac{1}{C(R_1+R_2)} = 3$을 모두 만족한다. 계산 결과와 정확히 일치한다.
4번 X: 틀린 표현은 $C = \frac{2}{3}F, R_1 + R_2 = \frac{1}{3}\Omega$이다. 올바르게는 $C = \frac{1}{2}F, R_1 + R_2 = \frac{2}{3}\Omega$이다. $C = \frac{2}{3}$이면 분모 상수항 $\frac{1}{C}$가 $\frac{3}{2}$가 되어 2가 될 수 없다.

오답 포인트

전달함수를 만든 뒤 분모를 s^2의 계수가 1인 정규형으로 맞추지 않으면 $\frac{1}{C}$와 $\frac{1}{C(R_1+R_2)}$를 잘못 읽기 쉽다. 또한 출력단 분압비 $\frac{R_2}{R_1+R_2}$만 보고 바로 $R_1 + R_2$를 정하려 하면 분모 계수 조건을 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

이런 회로 전달함수 문제는 먼저 노드식으로 일반형 $H(s)$를 만든 뒤, 분모 상수항에서 C를 정하고, 다음으로 s 항에서 $R_1 + R_2$를 구하고, 마지막에 분자 이득으로 검산하는 순서로 판단하면 된다.

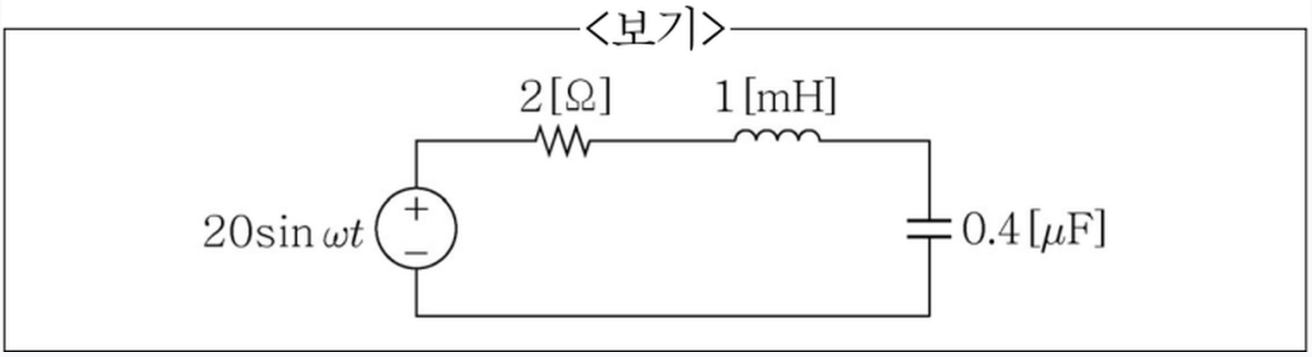
암기 포인트

정규형 분모가 $s^2 + as + b$이면 이 회로에서는 $\frac{1}{C} = b$, $\frac{1}{C(R_1+R_2)} = a$가 먼저 나온다.

NoteBase

문 14. <보기>의 RLC 공진 회로에서 대역폭(bandwidth)이 $2[krad/s]$일 때, 양호도(quality factor) Q의 값은?

<보기>



① 12.5

② 25

③ 50

④ 100

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬 RLC 공진회로에서 공진각주파수와 대역폭의 관계를 이용해 양호도 Q를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R = 2\Omega, L = 1mH = 10^{-3}H, C = 0.4\mu F = 0.4 \times 10^{-6}F$, 대역폭 $\Delta\omega = 2krad/s = 2000rad/s$ 이다.
구해야 할 값: 양호도 Q이다.
주의할 조건: 직렬 RLC 공진회로에서는 양호도를 $Q = \omega_0/\Delta\omega$로 계산할 수 있다.

사용할 공식

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$
이 공식을 쓰는 이유: 회로가 직렬 RLC 공진회로이고, 문제에서 대역폭과 소자값을 함께 주었으므로 공진각주파수 ω_0를 구한 뒤 $Q = \omega_0/\Delta\omega$로 바로 계산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 공진각주파수는 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$이므로
$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{(10^{-3})(0.4\times10^{-6})}} = 5.0\times10^4 rad/s = 50krad/s$
2. 양호도는 공진각주파수를 대역폭으로 나눈 값이므로
$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{50krad/s}{2krad/s} = 25$
3. 따라서 이 회로의 양호도는 25이다.

선지별 해설

① X: 12.5는 옳지 않다. 실제 계산값은 $Q = 25$이다. 이 값은 $Q = \omega_0/\Delta\omega$에서 대역폭을 한 번 더 2로 나누어 $Q = \omega_0/(2\Delta\omega)$처럼 잘못 계산할 때 나오기 쉽다. 올바르게는 양호도는 25이다.
② O: $\omega_0 = 50krad/s$, $\Delta\omega = 2krad/s$이므로 $Q = 50/2 = 25$이다. 따라서 2번이 옳다.
③ X: 50은 옳지 않다. 이는 공진각주파수 $50krad/s$ 자체를 양호도 값으로 착각한 경우이다. 양호도는 각주파수 자체가 아니라 $\omega_0/\Delta\omega$의 비이므로 올바르게는 25이다.
④ X: 100은 옳지 않다. 이는 $Q = \omega_0 L/R$에서 $R = 2\Omega$로 나누는 과정을 빠뜨려 $(5.0\times10^4)(10^{-3}) = 50$에 다시 잘못 배수를 주는 식의 과대계산에서 나올 수 있다. 올바르게는 $Q = (5.0\times10^4)(10^{-3})/2 = 25$이다.

오답 포인트

공진각주파수 ω_0와 양호도 Q를 같은 값으로 착각하거나, 대역폭 $\Delta\omega$가 이미 주어졌는데 분모를 한 번 더 나누면 오답이 된다. $krad/s$ 단위는 분자와 분모에서 약분되고, Q는 무차원 값이라는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 RLC에서 대역폭이나 R, L, C가 주어지면 먼저 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$를 구하고, 이어 $Q = \omega_0/\Delta\omega$ 또는 $Q = \omega_0 L/R$로 계산한다. 최종적으로 Q는 단위가 없는 비라는 점까지 함께 검산하면 된다.

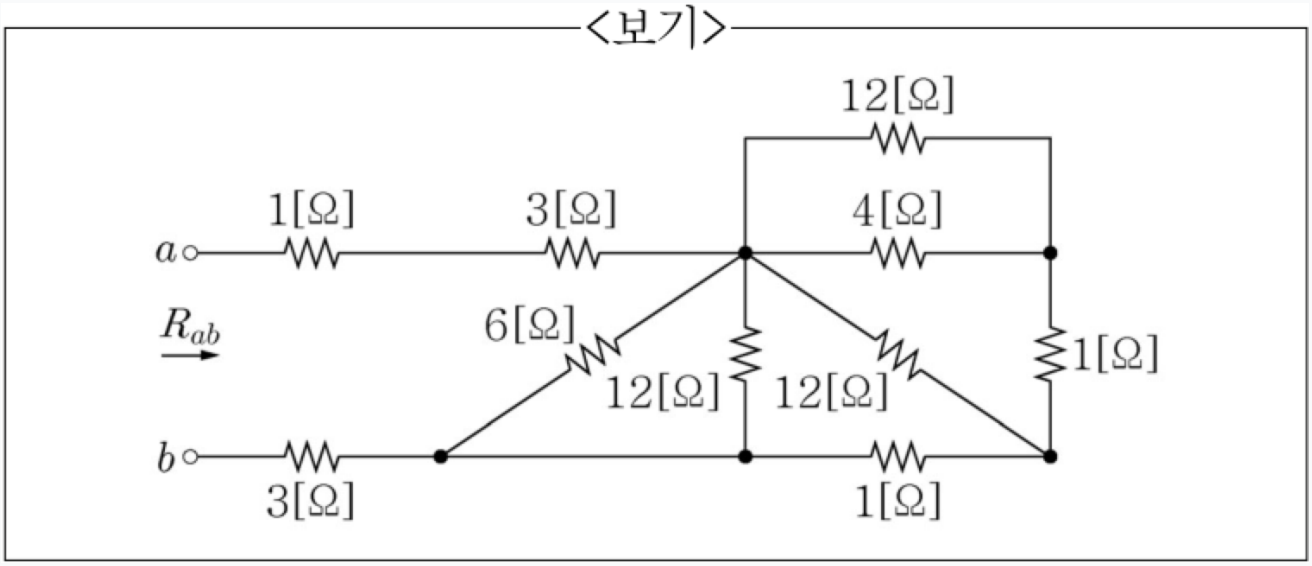
암기 포인트

직렬 RLC 공진회로는 $Q = \omega_0/\Delta\omega = \omega_0 L/R = \frac{1}{R}\sqrt{L/C}$이다.

NoteBase

문 15. <보기>의 회로에서 단자 a, b 사이에 연결된 저항들의 등가저항 R_{ab}의 값은?

<보기>



① 9[Ω]

② 11[Ω]

③ 13[Ω]

④ 15[Ω]

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직렬·병렬 결합을 단계적으로 줄여 단자 a, b 사이의 등가저항 R_{ab}를 구하는 문제이다.

조건 정리

먼저 노드를 다음과 같이 부른다. 중심 노드는 a쪽 3Ω와 여러 가지가 모이는 가운데 접속점, 하단 노드는 b쪽 3Ω가 닿는 아래쪽 접속점(가운데 세로 12Ω의 아래 끝과 같은 점)이다. 우측 상단은 4Ω의 오른쪽 끝점, 우측 하단은 오른쪽 세로 1Ω의 아래 끝점이며, 하단 노드와 우측 하단은 서로 다른 노드로 1Ω로 연결된다.
주어진 값: a에서 중심 노드까지는 1Ω와 3Ω가 직렬, b에서 하단 노드까지는 3Ω가 직렬이다.
중심-하단 사이는 6Ω와 12Ω의 병렬이다.
중심-우측 상단 사이는 12Ω와 4Ω의 병렬이고, 우측 상단-우측 하단은 1Ω, 하단-우측 하단은 1Ω, 중심-우측 하단은 12Ω이다.
구해야 할 값: 단자 a, b 사이의 전체 등가저항 R_{ab}이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2018 · 6월

사용할 공식

병렬저항 공식은 $R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 이고, 직렬저항 공식은 $R_s = R_1 + R_2$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 회로의 일부가 같은 두 노드 사이에 연결된 병렬 구조이고, 이를 줄인 뒤에는 연속으로 이어진 직렬 구조가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 중심-하단의 왼쪽 가지는 6Ω와 12Ω의 병렬이므로 $R_{CB1} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4\Omega$ 이다.
2. 중심-우측 상단은 12Ω와 4Ω의 병렬이므로 $R_{CE} = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = 3\Omega$ 이다.
3. 이 값은 우측 상단-우측 하단의 1Ω와 직렬이므로 중심에서 우측 하단까지 위쪽 경로는 $R_{CD1} = 3 + 1 = 4\Omega$ 이다.
4. 중심-우측 하단의 직접 연결 12Ω와 위쪽 경로 4Ω는 같은 두 노드 사이의 병렬이므로 $R_{CD} = \frac{12 \times 4}{12 + 4} = 3\Omega$ 이다.
5. 우측 하단에서 하단 노드까지 1Ω가 직렬이므로 중심에서 하단 노드까지 오른쪽 전체 경로는 $R_{CB2} = 3 + 1 = 4\Omega$ 이다.
6. 따라서 중심-하단 전체는 왼쪽 경로 4Ω와 오른쪽 경로 4Ω의 병렬이므로 $R_{CB} = \frac{4 \times 4}{4 + 4} = 2\Omega$ 이다.
7. 마지막으로 a에서 중심까지 $1 + 3 = 4\Omega$, b에서 하단까지 3Ω가 각각 직렬이므로 $R_{ab} = 4 + 2 + 3 = 9\Omega$ 이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 $R_{ab} = 9\Omega$이므로 옳다.
② X: 11Ω는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $R_{ab} = 9\Omega$이다. 중심-하단의 두 경로(각 4Ω)를 병렬로 묶지 않고 한 경로만 4Ω로 두면 중심-하단 저항이 2Ω가 아니라 4Ω가 되어 $R_{ab} = 4 + 4 + 3 = 11\Omega$이 나온다. 이처럼 병렬 처리를 놓치는 것이 대표적 오답 원인이다.
③ X: 13Ω는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $R_{ab} = 9\Omega$이다. 6Ω와 12Ω를 병렬이 아니라 단순 합성으로 오해하면 이런 값이 나올 수 있다.
④ X: 15Ω는 계산 결과와 다르다. 올바르게는 $R_{ab} = 9\Omega$이다. 병렬 구간을 줄이지 않고 큰 가지들을 모두 직렬처럼 취급하면 대표적으로 나오는 오답이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 병렬 구간이 한 번만 있는 것이 아니라 두 번 중첩된다는 점이다. 특히 중심-우측 상단의 12Ω와 4Ω를 먼저 3Ω로 줄인 뒤, 그 결과를 우측 세로 1Ω와 직렬로 보고, 다시 중심-우측 하단의 12Ω와 병렬 처리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로망형 등가저항 문제는 같은 두 노드를 공유하는 저항부터 병렬로 묶고, 줄어든 뒤 직렬이 되는 구간을 다시 합친 다음, 마지막에 남는 병렬을 한 번 더 처리하는 순서로 판단하면 된다.

NoteBase

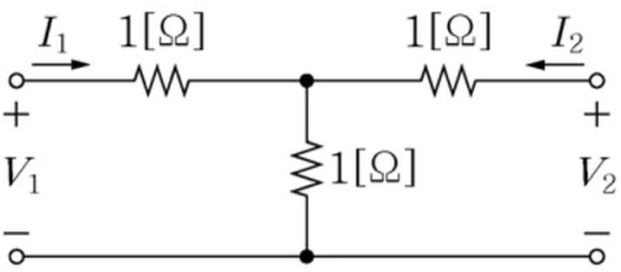
암기 포인트

병렬은 같은 두 노드, 직렬은 중간 분기 없음이다. 이 문항의 핵심 값은 $6 \parallel 12 = 4$, $12 \parallel 4 = 3$, $4 \parallel 4 = 2$이다.

NoteBase

문 16. <보기>의 2-포트(port) 회로에서 z-파라미터 값들의 총합 $z_{11} + z_{12} + z_{21} + z_{22}$의 값은?

<보기>



① 4 [Ω]

② 6 [Ω]

③ 8 [Ω]

④ 10 [Ω]

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 T형 2-포트 회로에서 개방조건으로 z-파라미터를 구한 뒤 그 합을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 좌우 직렬저항이 각각 1Ω이고 중앙의 세로 저항이 1Ω이다.

구해야 할 값: $z_{11} + z_{12} + z_{21} + z_{22}$이다.

주의할 조건: z-파라미터는 반대 포트를 개방한 상태, 즉 해당 포트 전류가 0인 조건에서 정의된다.

사용할 공식

$z_{11} = \frac{V_1}{I_1}\Big|_{I_2=0}, z_{12} = \frac{V_1}{I_2}\Big|_{I_1=0}, z_{21} = \frac{V_2}{I_1}\Big|_{I_2=0}, z_{22} = \frac{V_2}{I_2}\Big|_{I_1=0}$이다.

이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 z-파라미터의 합을 직접 묻고 있으므로 각 파라미터를 정의대로 구하면 바로 합산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

먼저 $I_2 = 0$으로 두면 오른쪽 포트가 개방되어 오른쪽 1Ω 저항에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 V_2는 중앙 노드 전압과 같다.

$z_{11} = \frac{V_1}{I_1}\Big|_{I_2=0} = 1 + 1 = 2\Omega, \quad z_{21} = \frac{V_2}{I_1}\Big|_{I_2=0} = 1\Omega$

같은 방식으로 $I_1 = 0$이면 왼쪽 포트가 개방되어

$z_{22} = \frac{V_2}{I_2}\Big|_{I_1=0} = 1 + 1 = 2\Omega, \quad z_{12} = \frac{V_1}{I_2}\Big|_{I_1=0} = 1\Omega$

따라서

$z_{11} + z_{12} + z_{21} + z_{22} = 2 + 1 + 1 + 2 = 6\Omega$

이다.

선지 판단

1번 X: 4Ω는 $z_{11} + z_{22}$만 더하고 상호임피던스 z_{12}, z_{21}를 빠뜨린 값이다. 총합은 4Ω이 아니라 6Ω이다.

2번 O: 개방조건에서 $z_{11} = 2\Omega, z_{12} = 1\Omega, z_{21} = 1\Omega, z_{22} = 2\Omega$가 되어 합은 6Ω이다.

3번 X: 8Ω는 네 파라미터가 모두 2Ω이라고 잘못 본 값이다. 상호임피던스 두 개는 중앙의 세로 1Ω만 반영되므로 각각 1Ω이다. 총합은 8Ω이 아니라 6Ω이다.

4번 X: 10Ω는 저항 세 개를 단순 합산한 뒤 그 값을 파라미터 계산에 중복 반영한 경우에 가까운 값이다. z-파라미터는 포트 개방조건별 전압-전류비로 구해야 하므로 총합은 10Ω이 아니라 6Ω이다.

오답 포인트

자기 임피던스 z_{11}, z_{22}만 보고 상호임피던스 z_{12}, z_{21}를 빼먹으면 4Ω가 나온다. 회로가 대칭이라는 이유만으로 네 파라미터를 모두 같게 두면 8Ω가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

T형 2-포트 회로는 한쪽 포트를 개방해 전류를 0으로 둔 뒤 입력단에서 보이는 임피던스로 자기 임피던스를, 반대편 개방전압으로 상호임피던스를 짝지어 구하면 된다.

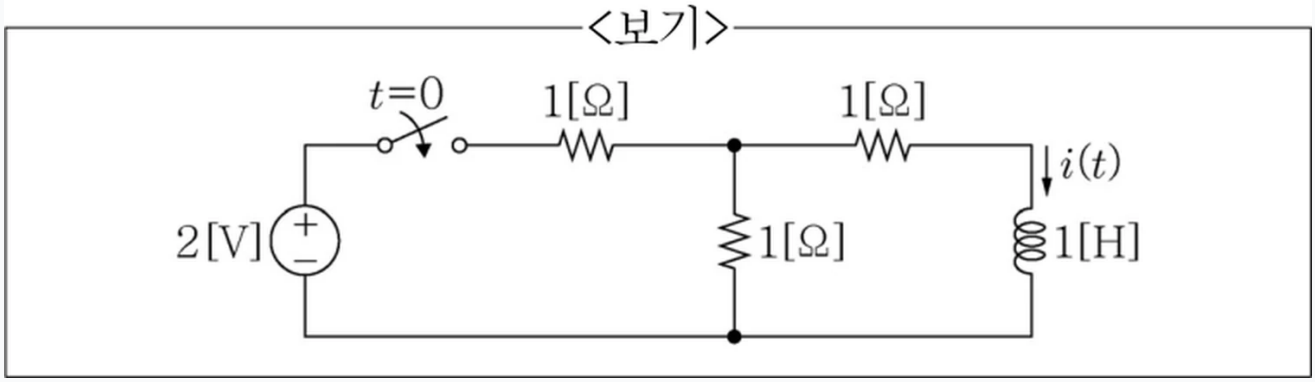
암기 포인트

T형 2-포트에서 좌우 직렬팔은 z_{11}, z_{22}를 키우고 가운데 세로 저항은 z_{12}, z_{21}의 공통값이 된다.

NoteBase

문 17. <보기>의 회로에서 스위치가 $t < 0$일 때 오랜 시간 동안 열려 있다가 $t \geq 0$일 때 닫히는 경우, $t \geq 0$에서 $i(t)$의 값은?

<보기>



① $\frac{2}{3} - \frac{2}{3}e^{-t}$[A]
② $\frac{2}{3} - \frac{2}{3}e^{-1.5t}$[A]
③ $\frac{2}{3} + \frac{2}{3}e^{-t}$[A]
④ $\frac{2}{3} + \frac{2}{3}e^{-1.5t}$[A]

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 RL 1차 회로에서 초기전류, 정상상태전류, 인덕터가 보는 등가저항을 이용해 $i(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원은 2 V, 저항은 모두 1Ω, 인덕터는 1H이다.
구해야 할 값: 스위치가 $t = 0$에 닫힌 뒤의 인덕터 전류 $i(t)$이다.
주의할 조건: $t < 0$에 스위치가 오래 열려 있었으므로 $i(0^-) = 0$이고, 인덕터 전류 연속성에 의해 $i(0^+) = 0$이다.

사용할 공식

1차 RL 회로의 전류는 $i(t) = i(\infty) + [i(0^+) - i(\infty)]e^{-t/\tau}$, 시정수는 $\tau = \frac{L}{R_{eq}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 스위치 동작 뒤 회로는 저항망과 인덕터 1개로 이루어진 1차 RL 과도회로이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $t \to \infty$에서 인덕터는 단락으로 본다. 그러면 가운데 노드에서 아래 1Ω과 오른쪽 가지의 1Ω이 병렬이므로 등가저항은 $1 \parallel 1 = \frac{1}{2}\Omega$이다.
2. 전원에서 보면 왼쪽 1Ω와 $\frac{1}{2}\Omega$가 직렬이므로 전체전류는 $\frac{2}{1+1/2} = \frac{4}{3}\text{A}$이고, 가운데 노드 전압은 $\frac{4}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{2}{3}\text{V}$이다. 따라서 인덕터 가지 전류의 정상상태값은 $i(\infty) = \frac{2}{3}\text{A}$이다.
3. 시정수를 위해 전원을 0으로 두면 전압원은 단락된다. 인덕터 단자에서 보면 오른쪽 1Ω이 직렬이고, 그 왼쪽 노드에서 아래 1Ω과 왼쪽 1Ω이 병렬이므로 $R_{eq} = 1 + (1 \parallel 1) = 1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}\Omega$이다.
4. 따라서 $\tau = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{1}{3/2} = \frac{2}{3}\text{s}$이고, $i(0^+) = 0$이므로
$i(t) = \frac{2}{3} + \left(0 - \frac{2}{3}\right)e^{-t/(2/3)} = \frac{2}{3} - \frac{2}{3}e^{-1.5t}\text{A}$
가 된다.

선지별 해설

① X: 지수부가 e^{-t}이면 인덕터가 보는 등가저항을 1Ω로 잘못 본 셈이다. 실제로는 $R_{eq} = \frac{3}{2}\Omega$이므로 시정수는 $\frac{2}{3}\text{s}$이고, 틀린 표현은 지수의 계수 1이다. 올바르게는 $e^{-1.5t}$가 되어야 한다.
② O: $i(0^+) = 0$, $i(\infty) = \frac{2}{3}\text{A}$, $\tau = \frac{2}{3}\text{s}$를 모두 만족하므로 옳다.
③ X: 이 식은 $t = 0$에서 $i(0) = \frac{4}{3}\text{A}$가 되어 인덕터 전류 연속성에 어긋난다. 틀린 표현은 앞의 플러스 부호이고, 올바르게는 $\frac{2}{3} - \frac{2}{3}e^{-1.5t}\text{A}$이다.
④ X: 이 식도 $t = 0$에서 $i(0) = \frac{4}{3}\text{A}$가 되어 초기조건에 맞지 않고, 지수의 계수도 잘못되었다. 틀린 표현은 플러스 부호와 시간상수 반영 부분이고, 올바르게는 $\frac{2}{3} - \frac{2}{3}e^{-1.5t}\text{A}$이다.

오답 포인트

인덕터 전류는 스위치 직후 순간적으로 바뀌지 않으므로 $i(0^+)$를 먼저 확인하면 ③, ④를 바로 걸러낼 수 있다. 또 시정수는 인덕터가 바라보는 등가저항으로 구하므로 전원을 끈 뒤 병렬 1Ω 두 개를 놓치면 ① 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

RL 과도문제는 $i(0^+)$와 $i(\infty)$를 먼저 구하고, 그다음 전원을 꺼서 R_{eq}를 계산해 $\tau = \frac{L}{R_{eq}}$를 넣으면 된다.
마지막에는 식이 초기값에서 정상값으로 수렴하는지 확인하면 부호 오류를 걸러낼 수 있다.

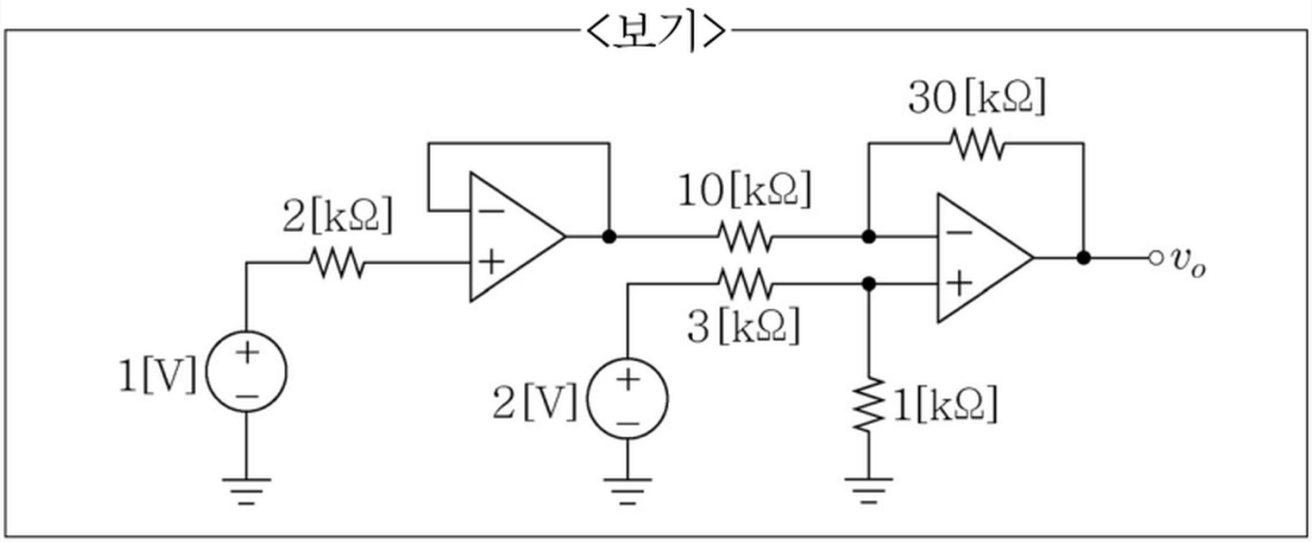
암기 포인트

RL 1차 응답은 초기값 보존, 정상값 수렴, $\tau = \frac{L}{R_{eq}}$로 정리된다.

NoteBase

문 18. 이상적인 연산증폭기를 사용한 <보기>의 회로에서 출력전압 v_o의 값은?

<보기>



① $-1[V]$
② $\frac{1}{3}[V]$
③ $\frac{5}{3}[V]$
④ $3[V]$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기의 입력전류 0, 전압 팔로어, 가상단락 조건을 이용해 출력전압 v_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 첫 번째 연산증폭기 입력은 1 V 전원에 연결되어 있고, 두 번째 연산증폭기의 비반전 입력은 2 V 전원과 3 kΩ, 접지와 1 kΩ으로 연결되어 있다.
구해야 할 값: 출력전압 v_o이다.
주의할 조건: 이상적 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고, 음귀환이 걸리면 $v_- = v_+$가 된다.

NoteBase

사용할 공식

첫 번째 연산증폭기는 전압 팔로어이므로 출력은 입력과 같아 1 V이다.
두 번째 연산증폭기의 비반전 입력 전압은 전압분배로 $v_+ = 2 \times \frac{1}{3+1} = 0.5\text{V}$이다.
음귀환 상태의 이상적 연산증폭기이므로 $v_- = v_+ = 0.5\text{V}$이고, 반전 입력 노드에서 KCL을 적용하면
$\frac{v_- - 1}{10\text{k}\Omega} + \frac{v_- - v_o}{30\text{k}\Omega} = 0$
이 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 번째 연산증폭기가 반전 입력 쪽에 입력저항과 귀환저항이 연결된 선형 음귀환 회로이기 때문이다.

계산 과정

1. 첫 번째 연산증폭기는 출력이 반전 입력에 직접 귀환된 전압 팔로어이므로 출력전압은 1 V이다.
2. 두 번째 연산증폭기의 비반전 입력 전압은 2 V가 3 kΩ와 1 kΩ에 걸쳐 분배된 값이므로 $v_+ = 2 \times \frac{1}{4} = 0.5\text{V}$이다.
3. 이상적 연산증폭기의 가상단락으로 $v_- = 0.5\text{V}$이다.
4. 반전 입력 노드에서 KCL을 쓰면
$\frac{0.5 - 1}{10\text{k}\Omega} + \frac{0.5 - v_o}{30\text{k}\Omega} = 0$
$3(0.5 - 1) + (0.5 - v_o) = 0$
$-1.5 + 0.5 - v_o = 0$
$v_o = -1\text{V}$
이 된다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2018 · 6월

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $v_o = -1\mathrm{V}$이므로 옳다.

② X
- $\frac{1}{3}\mathrm{V}$는 계산 결과와 다르므로 틀리다.
- 틀린 표현은 출력전압 값이 $\frac{1}{3}\mathrm{V}$라는 점이다. 올바르게는 출력전압이 $-1\mathrm{V}$이다.

③ X
- $\frac{5}{3}\mathrm{V}$는 계산 결과와 다르므로 틀리다.
- 틀린 표현은 출력전압 값이 $\frac{5}{3}\mathrm{V}$라는 점이다. 올바르게는 출력전압이 $-1\mathrm{V}$이다.
- 이런 값은 비반전 입력의 0.5 V를 잘못 다루거나, 귀환저항과 입력저항의 비를 그대로 더하는 과정에서 나올 수 있다.

④ X
- 3 V는 계산 결과와 다르므로 틀리다.
- 틀린 표현은 출력전압 값이 3 V라는 점이다. 올바르게는 출력전압이 $-1\mathrm{V}$이다.
- 이런 값은 첫 번째 연산증폭기 출력 1 V와 2 V 전원을 단순 합산하거나, 반전 증폭기의 부호를 놓치면 나올 수 있다.

오답 포인트

첫 번째 연산증폭기의 2 kΩ에서 전압강하가 생긴다고 오해하거나, 두 번째 연산증폭기에서 $v_- = v_+$ 조건을 놓치면 오답이 된다. 특히 반전 입력 쪽 계산에서 부호를 잘못 두면 양의 전압 선지로 끌려가기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상적 연산증폭기 회로는 먼저 각 연산증폭기의 역할을 전압 팔로어인지 증폭기인지 구분하고, 비반전 입력 전압을 먼저 구한 뒤, 마지막에 가상단락과 KCL로 출력을 계산하면 안정적으로 판단할 수 있다.

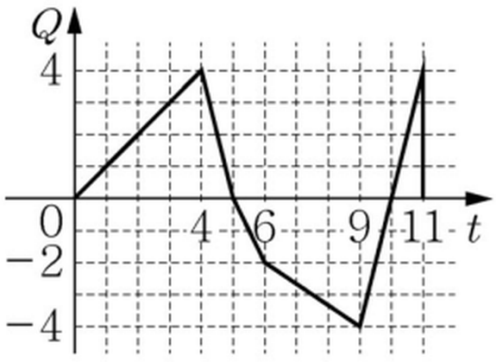
암기 포인트

전압 팔로어는 입력을 그대로 내보내고, 이상적 연산증폭기의 음귀환 회로는 $v_- = v_+$에서 시작한다.

NoteBase

문 19. 시간에 따른 전하 Q[C]의 변화가 <보기>와 같을 때, 전류의 크기가 가장 클 때는?

<보기>



① t=3

② t=6

③ t=8

④ t=10

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 전류 i가 전하 Q의 시간미분 $i = \frac{dQ}{dt}$라는 점을 이용해, $Q - t$ 그래프의 기울기 절댓값이 가장 큰 시각을 고르는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 시간에 따른 전하 Q의 그래프이다.
구해야 할 값은 전류의 크기 $|i| = \left|\frac{dQ}{dt}\right|$가 가장 큰 시각이다.
주의할 조건은 전류의 크기는 Q값 자체가 아니라 그래프의 기울기 절댓값으로 판단한다는 점이다.

사용할 공식

$i = \frac{dQ}{dt}$
이 공식을 쓰는 이유는 전류가 단위시간당 전하의 변화량이므로, $Q - t$ 그래프에서는 각 시각의 접선 기울기가 곧 전류가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

그래프의 각 구간 기울기 절댓값을 비교한다.
$t = 3$이 있는 0초부터 4초 구간은 Q가 0에서 4로 직선 증가하므로 기울기는 $\frac{4-0}{4-0} = 1$이다.
$t = 8$이 있는 6초부터 9초 구간은 Q가 -2에서 -4로 직선 감소하므로 기울기는 $\frac{-4-(-2)}{9-6} = -\frac{2}{3}$이고 크기는 $\frac{2}{3}$이다.
$t = 10$이 있는 9초부터 11초 구간은 Q가 -4에서 4로 직선 증가하므로 기울기는 $\frac{4-(-4)}{11-9} = 4$이고 크기는 4이다.
따라서 기울기 절댓값이 가장 큰 시각은 $t = 10$이다.

선지 판단

1번 X: $t = 3$에서는 기울기가 1이므로 전류의 크기는 1이다. 틀린 표현은 "가장 클 때"이고, 올바르게는 "전류의 크기는 1로 최대가 아니다"이다.
2번 X: $t = 6$ 부근의 내리막 기울기 절댓값은 크지만, $t = 10$이 포함된 9초부터 11초 구간의 기울기 절댓값 4보다 작다. 틀린 표현은 "가장 클 때"이고, 올바르게는 "더 큰 전류의 크기는 $t = 10$에서 나타난다"이다.
3번 X: $t = 8$에서는 기울기가 $-\frac{2}{3}$이므로 전류의 크기는 $\frac{2}{3}$이다. 틀린 표현은 "가장 클 때"이고, 올바르게는 "전류의 크기는 작고 최대가 아니다"이다.
4번 O: $t = 10$에서는 기울기가 4이므로 전류의 크기가 4로 가장 크다. 가장 가파른 상승 구간에 해당하므로 정답이다.

오답 포인트

전하 Q의 크기와 전류의 크기를 혼동하면 틀린다. 이 문항은 Q값이 큰 시각이 아니라 그래프가 가장 가파른 시각을 묻고, 부호까지 포함한 기울기보다 기울기 절댓값의 대소비교가 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

전류, 속도, 변화율을 묻는 그래프 문제는 세로축 값 자체를 보지 않고 먼저 기울기를 본다. 그다음 각 선택지가 놓인 구간의 기울기 부호와 절댓값을 비교하면 된다.

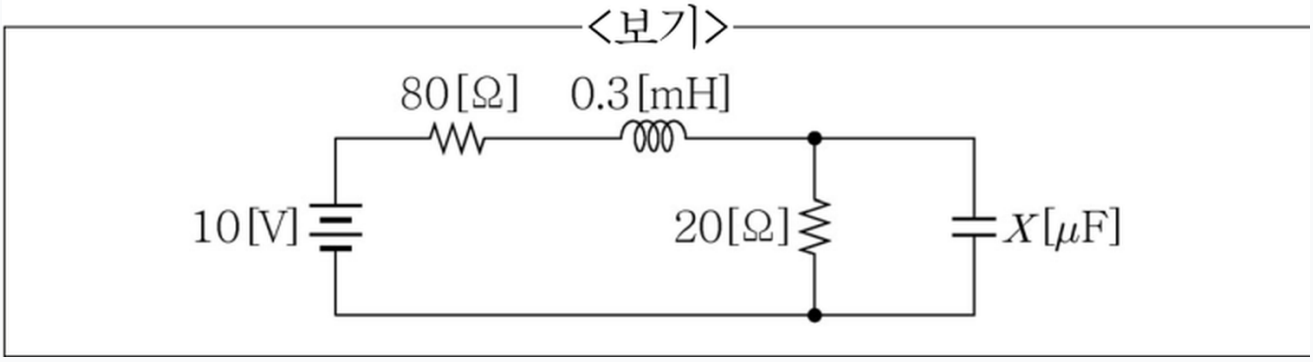
암기 포인트

전류는 Q가 아니라 $Q - t$ 그래프의 기울기이며, 크기는 기울기 절댓값이다.

NoteBase

문 20. <보기>와 같은 직류전압으로 연결된 RLC 회로가 있다. 인덕터와 콘덴서에 저장되는 에너지가 같을 때, 콘덴서 X의 값은?

<보기>



① 0.5[μF]

② 0.75[μF]

③ 1[μF]

④ 1.25[μF]

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직류 정상상태에서 인덕터는 단락, 콘덴서는 개방이 된다는 성질을 이용한 뒤, W_L=12LI^2, W_C=12CV^2를 같게 두어 콘덴서 값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V = 10V, R_1 = 80\Omega, R_2 = 20\Omega, L = 0.3mH$
구해야 할 값: $C = X$
주의할 조건: 직류 정상상태에서는 인덕터는 도선처럼 단락되고, 콘덴서는 전류가 흐르지 않는 개방상태가 된다.

사용할 공식

사용 공식은 W_L=12LI^2, W_C=12CV^2이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 인덕터와 콘덴서에 저장되는 에너지가 같다고 했기 때문이다. 따라서 정상상태에서의 인덕터 전류 I와 콘덴서 전압 V_C를 먼저 구한 뒤 $W_L = W_C$로 두면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 직류 정상상태에서 인덕터는 단락, 콘덴서는 개방이므로 회로는 80Ω와 20Ω가 직렬인 형태로 바뀐다.
2. 회로전류는 $I = \frac{10}{80+20} = 0.1A$이다.
3. 콘덴서 양단 전압은 20Ω 저항과 같으므로 $V_C = 0.1 \times 20 = 2V$이다.
4. 에너지 같음 조건을 적용하면 12LI^2=12CV_C^2이므로
$C = \frac{LI^2}{V_C^2} = \frac{0.3 \times 10^{-3} \times (0.1)^2}{2^2} = 7.5 \times 10^{-7}F = 0.75\mu F$이다.

선지별 해설

① X: 에너지 같음 조건에 대입하면 $X = 0.5\mu F$가 아니라 $0.75\mu F$가 나온다. 틀린 표현은 "$X = 0.5\mu F$"이고, 올바르게는 "$X = 0.75\mu F$"이다.
② O: 정상상태에서 $I = 0.1A$, $V_C = 2V$이므로 $C = 0.75\mu F$가 된다. 따라서 ②가 옳다.
③ X: $X = 1\mu F$이면 콘덴서 에너지가 인덕터 에너지보다 커져 조건을 만족하지 못한다. 틀린 표현은 "$X = 1\mu F$"이고, 올바르게는 "$X = 0.75\mu F$"이다.
④ X: $X = 1.25\mu F$도 에너지 같음 조건에서 나온 값이 아니다. 틀린 표현은 "$X = 1.25\mu F$"이고, 올바르게는 "$X = 0.75\mu F$"이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 콘덴서 전압을 전원전압 10 V로 바로 두거나, 인덕터 전류를 10/80으로 계산하는 데 있다. 직류 정상상태에서는 콘덴서가 개방되어도 20Ω 저항은 회로에 남아 있으므로, 먼저 직렬 등가회로에서 $I = 10/(80 + 20)$를 구하고 그다음 $V_C = 20I$를 써야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류 RLC 저장에너지 문제는 먼저 정상상태 등가회로로 바꾼 뒤, 인덕터 전류와 콘덴서 전압을 구하고, 마지막에 W_L=12LI^2, W_C=12CV^2를 연결해 판단하면 된다.

암기 포인트

직류 정상상태에서는 인덕터는 단락, 콘덴서는 개방이며, 저장에너지는 W_L=12LI^2, W_C=12CV^2이다.

NoteBase