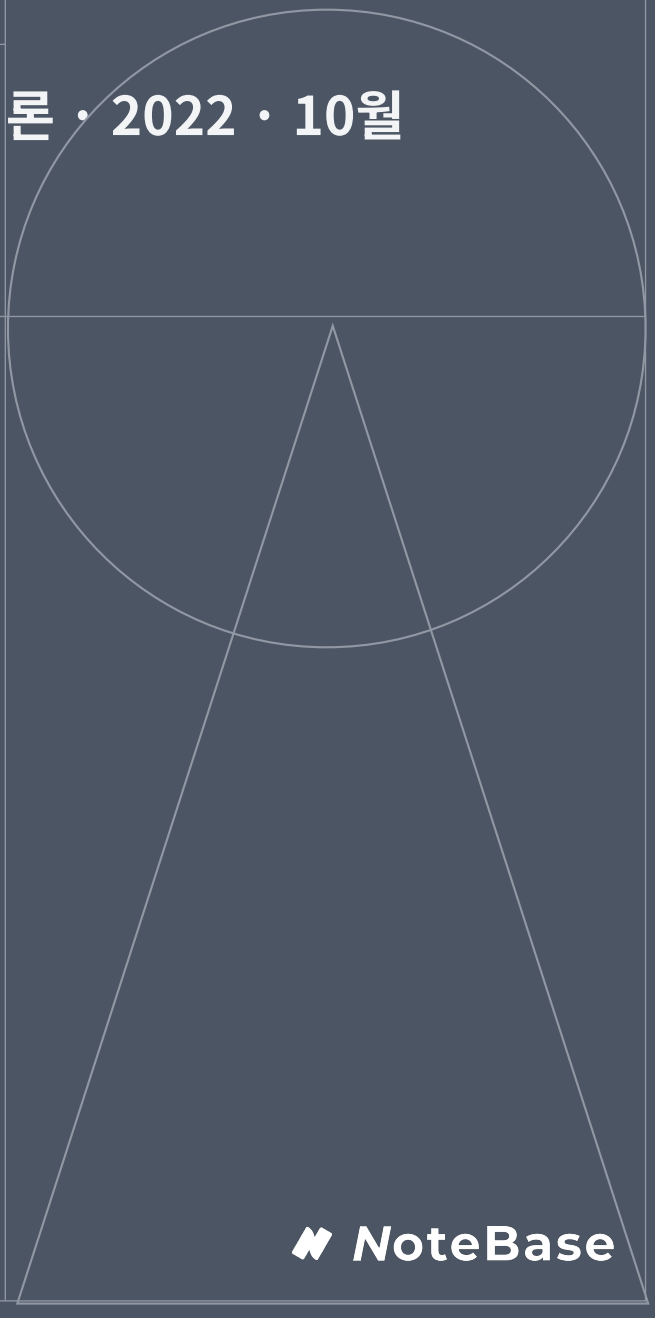
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2022 · 10월



NoteBase

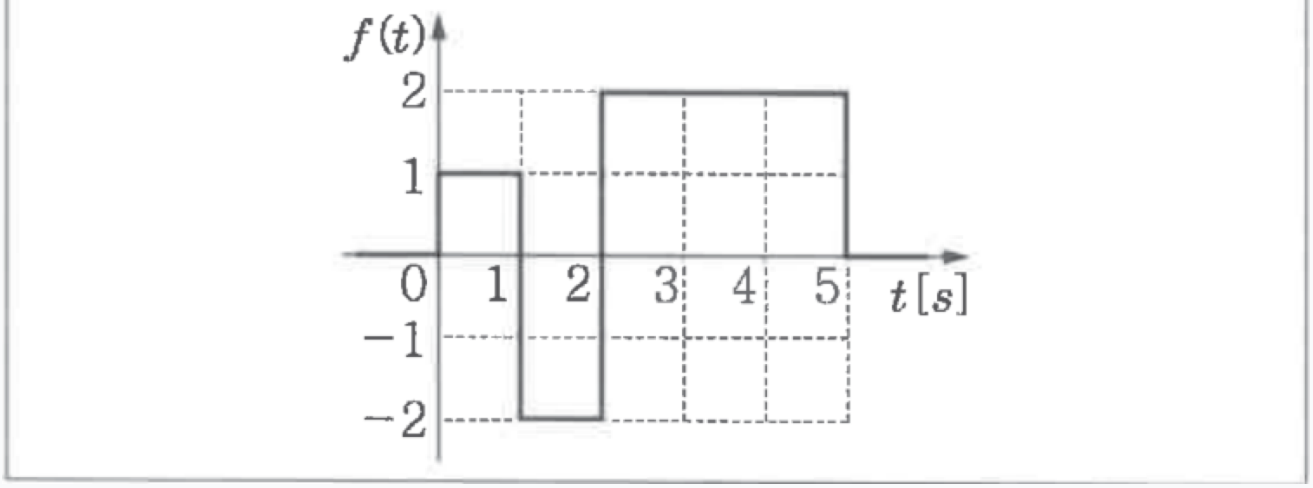
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2022 · 10월

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2022 · 10월

문 1. <보기>의 함수 f(t)에 대한 라플라스 변환 F(s)는?

<보기>



① $\frac{1}{s}-\frac{3}{s}e^{-s}+\frac{4}{s}e^{-2s}-\frac{1}{s}e^{-5s}$

② $\frac{1}{s}-\frac{3}{s^2}e^{-s}+\frac{4}{s}e^{-2s}+\frac{2}{s}e^{-5s}$

③ $\frac{1}{s}-\frac{3}{s}e^{-s}+\frac{4}{s}e^{-2s}-\frac{2}{s}e^{-5s}$

④ $\frac{1}{s}-\frac{3}{s^2}e^{-s}+\frac{4}{s}e^{-2s}+\frac{1}{s}e^{-5s}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 그래프에서 구간별 상수값과 점프 크기를 읽어 단위계단함수로 나타낸 뒤 라플라스 변환을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $f(t)$는 $0 \le t < 1$에서 1, $1 \le t < 2$에서 -2, $2 \le t < 5$에서 2, t≥5에서 0이다.
구해야 할 값: $F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\}$이다.
주의할 조건: 각 시각의 함수값 자체가 아니라 그 시각에서의 변화량을 계단함수 계수로 잡아야 한다.

NoteBase

사용할 공식

단위계단함수 표현과 선형성을 사용한다.

$f(t) = u(t) - 3u(t-1) + 4u(t-2) - 2u(t-5)$

$\mathcal{L}\{u(t-a)\} = \frac{e^{-as}}{s}$

이 공식을 쓰는 이유: 주어진 그래프는 여러 구간의 상수함수가 이어진 계단형 파형이므로, 각 점프를 $u(t-a)$의 합으로 나타내면 바로 라플라스 변환을 구할 수 있다.

계산 과정

1. $t = 0$에서 0에서 1로 올라가므로 $+u(t)$가 들어간다.
2. $t = 1$에서 1에서 -2로 내려가므로 변화량은 -3이고, $-3u(t-1)$이 들어간다.
3. $t = 2$에서 -2에서 2로 올라가므로 변화량은 +4이고, $+4u(t-2)$가 들어간다.
4. $t = 5$에서 2에서 0으로 내려가므로 변화량은 -2이고, $-2u(t-5)$가 들어간다.
5. 따라서

$F(s) = \frac{1}{s} - \frac{3}{s}e^{-s} + \frac{4}{s}e^{-2s} - \frac{2}{s}e^{-5s}$

이므로 정답은 3번이다.

선지별 해설

① X

- 마지막 항이 $-\frac{1}{s}e^{-5s}$이면 $t = 5$에서 2만큼이 아니라 1만큼만 감소한 것으로 본 것이다.
- 틀린 표현은 마지막 계수 1이다. 올바르게는 $t = 5$에서 2에서 0으로 떨어지므로 $-\frac{2}{s}e^{-5s}$가 되어야 한다.

② X

- $-\frac{3}{s^2}e^{-s}$는 계단함수의 점프가 아니라 램프 성분을 변환한 꼴이므로 그래프와 맞지 않는다.
- 마지막 항 $+\frac{2}{s}e^{-5s}$도 $t = 5$에서 위로 2만큼 더 점프하는 뜻이라서 실제 그래프와 반대이다.
- 틀린 표현은 $\frac{3}{s^2}e^{-s}$와 $+\frac{2}{s}e^{-5s}$이다. 올바르게는 $-\frac{3}{s}e^{-s}$와 $-\frac{2}{s}e^{-5s}$이다.

③ O

- $t = 0, 1, 2, 5$에서의 변화량이 각각 $+1, -3, +4, -2$이므로 $\frac{1}{s} - \frac{3}{s}e^{-s} + \frac{4}{s}e^{-2s} - \frac{2}{s}e^{-5s}$가 정확하다.

④ X

- $-\frac{3}{s^2}e^{-s}$는 1초 이후에 기울기가 생기는 램프를 뜻하므로 상수값이 바로 -2로 바뀌는 실제 파형과 다르다.
- 마지막 항 $+\frac{1}{s}e^{-5s}$도 $t = 5$에서 감소가 아니라 증가를 뜻하므로 부호가 반대이다.
- 틀린 표현은 $\frac{3}{s^2}e^{-s}$와 $+\frac{1}{s}e^{-5s}$이다. 올바르게는 $-\frac{3}{s}e^{-s}$와 $-\frac{2}{s}e^{-5s}$이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 구간값을 그대로 계수로 쓰거나, $t = 1, 2, 5$에서의 변화량 대신 함수값을 적는 실수이다. 특히 $\frac{1}{s^2}$가 보이면 램프 성분을 잘못 끌어온 것이고, $t = 5$ 항의 부호와 계수는 최종값 0으로 내려가는지로 검산할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

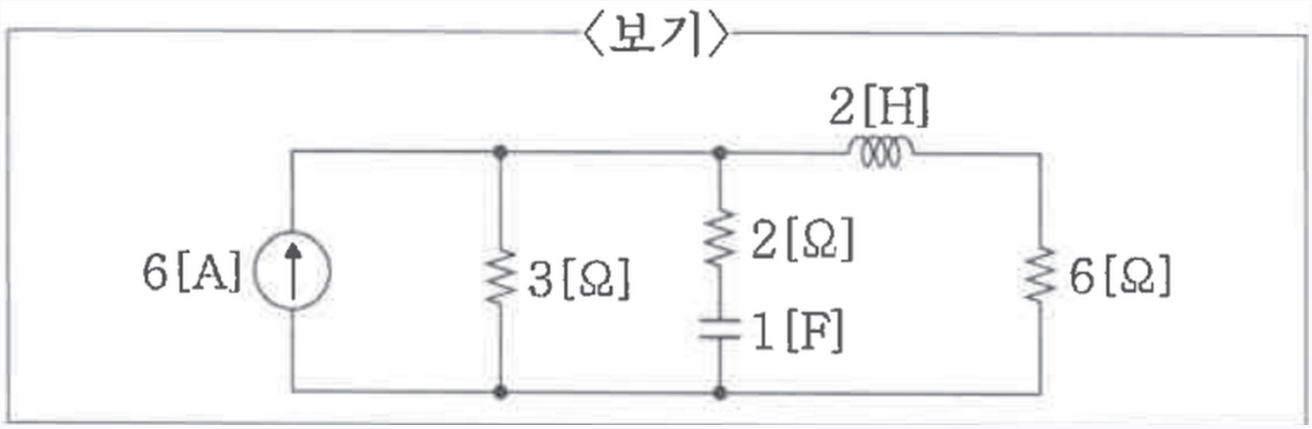
계단파형의 라플라스 변환은 구간값을 적분하기 전에 먼저 점프 시각과 변화량을 적는다. 시작값, 각 변곡점의 증감량, 마지막에 0으로 돌아가는지까지 확인하면 선지 판단이 바로 된다.

암기 포인트

계단함수는 값 자체가 아니라 변화량을 계수로 잡고, $u(t-a)$의 라플라스 변환은 $\frac{e^{-as}}{s}$이다.

NoteBase

문 2. <보기>의 회로에 직류가 공급되고 있을 때 커패시터에 저장된 에너지w_C와 인덕터에 저장된 에너지w_L의 값[J]은?



① w_C: 72, w_L: 4

② w_C: 36, w_L: 8

③ w_C: 8, w_L: 36

④ w_C: 4, w_L: 72

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직류 정상상태에서 커패시터는 개방, 인덕터는 단락으로 본 뒤 w_C와 w_L를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전류원 6[A], 저항 3[Ω], 저항 2[Ω], 커패시터 1[F], 인덕터 2[H], 저항 6[Ω]이다.
구해야 할 값: 커패시터 저장에너지 w_C와 인덕터 저장에너지 w_L이다.
주의할 조건: 직류 정상상태이므로 커패시터 전류는 0, 인덕터 전압은 0이다.

사용할 공식

커패시터 에너지는 $w_C = \frac{1}{2}CV^2$, 인덕터 에너지는 $w_L = \frac{1}{2}LI^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 직류가 충분히 공급된 뒤의 저장에너지를 묻고 있으므로 정상상태 전압과 전류를 먼저 구한 뒤 각 저장소자의 에너지 공식을 적용하면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 직류 정상상태에서 커패시터 가지는 개방되므로 가운데 2[Ω] 가지에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 그 2[Ω] 저항의 전압강하는 0이고 커패시터 전압은 상단 노드전압과 같다.
2. 인덕터는 단락되므로 오른쪽 가지는 6[Ω] 저항만 남는다. 따라서 회로는 3[Ω]와 6[Ω]의 병렬회로가 되고 등가저항은 $R_{eq} = \frac{3 \times 6}{3+6} = 2[\Omega]$이다.
3. 전류원 6[A]가 이 병렬회로에 공급되므로 상단 노드전압은 $V = IR_{eq} = 6 \times 2 = 12[V]$이다. 따라서 커패시터 전압도 12[V]이다.
4. 커패시터 에너지는 $w_C = \frac{1}{2} \times 1 \times 12^2 = 72[J]$이다.
5. 오른쪽 6[Ω] 가지 전류는 $I = \frac{12}{6} = 2[A]$이므로 인덕터 전류도 2[A]이다. 따라서 인덕터 에너지는 $w_L = \frac{1}{2} \times 2 \times 2^2 = 4[J]$이다.

선지 판단

① O: 계산 결과 $w_C = 72[J]$, $w_L = 4[J]$이므로 옳다.
② X: $w_C = 36[J]$, $w_L = 8[J]$은 각각 전압과 전류를 절반으로 잘못 처리한 값이다. 틀린 표현은 "$w_C = 36$, $w_L = 8$"이고, 올바르게는 "$w_C = 72$, $w_L = 4$"이다.
③ X: $w_C = 8[J]$, $w_L = 36[J]$은 커패시터와 인덕터의 계산 대상을 뒤섞은 값이다. 틀린 표현은 "$w_C = 8$, $w_L = 36$"이고, 올바르게는 "$w_C = 72$, $w_L = 4$"이다.
④ X: $w_C = 4[J]$, $w_L = 72[J]$는 두 저장에너지를 서로 바꾸고 크기도 반대로 판단한 값이다. 틀린 표현은 "$w_C = 4$, $w_L = 72$"이고, 올바르게는 "$w_C = 72$, $w_L = 4$"이다.

오답 포인트

직류 정상상태에서 커패시터를 단락, 인덕터를 개방으로 거꾸로 기억하면 전체 회로 해석이 뒤집힌다. 또 커패시터 에너지는 전압의 제곱, 인덕터 에너지는 전류의 제곱에 비례하므로 전압과 전류만 구하고 제곱을 빠뜨리면 36이나 8 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

저장에너지 문제는 먼저 직류 정상상태에서 C는 개방, L은 단락으로 치환한다. 그다음 소자 전압과 전류를 구하고 마지막에 $\frac{1}{2}CV^2$, $\frac{1}{2}LI^2$를 적용하면 된다.

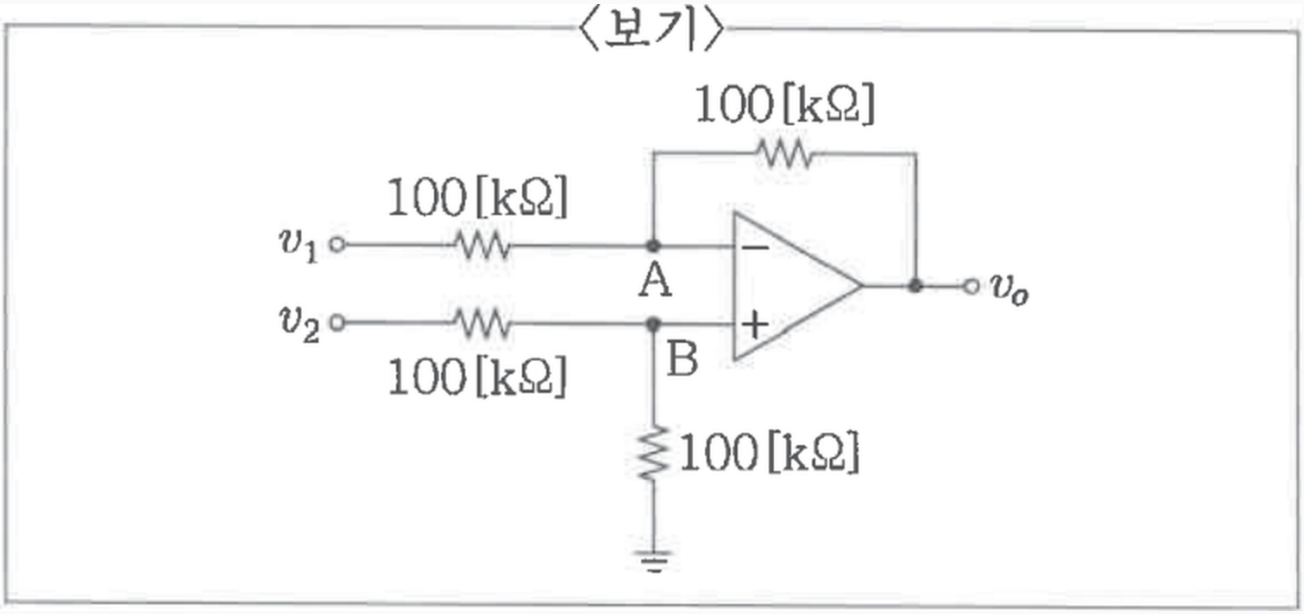
암기 포인트

직류 정상상태는 C 개방, L 단락이며 에너지는 커패시터는 전압제곱, 인덕터는 전류제곱으로 계산한다.

NoteBase

문 3. <보기>의 이상적인 연산증폭기를 이용한 회로에서 $v_1 = -1[V]$, $v_2 = 3[V]$일 때, 전압 v_o의 값[V]은?

<보기>



① -4

② -2

③ 2

④ 4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기에서 비반전 입력의 분압 전압을 구한 뒤, 가상단락과 KCL을 이용해 출력 전압을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $v_1 = -1V$, $v_2 = 3V$, 모든 저항은 $100k\Omega$이다.
구해야 할 값: 출력 전압 v_o이다.
주의할 조건: 이상적인 연산증폭기이므로 입력 전류는 0이고, 음귀환이 걸려 있으므로 $v_A = v_B$이다.

NoteBase

사용할 공식

비반전 입력의 분압식은
$v_B = \frac{100}{100+100} v_2$
이다.
반전 입력 노드 A에는 KCL을 적용하여
$\frac{v_A - v_1}{100k\Omega} + \frac{v_A - v_o}{100k\Omega} = 0$
를 쓴다.
이 공식을 쓰는 이유는 B점은 단순 분압 회로이고, A점은 입력전류가 0인 합류 노드이기 때문이다.

계산 과정

1. B점 전압은 분압으로 $v_B = \frac{1}{2} \times 3 = 1.5V$이다.
2. 이상적인 연산증폭기의 가상단락으로 $v_A = v_B = 1.5V$이다.
3. A점 KCL에 대입하면
$\frac{1.5 - (-1)}{100k\Omega} + \frac{1.5 - v_o}{100k\Omega} = 0$
이므로
$2.5 + 1.5 - v_o = 0$
이고, 따라서
$v_o = 4V$
이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $v_o = 4V$이므로 $-4V$는 틀리다. 이 값은 가상단락 후의 기준 전압 $1.5V$를 무시하고 부호를 반대로 처리할 때 나올 수 있다. 올바르게는 $v_o = 4V$이다.
② X: B점 분압과 A점 KCL을 정확히 적용하면 $v_o = 4V$가 된다. $-2V$는 A점 전압을 잘못 두거나 항의 부호를 혼동한 값이다. 올바르게는 $v_o = 4V$이다.
③ X: $2V$는 B점의 $1.5V$ 기준 전압이나 피드백 항을 일부만 반영한 계산값에 가깝다. 이상적인 연산증폭기에서는 $v_A = v_B = 1.5V$가 되어야 하므로 이 선지는 틀리다. 올바르게는 $v_o = 4V$이다.
④ O: $v_B = 1.5V$, $v_A = 1.5V$를 이용해 A점 KCL을 세우면 $v_o = 4V$가 나온다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

비반전 입력 B점을 그냥 $3V$로 두거나, 가상단락 조건 $v_A = v_B$를 빼먹으면 전체 식이 틀어진다. 또 반전 입력 노드의 KCL에서 $v_A - v_1$, $v_A - v_o$의 부호를 뒤집으면 음수 선택지로 잘못 끌려가기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 계산형 문제는 먼저 비반전 입력 전압을 분압으로 정리하고, 다음에 이상적 조건으로 $v_+ = v_-$를 둔 뒤, 반전 입력 노드에 KCL을 적용하는 순서로 판단한다.

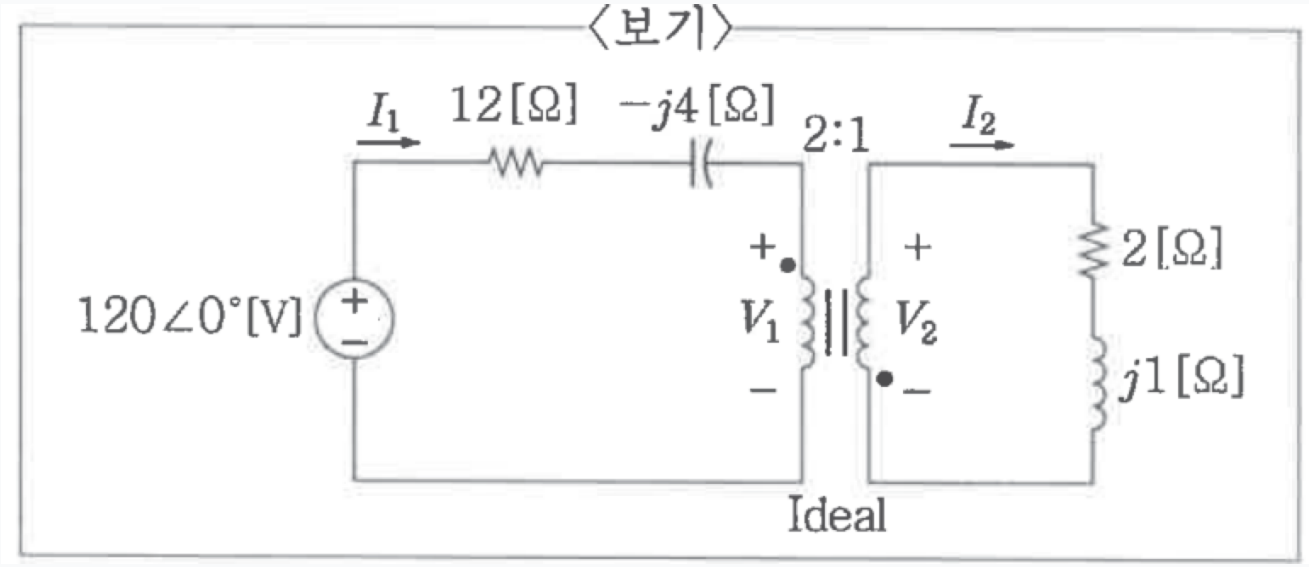
NoteBase

암기 포인트

이상적인 연산증폭기 음귀환 회로는 비반전 입력 전압을 먼저 구하고, 그 전압을 반전 입력에도 그대로 둔 뒤 KCL을 적용하면 된다.

NoteBase

문 4. <보기>의 이상적인 변압기 회로에서 전류 I_1의 값[A]은?



① $6\angle -180^\circ$

② $6\angle -90^\circ$

③ $6\angle 0^\circ$

④ $6\angle 90^\circ$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 점표시가 있는 이상변압기에서 2차 임피던스를 1차측으로 환산하여 I_1을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:

- 전원 전압: $120\angle 0^\circ [V]$
- 1차 직렬 임피던스: $12 - j4[\Omega]$
- 2차 부하 임피던스: $2 + j1[\Omega]$
- 권수비: $N_1 : N_2 = 2 : 1$

구해야 할 값:

- 1차 전류 I_1

주의할 조건:

- 1차 권선의 점은 위쪽, 2차 권선의 점은 아래쪽이다.
- 그림의 V_2 기준은 위가 +, 아래가 −이므로 점기준 전압과 부호가 반대이다.

NoteBase

사용할 공식

이상변압기 관계식은 다음과 같다.

$\frac{v_1}{N_1} = \frac{v_{2,\text{dot}}}{N_2}, \quad N_1 i_1 + N_2 i_2 = 0$

이 문제에서는 2차 전압 V_2의 기준이 점기준과 반대이므로

$V_1 = -\frac{N_1}{N_2} V_2 = -2V_2$

가 된다.

또한 2차측 부하는 $V_2 = (2 + j1) I_2$를 만족하고, 전류는 둘 다 점단자로 들어가도록 잡으면

$I_2 = -\frac{N_1}{N_2} I_1 = -2I_1$

가 된다.

이 공식을 쓰는 이유는 이상변압기와 점표시가 있어 2차 부하를 1차로 반사시켜 전체 직렬 임피던스를 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 2차 부하를 $Z_L = 2 + j1[\Omega]$로 둔다.
2. 극성 관계를 적용하면

$V_1 = -2V_2 = -2Z_L I_2$

이다.

3. 전류 관계 $I_2 = -2I_1$을 대입하면

$V_1 = -2(2 + j1)(-2I_1) = (8 + j4) I_1$

이므로 2차 부하의 1차 환산 임피던스는 $8 + j4[\Omega]$이다.

4. 전체 입력 임피던스는

$Z_{\text{in}} = (12 - j4) + (8 + j4) = 20[\Omega]$

이다.

5. 따라서

$I_1 = \frac{120\angle 0^\circ}{20} = 6\angle 0^\circ [A]$

가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X
- $6\angle -180^\circ$는 전류 방향이나 전원 극성을 반대로 두었을 때의 값이다.
- 이 회로의 입력 임피던스는 순저항 20[Ω]이므로 I_1은 $120\angle 0^\circ\,[V]$와 동상이다.
- 틀린 값은 $6\angle -180^\circ$이고, 올바르게는 $6\angle 0^\circ$이다.

② X
- $6\angle -90^\circ$는 전체 임피던스를 $-j20[\Omega]$처럼 순용량성으로 잘못 본 경우의 값이다.
- 실제로는 반사 임피던스의 $+j4$와 1차 직렬 리액턴스의 $-j4$가 상쇄되어 허수부가 0이다.
- 틀린 값은 $6\angle -90^\circ$이고, 올바르게는 $6\angle 0^\circ$이다.

③ O
- 점표시를 반영하면 2차 부하의 1차 환산 임피던스는 $8+j4[\Omega]$가 된다.
- 전체 입력 임피던스는 20[Ω]이므로 $I_1 = 6\angle 0^\circ\,[A]$이다.

④ X
- $6\angle 90^\circ$는 전체 임피던스를 $+j20[\Omega]$처럼 순유도성으로 오해했을 때의 값이다.
- 이 문제의 전체 임피던스는 실수 20[Ω]만 남으므로 전류 위상은 90°가 아니라 0°이다.
- 틀린 값은 $6\angle 90^\circ$이고, 올바르게는 $6\angle 0^\circ$이다.

계산 결과 $I_1 = 6\angle 0^\circ\,[A]$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 점표시를 무시하고 2차 부하를 그대로 $4+j2[\Omega]$ 또는 $8-j4[\Omega]$처럼 반사하는 것이다. 이 문항은 점표시 때문에 $V_1 = -2V_2$가 된다는 점을 놓치면 입력 임피던스의 허수부 부호를 틀리게 되어 위상선지를 잘못 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

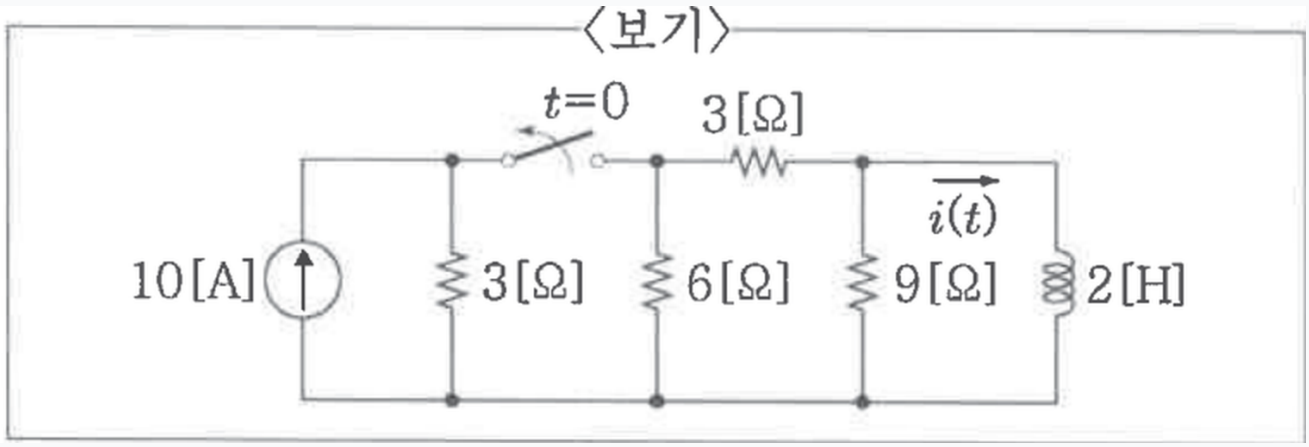
변압기 회로는 먼저 점표시로 전압 부호와 전류 방향 관계를 정한 뒤 부하를 1차로 환산한다. 그다음 원래 1차 직렬 임피던스와 합쳐 전체 임피던스를 구하고, 마지막에 전압과의 위상관계를 확인하면 된다.

암기 포인트

이상변압기는 권수비 제곱만 외우지 않고 점표시로 부호를 먼저 판단해야 한다. 이 문항의 핵심은 반사임피던스가 $8+j4[\Omega]$가 되어 $-j4$와 상쇄된다는 점이다.

NoteBase

문 5. <보기>의 회로에서 $t > 0$일 때, $i(t)$[A]는?



① $2e^{-\frac{4}{9}t}$

② $4e^{-\frac{4}{9}t}$

③ $2e^{-\frac{9}{4}t}$

④ $4e^{-\frac{9}{4}t}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 스위치 동작 후 RL 1차회로의 자연응답에서 초기전류와 시정수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전류원은 $10A$, 저항은 3Ω, 6Ω, 3Ω, 9Ω, 인덕턴스는 $2H$이다.
구해야 할 값: $t > 0$에서 인덕터 전류 $i(t)$이다.
주의할 조건: $t < 0$ 정상상태에서는 인덕터가 단락이고, $t = 0$ 이후에는 스위치가 열려 우측 회로만 남는 자연응답이다.

사용할 공식

$i(t) = I_0 e^{-t/\tau}$
$\tau = \frac{L}{R_{eq}}$
이 공식을 쓰는 이유: 스위치가 열린 뒤 우측 회로에는 독립전원이 남지 않으므로 인덕터 전류는 1차 RL 자연응답을 따른다.

NoteBase

계산 과정

1. $t<0$ 정상상태에서 인덕터는 단락이다. 따라서 우측 9Ω에는 전압이 걸리지 않고, 상단 공통노드에서 본 병렬저항은 3Ω, 6Ω, 3Ω이다. 노드전압은 $V=\frac{10}{1/3+1/6+1/3}=12V$이다.
2. 우측 직렬 3Ω 가지 전류는 $12/3=4A$이므로 인덕터 초기전류는 $i(0^-)=i(0^+)=4A$이다.
3. $t>0$에서 스위치가 열리면 인덕터가 보는 등가저항은 $R_{eq}=9\parallel(3+6)=9\parallel 9=\frac{9}{2}\Omega$이다.
4. 시정수는 $\tau=\frac{L}{R_{eq}}=\frac{2}{9/2}=\frac{4}{9}s$이다.
5. 따라서 $i(t)=4e^{-t/(4/9)}=4e^{-9t/4}$이다.

선지별 해설

① X: 계수와 지수부가 모두 틀리다. 초기전류는 $2A$가 아니라 $4A$이고, 시정수도 $\tau=4/9s$이므로 옳은 식은 $i(t)=4e^{-9t/4}$이다.

② X: 초기전류 $4A$는 맞지만 지수부가 틀리다. 자연응답은 $e^{-t/\tau}$ 꼴이므로 $\tau=4/9$를 대입하면 $e^{-4t/9}$가 아니라 $e^{-9t/4}$가 된다. 옳은 식은 $i(t)=4e^{-9t/4}$이다.

③ X: 지수부는 맞지만 초기전류를 $2A$로 본 것이 틀리다. $t<0$에서 인덕터가 단락일 때 우측 3Ω 가지 전류는 $4A$이므로 옳은 식은 $i(t)=4e^{-9t/4}$이다.

④ O: $i(0^+)=4A$, $\tau=4/9s$이므로 $i(t)=4e^{-9t/4}$가 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 하나는 $t<0$ 정상상태에서 인덕터를 단락으로 보지 않아 초기전류를 잘못 구하는 실수이고, 다른 하나는 $\tau=L/R_{eq}$를 구해 놓고도 지수부를 $e^{-t/\tau}$ 대신 $e^{-\tau t}$처럼 거꾸로 쓰는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

RL 스위칭 문제는 먼저 $t<0$ 정상상태에서 인덕터를 단락으로 바꾸어 $i(0^-)$를 구하고, 그다음 $t>0$ 회로에서 인덕터가 보는 등가저항으로 $\tau=L/R_{eq}$를 구한 뒤 $i(t)=I_0e^{-t/\tau}$에 대입하면 된다.

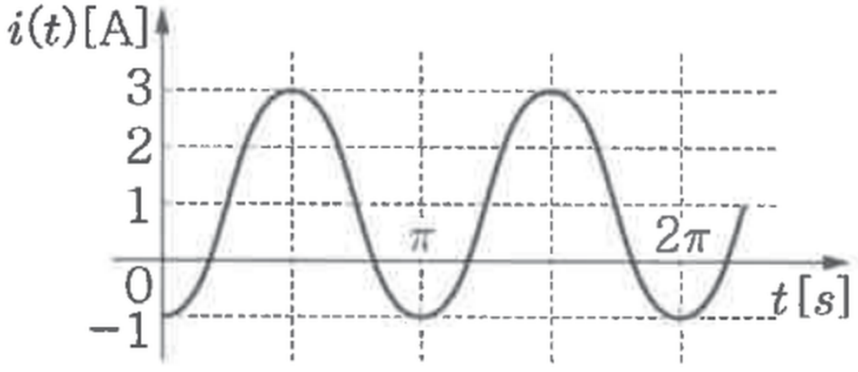
암기 포인트

RL 자연응답은 $i(t)=I_0e^{-t/\tau}$이고, $I_0=i(0^+)=i(0^-)$, $\tau=L/R_{eq}$이다.

NoteBase

문 6. <보기>와 같이 주기가 있는 파형의 전류가 인가된 10[Ω]의 저항에서 소비되는 평균전력의 값[W]은?

<보기>



① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 주기 전류의 제곱평균값 I_{rms}^2를 이용해 저항의 평균전력 P_{avg}을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 저항값은 $R = 10\Omega$이다.
- 전류 파형의 최솟값은 $-1A$, 최댓값은 $3A$이다.
- 그래프는 직류성분 $1A$와 진폭 $2A$의 정현파 성분이 합쳐진 형태로 읽힌다.

사용할 공식

$P_{avg} = R\overline{i^2(t)} = RI_{rms}^2$

이 공식을 쓰는 이유:

저항의 순간전력은 $p(t) = Ri^2(t)$이므로, 평균전력은 전류의 평균이 아니라 전류 제곱의 평균으로 계산된다.

NoteBase

계산 과정

1. 그래프에서 전류는 $i(t) = 1 - 2\cos 2t$로 읽힌다.
2. 제곱평균값은
$\overline{i^2(t)} = \overline{(1 - 2\cos 2t)^2} = 1 - 4\overline{\cos 2t} + 4\overline{\cos^2 2t} = 1 + 0 + 4 \cdot \frac{1}{2} = 3$
이다.
3. 따라서 평균전력은
$P_{\text{avg}} = 10 \times 3 = 30W$
이다.

선지 판단

① X
- 10 W는 전류의 평균값 $I_{\text{avg}} = 1A$만 이용해 $P = RI_{\text{avg}}^2$로 잘못 계산한 값이다.
- 틀린 표현은 '평균전력이 10 W'라는 부분이며, 올바르게는 평균전력은 $30W$이다.

② X
- 20 W는 교류분 진폭 $2A$만 보고 $10 \times \frac{2^2}{2} = 20$으로 계산해 직류성분 $1A$를 빠뜨린 값이다.
- 틀린 표현은 '평균전력이 20 W'라는 부분이며, 올바르게는 직류성분과 교류성분을 함께 반영해 $30W$가 된다.

③ O
- $\overline{i^2(t)} = 3$이므로 $P_{\text{avg}} = 10 \times 3 = 30W$이다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

④ X
- 40 W는 교류분 진폭 $2A$를 실효값으로 착각해 10×2^2로 계산할 때 나오는 값이다.
- 틀린 표현은 '평균전력이 40 W'라는 부분이며, 올바르게는 진폭이 아니라 제곱평균값을 써서 $30W$를 구해야 한다.

계산 결과 $30W$이므로 정답은 ③이다.

오답 포인트

평균전력을 구할 때 $P = RI_{\text{avg}}^2$로 착각하거나, 그래프의 진폭만 보고 직류성분을 누락하면 오답이 된다. 이 문항은 평균전류와 전류 제곱의 평균을 구분하는지를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

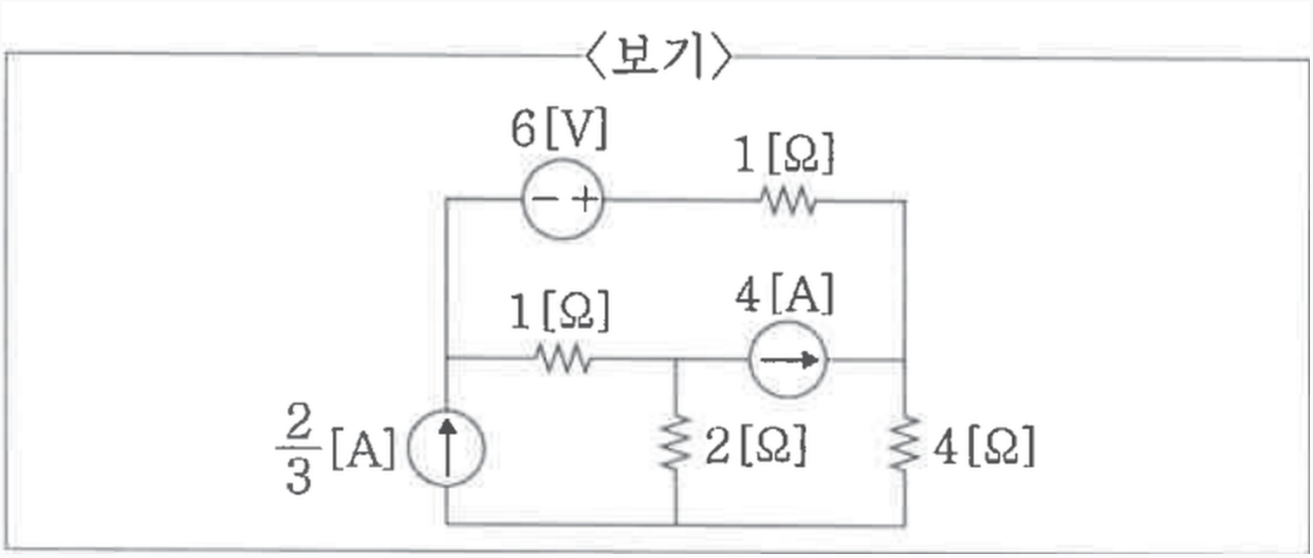
저항의 평균전력 문제는 먼저 파형을 직류성분과 교류성분으로 나눈 뒤, $P_{\text{avg}} = R\overline{i^2} = RI_{\text{rms}}^2$를 적용해 제곱평균값부터 구하면 된다.

암기 포인트

저항 평균전력은 평균전류의 제곱이 아니라 전류 제곱의 평균이다.

NoteBase

문 7. <보기>의 회로에서 4[Ω]의 저항이 소비하는 전력의 값[W]은?



① 4

② 8

③ 12

④ 16

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 절점해석으로 4[Ω] 저항의 양단전압을 구한 뒤 $P = V^2/R$로 소비전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

기준 노드는 아래 공통선이다.
좌측 위 절점을 V_A, 가운데 절점을 V_C, 우측 절점을 V_B, 전압원 오른쪽 절점을 V_D로 둔다.
전압원 극성 때문에 $V_D - V_A = 6$이다.
구해야 할 값은 우측 4[Ω] 저항이 소비하는 전력이다.

사용할 공식

저항의 소비전력은 $P = V^2/R$ 또는 $P = I^2R$로 구한다.
이 문제에서는 4[Ω] 저항 전류가 바로 주어지지 않으므로, 먼저 절점해석으로 그 저항 양단전압 V_B를 구한 뒤 $P = V_B^2/4$를 적용하는 것이 가장 직접적이다.

NoteBase

계산 과정

좌측 전압원 때문에 V_A와 V_D를 하나의 초절점으로 본다.
초절점 KCL은 $(V_A - V_C) + (V_D - V_B) - \frac{2}{3} = 0$이다.
가운데 절점 KCL은 $(V_C - V_A) + \frac{V_C}{2} + 4 = 0$이다.
우측 절점 KCL은 $(V_B - V_D) + \frac{V_B}{4} - 4 = 0$이다.
또한 전압원 조건은 $V_D - V_A = 6$이다.
이 식들을 풀면 $V_A = 0$, $V_D = 6$, $V_C = -\frac{8}{3}$, $V_B = 8$이 된다.
따라서 4[Ω] 저항 전력은 $P = \frac{V_B^2}{4} = \frac{8^2}{4} = 16[W]$이다.

선지 판단

① X
계산 결과 전력은 16 W이므로 4 W는 틀리다. 틀린 수치 4 W -> 올바르게는 16 W이다.

② X
절점해석으로 얻는 4[Ω] 저항 양단전압은 8 V이므로 전력은 16 W이다. 틀린 수치 8 W -> 올바르게는 16 W이다.

③ X
$P = V^2/R$에 $V = 8$, $R = 4$를 대입하면 12 W가 아니라 16 W가 된다. 틀린 수치 12 W -> 올바르게는 16 W이다.

④ O
4[Ω] 저항 양단전압이 8 V이므로 $P = 8^2/4 = 16W$가 되어 옳다.

오답 포인트

우측 4[Ω] 저항 전류를 임의로 정하거나, 4A 전류원이 모두 4[Ω]로 흐른다고 단정하면 오답이 된다. 이 회로는 전류원이 있는 다절점 회로이므로 먼저 절점전압을 정리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

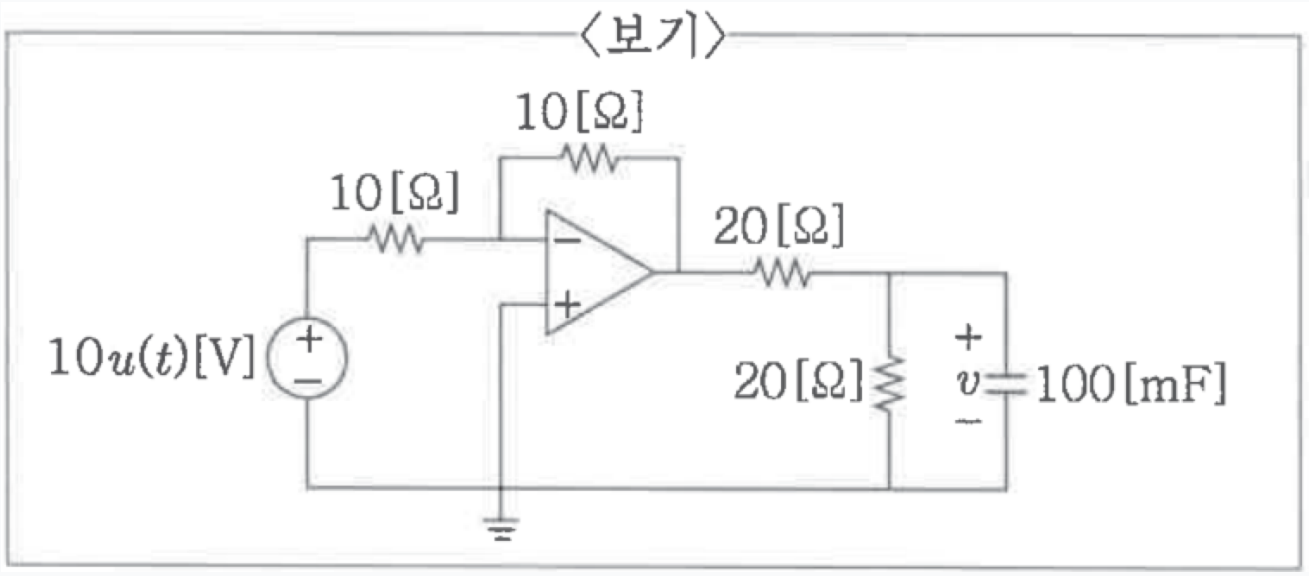
전류원이 포함된 회로에서 특정 저항의 전력을 묻는 문제는 기준 노드를 잡고 절점전압을 구한 뒤, 마지막에 $P = V^2/R$ 또는 $P = I^2R$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

회로 전력문제는 해당 저항의 전압이나 전류를 먼저 확정해야 하며, 절점해석 뒤 $P = V^2/R$를 넣으면 바로 정리된다.

NoteBase

문 8. <보기>의 이상적인 연산증폭기 회로에서 $t > 0$일 때, 전압 $v(t)$[V]는? (단, $u(t)$는 단위 계단 함수이다.)



① $-5(e^{-t}-1)$

② $5(e^{-t}-1)$

③ $-5(e^{-t}+1)$

④ $5(e^{-t}+1)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 반전 증폭기의 출력 전압을 먼저 구한 뒤, 그 값을 입력으로 하는 1차 RC 회로의 과도응답을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 입력 전압은 $10u(t)V$이다.
- 비반전 입력은 접지이므로 $v_+ = 0$이다.
- 입력저항과 피드백저항이 모두 10Ω이다.
- 출력단 뒤에는 20Ω 직렬저항과, 그 노드에서 접지로 연결된 20Ω 저항 및 $100mF$ 커패시터가 병렬이다.

구해야 할 값:
- $t > 0$에서 커패시터 전압 $v(t)$이다.

주의할 조건:
- 이상적 연산증폭기이므로 가상접지가 성립한다.
- 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로 $v(0^+) = v(0^-) = 0$이다.

NoteBase

사용할 공식

먼저 반전 증폭기 관계를 쓴다.
$v_o(t) = -\frac{R_f}{R_{in}} 10u(t) = -10u(t)$
그다음 1차 RC 회로의 과도응답 공식을 쓴다.
$v(t) = v(\infty) + \{v(0^+) - v(\infty)\}e^{-t/\tau}$
$\tau = R_{th}C$
이 공식을 쓰는 이유는 연산증폭기 출력이 계단입력이고, 그 뒤 회로가 저항망과 커패시터 1개로 이루어진 1차 회로이기 때문이다.

계산 과정

1. 비반전 입력이 0 V이므로 반전 입력도 가상접지로 0 V이다. 따라서 반전 증폭기의 이득은 $-R_f/R_{in} = -10/10 = -1$이고, 연산증폭기 출력은 $v_o(t) = -10u(t)V$이다.
2. 정상상태에서 커패시터는 개방되므로 출력 노드는 $-10V$와 접지 사이의 20Ω-20Ω 분압점이 된다. 따라서 $v(\infty) = -10 \times \frac{20}{20+20} = -5V$
3. 시정수 계산을 위해 독립전원을 0으로 두면 왼쪽의 $-10u(t)V$ 전압원은 단락된다. 커패시터에서 본 등가저항은
$R_{th} = 20 \parallel 20 = 10\Omega$
이므로
$\tau = R_{th}C = 10 \times 0.1 = 1s$
4. 초기전압 $v(0^+) = 0$, 최종전압 $v(\infty) = -5V$, 시정수 $\tau = 1s$를 대입하면
$v(t) = -5 + (0 - (-5))e^{-t} = -5 + 5e^{-t} = 5(e^{-t} - 1)$
이 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- $-5(e^{-t}-1)=5(1-e^{-t})$는 $t\to\infty$에서 $+5V$로 수렴한다. 실제 최종값은 $-5V$이므로 부호가 반대이다. 틀린 표현은 최종값의 부호이며, 올바르게는 $5(e^{-t}-1)$이다.

② O

- $5(e^{-t}-1)=-5+5e^{-t}$는 $t=0^{+}$에서 0 V이고 $t\to\infty$에서 $-5V$로 간다. 초기조건, 최종값, 시정수 $\tau=1$이 모두 맞으므로 옳다.

③ X

- $-5(e^{-t}+1)$는 $t=0^{+}$에서 $-10V$가 된다. 커패시터 전압은 순간적으로 변할 수 없어서 초기값은 0 V이어야 하므로 틀리다. 틀린 표현은 $+1$ 항이며, 올바르게는 $e^{-t}-1$ 형태가 되어야 한다.

④ X

- $5(e^{-t}+1)$는 $t=0^{+}$에서 $10V$, $t\to\infty$에서 $5V$가 된다. 초기값과 최종값이 모두 회로 조건과 맞지 않는다. 틀린 표현은 부호와 상수항 구조이며, 올바르게는 $5(e^{-t}-1)$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 연산증폭기 출력을 $+10V$로 보는 부호 실수와, 커패시터 초기전압 $v(0^{+})=0$을 확인하지 않는 실수이다. ①은 최종값 부호를 틀리면 나오고, ③과 ④는 $e^{-t}-1$ 대신 $e^{-t}+1$로 써서 초기조건을 무시하면 나오기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

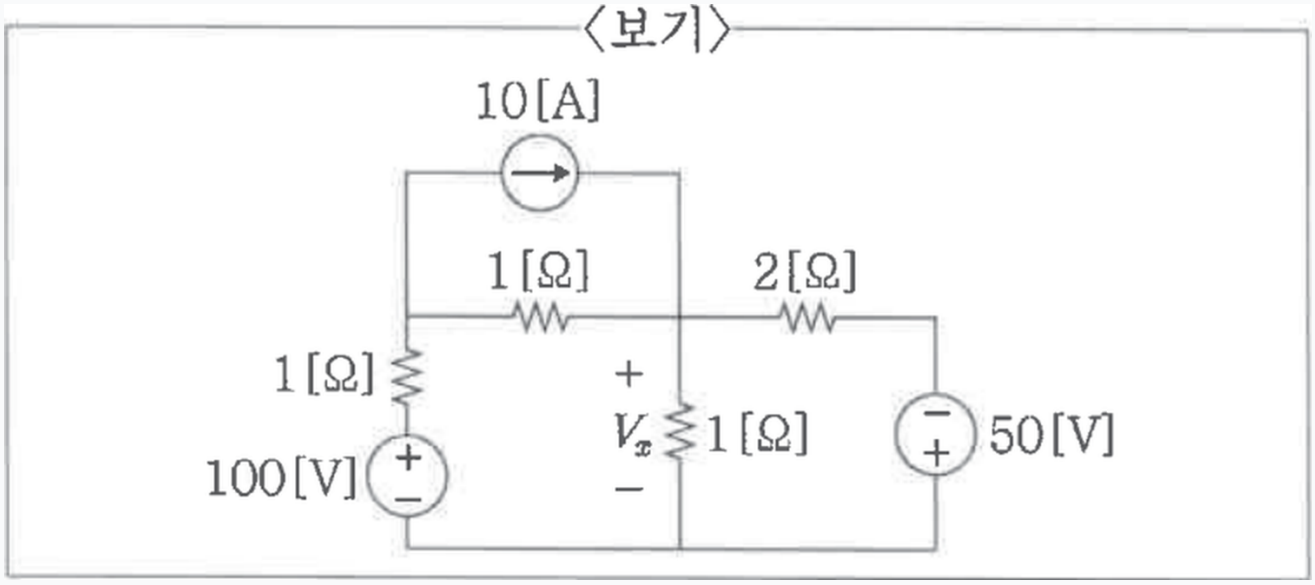
연산증폭기와 커패시터가 함께 나오면 먼저 연산증폭기 출력의 부호와 크기를 확정하고, 다음으로 커패시터 노드의 $v(0^{+})$, $v(\infty)$, $\tau=R_{th}C$를 순서대로 구하면 된다. 이 세 값이 맞으면 1차 응답식은 자동으로 정해진다.

암기 포인트

반전 증폭기 $R_f=R_{in}$이면 출력은 입력의 부호만 반대가 되고, 1차 응답은 $v(0^{+})$, $v(\infty)$, τ 세 값으로 결정된다.

NoteBase

문 9. <보기>의 회로에서 전압 V_x의 값[V]은?



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 결절전압법을 이용해 회로의 미지 노드 전압을 세우고 V_x를 구하는 문제이다.

조건 정리

기준 노드는 아래 공통선이다.
왼쪽 전압원 위 노드는 $100V$이다.
오른쪽 전압원은 위가 음극, 아래가 양극이므로 그 위 노드는 $-50V$이다.
가운데 1Ω 저항의 위쪽 노드 전압이 곧 V_x이다.

NoteBase

사용할 공식

미지 노드를 왼쪽 V_A, 가운데 V_B라고 두고 각 노드에 키르히호프 전류법칙을 적용한다.

$$\frac{V_A-100}{1}+\frac{V_A-V_B}{1}+10=0$$

$$\frac{V_B-0}{1}+\frac{V_B-V_A}{1}+\frac{V_B-(-50)}{2}-10=0$$

이 공식을 쓰는 이유는 전류원과 여러 저항이 두 미지 노드 사이에 연결되어 있어, 각 노드에서 나가고 들어오는 전류를 정리하는 결절전압법이 가장 직접적이기 때문이다.

계산 과정

첫째, 왼쪽 노드 V_A에서 KCL을 쓰면 $2V_A - V_B = 90$이다.
둘째, 가운데 노드 V_B에서 KCL을 쓰면 $5V_B - 2V_A + 30 = 0$이다.
셋째, 두 식을 연립하면 $V_A = 52.5V$, $V_B = 15V$가 된다.
따라서 $V_x = V_B = 15V$이다.

선지 판단

① X: 계산 결과와 다르므로 틀리다. 틀린 표현은 $V_x = 5V$이고, 올바르게는 $V_x = 15V$이다. 이 값은 오른쪽 전압원의 극성이나 전류원 영향을 일부 누락하면 나올 수 있는 오답이다.
② X: $10A$ 전류원이 바로 1Ω에만 흐른다고 단순화하면 $10V$처럼 볼 수 있지만, 실제로는 좌우 저항망과 두 전압원의 영향이 함께 반영되어야 한다. 틀린 표현은 $V_x = 10V$이고, 올바르게는 $V_x = 15V$이다.
③ O: 연립방정식을 풀면 $V_x = 15V$가 되므로 옳다.
④ X: 틀린 표현은 $V_x = 20V$이고, 올바르게는 $V_x = 15V$이다. 이 값은 오른쪽 $-50V$ 노드와 가운데 노드 사이의 2Ω 가지 전류를 잘못 처리했을 때 생기기 쉽다.

오답 포인트

오른쪽 $50V$ 전압원의 극성이 반대로 그려져 있으므로 위 노드가 $+50V$가 아니라 $-50V$가 된다. 또한 $10A$ 전류원을 가운데 1Ω 저항 하나에만 직접 대응시키면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 계산형 문제는 기준 노드를 먼저 정하고, 전압원 극성으로 이미 아는 노드 전압을 적은 뒤, 미지 노드마다 KCL을 세워 연립하면 안정적으로 풀린다.

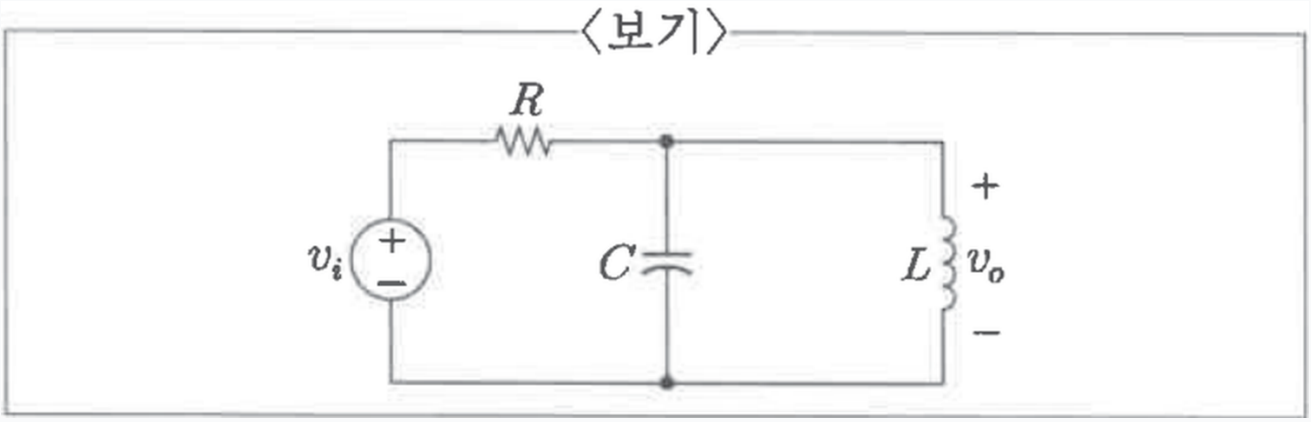
암기 포인트

결절전압법은 기준 노드 선정, 전압원 극성 반영, 미지 노드 KCL 연립의 순서로 정리된다.

NoteBase

문 10. <보기>의 대역통과 필터 회로에서 $R = 200[\Omega]$, $C = 5[\mu F]$, $L = 2[mH]$일 때, 회로의 대역폭의 값 $[rad/s]$은?

<보기>



① 10

② 100

③ 1,000

④ 10,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직렬 저항 R과 병렬 공진회로 $L \parallel C$로 이루어진 대역통과 회로에서 대역폭 $\Delta\omega$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R = 200\Omega, C = 5\mu F, L = 2mH$
구해야 할 값: 대역폭 $\Delta\omega$ [rad/s]
주의할 조건: 출력은 병렬 LC 양단 전압이므로 병렬 공진형 대역통과 회로의 대역폭 식을 적용한다.

사용할 공식

$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \frac{1}{RC}$
이 회로의 전달함수는 $H(j\omega) = \frac{1}{1 + jR\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)}$ 꼴이 된다. 반전력점에서 $|H| = \frac{1}{\sqrt{2}}$ 이므로 $R\left|\omega C - \frac{1}{\omega L}\right| = 1$ 이고, 두 차단각주파수의 차는 $\frac{1}{RC}$로 정리된다.

계산 과정

1. 반전력점 조건에서 대역폭은 $\Delta\omega = \frac{1}{RC}$ 이다.
2. 수치를 대입하면 $\Delta\omega = \frac{1}{200 \times 5 \times 10^{-6}}$
3. 계산하면 $\Delta\omega = \frac{1}{10^{-3}} = 10^3 = 1000\text{rad/s}$ 이다.

NoteBase

선지 판단

① X
- 계산 결과는 10이 아니라 1000 rad/s이다.
- 틀린 표현은 대역폭을 10 rad/s로 본 점이다. 올바르게는 대역폭이 1000 rad/s이다.
- 10은 RC의 역수를 계산하지 않거나 지수 처리를 크게 잘못했을 때 나오는 값이다.

② X
- 계산 결과는 100이 아니라 1000 rad/s이다.
- 틀린 표현은 대역폭을 100 rad/s로 본 점이다. 올바르게는 대역폭이 1000 rad/s이다.
- 100은 μF 단위를 10^{-5} 수준으로 잘못 바꾸는 등의 단위 실수에서 나올 수 있다.

③ O
- $\Delta\omega = \frac{1}{RC} = \frac{1}{200 \times 5 \times 10^{-6}} = 1000\text{rad/s}$ 이므로 옳다.
- 계산 결과와 정확히 일치하므로 정답이다.

④ X
- 계산 결과는 10000이 아니라 1000 rad/s이다.
- 틀린 표현은 대역폭을 10000 rad/s로 본 점이다. 올바르게는 대역폭이 1000 rad/s이다.
- 10000은 소수점 한 자리 또는 μ 접두어를 한 단계 잘못 처리했을 때 나오는 값이다.

오답 포인트

공진주파수 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$와 대역폭 $\Delta\omega = \frac{1}{RC}$를 혼동하기 쉽다. 이 문제는 L값이 제시되어도 대역폭 계산의 최종식에는 L이 남지 않는다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

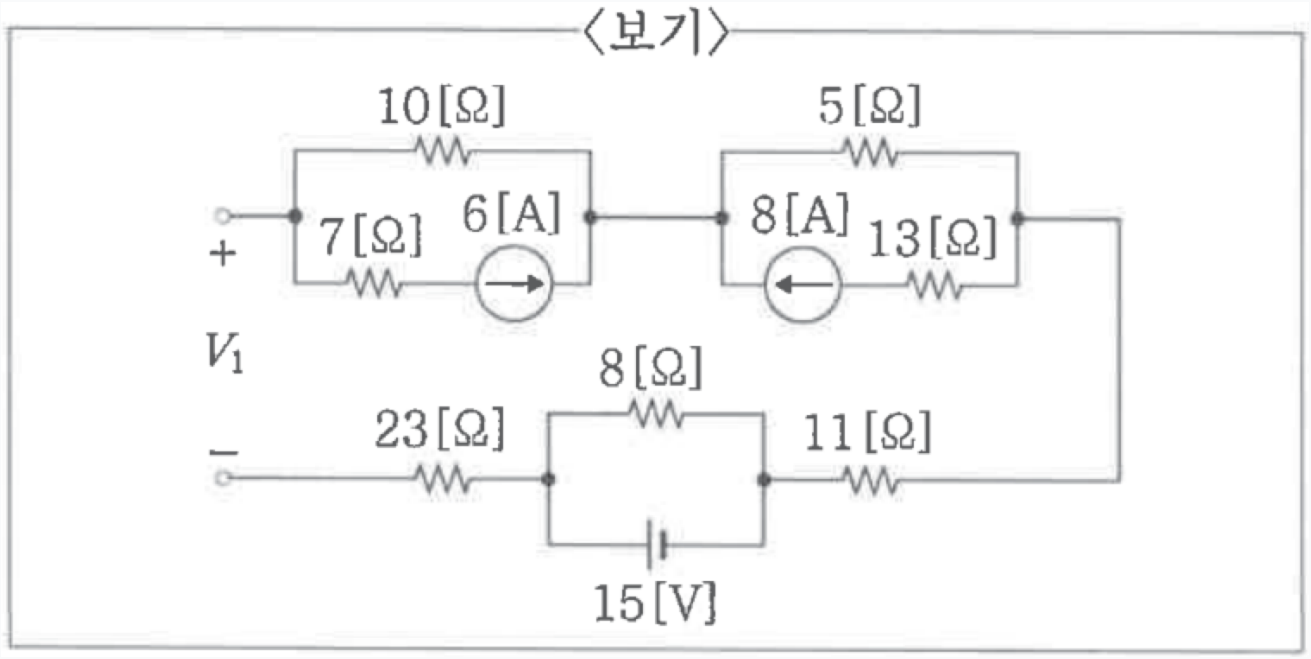
직렬 R 뒤에 병렬 LC가 달리고 출력이 그 병렬 공진회로 양단에서 나오면 먼저 병렬 공진형 대역통과 회로로 본다. 그다음 대역폭은 $\Delta\omega = \frac{1}{RC}$로 처리하고, 마지막에 단위가 rad/s인지 확인한다.

암기 포인트

직렬 R-병렬 LC 대역통과 회로의 대역폭은 $\Delta\omega = \frac{1}{RC}$이다. 공진주파수는 $\frac{1}{\sqrt{LC}}$, 대역폭은 $\frac{1}{RC}$로 구분한다.

NoteBase

문 11. <보기>의 회로에서 전압 V_1의 값[V]은?



① -35

② -20

③ 20

④ 35

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 개방단자 회로에서 각 병렬망의 순전류가 0이 되는 조건을 이용해 전압 V_1의 부호까지 구하는 문제이다.

조건 정리

왼쪽 위 단자를 A, 첫 번째 중앙 노드를 B, 오른쪽 노드를 C, 아래 전원 왼쪽 노드를 D, 아래 전원 오른쪽 노드를 E, 아래 왼쪽 단자를 F로 둔다.
단자 A와 F는 개방되어 있으므로 외부로 흐르는 전류가 0이다.
구해야 할 값은 $V_1 = V_A - V_F$이다.

NoteBase

사용할 공식

개방단자 노드에서는 유입전류와 유출전류의 합이 0이므로 각 병렬망의 외부 단자전류도 0이다.
저항 전압은 $V = IR$를 사용하고, 아래 전원은 그림의 극성대로 $V_D - V_E = 15V$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 회로 전체가 개방단자이므로 전류원이 강제한 가지전류를 같은 병렬망의 저항전류가 상쇄해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 왼쪽 병렬망 $A - B$에서 아래 가지 전류원은 오른쪽으로 $6A$를 강제한다. 개방단자이므로 병렬망의 순전류는 0이어야 하므로 10Ω 저항에는 $B \to A$ 방향으로 $6A$가 흐른다. 따라서 $V_A - V_B = (-6) \times 10 = -60V$이다.
2. 오른쪽 병렬망 $B - C$에서 아래 가지 전류원은 왼쪽으로 $8A$를 강제한다. 병렬망의 순전류가 0이어야 하므로 5Ω 저항에는 $B \to C$ 방향으로 $8A$가 흐른다. 따라서 $V_B - V_C = 8 \times 5 = 40V$이다.
3. 아래 왼쪽 단자 F는 개방되어 있으므로 23Ω에는 전류가 흐르지 않아 $V_F = V_D$이다. 또 전원의 극성상 $V_D - V_E = 15V$이고, C에서도 외부 순전류가 0이므로 11Ω 전류가 0이 되어 $V_C = V_E$이다.
4. 따라서 $V_B = V_C + 40 = V_E + 40 = V_D - 15 + 40 = V_F + 25$이고, $V_A = V_B - 60 = V_F - 35$이다.
그러므로 $V_1 = V_A - V_F = -35V$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 $V_1 = -35V$이므로 옳다.
② X: 틀린 값은 $-20V$이다. 오른쪽 블록의 $40V$ 전위차만 보고 왼쪽 블록의 $-60V$ 전위차를 잘못 합치면 이런 값이 나온다. 올바르게는 $V_B = V_F + 25V$, $V_A = V_B - 60V$이므로 $V_1 = -35V$이다.
③ X: 틀린 값은 $20V$이다. 전류원 방향이나 전원 극성을 반대로 해석하면 부호와 크기가 함께 어긋난다.
올바르게는 전류원 화살표와 전원 극성을 그대로 적용해 $V_1 = -35V$가 된다.
④ X: 틀린 값은 $35V$이다. 크기는 맞지만 V_1의 극성을 반대로 잡은 경우의 값이다. 문제의 표시는 위 단자가 +, 아래 단자가 −이므로 $V_1 = V_A - V_F = -35V$가 맞다.

오답 포인트

개방단자라는 조건을 놓치면 23Ω, 11Ω에도 임의의 전류가 흐른다고 착각하기 쉽다. 또 전류원 화살표 방향과 V_1의 기준극성을 반대로 읽으면 ④처럼 부호만 뒤집힌다.

다시 나오면 이렇게 판단

개방단자 회로는 먼저 외부로 나가는 전류가 0이라는 조건을 잡고, 각 병렬망에서 전류원이 만든 전류를 저항전류가 어떻게 상쇄하는지 본다. 그다음 $V = IR$로 각 노드 전위를 연결하고 마지막에 구하는 전압의 기준극성을 대입해 부호를 확정한다.

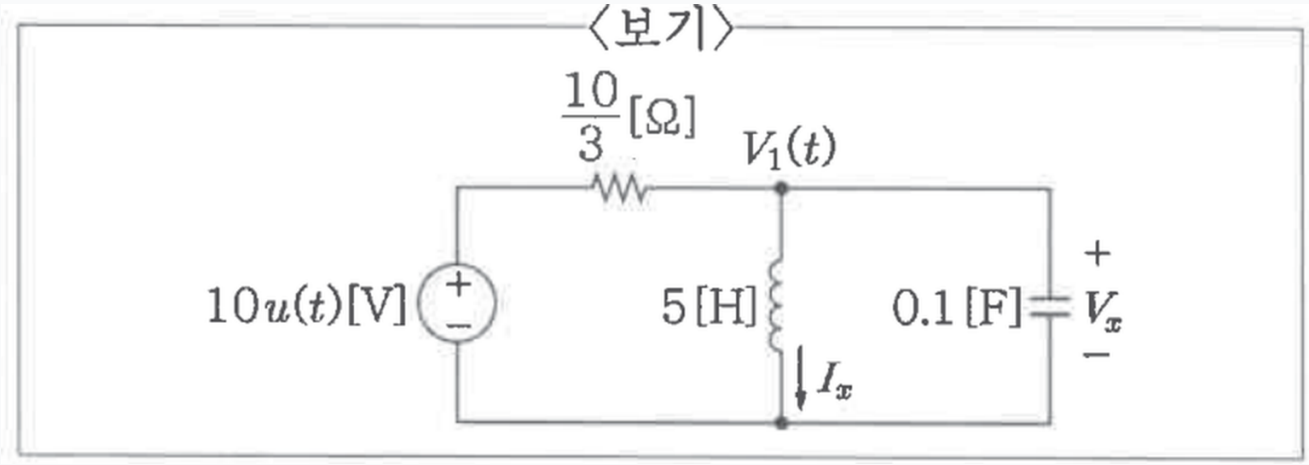
암기 포인트

개방단자 병렬망은 순전류 0, 전압은 $V = IR$, 마지막 부호는 기준극성으로 정한다.

NoteBase

문 12. <보기>의 회로에서 $t = 0[s]$일 때, $I_x = -1[A]$이고 $V_x = 5[V]$이다. $V_1(t)[V]$는? (단, $u(t)$는 단위 계단 함수이다.)

<보기>



① $(45e^{-t} - 35e^{-2t})u(t)$

② $(35e^{-t} - 30e^{-2t})u(t)$

③ $(25e^{-t} - 20e^{-2t})u(t)$

④ $(15e^{-t} - 10e^{-2t})u(t)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 병렬 L-C 회로의 노드전압 $V_1(t)$에 대해 KCL과 초기조건을 세워 과도응답을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 저항 $R = \frac{10}{3}[\Omega]$
- 인덕터 $L = 5[H]$
- 커패시터 $C = 0.1[F]$
- 입력 전압 $v_s(t) = 10u(t)[V]$
- 초기 인덕터 전류 $I_x(0) = -1[A]$
- 초기 커패시터 전압 $V_x(0) = 5[V]$

구해야 할 값:
- 노드전압 $V_1(t)$

주의할 조건:
- 커패시터 전압과 인덕터 양단 전압은 같은 노드전압이므로 $V_1(0^+) = V_x(0^+) = 5[V]$이다.
- 인덕터 전류의 기준방향은 아래쪽이므로 $i_L(0^+) = -1[A]$를 그대로 대입한다.

NoteBase

사용할 공식

노드 $V_1(t)$에서 KCL을 세우면

$\frac{10u(t)-v(t)}{R}=C\frac{dv(t)}{dt}+i_L(t)$

이고, 인덕터 식은

$v(t)=L\frac{di_L(t)}{dt}$

이다.

이 공식을 쓰는 이유:

- 저항, 인덕터, 커패시터가 모두 같은 노드전압 $v(t)=V_1(t)$를 공유하므로 노드방정식으로 바로 정리할 수 있다.
- 인덕터 초기전류와 커패시터 초기전압이 함께 주어졌으므로 2차 과도응답 형태로 푸는 것이 적절하다.

계산 과정

1. $t>0$에서 $u(t)=1$이므로

$\frac{10-v}{10/3}=0.1\frac{dv}{dt}+i_L$

이다. 이를 정리하면

$30-3v=\frac{dv}{dt}+10i_L$

이다.

2. 위 식을 미분하고 $\frac{di_L}{dt}=\frac{v}{L}=\frac{v}{5}$를 대입하면

$-3\frac{dv}{dt}=\frac{d^2v}{dt^2}+10\frac{di_L}{dt}=\frac{d^2v}{dt^2}+2v$

이므로

$\frac{d^2v}{dt^2}+3\frac{dv}{dt}+2v=0$

이다. 특성방정식은 $s^2+3s+2=0$이고 근은 $s=-1,\ -2$이므로

$v(t)=Ae^{-t}+Be^{-2t}$

이다.

3. 초기조건을 적용하면 $v(0^+)=5$이므로

$A+B=5$

이다. 또 KCL에 $t=0^+$, $v(0^+)=5$, $i_L(0^+)=-1$을 대입하면

$30-3\cdot5=v'(0^+)+10(-1)$

$15=v'(0^+)-10$

$v'(0^+)=25$

이다.

4. $v'(t)=-Ae^{-t}-2Be^{-2t}$이므로 $t=0^+$에서

$-A-2B=25$

이다. 이를 $A+B=5$와 연립하면 $A=35$, $B=-30$이므로

$V_1(t)=v(t)=(35e^{-t}-30e^{-2t})u(t)$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- $45e^{-t}-35e^{-2t}$는 $t=0$에서 값이 10이므로 $V_1(0^+)=V_x(0^+)=5[V]$라는 초기조건과 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 초기값이 $10[V]$가 되는 계수 조합이라는 점이다. 올바르게는 $V_1(0^+)=5[V]$를 만족하는 $(35e^{-t}-30e^{-2t})u(t)$가 되어야 한다.

② O

- $35e^{-t}-30e^{-2t}$는 $t=0$에서 5, 미분값이 25이므로 주어진 $V_x(0)=5[V]$, $I_x(0)=-1[A]$를 모두 만족한다.
- KCL과 인덕터 식을 동시에 만족하는 해이므로 정답이다.

③ X

- $25e^{-t}-20e^{-2t}$는 $t=0$에서 5는 맞지만 $v'(0)=15$가 되어 실제 KCL로 얻는 $v'(0)=25$와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 초기 인덕터 전류 효과가 빠진 계수 조합이라는 점이다. 올바르게는 $I_x(0)=-1[A]$를 반영한 $(35e^{-t}-30e^{-2t})u(t)$가 되어야 한다.

④ X

- $15e^{-t}-10e^{-2t}$도 $t=0$에서 5는 맞지만 $v'(0)=5$여서 초기 노드전류 평형을 만족하지 못한다.
- 틀린 표현은 초기 기울기를 너무 작게 잡은 계수 조합이라는 점이다. 올바르게는 $v'(0^+)=25$를 만족하는 $(35e^{-t}-30e^{-2t})u(t)$가 되어야 한다.

오답 포인트

커패시터 초기전압 $V_x(0)$만 보고 $A+B=5$까지만 맞춘 뒤, 인덕터 초기전류 $I_x(0)$를 KCL에 넣지 않으면 ③처럼 잘못된 계수가 나온다. 또한 I_x의 기준방향이 아래쪽인데 값이 $-1[A]$라는 부호 정보를 놓치면 초기 기울기 $v'(0^+)$를 잘못 계산하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

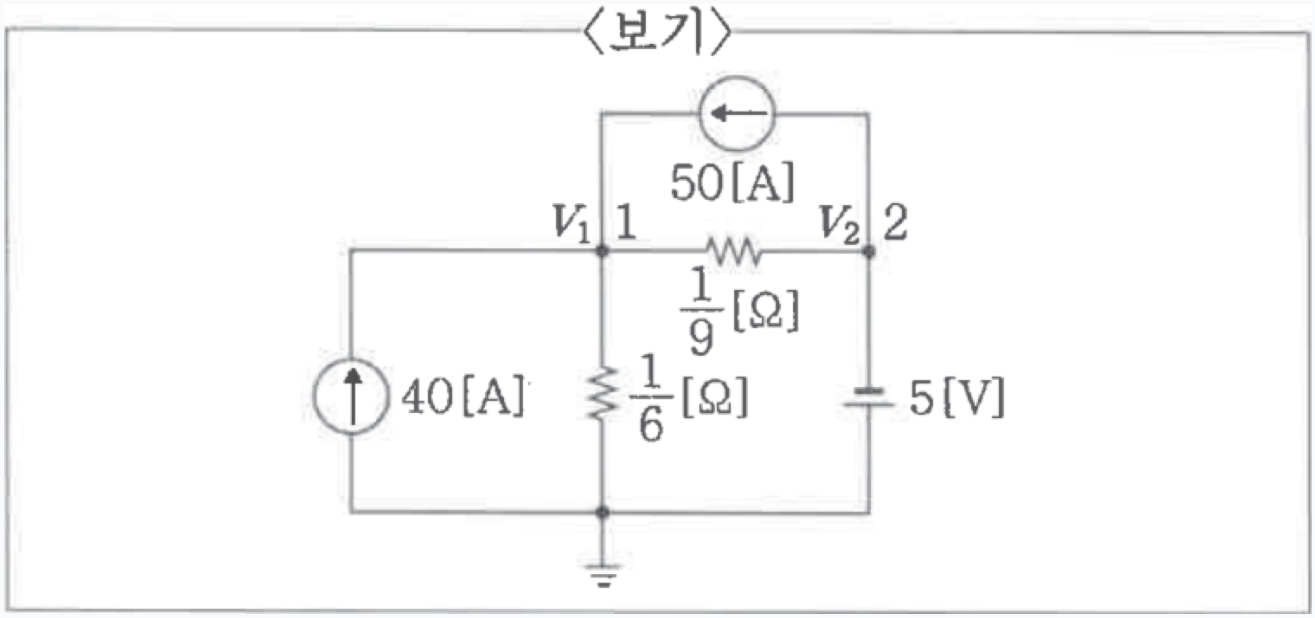
병렬 RLC 과도응답 문제는 먼저 공통 노드전압을 $v(t)$로 두고 KCL을 세운다. 그다음 $v(0^+)$와 $i_L(0^+)$를 각각 커패시터 전압 연속조건과 인덕터 전류 연속조건으로 넣어 $A+B$, $v'(0^+)$를 구하면 계수를 빠르게 결정할 수 있다.

암기 포인트

병렬 RLC의 계수 결정은 $v(0^+)$와 KCL에서 구한 $v'(0^+)$ 두 조건으로 끝난다.

NoteBase

문 13. <보기>의 회로에서 노드 1에서의 전압 V_1과 노드 2에서의 전압 V_2의 합[V]은?



① -2

② -1

③ 1

④ 2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전압원의 극성으로 V_2를 먼저 정한 뒤, 노드 1에 KCL을 적용해 $V_1 + V_2$를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

기준 노드는 아래쪽 접지이다.

노드 1은 접지와 1/6Ω 저항, 40A 전류원으로 연결된다.

노드 1과 노드 2 사이는 1/9Ω 저항과 50A 전류원이 병렬로 연결된다.

노드 2는 접지와 5 V 전압원으로 연결되며, 그림에서 긴 판이 아래쪽이므로 아래쪽이 +단자이다.

사용할 공식

노드전압법에서 KCL과 옴의 법칙을 사용한다.

$$\frac{V_1}{1/6} + \frac{V_1 - V_2}{1/9} = 40 + 50$$

이 공식을 쓰는 이유는 노드 1에서 미지수가 V_1 하나이고, 저항 전류를 모두 노드전압으로 바로 표현할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 5 V 전압원의 긴 판이 아래쪽이므로 접지 쪽이 +단자이다. 따라서 $0 - V_2 = 5$이어서 $V_2 = -5V$이다.
2. 노드 1에서 접지로 흐르는 저항 전류는 $\frac{V_1}{1/6} = 6V_1$이고, 노드 2로 흐르는 저항 전류는 $\frac{V_1 - V_2}{1/9} = 9(V_1 - V_2)$이다.
3. 40A 전류원과 50A 전류원은 모두 노드 1로 유입되므로 KCL은 $6V_1 + 9(V_1 - V_2) = 40 + 50$가 된다.
4. $V_2 = -5$를 대입하면 $6V_1 + 9(V_1 + 5) = 90$, 즉 $15V_1 + 45 = 90$이므로 $V_1 = 3V$이다.
5. 따라서 $V_1 + V_2 = 3 + (-5) = -2V$이다.

선지 판단

① O: 계산 결과 $V_1 = 3V$, $V_2 = -5V$이므로 합은 $-2V$이다.
② X: 실제 합은 $-1V$가 아니라 $-2V$이다. 틀린 표현은 '합이 $-1V$이다'이고, 올바르게는 '합이 $-2V$이다'이다.
③ X: 실제 합은 $1V$가 아니라 $-2V$이다. 틀린 표현은 '합이 $1V$이다'이고, 올바르게는 '합이 $-2V$이다'이다.
④ X: 실제 합은 $2V$가 아니라 $-2V$이다. 틀린 표현은 '합이 $2V$이다'이고, 올바르게는 '합이 $-2V$이다'이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 5 V 전압원의 극성을 반대로 읽어 $V_2 = +5V$로 착각하는 것이다. 또 1/6Ω, 1/9Ω를 보고 저항값 자체만 적어 두고 컨덕턴스 6, 9로 바꾸지 않으면 KCL 식이 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

노드전압 문제는 먼저 접지와 직접 연결된 전압원의 극성으로 해당 노드전압의 부호를 정하고, 그다음 미지 노드에 KCL을 세워 저항 전류를 V/R 형태로 정리하면 된다.

암기 포인트

전압원 극성 먼저, KCL은 유입과 유출을 맞추고, $1/R$은 컨덕턴스로 바꿔 계산한다.

NoteBase

문 14. <보기>의 함수 $F(s)$에 대한 라플라스 역변환 $f(t)=\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$는? (단, $u(t)$는 단위 계단 함수이다.)

<보기>

$F(s)=\frac{5}{s}+\frac{7}{s+2}+\frac{6}{s^2+4}$

① $[5t+7e^{-2t}+6\sin 2t]u(t)$

② $[5+7e^{-2t}+3\sin 2t]u(t)$

③ $[5+7e^{-2t}+3\cos 2t]u(t)$

④ $[5+7e^{-2t}+6\sin 2t]u(t)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 기본 라플라스 역변환 공식을 항별로 적용하여 $f(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 함수는 $F(s)=\frac{5}{s}+\frac{7}{s+2}+\frac{6}{s^2+4}$이다.
구해야 할 값은 $f(t)=\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$이다.
세 항 모두 표준형이므로 각 항을 따로 역변환한 뒤 더하면 된다.

사용할 공식

$\mathcal{L}^{-1}\{\frac{1}{s}\}=u(t),\quad \mathcal{L}^{-1}\{\frac{1}{s+a}\}=e^{-at}u(t),\quad \mathcal{L}^{-1}\{\frac{a}{s^2+a^2}\}=\sin(at)u(t)$
주어진 $F(s)$의 각 항이 이 표준형에 그대로 대응하므로 공식을 항별로 적용한다.

계산 과정

1. $\frac{5}{s}$의 역변환은 $5u(t)$이다.
2. $\frac{7}{s+2}$의 역변환은 $7e^{-2t}u(t)$이다.
3. $\frac{6}{s^2+4}=\frac{6}{s^2+2^2}=3\cdot\frac{2}{s^2+2^2}$이므로 역변환은 $3\sin 2tu(t)$이다.
4. 따라서 $f(t)=[5+7e^{-2t}+3\sin 2t]u(t)$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{5}{s}$의 역변환을 $5t$로 본 것이 틀렸다. $5t$는 $\frac{5}{s^2}$에 대응한다. 또한 $\frac{6}{s^2+4}$의 역변환 계수도 $6\sin 2t$가 아니라 $3\sin 2t$이다. 틀린 표현은 "$5t$"와 "$6\sin 2t$"이고, 올바르게는 $[5+7e^{-2t}+3\sin 2t]u(t)$이다.
② O: $\frac{5}{s} \to 5u(t)$, $\frac{7}{s+2} \to 7e^{-2t}u(t)$, $\frac{6}{s^2+4} \to 3\sin 2tu(t)$로 정확히 대응한다. 따라서 $[5+7e^{-2t}+3\sin 2t]u(t)$가 맞다.
③ X: $\cos 2t$의 라플라스 변환은 $\frac{s}{s^2+4}$ 형태여야 하므로 $\frac{6}{s^2+4}$와 맞지 않는다. 틀린 표현은 "$3\cos 2t$"이고, 올바르게는 "$3\sin 2t$"이다. 전체 식은 $[5+7e^{-2t}+3\sin 2t]u(t)$이다.
④ X: 첫째 항과 둘째 항은 맞지만 셋째 항의 계수가 틀렸다. $\frac{6}{s^2+4} = 3 \cdot \frac{2}{s^2+4}$이므로 역변환은 $6\sin 2t$가 아니라 $3\sin 2t$이다. 틀린 표현은 "$6\sin 2t$"이고, 올바르게는 전체가 $[5+7e^{-2t}+3\sin 2t]u(t)$이다.

오답 포인트

이 문항은 $\frac{1}{s}$와 $\frac{1}{s^2}$를 혼동하면 ①처럼 5를 $5t$로 잘못 바꾸게 만든다. 또 $\frac{a}{s^2+a^2}$는 사인, $\frac{s}{s^2+a^2}$는 코사인이라는 대응을 헷갈리면 ③처럼 코사인으로 오인하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

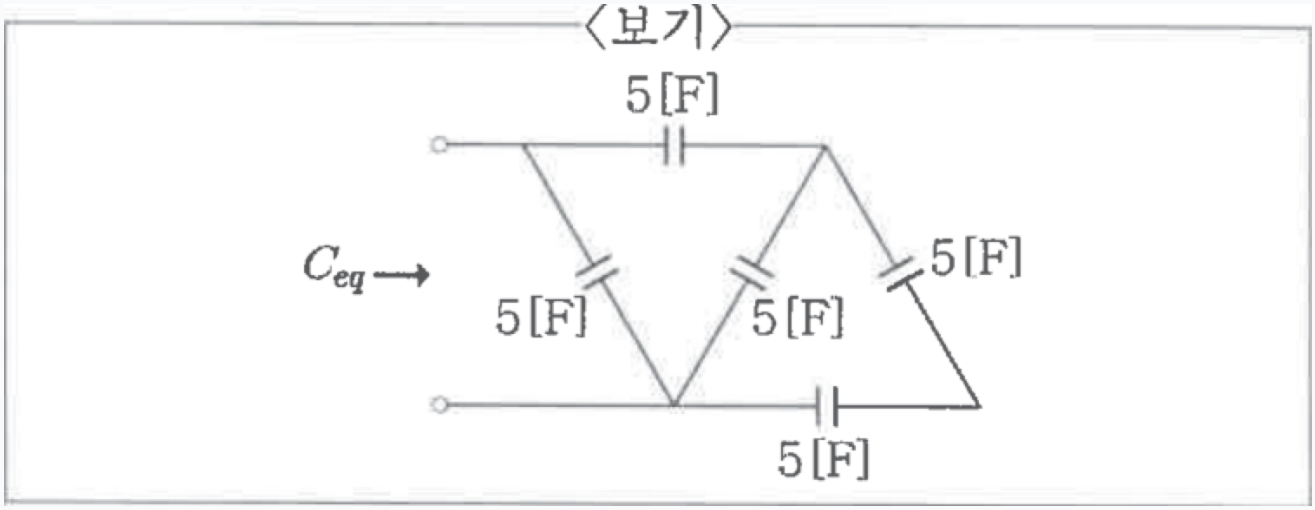
역라플라스 계산형은 항을 먼저 표준형으로 나눈 뒤 대응쌍을 확인하는 순서로 판단한다. 분모가 s이면 상수항, 분모가 $s+a$이면 지수함수, 분모가 s^2+a^2일 때 분자가 a이면 사인이고 분자가 s이면 코사인이다.

암기 포인트

$\frac{1}{s} \to 1$, $\frac{a}{s^2+a^2} \to \sin at$, $\frac{s}{s^2+a^2} \to \cos at$의 세 대응을 한 묶음으로 기억한다.

NoteBase

문 15. <보기>의 회로에서 등가 커패시턴스 C_{eq}의 값[F]은?



① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 회로도의 직렬·병렬 관계를 단계적으로 줄여 등가 커패시턴스 C_{eq}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 모든 커패시터는 5[F]이다.
구해야 할 값: 좌측 두 단자에서 본 등가 커패시턴스 C_{eq}이다.
주의할 조건: 왼쪽 사선의 5[F]는 두 단자에 직접 연결된 병렬 가지이고, 오른쪽 아래 두 5[F]는 서로 직렬이다.

사용할 공식

직렬 연결은 $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$, 병렬 연결은 $C_p = C_1 + C_2$를 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유:
이 회로는 오른쪽 삼각형 부분을 먼저 직렬·병렬로 줄일 수 있고, 그 결과를 위쪽 가지와 다시 직렬로 묶은 뒤 마지막에 왼쪽 사선 가지와 병렬로 합칠 수 있기 때문이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2022 · 10월

계산 과정

1. 오른쪽 사선 5[F]와 아래쪽 5[F]는 끝점만 공유하는 직렬이므로 $C_{series} = \frac{5 \times 5}{5+5} = 2.5[F]$이다.
2. 이 2.5[F]는 가운데 사선의 5[F]와 같은 두 노드 사이에 있으므로 병렬이다. 따라서 오른쪽 부분의 등가는 $C_{right} = 2.5 + 5 = 7.5[F]$이다.
3. 위쪽 5[F]와 방금 구한 7.5[F]는 직렬이므로 $C_{top} = \frac{5 \times 7.5}{5+7.5} = 3[F]$이다.
4. 이 3[F]는 왼쪽 사선의 5[F]와 좌측 두 단자 사이에 병렬로 놓여 있으므로 전체 등가는 $C_{eq} = 5 + 3 = 8[F]$이다.

선지 판단

① X
- 계산 결과가 2[F]가 아니라 8[F]이므로 틀리다.
- 2[F]는 오른쪽 일부만 보고 병렬 가지를 빠뜨린 과소계산에 가깝다.
- 틀린 표현은 "등가 커패시턴스가 2[F]이다"이고, 올바르게는 "등가 커패시턴스는 8[F]이다"이다.

② X
- 계산 결과가 4[F]가 아니라 8[F]이므로 틀리다.
- 왼쪽 사선의 5[F]가 두 단자에 직접 병렬로 연결된 가지라는 점을 반영하지 못하면 이런 오답을 고르기 쉽다.
- 틀린 표현은 "등가 커패시턴스가 4[F]이다"이고, 올바르게는 "등가 커패시턴스는 8[F]이다"이다.

③ X
- 계산 결과가 6[F]가 아니라 8[F]이므로 틀리다.
- 오른쪽 삼각형 부분의 직렬·병렬 순서를 잘못 묶으면 6[F] 같은 오답을 고를 수 있다.
- 틀린 표현은 "등가 커패시턴스가 6[F]이다"이고, 올바르게는 "등가 커패시턴스는 8[F]이다"이다.

④ O
- 전체 등가 커패시턴스는 $C_{eq} = 8[F]$이므로 옳다.
- 오른쪽 부분을 먼저 7.5[F]로 줄이고, 위쪽 5[F]와 직렬로 3[F]를 만든 뒤, 마지막에 왼쪽 5[F]와 병렬로 더하면 8[F]가 된다.

오답 포인트

오른쪽 삼각형에서 가운데 5[F]와 오른쪽 두 5[F]의 직렬 결과 2.5[F]는 서로 병렬이라는 점이 핵심 함정이다. 이 부분을 직렬로 착각하거나, 왼쪽 사선의 5[F] 병렬 가지를 누락하면 정답에서 멀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 회로 문제는 회로 전체를 한 번에 보지 않고, 같은 두 노드 사이인지부터 확인해 병렬을 찾고, 한 경로로만 이어진 부분을 직렬로 줄인 뒤 바깥쪽으로 다시 확장하는 순서로 판단한다.

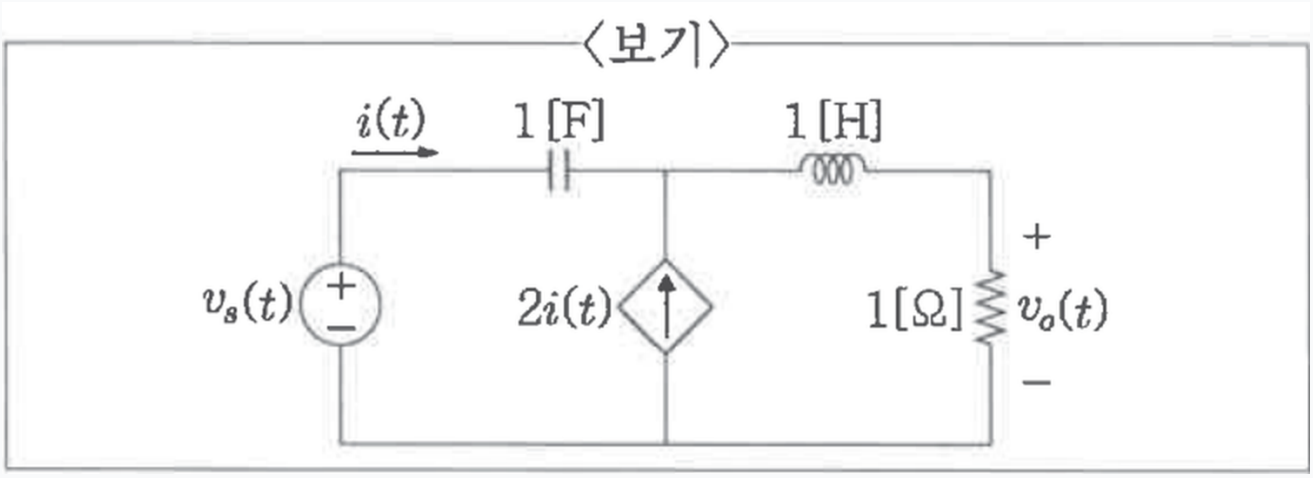
NoteBase

암기 포인트

등가 커패시턴스는 같은 두 노드면 병렬, 중간 분기 없이 한 줄이면 직렬이라는 기준으로 줄이면 된다.

NoteBase

문 16. <보기>의 회로에서 $v_s(t)$를 입력, $v_o(t)$를 출력이라고 할 때, 전달함수 $H(s)$는?



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

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 종속전류원이 포함된 회로를 s영역 등가회로로 바꾸고 절점전압법으로 전달함수 $H(s) = V_o(s)/V_s(s)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

커패시터는 1F이므로 임피던스가 $1/s$이다.
인덕터는 1H이므로 임피던스가 s이다.
저항은 1Ω이다.
커패시터 전류를 그림의 화살표 방향으로 $i(s)$라 두면 $i(s) = s\{V_s(s) - V_b(s)\}$이다.
출력은 저항 양단전압이므로 $V_o(s) = V_c(s)$이다.

NoteBase

사용할 공식

커패시터 전류식과 두 절점의 KCL을 쓴다.

$i(s) = s\{V_s(s) - V_b(s)\}$

$\frac{V_c(s) - V_b(s)}{s} + V_c(s) = 0$

$s\{V_b(s) - V_s(s)\} + \frac{V_b(s) - V_c(s)}{s} - 2i(s) = 0$

이 공식을 쓰는 이유는 종속전류원의 크기가 $2i(s)$로 주어져 있어 제어전류 $i(s)$를 포함한 절점방정식을 세우면 전달함수를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 출력 노드 c에서 KCL을 쓰면

$\frac{V_c - V_b}{s} + V_c = 0$

이므로

$V_b = (s+1)V_c$

가 된다.

2. 가운데 노드 b에서 KCL을 쓰면

$s(V_b - V_s) + \frac{V_b - V_c}{s} - 2i = 0$

이다. 그런데 $i = s(V_s - V_b)$이므로

$-i + \frac{V_b - V_c}{s} - 2i = 0$

$\frac{V_b - V_c}{s} = 3i = 3s(V_s - V_b)$

가 된다.

3. $V_b = (s+1)V_c$를 대입하면 $V_b - V_c = sV_c$이므로

$sV_c = 3s^2\{V_s - (s+1)V_c\}$

$V_c = 3s\{V_s - (s+1)V_c\}$

$(3s^2 + 3s + 1)V_c = 3sV_s$

를 얻는다.

4. 따라서

$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_s(s)} = \frac{V_c(s)}{V_s(s)} = \frac{3s}{3s^2 + 3s + 1}$

이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산 결과가 바로 $\frac{3s}{3s^2+3s+1}$이므로 옳다.
② X: 분자가 $3s+1$이면 $s=0$에서 $H(0)=1$이 된다. 이 회로는 입력단에 직렬 커패시터가 있어 DC에서 전류가 흐르지 않으므로 실제 전달함수는 $H(0)=0$이어야 한다. 틀린 표현은 분자의 상수항 1이고, 올바르게는 분자가 $3s$이다.
③ X: 분자가 $3s+2$이면 역시 $H(0)=2$가 되어 DC 전달이 생긴다. 직렬 커패시터가 있는 회로의 성질과 맞지 않는다. 틀린 표현은 분자의 상수항 2이고, 올바르게는 분자가 $3s$이다.
④ X: 분자가 $3(s+1)=3s+3$이면 $H(0)=3$이 되어 역시 DC 이득이 0이 아니다. 틀린 표현은 분자의 $+3$ 상수항이고, 올바르게는 $\frac{3s}{3s^2+3s+1}$이다.

오답 포인트

종속전류원 $2i(s)$를 KCL에 넣을 때 부호를 틀리거나, 입력 쪽 직렬 커패시터 때문에 DC에서 전달함수가 0이 된다는 점을 놓치면 ②~④ 같은 분자 상수항이 있는 식을 고르기 쉽다. 특히 $i=s(V_s-V_b)$를 $s(V_b-V_s)$로 잘못 쓰면 분자와 분모 부호가 함께 흐트러진다.

다시 나오면 이렇게 판단

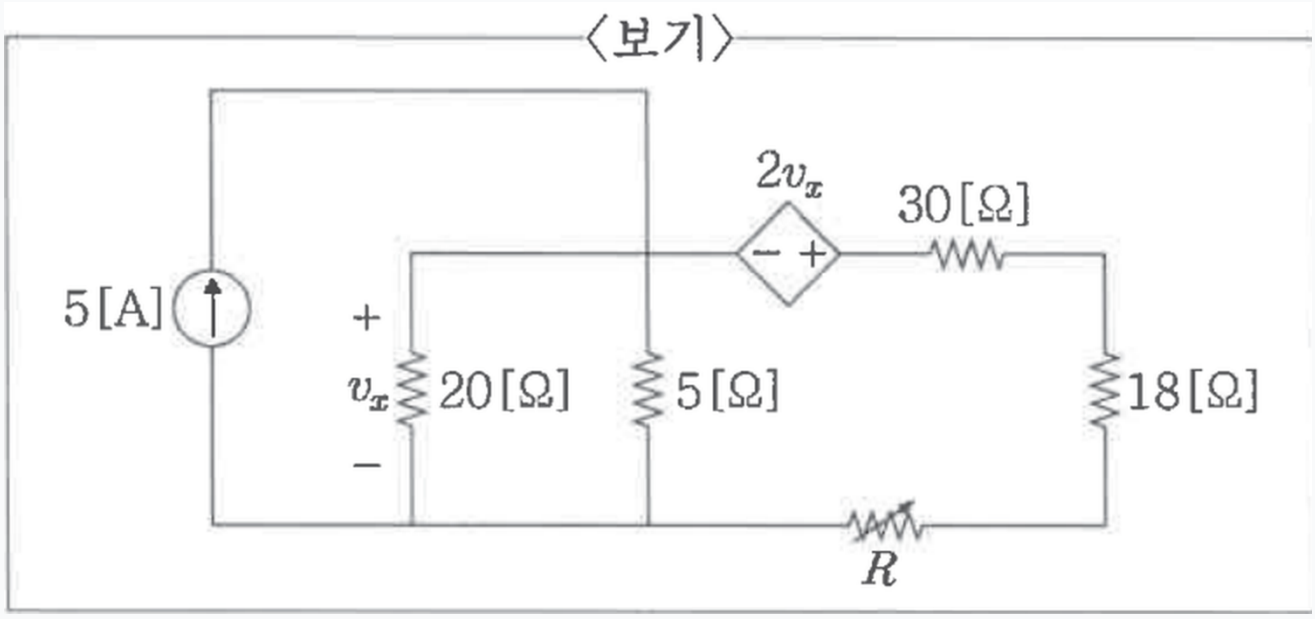
종속원이 있는 회로의 전달함수 문제는 s영역 변환, 제어변수 식 정리, 절점방정식 작성, 마지막으로 $H(0)$ 같은 경계값 검산 순서로 판단한다. 입력단에 직렬 커패시터가 보이면 분자에 s가 포함되어 DC 이득이 0인지 먼저 확인하면 빠르게 검산할 수 있다.

암기 포인트

입력단 직렬 커패시터가 있으면 전달함수 분자에 s가 들어가고 DC 이득은 0이 된다.

NoteBase

문 17. <보기>의 회로에서 가변 저항 R에 전달될 수 있는 최대 전력의 값[W]은?



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 3번

출제 포인트

테브난 등가전압과 테브난 저항을 구한 뒤 최대전력전달조건을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 독립전류원은 5A, 저항은 20Ω, 5Ω, 30Ω, 18Ω이고 종속전압원은 $2v_x$이다.
구해야 할 값: 가변 저항 R에 전달되는 최대 전력이다.
주의할 조건: 최대전력은 부하 R이 단자에서 본 테브난 저항 R_{th}와 같을 때 전달된다.

사용할 공식

$P_{max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$
이 공식을 쓰는 이유는 부하가 저항 하나일 때 최대전력전달조건이 $R = R_{th}$이기 때문이다. 따라서 먼저 부하 단자에서 본 V_{th}와 R_{th}를 구하면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. R을 개방하면 오른쪽 가지 전류가 0이므로 30Ω와 18Ω의 전압강하도 0이다.
2. 아래 노드를 기준으로 $v_x = V_A$라 두면 왼쪽 병렬망 KCL은
$\frac{V_A}{20} + \frac{V_A}{5} = 5$
이므로 $V_A = 20V$이다.
3. 종속전압원은 오른쪽이 +이므로 그 오른쪽 노드 전압은 $V_A + 2v_x = V_A + 2V_A = 3V_A$이다. 따라서 개방단자전압은
$V_{th} = 3V_A = 60V$
이다.
4. R_{th}를 구할 때는 독립전류원을 꺼서 개방하고, 부하 단자에 시험전압 V를 가한다. 30Ω와 18Ω는 직렬이므로 48Ω이다. 슈퍼노드 KCL은
$\frac{V_A}{20} + \frac{V_A}{5} + \frac{3V_A - V}{48} = 0$
이므로 $V = 15V_A$이다. 시험전류는
$I = \frac{V - 3V_A}{48} = \frac{V}{60}$
이어서
$R_{th} = \frac{V}{I} = 60\Omega$
이다.
5. 따라서 최대전력은
$P_{max} = \frac{60^2}{4 \times 60} = 15W$
이다.

선지별 해설

① X: 계산된 최대전력은 $15W$이므로 5는 맞지 않는다. 틀린 표현은 '최대 전력이 5 W'이고, 올바르게는 '최대 전력은 15 W'이다.
② X: 테브난 등가를 적용하면 최대전력은 $15W$이므로 10은 아니다. 틀린 표현은 '최대 전력이 10 W'이고, 올바르게는 '최대 전력은 15 W'이다.
③ O: $V_{th} = 60V$, $R_{th} = 60\Omega$이므로 $P_{max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}} = 15W$가 되어 옳다.
④ X: 최대전력전달식에 대입한 결과가 $15W$이므로 20은 아니다. 틀린 표현은 '최대 전력이 20 W'이고, 올바르게는 '최대 전력은 15 W'이다.

오답 포인트

종속전원이 들어간 회로에서 R_{th}를 단순 직병렬로 줄이려 하면 틀리기 쉽다. 이 문제의 함정은 독립전원만 끄고 종속전원은 유지한 채 시험전원법으로 R_{th}를 구해야 한다는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

부하 최대전력 문제는 먼저 부하를 떼어 V_{th}를 구하고, 다음에 독립전원만 제거한 뒤 시험전원으로 R_{th}를 구한 다음, 마지막에 $P_{max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$를 적용하는 순서로 판단한다.

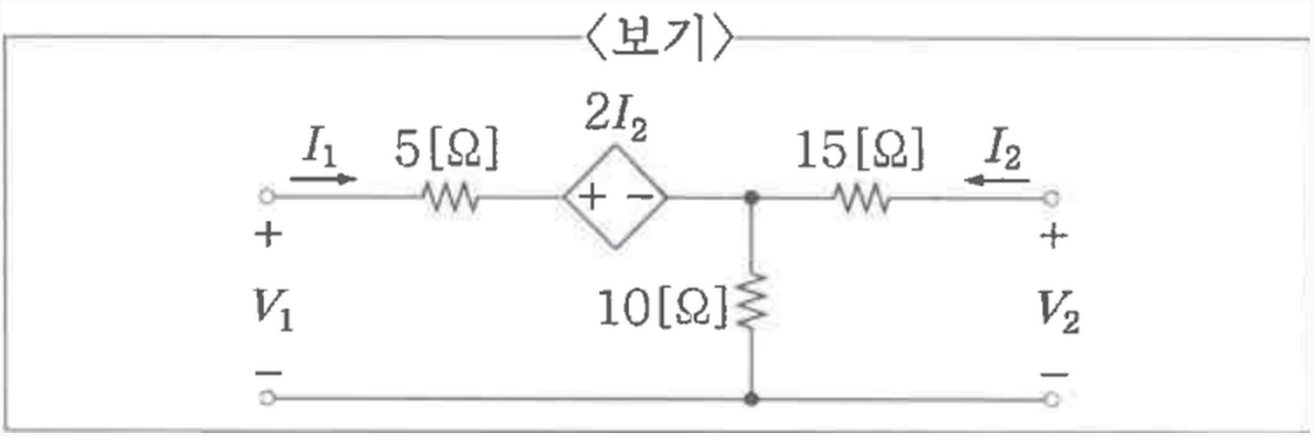
암기 포인트

종속전원이 있으면 R_{th}는 시험전원법으로 구한다. 최대전력은 $R = R_{th}$, $P_{max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$이다.

NoteBase

문 18. <보기>의 회로에서 z 파라미터를 옳게 표현한 것은?

<보기>



① pmatrix15 & 25 \ 10 & 12pmatrix[Ω]

② pmatrix15 & 12 \ 10 & 25pmatrix[Ω]

③ pmatrix25 & 10 \ 12 & 15pmatrix[Ω]

④ pmatrix25 & 15 \ 12 & 10pmatrix[Ω]

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 2포트 회로에서 z 파라미터의 정의 $V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2$, $V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$를 회로식으로 세우는 문제이다.

조건 정리

상단 중앙 노드 전압을 V_x라 두면 10[Ω] 저항으로 내려가는 전류는 $I_1 + I_2$이다.
따라서 $V_x = 10(I_1 + I_2)$이다.
좌측 종속전압원은 좌측이 +, 우측이 −이므로 전압강하는 $2I_2$이다.

사용할 공식

$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2, \quad V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$
$V_x = 10(I_1 + I_2)$
이 공식을 쓰는 이유는 z 파라미터가 각 포트 전압을 포트 전류 I_1, I_2의 선형결합으로 나타낸 계수이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 중앙 노드에서 KCL을 적용하면 $V_x/10 = I_1 + I_2$이므로 $V_x = 10(I_1 + I_2)$이다.
2. 좌측 포트는 5[Ω] 저항과 종속전압원을 지나 중앙 노드에 이르므로 $V_1 = V_x + 5I_1 + 2I_2$이다.
3. 따라서 $V_1 = 10(I_1 + I_2) + 5I_1 + 2I_2 = 15I_1 + 12I_2$이다.
4. 우측 포트는 15[Ω] 저항을 거쳐 중앙 노드에 연결되므로 $V_2 = V_x + 15I_2$이다.
5. 따라서 $V_2 = 10(I_1 + I_2) + 15I_2 = 10I_1 + 25I_2$이다.
6. 그러므로 z 파라미터 행렬은 첫째 행 [15, 12], 둘째 행 [10, 25]이다.

선지 판단

① X: z_{12}와 z_{22}를 뒤바꾼 값이다. V_1에서 I_2의 계수는 공통 10[Ω]과 종속전압원 $2I_2$의 합인 12여야 하고, V_2에서 I_2의 계수는 공통 10[Ω]과 15[Ω]의 합인 25여야 한다. 틀린 표현은 "$z_{12} = 25, z_{22} = 12$"이고, 올바르게는 "$z_{12} = 12, z_{22} = 25$"이다.
② O: $V_1 = 15I_1 + 12I_2, V_2 = 10I_1 + 25I_2$와 정확히 일치하므로 옳다.
③ X: 첫째 열과 둘째 열이 모두 잘못 배치된 값이다. z_{11}은 5[Ω]과 공통 10[Ω]의 합이므로 15이고, z_{21}은 공통 10[Ω]만 반영되어 10이어야 한다. 틀린 표현은 "$z_{11} = 25, z_{21} = 12$"이고, 올바르게는 "$z_{11} = 15, z_{21} = 10$"이다.
④ X: I_1에 대한 계수와 I_2에 대한 계수를 모두 잘못 묶은 값이다. z_{11}은 25가 아니라 15이고, z_{22}는 10이 아니라 25이다. 틀린 표현은 "첫째 행 첫째 열이 25, 둘째 행 둘째 열이 10"이고, 올바르게는 "첫째 행 첫째 열이 15, 둘째 행 둘째 열이 25"이다.

오답 포인트

공통 10[Ω] 저항이 V_1과 V_2에 모두 영향을 준다는 점을 빼먹으면 계수가 뒤바뀐다. 또한 종속전압원 $2I_2$는 V_1 식에만 직접 더해지므로 이를 V_2 쪽 계수에 넣으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

2포트 z 파라미터 문제는 먼저 중앙 노드 전압을 I_1, I_2로 표현한 뒤, 각 포트에서 그 노드까지의 전압강하를 더해 V_1, V_2를 정리하면 된다. 공통소자는 두 전압식에 함께 들어가고, 한쪽 포트에만 직렬인 소자는 해당 전압식에만 들어간다.

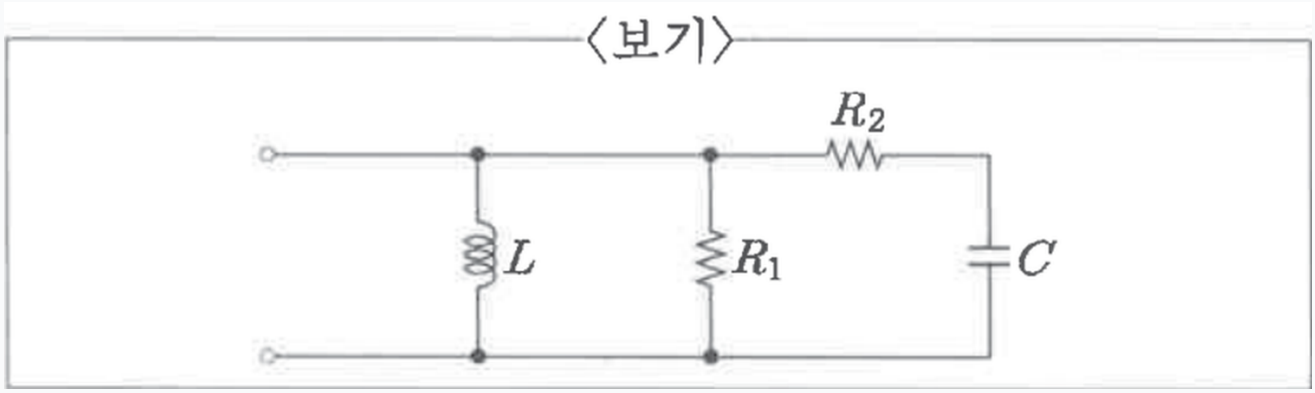
암기 포인트

공통소자는 두 식에 같이 들어가고, 포트별 직렬소자는 자기 식에만 더해진다.

NoteBase

문 19. <보기>의 회로에서 공진주파수 ω_0의 값[rad/s]은?

<보기>



① $\sqrt{\frac{1}{LC-R_2^2C^2}}$
② $\sqrt{\frac{1}{LC-R_1^2C^2}}$
③ $\sqrt{\frac{1}{LC+R_2^2C^2}}$
④ $\sqrt{\frac{1}{LC+R_1^2C^2}}$

정답 1번

출제 포인트

병렬 공진 조건에서 전체 어드미턴스의 허수부가 0이 되는 식을 세워 ω_0를 유도하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로는 세 개의 병렬 가지로 구성된다.
왼쪽 가지는 인덕터 L, 가운데 가지는 저항 R_1, 오른쪽 가지는 저항 R_2와 커패시터 C의 직렬 회로이다.
공진주파수는 병렬 회로의 전체 어드미턴스 허수부가 0이 되는 조건으로 구한다.

사용할 공식

전체 어드미턴스를
$Y = \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + \frac{1}{j\omega C}}$
로 두고, 공진 조건 $\mathrm{Im}(Y) = 0$을 적용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 병렬 공진은 각 가지의 임피던스보다 전체 어드미턴스의 허수 성분이 상쇄되는 조건으로 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

인덕터 가지의 어드미턴스는
$\frac{1}{j\omega L} = -j\frac{1}{\omega L}$
이다.

오른쪽 직렬 $R_2 - C$ 가지의 어드미턴스는
$\frac{1}{R_2 + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{R_2 - j\frac{1}{\omega C}} = \frac{R_2 + j\frac{1}{\omega C}}{R_2^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$
이다.

여기서 $\frac{1}{R_1}$은 순저항 성분이므로 허수부에 영향을 주지 않는다.

따라서 공진 조건은
$\frac{\frac{1}{\omega C}}{R_2^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}} - \frac{1}{\omega L} = 0$
이다.

이를 정리하면
$\frac{\omega C}{1 + R_2^2 \omega^2 C^2} = \frac{1}{\omega L}$
$\omega^2 LC = 1 + R_2^2 \omega^2 C^2$
$\omega_0^2 (LC - R_2^2 C^2) = 1$
이므로
$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC - R_2^2 C^2}}$
이다.

선지별 해설

① O 계산 결과가 $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC - R_2^2 C^2}}$ 이므로 옳다.
② X 병렬의 R_1 가지는 전체 어드미턴스의 실수부만 바꾸고 공진 조건인 허수부 0 식에는 직접 들어가지 않는다. 틀린 표현은 $R_1^2 C^2$이고, 올바르게는 $R_2^2 C^2$이다.
③ X 직렬 $R_2 - C$ 가지의 어드미턴스를 정리하면 최종 분모는 $LC + R_2^2 C^2$가 아니라 $LC - R_2^2 C^2$가 된다. 틀린 표현은 $LC + R_2^2 C^2$이고, 올바르게는 $LC - R_2^2 C^2$이다.
④ X 이 식은 R_1과 R_2를 혼동한 데다 부호도 잘못 쓴 경우이다. 틀린 표현은 $LC + R_1^2 C^2$이고, 올바르게는 $LC - R_2^2 C^2$이다.

오답 포인트

가운데의 R_1이 눈에 띄어서 공진식에 들어간다고 착각하기 쉽지만, 순저항 병렬 가지는 허수부 상쇄 조건에 직접 영향을 주지 않는다.
또한 직렬 $R_2 - C$ 가지를 어드미턴스로 바꾸는 과정에서 분모 부호를 잘못 정리하면 ③, ④ 같은 오답이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 공진 문제는 먼저 전체 어드미턴스를 쓴 뒤 허수부만 따로 모아 0으로 둔다.
순저항 병렬 가지는 공진주파수 식에서 빠지고, 직렬 $R-C$ 가지는 반드시 어드미턴스로 바꾼 뒤 분모 부호를 확인한다.

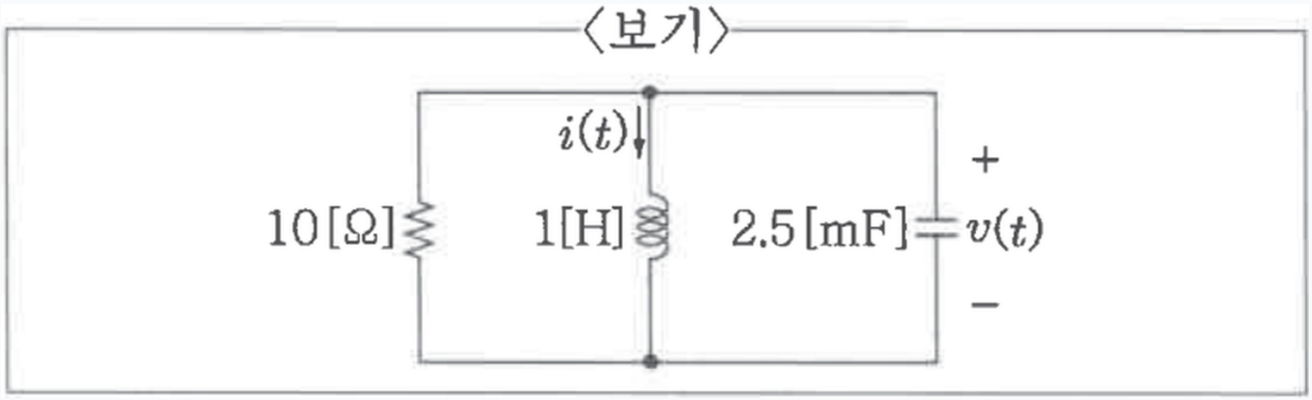
암기 포인트

병렬 공진은 $B=0$ 조건으로 본다. 순저항 병렬 가지는 공진주파수 식에 직접 들어가지 않고, 직렬 손실저항은 $LC-R^2C^2$ 꼴로 반영된다.

NoteBase

문 20. <보기>의 무전원 *RLC* 병렬 회로에서 $v(0) = 10[V]$, $i(0) = 0[A]$일 때, $t > 0$에서 $v(t)[V]$는?

<보기>



① $(10 + 200t)e^{-20t}$

② $(10 - 200t)e^{-20t}$

③ $(10 + 400t)e^{-20t}$

④ $(10 - 400t)e^{-20t}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 무전원 병렬 RLC 회로의 자연응답 미분방정식을 세우고 초기조건으로 계수를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

저항은 10Ω, 인덕턴스는 1H, 커패시턴스는 2.5mF이다.
공통 전압은 $v(t)$이다.
초기조건은 $v(0) = 10$, $i(0) = 0$이다.

사용할 공식

$\frac{v}{R} + C\frac{dv}{dt} + i = 0, \qquad v = L\frac{di}{dt}$
따라서
$C\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{1}{R}\frac{dv}{dt} + \frac{1}{L}v = 0$
이 회로는 무전원 병렬 RLC 회로이므로 KCL과 인덕터 전압식을 결합해 자연응답 방정식을 세운다.

NoteBase

계산 과정

1. KCL로 $\frac{v}{10} + 0.0025\frac{dv}{dt} + i = 0$이다.
2. 이를 미분하고 $v = L\frac{di}{dt} = \frac{di}{dt}$를 대입하면
$0.0025\frac{d^2v}{dt^2} + 0.1\frac{dv}{dt} + v = 0$
즉
$\frac{d^2v}{dt^2} + 40\frac{dv}{dt} + 400v = 0$
이다.
3. 특성방정식은 $s^2 + 40s + 400 = (s+20)^2 = 0$이므로
$v(t) = (A + Bt)e^{-20t}$
이다.
4. $v(0) = 10$에서 $A = 10$이다.
5. $t = 0$의 KCL에서 $1 + 0.0025v'(0) + 0 = 0$이므로 $v'(0) = -400$이다.
6. $v'(t) = (B - 20A - 20Bt)e^{-20t}$이므로 $v'(0) = B - 20A = B - 200$이다. 따라서 $B - 200 = -400$, $B = -200$이다.
7. 그래서
$v(t) = (10 - 200t)e^{-20t}$
이다.

선지 판단

① X: $(10 + 200t)e^{-20t}$는 t항의 부호가 반대이다. 초기조건으로 구한 B는 $+200$이 아니라 -200이므로 올바르게는 $(10 - 200t)e^{-20t}$이다.
② O: 계산 결과가 정확히 $(10 - 200t)e^{-20t}$이므로 맞다.
③ X: $400t$는 $v'(0)$와 t의 계수 B를 같은 값으로 착각하면 나오는 형태이다. 올바르게는 $B = v'(0) + 20A = -400 + 200 = -200$이므로 $(10 - 200t)e^{-20t}$가 된다.
④ X: $-400t$는 $v'(0) = -400$을 그대로 t의 계수로 쓴 식이다. 중근 해에서는 $v'(0) = B - 20A$ 관계를 만족해야 하므로 올바르게는 $(10 - 200t)e^{-20t}$이다.

오답 포인트

병렬 회로에서 KCL 부호를 반대로 두거나, 중근 해 $(A + Bt)e^{-20t}$에서 B와 $v'(0)$를 바로 같은 값으로 놓으면 ①, ③, ④ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

무전원 병렬 RLC는 먼저 KCL로 2차 미분방정식을 만들고, 다음에 $v(0)$와 KCL로 구한 $v'(0)$를 써서 상수 A, B를 정하는 순서로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

병렬 RLC 자연응답은 KCL로 식을 세우고, 중근이면 $v(t) = (A + Bt)e^{st}$에서 $B \neq v'(0)$라는 점이 핵심이다.

NoteBase