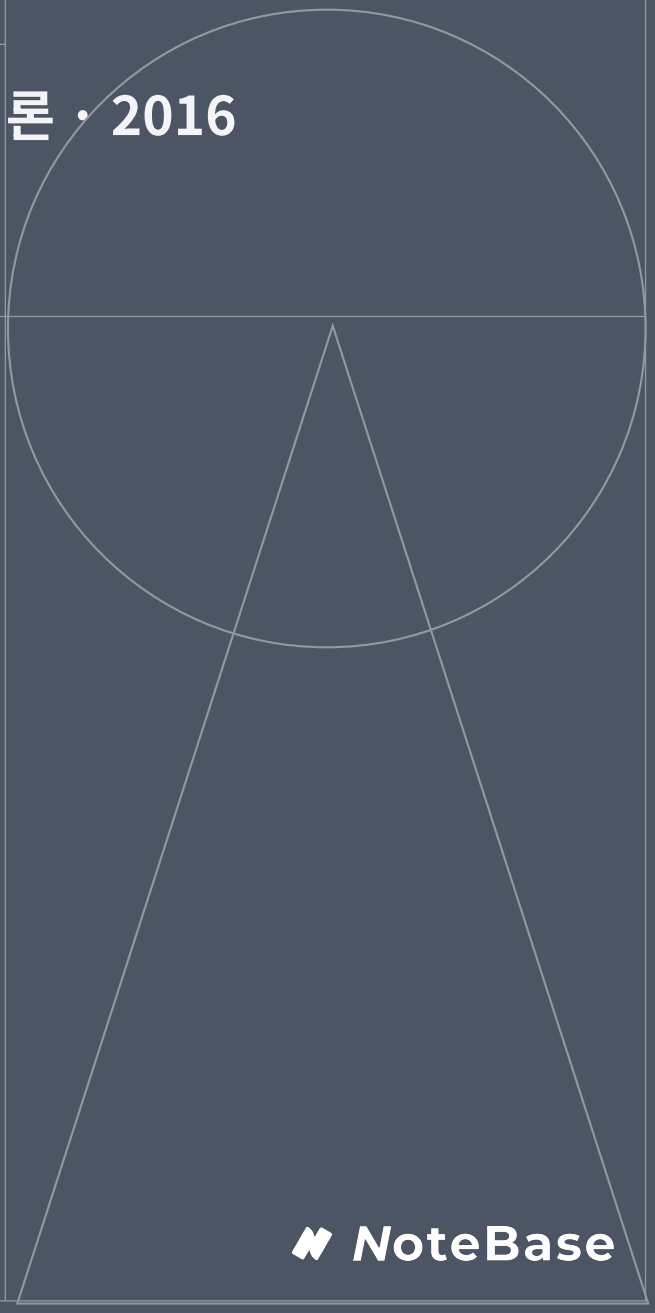
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2016



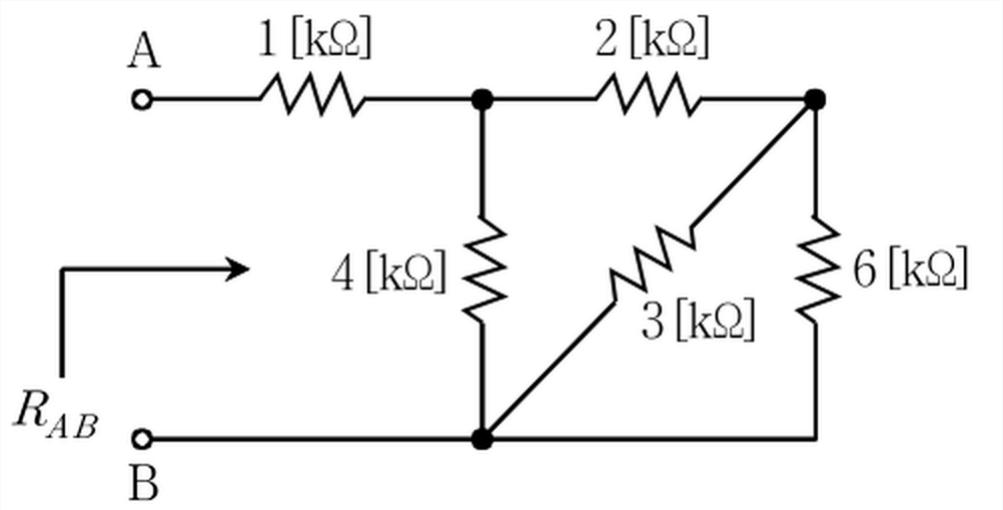
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2016

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2016

문 1. 다음 회로에서 합성 저항 $R_{AB}[k\Omega]$의 값은?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직렬과 병렬 결합을 순서대로 정리하여 단자 A-B 사이의 합성 저항 R_{AB}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $1k\Omega$, $2k\Omega$, $3k\Omega$, $4k\Omega$, $6k\Omega$
구해야 할 값: 단자 A-B 사이의 합성 저항 R_{AB}
주의할 조건: 오른쪽의 $3k\Omega$와 $6k\Omega$는 같은 두 노드 사이에 연결되어 병렬이고, 그 결과는 위쪽의 $2k\Omega$와 직렬이다.

NoteBase

사용할 공식

직렬 연결은 $R_s = R_1 + R_2$, 병렬 연결은 $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 오른쪽 끝의 $3k\Omega$와 $6k\Omega$가 병렬이고, 그 등가저항이 위쪽 $2k\Omega$와 직렬, 그 전체가 가운데 $4k\Omega$와 병렬, 마지막으로 왼쪽 $1k\Omega$와 직렬이기 때문이다.

계산 과정

1. 오른쪽 병렬 저항은 $3 \parallel 6 = \frac{3 \times 6}{3+6} = 2k\Omega$이다.
2. 위쪽 경로의 저항은 $2 + 2 = 4k\Omega$이다.
3. 가운데 노드와 B 사이에는 $4k\Omega$ 경로와 방금 구한 $4k\Omega$ 경로가 병렬이므로 $4 \parallel 4 = 2k\Omega$이다.
4. 마지막으로 A와 가운데 노드 사이의 $1k\Omega$가 직렬이므로 $R_{AB} = 1 + 2 = 3k\Omega$이다.

선지별 해설

① X: $1k\Omega$는 왼쪽 첫 번째 저항 값만 본 값이어서 틀리다. 가운데 노드와 B 사이에도 $2k\Omega$의 등가저항이 더 남아 있으므로 전체 합성 저항은 $1k\Omega$보다 커야 한다. 틀린 표현은 \"합성 저항이 $1k\Omega$이다\"이고, 올바르게는 \"합성 저항은 $3k\Omega$이다\"이다.
② X: $2k\Omega$는 가운데 노드와 B 사이에서 $4k\Omega$ 두 경로를 병렬로 만든 값까지는 맞지만, A와 가운데 노드 사이의 $1k\Omega$ 직렬 저항을 빠뜨린 값이어서 틀리다. 틀린 표현은 \"합성 저항이 $2k\Omega$이다\"이고, 올바르게는 \"마지막 직렬 $1k\Omega$를 더해 $3k\Omega$이다\"이다.
③ O: $3 \parallel 6 = 2k\Omega$, 이어서 $2 + 2 = 4k\Omega$, 다시 $4 \parallel 4 = 2k\Omega$, 마지막으로 $1 + 2 = 3k\Omega$가 되므로 옳다.
④ X: $4k\Omega$는 위쪽 경로 $2 + (3 \parallel 6)$만 계산한 값이거나 병렬 결합을 끝내기 전에 멈춘 값이어서 틀리다. 가운데의 $4k\Omega$ 경로와 병렬 결합한 뒤 왼쪽 $1k\Omega$를 직렬로 더해야 한다. 틀린 표현은 \"합성 저항이 $4k\Omega$이다\"이고, 올바르게는 \"최종 합성 저항은 $3k\Omega$이다\"이다.

오답 포인트

오른쪽의 $3k\Omega$와 $6k\Omega$를 먼저 병렬로 보지 못하거나, 가운데 노드와 B 사이의 병렬 결합까지만 계산하고 왼쪽 $1k\Omega$ 직렬 저항을 빠뜨리는 실수가 가장 흔하다.

다시 나오면 이렇게 판단

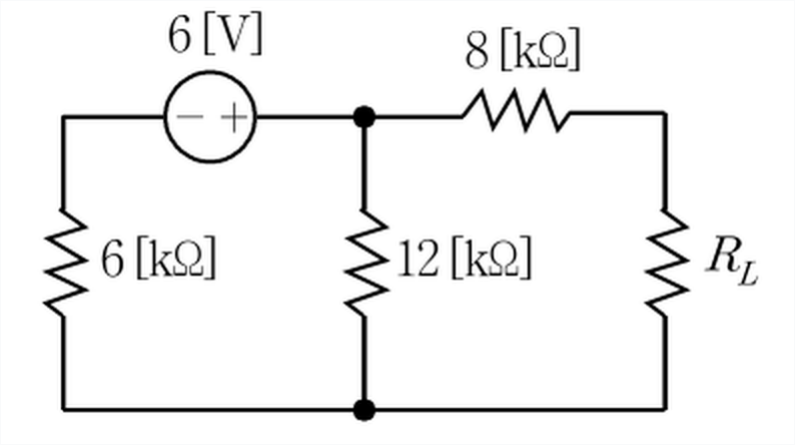
회로 합성 문제는 같은 두 노드를 공유하는 저항부터 병렬로 묶고, 그 결과를 직렬로 더한 뒤, 다시 남은 병렬과 직렬을 바깥쪽으로 확장하며 정리하면 된다.

암기 포인트

같은 두 노드이면 병렬, 한 줄로만 이어지면 직렬이며, 이 문항은 $3 \parallel 6 = 2$, $4 \parallel 4 = 2$, 마지막에 $+1$을 더해 $3k\Omega$가 된다.

NoteBase

문 2. 다음 회로에서 R_L에 최대 전력을 전달하기 위한 R_L의 값 [$k\Omega$]과 그 때 R_L에 전달되는 최대 전력 P_L [mW]는?



① $R_L = 6[k\Omega],\ P_L = \frac{2}{3}[mW]$

② $R_L = 12[k\Omega],\ P_L = \frac{1}{3}[mW]$

③ $R_L = 12[k\Omega],\ P_L = \frac{2}{3}[mW]$

④ $R_L = 6[k\Omega],\ P_L = \frac{1}{3}[mW]$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 부하 R_L에서 본 회로의 테브난 등가를 구한 뒤 최대 전력 전달 조건 $R_L = R_{th}$와 최대전력 공식으로 R_L와 P_L를 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 부하가 연결되는 단자는 오른쪽 R_L 자리이다.
- 최대 전력 전달 조건은 $R_L = R_{th}$이다.
- 개방단자 전압 V_{th}와 등가저항 R_{th}를 먼저 구하면 최대전력을 계산할 수 있다.

사용할 공식

$R_L = R_{th}$

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

이 공식을 쓰는 이유는 원회로를 부하단에서 보면 테브난 전압원 V_{th}와 직렬저항 R_{th}로 바꿀 수 있고, 이때 부하전력이 최대가 되는 조건이 $R_L = R_{th}$이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. R_L를 떼어 내고 전압원을 단락시키면, 가운데 노드에서 접지까지 $6k\Omega$와 $12k\Omega$가 병렬이므로
$6 \parallel 12 = \frac{6 \times 12}{6+12} = 4k\Omega$
이다. 여기에 오른쪽의 $8k\Omega$가 직렬이므로
$R_{th} = 8 + 4 = 12k\Omega$
이다.
2. R_L를 개방하면 $8k\Omega$에는 전류가 흐르지 않으므로 V_{th}는 가운데 노드 전압과 같다. 왼쪽 노드를 V_A, 가운데 노드를 V_B라 하면 전압원 때문에 $V_B - V_A = 6$이고, 슈퍼노드 KCL로
$\frac{V_A}{6k\Omega} + \frac{V_B}{12k\Omega} = 0$
이다. 이를 풀면 $2V_A + V_B = 0$, $V_B = V_A + 6$이므로 $V_A = -2V$, $V_B = 4V$이다. 따라서
$V_{th} = 4V$
이다.
3. 최대 전력 전달 조건에서
$R_L = R_{th} = 12k\Omega$
이고, 최대 전력은
$P_{L,\max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}} = \frac{4^2}{4 \times 12k\Omega} = \frac{16}{48 \times 10^3} W = \frac{1}{3}mW$
이다.

선지별 해설

① X
- 최대 전력 전달 조건은 $R_L = R_{th}$이므로 $R_L = 6k\Omega$는 틀리다. 틀린 표현은 "$R_L = 6k\Omega$"이고, 올바르게는 "$R_L = 12k\Omega$"이다.
- 최대 전력은 $\frac{1}{3}mW$이므로 "$\frac{2}{3}mW$"도 틀리다. 올바르게는 "$\frac{1}{3}mW$"이다.

② O
- 계산 결과 $R_L = 12k\Omega$, $P_{L,\max} = \frac{1}{3}mW$이므로 제시된 값이 모두 맞다.

③ X
- $R_L = 12k\Omega$는 맞지만 최대 전력이 "$\frac{2}{3}mW$"라는 부분이 틀리다. 올바르게는 "$P_L = \frac{1}{3}mW$"이다.
- 이 오답은 최대전력 공식 $\frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$에서 분모의 4를 빠뜨리거나, 부하와 내부저항이 반씩 전압을 나눠 갖는 조건을 놓치면 나오기 쉽다.

④ X
- 최대 전력 전달 조건에서 부하저항은 내부저항과 같아야 하므로 "$R_L = 6k\Omega$"가 틀리다. 올바르게는 "$R_L = 12k\Omega$"이다.
- 전력값도 최대전력은 $\frac{1}{3}mW$이지만, 이 선지는 저항값부터 최대 조건을 만족하지 못하므로 선택지 전체가 틀리다.

NoteBase

오답 포인트

오른쪽의 $8k\Omega$를 빼고 $6 \parallel 12 = 4k\Omega$만 R_{th}로 보는 실수가 자주 나온다. 또한 $R_L = R_{th}$ 조건만 기억하고 $P_{L,\max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$의 분모 4를 빠뜨리면 $\frac{2}{3}mW$ 같은 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

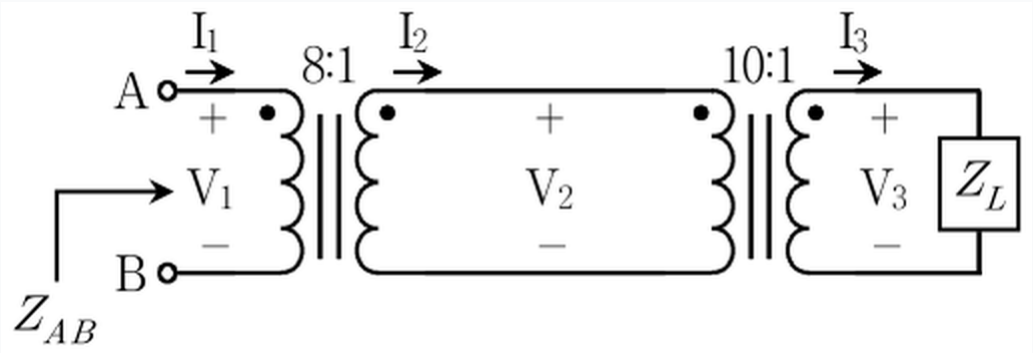
최대 전력 전달 문제는 먼저 부하를 떼고 테브난 등가 V_{th}, R_{th}를 구한 다음, $R_L = R_{th}$를 바로 적용하고 마지막에 $P_{L,\max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$로 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

최대 전력 전달은 "부하저항은 테브난 저항과 같고, 최대전력은 $\frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$"로 정리된다.

NoteBase

문 3. 다음 회로에서 Z_{AB}를 Z_L을 이용하여 표현한 것으로 옳은 것은? (단, 변압기는 이상적이다)



① $Z_{AB} = 64Z_L$

② $Z_{AB} = 80Z_L$

③ $Z_{AB} = 800Z_L$

④ $Z_{AB} = 6400Z_L$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상 변압기의 임피던스 환산식 $Z_{in} = \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 Z_L$를 두 번 적용하여 $A-B$ 단자에서 본 입력 임피던스를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 왼쪽 변압기 권수비는 8:1, 오른쪽 변압기 권수비는 10:1, 부하는 Z_L이다.
- 구해야 할 값: Z_{AB}이다.
- 주의할 조건: 이상 변압기에서 임피던스는 권수비에 비례하는 것이 아니라 권수비의 제곱으로 환산된다. 두 변압기를 부하 쪽부터 한 단계씩 순서대로 반사시켜야 한다.

사용할 공식

$Z_{in} = \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 Z_L$

이 공식을 쓰는 이유는 이상 변압기에서 2차측 부하를 1차측에서 볼 때 전압비와 전류비가 동시에 반영되어 입력 임피던스가 권수비의 제곱배로 바뀌기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 오른쪽 10:1 변압기에서 Z_L를 그 1차측으로 환산하면
$Z_2' = \left(\frac{10}{1}\right)^2 Z_L = 100Z_L$
2. 이 $100Z_L$가 왼쪽 8:1 변압기의 2차측 부하가 된다.
3. 이를 다시 왼쪽 변압기 1차측으로 환산하면
$Z_{AB} = \left(\frac{8}{1}\right)^2 \cdot 100Z_L = 64 \cdot 100Z_L = 6400Z_L$
따라서 $Z_{AB} = 6400Z_L$이다.

선지별 해설

① X: $64Z_L$는 왼쪽 8:1 변압기만 고려하고 오른쪽 10:1 변압기에 의한 환산을 빠뜨린 값이다. 틀린 표현은 $Z_{AB} = 64Z_L$이고, 올바르게는 먼저 Z_L를 $100Z_L$로 만든 뒤 다시 64배 하여 $6400Z_L$가 된다.
② X: $80Z_L$는 전체 권수비를 $8 \times 10 = 80$으로 보고 임피던스를 제곱하지 않은 값이다. 틀린 표현은 권수비를 1승으로만 반영한 점이고, 올바르게는 $Z_{AB} = 80^2 Z_L = 6400Z_L$이다.
③ X: $800Z_L$는 한 변압기에서는 제곱을 적용하고 다른 변압기에서는 선형배만 적용한 값에 해당한다. 틀린 표현은 두 단계 환산에서 제곱 적용을 한 번만 한 점이고, 올바르게는 두 변압기 모두에서 권수비 제곱을 적용하여 $64 \times 100 = 6400$이 된다.
④ O: 오른쪽 변압기에서 $100Z_L$, 왼쪽 변압기에서 다시 64배가 되어 최종적으로 $6400Z_L$가 되므로 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 권수비 8:1과 10:1을 보고 단순히 8배, 10배 또는 80배로만 처리하는 데 있다. 이상 변압기의 임피던스 환산은 항상 권수비의 제곱으로 처리되며, 변압기가 두 개이면 부하 쪽부터 한 단계씩 연속해서 반사해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 임피던스 문제는 가장 안쪽의 부하부터 시작하여 바로 앞 권선의 1차측으로 하나씩 환산한다. 각 단계마다 $\left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2$를 곱했는지만 확인하면 계산 실수를 줄일 수 있다.

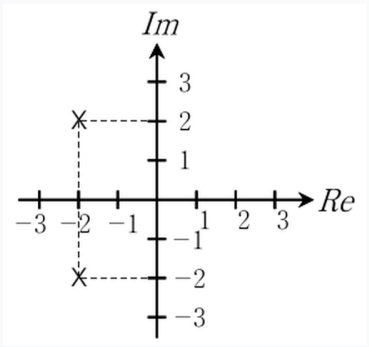
암기 포인트

이상 변압기에서는 전압비는 권수비 1승, 임피던스비는 권수비 2승으로 반영된다. 여러 변압기가 이어지면 부하 쪽에서부터 제곱 환산을 차례로 적용한다.

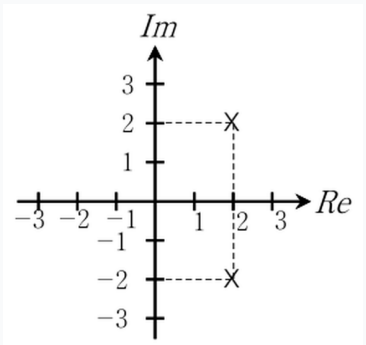
NoteBase

문 4. 회로망의 전달함수가 $H(s)=\frac{s}{s^2+2s+5}$일 때, 극점을 극-영점 선도(pole-zero diagram)에 나타낸 것으로 옳은 것은? (단, 극-영점 선도에서 극점은 x로 표현된다)

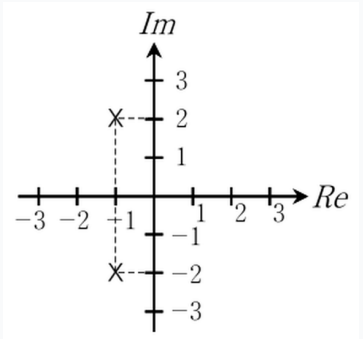
①



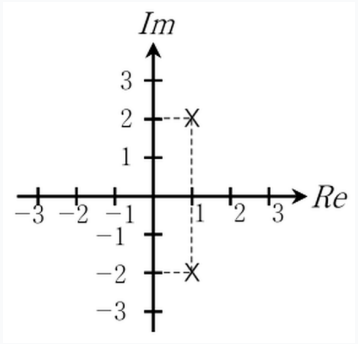
②



③



④



정답 3번

NoteBase

출제 포인트

이 문제는 전달함수 $H(s) = \frac{s}{s^2 + 2s + 5}$의 분모 근을 구해 극점의 실수부와 허수부를 극-영점 선도의 좌표로 옮길 수 있는지를 묻는 문제이다. 분자 s 때문에 원점에 영점 1개가 생기지만, 선도에서 x는 극점 표시이므로 정답 판단은 분모의 근 위치로 한다.

선지별 해설

① X

- ①은 극점을 $(-2, 2), (-2, -2)$로 표시한 경우이다. 분모방정식 $s^2 + 2s + 5 = 0$의 근은 $s = \frac{-2 \pm \sqrt{4 - 20}}{2} = -1 \pm 2j$이므로 실수부가 -2가 될 수 없다.
- 틀린 표현은 극점의 실수부를 -2로 잡은 점이다. 올바르게는 실수부가 -1이다.

② X

- ②는 극점을 $(2, 2), (2, -2)$로 표시한 경우이다. 허수부 ± 2는 맞지만 실수부가 $+2$로 되어 있어 분모의 근과 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 극점이 오른쪽 반평면에 있다는 점이다. 올바르게는 두 극점 모두 실수부가 -1이어서 왼쪽 반평면에 놓인다.

③ O

- ③은 극점을 $(-1, 2), (-1, -2)$에 표시한 경우이다. 이는 분모의 근 $-1 \pm 2j$와 정확히 일치하므로 옳다.
- 분자 s로 생기는 영점은 원점에 1개이지만, 문제의 판단 기준인 x 위치는 ③과 같이 잡힌다.

④ X

- ④는 극점을 $(1, 2), (1, -2)$로 표시한 경우이다. 허수부는 맞아 보여도 실수부가 $+1$이어서 분모의 근과 다르다.
- 틀린 표현은 실수부를 $+1$로 잡은 점이다. 올바르게는 $(-1, 2), (-1, -2)$에 극점이 있어야 한다.

오답 포인트

분자 s 때문에 원점의 영점에 시선이 쏠리거나, 분모의 근을 계산할 때 실수부를 -2, $+1$, $+2$처럼 잘못 읽기 쉽다. 이 문항은 영점 위치보다 분모의 근에서 나온 극점 좌표 $(-1, \pm 2)$를 정확히 읽는지가 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

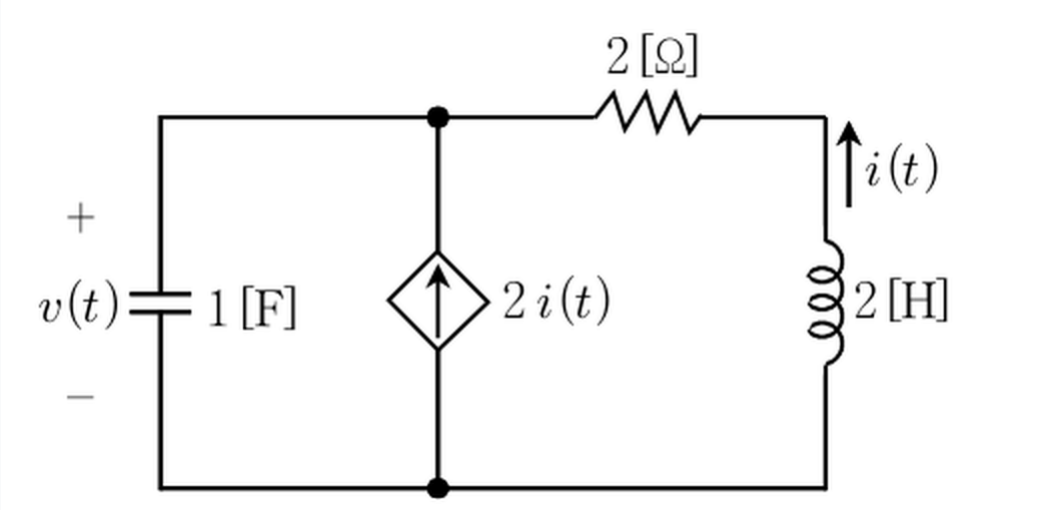
극-영점 선도 문제는 먼저 분모를 0으로 두어 극점을 구한 뒤, 실수부는 Re축의 좌우 위치로, 허수부는 Im축의 위아래 위치로 대응시키면 된다. 분자에서 생기는 영점은 극점 표시 x와 구분해서 본다.

암기 포인트

극점은 분모의 근이고 영점은 분자의 근이다. $s^2 + 2s + 5 = (s + 1)^2 + 2^2$이면 극점은 $-1 \pm 2j$이다.

NoteBase

문 5. 다음 회로에서 $v(0^+) = 4[V]$이고 $i(0^+) = 2[A]$일 때, $\frac{dv(t)}{dt}\Big|_{t=0^+}[V/s]$와 $\frac{di(t)}{dt}\Big|_{t=0^+}[A/s]$는? (단, $t = 0^+$는 $t = 0$의 직후 시간을 의미한다)



① $\frac{dv(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = 1[V/s]$, $\frac{di(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = 4[A/s]$
② $\frac{dv(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = 6[V/s]$, $\frac{di(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = 4[A/s]$
③ $\frac{dv(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = 1[V/s]$, $\frac{di(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = -4[A/s]$
④ $\frac{dv(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = 6[V/s]$, $\frac{di(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = -4[A/s]$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 $t = 0^+$에서 저항-인덕터 가지의 전압 관계와 위쪽 노드의 KCL을 이용하여 $\frac{di(t)}{dt}\Big|_{t=0^+}$와 $\frac{dv(t)}{dt}\Big|_{t=0^+}$를 함께 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $v(0^+) = 4V$, $i(0^+) = 2A$, $C = 1F$, $R = 2\Omega$, $L = 2H$
구해야 할 값: $\frac{dv(t)}{dt}\Big|_{t=0^+}$, $\frac{di(t)}{dt}\Big|_{t=0^+}$
주의할 조건: $i(t)$의 방향은 인덕터를 따라 아래에서 위이고, 종속전류원은 $2i(t) = 4A$를 아래에서 위로 공급한다.

NoteBase

사용할 공식

커패시터 전류는 $i_C = C\frac{dv}{dt}$이다.
저항에는 $v_R = Ri$가 성립한다.
인덕터는 전류가 들어가는 단자를 기준으로 $v_L = L\frac{di}{dt}$가 성립한다.
이 문제에서는 오른쪽 가지 전류 $i(t)$가 위쪽이므로, 먼저 저항으로 오른쪽 위 노드 전압을 구한 뒤 인덕터의 부호를 반영해 $\frac{di}{dt}$를 구하고, 마지막에 위쪽 공통 노드에서 KCL로 $\frac{dv}{dt}$를 구한다.

계산 과정

1. 위쪽 공통 노드를 A, 저항과 인덕터 사이 노드를 B라 두면 $V_A = v(0^+) = 4V$이다.
2. 오른쪽 가지 전류는 아래에서 위로 $2A$이므로 저항에도 $B \to A$ 방향으로 $2A$가 흐른다. 따라서 $V_B - V_A = Ri = 2 \times 2 = 4V$이고, $V_B = 8V$이다.
3. 인덕터 전류는 아래에서 위로 정의되어 있으므로 수동부호규약에 따라 $V_{\text{bottom}} - V_B = L\frac{di}{dt}$이다. 바닥 노드는 $0V$이므로 $0 - 8 = 2\frac{di}{dt}$, 따라서 $\frac{di(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = -4A/s$이다.
4. 위쪽 노드 A에는 종속전류원 $4A$와 저항 가지 전류 $2A$가 모두 들어온다. 따라서 커패시터로 아래 방향 전류가 $6A$ 흘러야 하므로 $i_C = C\frac{dv}{dt} = 1 \times \frac{dv}{dt} = 6$이다. 따라서 $\frac{dv(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = 6V/s$이다.

선지별 해설

① X: $\frac{dv}{dt}\Big|_{t=0^+} = 1$과 $\frac{di}{dt}\Big|_{t=0^+} = 4$가 모두 틀리다. 올바른 값은 각각 $6V/s$, $-4A/s$이다. $\frac{di}{dt}$의 부호를 반대로 두었고, 위쪽 노드에 들어오는 $4A$와 $2A$를 KCL에 반영하지 못한 값이다.
② X: $\frac{di}{dt}\Big|_{t=0^+} = 4$가 틀리다. 올바르게는 $\frac{di}{dt}\Big|_{t=0^+} = -4A/s$이다. 오른쪽 위 노드 전압이 $8V$이므로 인덕터 전압은 전류 방향 기준으로 $-8V$가 되어야 한다.
③ X: $\frac{dv}{dt}\Big|_{t=0^+} = 1$이 틀리다. 올바르게는 $\frac{dv}{dt}\Big|_{t=0^+} = 6V/s$이다. 종속전류원 $4A$와 오른쪽 가지 전류 $2A$가 모두 위쪽 노드로 들어오므로 커패시터 전류는 $6A$가 되어야 한다.
④ O: $\frac{dv}{dt}\Big|_{t=0^+} = 6V/s$, $\frac{di}{dt}\Big|_{t=0^+} = -4A/s$로 계산과 일치한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 인덕터 전류 화살표가 위쪽이라는 점과 종속전류원이 $2i(t)$라는 점이다. 인덕터에서 전류가 들어가는 단자를 잘못 잡으면 $\frac{di}{dt}$의 부호가 바로 뒤집히고, 종속전류원 $4A$를 KCL에서 빠뜨리면 $\frac{dv}{dt}$를 잘못 구하게 된다.

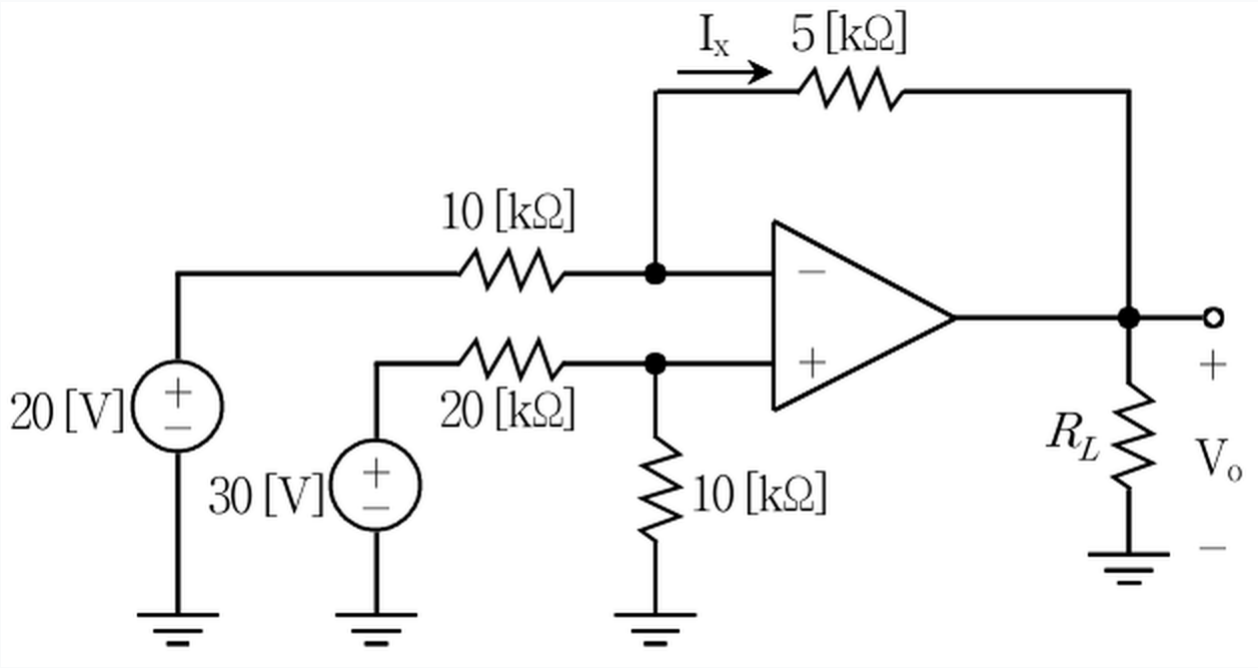
다시 나오면 이렇게 판단

회로 미분값 문제는 먼저 전류 방향과 노드 전압을 고정하고, 저항으로 인접 노드 전압을 구한 다음, 인덕터의 수동부호규약으로 $\frac{di}{dt}$의 부호를 정한다. 그 뒤 공통 노드에 KCL을 적용해 커패시터 전류를 구하면 $\frac{dv}{dt}$를 바로 얻을 수 있다.

암기 포인트

인덕터는 전류가 들어가는 쪽을 기준으로 $v = L\frac{di}{dt}$를 쓰고, 커패시터는 KCL로 구한 전류를 그대로 $i = C\frac{dv}{dt}$에 넣으면 된다.

문 6. 다음 이상적인 연산증폭기 회로에서 V_o[V]와 I_x[mA]의 값은?



① $V_o = 10[V],\ I_x = 2[mA]$

② $V_o = 10[V],\ I_x = 1[mA]$

③ $V_o = 5[V],\ I_x = 1[mA]$

④ $V_o = 5[V],\ I_x = 2[mA]$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 가상단락과 입력전류 0 조건을 이용해 V_o와 I_x를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반전 입력 쪽에 $20V$ 전원과 $10k\Omega$, 되먹임 저항 $5k\Omega$가 있다.
비반전 입력 쪽에 $30V$ 전원, $20k\Omega$, 접지로 $10k\Omega$가 있다.
구해야 할 값: 출력전압 V_o, 되먹임 저항 전류 I_x
주의할 조건: 이상적인 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고, 음의 되먹임이 걸리면 $V_- = V_+$이다.

NoteBase

사용할 공식

비반전 입력 전압은 분압으로 구한다.

$V_+ = 30 \times \frac{10}{20+10} = 10V$

이상적인 연산증폭기에서 음의 되먹임이 있으므로

$V_- = V_+ = 10V$

반전 입력 노드에서 입력전류는 0이므로 KCL을 적용하면

$\frac{20-10}{10k\Omega} = \frac{10-V_o}{5k\Omega} = I_x$

이 공식을 쓰는 이유는 비반전단은 단순 분압 회로이고, 반전단은 연산증폭기 입력으로 전류가 들어가지 않아서 노드전류법이 바로 적용되기 때문이다.

계산 과정

1. 비반전 입력 전압은 $30V$가 $20k\Omega$와 $10k\Omega$로 분압되므로 $V_+ = 10V$이다.
2. 이상적인 연산증폭기의 가상단락으로 $V_- = 10V$이다.
3. $20V$ 전원에서 반전 입력 노드로 흐르는 전류는

$\frac{20-10}{10k\Omega} = 1mA$

이다.

4. 연산증폭기 입력전류는 0이므로 이 전류가 그대로 $5k\Omega$ 되먹임 저항으로 흐른다. 따라서 $I_x = 1mA$이다.
5. $5k\Omega$ 양단 전압강하는

$I_x \times 5k\Omega = 1mA \times 5k\Omega = 5V$

이다. 왼쪽 노드가 $10V$이므로 출력은

$V_o = 10 - 5 = 5V$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
$I_x = 2mA$이면 $5k\Omega$ 양단 전압강하는 $10V$가 되어야 하므로 반전 입력 노드 전압 $10V$와 맞지 않는다. 또한 계산 결과는 $V_o = 5V$, $I_x = 1mA$이다. 틀린 표현은 $V_o = 10V$, $I_x = 2mA$이다. 올바르게는 $V_o = 5V$, $I_x = 1mA$이다.

② X
$I_x = 1mA$는 맞지만, $V_o = 10V$는 틀리다. $I_x = 1mA$가 $5k\Omega$를 지나면 $5V$ 전압강하가 생기므로 출력은 $10V$가 아니라 $5V$가 된다. 틀린 표현은 $V_o = 10V$이다. 올바르게는 $V_o = 5V$이다.

③ O
비반전 입력 분압으로 $V_+ = 10V$, 가상단락으로 $V_- = 10V$이다. 따라서 반전 입력 쪽 전류는 $1mA$이고, 이 전류가 되먹임 저항으로 그대로 흘러 $I_x = 1mA$가 된다. 그때 출력은 $V_o = 5V$이므로 맞다.

④ X
$V_o = 5V$는 맞지만, $I_x = 2mA$는 틀리다. 실제로는 $10V$ 노드와 $5V$ 출력 사이의 $5k\Omega$ 저항에 걸리는 전압이 $5V$이므로 전류는 $1mA$이다. 틀린 표현은 $I_x = 2mA$이다. 올바르게는 $I_x = 1mA$이다.

오답 포인트

비반전 입력 전압을 먼저 분압으로 구하지 않고 바로 $20V$ 쪽만 계산하면 틀리기 쉽다. 또 I_x를 맞게 구하고도 $5k\Omega$에서 생기는 $5V$ 전압강하를 빼지 않아 $V_o = 10V$로 오판하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

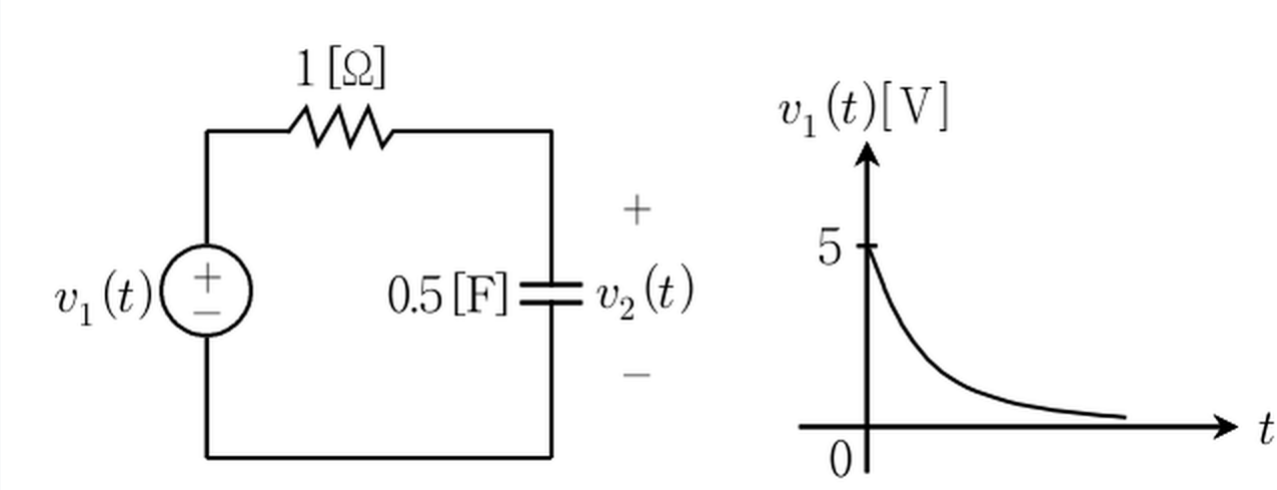
이상적 연산증폭기 회로는 먼저 비반전단 전압을 구하고, 그다음 가상단락으로 반전단 전압을 같게 둔 뒤, 반전단 노드에 KCL을 적용해 전류와 출력을 순서대로 구하면 된다.

암기 포인트

이상적 연산증폭기 음의 되먹임은 $V_+ = V_-$, 입력전류는 0, 따라서 미지수는 노드전압과 KCL로 정리된다.

NoteBase

문 7. 다음 회로의 입력전압 $v_1(t) = 5e^{-t}u(t)$[V]가 인가될 때, $t > 0$에서 $v_2(t)$[V]는? (단, $v_2(0^-) = 0$ [V]이고, $u(t)$는 단위 계단 함수이다)



① $5(e^{-t} - e^{-2t})$

② $10(e^{-t} - e^{-2t})$

③ $5(e^{-t} + e^{-2t})$

④ $10(e^{-t} + e^{-2t})$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 1차 RC 직렬회로에서 $v_1(t) = 5e^{-t}u(t)$가 인가될 때 커패시터 전압 $v_2(t)$의 미분방정식을 세우고 초기조건을 적용해 해를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: $R = 1\Omega$, $C = 0.5F$, $v_1(t) = 5e^{-t}u(t)$
- 구해야 할 값: $t > 0$에서의 커패시터 전압 $v_2(t)$
- 주의할 조건: 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로 $v_2(0^+) = v_2(0^-) = 0$이다.

NoteBase

사용할 공식

$v_1(t) = Ri(t) + v_2(t), \quad i(t) = C\frac{dv_2(t)}{dt}$
따라서
$RC\frac{dv_2(t)}{dt} + v_2(t) = v_1(t)$
이고, 수치를 대입하면
$0.5\frac{dv_2}{dt} + v_2 = 5e^{-t}$
$\frac{dv_2}{dt} + 2v_2 = 10e^{-t}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 직렬 RC 회로에서 저항 전압과 커패시터 전압의 합이 입력전압이 되고, 커패시터 전류가 Cdv/dt로 표현되기 때문이다.

계산 과정

1. 동차해는 $v_{2h}(t) = Ke^{-2t}$이다.
2. 특수해를 $v_{2p}(t) = Ae^{-t}$로 두면
$\frac{d}{dt}(Ae^{-t}) + 2Ae^{-t} = 10e^{-t}$
이므로
$-Ae^{-t} + 2Ae^{-t} = Ae^{-t} = 10e^{-t}$
에서 $A = 10$이다.
3. 따라서
$v_2(t) = 10e^{-t} + Ke^{-2t}$
이다.
4. 초기조건 $v_2(0^+) = 0$을 대입하면
$0 = 10 + K$
이므로 $K = -10$이다.
5. 최종적으로
$v_2(t) = 10(e^{-t} - e^{-2t})$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $5(e^{-t}-e^{-2t})$는 정답의 계수가 절반으로 줄어든 값이다. $0.5dv_2/dt + v_2 = 5e^{-t}$에서 양변을 0.5로 나누면 우변이 $10e^{-t}$가 되어야 하는데, 이를 $5e^{-t}$로 두는 실수에서 나오는 값이다. 틀린 표현은 계수 5이고, 올바르게는 $10(e^{-t}-e^{-2t})$이다.
② O: 미분방정식 $dv_2/dt + 2v_2 = 10e^{-t}$의 해에 초기조건 $v_2(0)=0$을 적용하면 $v_2(t)=10(e^{-t}-e^{-2t})$가 된다. 계수 10과 두 번째 항의 음수 부호가 모두 맞다.
③ X: $5(e^{-t}+e^{-2t})$는 계수도 틀리고 부호도 틀리다. 초기조건 $v_2(0)=0$이면 e^{-2t} 항의 계수는 음수가 되어 $t=0$에서 두 항이 상쇄되어야 한다. 틀린 표현은 계수 5와 $+e^{-2t}$이고, 올바르게는 $10(e^{-t}-e^{-2t})$이다.
④ X: $10(e^{-t}+e^{-2t})$는 계수 10은 맞지만 부호가 틀리다. 이 식은 $t=0$에서 $v_2(0)=20$이 되어 커패시터 초기전압 0 조건을 만족하지 못한다. 틀린 표현은 $+e^{-2t}$이고, 올바르게는 $-e^{-2t}$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 두 가지이다. 첫째, $0.5dv_2/dt + v_2 = 5e^{-t}$에서 양변을 0.5로 나누지 않아 계수 10을 5로 잘못 두는 실수이다. 둘째, 커패시터 전압 연속조건 $v_2(0^+)=0$을 놓쳐 e^{-2t} 항의 부호를 +로 두는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

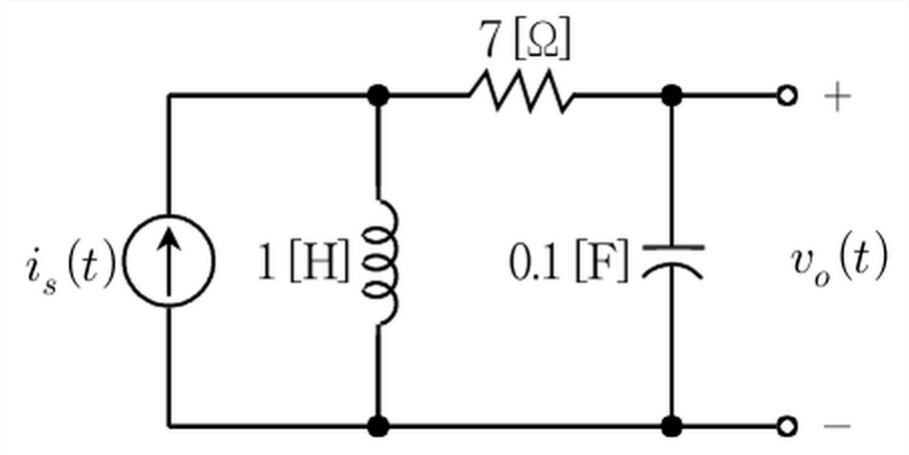
1차 RC 과도응답 문제는 먼저 $RCdv/dt + v = v_{in}$ 형태의 미분방정식으로 정리한 뒤, 특수해를 입력과 같은 지수형으로 잡고 마지막에 커패시터 초기조건으로 상수를 결정하면 된다.

암기 포인트

직렬 RC 회로는 $RCdv/dt + v = v_{in}$, 커패시터 전압은 연속이라는 두 조건이 정답을 결정한다.

NoteBase

문 8. 다음 회로에서 전류 $i_s(t) = 6u(t)$[mA]일 때, $v_o(t)$[mV]는? (단, $u(t)$는 단위 계단 함수이다)



① $20(e^{-2t} - e^{-5t})u(t)$

② $10(e^{-2t} - e^{-5t})u(t)$

③ $20(e^{-5t} + e^{-2t})u(t)$

④ $10(e^{-5t} + e^{-2t})u(t)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 라플라스 변환과 결절해석으로 $v_o(t)$의 2차 과도응답을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 입력 전류원은 $i_s(t) = 6u(t)[mA]$이다.
- 소자값은 $L = 1[H], R = 7[\Omega], C = 0.1[F]$이다.
- 출력은 커패시터 전압 $v_o(t)$이다.

사용할 공식

라플라스 변환 후 두 노드에 결절방정식을 세우면
$I_s(s) = \frac{V_a}{sL} + \frac{V_a - V_o}{R}, \quad \frac{V_a - V_o}{R} = sCV_o$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 전류원이 계단입력이므로 $I_s(s) = \frac{6 \times 10^{-3}}{s}$로 바꾸어 결절해석을 하면 출력전압 $V_o(s)$를 바로 구할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $L=1, R=7, C=0.1$을 대입하면
$\frac{V_a - V_o}{7} = 0.1sV_o \Rightarrow V_a = (1+0.7s)V_o$
이다.
2. 이를 첫 번째 식에 대입하면
$\frac{6\times10^{-3}}{s} = \frac{V_a}{s} + \frac{V_a - V_o}{7} = (\frac{1}{s} + 0.7 + 0.1s)V_o$
이므로
$V_o(s) = \frac{6\times10^{-3}}{1+0.7s+0.1s^2} = \frac{0.06}{(s+2)(s+5)}$
이다.
3. 부분분수 분해를 하면
$V_o(s) = 0.02\left(\frac{1}{s+2} - \frac{1}{s+5}\right)$
이므로 역라플라스 변환 결과는
$v_o(t) = 20(e^{-2t} - e^{-5t})u(t)[mV]$
이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 정확히 $20(e^{-2t} - e^{-5t})u(t)[mV]$이므로 옳다.

② X
- 틀린 표현은 계수 10이다. 올바르게는 계수 20이 되어야 한다.
- $e^{-2t} - e^{-5t}$의 부호 구조는 맞지만, 부분분수 계수를 절반으로 잘못 잡으면 10이 나온다.

③ X
- 틀린 표현은 $e^{-5t} + e^{-2t}$의 부호 +이다. 올바르게는 $e^{-2t} - e^{-5t}$이다.
- 커패시터 전압은 $t=0$에서 0부터 시작해야 하므로 두 지수항은 서로 상쇄되어야 한다. +로 두면 $v_o(0) \neq 0$가 되어 초기조건에 어긋난다.

④ X
- 틀린 표현은 계수 10과 $e^{-5t} + e^{-2t}$의 부호 +이다. 올바르게는 $20(e^{-2t} - e^{-5t})u(t)$이다.
- 이 선지는 계수 오산과 초기조건에 맞지 않는 부호 오류가 동시에 들어 있다.

오답 포인트

$\frac{1}{(s+a)(s+b)}$를 시간영역으로 바꿀 때 두 지수항의 부호를 같은 방향으로 쓰기 쉽다. 그러나 커패시터 전압의 초기값 $v_o(0)=0$을 대입하면 합이 아니라 차가 되어야 함을 바로 검산할 수 있다. 또한 부분분수 계수를 구할 때 $0.06 \div (5-2) = 0.02$를 0.01로 잘못 계산하면 ②가 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

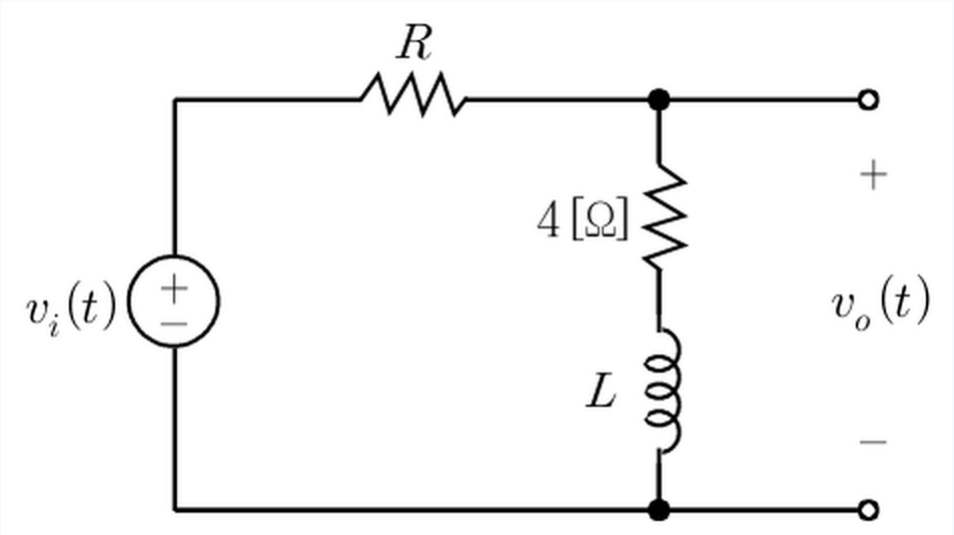
계단입력이 들어가는 RLC 회로는 먼저 s영역으로 바꾼 뒤 결절방정식으로 $V_o(s)$를 구하고, 마지막에 $t=0$의 초기조건과 $t\to\infty$의 최종값으로 부호와 계수를 검산하면 된다.

암기 포인트

$\frac{1}{(s+a)(s+b)} \leftrightarrow \frac{1}{b-a}(e^{-at}-e^{-bt})u(t)$이고, 커패시터 전압은 순간적으로 뛰지 않는다.

NoteBase

문 9. 다음 회로의 전달 함수가 $H(\omega)=\frac{V_o(\omega)}{V_i(\omega)}=0.4\frac{1+j\frac{\omega}{12}}{1+j\frac{\omega}{30}}$일 때 회로의 $L[H]$과 $R[\Omega]$의 값은?



① $L[H]=\frac{1}{2},\ R[\Omega]=4$

② $L[H]=\frac{1}{3},\ R[\Omega]=6$

③ $L[H]=\frac{1}{4},\ R[\Omega]=2$

④ $L[H]=\frac{1}{6},\ R[\Omega]=3$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬-분기 회로의 전압분배식으로 전달함수를 표준형으로 정리하여 R과 L을 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $H(\omega)=\frac{V_o(\omega)}{V_i(\omega)}=0.4\frac{1+j\omega/12}{1+j\omega/30}$, 분기 임피던스는 $4+j\omega L$이다.
구해야 할 값: $L[H]$, $R[\Omega]$.
주의할 조건: 출력은 오른쪽 분기 전체 전압이므로 부하 임피던스는 $4+j\omega L$ 전체로 본다.

사용할 공식

전압분배식은 $H(\omega)=\frac{Z_{load}}{R+Z_{load}}$ 이고, 여기서 $Z_{load}=4+j\omega L$ 이다.
따라서
$H(\omega)=\frac{4+j\omega L}{R+4+j\omega L}=\frac{4}{R+4}\cdot\frac{1+j\omega L/4}{1+j\omega L/(R+4)}$
이 공식을 쓰는 이유는 회로가 R과 $(4+j\omega L)$의 직렬 연결이며, 출력이 부하 전압이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 상수항을 비교하면 $\frac{4}{R+4} = 0.4$ 이므로 $R + 4 = 10$, 따라서 $R = 6$ 이다.
2. 분자 표준형을 비교하면 $\frac{L}{4} = \frac{1}{12}$ 이므로 $L = \frac{1}{3}$ 이다.
3. 검산하면 분모의 계수는 $\frac{L}{R+4} = \frac{1/3}{10} = \frac{1}{30}$ 이 되어 주어진 식과 일치한다.

선지별 해설

① X: $L = \frac{1}{2}, R = 4$ 이면 상수항이 $\frac{4}{4+4} = 0.5$ 이라서 주어진 0.4 와 다르다. 분자도 $1 + j\omega/8$ 이 되어 맞지 않는다. 틀린 표현은 "R=4, L=1/2" 이고, 올바르게는 $R = 6,\ L = 1/3$ 이다.
② O: $R = 6$ 이면 상수항이 $\frac{4}{10} = 0.4$ 이고, $L = \frac{1}{3}$ 이면 분자가 $1 + j\omega/12$, 분모가 $1 + j\omega/30$ 이 되어 전달함수와 정확히 일치한다.
③ X: $L = \frac{1}{4}, R = 2$ 이면 상수항이 $\frac{4}{6} = \frac{2}{3}$ 이라서 처음부터 맞지 않는다. 분자도 $1 + j\omega/16$ 이다. 틀린 표현은 "R=2, L=1/4" 이고, 올바르게는 $R = 6,\ L = 1/3$ 이다.
④ X: $L = \frac{1}{6}, R = 3$ 이면 상수항이 $\frac{4}{7}$ 이라서 0.4 가 아니고, 분자도 $1 + j\omega/24$ 이다. 틀린 표현은 "R=3, L=1/6" 이고, 올바르게는 $R = 6,\ L = 1/3$ 이다.

오답 포인트

출력 전압이 코일만이 아니라 오른쪽 가지 전체 전압이라는 점을 놓치면 Z_{load} 를 $j\omega L$ 로만 두는 실수를 하기 쉽다. 또 상수항 0.4 를 먼저 비교하지 않으면 L만 맞추고 R을 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

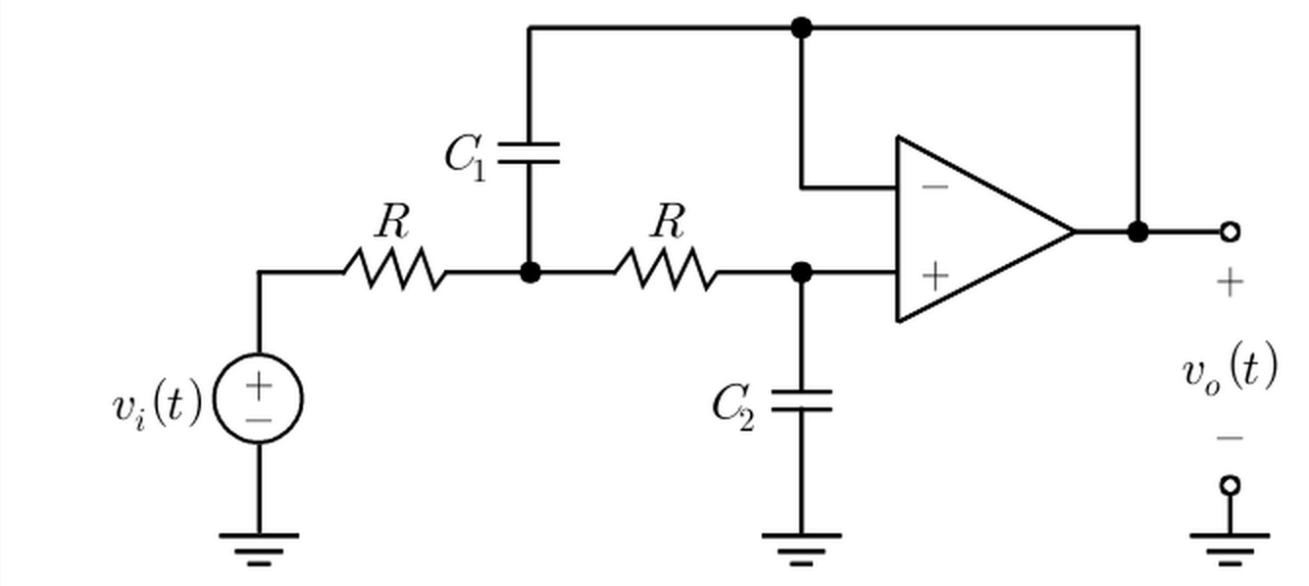
전달함수가 $K\frac{1 + j\omega/z}{1 + j\omega/p}$ 꼴로 주어지면 먼저 직류이득 K 로 저항비를 구하고, 그다음 분자와 분모의 ω 계수로 시정수 항을 비교하면 된다.

암기 포인트

부하 전압 전달함수는 $\frac{Z_{load}}{R + Z_{load}}$ 이고, 상수항은 직류이득, ω 계수는 시정수 비교 항이다.

NoteBase

문 10. 다음 회로에서 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① $H(s)=\frac{\frac{1}{RC_1C_2}}{s^2+\frac{2}{RC_1}s+\frac{1}{R^2C_1C_2}}$
② $H(s)=\frac{\frac{R^2C_1C_2}{}}{s^2+\frac{2}{RC_2}s+\frac{1}{R^2C_1C_2}}$
③ $H(s)=\frac{R^2C_1C_2}{s^2+\frac{2}{RC_1}s+\frac{1}{R^2C_1C_2}}$
④ $H(s)=\frac{RC_1C_2}{s^2+\frac{2}{RC_1}s+\frac{1}{RC_1C_2}}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적 전압 팔로어가 붙은 2차 능동 저역통과회로에서 $v_o = v_+$ 조건을 이용해 전달함수를 유도하는 문제이다.

조건 정리

- 연산증폭기는 이상적이므로 입력전류가 0이고, 반전입력이 출력에 직결되어 $v_o = v_+$이다.
- 왼쪽 중간 노드를 v_1, 비반전 입력 노드를 v_2라 두면 $v_o = v_2$이다.
- C_1은 v_1과 출력 v_o 사이, C_2는 v_2와 접지 사이에 연결된다.

NoteBase

사용할 공식

커패시터 어드미턴스는 sC이고, 각 노드에 KCL을 적용한다.

$\frac{v_1 - v_i}{R} + \frac{v_1 - v_2}{R} + sC_1(v_1 - v_o) = 0$

$\frac{v_2 - v_1}{R} + sC_2 v_2 = 0, \quad v_o = v_2$

이 공식을 쓰는 이유는 연산증폭기 입력전류가 0이므로 수동소자 노드에 대한 전압방정식만 세우면 전달함수를 직접 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

두 번째 식에서

$\frac{v_2 - v_1}{R} + sC_2 v_2 = 0 \Rightarrow v_1 = (1 + sRC_2)v_2$

이를 첫 번째 식에 대입하면

$\frac{(1 + sRC_2)v_2 - v_i}{R} + \frac{sRC_2 v_2}{R} + sC_1(sRC_2 v_2) = 0$

정리하면

$v_i = (1 + 2sRC_2 + s^2R^2C_1C_2)v_2$

따라서

$H(s) = \frac{v_o}{v_i} = \frac{v_2}{v_i} = \frac{1}{1 + 2sRC_2 + s^2R^2C_1C_2}$

이를 표준형으로 정규화하면

$H(s) = \frac{1/(R^2C_1C_2)}{s^2 + \frac{2}{RC_1}s + \frac{1}{R^2C_1C_2}}$

이 된다.

선지별 해설

① X

- 분모는 맞지만 분자의 $\frac{1}{RC_1C_2}$가 틀렸다. 올바르게는 $\frac{1}{R^2C_1C_2}$이다.
- $1 + 2sRC_2 + s^2R^2C_1C_2$를 정규화할 때 $R^2C_1C_2$로 나누어야 하므로 R 하나가 빠지면 안 된다.

② X

- 분자는 맞지만 분모의 1차항 계수 $\frac{2}{RC_2}$가 틀렸다. 올바르게는 $\frac{2}{RC_1}$이다.
- 1차항은 $2sRC_2$를 $R^2C_1C_2$로 나눈 결과이므로 $\frac{2}{RC_1}s$가 되어야 한다.

③ O

- 유도한 전달함수 $H(s) = \frac{1/(R^2C_1C_2)}{s^2 + \frac{2}{RC_1}s + \frac{1}{R^2C_1C_2}}$와 정확히 일치한다.

④ X

- 분자의 $\frac{1}{RC_1C_2}$와 분모 상수항의 $\frac{1}{RC_1C_2}$가 모두 틀렸다. 올바르게는 둘 다 $\frac{1}{R^2C_1C_2}$이다.
- 정규화 과정에서 R^2가 유지되어야 하는데 R 하나가 빠진 식이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 하나는 전압 팔로어 조건 $v_o = v_2$를 먼저 쓰지 않아 노드 관계를 복잡하게 만드는 경우이고, 다른 하나는 최종식을 표준형으로 바꾸면서 $R^2C_1C_2$로 나누는 정규화를 놓쳐 ①이나 ④처럼 R 하나가 빠진 식을 고르는 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

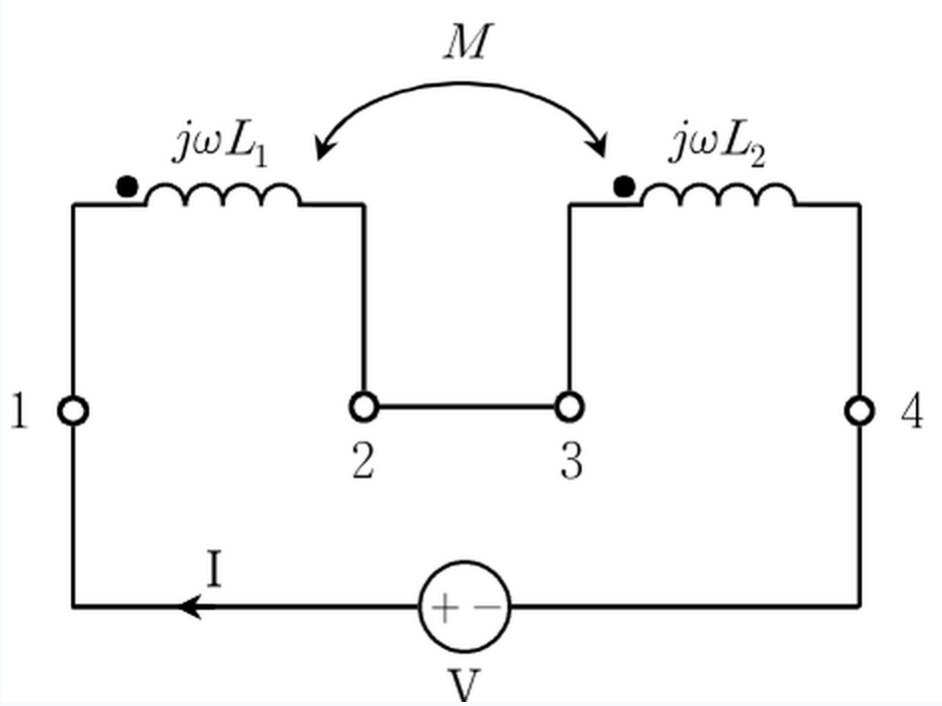
연산증폭기가 출력과 반전입력으로 직결되어 있으면 먼저 $v_o = v_+$를 둔다. 그다음 수동소자 노드에만 KCL을 세우고, 마지막에 분모 최고차항 계수를 1로 맞추는 정규화를 하면 선지를 안정적으로 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

단위이득 Sallen-Key 저역통과형은 먼저 $v_o = v_+$를 쓰고, 최종식 $1 + 2sRC_2 + s^2R^2C_1C_2$를 $R^2C_1C_2$로 나누어 표준형으로 정리한다.

NoteBase

문 11. 다음 회로에서 단자 1과 4 사이에 걸리는 페이저 전압 V_{14}[V]는? (단, V, I는 페이저 전압, 페이저 전류이다)



① $j\omega(L_1 + L_2)I$

② $j\omega(L_1 + L_2 + 2M)I$

③ $j\omega(L_1 + L_2 - 2M)I$

④ $j\omega(L_1 - L_2)I$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 점표기가 같은 두 코일에 전류가 모두 점단자로 들어갈 때 상호유도 전압이 가산되어 직렬 가극성이 되는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 자기인덕턴스는 각각 L_1, L_2이고 상호인덕턴스는 M이다.
구해야 할 값: 단자 1과 4 사이의 페이저 전압 V_{14}이다.
주의할 조건: 두 코일의 점이 모두 왼쪽에 있고, 회로 전류 I는 두 코일 모두에서 점단자로 들어가므로 상호유도 성분의 부호가 모두 +가 된다.

NoteBase

사용할 공식

각 코일의 전압은 자기유도 전압과 상호유도 전압의 합으로 쓴다.
$v_1 = j\omega L_1 I + j\omega M I, \quad v_2 = j\omega M I + j\omega L_2 I$
이 공식을 쓰는 이유는 두 코일 전류가 모두 점단자로 들어가므로 유기되는 상호전압의 극성이 서로 가산되기 때문이다.

계산 과정

1. 왼쪽 코일 L_1에는 자기유도 전압 $j\omega L_1 I$와 오른쪽 코일로부터의 상호유도 전압 $j\omega M I$가 같은 방향으로 걸린다.
2. 오른쪽 코일 L_2에도 상호유도 전압 $j\omega M I$와 자기유도 전압 $j\omega L_2 I$가 같은 방향으로 걸린다.
3. 따라서 단자 1에서 4까지의 전체 전압은
$V_{14} = v_1 + v_2 = j\omega L_1 I + j\omega M I + j\omega M I + j\omega L_2 I = j\omega(L_1 + L_2 + 2M)I$
가 된다.

선지별 해설

① X: $j\omega(L_1 + L_2)I$는 상호인덕턴스 M를 아예 무시한 값이다. 이 회로는 결합코일이므로 틀린 표현은 \"상호유도 성분이 없다\"는 해석이고, 올바르게는 $j\omega(L_1 + L_2 + 2M)I$가 된다.
② O: 두 코일 전류가 모두 점단자로 들어가므로 상호유도 전압 두 개가 모두 가산된다. 따라서 $V_{14} = j\omega(L_1 + L_2 + 2M)I$가 되어 정답이 된다.
③ X: $j\omega(L_1 + L_2 - 2M)I$는 직렬 감극성일 때의 식이다. 틀린 표현은 \"상호유도 전압이 서로 감산된다\"는 판단이고, 올바르게는 이 회로는 직렬 가극성이므로 $+2M$이 붙는다.
④ X: $j\omega(L_1 - L_2)I$는 두 자기인덕턴스를 서로 빼는 형태인데, 직렬 결합코일의 전체 전압식과 맞지 않는다. 틀린 표현은 \"전체 전압이 자기인덕턴스 차만으로 정해진다\"는 해석이고, 올바르게는 두 자기인덕턴스와 상호인덕턴스를 모두 합한 $j\omega(L_1 + L_2 + 2M)I$이다.

오답 포인트

점표기를 보고도 전류가 점단자로 들어가는지, 점단자에서 나오는지를 확인하지 않으면 ①처럼 M을 빼먹거나 ③처럼 $-2M$으로 잘못 판단하기 쉽다. 이 문항의 함정은 숫자 계산이 아니라 상호유도 부호 판정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

결합코일 직렬 문제는 먼저 각 코일 전류가 점단자로 들어가는지부터 본다. 둘 다 들어가거나 둘 다 나오면 직렬 가극성이므로 $+2M$, 하나는 들어가고 하나는 나오면 직렬 감극성이므로 $-2M$을 붙여 전체 전압을 쓴다.

암기 포인트

점단자 기준 전류 방향이 같으면 $L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$, 반대면 $L_{eq} = L_1 + L_2 - 2M$이다.

NoteBase

문 12. 전달함수가 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{s}{s^2+s+2}$인 회로에서 입력이 $v_i(t)=12\cos(t-30^\circ)[V]$일 때, 정상상태에서 출력 $v_o(t)[V]$는?

① $3\sqrt{2}\cos(t-45^\circ)$

② $6\sqrt{2}\cos(t-15^\circ)$

③ $6\sqrt{2}\cos(t+15^\circ)$

④ $3\sqrt{2}\cos(t+45^\circ)$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 주파수 응답 $H(j\omega)$를 구해 입력 정현파의 크기와 위상을 출력으로 옮기는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 전달함수는 $H(s)=\frac{s}{s^2+s+2}$이다.
- 입력은 $v_i(t)=12\cos(t-30^\circ)[V]$이다.
- 각주파수는 $\omega=1rad/s$이다.

구해야 할 값:
- 정상상태 출력 $v_o(t)$의 크기와 위상이다.

주의할 조건:
- 정상상태 정현파 응답이므로 $s=j\omega$를 대입한다.

사용할 공식

$H(j\omega)=\frac{V_o}{V_i},\quad V_o=H(j\omega)V_i$

이 공식을 쓰는 이유:

정상상태 정현파 입력에서는 전달함수에 $s=j\omega$를 대입한 복소비가 출력의 크기 비와 위상차를 바로 준다.

계산 과정

1. $\omega=1$이므로

$H(j)=\frac{j}{j^2+j+2}=\frac{j}{-1+j+2}=\frac{j}{1+j}=\frac{1+j}{2}$

2. 따라서

$|H(j)|=\left|\frac{1+j}{2}\right|=\frac{\sqrt{2}}{2},\quad \angle H(j)=45^\circ$

3. 입력 페이저는 $12\angle -30^\circ$이므로 출력 페이저는

$V_o=12\angle -30^\circ\times\frac{\sqrt{2}}{2}\angle 45^\circ=6\sqrt{2}\angle 15^\circ$

4. 따라서 정상상태 출력은 $v_o(t)=6\sqrt{2}\cos(t+15^\circ)[V]$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 크기 $3\sqrt{2}$는 실제 출력 크기 $6\sqrt{2}$의 절반이다. 전달함수의 크기를 잘못 적용한 값이다.
- 틀린 표현은 크기 $3\sqrt{2}$이다. 올바르게는 $6\sqrt{2}\cos(t+15^\circ)[V]$이다.

② X
- 크기는 맞지만 위상이 틀리다. 출력 위상은 입력 위상 -30°에 전달함수 위상 $+45^\circ$를 더한 $+15^\circ$이다.
- 틀린 표현은 위상 $t-15^\circ$이다. 올바르게는 $t+15^\circ$이다.

③ O
- 계산 결과가 $6\sqrt{2}\angle 15^\circ$이므로 $v_o(t)=6\sqrt{2}\cos(t+15^\circ)[V]$가 된다.

④ X
- 위상 $+45^\circ$는 전달함수 자체의 위상만 본 값이다. 입력 위상 -30°를 합치면 최종 출력 위상은 $+15^\circ$가 된다.
- 틀린 표현은 위상 $t+45^\circ$이다. 올바르게는 $t+15^\circ$이다.

계산 결과가 $6\sqrt{2}\cos(t+15^\circ)[V]$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

전달함수의 크기와 위상을 따로 보지 않고 한꺼번에 처리하면 크기를 절반으로 잘못 계산하거나, 전달함수 위상만 보고 입력 위상을 합치지 않는 실수가 나온다. 특히 ④는 $+45^\circ$를 최종 출력 위상으로 착각하도록 만든 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

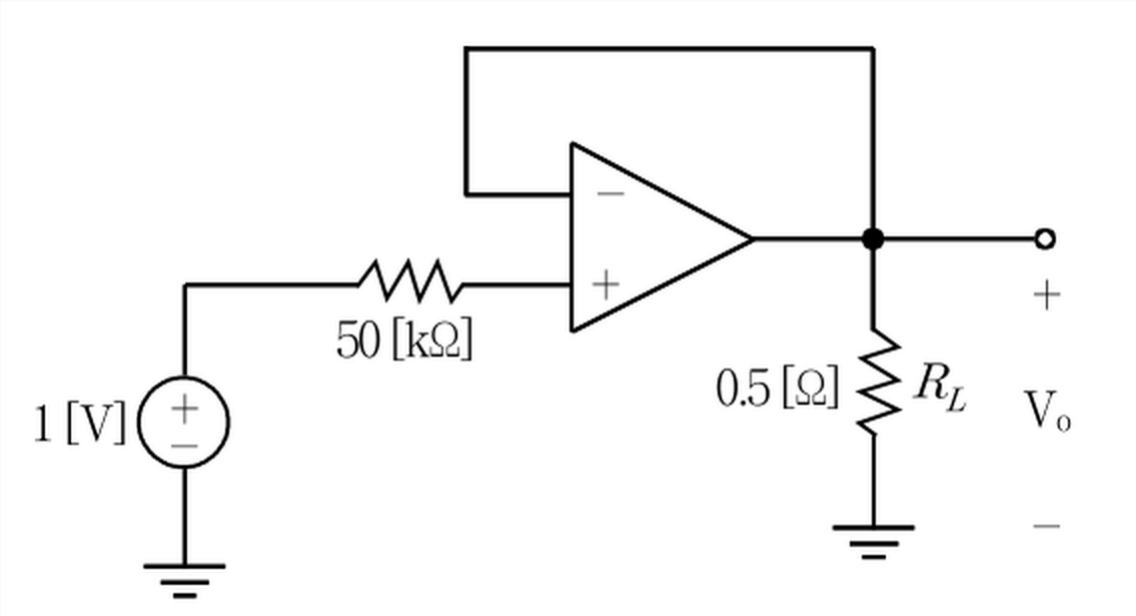
정현파 정상상태 문제는 먼저 $s=j\omega$를 대입해 $H(j\omega)$의 크기와 위상을 구한 뒤, 입력의 크기에는 $|H(j\omega)|$를 곱하고 입력 위상에는 $\angle H(j\omega)$를 더해 판단한다.

암기 포인트

정현파 정상상태 응답은 $V_o=H(j\omega)V_i$이며, 출력 크기는 곱하고 출력 위상은 더한다.

NoteBase

문 13. 다음 이상적인 연산증폭기 회로에서 R_L에 의해 소모되는 전력 [W]은?



① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 전압 팔로어 동작을 이용해 출력전압을 구한 뒤 부하저항의 소비전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 입력 전원은 1V이다.
- 비반전 입력단은 50[kΩ] 저항을 거쳐 1V 전원에 연결되어 있다.
- 반전 입력단은 출력에 직접 연결되어 있어 음귀환이 걸린 전압 팔로어이다.
- 이상적인 연산증폭기이므로 입력전류는 0이다.
- 부하저항은 $R_L = 0.5\Omega$이다.

NoteBase

사용할 공식

$P = \frac{V^2}{R}$

이 공식을 쓰는 이유는 부하저항 R_L 양단 전압이 출력전압 V_o와 같고, 저항에서 소비되는 전력은 전압과 저항으로 바로 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 이상적인 연산증폭기에서는 입력전류가 0이므로 50[kΩ] 저항에 전류가 흐르지 않는다.
2. 따라서 50[kΩ] 저항의 전압강하는 0이고 비반전 입력전압은 $V_+ = 1V$이다.
3. 출력이 반전 입력으로 직접 되먹임되므로 음귀환에 의해 $V_- = V_+$가 되어 $V_o = 1V$이다.
4. 부하저항의 소비전력은 $P = V_o^2/R_L = 1^2/0.5 = 2W$이다.

선지 판단

① O
- 계산 결과 부하전력은 $2W$이므로 옳다.
- 전압 팔로어이므로 출력전압이 입력전압 1V를 그대로 따른다는 점이 핵심이다.

② X
- 3W가 되려면 $P = V^2/R$에서 $V_o = \sqrt{1.5}V$이어야 한다.
- 이 회로의 실제 출력전압은 1V이므로 3W는 나올 수 없다.
- 틀린 표현은 소비전력이 3W라는 값이며, 올바르게는 2W이다.

③ X
- 4W가 되려면 $V_o = \sqrt{2}V$이어야 한다.
- 이상적인 전압 팔로어의 출력은 1V이므로 4W는 조건과 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 소비전력이 4W라는 값이며, 올바르게는 2W이다.

④ X
- 5W가 되려면 $V_o = \sqrt{2.5}V$이어야 한다.
- 음귀환이 걸린 이상적인 연산증폭기에서는 출력이 1V로 정해지므로 5W는 성립하지 않는다.
- 틀린 표현은 소비전력이 5W라는 값이며, 올바르게는 2W이다.

오답 포인트

50[kΩ] 저항이 보인다고 해서 분압이나 전류 계산을 먼저 하는 실수가 잦다. 이상적인 연산증폭기는 입력전류가 0이므로 이 저항에는 전류가 흐르지 않아 전압강하도 0이다. 또 출력이 반전 입력으로 직접 연결된 형태가 전압 팔로어라는 점을 놓치면 $V_o = 1V$를 바로 잡지 못한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

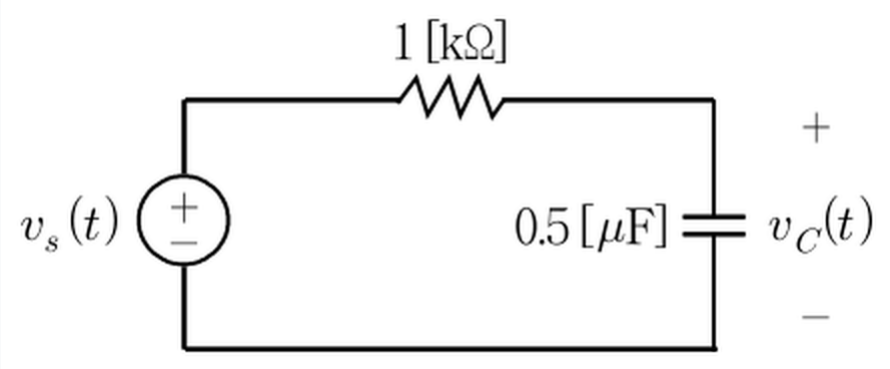
이상적인 연산증폭기 회로는 먼저 입력전류 0과 $V_+ = V_-$ 조건이 성립하는지 본다. 그다음 출력이 입력을 그대로 따르는 전압 팔로어인지 확인하고, 마지막에 부하전압으로 전력 공식 $P = V^2/R$를 적용하면 된다.

암기 포인트

이상적 전압 팔로어는 입력전류 0, $V_o = V_+ = V_-$, 부하전력은 $P = V^2/R$이다.

NoteBase

문 14. 다음 회로에서 $v_s(t) = A\cos(\omega t)$[V]이고 $v_C(t) = B\cos(\omega t - 45^\circ)$[V]일 때, 파형의 각주파수 ω [krad/s]는? (여기서 A, B는 상수이다)



① 0.5

② 1

③ 1.5

④ 2

정답 4번

출제 포인트

직렬 RC 회로에서 커패시터 전압의 위상은 $\angle H(j\omega) = -\tan^{-1}(\omega RC)$가 된다는 점을 이용해 각주파수 ω를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $R = 1k\Omega = 1000\Omega$, $C = 0.5\mu F = 0.5 \times 10^{-6} F$이다.
구해야 할 값은 $v_C(t) = B\cos(\omega t - 45^\circ)$를 만족하는 각주파수 ω이다.
주의할 조건은 커패시터 전압이 입력 전압보다 45° 지연한다는 점이다.

사용할 공식

커패시터 전압 전달함수는 $H(j\omega) = \frac{V_C}{V_s} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$이다.
따라서 위상은 $\angle H(j\omega) = -\tan^{-1}(\omega RC)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 전압의 크기비가 아니라 입력 전압과 커패시터 전압의 위상차 -45°를 직접 주었기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

위상조건에서 $-\tan^{-1}(\omega RC) = -45^\circ$이므로 $\tan^{-1}(\omega RC) = 45^\circ$이다.
따라서 $\omega RC = 1$이다.
이제 $\omega = \frac{1}{RC} = \frac{1}{1000 \times 0.5 \times 10^{-6}} = 2000 rad/s = 2 krad/s$이다.

선지별 해설

① X: $0.5 krad/s$이면 $\omega RC = 0.25$가 되어 위상은 $-\tan^{-1}(0.25)$로 약 -14°이다. 틀린 값은 0.5이고, 올바르게는 $2 krad/s$이다.
② X: $1 krad/s$이면 $\omega RC = 0.5$가 되어 위상은 약 -26.6°이다. 틀린 값은 1이고, 올바르게는 $2 krad/s$이다.
③ X: $1.5 krad/s$이면 $\omega RC = 0.75$가 되어 위상은 약 -36.9°이다. 틀린 값은 1.5이고, 올바르게는 $2 krad/s$이다.
④ O: $2 krad/s$이면 $\omega RC = 1$이므로 위상은 정확히 -45°가 된다. 주어진 $v_C(t) = B\cos(\omega t - 45^\circ)$와 일치한다.

오답 포인트

이 문항은 커패시터 전압의 크기식 $|H(j\omega)| = 1/\sqrt{1 + (\omega RC)^2}$과 위상식 $\angle H(j\omega) = -\tan^{-1}(\omega RC)$를 혼동하면 틀리기 쉽다. 또한 R과 C를 대입한 뒤 rad/s를 $krad/s$로 바꾸지 않으면 계산 결과를 잘못 고를 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

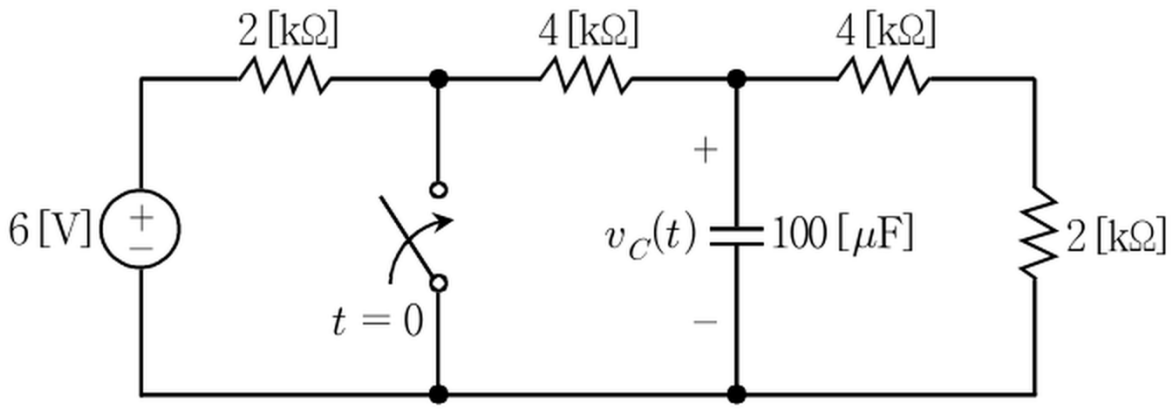
직렬 RC 회로에서 커패시터 전압의 위상이 주어지면 먼저 $\angle V_C = -\tan^{-1}(\omega RC)$를 세운다. 그다음 ωRC를 구하고 마지막에 R과 C를 대입해 rad/s와 $krad/s$ 단위를 검산하면 된다.

암기 포인트

직렬 RC 회로의 커패시터 전압은 $\omega RC = 1$일 때 항상 입력보다 45° 지연한다.

NoteBase

문 15. 다음 회로는 $t<0$에서 정상상태에 도달하였다. $t=0$인 순간에 스위치를 닫았을 때, $t>0$에서 전압 $v_C(t)$[V]는?



① $3e^{-t/0.24}$

② $6e^{-t/0.24}$

③ $3e^{-0.24t}$

④ $6e^{-0.24t}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치 동작 전후의 커패시터 전압과 시정수 $\tau = R_{th}C$를 이용해 $t>0$에서의 자연응답 $v_C(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 $6V$, 커패시터 $100\mu F$, 저항은 왼쪽부터 $2k\Omega$, $4k\Omega$, $4k\Omega$, $2k\Omega$이다.
구해야 할 값: $t>0$에서의 $v_C(t)$이다.
주의할 조건: $t<0$에서는 정상상태이므로 커패시터는 개방회로로 본다. $t=0$에 스위치가 닫히면 가운데 왼쪽 노드가 접지되어 커패시터는 저장에너지만으로 방전한다.

사용할 공식

사용 공식은 $v_C(t) = v_C(\infty) + \{v_C(0^+) - v_C(\infty)\}e^{-t/\tau}$, $\tau = R_{th}C$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 스위치가 닫힌 뒤 커패시터가 보는 회로에 독립전원이 남지 않아 1차 RC 자연응답 형태가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $t<0$ 정상상태에서 커패시터는 개방회로이므로 전체 직렬저항은 $2+4+4+2=12k\Omega$이다. 따라서 전류는 $I=6/12k=0.5mA$이다.
2. 커패시터 상단 노드 전압은 전원에서 $2k\Omega$와 $4k\Omega$를 지난 지점이므로 $v_C(0^-)=6-(0.5mA)(2k\Omega)-(0.5mA)(4k\Omega)=3V$이다. 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로 $v_C(0^+)=3V$이다.
3. $t>0$에서 스위치가 닫히면 커패시터가 보는 저항은 왼쪽 $4k\Omega$와 오른쪽 $(4+2)k\Omega=6k\Omega$의 병렬이므로 $R_{th}=4\parallel 6=2.4k\Omega$이다.
4. 최종값은 접지로 완전히 방전되어 $v_C(\infty)=0V$이다. 따라서 $\tau=(2.4k\Omega)(100\mu F)=0.24s$이고, $v_C(t)=3e^{-t/0.24}$
이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 그대로 $v_C(t)=3e^{-t/0.24}$이므로 맞다.

② X
- 지수부 $e^{-t/0.24}$는 맞지만 초기전압을 $6V$로 본 값이라서 틀리다. 커패시터 초기전압은 직렬 분압 결과 $3V$이다.
- 틀린 표현은 계수 6이다. 올바르게는 $3e^{-t/0.24}$이다.

③ X
- 계수 3은 맞지만 지수부가 틀리다. $\tau=0.24s$이면 지수는 $e^{-t/0.24}$ 또는 $e^{-4.167t}$ 꼴이어야 한다.
- 틀린 표현은 $e^{-0.24t}$이다. 올바르게는 $e^{-t/0.24}$이다.

④ X
- 초기전압도 6으로 잘못 두었고 지수부도 $e^{-0.24t}$로 잘못 썼다.
- 틀린 표현은 계수 6과 지수 $e^{-0.24t}$이다. 올바르게는 $3e^{-t/0.24}$이다.

오답 포인트

스위치가 닫힌 뒤에도 전원 $6V$가 그대로 커패시터 초기값이라고 착각하기 쉽다. 또 시정수 $\tau=0.24$를 지수에 그대로 곱해 $e^{-0.24t}$로 쓰는 실수가 자주 나온다. 이 문제는 초기값과 $e^{-t/\tau}$ 형태를 동시에 점검하는 함정을 둔 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

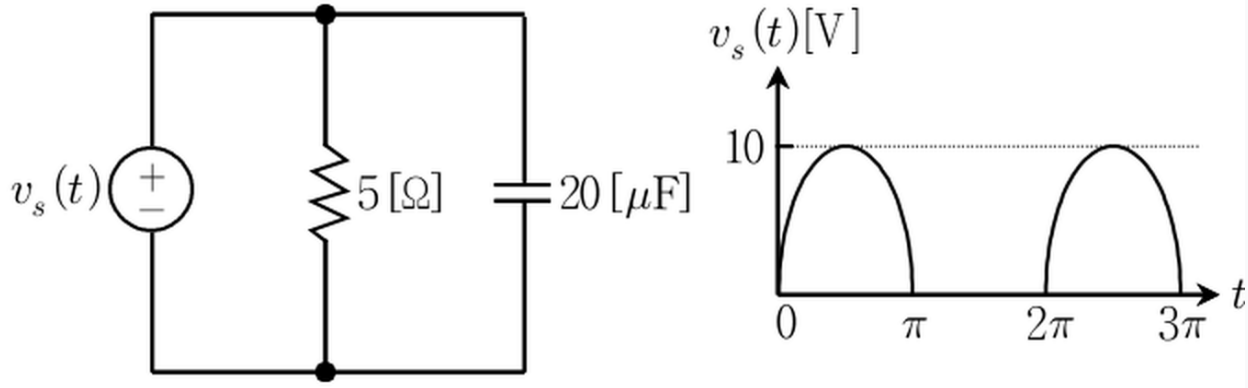
RC 스위칭 문제는 먼저 $t<0$ 정상상태에서 $v_C(0^-)$를 구하고, 다음에 $t>0$에서 커패시터가 보는 등가저항 R_{th}와 최종값 $v_C(\infty)$를 구한 뒤 $v_C(t)=v_C(\infty)+\{v_C(0^+)-v_C(\infty)\}e^{-t/\tau}$에 대입하면 된다.

암기 포인트

커패시터 전압은 순간변화가 없고, 1차 자연응답은 항상 초기값-최종값에 $e^{-t/\tau}$가 붙는 형태이다.

NoteBase

문 16. 다음 회로에서 입력전압 $v_s(t)$가 그림과 같은 반파정류 형태의 정현파 전압이 인가될 때, 회로에서 소모되는 평균 전력[W]은?



① 5

② 2.5

③ 10

④ 20

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 반파정류 정현파가 인가된 병렬 *R-C* 회로에서 평균 전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 저항은 5Ω이다.
- 커패시터는 $20\mu F$이다.
- 입력전압은 최대값 $10V$의 반파정류 정현파이다.

구해야 할 값:
- 회로에서 소모되는 평균 전력이다.

주의할 조건:
- 이상적인 커패시터의 평균 전력은 0이다.
- 실제로 전력을 소모하는 소자는 저항뿐이다.

NoteBase

사용할 공식

저항의 평균 전력은 $P_{avg} = \frac{1}{T}\int_0^T \frac{v^2(t)}{R}dt$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 전압원이 저항과 커패시터에 병렬로 직접 연결되어 있어 저항 양단 전압이 곧 $v_s(t)$이고, 회로의 평균 소비전력은 저항의 평균 소비전력과 같기 때문이다.

계산 과정

반파정류 정현파는 한 주기 2π 동안 $0 \le t \le \pi$에서만 $v_s(t) = 10\sin t$이고, $\pi \le t \le 2\pi$에서는 0이다.
따라서 저항의 평균 전력은
$P_{avg} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} \frac{(10\sin t)^2}{5}dt = \frac{20}{2\pi}\int_0^{\pi} \sin^2 t dt$
이다.
또한 $\int_0^{\pi} \sin^2 t dt = \frac{\pi}{2}$ 이므로
$P_{avg} = \frac{20}{2\pi} \cdot \frac{\pi}{2} = 5$
가 된다.
따라서 회로에서 소모되는 평균 전력은 $5W$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 평균 전력은 $5W$이므로 옳다.
② X: $2.5W$는 반파정류 파형의 평균 전력 계산에서 주기 또는 제곱 처리를 잘못한 값이다. 올바르게는 평균 전력은 $5W$이다.
③ X: $10W$는 파형을 정현파 전체로 보거나 반파정류 효과를 무시했을 때 나올 수 있는 값이다. 올바르게는 도통 구간이 절반이므로 평균 전력은 $5W$이다.
④ X: $20W$는 최대전압 $10V$를 그대로 사용해 $V^2/R = 100/5$로 계산한 값이다. 이는 순간 최대전력을 평균전력으로 착각한 것이다. 올바르게는 평균 전력은 $5W$이다.

오답 포인트

커패시터가 병렬로 있어도 이상적이면 평균 전력을 소모하지 않는다는 점을 놓치기 쉽다. 또 반파정류 파형은 전압의 최대값이 $10V$여도 한 주기 내내 전력이 발생하지 않으므로 $100/5 = 20W$를 평균 전력으로 쓰면 틀리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

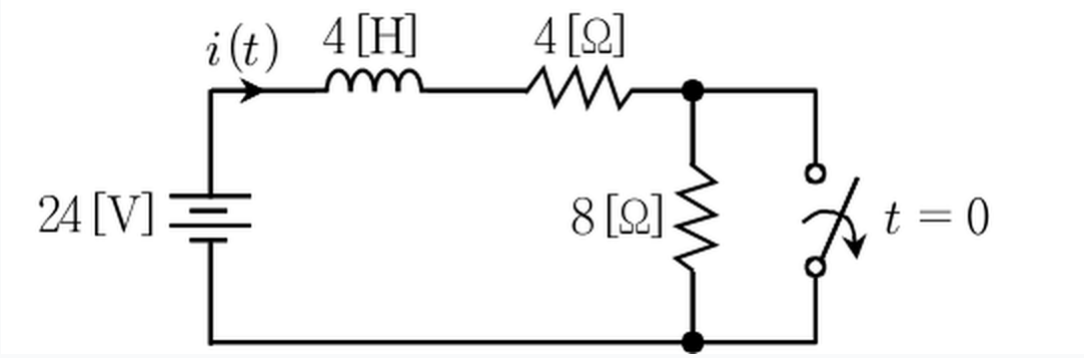
병렬 R-C 회로의 평균 소비전력을 묻는 문제는 먼저 어떤 소자가 실제 전력을 소모하는지 구분한 뒤, 저항에 대해서만 $P_{avg} = \frac{1}{T}\int v^2/R dt$ 또는 V_{rms}^2/R를 적용하면 된다.

암기 포인트

반파정류 정현파는 $V_{rms} = V_m/2$이고, 이상적인 커패시터의 평균 전력은 0이다.

NoteBase

문 17. 다음 회로에서 $t<0$에서 정상상태에 도달하였다. $t=0$인 순간에 스위치를 열었을 때, $t>0$에서 전류 $i(t)$[A]는?



① $4+3e^{-2t}$

② $4+3e^{-3t}$

③ $2+4e^{-2t}$

④ $2+4e^{-3t}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 스위치 개방 전후의 RL 직렬회로에서 초기전류, 정상상태 전류, 시정수 τ를 구해 $i(t)$를 결정하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원은 $24V$, 인덕턴스는 $4H$, 저항은 4Ω와 8Ω이다.
구해야 할 값: $t>0$에서의 전류 $i(t)$이다.
주의할 조건: $t<0$에서는 스위치가 닫혀 정상상태이고, $t=0$에 스위치를 열면 8Ω가 회로에 포함된다. 인덕터 전류는 순간적으로 변하지 않는다.

사용할 공식

RL 회로의 과도응답은 $i(t)=i(\infty)+\{i(0^+)-i(\infty)\}e^{-t/\tau}$ 이고, 시정수는 $\tau=\frac{L}{R}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 스위치 동작 후에도 인덕터가 포함된 1차 직렬회로이므로 초기값, 최종값, 시정수로 전류응답이 바로 정해진다.

NoteBase

계산 과정

1. $t<0$에서 스위치가 닫혀 있으므로 8Ω는 단락되고, 정상상태에서 인덕터는 단락처럼 동작한다. 따라서 $i(0^-)=24/4=6A$이다.
2. 인덕터 전류는 연속이므로 $i(0^+)=i(0^-)=6A$이다.
3. $t>0$에서 스위치를 열면 4Ω와 8Ω가 직렬이 되어 총저항은 12Ω이다. 따라서 최종전류는 $i(\infty)=24/12=2A$이다.
4. 시정수는 $\tau=L/R=4/12=1/3s$이다.
5. 따라서 $i(t)=2+(6-2)e^{-t/(1/3)}=2+4e^{-3t}$ 이다.

선지별 해설

① X

$4+3e^{-2t}$는 $t\to\infty$일 때 $4A$로 수렴하므로 최종전류가 틀린다. 또한 $t=0$에서 $7A$가 되어 초기전류 $6A$와도 맞지 않는다. 틀린 표현은 최종값 4와 계수 3이고, 올바르게는 $2+4e^{-3t}$이다.

② X

$4+3e^{-3t}$는 지수부 $-3t$는 맞지만 $t\to\infty$에서 $4A$가 되어 최종전류가 틀리고 $t=0$에서도 $7A$가 된다. 틀린 표현은 정상상태 전류 4와 초기편차 3이고, 올바르게는 $2+4e^{-3t}$이다.

③ X

$2+4e^{-2t}$는 초기전류 $6A$와 최종전류 $2A$는 맞지만 지수부가 틀리다. 이 식은 스위치를 연 뒤의 총저항을 12Ω가 아니라 8Ω 또는 4Ω처럼 잘못 본 경우에 나오는 오답이다. 틀린 표현은 e^{-2t}이고, 올바르게는 시정수 $1/3s$를 써서 e^{-3t}가 된다.

④ O

초기전류는 $6A$, 최종전류는 $2A$, 시정수는 $1/3s$이므로 $i(t)=2+4e^{-3t}$가 맞다.

오답 포인트

스위치를 연 뒤의 등가저항을 잘못 잡으면 지수부가 바로 틀린다. 또한 정상상태에서 인덕터는 단락, 닫힌 스위치도 단락이라는 두 조건을 동시에 보지 않으면 $i(0^+)$와 $i(\infty)$를 뒤바꾸기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

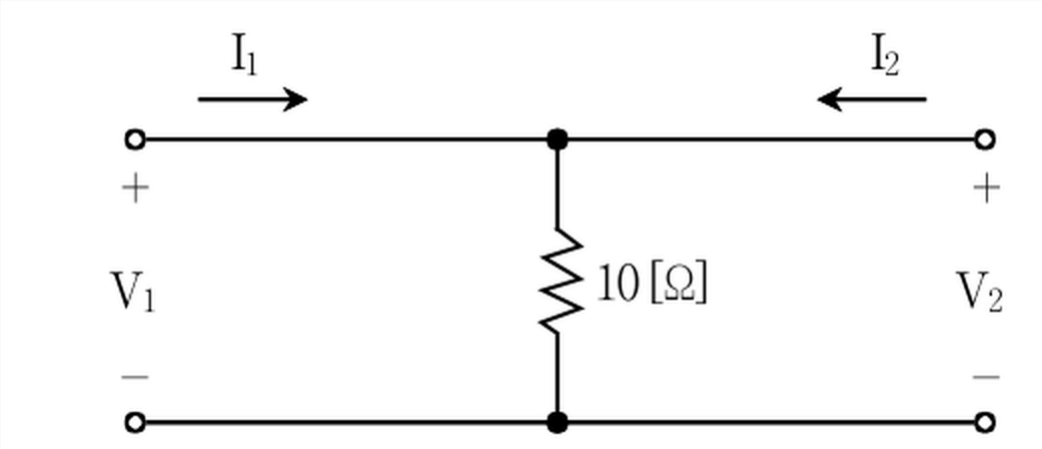
RL 과도문제는 스위치 동작 전 회로로 $i(0^-)$를 구하고, 동작 후 회로로 $i(\infty)$와 R을 다시 구한 뒤 $i(t)=i(\infty)+\{i(0^+)-i(\infty)\}e^{-t/\tau}$에 대입하면 된다.

암기 포인트

RL 1차 회로는 초기값은 스위치 직전 회로, 시정수와 최종값은 스위치 직후 회로로 정해진다.

NoteBase

문 18. 다음 2포트 회로망에서 입출력 전압 및 전류 관계를 $V_1 = AV_2 - BI_2$와 $I_1 = CV_2 - DI_2$로 표현할 때, $A + B + C + D$ 값은?



① 0.1

② 2.1

③ 10.1

④ 11.1

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 2포트의 전압 관계와 접속점 KCL을 이용해 A, B, C, D를 읽어내는 문제이다.

조건 정리

위쪽 단자는 좌우가 도선으로 직접 연결되어 있고 아래쪽 단자도 직접 연결되어 있다.
따라서 두 포트 전압은 $V_1 = V_2$이다.
가운데 소자는 10Ω 저항 하나이므로 전류식에는 $1/10 = 0.1$의 계수가 들어간다.

사용할 공식

전압 관계는 $V_1 = V_2$이다.
전류 관계는 접속점 KCL에 따라 $I_1 + I_2 = V_2/10$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 양 포트가 같은 위쪽 노드와 같은 아래쪽 노드를 공유하고, 내부 소자가 중앙의 션트 저항 하나뿐이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 같은 위쪽 노드와 같은 아래쪽 노드를 공유하므로 $V_1 = V_2$이다.
2. $V_1 = AV_2 - BI_2$와 비교하면 $A = 1, B = 0$이다.
3. 저항 전류는 $V_2/10$이므로 KCL에서 $I_1 + I_2 = V_2/10$이다.
4. 따라서 $I_1 = V_2/10 - I_2 = 0.1V_2 - I_2$이다.
5. $I_1 = CV_2 - DI_2$와 비교하면 $C = 0.1, D = 1$이다.
6. 따라서 $A + B + C + D = 1 + 0 + 0.1 + 1 = 2.1$이다.

선지별 해설

① X: 값 0.1은 C 하나만 읽은 값이다. 문제는 $A + B + C + D$의 합을 묻고 있으므로 틀린 값 0.1 → 올바르게는 2.1이다.
② O: $A = 1, B = 0, C = 0.1, D = 1$이므로 합은 2.1이다.
③ X: 값 10.1은 10Ω를 그대로 계수로 써서 $C = 10$처럼 오해할 때 나오는 값이다. 저항 계수는 R이 아니라 $1/R = 0.1$이므로 틀린 값 10.1 → 올바르게는 2.1이다.
④ X: 값 11.1은 전압 관계와 전류 관계의 계수를 중복하거나 저항을 도전율로 바꾸지 못한 값이다. KCL로 정리하면 $D = 1, C = 0.1$이므로 틀린 값 11.1 → 올바르게는 2.1이다.

오답 포인트

왼쪽 포트와 오른쪽 포트가 따로 놀 것처럼 보여도 실제로는 같은 두 노드를 공유하므로 먼저 $V_1 = V_2$를 잡아야 한다.
또한 10Ω는 전류식에 그대로 들어가는 값이 아니라 1/10의 계수로 바뀐다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

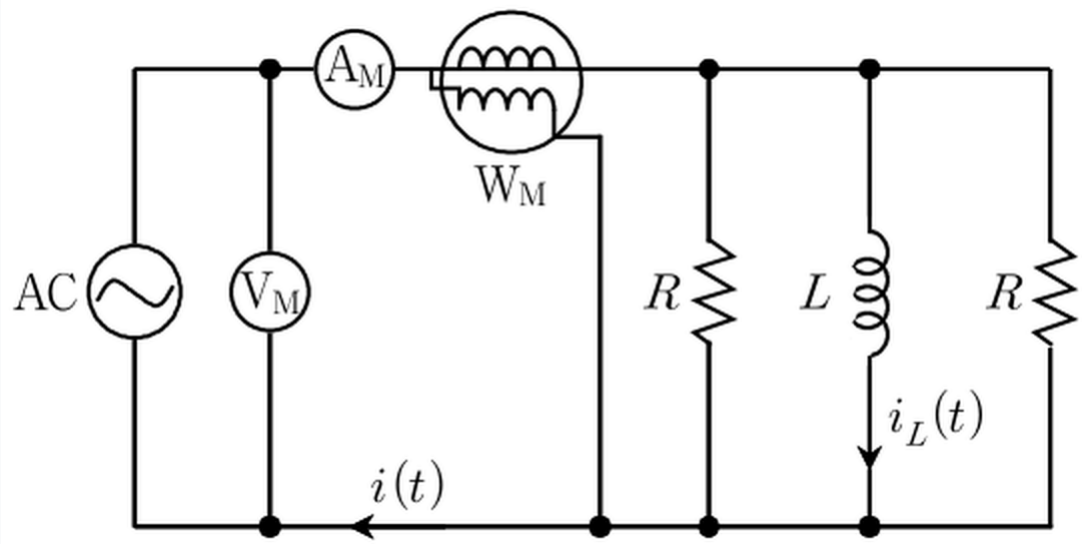
2포트 회로에서 도선으로 직접 이어진 노드가 보이면 먼저 같은 전압인지 확인한다. 그다음 내부 소자에 KCL을 적용해 I_1을 V_2와 I_2로 정리하면 A, B, C, D를 빠르게 읽을 수 있다.

암기 포인트

직결 노드는 같은 전압이고, 션트 저항 전류식의 계수는 R이 아니라 $1/R$이다.

NoteBase

문 19. 다음 회로에서 각 계측기의 측정값이 전압 $V_M = 240[V]$, 전류 $A_M = 5[A]$, 전력 $W_M = 720[W]$으로 측정될 때, 인덕턴스 $L[H]$의 값은? (단, 전원주파수는 $60[Hz]$이고 두 저항의 크기는 같다)



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

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 병렬 R-L-R 회로에서 전력계로 유효전력을, 전류계로 전체전류를 읽어 저항전류와 유도성 무효전류를 분리한 뒤 L을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전압 $V = 240V$, 전체전류 $I = 5A$, 전체 유효전력 $P = 720W$, 주파수 $f = 60Hz$이다.
두 저항의 크기는 같고, 인덕터는 이상소자로 보아 유효전력을 소비하지 않는다.
구해야 할 값은 인덕턴스 L이다.

NoteBase

사용할 공식

전체 유효전력은 두 저항에서만 소비되므로 $P = \frac{V^2}{R} + \frac{V^2}{R} = \frac{2V^2}{R}$이다.
또한 병렬회로에서 저항전류와 인덕터전류는 서로 직교하므로 $I^2 = I_R^2 + I_L^2$이다.
마지막으로 $X_L = 2\pi fL$, $I_L = \frac{V}{X_L}$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 저항 가지 전류는 전압과 동상이고 인덕터 가지 전류는 90도 지상하므로, 전체전류를 벡터합으로 계산해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 유효전력으로 저항값을 구하면 $720 = \frac{2 \times 240^2}{R}$ 이므로 $R = 160\Omega$이다.
2. 각 저항 가지 전류는 $\frac{240}{160} = 1.5A$이므로 두 저항의 동상전류 합은 $I_R = 3A$이다.
3. 전체전류가 $5A$이므로 인덕터전류는 $I_L = \sqrt{5^2 - 3^2} = 4A$ 이다.
4. 따라서 유도리액턴스는 $X_L = \frac{240}{4} = 60\Omega$이고, $L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{60}{2\pi \times 60} = \frac{1}{2\pi}H$ 이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 $L = \frac{1}{2\pi}H$이므로 옳은 값이다.
② X: $\frac{1}{4\pi}H$이면 $X_L = 30\Omega$, $I_L = 8A$가 되어 전체전류 $5A$와 맞지 않는다. 틀린 표현은 인덕턴스 값이고, 올바르게는 $L = \frac{1}{2\pi}H$이다.
③ X: $\frac{1}{\pi}H$이면 $X_L = 120\Omega$, $I_L = 2A$가 된다. 이는 전체전류에서 저항전류 $3A$를 스칼라로 단순 차감한 값에 해당하므로 벡터합 조건과 맞지 않는다. 올바르게는 $I_L = 4A$, $L = \frac{1}{2\pi}H$이다.
④ X: $\frac{1}{3\pi}H$이면 $X_L = 40\Omega$, $I_L = 6A$가 되어 전체전류 $5A$보다 인덕터전류가 더 커지는 모순이 생긴다. 올바르게는 $L = \frac{1}{2\pi}H$이다.

오답 포인트

전력계가 읽는 $720W$를 회로 전체의 피상전력으로 착각하면 안 된다. 이 값은 두 저항이 소비하는 유효전력의 합이다.
또한 병렬 R-L 회로의 전체전류는 $3A + I_L$처럼 산술합으로 더하지 않고 직교 성분의 벡터합으로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

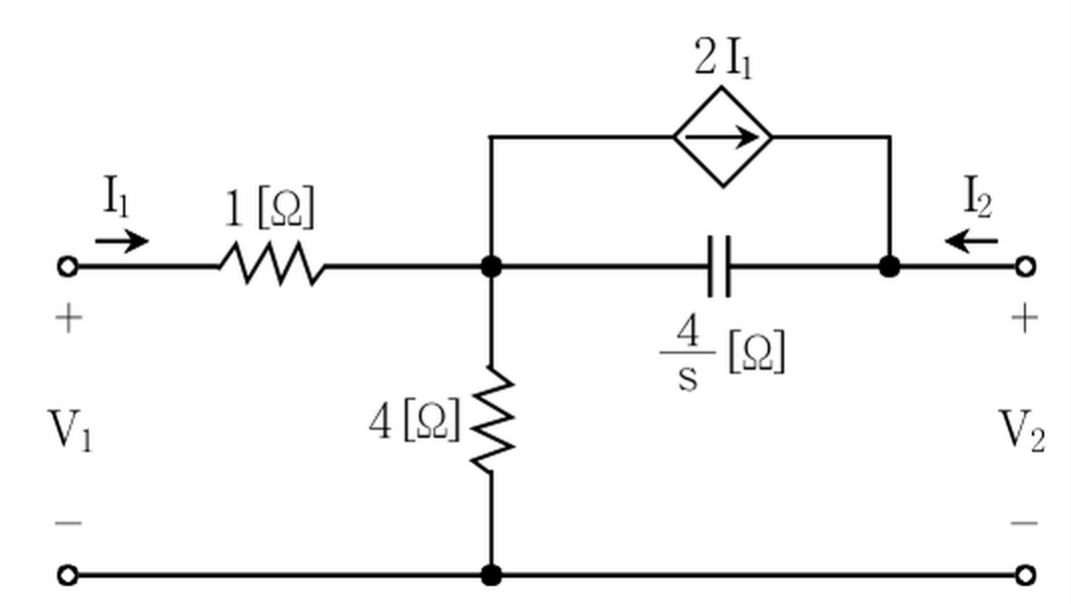
병렬 교류회로에서 전압, 전체전류, 전력이 함께 주어지면 먼저 유효전력으로 저항 성분을 분리하고, 그다음 전체전류와 직교관계로 무효전류를 구한 뒤 X_L 또는 X_C를 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

병렬 R-L 회로는 $P \rightarrow R \rightarrow I_R \rightarrow I_L \rightarrow X_L \rightarrow L$ 순서로 풀면 정리가 된다.

NoteBase

문 20. 다음 회로에서 입출력 관계를 $V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$로 표현할 때, $h_{11} + h_{12}$는?



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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 중앙 노드에 KCL을 세워 $V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$ 꼴로 정리한 뒤 $h_{11} + h_{12}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

중앙 노드 전압을 V_x로 두면 좌측 1Ω 저항 때문에 $I_1 = V_1 - V_x$이므로 $V_1 = V_x + I_1$이다.
중앙 노드에서 접지로는 4Ω가 연결되어 있고, 우측 노드와는 임피던스 $4/s$ 및 종속전류원 $2I_1$가 병렬로 연결되어 있다.

사용할 공식

중앙 노드 V_x에서 KCL을 적용한다.
$-I_1 + \frac{V_x}{4} + \frac{s}{4}(V_x - V_2) + 2I_1 = 0$
이 식을 쓰는 이유는 h파라미터식이 V_1, I_1, V_2의 선형관계이므로 한 노드 전압만 잡아도 계수를 바로 읽어낼 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 좌측 1Ω 저항에서 $I_1 = V_1 - V_x$이므로 $V_1 = V_x + I_1$이다.
2. 중앙 노드 KCL을 정리하면
$-I_1 + \frac{V_x}{4} + \frac{s}{4}(V_x - V_2) + 2I_1 = 0$
$\frac{s+1}{4}V_x - \frac{s}{4}V_2 + I_1 = 0$
$(s+1)V_x = sV_2 - 4I_1$
따라서 $V_x = \frac{sV_2 - 4I_1}{s+1}$이다.
3. 이를 $V_1 = V_x + I_1$에 대입하면
$V_1 = \frac{sV_2 - 4I_1}{s+1} + I_1 = \frac{s-3}{s+1}I_1 + \frac{s}{s+1}V_2$
따라서 $h_{11} = \frac{s-3}{s+1}$, $h_{12} = \frac{s}{s+1}$이고,
$h_{11} + h_{12} = \frac{2s-3}{s+1}$
이다.

선지별 해설

① X
$h_{11} + h_{12} = \frac{2s-4}{s+1}$로 보면 분자 상수항을 -4로 잘못 남긴 계산이다. 올바르게는 $\frac{2s-3}{s+1}$이다.

② X
$\frac{s-3}{s+1}$는 h_{11} 값이지 $h_{11} + h_{12}$가 아니다. 여기에 $h_{12} = \frac{s}{s+1}$를 더해야 하므로 올바른 값은 $\frac{2s-3}{s+1}$이다.

③ X
$\frac{s-4}{s+1}$는 중앙 노드 전압 V_x의 계수합처럼 계산한 값이다. 입력전압은 $V_1 = V_x + I_1$이므로 좌측 1Ω 저항의 전압강하를 더해야 한다. 올바르게는 $\frac{2s-3}{s+1}$이다.

④ O
$V_1 = \frac{s-3}{s+1}I_1 + \frac{s}{s+1}V_2$이므로 $h_{11} = \frac{s-3}{s+1}$, $h_{12} = \frac{s}{s+1}$이다. 따라서 $h_{11} + h_{12} = \frac{2s-3}{s+1}$가 되어 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 중앙 노드 전압 V_x를 곧바로 V_1로 착각하는 것이다. 이 회로는 입력단에 1Ω 직렬저항이 있으므로 V_1에는 반드시 $+I_1$ 항이 추가된다. 또한 문제는 h_{11}만이 아니라 $h_{11} + h_{12}$를 묻고 있다는 점도 함께 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

h파라미터식이 보이면 먼저 내부 노드 전압을 하나 잡고 KCL로 V_1를 I_1, V_2의 선형식으로 직접 만든다. 그다음 I_1의 계수를 h_{11}, V_2의 계수를 h_{12}로 읽으면 된다.

NoteBase

암기 포인트

입력단 직렬저항이 있으면 $V_1 \neq$ 내부 노드 전압이고, 항상 $V_1 = V_{node} + I_1 R$ 관계를 먼저 반영한다.

NoteBase