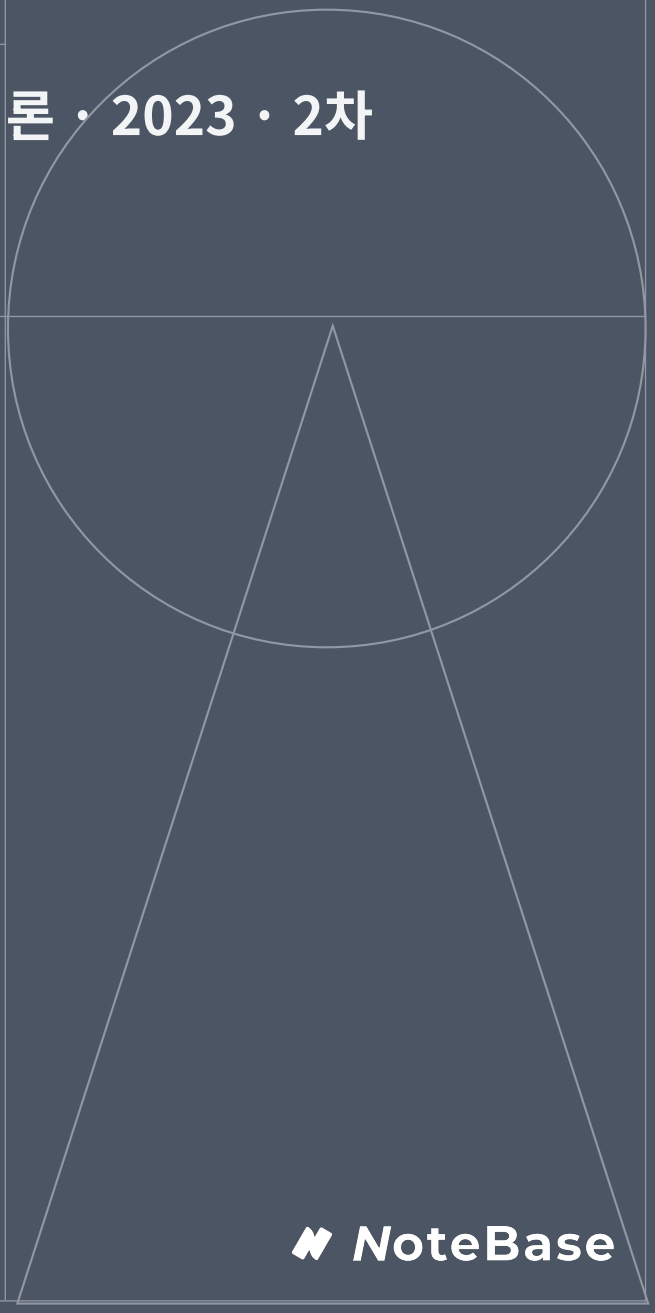
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2023 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2023 · 2차

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2023 · 2차

문 1. 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{s}{s^2+7s+6}$인 회로에 전압 $v_i(t)=5u(t-2)[V]$를 인가할 때, 출력전압 $v_o(t)[V]$는? (단, $u(t)$는 단위계단함수이고, $V_i(s)$와 $V_o(s)$는 각각 $v_i(t)$와 $v_o(t)$의 라플라스변환이다)

① $e^{-(t-2)}u(t-2)-e^{-2(t-2)}u(t-2)$

② $e^{-(t-2)}u(t-2)-e^{-6(t-2)}u(t-2)$

③ $e^{-2(t-1)}u(t-1)-e^{-2(t-2)}u(t-2)$

④ $e^{-2(t-1)}u(t-1)-e^{-2(t-6)}u(t-6)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전달함수와 지연된 단위계단입력의 라플라스 변환을 이용해 출력전압 $v_o(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $H(s)=\frac{s}{s^2+7s+6}=\frac{s}{(s+1)(s+6)}$, $v_i(t)=5u(t-2)$
구해야 할 값: $v_o(t)$
주의할 조건: 입력이 $t=2$에서 시작하므로 최종 시간응답 전체에 $u(t-2)$가 붙는다.

사용할 공식

$V_o(s)=H(s)V_i(s)$, $\mathcal{L}\{u(t-a)\}=\frac{e^{-as}}{s}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 전달함수가 $\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$로 주어졌으므로 입력의 라플라스 변환을 곱하면 출력의 라플라스 변환을 바로 구할 수 있다.

계산 과정

1. 입력의 라플라스 변환은 $V_i(s)=5\frac{e^{-2s}}{s}$이다.
2. 따라서 $V_o(s)=\frac{s}{(s+1)(s+6)}\cdot 5\frac{e^{-2s}}{s}=\frac{5e^{-2s}}{(s+1)(s+6)}$이다.
3. 부분분수 전개를 하면 $\frac{5}{(s+1)(s+6)}=\frac{1}{s+1}-\frac{1}{s+6}$이다.
4. 역라플라스 변환을 하면 $v_o(t)=(e^{-(t-2)}-e^{-6(t-2)})u(t-2)$이다.

NoteBase

선지 1

X. $e^{-2(t-2)}$가 들어가면 분모의 극을 -2로 잘못 읽은 셈이다. 실제 분모는 $(s+1)(s+6)$이므로 지수항은 $e^{-(t-2)}$와 $e^{-6(t-2)}$가 되어야 한다. 틀린 표현은 두 번째 항의 지수 $-2(t-2)$이고, 올바르게는 $-6(t-2)$이다.

선지 2

O. $V_o(s) = e^{-2s}\left(\frac{1}{s+1} - \frac{1}{s+6}\right)$이므로 역라플라스 변환 결과는 $e^{-(t-2)}u(t-2) - e^{-6(t-2)}u(t-2)$가 된다. 지연시간도 두 항 모두 $t-2$로 같아야 한다.

선지 3

X. 입력의 지연은 e^{-2s} 하나뿐이므로 모든 항의 시작 시점은 $t=2$이다. 첫째 항의 $t-1$은 지연을 잘못 옮긴 표현이고, 둘째 항의 $e^{-2(t-2)}$도 극 -6을 -2로 잘못 읽은 표현이다. 올바르게는 $e^{-(t-2)}u(t-2) - e^{-6(t-2)}u(t-2)$이다.

선지 4

X. 지연시간과 극의 값은 서로 다른 개념이다. $t-1$, $t-6$처럼 지연이 각각 달라질 이유가 없고, 입력이 $t=2$에서 한 번만 지연되므로 두 항 모두 $u(t-2)$를 가져야 한다. 틀린 표현은 $u(t-1)$, $u(t-6)$ 및 그에 대응한 지수항이고, 올바르게는 $e^{-(t-2)}u(t-2) - e^{-6(t-2)}u(t-2)$이다.

오답 포인트

분모 인수분해 결과의 극 -1, -6을 지수감쇠율로 읽지 않고, 입력 지연 $t-2$와 섞어 버리기 쉽다. 특히 지연시간 2를 보고 지수의 계수도 2로 바꾸거나, 극의 6을 시간지연 $t-6$으로 착각하면 ①, ③, ④ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

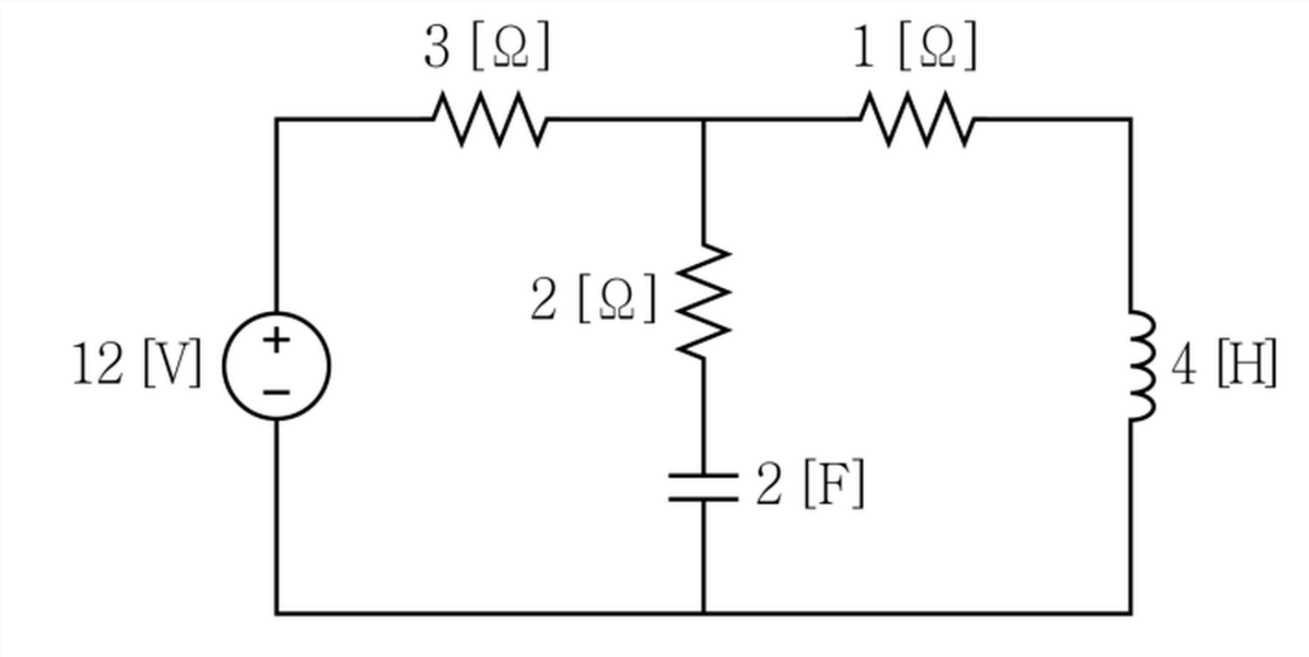
전달함수 문제가 나오면 먼저 $V_o(s) = H(s)V_i(s)$를 만든 뒤 분모의 극과 입력의 지연을 분리해서 본다. 극은 지수감쇠율을 정하고, e^{-as}는 최종식 전체를 $u(t-a)$와 $t-a$ 형태로 늦춘다고 판단한다.

암기 포인트

극 $(s+a)$는 e^{-at}를 만들고, 지연항 e^{-as}는 시간축을 $t-a$로 민다.

NoteBase

문 2. 다음 회로가 정상상태에서 동작할 때, 커패시터와 인덕터에 저장되는 총 에너지 W[J]는?



① 9

② 18

③ 27

④ 36

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직류 정상상태에서 커패시터는 개방, 인덕터는 단락으로 본 뒤 V_C와 I_L를 구하여 저장에너지 $W_C + W_L$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 $12V$, 저항 3Ω, 2Ω, 1Ω, 커패시터 $2F$, 인덕터 $4H$이다.
구해야 할 값: 커패시터와 인덕터에 저장되는 총 에너지 W이다.
주의할 조건: 직류 정상상태에서는 커패시터 전류가 0이므로 개방회로, 인덕터 전압이 0이므로 단락회로가 된다.

사용할 공식

커패시터 에너지는 $W_C = \frac{1}{2}CV^2$ 이고, 인덕터 에너지는 $W_L = \frac{1}{2}LI^2$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 정상상태 등가회로로 바꾸면 커패시터 양단전압과 인덕터 전류를 바로 구할 수 있고,
저장에너지는 각각 전압과 전류로 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 정상상태에서 커패시터 가지는 개방되므로 2Ω 가지에는 전류가 흐르지 않는다. 인덕터는 단락되므로 오른쪽 가지는 1Ω만 남는다.
2. 따라서 회로는 3Ω와 1Ω의 직렬회로가 되어 전체전류는 $I = \frac{12}{3+1} = 3A$ 이다.
3. 가운데 노드 전압은 1Ω 양단전압과 같으므로 $V_C = 3 \times 1 = 3V$ 이다. 커패시터 가지에는 전류가 없으므로 2Ω 전압강하가 0이라서 커패시터 전압도 $3V$이다.
4. 커패시터 에너지는 $W_C = \frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 = 9J$ 이다.
5. 인덕터 전류는 직렬전류와 같으므로 $I_L = 3A$이고, 인덕터 에너지는 $W_L = \frac{1}{2} \times 4 \times 3^2 = 18J$ 이다.
6. 총 저장에너지는 $W = W_C + W_L = 9 + 18 = 27J$ 이다.

선지별 해설

① X
$9J$는 커패시터에 저장된 에너지 W_C만 계산한 값이다. 문제는 커패시터와 인덕터에 저장되는 총 에너지를 묻기 때문에 $W_L = 18J$를 더해야 한다. 올바르게는 $9J$가 아니라 $27J$이다.

② X
$18J$는 인덕터에 저장된 에너지 W_L만 계산한 값이다. 커패시터에도 $9J$가 저장되므로 총 에너지는 더 커진다. 올바르게는 $18J$가 아니라 $27J$이다.

③ O
정상상태에서 $V_C = 3V$, $I_L = 3A$이므로 $W_C = 9J$, $W_L = 18J$이다. 따라서 총 에너지는 $27J$이므로 옳다.

④ X
총 저장에너지는 $W_C + W_L = 27J$이다. $36J$는 정상상태에서의 커패시터 전압이나 인덕터 전류를 실제보다 크게 잡아 생기는 오답이다. 올바르게는 $36J$가 아니라 $27J$이다.

오답 포인트

커패시터와 인덕터를 정상상태에서 어떻게 바꾸는지를 혼동하면 값이 바로 틀어진다. 특히 ①과 ②처럼 한 소자 에너지만 구하고 끝내거나, 커패시터 가지의 2Ω에도 전류가 흐른다고 착각해 V_C를 잘못 잡는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류 정상상태의 LC 회로는 먼저 커패시터를 개방, 인덕터를 단락으로 바꾼다. 그다음 등가저항으로 전류와 노드전압을 구하고, 마지막에 $W_C = \frac{1}{2}CV^2$, $W_L = \frac{1}{2}LI^2$를 각각 적용해 합산하면 된다.

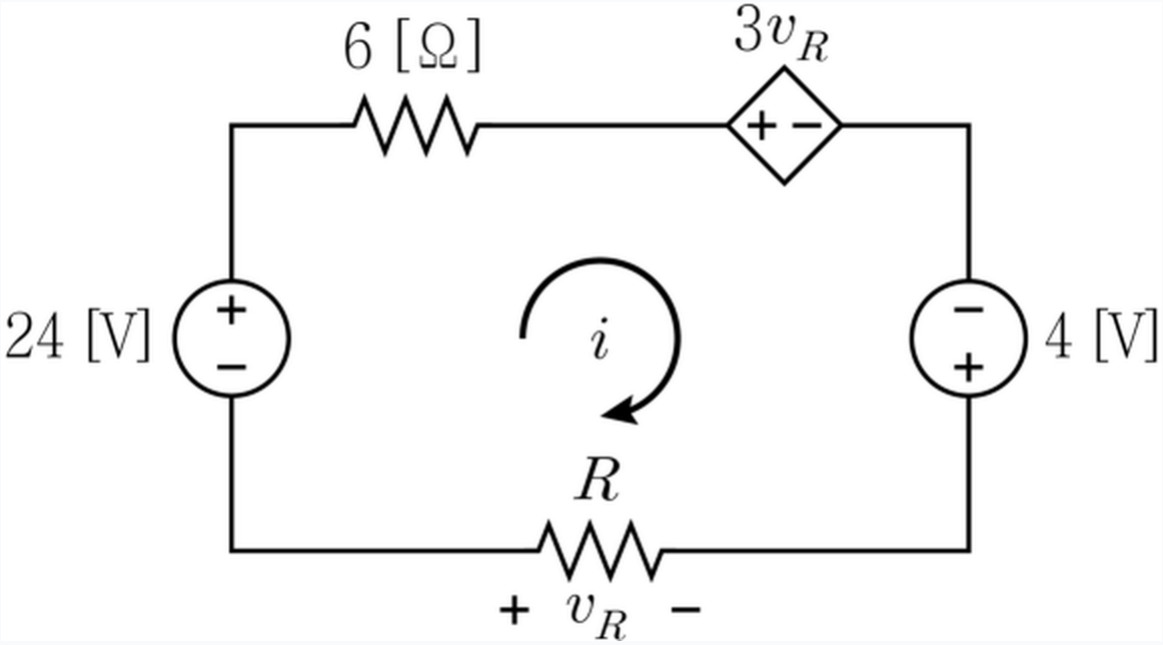
NoteBase

암기 포인트

직류 정상상태는 C 개방, L 단락이고, 저장에너지는 $\frac{1}{2}CV^2 + \frac{1}{2}LI^2$이다.

NoteBase

문 3. 다음 회로에서 $i = -14[A]$가 되도록 하는 저항 $R[\Omega]$은?



① 4

② 6

③ 8

④ 12

정답 1번

출제 포인트

단일 폐회로에 KVL을 적용하고, 저항 R의 전압 극성과 기준전류 방향이 반대이므로 $v_R = -iR$가 된다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $24V$, 6Ω, 종속전압원 $3v_R$, $4V$, 전류 $i = -14A$이다. 구해야 할 값은 R이다. 주의할 조건은 저항 R에서 전압 표시 $(+v_R -)$와 기준전류 i의 방향이 서로 반대라는 점이다.

사용할 공식

단일 루프이므로 KVL을 적용한다. 저항 R에는 $v_R = -iR$가 성립한다. 따라서 루프식은 $-24 + 6i + 3v_R - 4 + iR = 0$이고, $v_R = -iR$를 대입해 $6i - 2iR - 28 = 0$으로 정리한다.

NoteBase

계산 과정

1. 저항 R의 전압 표시는 좌측이 +, 우측이 −인데 기준전류 i는 저항을 우측에서 좌측으로 지나가므로 $v_R = -iR$이다.
2. 시계방향으로 KVL을 쓰면 $-24 + 6i + 3v_R - 4 + iR = 0$이다.
3. $v_R = -iR$를 대입하면 $6i - 2iR - 28 = 0$이고, $i = -14$를 넣으면 $-84 + 28R - 28 = 0$이므로 $28R = 112$, 따라서 $R = 4\Omega$이다.

선지별 해설

① O: $R = 4\Omega$를 대입하면 $i = 14/(3 - R) = -14A$가 되어 발문 조건을 정확히 만족한다.
② X: $R = 6\Omega$이면 $i = 14/(3 - 6) = -14/3A$이다. 틀린 표현은 저항값이 6Ω라는 점이며, 올바르게는 $R = 4\Omega$일 때 $i = -14A$이다.
③ X: $R = 8\Omega$이면 $i = 14/(3 - 8) = -2.8A$이다. 틀린 표현은 저항값이 8Ω라는 점이며, 올바르게는 $R = 4\Omega$일 때만 조건을 만족한다.
④ X: $R = 12\Omega$이면 $i = 14/(3 - 12) = -14/9A$이다. 틀린 표현은 저항값이 12Ω라는 점이며, 올바르게는 $R = 4\Omega$일 때 $i = -14A$가 된다.

오답 포인트

종속전압원 $3v_R$를 식에 넣을 때 v_R의 부호를 반대로 잡거나, 저항 R에서 전압 극성과 전류 방향이 반대라는 사실을 놓치면 오답이 나온다. $v_R = iR$로 잘못 두면 정답이 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

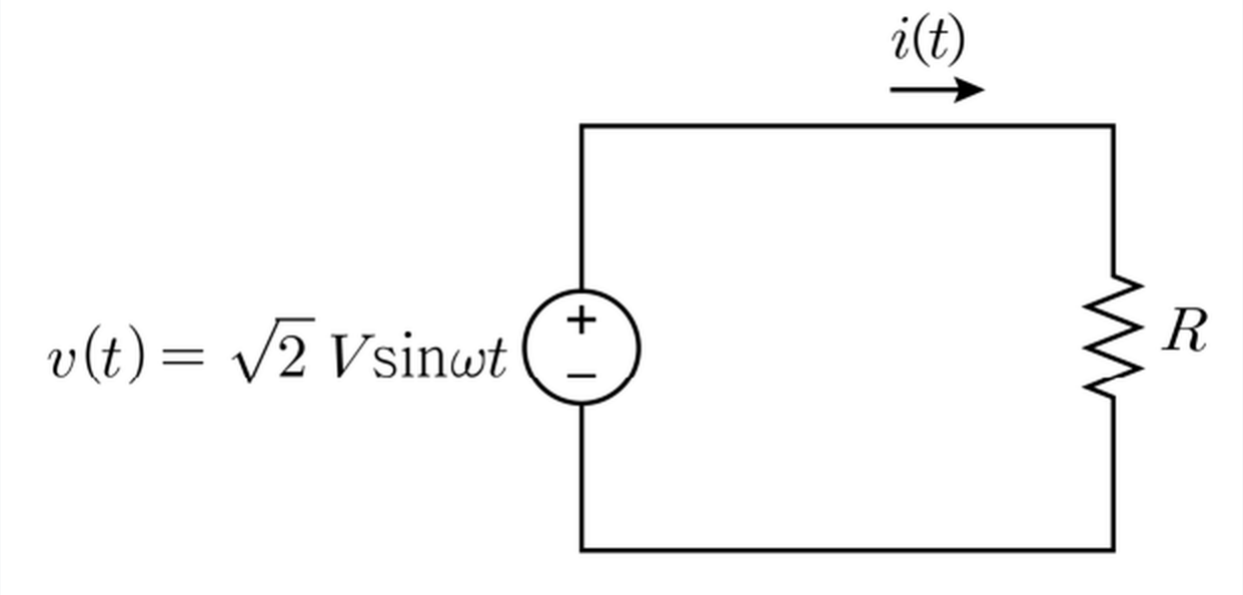
종속원이 포함된 1루프 회로는 먼저 각 소자의 기준전압과 기준전류 방향을 확인한 뒤 KVL 한 식을 세운다. 특히 저항의 전압 표시와 가정한 전류 방향이 반대이면 $v = -iR$부터 적고 계산을 진행한다.

암기 포인트

회로 부호는 값보다 먼저 본다. 저항에서 전압 극성과 전류 방향이 반대이면 $v = -iR$이다.

NoteBase

문 4. 다음 회로에서 저항 R에서 소비되는 전력에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, V와 I는 각각 전압 $v(t)$와 전류 $i(t)$의 실효치이다)



① 피상전력은 $2VI$이다.

② 평균 유효전력은 VI이다.

③ 전압과 전류의 위상은 같다.

④ 순시전력 주파수는 전압 주파수의 2배이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 순저항 회로에서 실효값 기준 전력관계와 순시전력 식 $p(t) = VI(1 - \cos 2\omega t)$를 구별할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 전압 $v(t) = \sqrt{2}V\sin \omega t$, 전류와 전압의 실효값은 각각 V, I이다.
구해야 할 내용: 저항 R에서의 피상전력, 평균 유효전력, 위상관계, 순시전력의 주파수이다.
주의할 조건: 회로가 순저항만 있으므로 전압과 전류는 동상이고, 피상전력과 최대 순시전력을 혼동하면 안 된다.

NoteBase

사용할 공식

피상전력은 $S = VI$이다.
평균 유효전력은 $P = VI\cos\phi$이다.
순저항 회로에서는 $\phi = 0$이므로 $P = VI$이다.
순시전력은 $p(t) = v(t)i(t) = (\sqrt{2}V\sin\omega t)(\sqrt{2}I\sin\omega t) = 2VI\sin^2\omega t = VI(1 - \cos 2\omega t)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제가 실효값 V, I를 주고 저항에서의 전력 성질을 비교하므로, 교류 전력의 기본식과 순저항의 위상조건을 함께 써야 한다.

계산 과정

1. 순저항 회로이므로 위상차는 $\phi = 0$이다.
2. 따라서 평균 유효전력은 $P = VI\cos 0 = VI$이다.
3. 피상전력은 실효값 기준으로 $S = VI$이다.
4. 순시전력은 $p(t) = VI(1 - \cos 2\omega t)$이므로 주파수는 전압의 2배이고, 최대값은 $2VI$이다.

선지 판단

1번 X: '피상전력은 $2VI$이다'가 틀린 표현이다. $2VI$는 순시전력의 최대값이며, 피상전력은 실효값 기준으로 VI이다. 올바르게는 '피상전력은 VI이다'이다.
2번 O: 순저항 회로에서는 $\phi = 0$이므로 평균 유효전력은 $P = VI\cos\phi = VI$이다.
3번 O: 저항만 있는 회로에서는 전압과 전류가 서로 동상이다.
4번 O: $p(t) = VI(1 - \cos 2\omega t)$에서 변동성분의 각주파수가 2ω이므로 순시전력의 주파수는 전압 주파수의 2배이다.

오답 포인트

1번의 함정은 피상전력 $S = VI$와 순시전력의 최대값 $p_{\max} = 2VI$를 같은 것으로 착각하는 데 있다. 실효값으로 정의하는 전력량과 시간에 따라 변하는 순시전력을 분리하지 못하면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

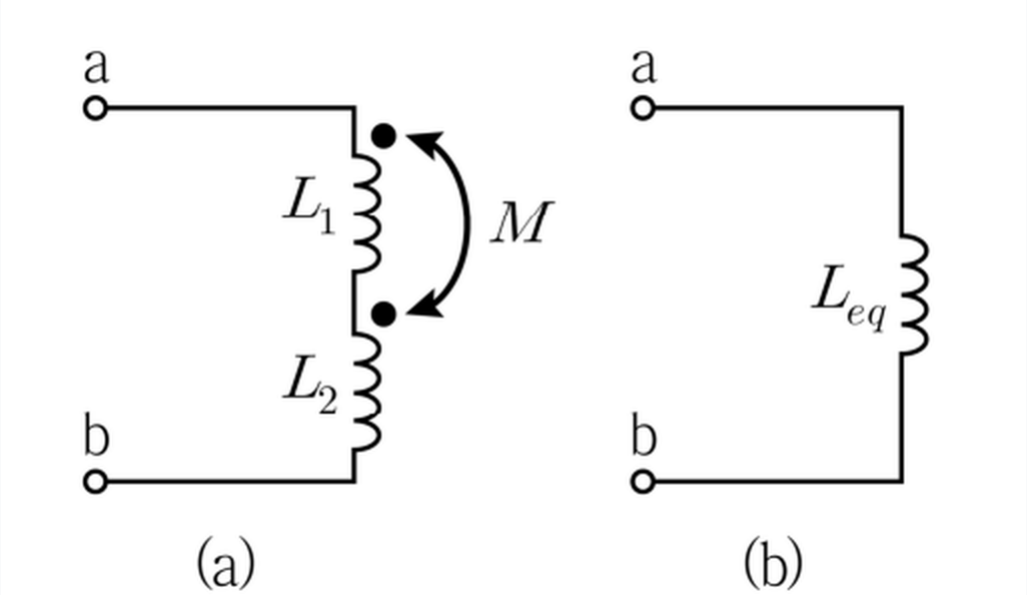
교류 전력 문제는 먼저 소자가 순저항인지 확인하고, 다음으로 실효값 기준 전력 S, P와 시간함수인 순시전력 $p(t)$를 분리해서 본다. 순저항이면 $\phi = 0$, $S = VI$, $P = VI$, $p(t) = VI(1 - \cos 2\omega t)$ 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

순저항 회로는 동상, $S = VI$, $P = VI$, $p(t) = VI(1 - \cos 2\omega t)$, 최대 순시전력은 $2VI$이다.

NoteBase

문 5. 결합계수 $k = 0.8$의 상호 인덕턴스 M을 가지는 $L_1 = 1[H]$, $L_2 = 4[H]$가 그림 (a)와 같이 연결된 회로를 그림 (b)와 같은 등가 인덕턴스로 변환할 때 L_{eq}[H]는?



① 1.8

② 3.4

③ 6.6

④ 8.2

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 결합계수로 상호 인덕턴스 M를 구한 뒤, 도트 극성으로 가극직렬인지 감극직렬인지 판단하여 등가 인덕턴스 L_{eq}를 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: $L_1 = 1H$, $L_2 = 4H$, $k = 0.8$이다.
- 구해야 할 값: 그림 (a)를 그림 (b)의 단일 인덕터 L_{eq}로 바꾼 값이다.
- 주의할 조건: 전류가 $a \rightarrow b$로 흐를 때 두 코일 모두 점 표시 단자로 전류가 들어가므로 가극직렬이 된다.

사용할 공식

$M = k\sqrt{L_1 L_2}$, $\quad L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$

이 공식을 쓰는 이유는 두 코일이 직렬 연결되어 있고, 도트 극성을 보면 같은 전류가 두 코일의 점 단자로 모두 들어가서 상호유도 전압이 서로 더해지는 가극직렬 상황이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 상호 인덕턴스를 구하면

$M = 0.8\sqrt{1 \cdot 4} = 0.8 \times 2 = 1.6H$

이다.

2. 이 회로는 가극직렬이므로 등가 인덕턴스는

$L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$

이다.

3. 값을 대입하면

$L_{eq} = 1 + 4 + 2 \times 1.6 = 5 + 3.2 = 8.2H$

이다.

선지별 해설

① X

- $1.8H$는 $L_1 + L_2 - 2M = 1 + 4 - 3.2 = 1.8H$로 계산한 값이다.
- 이는 감극직렬로 본 경우의 값이다. 이 회로는 두 전류가 모두 점 단자로 들어가므로 감극직렬이 아니라 가극직렬이다. 틀린 표현은 결합항의 부호를 음수로 둔 판단이며, 올바르게는 $L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$이다.

② X

- $3.4H$는 $1 + 4 - 1.6 = 3.4H$처럼 결합항을 한 번만 빼거나, $2M$ 대신 M만 반영한 오산이다.
- 직렬 결합 인덕턴스 공식의 결합항은 $\pm M$가 아니라 $\pm 2M$이다. 올바르게는 가극직렬이므로 $L_{eq} = 1 + 4 + 2 \times 1.6 = 8.2H$이다.

③ X

- $6.6H$는 $1 + 4 + 1.6 = 6.6H$처럼 가극직렬 부호는 맞게 보았지만 결합항을 한 번만 더한 값이다.
- 틀린 표현은 상호 인덕턴스를 M만 더한 계산이며, 직렬 가극에서는 $2M$를 더해야 한다. 올바른 값은 $8.2H$이다.

④ O

- $M = 1.6H$, 가극직렬이므로 $L_{eq} = 1 + 4 + 2 \times 1.6 = 8.2H$가 된다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳은 선택지는 ④이다.

오답 포인트

점 표시를 보고 가극직렬과 감극직렬을 잘못 구분하거나, 직렬 결합 공식의 결합항을 $2M$이 아니라 M으로 한 번만 넣는 실수가 가장 흔하다. 이 문항의 ①은 부호를 잘못 본 경우이고, ②와 ③은 결합항 계수를 빠뜨린 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

결합 인덕터 문제는 먼저 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$를 구하고, 다음으로 전류가 각 코일의 점 단자에 들어가는지 나오는지를 확인해 가극직렬이면 $+2M$, 감극직렬이면 $-2M$를 붙여 판단한다.

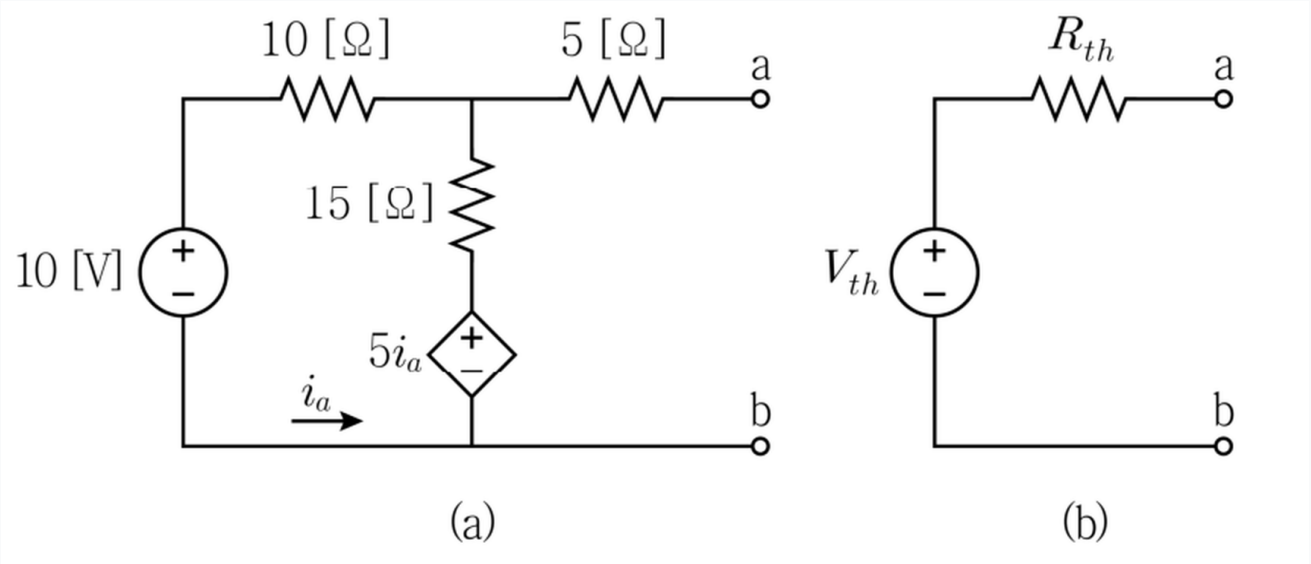
NoteBase

암기 포인트

직렬 결합 인덕턴스는 점 단자 기준으로 둘 다 들어가면 $L_1 + L_2 + 2M$, 한쪽은 들어가고 한쪽은 나오면 $L_1 + L_2 - 2M$이다.

NoteBase

문 6. 그림 (a)의 종속전원을 포함한 회로를 그림 (b)처럼 테브난 등가회로로 변환시킬 때, 테브난 전압원 V_{th} [V]와 테브난 저항 R_{th}[Ω]는?



① V_{th}[V]: 5, R_{th}[Ω]: 12.5

② V_{th}[V]: 5, R_{th}[Ω]: 25.0

③ V_{th}[V]: 10, R_{th}[Ω]: 12.5

④ V_{th}[V]: 10, R_{th}[Ω]: 25.0

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 종속전원이 포함된 회로에서 개방단자 전압으로 V_{th}를 구하고, 독립전원을 제거한 뒤 시험전원을 걸어 R_{th}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 독립전원 10 V, 저항 10 Ω·15 Ω·5 Ω, 종속전압원 5i_a이다.
구해야 할 값: 단자 $a-b$에서의 V_{th}와 R_{th}이다.
주의할 조건: R_{th}를 구할 때 종속전원은 제거하지 않고 그대로 둔다.

사용할 공식

개방회로에서는 단자 전류가 0이므로 5 Ω에는 전류가 흐르지 않아 $V_{th} = V_a = V_c$이다.
또한 종속전원이 있으면 등가저항은 독립전원만 꺼서 끝나지 않고, 시험전압 V_t 또는 시험전류를 인가해 $R_{th} = V_t/I_t$로 구한다.

NoteBase

계산 과정

1. V_{th} 계산:

개방상태이므로 5 Ω 전류는 0이고 $V_a = V_c$이다.

아래 화살표 전류는 10 Ω을 오른쪽에서 왼쪽으로 지나는 전류이므로 $i_a = (V_c - 10)/10$이다.

종속전압원 위쪽 노드 전압은 $5i_a = (V_c - 10)/2$이다.

노드 c에서 KCL을 쓰면

$\frac{V_c - 10}{10} + \frac{V_c - 5i_a}{15} = 0$

이고 $5i_a = (V_c - 10)/2$를 대입하면

$\frac{V_c - 10}{10} + \frac{V_c - (V_c - 10)/2}{15} = 0$

$4V_c - 20 = 0$

이므로 $V_c = 5$이다. 따라서 $V_{th} = 5V$이다.

2. R_{th} 계산:

독립전원 10 V를 꺼서 단락시키고, 단자 $a - b$에 시험전압 V_t를 건다.

이때 왼쪽 노드는 접지이므로 $i_a = V_c/10$, 종속전압원 위쪽 노드는 $5i_a = V_c/2$이다.

노드 c에서 KCL을 쓰면

$\frac{V_c - V_t}{5} + \frac{V_c}{10} + \frac{V_c - V_c/2}{15} = 0$

$10V_c - 6V_t = 0$

이므로 $V_c = 0.6V_t$이다.

시험전류는

$I_t = \frac{V_t - V_c}{5} = \frac{V_t - 0.6V_t}{5} = \frac{V_t}{12.5}$

이다.

따라서

$R_{th} = \frac{V_t}{I_t} = 12.5\Omega$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- 계산 결과가 $V_{th} = 5V$, $R_{th} = 12.5\Omega$이므로 맞는 조합이다.

② X

- $V_{th} = 5V$는 맞지만 $R_{th} = 25.0\Omega$가 틀리다. 종속전원을 남긴 채 시험전원을 걸면 $R_{th} = 12.5\Omega$이다. 틀린 표현은 $R_{th} = 25.0\Omega$이고, 올바르게는 $R_{th} = 12.5\Omega$이다.

③ X

- $R_{th} = 12.5\Omega$는 맞지만 $V_{th} = 10V$가 틀리다. 개방회로에서 중앙 노드 전압은 종속전원까지 함께 고려한 결과 5 V이다. 틀린 표현은 $V_{th} = 10V$이고, 올바르게는 $V_{th} = 5V$이다.

④ X

- $V_{th} = 10V$, $R_{th} = 25.0\Omega$가 모두 틀리다. V_{th}는 종속전원 가지의 영향을 무시해서 생긴 오답이고, R_{th}는 종속전원을 꺼 버리거나 저항을 단순 합성해서 생긴 오답이다. 올바르게는 $V_{th} = 5V$, $R_{th} = 12.5\Omega$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, 개방회로이므로 5 Ω 전류가 0이라는 점을 놓치면 V_{th}를 10 V로 잘못 보기 쉽다. 둘째, 종속전원이 있는 회로에서 R_{th}를 구하면서 종속전원까지 꺼 버리면 25 Ω 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

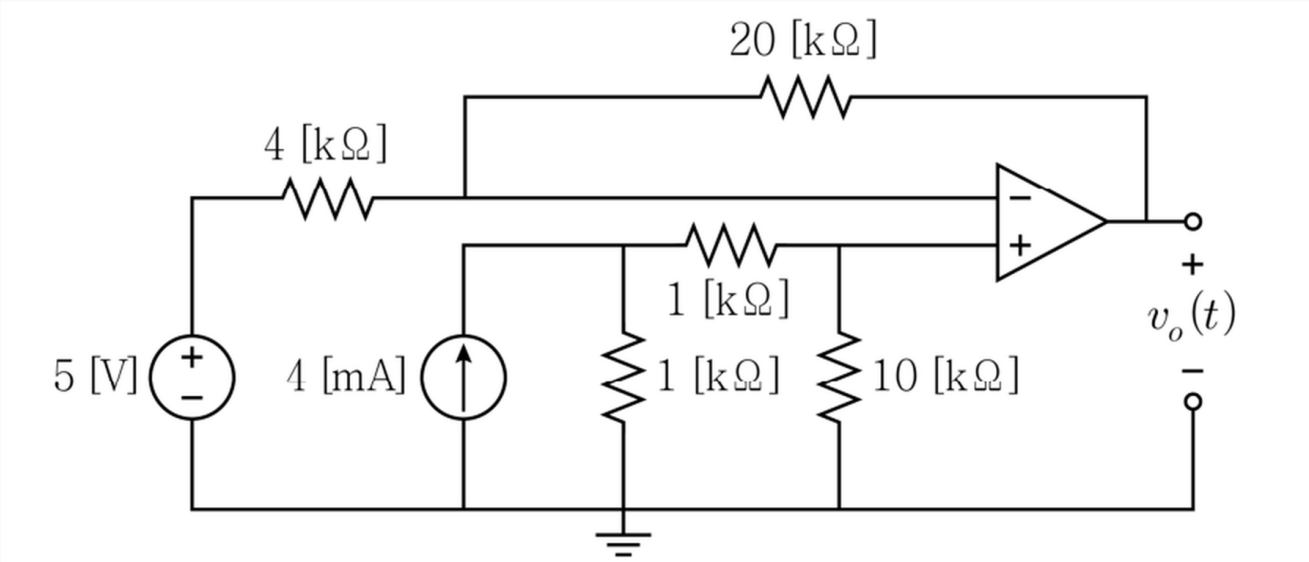
테브난 문제에서 V_{th}는 먼저 출력단을 개방해 단자 전압으로 본다. 종속전원이 남아 있으면 R_{th}는 독립전원만 제거한 뒤 시험전압이나 시험전류를 걸어 구한다. 또한 제어변수 i_a의 방향을 먼저 정한 뒤 식에 대입하면 부호 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

종속전원이 있으면 V_{th}는 개방전압으로, R_{th}는 시험전원법으로 구한다.

NoteBase

문 7. 다음 연산증폭기 회로의 출력전압 $v_o(t)$[V]는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① -4

② 4

③ -5

④ 5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기에서 입력전류가 0이고 음귀환이 걸리면 $V_- = V_+$가 된다는 조건을 이용해 회로의 노드전압과 출력전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 좌측 전원은 5 V, 반전단 입력 저항은 4 kΩ, 피드백 저항은 20 kΩ이다.
비반전단 쪽은 4 mA 전류원이 위쪽 노드로 전류를 공급하고, 그 노드와 입력 노드 사이에 1 kΩ, 각 노드에서 접지로 1 kΩ과 10 kΩ이 각각 연결되어 있다.
주의할 조건: 이상적 연산증폭기이므로 입력단 전류는 0이고, 정상 음귀환 상태에서 $V_- = V_+$이다.

사용할 공식

비반전단 두 노드에는 KCL을 적용하고, 반전단에는 $\frac{V_- - 5}{4k\Omega} + \frac{V_- - v_o}{20k\Omega} = 0$를 적용한다.
이 공식을 쓰는 이유: 입력단 전류가 0이므로 각 입력 노드는 저항으로 흐르는 전류만으로 평형을 이루고, 피드백 저항이 있으므로 출력전압은 반전단 KCL로 직접 결정된다.

NoteBase

계산 과정

1. 비반전단 입력 노드를 $V_B = V_+$, 그 왼쪽 전류원 상단 노드를 V_A라 두면 $\frac{V_B - V_A}{1k\Omega} + \frac{V_B}{10k\Omega} = 0$이므로 $11V_B = 10V_A$, 따라서 $V_B = \frac{10}{11}V_A$이다.
2. 노드 V_A에서 $\frac{V_A}{1k\Omega} + \frac{V_A - V_B}{1k\Omega} = 4mA$이다. 여기에 $V_B = \frac{10}{11}V_A$를 대입하면 $\frac{12}{11}V_A = 4$이므로 $V_A = \frac{11}{3}V$, $V_B = \frac{10}{3}V$이다.
3. 이상적 연산증폭기이므로 $V_- = V_+ = \frac{10}{3}V$이다. 반전단 KCL은 $\frac{V_- - 5}{4k\Omega} + \frac{V_- - v_o}{20k\Omega} = 0$이므로 $5(V_- - 5) + (V_- - v_o) = 0$이다.
4. $V_- = \frac{10}{3}V$를 대입하면 $6 \cdot \frac{10}{3} - 25 - v_o = 0$, 따라서 $v_o = -5V$이다.

선지별 해설

① X
- 실제 계산값은 $-5V$이므로 $-4V$는 틀리다.
- 틀린 표현은 출력전압 값 $-4V$이고, 올바르게는 출력전압이 $-5V$이다.

② X
- 실제 계산값은 $-5V$이므로 $4V$는 부호와 크기가 모두 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 출력전압 값 $4V$이고, 올바르게는 출력전압이 $-5V$이다.

③ O
- 비반전단 전압이 $\frac{10}{3}V$이므로 이상적 연산증폭기에서 $V_- = \frac{10}{3}V$이다.
- 이를 반전단 KCL에 대입하면 $v_o = -5V$가 되어 정답과 일치한다.

④ X
- 실제 계산값은 $-5V$이므로 $5V$는 틀리다.
- 틀린 표현은 출력전압 값 $5V$이고, 올바르게는 출력전압이 $-5V$이다.

오답 포인트

비반전단 전압을 먼저 구하지 않고 곧바로 반전증폭기 공식처럼 처리하면 오답이 나온다. 이 회로는 비반전단이 단순 접지가 아니라 별도 저항망으로 정해지므로 먼저 V_+를 구해야 하며, 그다음 $V_- = V_+$를 적용해야 한다. 또한 반전단 KCL에서 v_o 항의 부호를 반대로 쓰면 $4V$나 $5V$ 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 회로가 나오면 먼저 음귀환 여부를 보고 이상적 조건 $V_- = V_+$, 입력전류 0을 확정한다. 그다음 비반전단과 반전단을 각각 독립 노드로 보고 쉬운 쪽 노드전압부터 KCL로 구한 뒤, 마지막에 출력전압을 계산하면 된다.

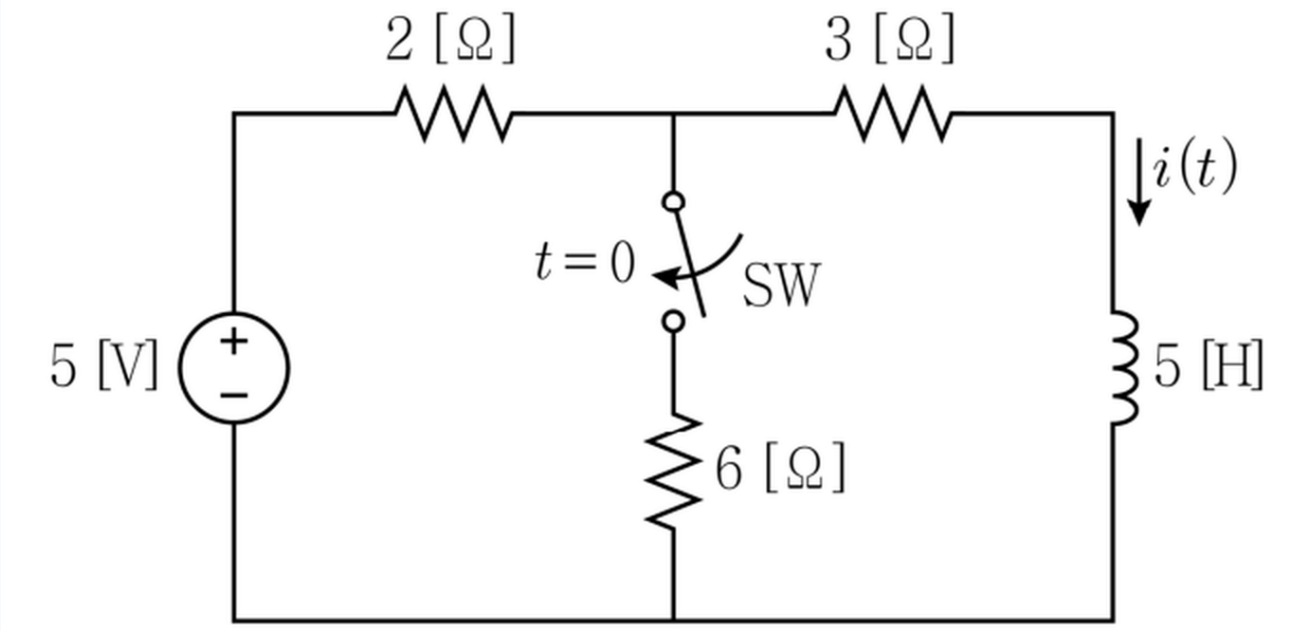
NoteBase

암기 포인트

이상적 연산증폭기 음귀환 회로는 입력전류=0, $V_- = V_+$, 마지막은 해당 입력 노드 KCL이라는 순서로 정리된다.

NoteBase

문 8. 다음 회로는 t = 0 [sec]에서 스위치(SW)가 닫히기 전까지 직류 정상상태로 동작하고 있었다. t = 0 [sec]에서 스위치가 닫힌 이후 전류 $i(t)$[A]의 자연응답(natural response)은?



① $\frac{5}{6}e^{-1.2t}$

② $\frac{5}{6}e^{-0.9t}$

③ $\frac{1}{6}e^{-1.2t}$

④ $\frac{1}{6}e^{-0.9t}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 스위치 동작 전후의 RL 회로에서 $i(0^+) = i(0^-)$, $i_n(t) = (i(0^+) - i(\infty))e^{-t/\tau}$, $\tau = L/R_{th}$를 적용해 자연응답만 분리하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원은 $5V$, 저항은 2Ω, 3Ω, 6Ω, 인덕턴스는 $5H$이다.
구해야 할 값: 스위치가 닫힌 뒤 전류 $i(t)$의 자연응답이다.
주의할 조건: 자연응답은 전체응답이 아니라 $i(0^+) - i(\infty)$에 해당하는 과도성분만 취한다.

NoteBase

사용할 공식

$i_n(t) = (i(0^+) - i(\infty))e^{-t/\tau}, \quad \tau = \frac{L}{R_{th}}$
이 공식을 쓰는 이유는 스위치가 닫힌 뒤 회로가 1차 RL 회로가 되고, 자연응답은 초기전류와 최종전류의 차가 R_{th}/L의 비율로 지수감쇠하기 때문이다.

계산 과정

1. $t<0$에서 스위치가 열려 있고 직류 정상상태이므로 인덕터는 단락으로 본다. 따라서 $i(0^-) = \frac{5}{2+3} = 1A$이고, 인덕터 전류는 연속이므로 $i(0^+) = 1A$이다.
2. $t \to \infty$에서 스위치가 닫힌 뒤 다시 직류 정상상태가 되면 인덕터는 단락이다. 이때 중앙 노드에서 아래쪽 가지는 3Ω와 6Ω의 병렬이므로 $3 \parallel 6 = 2\Omega$이다. 전원에서 보면 2Ω와 2Ω의 직렬이므로 전체전류는 $\frac{5}{4}A$, 중앙 노드 전압은 $\frac{5}{4} \times 2 = 2.5V$이다. 따라서 인덕터 가지 전류의 최종값은 $i(\infty) = \frac{2.5}{3} = \frac{5}{6}A$이다.
3. 시간상수 계산을 위해 전원을 0으로 두면 전압원은 단락된다. 인덕터에서 본 등가저항은 $R_{th} = 3 + (2 \parallel 6) = 3 + 1.5 = 4.5\Omega$이다. 따라서 $\tau = \frac{5}{4.5} = \frac{10}{9}s$이고, 지수항은 $e^{-t/\tau} = e^{-0.9t}$이다.
4. 자연응답은 $i_n(t) = \left(1 - \frac{5}{6}\right)e^{-0.9t} = \frac{1}{6}e^{-0.9t}$ 이다.

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 계수 $\frac{5}{6}$과 지수 $e^{-1.2t}$이다. $\frac{5}{6}$은 최종전류 $i(\infty)$이고 자연응답의 계수는 $i(0^+) - i(\infty) = \frac{1}{6}$이다. 또한 감쇠율은 $R_{th}/L = 4.5/5 = 0.9$이므로 올바르게는 $\frac{1}{6}e^{-0.9t}$이다.
② X: 지수 $e^{-0.9t}$는 맞지만 계수 $\frac{5}{6}$이 틀리다. $\frac{5}{6}$은 과도성분이 아니라 최종 정상상태 전류이다. 올바르게는 $\frac{1}{6}e^{-0.9t}$이다.
③ X: 계수 $\frac{1}{6}$은 맞지만 지수 $e^{-1.2t}$가 틀리다. 1.2는 잘못된 등가저항을 넣었을 때 나오는 값이고, 실제 감쇠율은 $R_{th}/L = 0.9$이다. 올바르게는 $\frac{1}{6}e^{-0.9t}$이다.
④ O: $i(0^+) = 1A$, $i(\infty) = \frac{5}{6}A$, $R_{th} = 4.5\Omega$이므로 자연응답은 $\left(1 - \frac{5}{6}\right)e^{-0.9t} = \frac{1}{6}e^{-0.9t}$가 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 자연응답과 전체응답을 혼동하는 점이다. $\frac{5}{6}A$는 닫힌 뒤의 최종전류인데 이를 자연응답의 계수로 착각하기 쉽다. 또 시간상수 계산에서 전원을 꺼서 R_{th}를 다시 구해야 하는데, 스위치 닫힌 뒤의 실제 연결을 반영하지 않으면 0.9 대신 다른 지수를 고르게 된다.

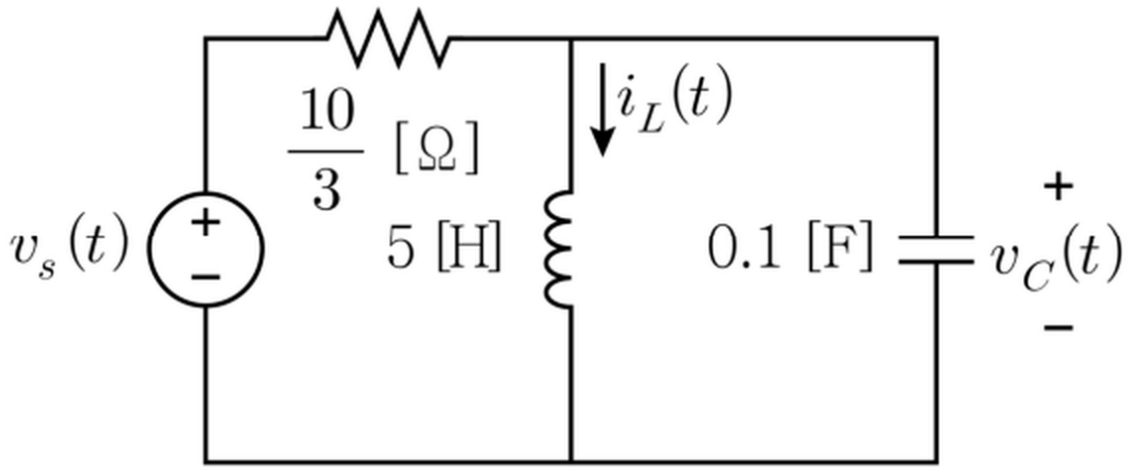
다시 나오면 이렇게 판단

스위칭 RL 문제에서 자연응답은 $i(0^+)$, $i(\infty)$, R_{th}를 먼저 분리하면 바로 정리된다. 즉 i_n(t)=≤ft(초기값-최종값)e^-R_tht/L의 형태로 판단한다.

암기 포인트

자연응답의 계수는 초기값 자체가 아니라 초기값과 최종값의 차이고, 지수의 계수는 R_{th}/L이다.

문 9. 다음 회로에서 전압원이 $v_s(t) = 10u(t)[V]$일 때, 커패시터 양단에 걸리는 전압 $v_C(t)[V]$는? (단, $u(t)$는 단위계단함수이고, $t = 0^-[sec]$에서 인덕터를 통하여 흐르는 전류 $i_L(0^-) = 3[A]$이며, 커패시터 양단에 걸리는 전압 $v_C(0^-) = 5[V]$이다)



① $(10e^{-t} - 5e^{-2t})u(t)$

② $(-10e^{-t} + 5e^{-2t})u(t)$

③ $(-5e^{-t} + 10e^{-2t})u(t)$

④ $(5e^{-t} - 10e^{-2t})u(t)$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 병렬 LC 회로의 초기조건 $v_C(0^+)$, $i_L(0^+)$를 반영하여 커패시터 전압 $v_C(t)$의 과도응답을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R = \frac{10}{3}\Omega, L = 5H, C = 0.1F, v_s(t) = 10u(t)V$이다.
초기조건: 커패시터 전압은 연속이므로 $v_C(0^+) = v_C(0^-) = 5V$이고, 인덕터 전류도 연속이므로 $i_L(0^+) = i_L(0^-) = 3A$이다.
구해야 할 값: $t > 0$에서의 $v_C(t)$이다.

NoteBase

사용할 공식

노드에 KCL을 적용하면
$\frac{v_s - v_C}{R} = i_L + C\frac{dv_C}{dt}$
이고, 인덕터 전압식은
$v_C = L\frac{di_L}{dt}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 저항을 지난 전류가 병렬 인덕터 전류와 커패시터 전류로 나뉘고, 두 소자에 걸리는 전압이 모두 $v_C(t)$이기 때문이다.

계산 과정

1. $t > 0$에서 $v_s = 10$이므로 KCL은
$\frac{10 - v_C}{10/3} = i_L + 0.1\frac{dv_C}{dt}$
이다.
2. $t = 0^+$를 대입하면
$\frac{10 - 5}{10/3} = 3 + 0.1v_C'(0^+)$
이므로 $1.5 = 3 + 0.1v_C'(0^+)$, 따라서 $v_C'(0^+) = -15$이다.
3. KCL을 미분하고 $\frac{di_L}{dt} = \frac{v_C}{L} = \frac{v_C}{5}$를 대입하면
$-\frac{1}{R}v_C' = \frac{v_C}{L} + Cv_C''$
$-0.3v_C' = 0.2v_C + 0.1v_C''$
$v_C'' + 3v_C' + 2v_C = 0$
을 얻는다.
4. 특성방정식은 $s^2 + 3s + 2 = (s+1)(s+2) = 0$이므로
$v_C(t) = Ae^{-t} + Be^{-2t}$
이다.
5. 초기조건 $v_C(0^+) = 5$, $v_C'(0^+) = -15$를 대입하면
$A + B = 5, \qquad -A - 2B = -15$
이므로 $A = -5, B = 10$이다.
6. 따라서
$v_C(t) = (-5e^{-t} + 10e^{-2t})u(t)V$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

주어진 식 $10e^{-t}-5e^{-2t}$는 $t=0$에서 값이 5로 시작하지만, 미분값이 $v_C'(0^+)=-10+10=0$이어서 실제 초기기울기 -15를 만족하지 못한다. 틀린 표현은 계수 배치이고, 올바르게는 $(-5e^{-t}+10e^{-2t})u(t)$이다.

② X

주어진 식 $-10e^{-t}+5e^{-2t}$는 $t=0$에서 -5가 되어 초기조건 $v_C(0^+)=5V$를 바로 위반한다. 틀린 표현은 초기값 부호이고, 올바르게는 $(-5e^{-t}+10e^{-2t})u(t)$이다.

③ O

$(-5e^{-t}+10e^{-2t})u(t)$는 $t=0$에서 5를 만들고, 미분값도 $5-20=-15$가 되어 초기기울기까지 정확히 만족한다. 미분방정식 $v_C''+3v_C'+2v_C=0$의 해와도 일치하므로 옳다.

④ X

주어진 식 $5e^{-t}-10e^{-2t}$는 $t=0$에서 -5가 되어 초기 커패시터 전압과 맞지 않고, 미분값도 $-5+20=15$로 반대 방향이다. 틀린 표현은 두 계수의 부호와 크기이고, 올바르게는 $(-5e^{-t}+10e^{-2t})u(t)$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 특성근 -1, -2만 보고 계수 A, B를 대충 맞추는 데 있다. 선택지 ①은 초기값만 맞고 초기기울기를 틀리며, ②와 ④는 아예 초기 커패시터 전압 5 V를 만족하지 못한다.

다시 나오면 이렇게 판단

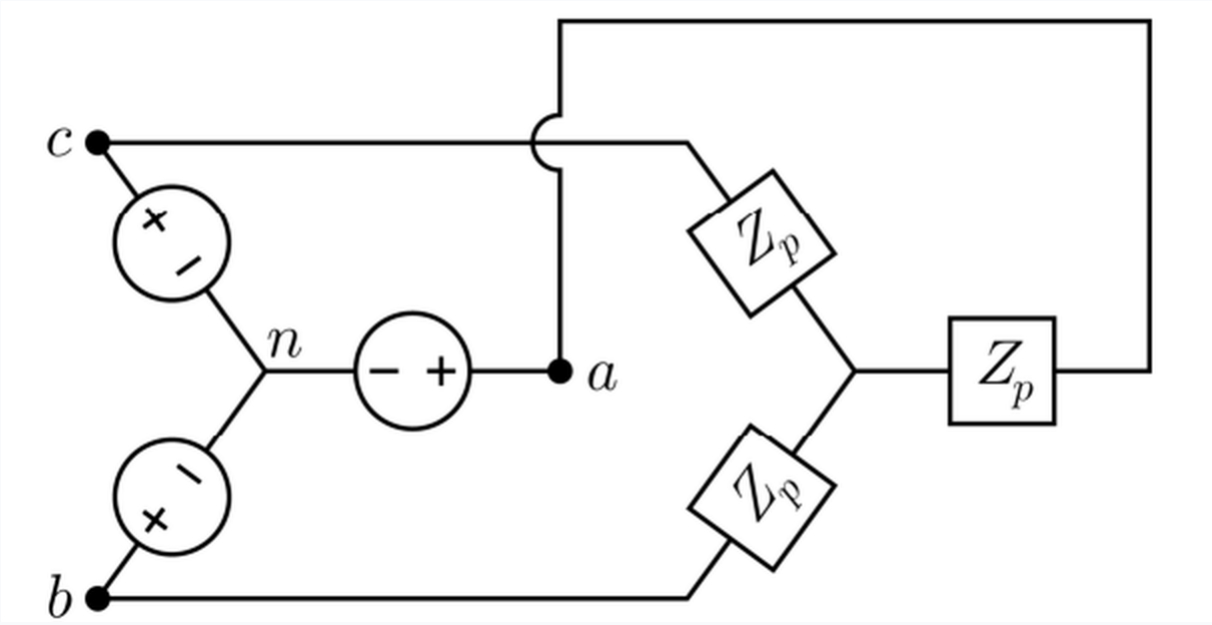
병렬 RLC 과도응답 문제는 먼저 $v_C(0^+)$, $i_L(0^+)$의 연속조건을 적고, KCL로 $v_C'(0^+)$를 구한 뒤, 미분방정식의 일반해에 초기값과 초기기울기를 대입해 계수를 정하면 된다.

암기 포인트

커패시터는 전압이 연속이고 인덕터는 전류가 연속이라는 초기조건이 계수 A, B를 결정한다.

NoteBase

문 10. 다음 Y-Y 결선은 평형 3상 시스템으로 각 상의 임피던스 Z_p는 저항 7[Ω], 인덕터 70[mH], 커패시터 $\frac{5}{8}$[mF]가 모두 병렬로 연결된 구조이다. 전원의 각주파수는 $\omega = 400$[rad/sec], 선전압은 $V_{ab} = 210\angle 0^\circ\,[V_{\text{rms}}]$일 때, 부하에서 소비되는 전체 전력 P[W]와 전원의 역률 pf는? (단, V_{rms}는 실효치 전압 단위이다)



① P[W]: 6,300, pf: $\frac{2\sqrt{13}}{13}$
② P[W]: 6,300, pf: $\frac{3\sqrt{13}}{13}$
③ P[W]: 9,450, pf: $\frac{2\sqrt{13}}{13}$
④ P[W]: 9,450, pf: $\frac{3\sqrt{13}}{13}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 평형 Y-Y 3상 회로에서 상병렬 부하의 어드미턴스를 구한 뒤, 선간전압을 상전압으로 바꾸어 전체 유효전력과 역률을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 저항 7Ω, 인덕터 $70mH$, 커패시터 $\frac{5}{8}mF$, 각주파수 $\omega = 400rad/s$, 선간전압 $V_{ab} = 210V_{rms}$ 이다.
각 상 부하는 병렬이므로 임피던스보다 어드미턴스를 먼저 구하는 것이 빠르다.
평형 Y결선이므로 상전압의 크기는 $V_{ph} = \frac{210}{\sqrt{3}}V$ 이다.

NoteBase

사용할 공식

상어드미턴스는 $Y_p = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C$이다.
전체 유효전력은 $P = 3V_{ph}^2 G$이다. 여기서 G는 상어드미턴스의 실수부이다.
역률은 어드미턴스 각을 θ라 할 때 $pf = \cos\theta$이고, 용량성일 때는 진상 역률이다.
이 공식을 쓰는 이유는 병렬 RLC에서 각 소자의 전도도와 서셉턴스가 직접 더해지고, 유효전력은 실수부 G만으로 바로 계산되기 때문이다.

계산 과정

1. 상어드미턴스를 구하면
$Y_p = \frac{1}{7} + \frac{1}{j(400)(0.07)} + j(400)\left(\frac{5}{8} \times 10^{-3}\right) = \frac{1}{7} - \frac{j}{28} + \frac{j}{4} = \frac{1}{7} + j\frac{3}{14} = \frac{2+j3}{14}$
이다.
2. 상전압의 크기는 $V_{ph} = \frac{210}{\sqrt{3}} V$이다.
3. 전체 유효전력은
$P = 3V_{ph}^2 G = 3\left(\frac{210}{\sqrt{3}}\right)^2\left(\frac{1}{7}\right) = 6300W$
이다.
4. 역률은
$pf = \cos\theta = \frac{G}{|Y_p|} = \frac{\frac{1}{7}}{\sqrt{\left(\frac{1}{7}\right)^2 + \left(\frac{3}{14}\right)^2}} = \frac{2}{\sqrt{13}} = \frac{2\sqrt{13}}{13}$
이다. 서셉턴스가 $+j\frac{3}{14}$이므로 진상 역률이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 전체 전력은 6300W이고 역률은 $\frac{2\sqrt{13}}{13}$이므로 옳다.

② X
- 전력 6300W는 맞지만 역률이 틀리다.
- 틀린 표현은 $\frac{3\sqrt{13}}{13}$이다. 올바르게는 $pf = \frac{2\sqrt{13}}{13}$이다.
- 3은 허수부 크기에서 나온 값이므로, 역률을 구할 때 실수부와 허수부를 바꾸어 읽으면 이런 오답이 나온다.

③ X
- 역률 $\frac{2\sqrt{13}}{13}$은 맞지만 전력이 틀리다.
- 틀린 표현은 9450W이다. 올바르게는 6300W이다.
- 9450W는 Y결선에서 상전압을 $\frac{V_L}{\sqrt{3}}$로 바꾸지 않거나 전도도 G를 잘못 대입하면 나오는 과대계산값이다.

④ X
- 전력과 역률이 모두 틀리다.
- 틀린 표현은 9450W, $\frac{3\sqrt{13}}{13}$이다. 올바르게는 6300W, $\frac{2\sqrt{13}}{13}$이다.
- 이 선택지는 상전압 변환과 역률 계산을 둘 다 잘못한 경우에 해당한다.

오답 포인트

병렬 RLC를 임피던스로 바로 합치려 하거나, Y결선인데도 선간전압 210V를 상전압으로 그대로 쓰면 오답이 나온다. 또 역률은 실수부 대 전체 크기의 비인데, 허수부 3에 끌려 $\frac{3\sqrt{13}}{13}$으로 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

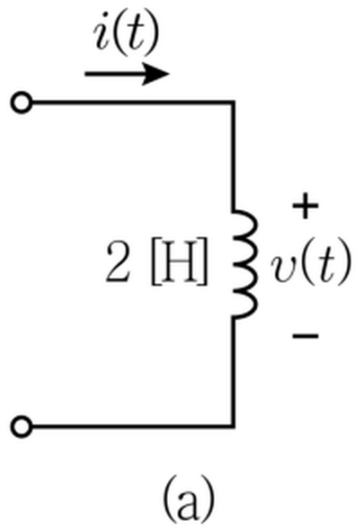
평형 3상 병렬부하는 먼저 상어드미턴스를 $G + jB$ 꼴로 만든다. 그다음 Y결선이면 $V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$를 적용하고, 전력은 $3V_{ph}^2 G$, 역률은 $\frac{G}{|Y|}$로 바로 판단하면 된다.

암기 포인트

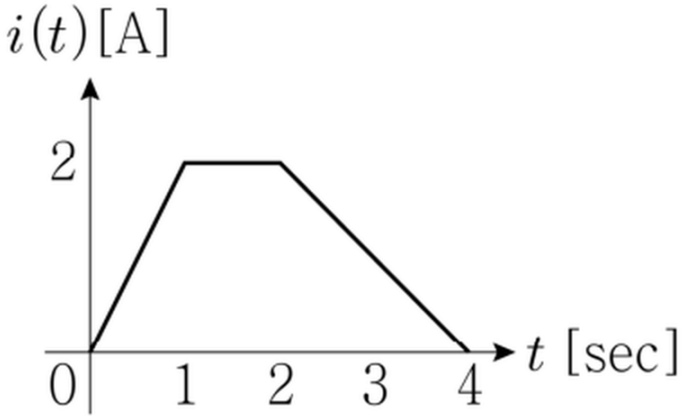
병렬 Y부하 계산은 임피던스보다 어드미턴스가 빠르며, 전력은 실수부 G, 역률은 $\frac{G}{|Y|}$가 결정한다.

NoteBase

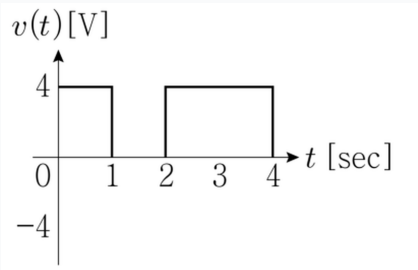
문 11. 그림 (a)의 2 [H] 인덕터에 흐르는 전류 $i(t)$가 그림 (b)와 같을 때, 인덕터 양단에 걸리는 전압 $v(t)$의 파형으로 옳은 것은?

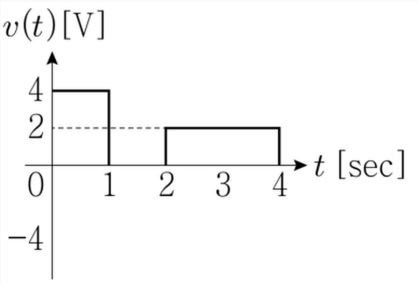


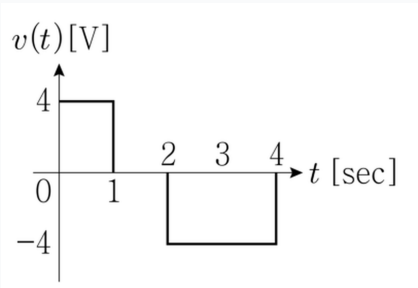
(a)



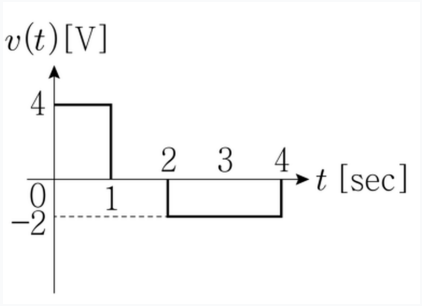
(b)

① 

② 

③ 

NoteBase

④ 

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 인덕터의 전압-전류 관계 $v(t) = L di/dt$와 그림의 전압 극성을 함께 읽어, 전류 파형의 기울기에서 전압의 부호와 크기를 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① X

- 0 ~ 1초 구간은 전류가 $0 \rightarrow 2A$로 1초 동안 선형 증가하므로 $di/dt = 2A/s$이고, $v = 2 \times 2 = 4V$가 되어 맞다.
- 그러나 2 ~ 4초 구간은 전류가 $2 \rightarrow 0A$로 2초 동안 감소하므로 $di/dt = -1A/s$이고, 전압은 $-2V$가 된다. 틀린 표현은 2 ~ 4초 구간을 $+4V$로 그린 부분이며, 올바르게는 $-2V$가 일정하게 걸린다.

② X

- 0 ~ 1초 구간의 $+4V$와 1 ~ 2초 구간의 $0V$는 맞다.
- 그러나 2 ~ 4초 구간의 전류 기울기는 음수이므로 전압도 음수여야 한다. 틀린 표현은 2 ~ 4초 구간을 $+2V$로 그린 부분이며, 올바르게는 $-2V$가 된다.

③ X

- 2 ~ 4초 구간의 부호를 음수로 본 점은 맞다.
- 다만 감소 기울기가 $(0-2)/(4-2) = -1A/s$이므로 전압은 $v = 2 \times (-1) = -2V$이다. 틀린 표현은 2 ~ 4초 구간의 크기를 $-4V$로 본 부분이며, 올바르게는 $-2V$가 일정하다.

④ O

- 0 ~ 1초에는 $di/dt = 2A/s$이므로 $v = 4V$이다.
- 1 ~ 2초에는 전류가 일정하므로 $di/dt = 0$이고 $v = 0V$이다.
- 2 ~ 4초에는 $di/dt = -1A/s$이므로 $v = -2V$이다. 따라서 그림 ④가 인덕터 양단 전압 파형과 일치한다.

오답 포인트

인덕터는 전류값 자체가 아니라 전류의 기울기에 비례해 전압이 정해진다는 점이 함정이다. 2 ~ 4초 구간에서 전류가 여전히 양수라는 이유로 전압도 양수라고 보면 ②로 틀리기 쉽고, 0 ~ 1초의 가파른 상승과 같은 크기로 착각하면 ③으로 틀리기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

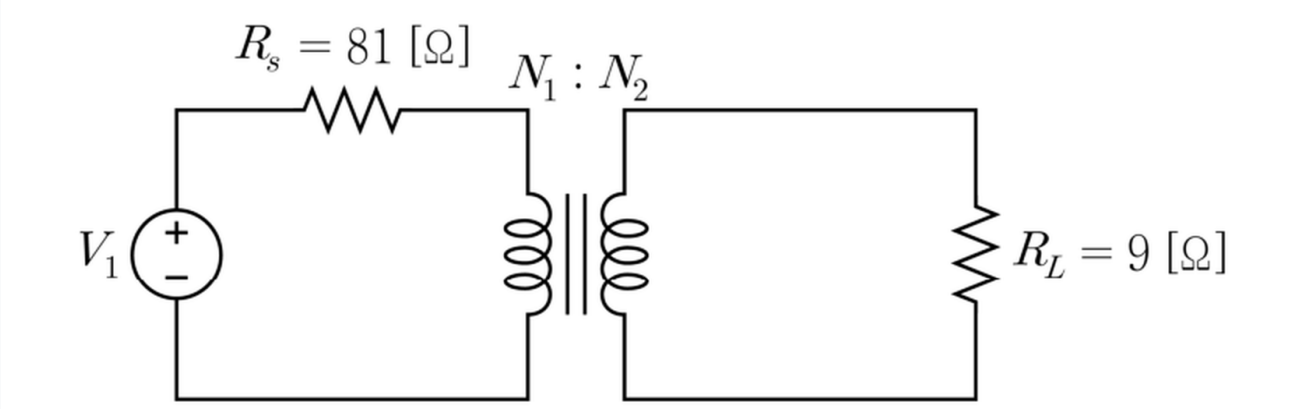
먼저 전압 극성과 전류 방향이 수동부호규약에 맞는지 확인한 뒤 $v = L di/dt$를 적용한다. 그다음 각 시간 구간을 상승, 일정, 하강으로 나누어 기울기만 읽으면 전압은 각각 양수, 0, 음수로 바로 정해진다.

암기 포인트

인덕터는 $v = L di/dt$이므로 전류가 올라가면 +, 평평하면 0, 내려가면 −가 되며 크기는 기울기와 L의 곱으로 정해진다.

NoteBase

문 12. 다음 회로의 부하저항 $R_L[\Omega]$에 최대 전력이 전달되기 위한 변압기의 권수비 N_1/N_2은? (단, 변압기는 이상적이다)



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상 변압기의 권수비에 따른 부하저항의 1차측 환산값을 이용해 최대 전력 전달 조건을 맞추는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 소스저항 $R_s = 81\Omega$
- 부하저항 $R_L = 9\Omega$
- 이상 변압기

구해야 할 값:
- 권수비 $\frac{N_1}{N_2}$

주의할 조건:
- 최대 전력 전달은 1차측에서 본 부하저항이 소스저항과 같을 때 성립한다.

NoteBase

사용할 공식

이상 변압기에서 2차측 부하저항의 1차측 환산값은
$R_L' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L$
이다.

이 공식을 쓰는 이유:
최대 전력 전달 조건은 전원 내부저항과 외부에서 본 부하저항이 일치할 때 성립하므로, 2차측의 9Ω를 그대로 비교하지 않고 1차측으로 환산한 값과 R_s를 비교해야 한다.

계산 과정

1. 최대 전력 전달 조건을 적용하면 $R_L' = R_s = 81\Omega$이다.
2. 환산식에 대입하면
$\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \cdot 9 = 81$
이다.
3. 양변을 9로 나누면
$\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = 9$
이다.
4. 따라서
$\frac{N_1}{N_2} = 3$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 권수비를 1로 두면 $R_L' = 1^2 \cdot 9 = 9\Omega$가 된다. 이는 $R_s = 81\Omega$와 같지 않아 최대 전력 전달 조건을 만족하지 못한다.
- 틀린 값은 1이다. 올바르게는 권수비가 3이어야 한다.

② X
- 권수비를 2로 두면 $R_L' = 2^2 \cdot 9 = 36\Omega$가 된다. 환산 부하가 여전히 81Ω보다 작아 정합이 되지 않는다.
- 틀린 값은 2이다. 올바르게는 권수비가 3이어야 한다.

③ O
- 권수비를 3으로 두면 $R_L' = 3^2 \cdot 9 = 81\Omega$가 된다. 환산 부하저항이 소스저항과 정확히 같아 최대 전력이 전달된다.

④ X
- 권수비를 4로 두면 $R_L' = 4^2 \cdot 9 = 144\Omega$가 된다. 환산 부하가 소스저항보다 커서 최대 전력 전달 조건에서 벗어난다.
- 틀린 값은 4이다. 올바르게는 권수비가 3이어야 한다.

오답 포인트

수험생은 $R_L = 9\Omega$와 $R_s = 81\Omega$를 직접 같게 두지 못한다는 점에서 흔히 틀린다. 변압기가 있으면 부하저항을 반드시 1차측으로 환산해야 하며, 권수비가 제곱으로 들어간다는 점을 놓치면 1, 2, 4 같은 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

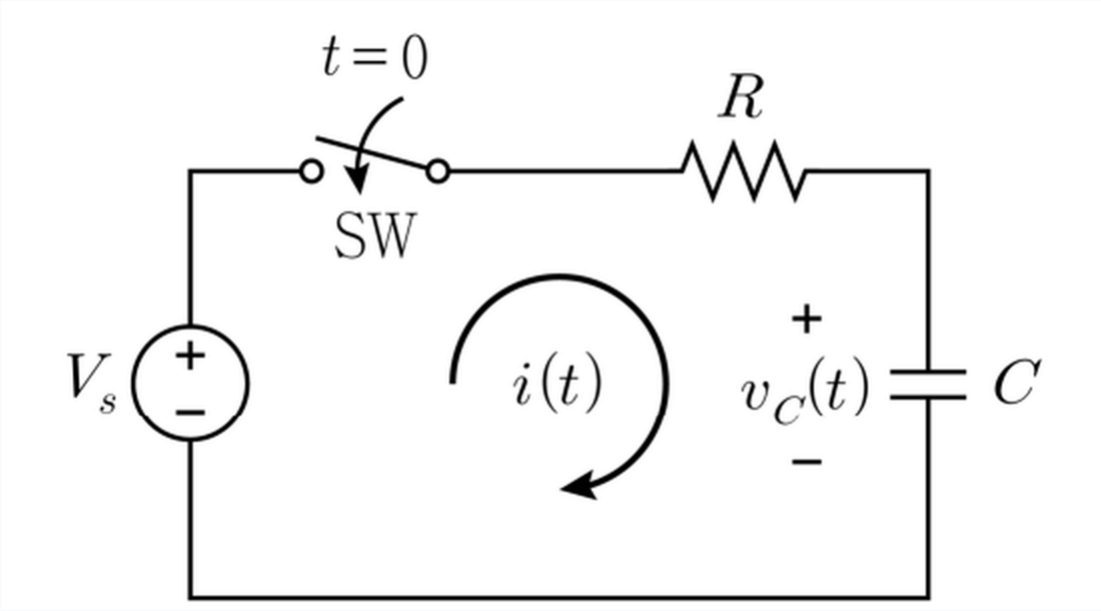
변압기가 포함된 최대전력전달 문제는 먼저 부하를 소스가 보는 쪽으로 환산한 뒤 $R_{in} = R_s$ 조건을 세운다. 그다음 권수비가 저항에 제곱비로 반영된다는 점을 적용하면 된다.

암기 포인트

이상 변압기 저항 환산은 $R' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R$이고, 최대 전력 전달은 환산 부하저항과 소스저항의 일치이다.

NoteBase

문 13. 직류 전원 $V_s[V]$, 저항 $R[\Omega]$, 커패시터 $C[F]$가 직렬로 연결된 다음 회로에서 스위치(SW)가 $t=0[sec]$에서 닫힐 때, 회로의 동작에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 커패시터의 초기 전압은 $v_C(0^-)=0[V]$이다)



① 회로의 시정수는 $\tau = RC[sec]$이다.

② $t>0$에서 전류는 $i(t)=\frac{V_s}{R}e^{-\frac{t}{RC}}[A]$이다.

③ $t>0$에서 커패시터 양단의 전압은 $v_C(t)=V_s(1-e^{-\frac{t}{RC}})[V]$이다.

④ $t>0$에서 키르히호프의 전압법칙에 의한 회로방정식은 $\frac{1}{C}\int i(t)dt = V_s$이다.

정답 4번

출제 포인트

직류 RC 직렬 충전회로에서 시정수, 전류의 지수감쇠, 커패시터 전압의 지수상승, KVL 회로방정식을 연결해 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 직류 전원 V_s, 저항 R, 커패시터 C, 초기전압 $v_C(0^-)=0$이다.
구해야 할 값: 각 선지가 충전 RC 회로의 기본식과 일치하는지 판단하는 것이다.
주의할 조건: 발문이 '옳지 않은 것'이므로 틀린 식 하나를 고르는 문제이다.

NoteBase

사용할 공식

$\tau = RC$
$V_s = Ri(t) + v_C(t)$
$v_C(t) = \frac{1}{C}\int_0^t i(\tau)d\tau$
$i(t) = \frac{V_s}{R}e^{-t/(RC)}, \quad v_C(t) = V_s(1 - e^{-t/(RC)})$
이 회로는 초기전압이 0인 직류 RC 충전회로이므로 시정수와 과도응답식, 그리고 KVL 식을 함께 대입하면 각 선지를 바로 검토할 수 있다.

계산 과정

1. 시정수는 저항과 커패시터의 곱이므로 $\tau = RC$이다.
2. 스위치를 닫는 순간 초기전류는 $i(0^+) = V_s/R$이고, 충전이 진행될수록 전류는 지수적으로 감소하므로 $i(t) = \frac{V_s}{R}e^{-t/(RC)}$이다.
3. 커패시터 전압은 0에서 시작해 최종값 V_s로 증가하므로 $v_C(t) = V_s(1 - e^{-t/(RC)})$이다.
4. 따라서 회로 전체의 KVL은 항상 소스전압이 저항 전압강하와 커패시터 전압의 합이 되는 $V_s = Ri(t) + \frac{1}{C}\int_0^t i(\tau)d\tau$이다.

선지별 해설

① O
- 시정수는 직렬 RC 회로에서 항상 $\tau = RC$이므로 맞는 설명이다.

② O
- 충전 전류는 $t = 0^+$에서 V_s/R로 시작해 시간에 따라 지수적으로 감소하므로 $i(t) = \frac{V_s}{R}e^{-t/(RC)}$가 맞다.

③ O
- 커패시터 전압은 처음 0이고 시간이 지날수록 V_s에 수렴하므로 $v_C(t) = V_s(1 - e^{-t/(RC)})$가 맞다.

④ X
- $\frac{1}{C}\int_0^t i(\tau)d\tau = V_s$라고 두면 커패시터 전압만 전원전압과 같다고 놓은 것이어서 저항 전압강하 $Ri(t)$가 빠진다.
- 틀린 표현은 '회로방정식은 $\frac{1}{C}\int i(t)dt = V_s$이다'라는 부분이다.
- 올바르게는 $V_s = Ri(t) + \frac{1}{C}\int_0^t i(\tau)d\tau$ 또는 $Ri(t) + v_C(t) = V_s$이다.

오답 포인트

충전회로에서 $v_C(t)$가 최종적으로 V_s에 수렴한다는 사실만 기억하면 ④처럼 과도상태 전체에서도 항상 $v_C(t) = V_s$라고 착각하기 쉽다. 그러나 $t > 0$ 동안에는 아직 전류가 흐르므로 저항에도 전압강하 $Ri(t)$가 존재한다.

다시 나오면 이렇게 판단

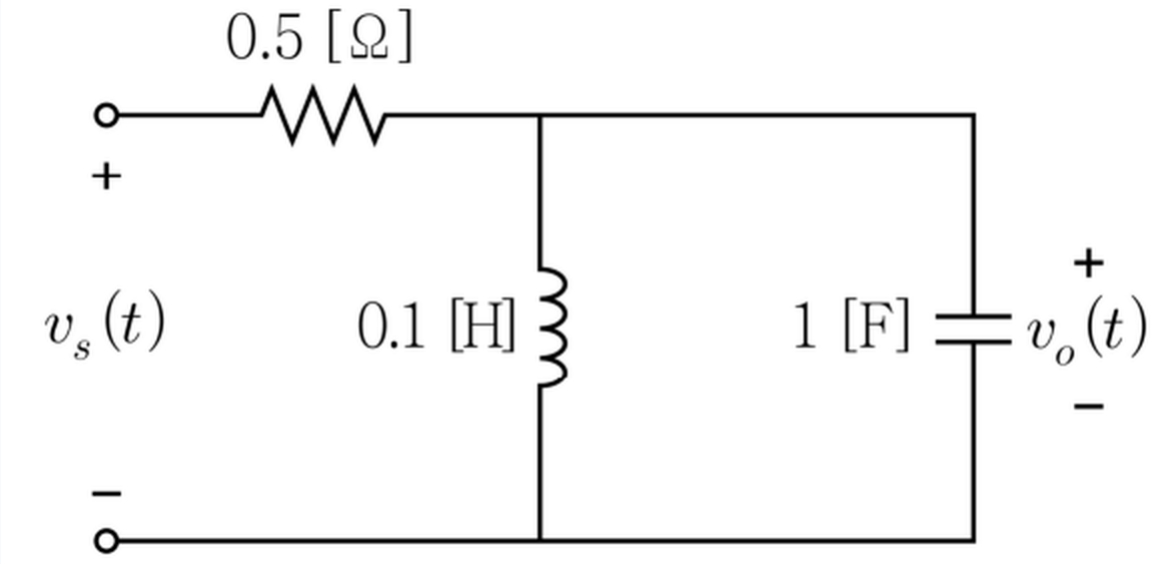
직렬 RC 충전회로는 먼저 $\tau = RC$를 확인하고, 전류는 감소 $e^{-t/(RC)}$, 커패시터 전압은 증가 $1 - e^{-t/(RC)}$ 형태인지 본다. 그다음 회로식은 항상 '소스전압 = 저항전압 + 커패시터전압'인지 대입해 보면 틀린 선지를 바로 찾을 수 있다.

암기 포인트

직렬 RC 충전은 $\tau = RC$, $i(t) = \frac{V_s}{R}e^{-t/(RC)}$, $v_C(t) = V_s(1 - e^{-t/(RC)})$, $V_s = Ri + v_C$로 정리된다.

NoteBase

문 14. 다음 회로의 전달함수 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_s(s)}$에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 입력전압 $v_s(t)$는 각주파수가 $\omega[rad/sec]$인 정현파 전압원이고, $V_s(s)$와 $V_o(s)$는 각각 $v_s(t)$와 $v_o(t)$의 라플라스변환이다)



① 전달함수는 영점을 갖는다.

② 전달함수는 2개의 극점을 갖는다.

③ 전달함수의 극점은 s-평면의 우측 반평면에 존재한다.

④ 이 회로는 대역통과필터(bandpass filter) 특성을 가진다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 병렬 LC 회로의 임피던스를 구해 전달함수의 영점, 극점, 필터 특성을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 저항은 $R = 0.5\Omega$, 인덕터는 $L = 0.1H$, 커패시터는 $C = 1F$이다.
구해야 할 값: $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_s(s)}$의 영점, 극점, 필터 특성이다.
주의할 조건: 출력전압은 커패시터 양단 전압이므로 병렬 LC 양단 전압과 같다.

NoteBase

사용할 공식

병렬 LC의 임피던스는
$Z_{LC} = Z_L \parallel Z_C = \frac{(sL)\left(\frac{1}{sC}\right)}{sL + \frac{1}{sC}}$
이고, 전달함수는 전압분배로
$H(s) = \frac{Z_{LC}}{R + Z_{LC}}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 저항 R과 병렬 LC가 직렬 연결되어 있고, 출력은 병렬 LC 양단에서 측정되기 때문이다.

계산 과정

1. $Z_L = sL = 0.1s, Z_C = \frac{1}{sC} = \frac{1}{s}$이다.
2. 병렬 임피던스는
$Z_{LC} = \frac{0.1s \cdot \frac{1}{s}}{0.1s + \frac{1}{s}} = \frac{0.1}{0.1s + \frac{1}{s}} = \frac{s}{s^2 + 10}$
이다.
3. 따라서
$H(s) = \frac{\frac{s}{s^2+10}}{0.5 + \frac{s}{s^2+10}} = \frac{s}{0.5s^2 + s + 5} = \frac{2s}{s^2 + 2s + 10}$
이다.
4. 분자 $2s$에서 영점은 $s = 0$이고, 분모 $s^2 + 2s + 10 = 0$의 근은 $s = -1 \pm j3$이므로 극점은 2개이며 모두 좌측 반평면에 있다.
5. $\omega \to 0$일 때는 인덕터가 단락에 가까워 출력이 작고, $\omega \to \infty$일 때는 커패시터가 단락에 가까워 출력이 작으므로 중간 주파수대만 통과하는 대역통과 특성이다.

선지별 해설

① O
전달함수는 $H(s) = \frac{2s}{s^2 + 2s + 10}$이므로 분자에 s가 있어 영점 $s = 0$을 가진다.

② O
분모가 2차식 $s^2 + 2s + 10$이므로 극점은 2개이다. 실제로 $s = -1 \pm j3$이다.

③ X
틀린 표현은 '우측 반평면'이다. 올바르게는 극점은 $s = -1 \pm j3$이므로 s-평면의 좌측 반평면에 존재한다. 우측 반평면 극점이었다면 회로 응답이 불안정해지지만, 이 회로의 극점 실수부는 모두 음수이다.

④ O
저주파에서는 인덕터 경로가, 고주파에서는 커패시터 경로가 출력 노드를 접지 쪽으로 강하게 끌어내리므로 출력이 작다. 공진 부근에서는 병렬 LC 임피던스가 커져 출력이 커지므로 대역통과필터 특성을 가진다.

NoteBase

오답 포인트

③의 '우측 반평면'이라는 표현에만 끌려 병렬 공진 회로를 불안정 회로처럼 오해하기 쉽다. 이 문항은 회로 모양만 보고 판단하지 말고, 반드시 분모 다항식의 근을 직접 구해 극점 위치를 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

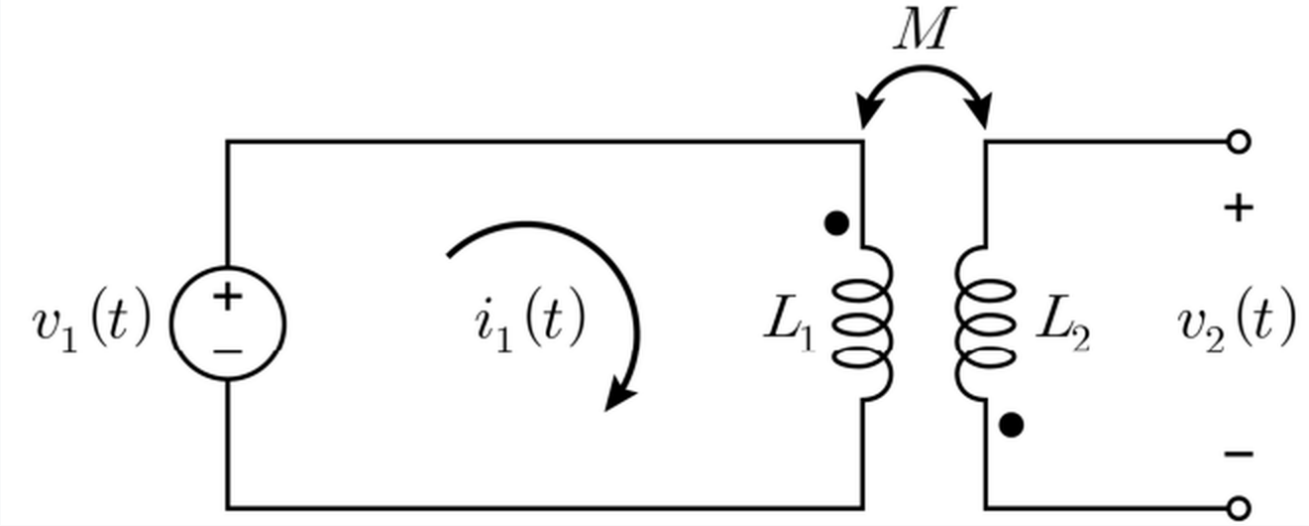
회로 전달함수 문제는 먼저 Z_L, Z_C를 구해 직렬·병렬 합성을 한 뒤 전압분배로 $H(s)$를 만든다. 그다음 분자에서 영점, 분모에서 극점을 읽고, $\omega \to 0$와 $\omega \to \infty$에서 출력이 줄어드는지를 보면 필터 종류를 판단할 수 있다.

암기 포인트

병렬 LC 출력 회로에서 분자에 s가 생기면 원점 영점을 가진다. 저주파와 고주파에서 모두 출력이 작으면 대역통과 특성이다.

NoteBase

문 15. 다음 자기결합 회로에서 $i_1(t) = \sqrt{2}I\sin(\omega t + 90^\circ)$[A]일 때, 개방 단자전압 $v_2(t)$[V]는? (단, I는 전류 $i_1(t)$의 실효치이다)



① $\omega M L_1 \sin \omega t$

② $\sqrt{2}\omega M I \sin \omega t$

③ $\omega M L_1 \cos(\omega t + 90^\circ)$

④ $\sqrt{2}\omega M I \cos(\omega t + 90^\circ)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 점표기법으로 상호유도 전압의 극성을 정하고, $v_2(t) = -M\frac{di_1(t)}{dt}$를 이용해 개방 2차 단자전압의 시간식을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 전류: $i_1(t) = \sqrt{2}I\sin(\omega t + 90^\circ) = \sqrt{2}I\cos\omega t$
- 구해야 할 값: 개방 단자전압 $v_2(t)$
- 주의할 조건: 전류 $i_1(t)$는 L_1의 점단자로 들어가고, $v_2(t)$의 기준극성은 L_2의 위쪽 단자(비점단자)를 +, 아래쪽 단자(점단자)를 -로 잡고 있다.

사용할 공식

$v_2(t) = -M\frac{di_1(t)}{dt}$

이 식을 쓰는 이유:

1차 전류가 L_1의 점단자로 들어가면 2차 권선의 점단자가 +가 된다. 그런데 문제의 $v_2(t)$는 위가 +, 아래가 -로 정의되어 있어 점단자 기준 유도전압과 극성이 반대이므로 음의 부호가 붙는다.

NoteBase

계산 과정

1. 주어진 전류를 정리하면 $i_1(t) = \sqrt{2}I\cos\omega t$이다.
2. 이를 미분하면 $\frac{di_1(t)}{dt} = -\sqrt{2}\omega I\sin\omega t$이다.
3. 상호유도 전압식에 대입하면
$v_2(t) = -M\frac{di_1(t)}{dt} = -M(-\sqrt{2}\omega I\sin\omega t) = \sqrt{2}\omega MI\sin\omega t$
따라서 개방 단자전압은 $v_2(t) = \sqrt{2}\omega MI\sin\omega t$이다.

선지별 해설

① X
- 원본 식은 $\omega ML_1\sin\omega t$로, 필요한 전류 진폭 $\sqrt{2}I$ 대신 인덕턴스 L_1이 들어간 값이다. 전류 I는 실효값이므로 시간영역 순시값으로 쓸 때 $\sqrt{2}I$가 되어야 한다. 올바르게는 $v_2(t) = \sqrt{2}\omega MI\sin\omega t$이다.

② O
- 점표기법으로 부호를 정하고 $i_1(t)$를 미분하면 $\sqrt{2}\omega MI\sin\omega t$가 된다. 계산 결과와 정확히 일치한다.

③ X
- $\cos(\omega t + 90^\circ) = -\sin\omega t$이므로 위상이 반대이고, 동시에 전류 진폭 $\sqrt{2}I$ 대신 L_1이 들어 있다. 올바르게는 $v_2(t) = \sqrt{2}\omega MI\sin\omega t$이다.

④ X
- $\sqrt{2}\omega MI\cos(\omega t + 90^\circ) = -\sqrt{2}\omega MI\sin\omega t$이므로 크기는 맞아도 부호가 반대이다. 올바르게는 $v_2(t) = \sqrt{2}\omega MI\sin\omega t$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, I가 실효값이라는 조건을 놓치면 $\sqrt{2}$를 빠뜨리기 쉽다. 둘째, L_2의 점이 아래쪽에 있으므로 유도전압의 실제 +극성이 아래에 생기는데, 문제의 $v_2(t)$ 기준극성은 그 반대라는 점을 놓치면 부호를 반대로 적기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

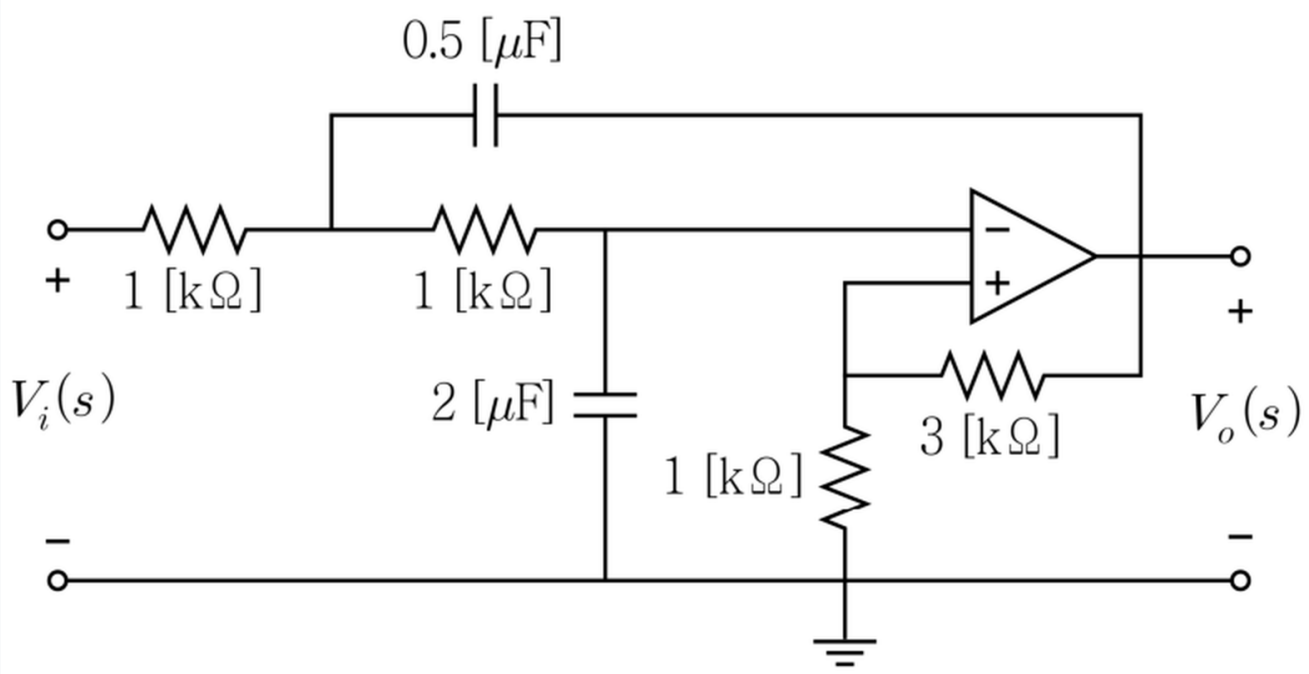
상호유도 파형 문제는 먼저 전류가 어느 점단자로 들어가는지 확인해 유도전압 극성을 정하고, 그다음 실효값을 순시값으로 바꾼 뒤 미분하여 시간식을 만든다고 판단하면 된다.

암기 포인트

점단자로 들어가면 상대 권선의 점단자가 +가 되며, 실효값 I로 주어진 정현파는 시간영역에서 $\sqrt{2}I$로 바뀐다는 점을 함께 기억하면 된다.

NoteBase

문 16. 다음 연산증폭기 회로의 전달함수 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① $\frac{4\times10^5}{s^2-250s+10^5}$
② $\frac{4\times10^5}{s^2+250s+10^5}$
③ $\frac{4\times10^6}{s^2-2500s+10^6}$
④ $\frac{4\times10^6}{s^2+2500s+10^6}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기 조건 $V_- = V_+$와 각 노드의 KCL을 이용해 전달함수 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $R_1 = R_2 = 1k\Omega$, $C_1 = 0.5\mu F$, $C_2 = 2\mu F$이다.
비반전 입력단은 $3k\Omega$와 $1k\Omega$ 분압이므로 $V_+ = \frac{1}{4}V_o$이다.
이상적인 연산증폭기이므로 $V_- = V_+ = \frac{1}{4}V_o$이다.

NoteBase

사용할 공식

노드 전압법을 사용한다.

입력단 노드를 V_a, 반전 입력단 노드를 V_b라 두면 $V_b = \frac{V_o}{4}$이다.

반전 입력단 노드의 KCL은

$\frac{V_b - V_a}{1k\Omega} + s(2\mu F)V_b = 0$

이므로

$V_a = (1 + 0.002s)V_b$

이다.

왼쪽 중간 노드의 KCL은

$\frac{V_a - V_i}{1k\Omega} + \frac{V_a - V_b}{1k\Omega} + s(0.5\mu F)(V_a - V_o) = 0$

이다.

이 공식을 쓰는 이유는 저항과 커패시터가 연결된 선형 회로에서 전달함수는 각 노드의 전류합 0 조건으로 가장 직접적으로 구해지기 때문이다.

계산 과정

위 식에 $V_o = 4V_b$, $V_a = (1 + 0.002s)V_b$를 대입하면

$\frac{(1 + 0.002s)V_b - V_i}{1k\Omega} + \frac{(1 + 0.002s)V_b - V_b}{1k\Omega} + s(0.5\mu F)\{(1 + 0.002s)V_b - 4V_b\} = 0$

이다.

정리하면

$V_i = (1 + 0.0025s + 10^{-6}s^2)V_b$

이므로

$V_o = 4V_b = \frac{4}{1 + 0.0025s + 10^{-6}s^2}V_i$

이다.

따라서 전달함수는

$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{4 \times 10^6}{s^2 + 2500s + 10^6}$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 분모의 s항과 상수항이 모두 잘못되었다. 계산 결과는 $s^2 + 2500s + 10^6$이어야 하므로 $s^2 - 250s + 10^5$는 부호와 자릿수를 함께 잘못 잡은 식이다.
- 틀린 표현은 `$s^2 - 250s + 10^5$`이고, 올바르게는 `$s^2 + 2500s + 10^6$`이다.

② X
- 분모의 부호는 맞지만 계수가 10배 작다. 또한 분자도 4×10^5가 아니라 폐루프 이득 4가 반영된 4×10^6이어야 한다.
- 틀린 표현은 `$\frac{4 \times 10^5}{s^2 + 250s + 10^5}$`이고, 올바르게는 `$\frac{4 \times 10^6}{s^2 + 2500s + 10^6}$`이다.

③ X
- 분자 크기와 상수항은 맞지만 분모의 s항 부호가 틀렸다. 수동 소자만 있는 안정한 2차 폐루프 회로에서 이 식은 $+2500s$가 되어야 한다.
- 틀린 표현은 `$s^2 - 2500s + 10^6$`이고, 올바르게는 `$s^2 + 2500s + 10^6$`이다.

④ O
- 계산한 전달함수 $H(s) = \frac{4 \times 10^6}{s^2 + 2500s + 10^6}$와 정확히 일치한다.
- 분압으로 $V_b = V_o/4$가 정해지고, 두 노드의 KCL을 정리하면 이 식 하나만 나온다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 연산증폭기 입력 관계를 $V_- = V_+ = V_o/4$로 놓지 않고 바로 $V_- = 0$처럼 취급하는 데 있다. 또 커패시터 어드미턴스 sC를 대입할 때 $0.5\mu F = 0.5 \times 10^{-6} F$, $2\mu F = 2 \times 10^{-6} F$를 빠뜨리면 ②처럼 계수가 10배씩 어긋난다. ③은 피드백 항의 부호를 잘못 정리할 때 자주 나오는 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 전달함수 문제는 먼저 비반전 입력 전압을 분압으로 구하고, 이상적 조건으로 반전 입력 전압과 같게 둔 뒤, 각 노드에 KCL을 세워 V_o/V_i를 정리하면 된다. 마지막에는 분모의 s항 부호와 μ 단위 환산이 맞는지 검산하면 된다.

암기 포인트

이상적 연산증폭기 회로는 `분압으로 $V_+$ 결정 → $V_- = V_+$ 적용 → 노드 KCL` 순서로 풀면 전달함수가 가장 안정적으로 정리된다.

NoteBase

문 17. RLC회로의 회로방정식이 $3i(t)+8\int_0^t i(\tau)d\tau+1.5\frac{di(t)}{dt}=50\cos(4t+90^\circ)$일 때, 전류 $i(t)$[A]의 정상상태 응답은? (단, $\tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\right)=36.9^\circ$이고, $\tan^{-1}\left(\frac{4}{3}\right)=53.1^\circ$이다)

① $10\cos(4t+36.9^\circ)$

② $10\cos(4t-36.9^\circ)$

③ $10\cos(4t+53.1^\circ)$

④ $10\cos(4t-53.1^\circ)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 정상상태 정현파 해석에서 회로방정식을 임피던스로 바꾸어 전류의 크기와 위상을 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

회로방정식은 $3i(t)+8\int_0^t i(\tau)d\tau+1.5di(t)/dt=50\cos(4t+90^\circ)$이다.
따라서 $R=3\Omega, L=1.5H, 1/C=8$이므로 $C=1/8F$이다.
각주파수는 $\omega=4rad/s$이고, 입력 전압의 페이저는 $50\angle 90^\circ$이다.

사용할 공식

정상상태 정현파에서는 미분과 적분을 임피던스로 바꾸어 $Z=R+j\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right), I=\frac{V}{Z}$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 시간영역 회로방정식이 주파수영역에서 대수식으로 바뀌어 전류의 크기와 위상을 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 유도리액턴스는 $X_L=\omega L=4\times 1.5=6\Omega$이다.
2. 용량리액턴스는 $X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{4\times(1/8)}=2\Omega$이다.
3. 전체 임피던스는 $Z=3+j(6-2)=3+j4=5\angle 53.1^\circ$이다.
4. 전류 페이저는 $I=\frac{50\angle 90^\circ}{5\angle 53.1^\circ}=10\angle 36.9^\circ$이다.
5. 따라서 정상상태 전류는 $i(t)=10\cos(4t+36.9^\circ)$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과가 그대로 $i(t) = 10\cos(4t + 36.9^\circ)$이므로 옳다.
2번 X: 틀린 표현은 $4t - 36.9^\circ$이다. 전류 위상은 $90^\circ - 53.1^\circ = 36.9^\circ$이므로 올바르게는 $4t + 36.9^\circ$이다.
3번 X: 틀린 표현은 $4t + 53.1^\circ$이다. 53.1°는 임피던스의 위상이지 전류의 위상이 아니다. 올바르게는 $4t + 36.9^\circ$이다.
4번 X: 틀린 표현은 $4t - 53.1^\circ$이다. 임피던스 위상을 전류 위상으로 잘못 옮기고 부호까지 반대로 본 값이다. 올바르게는 $4t + 36.9^\circ$이다.

오답 포인트

전원 위상 90°와 임피던스 위상 53.1°를 구한 뒤 전류 위상을 $90^\circ - 53.1^\circ$로 빼야 하는데, 임피던스 위상 자체를 답으로 적거나 부호를 반대로 두면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

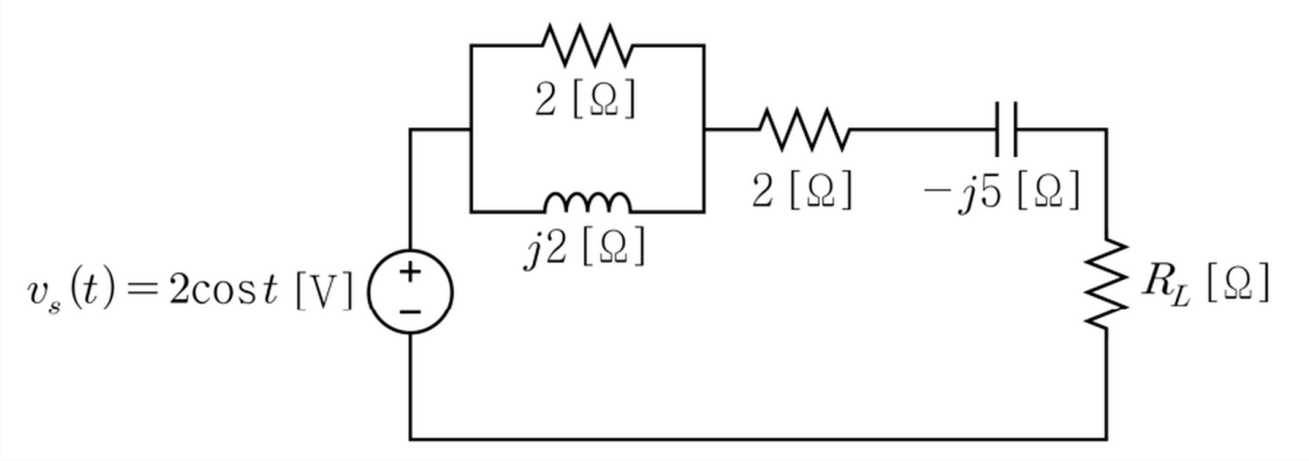
정상상태 RLC 미분방정식이 나오면 R, L, C, ω를 먼저 읽고 $Z = R + j(\omega L - 1/\omega C)$를 만든 다음, 전류는 $I = V/Z$로 크기는 나누고 위상은 빼서 판단한다.

암기 포인트

직렬 RLC 정상상태 전류는 $I = V/Z$이며, 위상은 전압 위상에서 임피던스 위상을 뺀 값이다.

NoteBase

문 18. 다음 회로에서 순저항 부하 $R_L[\Omega]$에 전달되는 최대 평균전력 $P[W]$는? (단, 인덕터를 통하여 흐르는 전류와 커패시터 양단에 걸리는 전압의 초기값은 모두 0이다)



① $\frac{1}{2}$
② $\frac{1}{4}$
③ $\frac{1}{6}$
④ $\frac{1}{8}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 부하 R_L에서 본 테브난 등가를 구한 뒤, 순저항 부하에 전달되는 최대 평균전력을 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

전원은 $v_s(t) = 2\cos t$이므로 실효값은 $V_{th} = \sqrt{2}V$이다.
병렬 부분의 임피던스는 $2\Omega \parallel j2\Omega = 1 + j\Omega$이다.
따라서 부하에서 본 테브난 임피던스는 $Z_{th} = (1 + j) + (2 - j5) = 3 - j4\Omega$이다.

사용할 공식

순저항 부하 R_L에 전달되는 평균전력은 $P = \frac{|V_{th}|^2 R_L}{(R_{th} + R_L)^2 + X_{th}^2}$이다.
여기서 $Z_{th} = R_{th} + jX_{th}$일 때 R_L가 순저항으로만 변할 수 있으면 최대전력 조건은 $R_L = \sqrt{R_{th}^2 + X_{th}^2} = |Z_{th}|$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 부하가 복소임피던스로 자유롭게 조정되는 것이 아니라 순저항으로만 주어졌기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

병렬회로를 정리하면 $2\Omega \parallel j2\Omega = \frac{2 \cdot j2}{2+j2} = 1 + j\Omega$이다.
따라서 $Z_{th} = 3 - j4\Omega$, $|Z_{th}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\Omega$이므로 최대전력 조건의 부하는 $R_L = 5\Omega$이다.
부하를 개방하면 회로 전류가 0이어서 모든 임피던스 전압강하가 0이 되므로 V_{th}는 전원 실효값과 같은 $\sqrt{2}V$이다.
따라서 $P_{max} = \frac{|V_{th}|^2 R_L}{(R_{th}+R_L)^2 + X_{th}^2} = \frac{2 \cdot 5}{(3+5)^2 + (-4)^2} = \frac{10}{80} = \frac{1}{8}W$이다.

선지 판단

1번 X: 1번의 값 $\frac{1}{2}W$는 테브난 임피던스 $3 - j4\Omega$를 반영한 계산 결과와 맞지 않는다. 올바른 값은 $\frac{1}{8}W$이다.
2번 X: 2번의 값 $\frac{1}{4}W$도 $R_L = |Z_{th}| = 5\Omega$를 대입한 최대전력 계산값과 다르다. 올바르게는 $\frac{1}{8}W$이다.
3번 X: 3번의 값 $\frac{1}{6}W$는 실효값 전압과 순저항 최대전력 조건을 적용한 결과가 아니다. 올바른 값은 $\frac{1}{8}W$이다.
4번 O: $Z_{th} = 3 - j4\Omega$, $R_L = 5\Omega$, $V_{th} = \sqrt{2}V$를 쓰면 최대 평균전력은 $\frac{1}{8}W$가 되므로 맞다.

오답 포인트

복소부하 최대전력 조건 $Z_L = Z_{th}^*$와 순저항 부하 최대전력 조건 $R_L = |Z_{th}|$를 혼동하면 틀리기 쉽다. 또한 $v_s(t) = 2\cos t$에서 2를 그대로 쓰지 않고 실효값 $\sqrt{2}V$로 바꾸어야 평균전력이 정확히 계산된다.

다시 나오면 이렇게 판단

부하에 최대전력이 전달되는 문제는 먼저 부하단 테브난 등가 V_{th}, Z_{th}를 구한다. 그다음 부하가 순저항인지 복소임피던스까지 가능한지를 확인하고, 순저항이면 $R_L = |Z_{th}|$, 복소부하까지 가능하면 $Z_L = Z_{th}^*$를 적용한 뒤 실효값으로 전력을 계산한다.

암기 포인트

순저항 부하 최대전력은 $R_L = |Z_{th}|$, 복소부하 최대전력은 $Z_L = Z_{th}^*$라는 구분이 핵심이다.

NoteBase

문 19. 3상 회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 이상적인 평형 3상 전원을 사용하는 경우 Δ 결선 전원에서는 선전압 크기가 상전압 크기와 같고, Y 결선 전원에서는 선전압 크기가 상전압 크기의 $\sqrt{3}$배이다.

② 평형 3상 회로의 전력은 Δ 결선 부하와 Y 결선 부하 모두 유효전력은 $\sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$이고, 무효전력은 $\sqrt{3}V_L I_L \sin\theta$이다. 여기서 V_L과 I_L은 각각 선전압과 선전류의 크기이고, θ는 선전압과 선전류의 위상차이다.

③ 평형 3상 부하의 경우 Δ 결선 부하에서는 선전류 크기가 상전류 크기의 $\sqrt{3}$배이고, Y 결선 부하에서는 선전압 크기가 상전압 크기의 $\sqrt{3}$배이다.

④ 평형 Δ 결선 전원과 등가인 Y 결선 전원도 평형이며, Y 결선 전원의 각 내부임피던스는 Δ 결선 전원의 각 내부임피던스의 $\frac{1}{3}$과 같고, Y 결선 전원의 전압 크기는 Δ 결선 전원의 전압 크기의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 평형 3상 회로에서 Δ 결선과 Y 결선의 선전압·상전압, 선전류·상전류 관계와 3상 전력식의 위상각 의미를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

Δ 결선에서는 선전압과 상전압이 같고 선전류가 상전류의 $\sqrt{3}$배이다.
Y 결선에서는 선전류와 상전류가 같고 선전압이 상전압의 $\sqrt{3}$배이다.
평형 3상 전력의 식 $P=\sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$, $Q=\sqrt{3}V_L I_L \sin\theta$에서 θ는 부하 1상의 전압과 전류 사이의 위상차, 즉 역률각이다.

선지별 해설

① O
- 이상적인 평형 3상 전원에서 Δ 결선은 선전압과 상전압이 같고, Y 결선은 선전압이 상전압의 $\sqrt{3}$배이므로 옳다.

② X
- 틀린 부분은 "θ는 선전압과 선전류의 위상차"라는 표현이다.
- 유효전력과 무효전력 식 자체는 맞지만, θ는 부하 상전압과 상전류 사이의 위상차이다. 올바르게는 역률각을 써야 하며, 선전압과 선전류의 위상차는 결선에 따라 30° 차이가 섞일 수 있으므로 그대로 θ라고 두지 않는다.

③ O
- 평형 3상 부하에서 Δ 결선은 선전류가 상전류의 $\sqrt{3}$배이고, Y 결선은 선전압이 상전압의 $\sqrt{3}$배이므로 옳다.

④ O
- 평형 Δ 결선 전원과 등가인 Y 결선 전원은 각 상 내부임피던스가 Δ 각 변 내부임피던스의 1/3이고, 각 상전압 크기가 Δ 결선 전원의 상전압 크기의 $1/\sqrt{3}$이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

전력식 $\sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$만 외우고 θ의 의미를 선전압-선전류 위상차로 착각하면 ②를 맞는 선지로 보기 쉽다. 이 문항은 수식의 모양보다 선량과 상량, 그리고 역률각의 정의를 정확히 구분하는지가 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

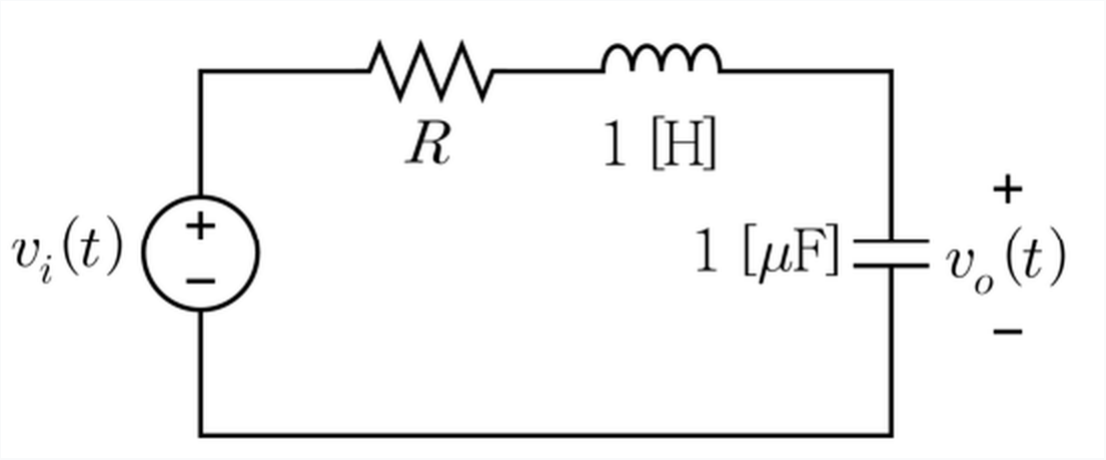
3상 회로 선지가 나오면 먼저 Δ인지 Y인지 보고 "Δ는 V가 같고 I가 √(3), Y는 I가 같고 V가 √(3)"를 대입해 본다. 전력식이 나오면 θ를 선간 기준으로 보지 말고 부하 1상의 전압-전류 위상차인 역률각으로 판단한다.

암기 포인트

Δ는 전압 동일·전류 $\sqrt{3}$, Y는 전류 동일·전압 $\sqrt{3}$이다. 3상 전력식의 각도는 선간각이 아니라 역률각이다.

NoteBase

문 20. 다음 회로의 입력전압 $v_i(t)$로 단위임펄스함수를 인가할 때, 커패시터 양단에 걸리는 출력전압 $v_o(t)$가 임계제동(critical damping) 형태의 자연응답(natural response)을 가지는 저항 R[kΩ]은?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬 RLC 회로의 자연응답이 임계제동이 되도록 하는 저항값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $L = 1H, C = 1\mu F = 10^{-6}F$ 이다.
구해야 할 값은 임계제동이 되는 R 이다.
입력이 단위임펄스여도 자연응답의 감쇠 형태는 특성방정식으로 결정된다.

사용할 공식

직렬 RLC 회로의 특성방정식은 $s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC} = 0$ 이다.
임계제동 조건은 중근이 되는 경우이므로 $(\frac{R}{L})^2 = \frac{4}{LC}$ 이고, 정리하면 $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 커패시터 전압의 자연응답 형태가 이 특성방정식의 근으로 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $C = 1\mu F = 10^{-6}F$ 로 단위를 맞춘다.
2. 임계제동 조건에 대입하면 $R = 2\sqrt{\frac{1}{10^{-6}}} = 2\sqrt{10^6} = 2 \times 10^3\Omega$ 이다.
3. 따라서 $R = 2000\Omega = 2k\Omega$ 이다.

선지 판단

1번: X. $1k\Omega$ 이면 $R < 2\sqrt{L/C}$ 이므로 과소감쇠이다. 틀린 표현은 '임계제동 저항'이고, 올바르게는 '임계제동 저항은 $2k\Omega$ 이다'이다.
2번: O. $2k\Omega$ 는 $R = 2\sqrt{L/C}$ 를 정확히 만족하므로 임계제동이다.
3번: X. $3k\Omega$ 이면 $R > 2\sqrt{L/C}$ 이므로 과대감쇠이다. 틀린 표현은 '임계제동 저항'이고, 올바르게는 '임계제동 저항은 $2k\Omega$ 이다'이다.
4번: X. $4k\Omega$ 도 $R > 2\sqrt{L/C}$ 이므로 과대감쇠이다. 틀린 표현은 '임계제동 저항'이고, 올바르게는 '임계제동 저항은 $2k\Omega$ 이다'이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 $C = 1\mu F$ 를 그대로 1로 두거나, 임계제동 조건을 $R = \sqrt{L/C}$ 로 한 번만 곱해 2 를 빠뜨리는 것이다. 또한 R 이 작으면 과소감쇠, 크면 과대감쇠라는 방향을 거꾸로 기억하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

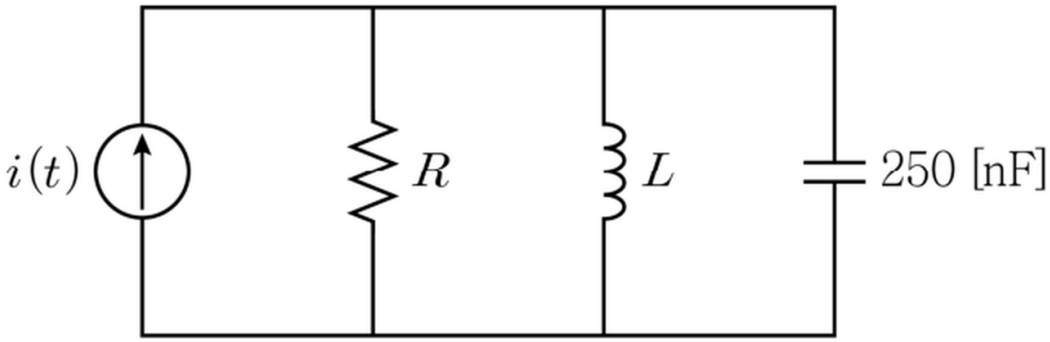
직렬 RLC 회로의 감쇠 형태를 묻는 문제는 먼저 $R = 2\sqrt{L/C}$ 를 기준값으로 잡고, 주어진 R 이 그보다 작으면 과소감쇠, 같으면 임계제동, 크면 과대감쇠로 판단한다.

암기 포인트

직렬 RLC 임계제동 조건은 $R = 2\sqrt{L/C}$ 이다.

NoteBase

문 21. 다음 병렬 공진회로의 양호도(quality factor)는 $Q=40$이고, 공진 각주파수는 $\omega_r=40{,}000[rad/sec]$일 때, 저항 $R[k\Omega]$과 인덕턴스 $L[mH]$은?



① $R=4[k\Omega], L=0.25[mH]$

② $R=4[k\Omega], L=2.5[mH]$

③ $R=40[k\Omega], L=0.25[mH]$

④ $R=40[k\Omega], L=2.5[mH]$

정답 2번

출제 포인트

병렬 공진회로에서 공진조건 $\omega_r=1/\sqrt{LC}$와 양호도 식 $Q=\omega_rCR=R/(\omega_rL)$를 이용해 L과 R을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $Q=40$, $\omega_r=40{,}000rad/s$, $C=250\times10^{-9}F$이다.
구해야 할 값: $R[k\Omega]$, $L[mH]$이다.
주의할 조건: 병렬 공진회로이므로 양호도는 $Q=\omega CR=R/(\omega L)$를 사용한다.

사용할 공식

$\omega_r=\frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad Q=\omega_rCR=\frac{R}{\omega_rL}$
회로가 저항, 인덕터, 커패시터의 병렬 공진회로이므로 공진 주파수는 L과 C로 결정되고, 양호도는 저항 가지를 포함한 병렬 공진식으로 구해진다.

계산 과정

1. 공진조건에서 인덕턴스를 구하면 $L=\frac{1}{\omega_r^2C}=\frac{1}{(40{,}000)^2\cdot250\times10^{-9}}=\frac{1}{400}=0.0025H=2.5mH$이다.
2. 양호도 식에 대입하면 $40=\omega_rCR=40{,}000\cdot250\times10^{-9}\cdot R=0.01R$이므로 $R=4000\Omega=4k\Omega$이다.
3. 따라서 $(R,L)=(4k\Omega, 2.5mH)$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- $R = 4k\Omega$는 맞지만 $L = 0.25mH$는 틀리다. 공진조건으로 계산한 값은 $L = 2.5mH$이다. 틀린 표현은 "0.25 mH"이고, 올바르게는 "2.5 mH"이다.

② O

- $R = 4k\Omega$, $L = 2.5mH$는 공진조건과 양호도 식을 모두 만족한다.

③ X

- $R = 40k\Omega$와 $L = 0.25mH$가 모두 틀리다. $R = 40k\Omega$는 $250nF$의 단위 환산을 잘못해 $0.01R$ 대신 $0.001R$로 계산할 때 나오는 값이다. 올바르게는 $R = 4k\Omega$, $L = 2.5mH$이다.

④ X

- $L = 2.5mH$는 맞지만 $R = 40k\Omega$는 틀리다. $Q = \omega CR$에 대입하면 $40 = 0.01R$이므로 $R = 4k\Omega$가 된다. 틀린 표현은 "40 kΩ"이고, 올바르게는 "4 kΩ"이다.

오답 포인트

$250nF = 250 \times 10^{-9}F$ 변환을 틀리면 R에서 10배 오차가 난다.
$0.0025H = 2.5mH$ 변환을 잘못 보면 $0.25mH$처럼 소수점 오차가 난다.
병렬 공진의 양호도 식을 직렬 공진식과 혼동하면 R 판단이 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

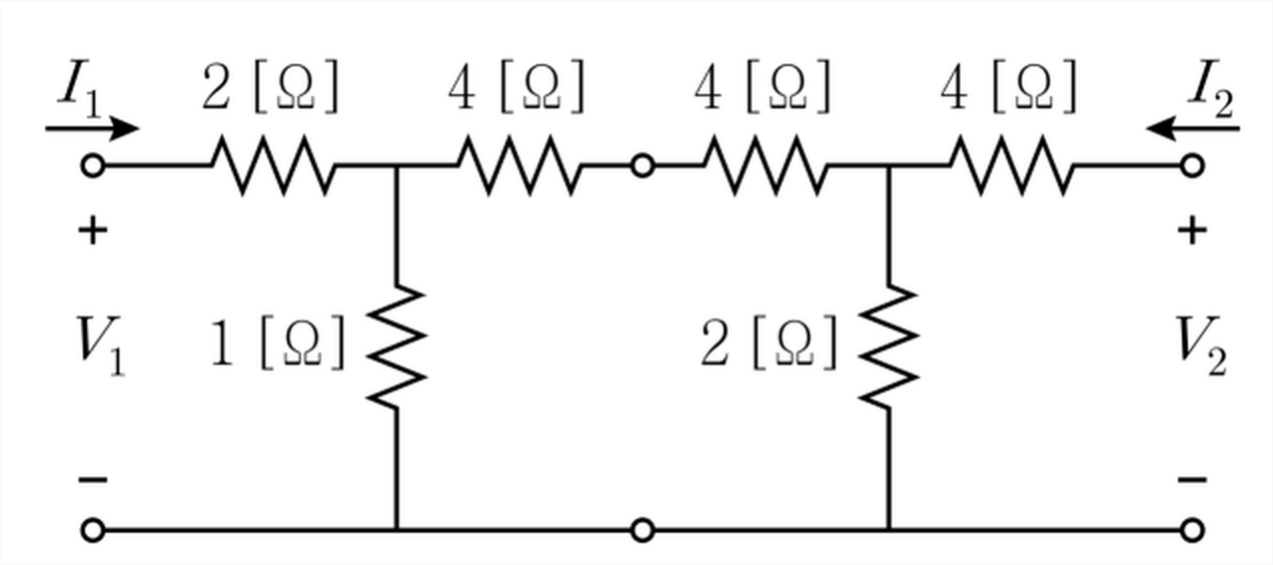
병렬 공진 계산형은 먼저 $\omega_r = 1/\sqrt{LC}$로 L 또는 C를 구하고, 다음으로 $Q = \omega CR = R/(\omega L)$로 R을 구하는 순서로 판단하면 된다. 마지막에 $H \leftrightarrow mH$, $F \leftrightarrow nF$ 단위를 다시 확인하면 된다.

암기 포인트

병렬 공진은 $\omega_r = 1/\sqrt{LC}$, $Q = \omega CR = R/(\omega L)$이고, $nF \rightarrow F$와 $H \rightarrow mH$ 변환에서 10배 오차가 자주 난다.

NoteBase

문 22. 다음 종속 연결된 회로망의 전송파라미터(transmission parameter)는?



① bmatrix3 & 14 \ 1 & 5bmatrix

② bmatrix3 & 16 \ 0.5 & 3bmatrix

③ bmatrix25 & 122 \ 4.5 & 22bmatrix

④ bmatrix16 & 90 \ 5.5 & 31bmatrix

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 종속 연결된 2포트 회로를 직렬 임피던스와 병렬 어드미턴스의 전송행렬로 나누어 전체 전송파라미터를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로는 왼쪽부터 직렬 2Ω, 병렬 1Ω, 직렬 4Ω, 직렬 4Ω, 병렬 2Ω, 직렬 4Ω의 연쇄 구조이다.
가운데의 직렬 4Ω 두 개는 사이에 다른 분기 소자가 없으므로 직렬 8Ω 하나로 합칠 수 있다.
구해야 할 값은 전체 전송파라미터 $[A, B; C, D]$이다.

사용할 공식

직렬 임피던스 Z의 전송행렬은 $[1, Z; 0, 1]$이고, 병렬 어드미턴스 Y의 전송행렬은 $[1, 0; Y, 1]$이다.
이 문제는 각 소자가 순서대로 종속 연결되어 있으므로 왼쪽에서 오른쪽으로 행렬을 차례로 곱하면 전체 전송파라미터를 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

병렬 1Ω는 어드미턴스 $Y = 1$, 병렬 2Ω는 어드미턴스 $Y = 0.5$이다.
따라서 전체 전송행렬은
$[1, 2; 0, 1][1, 0; 1, 1][1, 8; 0, 1][1, 0; 0.5, 1][1, 4; 0, 1]$
이다.
앞에서부터 곱하면
$[1, 2; 0, 1][1, 0; 1, 1] = [3, 2; 1, 1]$
$[3, 2; 1, 1][1, 8; 0, 1] = [3, 26; 1, 9]$
$[3, 26; 1, 9][1, 0; 0.5, 1] = [16, 26; 5.5, 9]$
$[16, 26; 5.5, 9][1, 4; 0, 1] = [16, 90; 5.5, 31]$
이므로 전체 전송파라미터는 $[16, 90; 5.5, 31]$이다.

선지별 해설

① X
제시 행렬 $[3, 14; 1, 5]$는 전체 종속 연결을 모두 반영하지 못한 값이다. 특히 두 병렬 소자와 마지막 직렬 4Ω의 영향이 빠져 A, B, C, D가 모두 지나치게 작다. 올바르게는 $[16, 90; 5.5, 31]$이다.

② X
제시 행렬 $[3, 16; 0.5, 3]$는 일부 구간만 보고 전송행렬을 잡은 값에 가깝다. 병렬 1Ω와 병렬 2Ω, 그리고 세 개의 직렬 저항이 모두 연쇄적으로 반영되면 C는 0.5가 아니라 5.5, D는 3이 아니라 31이 된다. 올바르게는 $[16, 90; 5.5, 31]$이다.

③ X
제시 행렬 $[25, 122; 4.5, 22]$는 직렬 저항 합산이나 병렬 어드미턴스 반영을 잘못한 경우에 나올 수 있는 값이다. 이 회로는 가운데 4Ω 두 개만 8Ω로 합치고, 병렬 소자는 각각 $Y = 1$, $Y = 0.5$로 따로 곱해야 한다. 올바르게는 $[16, 90; 5.5, 31]$이다.

④ O
직렬과 병렬 소자의 전송행렬을 순서대로 곱하면 $[16, 90; 5.5, 31]$가 된다. 계산 결과와 정확히 일치하므로 옳다.

오답 포인트

직렬 저항은 단순 합산이 가능하지만, 병렬 가지가 있는 지점까지 한꺼번에 직렬로 묶으면 오답이 된다. 또 병렬 저항은 저항값 자체가 아니라 어드미턴스 $Y = 1/R$로 전송행렬에 들어간다는 점을 놓치기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

종속 연결 회로의 전송파라미터는 회로를 직렬 소자와 병렬 소자로 분해한 뒤, 직렬은 $[1, Z; 0, 1]$, 병렬은 $[1, 0; Y, 1]$로 바꾸어 왼쪽에서 오른쪽 순서대로 곱하면 된다.

암기 포인트

전송행렬은 직렬은 Z, 병렬은 $Y = 1/R$로 바꾸어 순서대로 곱하는 방식으로 정리된다.

NoteBase

문 23. 임펄스응답(impulse response)이 $h(t) = 3e^{-3t}u(t)$인 선형시불변시스템에 입력 $x(t) = 2te^{-2t}u(t)$를 인가할 때, 출력 $y(t) = x(t) * h(t)$는? (단, $u(t)$는 단위계단함수이고, *는 컨볼루션 연산이다)

① $[-6te^{-2t} - 6e^{-3t}]u(t)$

② $[-6e^{-2t}(1-t) + 6e^{-3t}]u(t)$

③ $[-6e^{-2t}(1-t) - 6e^{-3t}]u(t)$

④ $[-6te^{-2t} + 6e^{-3t}]u(t)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 우측신호 $x(t)$, $h(t)$의 컨벌루션 적분을 세운 뒤 지수항을 정리하여 $y(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $h(t) = 3e^{-3t}u(t)$
- $x(t) = 2te^{-2t}u(t)$

구해야 할 값:
- $y(t) = x(t) * h(t)$

주의할 조건:
- 두 함수 모두 $u(t)$가 붙은 우측신호이므로 적분구간은 $0 \le \tau \le t$이다.

사용할 공식

$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)d\tau = \int_{0}^{t} x(\tau)h(t-\tau)d\tau$

이 공식을 쓰는 이유:
선형시불변 시스템의 출력은 입력과 임펄스응답의 컨벌루션으로 주어지며, 두 함수가 모두 우측신호이므로 적분범위가 0부터 t까지로 줄어든다.

NoteBase

계산 과정

1. $y(t) = \int_0^t 2\tau e^{-2\tau} \cdot 3e^{-3(t-\tau)} d\tau$
2. 지수항을 묶으면
$y(t) = 6e^{-3t} \int_0^t \tau e^{\tau} d\tau$
3. 원시함수는 $\int \tau e^{\tau} d\tau = (\tau - 1)e^{\tau}$이므로
$y(t) = 6e^{-3t}[(\tau - 1)e^{\tau}]_0^t = 6e^{-3t}\{(t-1)e^t + 1\}$
4. 정리하면
$y(t) = \{6e^{-2t}(t-1) + 6e^{-3t}\}u(t) = \{-6e^{-2t}(1-t) + 6e^{-3t}\}u(t)$

선지별 해설

1번 X: 계산 결과와 다르다. 이 식은 $-6e^{-2t}(1-t)$를 전개한 항도 아니고, $+6e^{-3t}$가 되어야 할 부분을 음수로 두었다. 틀린 표현은 $-6te^{-2t} - 6e^{-3t}$이고, 올바르게는 $-6e^{-2t}(1-t) + 6e^{-3t}$이다.
2번 O: 계산한 결과 $y(t) = \{-6e^{-2t}(1-t) + 6e^{-3t}\}u(t)$와 정확히 일치한다.
3번 X: $-6e^{-2t}(1-t)$ 부분은 맞지만 e^{-3t} 항의 부호가 틀렸다. 틀린 표현은 $-6e^{-3t}$이고, 올바르게는 $+6e^{-3t}$이다.
4번 X: $+6e^{-3t}$ 항은 맞지만 $-6e^{-2t}(1-t)$를 $-6te^{-2t}$로 잘못 썼다. 이 식은 독립항 $-6e^{-2t}$가 빠지고 te^{-2t} 항의 부호도 어긋난다. 올바르게는 $-6e^{-2t}(1-t) + 6e^{-3t}$이다.

오답 포인트

컨벌루션 적분에서 적분구간을 0부터 t까지로 잡는 점과, $[(\tau-1)e^{\tau}]_0^t$에서 하한값을 빼면 $+1$이 남는 점을 놓치기 쉽다. 이 하한 부호를 틀리면 3번처럼 e^{-3t} 항 부호가 뒤집히고, 전개를 성급히 하면 1번과 4번처럼 $-6e^{-2t}$ 항이 사라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

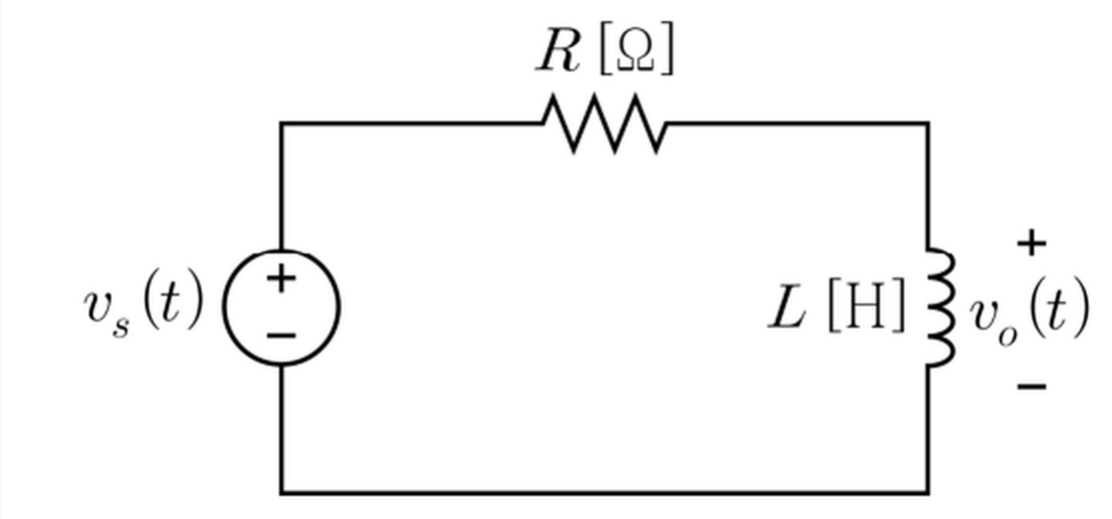
우측신호 컨벌루션 문제는 먼저 적분구간을 $0 \sim t$로 줄이고, 공통 지수항을 묶은 뒤 원시함수를 계산한다.
마지막에는 $t = 0$을 대입해 $y(0) = 0$인지 검산하면 오답을 빠르게 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

우측신호 컨벌루션은 $0 \to t$, $\int \tau e^{\tau} d\tau = (\tau-1)e^{\tau}$, 그리고 최종식은 $t = 0$ 검산까지 이어진다.

NoteBase

문 24. 다음 회로의 전달함수 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_s(s)}$에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $V_s(s)$와 $V_o(s)$는 각각 $v_s(t)$와 $v_o(t)$의 라플라스변환이다)



① 전달함수 $H(s) = \frac{sL}{R+sL}$이다.

② 전달함수 $H(s)|_{s=j\omega}$의 차단주파수는 $\frac{L}{R}$[rad/sec]이다.

③ 전달함수의 크기 H(s)_s=jω는 $\omega \to \infty$이면 1에 수렴한다.

④ 전달함수의 위상 $\angle H(s)|_{s=j\omega}$는 $\omega \to \infty$이면 0 °에 수렴한다.

정답 2번

출제 포인트

직렬 RL 회로에서 인덕터 양단 전압을 출력으로 둘 때의 전달함수와 차단주파수, 크기·위상 응답을 해석하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 저항은 R, 인덕턴스는 L이다.
구해야 할 값: $H(s) = V_o(s)/V_s(s)$의 식과 $s = j\omega$에서의 주파수응답이다.
주의할 조건: 출력은 전체 전압이 아니라 인덕터 양단 전압이므로 전압분배에서 분자는 R이 아니라 sL이다.

NoteBase

사용할 공식

직렬회로 전압분배를 쓰면 인덕터 임피던스는 $Z_L = sL$이므로

$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_s(s)} = \frac{Z_L}{R + Z_L} = \frac{sL}{R + sL}$

이다.

또한 $s = j\omega$를 대입하면

$H(j\omega) = \frac{j\omega L}{R + j\omega L}, \quad |H(j\omega)| = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$

이다.

이 공식을 쓰는 이유: 저항 R과 인덕터 sL이 직렬 연결되어 있고, 출력이 인덕터 양단 전압이기 때문이다.

계산 과정

1. 전압분배로 전달함수를 구하면 $H(s) = sL/(R + sL)$이다.

2. 차단주파수는 $|H(j\omega_c)| = 1/\sqrt{2}$가 되는 지점이므로

$\frac{\omega_c L}{\sqrt{R^2 + (\omega_c L)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

에서 $\omega_c L = R$가 되어

$\omega_c = \frac{R}{L}$

이다.

3. $\omega \to \infty$이면 $|H(j\omega)| = \omega L/\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \to 1$이다.

4. 위상은

$\angle H(j\omega) = \angle(j\omega L) - \angle(R + j\omega L) = 90^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right)$

이므로 $\omega \to \infty$이면 0°에 수렴한다.

NoteBase

선지별 해설

① O

직렬 RL 회로에서 출력이 인덕터 전압이므로 $H(s) = Z_L/(R + Z_L) = sL/(R + sL)$가 된다. 전달함수 식을 정확히 쓴 선지이다.

② X

틀린 표현은 "차단주파수는 L/R이다"이다. 올바르게는 $\omega_c = R/L[rad/s]$이다. RL 고역통과회로의 차단주파수는 시간상수 $\tau = L/R$의 역수이므로 $1/\tau = R/L$가 된다.

③ O

$|H(j\omega)| = \omega L/\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$이므로 $\omega \to \infty$이면 분자와 분모의 최고차항이 같아져 1에 수렴한다. 고주파에서 인덕터 임피던스가 커져 입력 전압이 거의 인덕터에 걸린다는 뜻이다.

④ O

$\angle H(j\omega) = 90^\circ - \tan^{-1}(\omega L/R)$이므로 $\omega \to \infty$이면 $90^\circ - 90^\circ = 0^\circ$가 된다. 틀린 형태로 바꾸면 "$90^\circ$에 수렴한다"가 된다.

오답 포인트

차단주파수 $\omega_c = R/L$와 시간상수 $\tau = L/R$를 뒤바꾸면 ②처럼 오답이 된다. 이 문제는 출력이 인덕터라는 점만 보면 ①, ③, ④는 자연스럽게 맞고, ②에서 역수 관계를 헷갈리도록 만든 문항이다.

다시 나오면 이렇게 판단

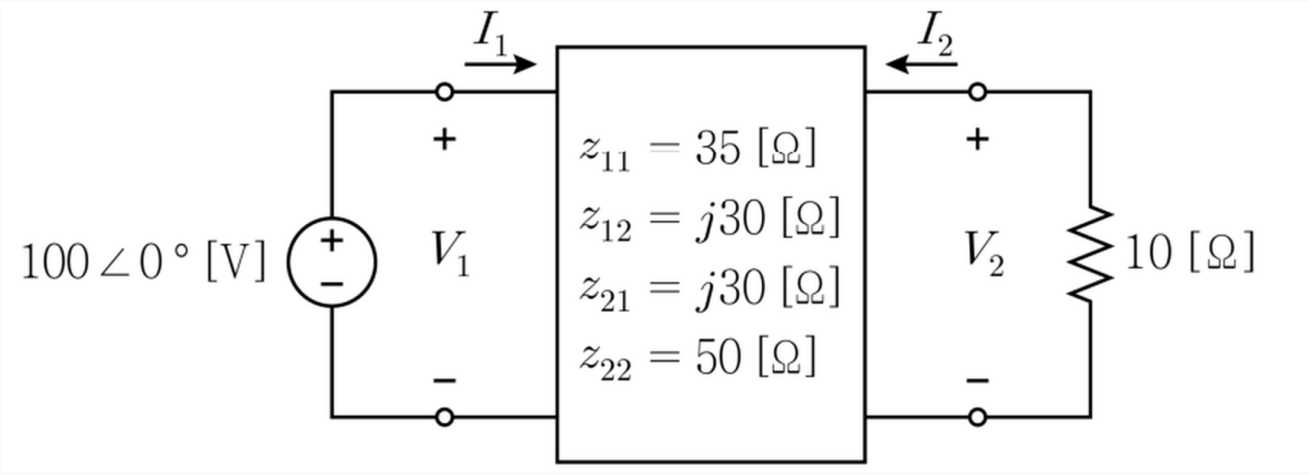
직렬 RL 회로는 먼저 출력이 저항인지 인덕터인지 확인한 뒤 전압분배로 전달함수를 쓴다. 그다음 $s = j\omega$를 대입해 $|H(j\omega)|$, $\angle H(j\omega)$, 차단주파수 ω_c를 순서대로 확인하면 된다.

암기 포인트

직렬 RL 회로에서 인덕터 출력은 고역통과, $\omega_c = R/L$, $|H| \to 1$, $\angle H \to 0^\circ$이다.

NoteBase

문 25. 임피던스 파라미터가 포함된 다음 회로에서 I_1[A]과 I_2[A]는?



① I_1[A]: $2\angle 180^\circ$, I_2[A]: $1\angle 90^\circ$

② I_1[A]: $2\angle 0^\circ$, I_2[A]: $1\angle -90^\circ$

③ I_1[A]: $2\angle 180^\circ$, I_2[A]: $1\angle -90^\circ$

④ I_1[A]: $2\angle 0^\circ$, I_2[A]: $1\angle 90^\circ$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 2포트의 z 파라미터 식과 부하저항 조건을 함께 써서 I_1, I_2의 크기와 위상을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $V_1 = 100\angle 0^\circ$, $z_{11} = 35\Omega$, $z_{12} = j30\Omega$, $z_{21} = j30\Omega$, $z_{22} = 50\Omega$, 부하저항 10Ω이다.
구해야 할 값은 I_1, I_2이다.
주의할 조건은 I_2가 2포트 안으로 들어가는 방향으로 정의되어 있으므로 부하전류와 부호가 반대라는 점이다.

사용할 공식

2포트의 임피던스 파라미터 식은 $V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2$, $V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$이다.
부하저항이 포트 2에 연결되어 있으므로 $I_2 = -\frac{V_2}{10}$, 즉 $V_2 = -10I_2$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 2포트의 z 파라미터와 포트 2의 외부 부하가 동시에 주어졌기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

먼저 포트 2 식에 부하조건을 대입하면 $j30I_1 + 50I_2 = -10I_2$이다.
따라서 $j30I_1 + 60I_2 = 0$, $I_2 = -\frac{j30}{60}I_1 = -\frac{j}{2}I_1$이다.
이를 포트 1 식에 대입하면 $100 = 35I_1 + j30\left(-\frac{j}{2}I_1\right) = 35I_1 + 15I_1 = 50I_1$이다.
따라서 $I_1 = 2\angle 0\,^\circ$이고, $I_2 = -\frac{j}{2}\cdot 2 = -j = 1\angle -90\,^\circ$이다.

선지 판단

1번: X
I_1의 크기 2는 맞지만 위상은 $180\,^\circ$가 아니라 $0\,^\circ$이다. 또한 I_2는 $1\angle 90\,^\circ$가 아니라 부하조건 때문에 $1\angle -90\,^\circ$가 된다.
2번: O
계산 결과 $I_1 = 2\angle 0\,^\circ$, $I_2 = 1\angle -90\,^\circ$이므로 맞는 선지이다.
3번: X
$I_2 = 1\angle -90\,^\circ$는 맞지만 I_1의 위상을 $180\,^\circ$로 본 것이 틀렸다. $V_1 = 100\angle 0\,^\circ$에서 정리하면 I_1은 $2\angle 0\,^\circ$가 된다.
4번: X
$I_1 = 2\angle 0\,^\circ$는 맞지만 I_2의 위상을 $90\,^\circ$로 본 것이 틀렸다. I_2는 $-j$이므로 올바르게는 $1\angle -90\,^\circ$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 포트 2의 전류 방향을 부하전류와 같은 방향으로 두는 것이다. 이 문항에서는 I_2가 2포트 안으로 들어가는 방향이므로 $V_2 = 10I_2$가 아니라 $V_2 = -10I_2$로 두어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

2포트 회로 계산형은 먼저 V_1, V_2의 정의와 I_1, I_2의 방향을 확인한 뒤, 부하식과 z 파라미터 식을 연립해 위상 부호를 끝까지 검산하는 방식으로 판단한다.

암기 포인트

부하가 붙은 2포트에서 포트전류가 2포트 안으로 정의되면 부하식은 $I_2 = -V_2/Z_L$ 꼴이 된다.

NoteBase