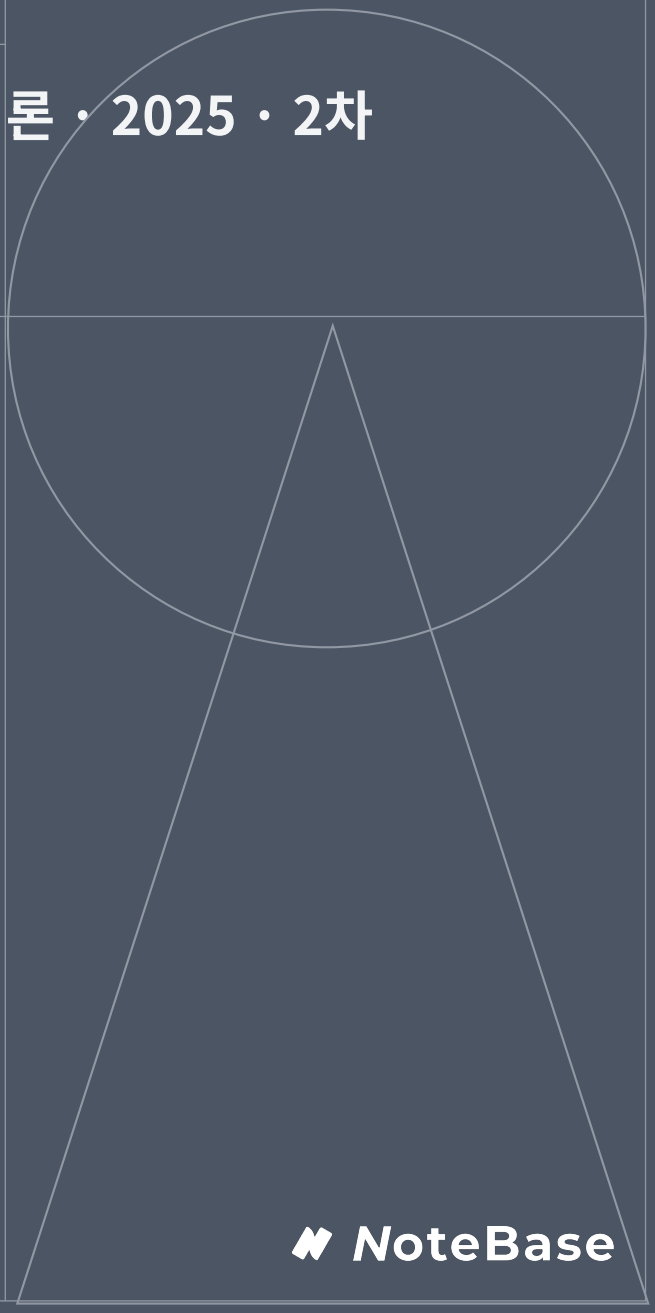
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2025 · 2차



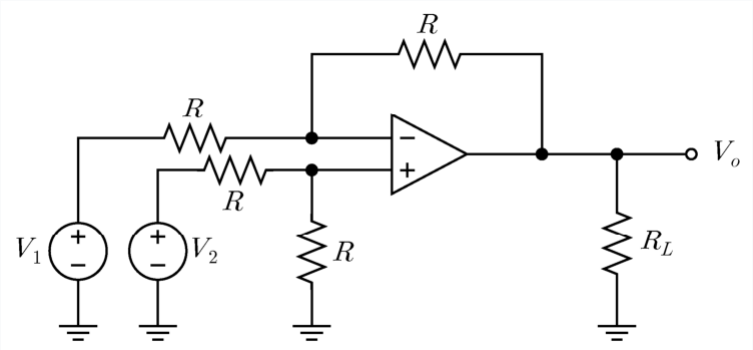
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2025 · 2차

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2025 · 2차

문 1. 다음 회로에서 출력전압 V_o[V]는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① $-V_1 + V_2$

② $V_1 + V_2$

③ $-V_1 + 2V_2$

④ $V_1 + 2V_2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기에서 $V_+ = V_-$, 입력전류 0이라는 조건을 이용해 출력전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 모든 저항은 R이고, 연산증폭기는 이상적이다.
구해야 할 값: 출력전압 V_o이다.
주의할 조건: 이상적 연산증폭기이므로 입력단 전류는 0이고 음귀환이 걸려 있어 $V_- = V_+$가 된다. 부하 R_L는 이상적인 출력으로 가정하므로 계산 결과를 바꾸지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

비반전 입력단은 V_2와 접지 사이의 동일 저항 분압이므로 $V_+ = \frac{V_2}{2}$이다.
이상적인 연산증폭기이므로 $V_- = V_+ = \frac{V_2}{2}$이다.
반전 입력 노드에서 키르히호프 전류법칙을 적용하면
$\frac{V_- - V_1}{R} + \frac{V_- - V_o}{R} = 0$
이다.
이 식을 쓰는 이유는 반전 입력단에 연결된 두 저항의 전류 합이 0이어야 하고, 연산증폭기 입력으로는 전류가 들어가지 않기 때문이다.

계산 과정

1. 비반전 입력 노드는 동일 저항 분압점이므로 $V_+ = \frac{V_2}{2}$이다.
2. 음귀환이 걸린 이상적인 연산증폭기이므로 $V_- = \frac{V_2}{2}$이다.
3. 반전 입력 노드에 KCL을 적용하면
$\frac{\frac{V_2}{2} - V_1}{R} + \frac{\frac{V_2}{2} - V_o}{R} = 0$
이고, 정리하면
$V_2 - V_1 - V_o = 0$
이므로
$V_o = -V_1 + V_2$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $V_o = -V_1 + V_2$이므로 옳다.

② X
- V_1가 반전 입력을 통해 들어가므로 부호가 음수여야 한다. 이 선지는 V_1의 부호를 잘못 썼다.
- 틀린 표현은 $V_1 + V_2$이고, 올바르게는 $-V_1 + V_2$이다.

③ X
- V_2는 먼저 분압되어 $\frac{V_2}{2}$가 비반전 입력에 걸리고, 폐루프 이득 2가 곱해져 최종적으로 $+V_2$만 남는다. 따라서 $2V_2$가 되지 않는다.
- 틀린 표현은 $-V_1 + 2V_2$의 $2V_2$ 부분이고, 올바르게는 V_2이다.

④ X
- 이 선지는 V_1의 부호도 잘못되었고 V_2의 계수도 2로 잘못 잡았다. V_1는 반전 입력이라 음수이고, V_2는 분압과 폐루프 이득이 상쇄되어 계수 1이 된다.
- 틀린 표현은 $V_1 + 2V_2$이고, 올바르게는 $-V_1 + V_2$이다.

오답 포인트

V_2가 비반전 입력으로 들어간다고 해서 바로 $2V_2$로 쓰거나, V_1가 반전 입력이라는 점을 놓쳐 부호를 양수로 두기 쉽다. 이 회로는 분압으로 $V_+ = \frac{V_2}{2}$를 만든 뒤 반전 입력 노드 KCL을 적용해야 정확한 식이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 회로는 먼저 비반전 입력 전압을 분압이나 기준전압으로 구하고, 다음에 이상적 조건 $V_+ = V_-$를 쓴 뒤, 반전 입력 노드에 KCL을 적용해 부호와 계수를 정리하면 된다.

암기 포인트

이상적 OP AMP는 입력전류 0, 음귀환이면 $V_+ = V_-$이고, 반전 입력에 연결된 전원은 출력식에서 부호가 음수로 들어간다.

NoteBase

문 2. 회로해석에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 저항에서 소비되는 전력은 음이 아닌 값을 갖는다.

② 직류회로에서 부하저항이 그 회로의 테브난 등가저항과 같을 때, 부하저항에 최대전력이 전달된다.

③ 선형회로에서는 전류, 전압, 전력에 대해 중첩의 원리가 성립한다.

④ 한 회로 내의 임의의 마디에서 나가는 전류의 합은 그 마디로 들어오는 전류의 합과 같다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 저항의 소비전력 부호, 최대전력전달조건, 선형회로의 중첩 원리, 키르히호프 전류법칙을 구별하는지 묻는 문제이다.

핵심 개념

선형회로에서는 독립 전원에 대한 응답인 전압과 전류는 중첩할 수 있지만, 전력은 $P = VI$, $P = I^2R$, $P = V^2/R$ 처럼 곱이나 제곱이 포함된 양이므로 직접 중첩되지 않는다. 또한 직류회로에서 부하저항이 테브난 등가저항과 같을 때 부하에 최대전력이 전달되고, 한 마디에서는 들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합이 같다.

선지별 해설

① O

저항은 에너지를 저장하지 않고 소모하므로 수동부호규약에서 소비전력은 0 이상이다. 이상적인 저항의 전력은 $P = I^2R$ 또는 $P = V^2/R$로 나타나며 항상 음이 아닌 값이다.

② O

직류회로를 테브난 등가회로로 바꾸면 부하저항 R_L에 전달되는 전력은 $R_L = R_{th}$일 때 최대가 된다. 이는 최대전력전달정리의 기본 내용이다.

③ X

틀린 부분은 "전류, 전압, 전력에 대해 중첩의 원리가 성립한다"는 표현이다. 선형회로에서 중첩이 직접 성립하는 것은 전류와 전압이고, 전력은 전압이나 전류의 제곱 또는 곱으로 표현되는 비선형량이어서 중첩할 수 없다. 올바르게는 "선형회로에서는 전류와 전압에 대해 중첩의 원리가 성립한다"이다.

④ O

한 마디에서 나가는 전류의 합은 그 마디로 들어오는 전류의 합과 같다. 이는 키르히호프 전류법칙(KCL)의 내용이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

중첩의 원리는 선형성 때문에 모든 전기량에 적용된다고 착각하기 쉽다. 그러나 전력은 전압과 전류의 곱이거나 제곱형태이므로 선형량이 아니어서 ③처럼 전력까지 포함시키면 틀린 문장이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

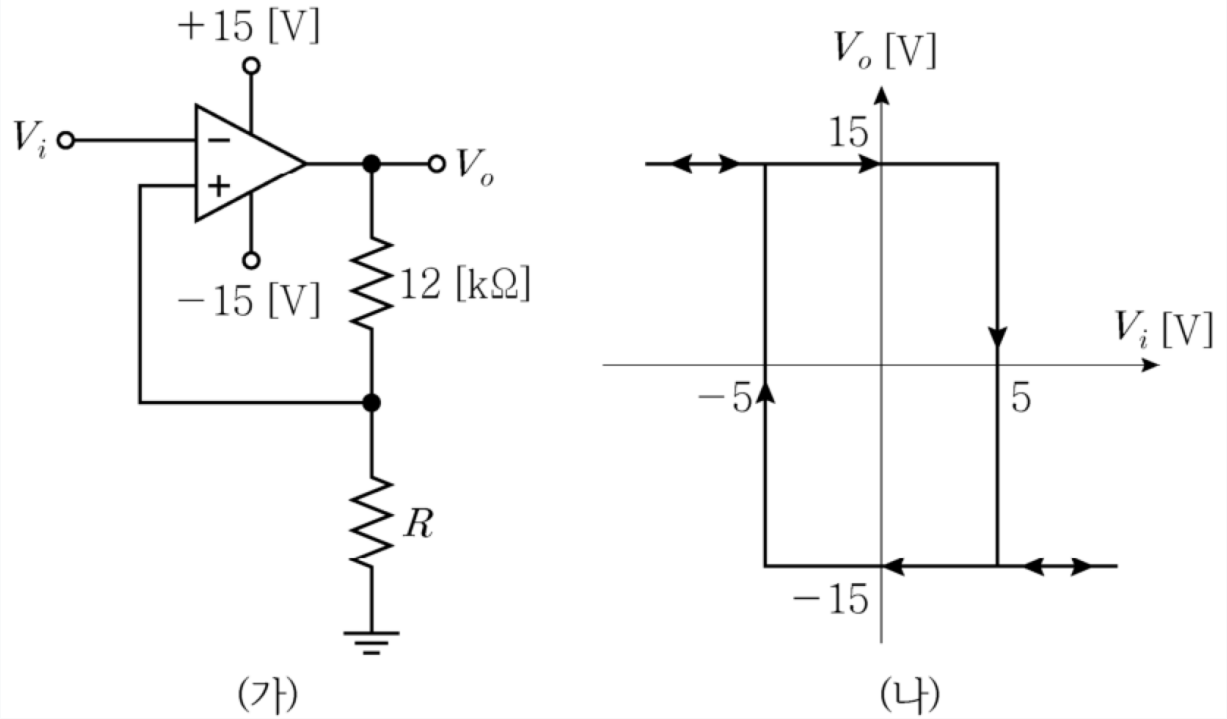
중첩 원리가 보이면 먼저 그 대상이 전압·전류 같은 선형 응답인지, 전력처럼 곱이나 제곱이 들어가는 비선형량인지부터 구분하면 된다. 최대전력전달은 $R_L = R_{th}$, 마디 전류합은 KCL이라는 연결로 판단할 수 있다.

암기 포인트

중첩은 전압·전류만 가능하고 전력은 불가하다. 최대전력전달은 $R_L = R_{th}$, 마디에서는 들어온 전류합과 나간 전류합이 같다.

NoteBase

문 3. 그림 (가) 회로에서 연산증폭기의 입력, 출력 특성이 그림 (나)를 만족하는 저항 R [kΩ]은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 4

② 6

③ 24

④ 36

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 출력이 비반전 입력으로 되먹임되는 슈미트 트리거 회로에서 스위칭 임계전압과 분압비의 관계를 이용해 R 값을 구하는 문제이다.

조건 정리

출력 포화전압은 $\pm 15V$이다.
비반전 입력 전압은 분압에 의해 $V_+ = \frac{R}{R+12} V_o$이다.
이상적 연산증폭기이므로 출력이 바뀌는 순간에는 $V_i = V_+$가 된다.

NoteBase

계산 과정

출력이 $+15V$일 때 그림 (나)의 상한 스위칭 전압은 $V_i = +5V$이다.
따라서
$5 = 15 \cdot \frac{R}{R+12}$
$\frac{R}{R+12} = \frac{1}{3} \Rightarrow 3R = R + 12 \Rightarrow 2R = 12 \Rightarrow R = 6k\Omega$
출력이 $-15V$일 때도 $V_+ = -5V$가 되어 그림 (나)의 하한 임계값과 일치한다.

선지별 해설

① X: $R = 4k\Omega$이면 임계전압은 $15 \cdot \frac{4}{4+12} = 3.75V$이다. 그림 (나)의 $\pm 5V$와 맞지 않으므로 오답이다. 올바르게는 $R = 6k\Omega$이다.
② O: $R = 6k\Omega$이면 임계전압은 $15 \cdot \frac{6}{6+12} = 5V$이다. 따라서 스위칭 전압이 $\pm 5V$가 되어 그림 (나)와 정확히 일치한다.
③ X: $R = 24k\Omega$이면 임계전압은 $15 \cdot \frac{24}{24+12} = 10V$이다. 요구된 $\pm 5V$보다 크므로 오답이다. 올바르게는 $R = 6k\Omega$이다.
④ X: $R = 36k\Omega$이면 임계전압은 $15 \cdot \frac{36}{36+12} = 11.25V$이다. 그림 (나)의 스위칭 위치와 맞지 않으므로 오답이다. 올바르게는 $R = 6k\Omega$이다.

오답 포인트

비반전 입력이 12 kΩ과 R의 접점이라는 점을 놓치면 분압식을 반대로 세우기 쉽다. 이 문제는 먼저 포화전압 $\pm 15V$와 임계입력 $\pm 5V$를 읽고, 그 둘의 비가 그대로 분압비가 된다는 점을 잡아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 슈미트 트리거는 먼저 출력 포화전압 V_{sat}과 그래프의 스위칭 전압 V_T를 읽는다. 그다음 비반전 입력의 분압식 $V_+ = \beta V_o$를 세워 $\beta = V_T/V_{sat}$를 구하면 저항비가 바로 나온다.

암기 포인트

출력이 비반전 입력으로 되먹임되면 임계전압은 $V_T = \beta V_{sat}$이고, 이 회로의 분압비는 $\beta = \frac{R}{R+12}$이다.

NoteBase

문 4. RLC 직렬회로에 직류 전압원 V_0 [V]를 연결하고 정상상태에 도달 후, 인덕터와 커패시터에 저장된 에너지 W_L [J], W_C [J]를 바르게 연결한 것은?

① $W_L = 0, W_C = 0$
② $W_L = 0, W_C = \frac{1}{2}CV_0^2$
③ $W_L = \frac{1}{2}L\left(\frac{V_0}{R}\right)^2, W_C = 0$
④ $W_L = \frac{1}{2}L\left(\frac{V_0}{R}\right)^2, W_C = \frac{1}{2}CV_0^2$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직류 정상상태의 RLC 직렬회로에서 인덕터 전류와 커패시터 전압의 종단값을 이용해 저장 에너지를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: RLC 직렬회로에 직류 전압원 V_0를 연결한 뒤 정상상태에 도달한 경우이다.
구해야 할 값: 인덕터 에너지 W_L와 커패시터 에너지 W_C이다.
주의할 조건: 정상상태의 직류에서는 인덕터는 단락처럼, 커패시터는 개방처럼 동작한다.

사용할 공식

인덕터 저장 에너지는 $W_L = \frac{1}{2}Li^2$이다.
커패시터 저장 에너지는 $W_C = \frac{1}{2}Cv^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 정상상태에서의 전류 i와 커패시터 전압 v를 먼저 정한 뒤, 각 소자 에너지 공식을 그대로 대입하면 되기 때문이다.

계산 과정

1. 직류 정상상태에서 커패시터는 개방회로이므로 직렬회로 전류는 $i = 0$이다.
2. 따라서 인덕터 에너지는 $W_L = \frac{1}{2}L(0)^2 = 0$이다.
3. 전류가 0이므로 저항 전압강하는 0이고, 정상상태에서 인덕터 전압도 0이다. 따라서 전원전압 전체가 커패시터에 걸려 $v_C = V_0$이다.
4. 그러면 커패시터 에너지는 $W_C = \frac{1}{2}CV_0^2$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $W_L = 0$은 맞지만 $W_C = 0$은 틀리다. 정상상태에서는 커패시터가 V_0까지 충전되므로 저장 에너지는 0이 아니다. 틀린 표현은 "$W_C = 0$"이고, 올바르게는 "$W_C = \frac{1}{2}CV_0^2$"이다.
② O: 정상상태 직류에서 전류가 0이므로 $W_L = 0$이고, 커패시터 전압이 V_0이므로 $W_C = \frac{1}{2}CV_0^2$가 된다.
③ X: $\frac{1}{2}L\left(\frac{V_0}{R}\right)^2$는 정상상태 전류를 $\frac{V_0}{R}$로 잘못 본 결과이다. 커패시터가 직렬로 있으므로 정상상태 전류는 0이다. 따라서 틀린 표현은 "$W_L = \frac{1}{2}L\left(\frac{V_0}{R}\right)^2$"와 "$W_C = 0$"이고, 올바르게는 "$W_L = 0$, $W_C = \frac{1}{2}CV_0^2$"이다.
④ X: $W_C = \frac{1}{2}CV_0^2$는 맞지만 $W_L = \frac{1}{2}L\left(\frac{V_0}{R}\right)^2$는 틀리다. 정상상태에서는 인덕터 전류가 0이므로 저장 에너지도 0이다. 틀린 표현은 "$W_L = \frac{1}{2}L\left(\frac{V_0}{R}\right)^2$"이고, 올바르게는 "$W_L = 0$"이다.

오답 포인트

직류 정상상태라는 조건을 놓치고 저항만 있는 회로처럼 $i = \frac{V_0}{R}$를 대입하면 ③, ④처럼 판단하게 된다. 이 문항의 함정은 정상상태에서 커패시터가 전류를 차단한다는 점과, 전류가 0이어도 커패시터 전압은 0이 아니라 V_0라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

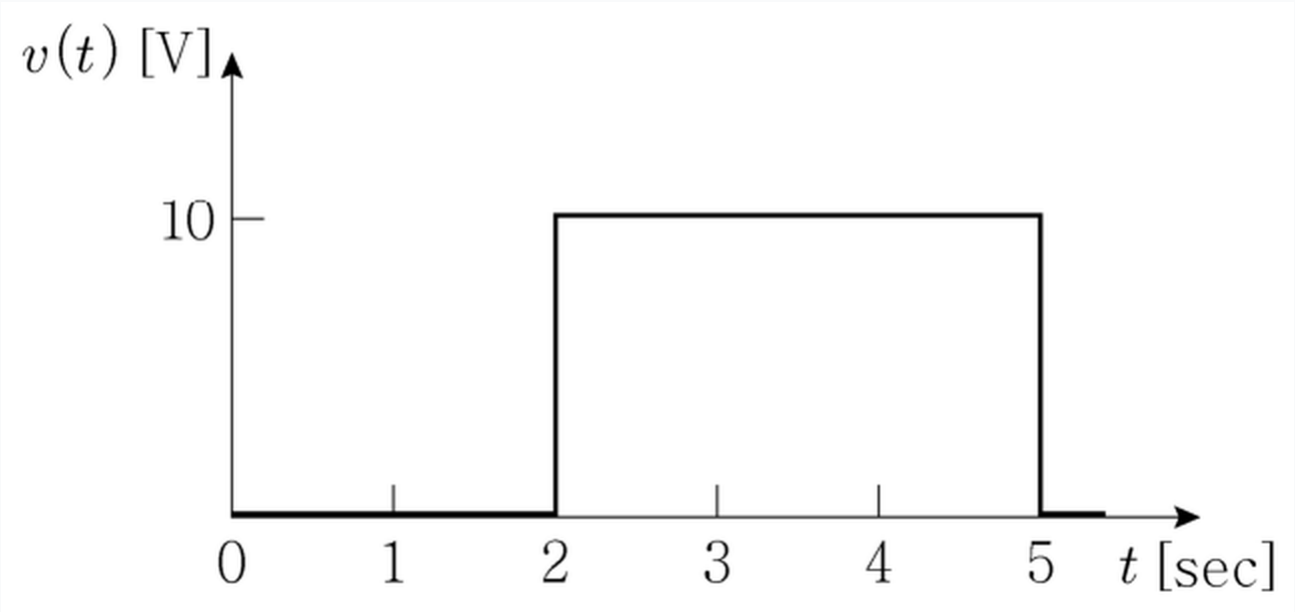
직류 정상상태의 RLC 문제는 먼저 각 소자의 종단 동작을 바꿔 본다. 인덕터는 단락, 커패시터는 개방으로 치환한 뒤 회로 전류와 각 소자 전압을 정하고, 마지막에 $W_L = \frac{1}{2}Li^2$, $W_C = \frac{1}{2}Cv^2$를 대입하면 된다.

암기 포인트

직류 정상상태에서는 인덕터는 단락, 커패시터는 개방이므로 직렬 RLC에서는 $i = 0$, $W_L = 0$, $v_C = V_0$, $W_C = \frac{1}{2}CV_0^2$이다.

NoteBase

문 5. 다음 전압 $v(t)$ [V]를 단위계단함수 $u(t)$로 표시하면?



① $10[u(t)-u(t-2)]$

② $10[u(t)-u(t-5)]$

③ $10[u(t-2)+u(t-5)]$

④ $10[u(t-2)-u(t-5)]$

정답 4번

출제 포인트

그래프로 주어진 직사각 펄스 파형을 단위계단함수 $u(t)$의 합성으로 표현하는 문제이다. 펄스의 시작 시각과 종료 시각을 각각 지연된 계단함수의 차(差)로 나타내는 원리를 묻는다.

조건 정리

$v(t) = 10\text{V}$ $(2 \le t \le 5\text{sec})$, $v(t) = 0\text{V}$ (그 외 구간)

펄스 시작: $t = 2\text{sec}$

펄스 종료: $t = 5\text{sec}$

진폭: 10V

사용할 공식

유한 구간 직사각 펄스 표현: $v(t) = A[u(t-t_1) - u(t-t_2)]$

여기서 t_1 = 시작 시각, t_2 = 종료 시각 $(t_1 < t_2)$, A = 진폭

단위계단함수 정의: $u(t-a) = 0\ (t < a)$, $u(t-a) = 1\ (t \ge a)$

NoteBase

계산 과정

시작 에지($t=2$): $u(t-2)$는 $t<2$에서 0, $t\geq 2$에서 1이므로 $t=2$에서 전압을 올린다.
종료 에지($t=5$): $u(t-5)$는 $t<5$에서 0, $t\geq 5$에서 1이므로 이를 빼면 $t=5$에서 전압을 내린다.
따라서 $v(t)=10[u(t-2)-u(t-5)]$이다.
구간별 검증:
· $t<2$: $10\times[0-0]=0\text{V}$ ✓
· $2\leq t<5$: $10\times[1-0]=10\text{V}$ ✓
· $t\geq 5$: $10\times[1-1]=0\text{V}$ ✓

선지 판단

① $10[u(t)-u(t-2)]$: $t=0$에서 시작해 $t=2$에서 끝나는 펄스를 나타낸다. 그래프의 펄스는 $t=2$에서 시작하므로 틀리다. → 올바른 시작 계단함수는 $u(t-2)$이다.
② $10[u(t)-u(t-5)]$: $t=0$에서 시작해 $t=5$에서 끝나는 펄스를 나타낸다. 시작 시각이 $t=0$으로 그래프와 다르다. → $u(t)$를 $u(t-2)$로 바꿔야 한다.
③ $10[u(t-2)+u(t-5)]$: $t=2$ 이후 10V가 되고 $t=5$ 이후에는 $10\times[1+1]=20\text{V}$가 된다. 종료 에지에서 전압이 0으로 복귀하지 않으므로 틀리다.
④ $10[u(t-2)-u(t-5)]$: $t<2$에서 0V, $2\leq t<5$에서 10V, $t\geq 5$에서 0V가 되어 그래프와 정확히 일치한다. 정답이다.

오답 포인트

①②는 시작 계단함수를 $u(t)$($t=0$ 기준)로 잘못 설정한 오답이다. 그래프에서 펄스가 $t=2$에서 올라가므로 반드시 $u(t-2)$를 사용해야 한다. ③은 종료 에지를 빼지 않고 더했으므로, $t\geq 5$ 구간에서 전압이 20V로 두 배가 되는 오류가 발생한다. 구형 펄스의 종료는 합(+)이 아니라 차(-)로 처리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

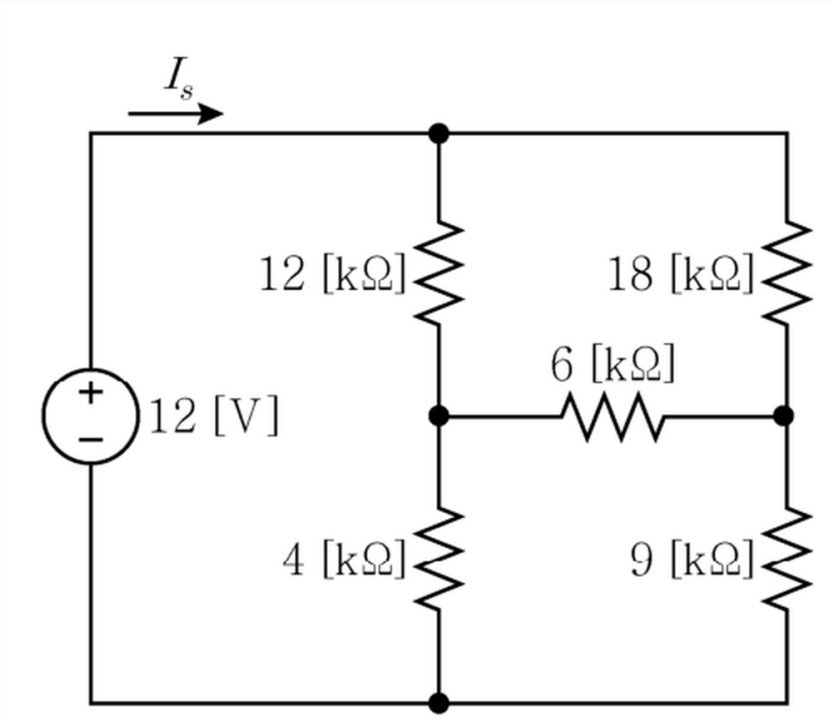
그래프에서 펄스의 시작 시각 t_1과 종료 시각 t_2, 그리고 진폭 A를 읽은 뒤 $A[u(t-t_1)-u(t-t_2)]$ 형태로 직접 적는다. 시작 에지는 '+'인 $u(t-t_1)$, 종료 에지는 '-'인 $u(t-t_2)$에 대응시킨다.

암기 포인트

유한 구간 직사각 펄스: $v(t)=A$ ($t_1\leq t<t_2$), 0 (나머지) → $v(t)=A[u(t-t_1)-u(t-t_2)]$. 시작 계단 빼기 종료 계단, 합이 아니라 차이다.

NoteBase

문 6. 다음 회로에서 전류 I_s [mA]는?



① 0.6

② 0.8

③ 1.2

④ 2.4

정답 3번

출제 포인트

브리지형 저항회로에서 가운데 가지 때문에 단순 직렬·병렬 합성이 되지 않을 때, 노드 전압법으로 공급전류 I_s를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원은 12 V이고, 저항은 12 kΩ, 4 kΩ, 18 kΩ, 9 kΩ, 6 kΩ이다.
구해야 할 값: 전원에서 공급되는 전류 I_s이다.
주의할 조건: 중간의 6 kΩ가 두 중간 노드를 연결하므로 전체 회로를 단순 직렬·병렬만으로 바로 합성할 수 없다.

NoteBase

사용할 공식

중간 왼쪽 노드 전압을 V_L, 중간 오른쪽 노드 전압을 V_R라고 두고 KCL을 적용한다.
$\frac{V_L-12}{12}+\frac{V_L}{4}+\frac{V_L-V_R}{6}=0$
$\frac{V_R-12}{18}+\frac{V_R}{9}+\frac{V_R-V_L}{6}=0$
저항 단위를 모두 kΩ로 두면 계산되는 전류 단위는 바로 mA가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 가운데 6 kΩ 때문에 두 중간 노드 전위가 서로 영향을 주는 브리지 회로이기 때문이다.

계산 과정

1. KCL 식을 정리하면 $3V_L-V_R=6$, $-V_L+2V_R=4$가 된다.
2. 연립하면 $V_L=3.2\text{V}$, $V_R=3.6\text{V}$가 된다.
3. 공급전류는 위쪽 두 저항으로 들어가는 전류의 합이므로
$I_s=\frac{12-3.2}{12}+\frac{12-3.6}{18}=\frac{8.8}{12}+\frac{8.4}{18}=0.733\cdots+0.466\cdots=1.2\text{mA}$
따라서 등가저항은 $R_{eq}=\frac{12}{1.2}=10\text{k}\Omega$이다.

선지별 해설

① X
0.6 mA라면 전체 등가저항이 $R_{eq}=\frac{12}{0.6}=20\text{k}\Omega$가 되어야 하는데, 계산 결과는 $10\text{k}\Omega$이다. ①의 0.6 mA라는 수치가 틀렸고, 올바른 값은 1.2 mA이다.
② X
0.8 mA라면 전체 등가저항이 $R_{eq}=\frac{12}{0.8}=15\text{k}\Omega$가 되어야 하는데, 실제 계산값은 $10\text{k}\Omega$이다. ②의 0.8 mA라는 수치가 틀렸고, 올바른 값은 1.2 mA이다.
③ O
계산 결과 $I_s=1.2\text{mA}$이고, 이에 대응하는 등가저항은 $10\text{k}\Omega$이므로 정답이다.
④ X
2.4 mA라면 전체 등가저항이 $R_{eq}=\frac{12}{2.4}=5\text{k}\Omega$가 되어야 하는데, 실제 계산값의 절반 수준이다. ④의 2.4 mA라는 수치가 틀렸고, 올바른 값은 1.2 mA이다.

오답 포인트

가운데 6 kΩ가 연결된 브리지 회로를 보자마자 직렬·병렬 합성으로 밀어붙이면 오답이 나온다. 이 문항의 함정은 6 kΩ 가지를 무시하고 좌우 세로 가지만 따로 계산하는 습관에 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

중간 노드 사이를 잇는 저항이 보이면 먼저 단순 직병렬 여부를 점검한다. 단순 합성이 안 되면 노드 전압법이나 망로 전류법으로 식을 세운 뒤 마지막에 전체 공급전류를 합산해 판단한다.

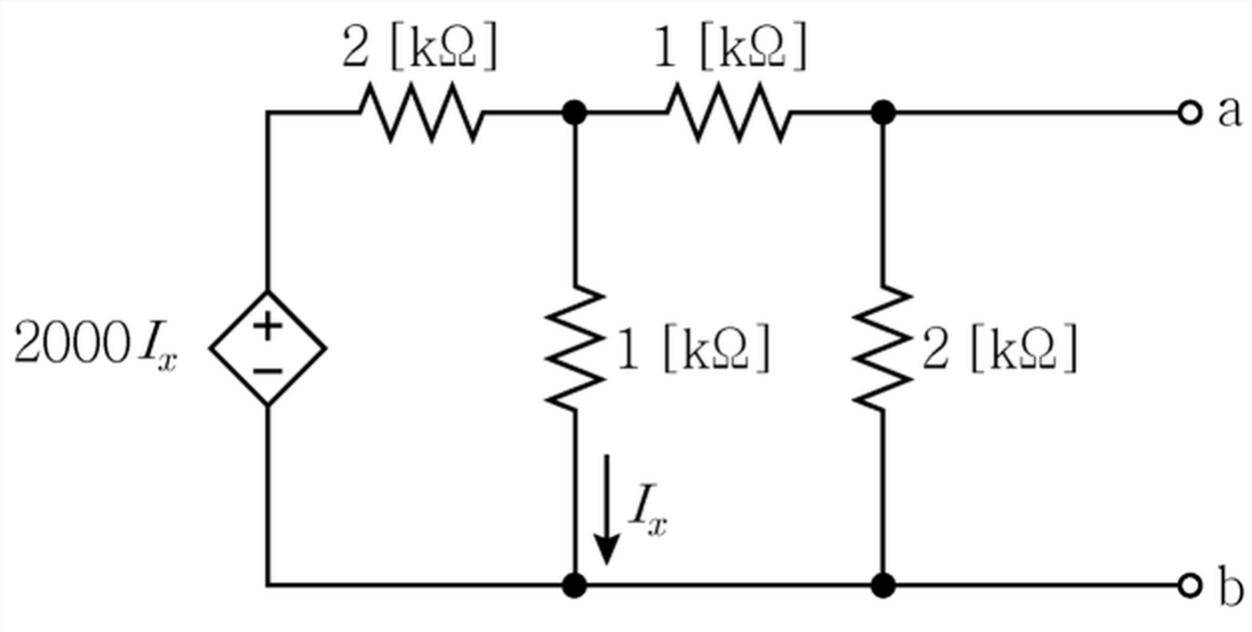
NoteBase

암기 포인트

브리지 회로에서 가로 연결 저항이 있으면 먼저 직병렬 불가를 의심하고 KCL로 푼다.

NoteBase

문 7. 다음 회로의 단자 a, b에서 좌측으로 본 테브난 등가저항 R_{Th} [kΩ]는?



① $\frac{2}{5}$
② $\frac{4}{5}$
③ $\frac{6}{5}$
④ $\frac{8}{5}$

정답 3번

출제 포인트

종속전원이 있는 회로에서 시험전압을 가해 $R_{Th} = V_t/I_t$로 테브난 등가저항을 구하는 계산 문제이다.

조건 정리

단자 a, b에 시험전압 V_t를 인가한다.
중간 노드 전압을 V_1이라 두면 아래 방향 전류는 $I_x = V_1/1k\Omega$이다.
종속전압원의 윗단 전압은 $2000I_x = 2V_1$이다.

사용할 공식

테브난 저항은 $R_{Th} = V_t/I_t$이다.
종속전원이 남아 있으므로 전원을 임의로 꺼서 직병렬만 합치면 안 되고, 단자에 시험전압을 걸어 단자전류를 구해야 한다.

NoteBase

계산 과정

중간 노드 V_1에서 KCL을 쓰면
$\frac{V_1-2V_1}{2k\Omega}+\frac{V_1-V_t}{1k\Omega}+\frac{V_1}{1k\Omega}=0$
이므로
$3V_1-2V_t=0\Rightarrow V_1=\frac{2}{3}V_t$
단자전류는
$I_t=\frac{V_t}{2k\Omega}+\frac{V_t-V_1}{1k\Omega}=\frac{V_t}{2k\Omega}+\frac{V_t}{3k\Omega}=\frac{5V_t}{6k\Omega}$
따라서
$R_{Th}=\frac{V_t}{I_t}=\frac{V_t}{5V_t/(6k\Omega)}=\frac{6}{5}k\Omega$

선지 판단

① X. R_{Th}는 $\frac{2}{5}k\Omega$가 아니라 $\frac{6}{5}k\Omega$이다. 종속전원 가지를 단순 소거하거나 병렬저항만 성급히 합치면 나올 수 있는 값이다.
② X. R_{Th}는 $\frac{4}{5}k\Omega$가 아니라 $\frac{6}{5}k\Omega$이다. 중간 노드 전압 관계 $V_1=\frac{2}{3}V_t$를 반영하지 않으면 이런 과소값이 나온다.
③ O. 시험전압법으로 구하면 $R_{Th}=\frac{6}{5}k\Omega$가 된다.
④ X. R_{Th}는 $\frac{8}{5}k\Omega$가 아니라 $\frac{6}{5}k\Omega$이다. 단자전류에서 오른쪽 $2k\Omega$ 가지 또는 $1k\Omega$ 연결가지를 잘못 더하면 이런 과대값이 나온다.

오답 포인트

종속전원이 있는 회로인데도 독립전원 소거법처럼 전원을 꺼 버리는 실수가 가장 흔하다. 이 문제는 I_x가 중간 노드 전압에 의해 결정되고, 그 값이 다시 종속전압원의 전압을 정하므로 노드 방정식을 먼저 세워야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

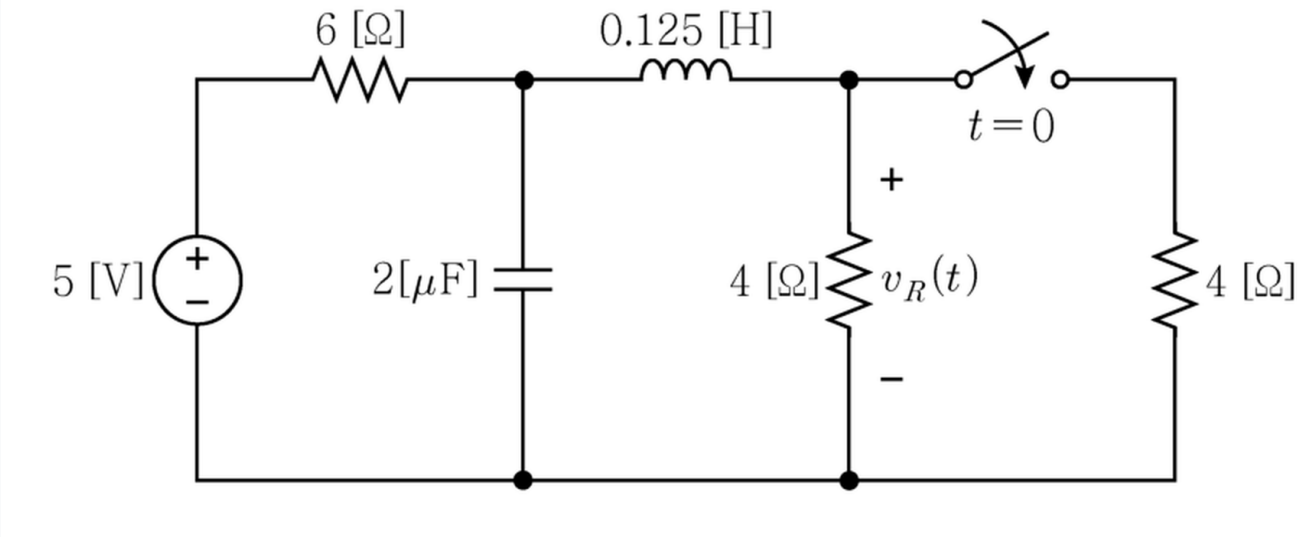
종속전원이 남아 있는 테브난 저항 문제는 단자에 시험전압 또는 시험전류를 건 뒤 $R_{Th}=V/I$로 계산한다. 그다음 제어변수와 종속원 값을 연결하고 KCL 또는 KVL로 단자전류를 구하면 된다.

암기 포인트

종속전원이 있으면 전원을 끄지 않고 시험원으로 V/I를 구한다.

NoteBase

문 8. 다음 회로에서 스위치가 $t = 0[sec]$에서 닫힌다. 스위치가 닫힌 직후의 전압 $v_R(0^+)$ [V]는? (단, $t < 0[sec]$에서 회로는 정상상태이다)



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치 동작 직후에도 커패시터 전압과 인덕터 전류가 연속이라는 성질을 이용해 $v_R(0^+)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 5 V, 좌측 저항 6Ω, 커패시터 2μF, 인덕터 0.125H, 우측 저항 4Ω, 스위치가 닫히면 4Ω이 하나 더 병렬로 연결된다.
구해야 할 값: $v_R(0^+)$.
주의할 조건: $t < 0$에서는 정상상태이므로 커패시터는 개방, 인덕터는 단락으로 본다. $t = 0^+$에서는 v_C와 i_L가 각각 직전 값과 같게 유지된다.

NoteBase

사용할 공식

정상상태에서는 커패시터 개방, 인덕터 단락을 적용한다.
또한 순간값 조건으로 $v_C(0^+) = v_C(0^-)$, $i_L(0^+) = i_L(0^-)$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치가 닫히는 순간에도 에너지 저장소자인 커패시터 전압과 인덕터 전류는 불연속적으로 바뀔 수 없기 때문이다.

계산 과정

1. $t < 0$의 정상상태에서 커패시터는 개방, 인덕터는 단락이므로 회로는 5 V 전원에 6Ω과 4Ω이 직렬인 형태가 된다.
2. 따라서 정상상태 전류는 $I(0^-) = \frac{5}{6+4} = 0.5A$이다. 우측 4Ω 저항 전압은 $0.5 \times 4 = 2V$이다. 인덕터가 단락이므로 커패시터가 걸린 노드 A와 우측 4Ω이 걸린 노드 B는 같은 전위가 되어 $v_C(0^-) = v_R(0^-) = 2V$이고, $i_L(0^-) = 0.5A$이다.
3. $t = 0^+$에서 스위치가 닫히면 우측 4Ω 두 개가 병렬이 되어 합성저항은 2Ω가 된다. 이때 $i_L(0^+) = 0.5A$가 그대로 우측 노드로 흘러 들어가므로 $v_R(0^+) = 0.5 \times 2 = 1V$이다.
4. $v_C(0^-) = 2V$는 회로가 정상상태였음을 확인하는 데 쓰일 뿐이며, $v_R(0^+)$의 도출에는 직접 기여하지 않는다. 인덕터가 $t = 0^+$에서 0.5A의 전류원처럼 동작해 노드 B의 전압을 결정하고, 노드 A의 커패시터 전압은 인덕터로 분리되어 노드 B와 독립적이기 때문이다. 결국 $v_R(0^+)$는 $i_L(0^+) = 0.5A$와 새 등가저항 2Ω만으로 완결된다.

선지 판단

① O: 계산 결과 $v_R(0^+) = 1V$이므로 맞다.
② X: 2 V는 스위치가 닫히기 전 정상상태에서의 우측 노드 전압이다. 스위치가 닫힌 직후에는 우측 저항이 병렬이 되어 등가저항이 2Ω로 줄어드므로 올바르게는 $v_R(0^+) = 1V$이다.
③ X: 3 V가 되려면 우측 노드에 1.5A가 흘러야 하는데, 인덕터 전류의 연속조건으로 직후 전류는 0.5A로 고정된다. 올바르게는 $v_R(0^+) = 1V$이다.
④ X: 4 V는 직후 조건과 맞지 않는다. 스위치가 닫히면 4Ω 저항이 하나 더 병렬로 추가되어 등가저항이 4Ω에서 2Ω으로 줄어들고, 고정된 전류 0.5A에 대해 전압은 오히려 2 V에서 1 V로 내려간다. 올바르게는 $v_R(0^+) = 1V$이다.

오답 포인트

스위치가 닫힌 직후에도 우측 전압이 2 V로 그대로 유지된다고 생각하면 ②로 틀리기 쉽다. 연속되는 것은 커패시터 전압과 인덕터 전류이지, 저항 전압 자체가 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

과도회로의 직후값 문제는 먼저 $t < 0$ 정상상태 등가회로로 $v_C(0^-)$, $i_L(0^-)$를 구한 뒤, $t = 0^+$에서 v_C와 i_L를 그대로 가져와 새 회로에 대입해 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

직후값 판단의 핵심은 커패시터 전압 연속, 인덕터 전류 연속이다.

NoteBase

문 9. 주기가 T_0인 주기함수 $f(t)$를 다음과 같이 표시할 수 있다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega_0 t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega_0 t$$

① $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$

② $a_0 = \frac{1}{T_0}\int_0^{T_0} f(t)dt$

③ $f(t) = -f(-t)$인 경우, $a_n = 0$

④ $f(t) = f\left(t - \frac{T_0}{2}\right)$인 경우, $a_n = b_n = 0$ (n은 짝수)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 푸리에 급수의 기본각주파수, 직류성분, 기함수 조건, 반주기 반복성에 따른 조화성분 소거 규칙을 묻는 문제이다.

핵심 개념

기본각주파수는 $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$이다.
직류성분 a_0는 한 주기 평균값이다.
기함수 $f(t) = -f(-t)$는 코사인 성분이 없어 $a_n = 0$이고 평균값도 0이다.
$f(t) = f(t - T_0/2)$처럼 반주기마다 같은 값이 반복되면 T_0 기준 푸리에 급수에서 홀수차 조화성분이 사라진다.

선지별 해설

① O. 기본각주파수는 주기 T_0에 대해 $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0}$로 정의된다.
② O. a_0는 한 주기 평균값이므로 $a_0 = \frac{1}{T_0}\int_0^{T_0} f(t)dt$가 맞다.
③ O. $f(t) = -f(-t)$인 기함수는 짝함수인 코사인 성분을 갖지 않으므로 $a_n = 0$이다. 따라서 이 진술은 옳다.
④ X. 틀린 부분은 "n은 짝수"이다. $f(t) = f(t - T_0/2)$이면 반주기마다 같은 파형이 반복되어 T_0 기준 푸리에 급수에서는 홀수차 성분이 소거된다. 올바르게는 $a_n = b_n = 0$은 n이 홀수일 때 성립한다.

오답 포인트

④는 반주기 반복 $f(t) = f(t - T_0/2)$와 반주기 반전 $f(t) = -f(t - T_0/2)$을 혼동하면 틀리기 쉽다. 부호가 같으면 홀수차가 사라지고, 부호가 반대면 짝수차가 사라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

$f(-t)$가 나오면 짝함수인지 기함수인지부터 확인한다. $f(t \pm T_0/2)$가 나오면 부호를 먼저 본다. 부호가 +이면 홀수차 소거, 부호가 −이면 짝수차 소거로 판단한다.

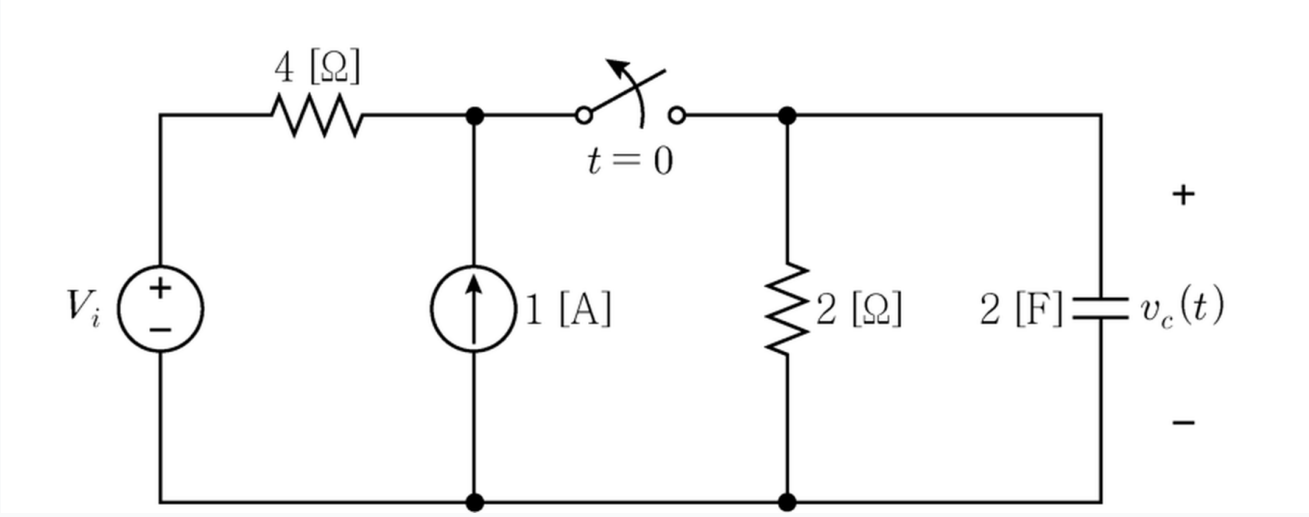
NoteBase

암기 포인트

기함수는 사인만 남고, 반주기 반복 +는 홀수차 소거, 반주기 반전 −는 짝수차 소거이다.

NoteBase

문 10. 다음 회로에서 스위치가 $t = 0$[sec]에서 열린다. $t > 0$[sec]에서 커패시터 양단전압이 $v_c(t) = 3e^{-0.25t}[V]$가 되는 직류 전압원의 크기 $V_i[V]$는? (단, $t < 0$[sec]에서 회로는 정상상태이다)



① 5

② 6

③ 7

④ 8

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치 개방 후 커패시터 자연응답식 $v_c(t) = V_0 e^{-t/RC}$에서 초기전압을 읽고, $t < 0$ 정상상태 회로의 절점전압과 연결해 V_i를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $v_c(t) = 3e^{-0.25t}[V]$, $R = 2\Omega$, $C = 2F$, 전류원 $1A$, 저항 4Ω이다.
구해야 할 값: 직류 전압원 V_i이다.
주의할 조건: $t < 0$에서 정상상태이므로 커패시터는 개방회로이고, $t = 0^+$의 커패시터 전압은 $t = 0^-$와 같다.

NoteBase

사용할 공식

$v_c(t) = V_0 e^{-t/RC}$

$v_c(0^+) = v_c(0^-)$

절점전압을 V라 두면

$\frac{V - V_i}{4} + \frac{V}{2} = 1$

이 공식을 쓰는 이유는 스위치가 열린 뒤 우측 회로가 2Ω와 $2F$만 남는 1차 자연응답 회로이기 때문이다. 또한 $t < 0$ 정상상태에서는 커패시터가 개방되므로 절점전압이 곧 커패시터 전압이 된다.

계산 과정

1. 주어진 식에서 $e^{-0.25t} = e^{-t/4}$이므로 시정수는 $\tau = RC = 4s$이다. 실제로 우측 회로의 $R = 2\Omega, C = 2F$ 이어서 $\tau = 2 \times 2 = 4s$와 일치한다.

2. 따라서 초기전압은 $V_0 = v_c(0^+) = 3V$이다. 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로 $v_c(0^-) = 3V$ 이다.

3. $t < 0$에서 스위치는 닫혀 있고 정상상태이므로 커패시터는 개방회로이다. 따라서 상단 절점전압 V는 $3V$이고, KCL을 적용하면

$\frac{V - V_i}{4} + \frac{V}{2} = 1$

$\frac{3 - V_i}{4} + \frac{3}{2} = 1$

$\frac{3 - V_i}{4} = -\frac{1}{2}$

$3 - V_i = -2$

$V_i = 5V$

가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① O
계산 결과 $V_i = 5V$이므로 옳다. $t = 0$ 직전 커패시터 전압 $3V$를 절점전압으로 두고 KCL을 적용하면 정확히 $5V$가 나온다.

② X
$V_i = 6V$라면 절점전압 $V = 3V$에서
$\frac{3-6}{4} + \frac{3}{2} = 0.75A$
가 되어 전류원 $1A$와 맞지 않는다.
틀린 표현은 $V_i = 6V$라는 값이며, 올바르게는 $V_i = 5V$이다.

③ X
$V_i = 7V$라면
$\frac{3-7}{4} + \frac{3}{2} = 0.5A$
가 되어 절점의 KCL을 만족하지 못한다.
틀린 표현은 $V_i = 7V$라는 값이며, 올바르게는 $V_i = 5V$이다.

④ X
$V_i = 8V$라면
$\frac{3-8}{4} + \frac{3}{2} = 0.25A$
가 되어 역시 전류원 $1A$와 일치하지 않는다.
틀린 표현은 $V_i = 8V$라는 값이며, 올바르게는 $V_i = 5V$이다.

계산 결과 $V_i = 5V$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

주어진 $3e^{-0.25t}$의 앞계수 3을 초기값이 아니라 다른 값으로 해석하면 출발점부터 틀어진다. 또한 $t < 0$ 정상상태에서 커패시터를 개방회로로 보지 않거나, $v_c(0^-) = v_c(0^+)$의 연속조건을 놓치면 V_i를 잘못 구하게 된다.

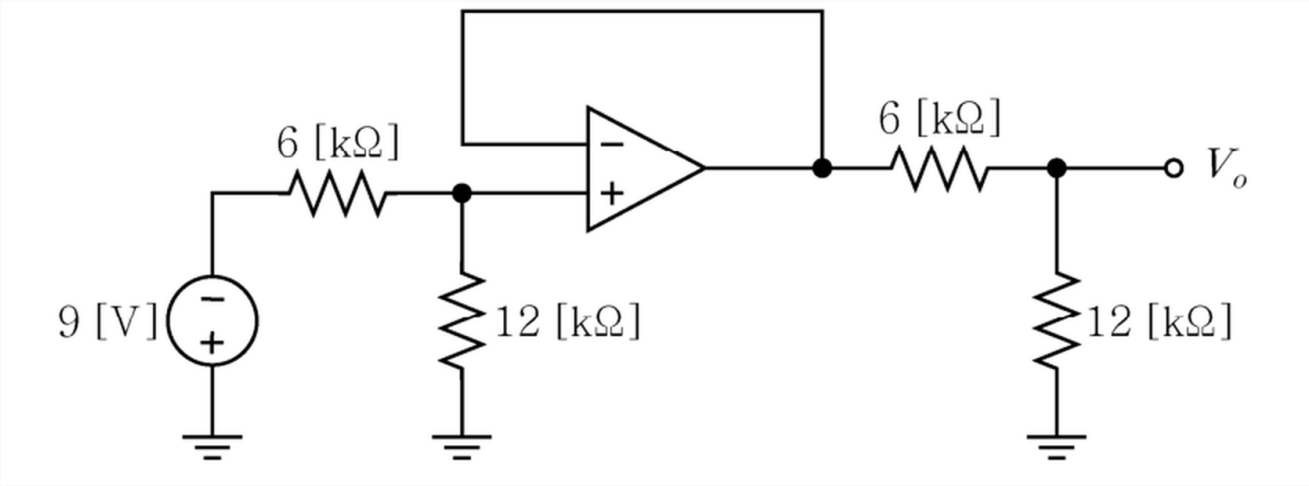
다시 나오면 이렇게 판단

RC 과도문제는 먼저 $e^{-t/\tau}$에서 시정수와 앞계수인 초기값을 읽는다. 그다음 $v_c(0^-) = v_c(0^+)$를 이용해 스위치 동작 직전의 정상상태 회로를 풀면 된다.

암기 포인트

자연응답 $v_c(t) = V_0 e^{-t/RC}$에서 앞계수 V_0는 초기전압이고, 정상상태 직전 커패시터는 개방회로이다.

문 11. 다음 회로에서 출력전압 V_o [V]는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① -4

② -2

③ 2

④ 4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기의 전압 추종 성질과 두 단계 분압을 이용해 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 전원의 아래 단자는 접지이고 위 단자는 음극이므로 저항 왼쪽 단자 전압은 $-9V$이다.
구해야 할 값: 오른쪽 출력단 전압 V_o이다.
주의할 조건: 이상적 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고, 출력과 반전 입력이 직접 연결되어 있어 출력 노드 전압은 비반전 입력 전압과 같다.

사용할 공식

분압 공식은 $V_x = \frac{R_2V_1 + R_1V_2}{R_1 + R_2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 왼쪽 $6k\Omega$-$12k\Omega$ 회로가 먼저 비반전 입력 전압을 만드는 분압기이고, 연산증폭기는 그 전압을 그대로 출력한 뒤 오른쪽 $6k\Omega$-$12k\Omega$ 회로가 다시 한 번 분압을 만들기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 왼쪽 전원은 아래가 접지된 +단자이므로 위 단자 전압은 $-9V$이다.
2. 비반전 입력 노드 전압을 V_+라 두면
$V_+ = \frac{12k\Omega \cdot (-9V) + 6k\Omega \cdot 0}{6k\Omega + 12k\Omega} = -6V$
3. 이상적 연산증폭기와 음귀환 때문에 출력 노드 전압은 $V_- = V_+ = -6V$이다.
4. 오른쪽 분압에서
$V_o = \frac{12k\Omega \cdot (-6V) + 6k\Omega \cdot 0}{6k\Omega + 12k\Omega} = -4V$

선지 판단

① O
- 계산 결과 $V_o = -4V$이므로 맞다.

② X
- $-2V$는 두 번째 분압비를 잘못 적용하거나 중간 전압과 최종 출력전압을 혼동한 오답이다.
- 틀린 표현은 "$-2V$"이고, 올바르게는 $V_o = -4V$이다.

③ X
- $2V$는 왼쪽 전원의 극성을 반대로 읽어 전체 부호를 뒤집으면 나오는 값이다.
- 틀린 표현은 "$2V$"이고, 올바르게는 $V_o = -4V$이다.

④ X
- $4V$는 분압의 크기만 보고 음전압 부호를 놓친 경우의 오답이다.
- 틀린 표현은 "$4V$"이고, 올바르게는 $V_o = -4V$이다.

계산 결과 $V_o = -4V$이므로 정답은 ①이다.

오답 포인트

왼쪽 전원의 아래가 +이고 접지이므로 위 단자가 $-9V$라는 점을 놓치기 쉽다. 또한 연산증폭기 출력 노드가 곧바로 V_o라고 착각하면 오른쪽의 $6k\Omega$-$12k\Omega$ 분압을 한 번 더 계산하지 않아 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 계산 문제는 입력 쪽 분압으로 V_+를 먼저 구하고, 이상적 음귀환이면 $V_- = V_+$로 출력 노드를 확정한 뒤, 출력 뒤에 저항망이 더 있으면 그 구간의 분압을 한 번 더 계산하는 순서로 판단한다.

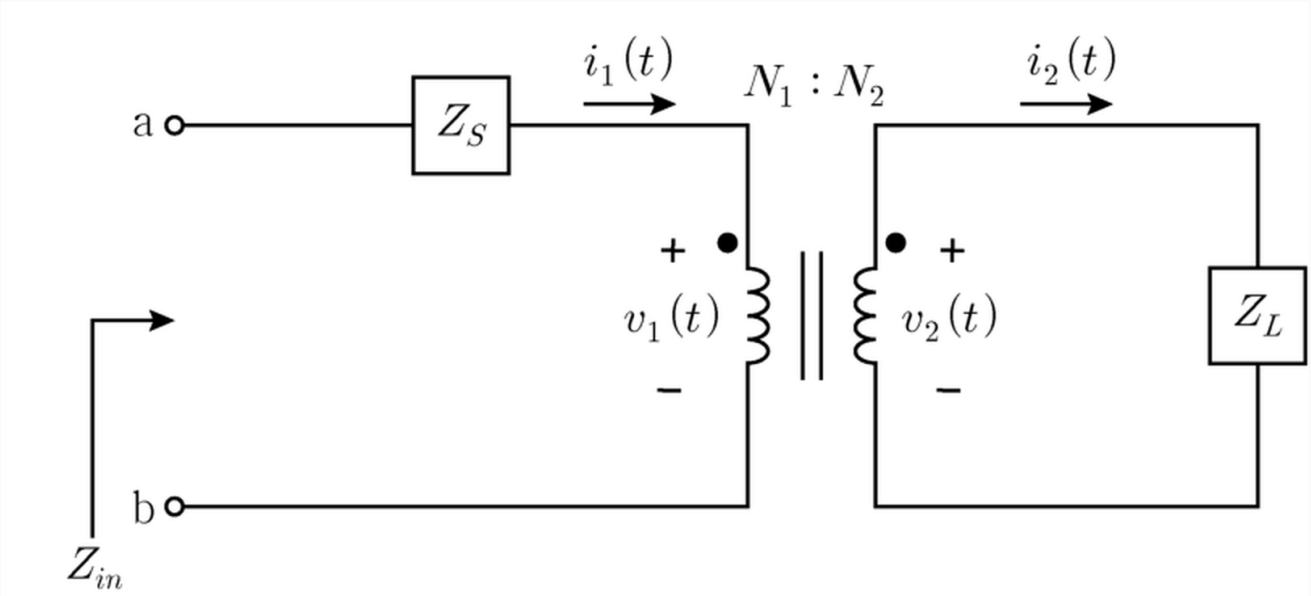
NoteBase

암기 포인트

전압 팔로어는 연산증폭기 출력 노드 전압을 입력 전압과 같게 만들 뿐이며, 그 뒤에 저항망이 있으면 최종 V_o는 다시 달라진다.

NoteBase

문 12. 다음 회로의 단자 a, b에서 본 임피던스 Z_{in} [Ω]은? (단, 변압기는 이상적이다)



① $Z_S + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)Z_L$
② $Z_S + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$
③ $Z_S + \left(\frac{N_2}{N_1}\right)Z_L$
④ $Z_S + \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 Z_L$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상변압기의 임피던스 환산법과 직렬 합성을 이용해 입력 임피던스 Z_{in}을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 1차측 직렬 임피던스 Z_S, 2차측 부하 임피던스 Z_L, 권수비 $N_1 : N_2$이다.
구해야 할 값: 단자 a, b에서 본 입력 임피던스 Z_{in}이다.
주의할 조건: 변압기가 이상적이므로 2차 부하는 1차로 제곱비 환산되고, Z_S는 그 환산 임피던스와 직렬이다.

NoteBase

사용할 공식

이상변압기에서 2차 부하를 1차로 환산하면
$Z_{L\to 1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$
이고, 입력단에서는 Z_S가 환산 부하와 직렬이므로
$Z_{in} = Z_S + Z_{L\to 1} = Z_S + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 구하는 값이 1차 단자 a, b에서 본 임피던스이기 때문이다.

계산 과정

이상변압기에서는 전압비와 전류비가 각각 권수비에 따라 정해지므로, 2차 임피던스를 1차에서 보면 권수비의 제곱으로 환산된다.
따라서 2차 부하의 1차 환산값은
$Z_{L\to 1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$
이다.
여기에 1차측의 Z_S가 직렬로 연결되어 있으므로 전체 입력 임피던스는
$Z_{in} = Z_S + \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$
이다.

선지 판단

① X: 권수비를 1승으로만 적용한 식이다. 임피던스 환산은 전압비와 전류비가 함께 반영되므로 제곱비가 되어야 한다. 틀린 부분은 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)Z_L$이고, 올바르게는 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.
② O: 이상변압기에서 2차 부하 Z_L를 1차로 환산하면 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$가 되고, 여기에 Z_S가 직렬로 더해지므로 맞는 식이다.
③ X: 권수비 방향도 반대이고 제곱도 빠졌다. 1차에서 본 환산 임피던스이므로 $\frac{N_1}{N_2}$가 들어가야 하며, 임피던스이므로 제곱도 필요하다. 올바르게는 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.
④ X: 제곱은 했지만 환산 방향이 반대이다. 2차 부하를 1차에서 볼 때는 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$를 곱해야 한다. 틀린 부분은 $\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 Z_L$이고, 올바르게는 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.

오답 포인트

권수비를 전압비처럼 1승으로만 쓰거나, 어느 쪽에서 보는 임피던스인지 확인하지 않고 $\frac{N_2}{N_1}$로 뒤집어 쓰면 오답이 된다. 임피던스 환산은 항상 보는 쪽 권수와 원래 쪽 권수의 제곱비로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 문제는 먼저 부하가 어느 쪽에 있는지 확인한 뒤, 그 부하를 보는 쪽 기준으로 권수비 제곱 환산을 하고, 마지막에 직렬·병렬 결합을 적용하면 된다.

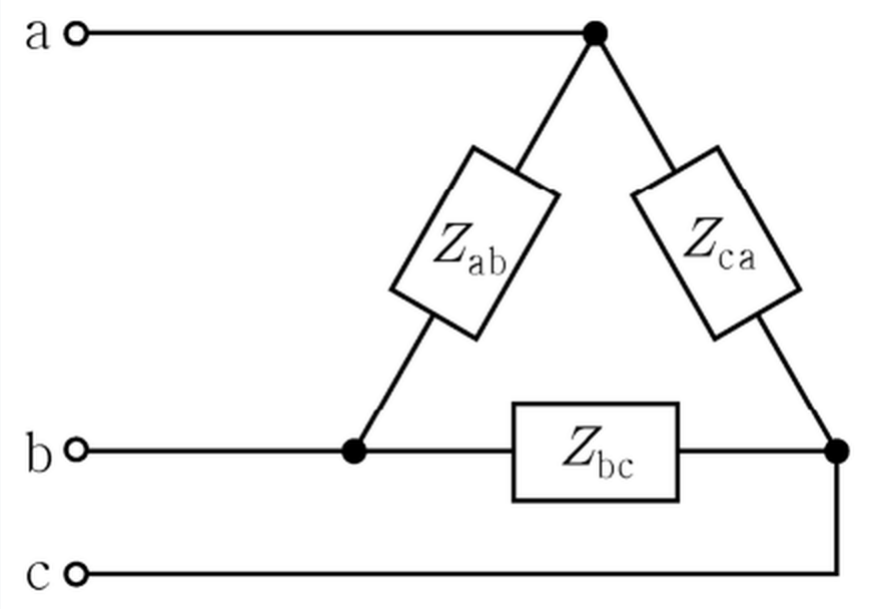
NoteBase

암기 포인트

이상변압기 임피던스 환산은 보는 쪽 권수 대 원래 쪽 권수의 제곱이다.

NoteBase

문 13. 다음 △결선 부하를 등가인 Y결선 부하로 변환할 때, a상의 임피던스[Ω]는? (단, $Z_{ab} = 4 + j6[\Omega]$, $Z_{bc} = 2 - j4[\Omega]$, $Z_{ca} = 4 - j2[\Omega]$이다)



① $2.8 - j1.6$

② $2.8 + j1.6$

③ $3.8 - j1.6$

④ $3.8 + j1.6$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 Δ-Y 변환식을 이용해 a상의 등가 임피던스를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $Z_{ab} = 4 + j6[\Omega], Z_{bc} = 2 - j4[\Omega], Z_{ca} = 4 - j2[\Omega]$이다.
구해야 할 값: Y결선으로 변환한 a상의 임피던스 Z_a이다.
주의할 조건: a상은 a점에 접한 Δ임피던스 Z_{ab}, Z_{ca}의 곱을 세 임피던스의 합으로 나눈다.

사용할 공식

$$Z_a = \frac{Z_{ab}Z_{ca}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}}$$

a상은 Δ의 꼭짓점 a에 접한 두 변 Z_{ab}, Z_{ca}를 사용하므로 이 공식을 그대로 적용한다.

NoteBase

계산 과정

세 임피던스의 합은 $(4+j6)+(2-j4)+(4-j2)=10$이다.
분자는 $(4+j6)(4-j2)=16-8j+24j-12j^2=28+j16$이다.
따라서 $Z_a=\frac{28+j16}{10}=2.8+j1.6[\Omega]$이다.

선지별 해설

① X
계산 결과의 허수부는 $+j1.6$이므로 $2.8-j1.6$은 허수부 부호가 반대인 틀린 값이다. 틀린 값 → 올바르게는 $2.8+j1.6[\Omega]$이다.
② O
Δ-Y 변환식에 Z_{ab}, Z_{ca}를 대입하면 $Z_a=2.8+j1.6[\Omega]$가 되므로 맞다.
③ X
계산 결과의 실수부는 2.8인데 선지는 3.8이므로 실수부부터 틀린 값이다. 틀린 값 → 올바르게는 $2.8+j1.6[\Omega]$이다.
④ X
허수부 부호는 맞지만 실수부가 3.8로 잘못되었다. 틀린 값 → 올바르게는 $2.8+j1.6[\Omega]$이다.

오답 포인트

a상에 대응하는 곱을 $Z_{ab}Z_{ca}$로 잡지 않고 다른 두 임피던스를 곱하면 처음부터 값이 어긋난다.
복소수 곱셈에서 $j^2=-1$을 놓치거나 허수부 부호를 잘못 정리하면 ①처럼 부호만 뒤집힌 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

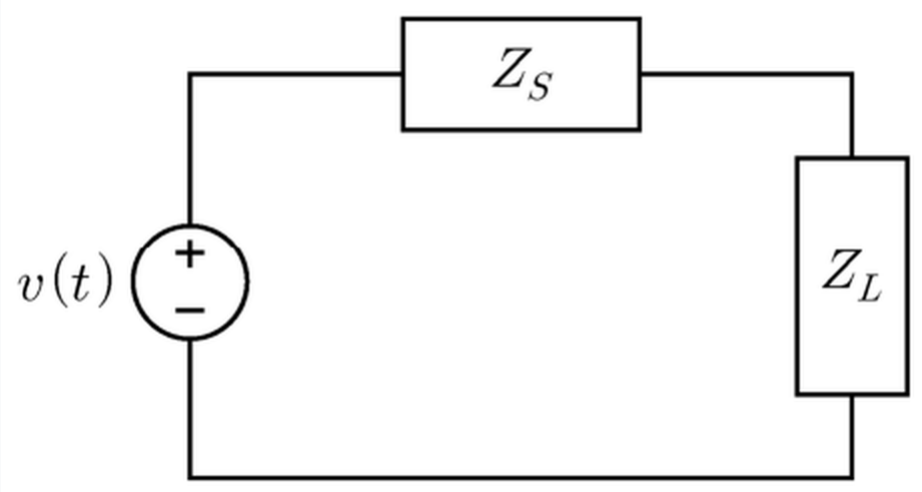
Δ-Y 변환 문제는 먼저 구하려는 Y상의 꼭짓점을 찾고, 그 꼭짓점에 접한 두 Δ임피던스를 곱한 뒤 세 Δ임피던스의 합으로 나눈다. 마지막에 복소수 곱셈의 $j^2=-1$과 허수부 부호를 검산하면 된다.

암기 포인트

Δ-Y 변환의 한 상은 해당 꼭짓점에 붙은 두 Δ임피던스의 곱을 전체 Δ임피던스 합으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 14. 다음 회로에서 부하 $Z_L[\Omega]$에 최대평균전력을 전달하기 위한 $Z_L[\Omega]$과 전달되는 최대평균전력 $P[W]$를 바르게 연결한 것은? (단, $Z_S = 10 - j10[\Omega]$이고, $v(t) = 10\cos(\omega t)[V]$이다)



① Z_L: 10-j10, P: 1.25

② Z_L: 10-j10, P: 2.5

③ Z_L: 10+j10, P: 1.25

④ Z_L: 10+j10, P: 2.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 교류 회로의 최대평균전력 전달 조건과 실효값 전압을 이용해 Z_L와 $P_{\max}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $Z_S = 10 - j10\Omega$, $v(t) = 10\cos(\omega t)$V이다.
구해야 할 값: 부하에 최대평균전력을 전달하는 Z_L와 그때의 P이다.
주의할 조건: 교류 최대전력전달은 복소켤레 정합을 써야 하고, $10\cos(\omega t)$의 10은 진폭이므로 실효값은 $10/\sqrt{2}$이다.

사용할 공식

최대평균전력 전달 조건은 $Z_L = Z_S^*$이다.
전원 실효값은 $V_{\text{rms}} = V_m/\sqrt{2}$이다.
전달 전력은 $P = I^2 R_L$이며, $I = V_{\text{rms}}/|Z_S + Z_L|$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 부하 임피던스를 정해 최대평균전력을 묻는 전형적인 교류 정합 문제이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 복소켤레 정합 조건으로 $Z_L = Z_S^* = 10 + j10\Omega$이다.
2. 이때 전체 임피던스는 $(10 - j10) + (10 + j10) = 20\Omega$이다.
3. 전원 실효값은 $V_{\text{rms}} = 10/\sqrt{2}\,\text{V}$이다.
4. 전류는 $I = \frac{10/\sqrt{2}}{20} = \frac{1}{2\sqrt{2}}\text{A}$이다.
5. 부하의 유효전력은 $P_{\max} = I^2 R_L = \left(\frac{1}{2\sqrt{2}}\right)^2 \times 10 = 1.25\text{W}$이다.

선지 판단

① X: $Z_L = 10 - j10\Omega$는 Z_S와 같은 값일 뿐 복소켤레가 아니다. 허수부가 상쇄되지 않아 최대평균전력 조건을 만족하지 않는다. 틀린 표현은 $10 - j10\Omega$이며, 올바르게는 $10 + j10\Omega$이다.
② X: Z_L가 먼저 틀렸고, 2.5 W는 전압 진폭 10을 실효값 10으로 잘못 둔 경우 나오는 값이다. 올바르게는 $Z_L = 10 + j10\Omega$, $P_{\max} = 1.25\text{W}$이다.
③ O: $Z_L = 10 + j10\Omega$로 두면 Z_S의 허수부와 상쇄되어 최대평균전력 조건이 성립한다. 실효값 전압으로 계산하면 $P_{\max} = 1.25\text{W}$가 되어 정답이다.
④ X: $Z_L = 10 + j10\Omega$는 맞지만 전력값이 틀렸다. 틀린 표현은 2.5 W이며, 올바르게는 1.25 W이다.

오답 포인트

직류의 저항 일치와 달리 교류에서는 같은 임피던스가 아니라 복소켤레 임피던스를 붙여야 한다는 점이 함정이다. 또 $v(t) = 10\cos(\omega t)$의 10을 실효값으로 착각하면 전력이 두 배인 2.5 W로 잘못 계산된다.

다시 나오면 이렇게 판단

교류 최대전력전달 문제는 먼저 $Z_L = Z_S^*$를 두고 허수부가 상쇄되는지 확인한다. 그다음 파형이 $V_m\cos(\omega t)$ 꼴이면 실효값 $V_m/\sqrt{2}$로 바꾼 뒤 $P = I^2 R_L$ 또는 $P_{\max} = V_{\text{th}}^2/(4R_{\text{th}})$로 계산하면 된다.

암기 포인트

교류 최대전력전달은 복소켤레 정합이고, $V_m\cos(\omega t)$의 실효값은 $V_m/\sqrt{2}$이다.

NoteBase

문 15. 비정현파 전압 $v(t) = 3 + 5\sqrt{2}\sin(\omega t) + 4\sqrt{2}\sin(3\omega t)$ [V]의 실효치[V]는?

① 5

② $5\sqrt{2}$

③ 10

④ $10\sqrt{2}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직류분과 고조파 성분이 함께 있는 비정현파 전압의 전체 실효치를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $v(t) = 3 + 5\sqrt{2}\sin(\omega t) + 4\sqrt{2}\sin(3\omega t)$이다.
구해야 할 값은 전체 전압의 실효치이다.
주의할 조건은 직류분 3 V, 기본파 성분의 실효치 5 V, 3고조파 성분의 실효치 4 V를 서로 직교하는 성분으로 합산해야 한다는 점이다.

사용할 공식

비정현파의 전체 실효치는 직류분과 서로 다른 주파수의 정현파 성분을 제곱합으로 합산하여 구한다.
$V_{\text{rms}} = \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_3^2}$
이 공식을 쓰는 이유는 직류분과 각 고조파 성분이 서로 직교하므로 단순합이 아니라 실효값의 제곱합으로 결합되기 때문이다.

계산 과정

1. 직류분의 실효치는 그대로 3 V이다.
2. $5\sqrt{2}\sin(\omega t)$의 실효치는 5 V이고, $4\sqrt{2}\sin(3\omega t)$의 실효치는 4 V이다.
3. 따라서

$V_{\text{rms}} = \sqrt{3^2 + 5^2 + 4^2} = \sqrt{9 + 25 + 16} = \sqrt{50} = 5\sqrt{2}$ V
이므로 전체 실효치는 $5\sqrt{2}$ V이다.

NoteBase

선지 판단

① X

5 V는 $5\sqrt{2}\sin(\omega t)$인 기본파 성분만의 실효치이다. 틀린 표현은 전체 실효치가 5 V라는 판단이며, 올바르게는 전체 실효치가 $5\sqrt{2}$ V이다.

② O

직류분 3 V, 기본파 실효치 5 V, 3고조파 실효치 4 V를 제곱합하면 $\sqrt{3^2+5^2+4^2}=5\sqrt{2}$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

③ X

10 V는 직류분과 고조파 성분을 실효치의 직교합으로 처리하지 못한 값이다. 틀린 표현은 전체 실효치가 10 V라는 판단이며, 올바르게는 전체 실효치가 $5\sqrt{2}$ V이다.

④ X

$10\sqrt{2}$ V는 각 정현파 항의 계수에 붙은 $\sqrt{2}$를 최종 실효치에도 그대로 남긴 것으로, 최대치와 실효치를 혼동한 값이다. 틀린 표현은 전체 실효치가 $10\sqrt{2}$ V라는 판단이며, 올바르게는 전체 실효치가 $5\sqrt{2}$ V이다.

오답 포인트

정현파 $a\sqrt{2}\sin(\cdot)$에서 실효치가 a라는 점을 놓치면 계수의 $\sqrt{2}$를 끝까지 끌고 가는 실수를 하게 된다. 또 직류분과 고조파분을 단순합으로 더하면 전체 실효치를 잘못 구하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

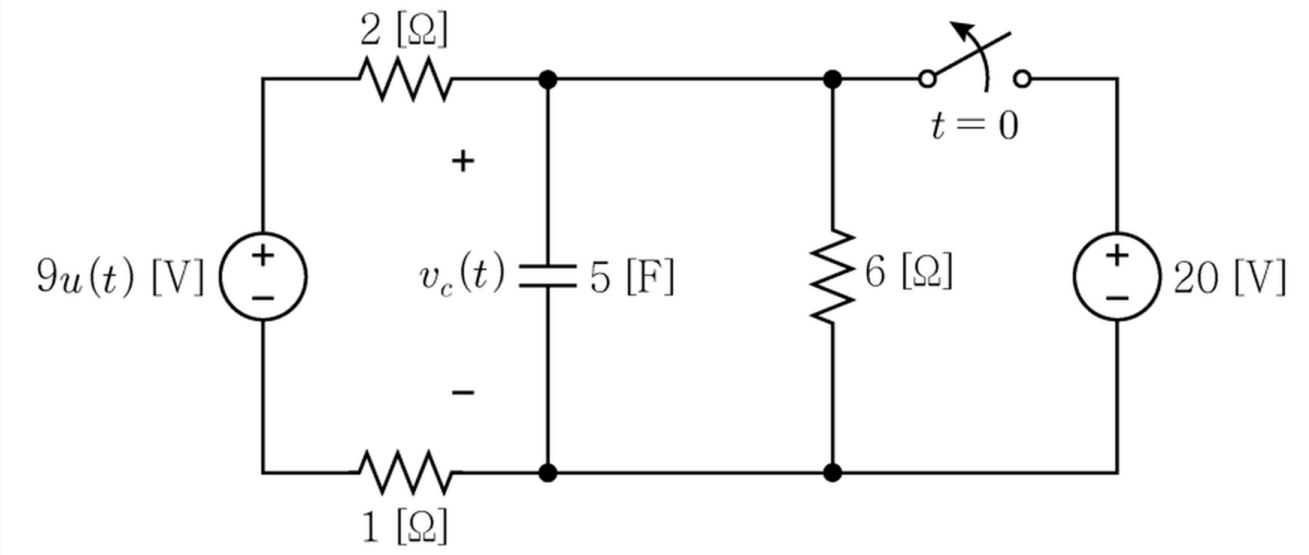
비정현파 실효치 문제는 먼저 직류분과 각 고조파의 개별 실효치를 읽어 낸 뒤, 서로 다른 성분은 선형합이 아니라 제곱합의 제곱근으로 결합한다고 판단하면 된다.

암기 포인트

직류는 그대로, $a\sqrt{2}\sin$의 실효치는 a, 전체 비정현파 실효치는 각 성분 실효치의 제곱합의 제곱근이다.

NoteBase

문 16. 다음 회로에서 스위치가 $t = 0[sec]$에서 열린다. $t > 0[sec]$에서 커패시터 양단전압 $v_c(t)$ [V]는? (단, $t < 0[sec]$에서 회로는 정상상태이고, $u(t)$는 단위계단함수이다)



① $6 + 14e^{-0.1t}$

② $6 + 14e^{-10t}$

③ $20 + 14e^{-0.1t}$

④ $20 + 14e^{-10t}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치 동작 후 커패시터가 보는 테브난 등가회로를 구해 1차 RC 응답식으로 $v_c(t)$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 커패시터는 5F이다.
- 우측 전원은 20 V이다.
- 좌측 전원은 $9u(t)$V이므로 $t > 0$에서는 9 V이다.
- 저항은 좌측 가지에 2Ω, 1Ω, 중앙 가지에 6Ω이다.

구해야 할 값:
- $t > 0$에서의 커패시터 전압 $v_c(t)$이다.

주의할 조건:
- 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로 $v_c(0^+) = v_c(0^-)$이다.

NoteBase

사용할 공식

1차 RC 회로의 응답식은 $v_c(t) = v_c(\infty) + (v_c(0^+) - v_c(\infty))e^{-t/\tau}$
이고, 시정수는 $\tau = R_{th}C$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치가 열린 뒤 커패시터가 보는 나머지 회로를 테브난 등가로 바꾸면 1차 RC 강제응답 형태가 되기 때문이다.

계산 과정

1. $t < 0$에서는 스위치가 닫혀 있고 회로가 정상상태이므로 커패시터는 개방회로처럼 동작한다. 또한 단위계단함수는 $t < 0$에서 0이므로 좌측 전원 $9u(t)$는 $9 \times 0 = 0$V가 되어 좌측 전원은 비활성 상태이다. 따라서 $t < 0$에서는 닫힌 스위치를 통해 연결된 우측의 20 V 전원만 작용하며, 이 전원이 커패시터가 연결된 상단 노드를 직접 20 V로 고정한다. 그 결과 $v_c(0^-) = 20$V이고, 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로 $v_c(0^+) = 20$V이다.
2. $t > 0$에서 스위치가 열리면 우측 20 V 전원은 분리되고, 좌측의 9 V 전원과 저항들만 남는다. 커패시터를 개방한 최종상태 전압을 V라 두면 좌측 가지 전류는 $(V - 9)/3$, 6Ω 가지 전류는 $V/6$이므로
$\frac{V-9}{3} + \frac{V}{6} = 0$
$2(V - 9) + V = 0 \Rightarrow 3V = 18 \Rightarrow V = 6$
따라서 $v_c(\infty) = 6$V이다.
3. 시정수를 구하기 위해 $t > 0$의 독립전원 9 V를 0으로 두면 좌측 가지는 $(2 + 1)\Omega = 3\Omega$가 되고, 이것이 6Ω와 병렬이므로
$R_{th} = 3 \parallel 6 = 2\Omega$
$\tau = R_{th}C = 2 \times 5 = 10$s
이다.
4. 따라서
$v_c(t) = 6 + (20 - 6)e^{-t/10} = 6 + 14e^{-0.1t}$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- 계산 결과가 $v_c(t) = 6 + 14e^{-0.1t}$이므로 옳다. $t = 0$에서 20이 되고 $t \to \infty$에서 6으로 수렴하는 조건도 모두 만족한다.

② X

- 지수항이 e^{-10t}이면 시정수가 $\tau = 0.1\text{s}$인 경우가 된다. 실제 시정수는 $\tau = 10\text{s}$이므로 지수부가 잘못되었다.
- 틀린 표현은 e^{-10t}이고, 올바르게는 $e^{-0.1t}$이다. 따라서 올바른 식은 $6 + 14e^{-0.1t}$이다.

③ X

- 상수항 20은 초기값을 최종값으로 착각한 식이다. 이 식은 $t \to \infty$에서 20으로 수렴하고 $t = 0$에서 34가 되어 회로 조건과 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 상수항 20이고, 올바르게는 최종값 6이 들어가야 한다. 따라서 올바른 식은 $6 + 14e^{-0.1t}$이다.

④ X

- 상수항 20도 잘못되었고 지수항 e^{-10t}도 잘못되었다. 초기값과 최종값, 시정수를 모두 잘못 넣은 식이다.
- 틀린 표현은 상수항 20과 e^{-10t}이고, 올바르게는 최종값 6과 지수항 $e^{-0.1t}$를 써서 $6 + 14e^{-0.1t}$가 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 초기값 20과 최종값 6을 뒤바꾸는 실수, 그리고 R_{th}를 구한 뒤 $\tau = R_{th}C$를 10이 아니라 0.1로 잘못 읽는 실수이다. ③, ④는 초기값과 최종값을 혼동한 오답이고, ②, ④는 시정수 지수부를 반대로 쓴 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

스위치가 있는 RC 회로는 먼저 $t < 0$의 정상상태에서 초기값을 잡고, 그다음 $t > 0$ 회로에서 커패시터를 떼어 최종값 $v(\infty)$를 구한 뒤, 독립전원을 제거하여 R_{th}와 τ를 계산해서 최종값+(초기값-최종값)e^-t/τ 형태로 정리하면 된다.

암기 포인트

1차 RC 응답은 $v(t) = v(\infty) + (v(0^+) - v(\infty))e^{-t/\tau}$, 시정수는 $\tau = R_{th}C$이다.

NoteBase

문 17. 다음 함수 $F(s)=\frac{s^2+4}{(s+2)(s^2+4s+8)}$의 라플라스 역변환으로 옳은 것은? (단, $u(t)$는 단위계단함수이다)

① $[2e^{-t}\cos(t)+2e^{-t}\sin(t)+2e^{-2t}]u(t)$

② $[-e^{-t}\cos(2t)-e^{-t}\sin(2t)+2e^{-2t}]u(t)$

③ $[e^{-2t}\cos(2t)+e^{-2t}\sin(2t)+2e^{-2t}]u(t)$

④ $[-e^{-2t}\cos(2t)-2e^{-2t}\sin(2t)+2e^{-2t}]u(t)$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 부분분수 전개 후 이동정리와 cos, sin의 라플라스 역변환 공식을 적용해 시간영역 함수를 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 함수는 $F(s)=\frac{s^2+4}{(s+2)(s^2+4s+8)}$이다.
구해야 할 값은 $F(s)$의 라플라스 역변환 $f(t)$이다.
$s^2+4s+8=(s+2)^2+2^2$로 완전제곱을 만들어 지수감쇠 e^{-2t}와 각주파수 2를 읽어야 한다.

사용할 공식

$F(s)=\frac{2}{s+2}-\frac{s+6}{s^2+4s+8}=\frac{2}{s+2}-\frac{(s+2)+4}{(s+2)^2+2^2}$
$\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{s+a}\right\}=e^{-at}u(t),\quad \mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{s+a}{(s+a)^2+b^2}\right\}=e^{-at}\cos btu(t),\quad \mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{b}{(s+a)^2+b^2}\right\}=e^{-at}\sin btu(t)$
분모가 $(s+2)^2+2^2$ 꼴이므로 이동된 cos, sin 공식을 그대로 쓰는 상황이다.

NoteBase

계산 과정

먼저 부분분수 전개를 하면

$(s^2+4) = A(s^2+4s+8) + (Bs+C)(s+2)$

에서 $s=-2$를 대입하면 $8=4A$이므로 $A=2$, s^2 계수 비교로 $1=A+B$에서 $B=-1$, 상수항 비교로 $4=8A+2C$에서 $C=-6$이다.

따라서

$F(s) = \frac{2}{s+2} + \frac{-s-6}{s^2+4s+8} = \frac{2}{s+2} - \frac{s+6}{(s+2)^2+2^2}$

이다.

이를 역변환하면

$\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{2}{s+2}\right\} = 2e^{-2t}u(t)$

$\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{s+2}{(s+2)^2+2^2}\right\} = e^{-2t}\cos(2t)u(t)$

$\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{4}{(s+2)^2+2^2}\right\} = 2e^{-2t}\sin(2t)u(t)$

이므로

$f(t) = [-e^{-2t}\cos(2t) - 2e^{-2t}\sin(2t) + 2e^{-2t}]u(t)$

가 된다.

선지별 해설

① X

-2가 중복되지 않은 실극과 $-2 \pm j2$의 복소극을 가져야 하므로 시간응답은 모두 e^{-2t}를 공통인수로 가져야 한다. 이 선지는 $e^{-t}\cos t$, $e^{-t}\sin t$를 써서 감쇠율과 각주파수를 모두 잘못 읽었다. 틀린 표현은 $e^{-t}\cos t$, $e^{-t}\sin t$이고, 올바르게는 $-e^{-2t}\cos 2t$, $-2e^{-2t}\sin 2t$가 포함되어야 한다.

② X

각주파수 2는 맞지만 분모의 이동이 $s+2$이므로 감쇠인자는 e^{-t}가 아니라 e^{-2t}이다. 틀린 표현은 $e^{-t}\cos 2t$, $e^{-t}\sin 2t$이고, 올바르게는 $-e^{-2t}\cos 2t$, $-2e^{-2t}\sin 2t$이다.

③ X

감쇠인자 e^{-2t}와 각주파수 2는 맞지만 부호와 계수가 틀렸다. $-\frac{s+6}{(s+2)^2+2^2}$에서 cos항은 음수, sin항의 계수는 -2가 되어야 한다. 틀린 표현은 $+e^{-2t}\cos 2t$, $+e^{-2t}\sin 2t$이고, 올바르게는 $-e^{-2t}\cos 2t$, $-2e^{-2t}\sin 2t$이다.

④ O

$\frac{2}{s+2}$는 $2e^{-2t}$, $-\frac{s+2}{(s+2)^2+2^2}$는 $-e^{-2t}\cos 2t$, $-\frac{4}{(s+2)^2+2^2}$는 $-2e^{-2t}\sin 2t$로 역변환된다. 세 항을 합치면 $[-e^{-2t}\cos(2t) - 2e^{-2t}\sin(2t) + 2e^{-2t}]u(t)$가 되어 옳다.

NoteBase

오답 포인트

완전제곱을 만든 뒤 $(s+a)^2+b^2$에서 a를 감쇠율, b를 각주파수로 읽지 못하면 ①, ②처럼 지수나 주파수를 틀리기 쉽다. 또 $\frac{4}{(s+2)^2+2^2}$를 $2\frac{2}{(s+2)^2+2^2}$로 보지 않으면 ③처럼 sin항 계수 2를 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

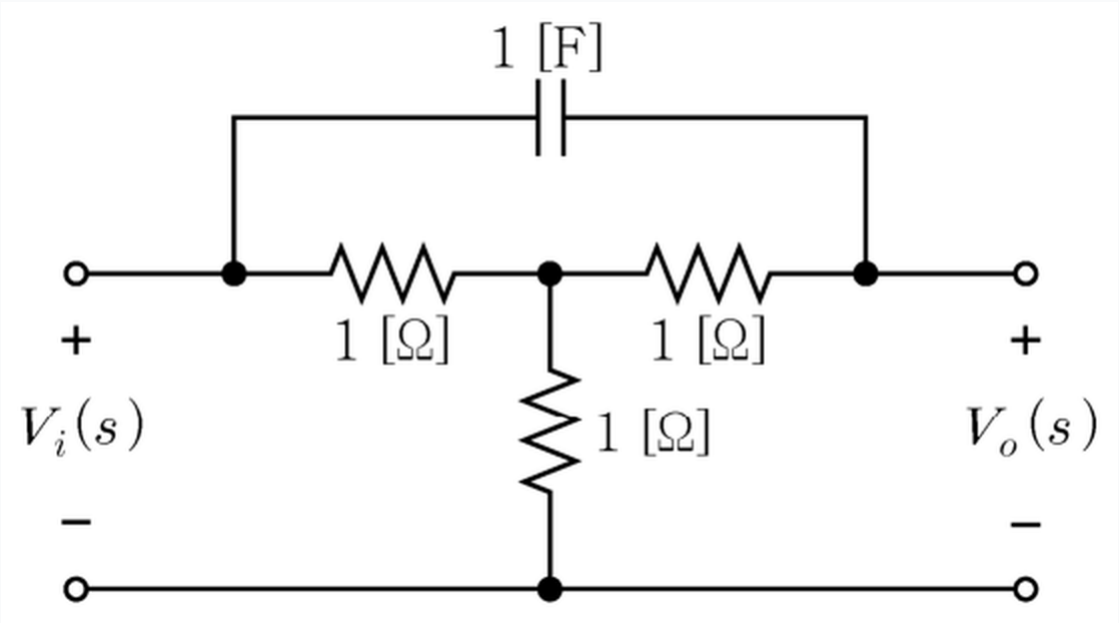
라플라스 역변환 선택지는 먼저 분모를 완전제곱으로 바꿔 극의 위치를 읽고, 다음에 부분분수 전개로 $\frac{1}{s+a}$, $\frac{s+a}{(s+a)^2+b^2}$, $\frac{b}{(s+a)^2+b^2}$ 꼴로 나눈 뒤 감쇠율, 주파수, 부호, sin항 계수를 순서대로 대조하면 된다.

암기 포인트

$(s+a)^2+b^2$는 $e^{-at}(\cos bt,\ \sin bt)$로 읽고, 분자 상수는 b와 맞춰 sin항 계수를 다시 맞춘다.

NoteBase

문 18. 다음 회로의 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는?



① $\frac{s+2}{s+3}$

② $\frac{s+2}{2s+3}$

③ $\frac{2s+1}{3s+2}$

④ $\frac{3s+1}{3s+2}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 회로의 노드방정식을 세워 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 저항은 모두 1Ω, 커패시터는 $1F$이다.
구해야 할 값: $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$이다.
주의할 조건: 커패시터의 어드미턴스는 $sC=s$이고, 입력 노드 전압은 V_i, 출력 노드 전압은 V_o, 가운데 노드 전압은 V_b로 둔다.

NoteBase

사용할 공식

노드해석을 적용하면 된다.

$\sum I = 0$

가운데 노드에서는

$(V_b - V_i) + (V_b - V_o) + V_b = 0$

출력 노드에서는

$(V_o - V_b) + s(V_o - V_i) = 0$

가 된다.

이 공식을 쓰는 이유는 독립전압원 때문에 입력 노드 전압 V_i가 바로 주어지고, 나머지 노드 전압을 미지수로 두면 전달함수를 가장 직접적으로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 가운데 노드에서

$3V_b - V_i - V_o = 0$

이므로

$V_b = \frac{V_i + V_o}{3}$

이다.

2. 출력 노드에서

$(V_o - V_b) + s(V_o - V_i) = 0$

이므로

$(1 + s)V_o - V_b - sV_i = 0$

이다.

3. 여기에 $V_b = \frac{V_i + V_o}{3}$를 대입하면

$(1 + s)V_o - \frac{V_i + V_o}{3} - sV_i = 0$

$(3 + 3s)V_o - (V_i + V_o) - 3sV_i = 0$

$(2 + 3s)V_o = (1 + 3s)V_i$

이므로

$H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{3s + 1}{3s + 2}$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 전달함수는 $\frac{3s+1}{3s+2}$이다.
- ①의 $\frac{s+2}{s+3}$는 분자의 상수항과 분모의 s 계수가 모두 맞지 않는다. 올바르게는 $\frac{3s+1}{3s+2}$이다.

② X
- ②의 $\frac{s+2}{2s+3}$도 계산된 전달함수와 다르다.
- 분자와 분모의 계수가 모두 뒤바뀌어 있다. 올바르게는 $\frac{3s+1}{3s+2}$이다.

③ X
- ③의 $\frac{2s+1}{3s+2}$는 분모는 같지만 분자의 s 계수가 2로 되어 있어 틀리다.
- 출력 노드와 가운데 노드의 연립 결과 분자는 $1+3s$가 되어야 하므로 올바르게는 $\frac{3s+1}{3s+2}$이다.

④ O
- 연립한 노드방정식을 정리하면 $H(s)=\frac{3s+1}{3s+2}$가 된다.
- 보기 ④가 계산 결과와 정확히 일치한다.

오답 포인트

가운데 노드의 접지 저항 전류 V_b를 빼먹으면 노드방정식 자체가 달라진다. 또 커패시터 전류를 $s(V_o-V_i)$로 두지 않고 단순 저항처럼 처리하면 분자와 분모의 s 계수가 틀어지기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

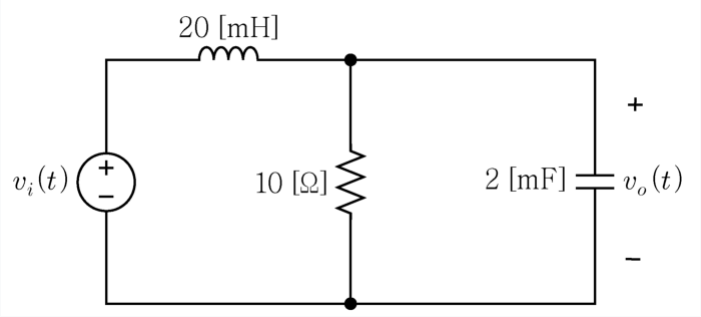
전달함수 회로문제는 입력전압이 이미 정해진 노드를 기준으로 나머지 노드 전압을 두고, 각 노드의 전류합을 0으로 놓아 연립한 뒤 마지막에 $\frac{V_o}{V_i}$만 정리하면 된다.

암기 포인트

저항-커패시터 혼합 회로의 전달함수는 임피던스 변환보다 노드방정식이 가장 안전하며, 커패시터는 $Y_C=sC$로 바로 넣는 방식이 빠르다.

NoteBase

문 19. 다음 회로의 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$에서 주파수응답 $H(j\omega)$는? (단, 입력전압 $v_i(t)$는 각주파수가 $\omega=100[rad/sec]$인 정현파 전압원이고, $V_i(s)$와 $V_o(s)$는 각각 $v_i(t)$와 $v_o(t)$의 라플라스 변환이다)



① $1.5-j0.5$

② $1.5+j0.5$

③ $3-j1.5$

④ $3+j1.5$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 인덕터의 직렬 임피던스와 저항-커패시터 병렬 임피던스를 구한 뒤 전압분배로 $H(j\omega)$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $L=20\text{mH}=0.02\text{H}$, $R=10\Omega$, $C=2\text{mF}=0.002\text{F}$, $\omega=100\text{rad/s}$이다.
구해야 할 값은 커패시터 양단 전압의 주파수응답 $H(j\omega)=V_o/V_i$이다.
출력은 병렬 R-C 가지 전체에 걸린 전압이므로 전압분배를 적용해야 한다.

사용할 공식

사용할 식은 다음과 같다.
$Z_L=j\omega L,\quad Z_C=\frac{1}{j\omega C},\quad Z_p=R\parallel Z_C,\quad H(j\omega)=\frac{Z_p}{Z_L+Z_p}$
이 공식을 쓰는 이유는 인덕터가 직렬로 연결되고, 출력이 저항과 커패시터의 병렬망 양단에서 측정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 인덕터와 커패시터 임피던스를 구하면
$Z_L = j\omega L = j(100)(0.02) = j2, \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j(100)(0.002)} = \frac{1}{j0.2} = -j5$
이다.
2. 병렬 임피던스는
$Z_p = 10 \parallel (-j5) = \frac{10(-j5)}{10 - j5} = 2 - j4$
이다.
3. 따라서 주파수응답은
$H(j\omega) = \frac{Z_p}{Z_L + Z_p} = \frac{2 - j4}{j2 + (2 - j4)} = \frac{2 - j4}{2 - j2} = 1.5 - j0.5$
이다.

선지별 해설

① O
계산 결과가 정확히 $H(j\omega) = 1.5 - j0.5$이므로 옳다.

② X
허수부의 부호가 틀렸다. $Z_C = 1/(j\omega C) = -j5$이므로 병렬 임피던스와 최종 전달함수의 허수부는 음수가 된다. 틀린 값 $1.5 + j0.5$가 아니라 올바르게는 $1.5 - j0.5$이다.

③ X
크기가 2배 크게 계산된 값이다. 출력은 병렬망 임피던스 자체가 아니라 직렬 인덕터까지 포함한 전압분배 결과이다. 틀린 값 $3 - j1.5$가 아니라 올바르게는 $1.5 - j0.5$이다.

④ X
허수부 부호도 틀리고 크기도 2배 크게 계산된 값이다. 커패시터 임피던스의 부호와 전압분배를 함께 잘못 적용한 경우의 오답이다. 틀린 값 $3 + j1.5$가 아니라 올바르게는 $1.5 - j0.5$이다.

오답 포인트

커패시터 임피던스를 $1/(j\omega C) = -j/(\omega C)$로 보지 않고 부호를 반대로 쓰기 쉽다. 또 출력전압이 병렬망 전압이라는 점을 놓치고 병렬 임피던스 자체를 답으로 착각하면 크기가 크게 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

교류 회로 전달함수 문제는 먼저 출력이 걸리는 소자를 확인하고, 각 소자의 임피던스를 복소수로 바꾼 뒤, 직렬-병렬 합성 후 전압분배 또는 전류분배를 적용하는 순서로 판단한다.

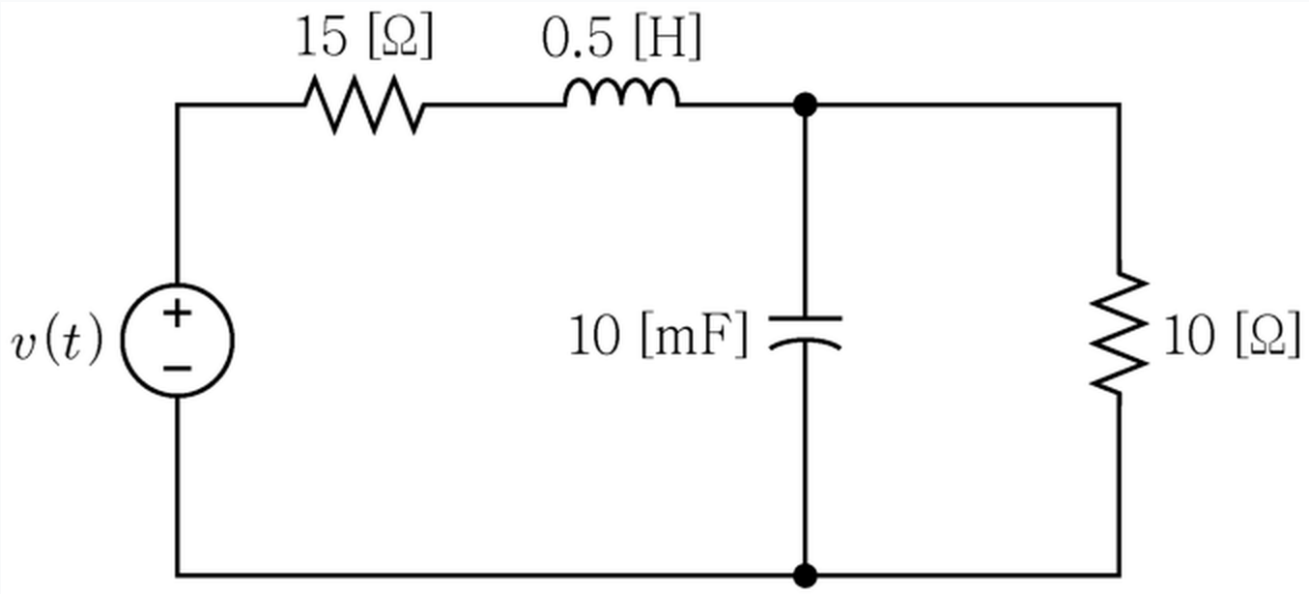
NoteBase

암기 포인트

커패시터 임피던스는 $Z_C = 1/(j\omega C) = -j/(\omega C)$이고, 출력이 병렬망 양단이면 $H = Z_{\text{load}}/(Z_{\text{series}} + Z_{\text{load}})$ 형태가 된다.

NoteBase

문 20. 다음 회로의 저항 10 [Ω]에서 소비되는 평균전력 [W]은? (단, v(t) = 100cos(10t) [V]이다)



① 35.5

② 62.5

③ 87.0

④ 122.5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 교류 정상상태에서 인덕터와 커패시터의 임피던스를 구한 뒤, 10[Ω] 저항 양단의 실효전압으로 평균전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $v(t) = 100\cos(10t)[V]$, $R_1 = 15[\Omega]$, $L = 0.5[H]$, $C = 10[mF]$, 부하 저항 $R = 10[\Omega]$이다.
구해야 할 값은 10[Ω] 저항에서 소비되는 평균전력이다.
주의할 조건은 전원식의 100이 최대값이므로 전력 계산에는 실효값을 써야 한다는 점이다.

사용할 공식

$Z_L = j\omega L, \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C}, \quad P = \frac{V_{rms}^2}{R}$
병렬 연결된 커패시터와 10[Ω] 저항의 등가임피던스를 먼저 구하고, 그 병렬부의 실효전압을 구하면 저항의 평균전력을 바로 계산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

각주파수는 $\omega = 10$이므로 $Z_L = j\omega L = j(10)(0.5) = j5[\Omega]$, $Z_C = \frac{1}{j(10)(0.01)} = -j10[\Omega]$이다.
10[Ω] 저항과 커패시터의 병렬임피던스는 $Z_p = 10 \parallel (-j10) = \frac{10(-j10)}{10-j10} = 5 - j5[\Omega]$이다.
전체 임피던스는 $Z_{\text{tot}} = 15 + j5 + (5 - j5) = 20[\Omega]$로 순저항이 된다.
전원의 실효값은 V_s=(100)/(2) [V]이므로 전체 전류의 실효값은 I=(V_s)/(20)=(100/2)/(20)=(5)/(2) [A]이다.
병렬부 실효전압은 |Z_p|=√(5^2+(-5)^2)=52 [Ω]이므로 V_R=I|Z_p|=(5)/(2)·52=25 [V]이다.
따라서 10[Ω] 저항의 평균전력은 $P = \frac{V_R^2}{R} = \frac{25^2}{10} = 62.5[W]$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 평균전력은 35.5[W]가 아니라 62.5[W]이다. 35.5는 병렬부 전압의 최대값 252 [V]를 전력식에 그대로 넣거나 실효값 변환을 잘못할 때 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현은 "평균전력이 35.5[W]이다"이고, 올바르게는 "평균전력은 62.5[W]이다"이다.
② O: 병렬부의 실효전압이 25[V]이므로 10[Ω] 저항의 평균전력은 $25^2/10 = 62.5[W]$이다. 저항의 평균전력은 실효전압 기준으로 계산하므로 이 선지가 맞다.
③ X: 계산 결과 평균전력은 87.0[W]가 아니라 62.5[W]이다. 87.0은 병렬부가 아니라 다른 소자의 전압이나 전류를 섞어 쓰면 나올 수 있는 오답값이다. 틀린 표현은 "평균전력이 87.0[W]이다"이고, 올바르게는 "평균전력은 62.5[W]이다"이다.
④ X: 계산 결과 평균전력은 122.5[W]가 아니라 62.5[W]이다. 122.5는 전체 회로 전력과 분기 저항 전력을 혼동하거나 병렬부 전압을 과대평가할 때 생기는 오답이다. 틀린 표현은 "평균전력이 122.5[W]이다"이고, 올바르게는 "평균전력은 62.5[W]이다"이다.

오답 포인트

전원식의 계수 100을 바로 전력 계산에 넣는 실수가 가장 흔하다. 이 문제는 최대값과 실효값을 구분해야 하며, 10[Ω] 저항의 전압은 전원 전체 전압이 아니라 병렬부 전압이라는 점도 함께 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

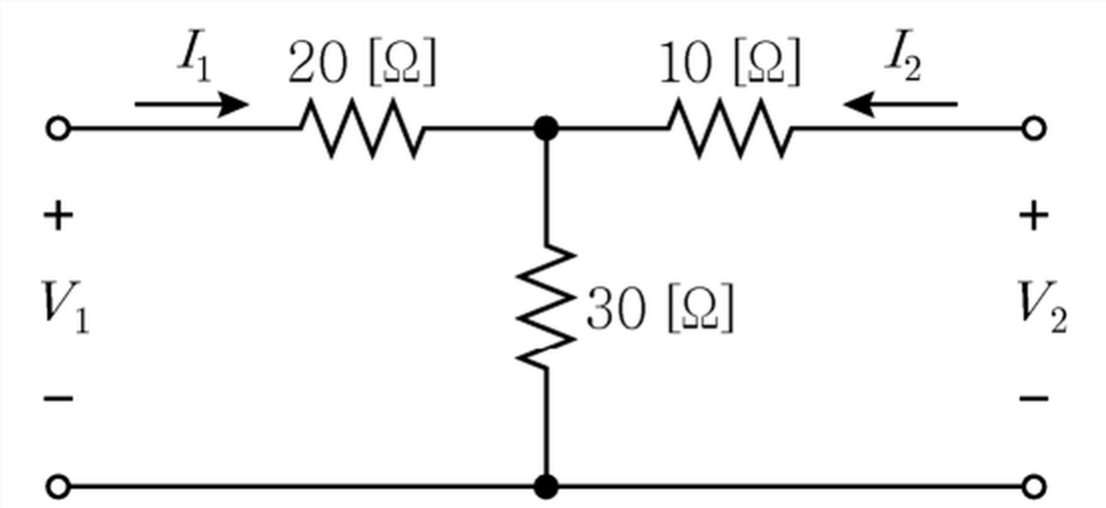
교류 전력 문제는 먼저 ω로 각 소자의 임피던스를 구하고, 직렬·병렬 합성으로 대상 저항의 전압 또는 전류를 찾은 뒤, 마지막에 실효값 기준으로 $P = V_{\text{rms}}^2/R$ 또는 $P = I_{\text{rms}}^2 R$를 적용하면 된다.

암기 포인트

평균전력은 저항에서만 소모되며, 계산에는 최대값이 아니라 실효값을 쓴다.

NoteBase

문 21. 다음 T형 회로의 임피던스 파라미터[Ω]를 바르게 연결한 것은?



① z_{11}: 30, z_{12}: 40, z_{21}: 50, z_{22}: 30

② z_{11}: 30, z_{12}: 50, z_{21}: 40, z_{22}: 30

③ z_{11}: 50, z_{12}: 30, z_{21}: 30, z_{22}: 40

④ z_{11}: 50, z_{12}: 30, z_{21}: 30, z_{22}: 50

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 T형 2포트 회로에서 개방조건 $I_2 = 0$, $I_1 = 0$을 적용해 임피던스 파라미터 $z_{11}, z_{12}, z_{21}, z_{22}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로는 좌측 직렬 20Ω, 중앙 접지 저항 30Ω, 우측 직렬 10Ω의 T형 회로이다.
정의는 $z_{11} = \frac{V_1}{I_1}\Big|_{I_2=0}$, $z_{12} = \frac{V_1}{I_2}\Big|_{I_1=0}$, $z_{21} = \frac{V_2}{I_1}\Big|_{I_2=0}$, $z_{22} = \frac{V_2}{I_2}\Big|_{I_1=0}$이다.

사용할 공식

개방된 포트의 전류는 0이므로 그 포트 쪽 직렬 저항에는 전류가 흐르지 않는다.
따라서 대각성분은 자기 포트의 직렬저항과 중앙 30Ω의 합이고, 비대각성분은 중앙 30Ω에 걸리는 전압만 남는다.

NoteBase

계산 과정

1. $I_2 = 0$이면 우측 10Ω에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 $z_{11} = 20 + 30 = 50\Omega$이다.
2. 같은 조건에서 우측 포트 전압 V_2는 10Ω 전압강하가 0이므로 중앙 30Ω 전압과 같아서 $z_{21} = 30\Omega$이다.
3. $I_1 = 0$이면 좌측 20Ω에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 $z_{22} = 10 + 30 = 40\Omega$이고, 좌측 포트 전압 V_1는 중앙 30Ω 전압과 같아서 $z_{12} = 30\Omega$이다.
4. 따라서 Z 파라미터는 $z_{11} = 50\Omega$, $z_{12} = 30\Omega$, $z_{21} = 30\Omega$, $z_{22} = 40\Omega$이다.

선지 판단

① X: 제시값은 $z_{11} = 30$, $z_{12} = 40$, $z_{21} = 50$, $z_{22} = 30$이다. 실제값은 50, 30, 30, 40이므로 네 항목이 모두 맞지 않는다. 틀린 연결 → 올바르게는 $z_{11} = 50$, $z_{12} = 30$, $z_{21} = 30$, $z_{22} = 40$이다.
② X: 제시값은 $z_{11} = 30$, $z_{12} = 50$, $z_{21} = 40$, $z_{22} = 30$이다. 개방된 포트의 직렬저항에는 전류가 흐르지 않는다는 조건을 놓치면 나오는 배열이다. 틀린 연결 → 올바르게는 $z_{11} = 50$, $z_{12} = 30$, $z_{21} = 30$, $z_{22} = 40$이다.
③ O: $z_{11} = 50$, $z_{12} = 30$, $z_{21} = 30$, $z_{22} = 40$으로 계산 결과와 정확히 일치한다.
④ X: $z_{11} = 50$, $z_{12} = 30$, $z_{21} = 30$까지는 맞지만 $z_{22} = 50$이 틀리다. $I_1 = 0$일 때 우측에서 보이는 임피던스는 10Ω과 30Ω의 합인 40Ω이다. 틀린 표현 $z_{22} = 50$ → 올바르게는 $z_{22} = 40$이다.

오답 포인트

개방조건을 걸었을 때 그 포트의 직렬저항에 전류가 흐르지 않는다는 점을 놓치면 z_{12}, z_{21}를 40Ω이나 50Ω처럼 잘못 잡기 쉽다. 특히 대각성분은 자기 쪽 직렬저항과 30Ω의 합, 비대각성분은 중앙 30Ω이라는 구조를 분리해서 보아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

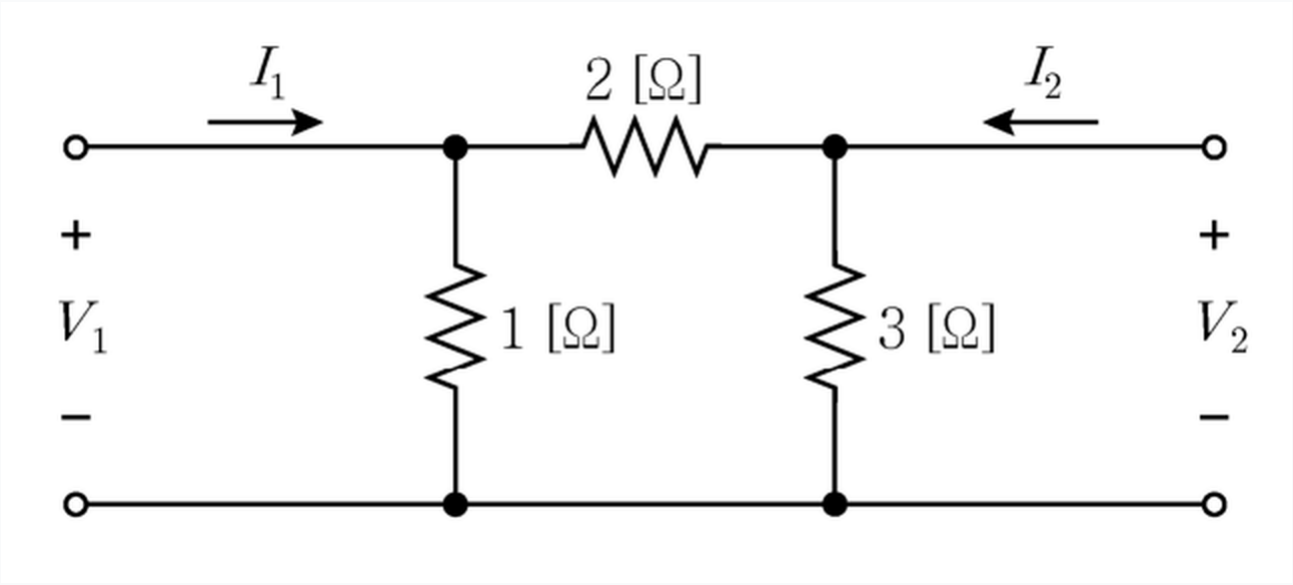
T형 회로의 z파라미터는 먼저 정의식에 따라 반대쪽 포트를 개방하고, 전류가 0이 된 직렬 가지를 지운 뒤 남는 직렬합과 중앙 가지 전압을 읽으면 된다. 대각성분은 자기 포트 입력임피던스, 비대각성분은 중앙 가지 전압이라는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

T형 회로의 z파라미터는 대각성분 = 자기 쪽 직렬저항 + 중앙저항, 비대각성분 = 중앙저항이다.

NoteBase

문 22. 다음 회로에서 어드미턴스 파라미터 [S] 중 옳지 않은 것은?



① $y_{11} = \frac{3}{2}$
② $y_{12} = -\frac{1}{2}$
③ $y_{21} = -\frac{1}{2}$
④ $y_{22} = \frac{2}{3}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 2포트 저항회로의 절점 전류식을 세워 어드미턴스 파라미터 y_{ij}를 읽어내는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 1번 포트에서 접지로 1Ω
- 2번 포트에서 접지로 3Ω
- 두 포트 사이에 2Ω

구해야 할 값:
- 어드미턴스 행렬의 각 원소

주의할 조건:
- 포트 전류 I_1, I_2는 모두 포트 안으로 들어가는 방향으로 정의되어 있다.

NoteBase

사용할 공식

어드미턴스 파라미터는 $I_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2, I_2 = y_{21}V_1 + y_{22}V_2$의 계수로 읽는다. 절점 전류식으로 각 포트 전류를 V_1, V_2의 일차식으로 쓰면 계수가 그대로 y 파라미터가 된다. 저항은 먼저 컨덕턴스로 바꾸면 $1\Omega \to 1S$, $2\Omega \to \frac{1}{2}S$, $3\Omega \to \frac{1}{3}S$가 된다.

계산 과정

1. 1번 포트 전류는 접지로 흐르는 전류와 2번 포트 쪽으로 흐르는 전류의 합이므로
$I_1 = \frac{V_1}{1} + \frac{V_1 - V_2}{2} = \frac{3}{2}V_1 - \frac{1}{2}V_2$
이다.
2. 2번 포트 전류는 접지로 흐르는 전류와 1번 포트 쪽과의 가지 전류의 합이므로
$I_2 = \frac{V_2}{3} + \frac{V_2 - V_1}{2} = -\frac{1}{2}V_1 + \frac{5}{6}V_2$
이다.
3. 따라서 어드미턴스 파라미터는 $y_{11} = \frac{3}{2}, y_{12} = -\frac{1}{2}, y_{21} = -\frac{1}{2}, y_{22} = \frac{5}{6}$이다.

선지별 해설

① O
- I_1식의 V_1 계수는 $1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$이므로 $y_{11} = \frac{3}{2}$는 옳다.

② O
- 두 포트 사이 공통 가지의 컨덕턴스가 $\frac{1}{2}S$이므로 상호 어드미턴스는 부호가 음수가 되어 $y_{12} = -\frac{1}{2}$가 된다.

③ O
- 수동 저항망은 상호 어드미턴스가 대칭이므로 $y_{21} = y_{12} = -\frac{1}{2}$이다.

④ X
- 틀린 표현은 $y_{22} = \frac{2}{3}$이라는 부분이다. 2번 포트의 자기 어드미턴스는 접지 쪽 $\frac{1}{3}S$와 포트 사이 가지 $\frac{1}{2}S$의 합이므로 $y_{22} = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{5}{6}$이다. 올바르게는 $y_{22} = \frac{5}{6}$이다.

오답 포인트

④는 3Ω의 $\frac{1}{3}S$만 보거나, $\frac{1}{3} + \frac{1}{2}$를 잘못 더해 $\frac{2}{3}$로 계산하는 실수를 노린 선지이다. 자기 어드미턴스는 해당 포트에 직접 연결된 모든 컨덕턴스의 합이라는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

저항 2포트의 y 파라미터는 각 절점에서 보이는 컨덕턴스 합을 대각원소에, 두 절점을 직접 잇는 컨덕턴스를 음수로 비대각원소에 넣으면 빠르게 판단할 수 있다. 즉 y_{ii}는 자기 절점에 붙은 컨덕턴스의 합, y_{ij}는 두 절점 사이 컨덕턴스의 음수이다.

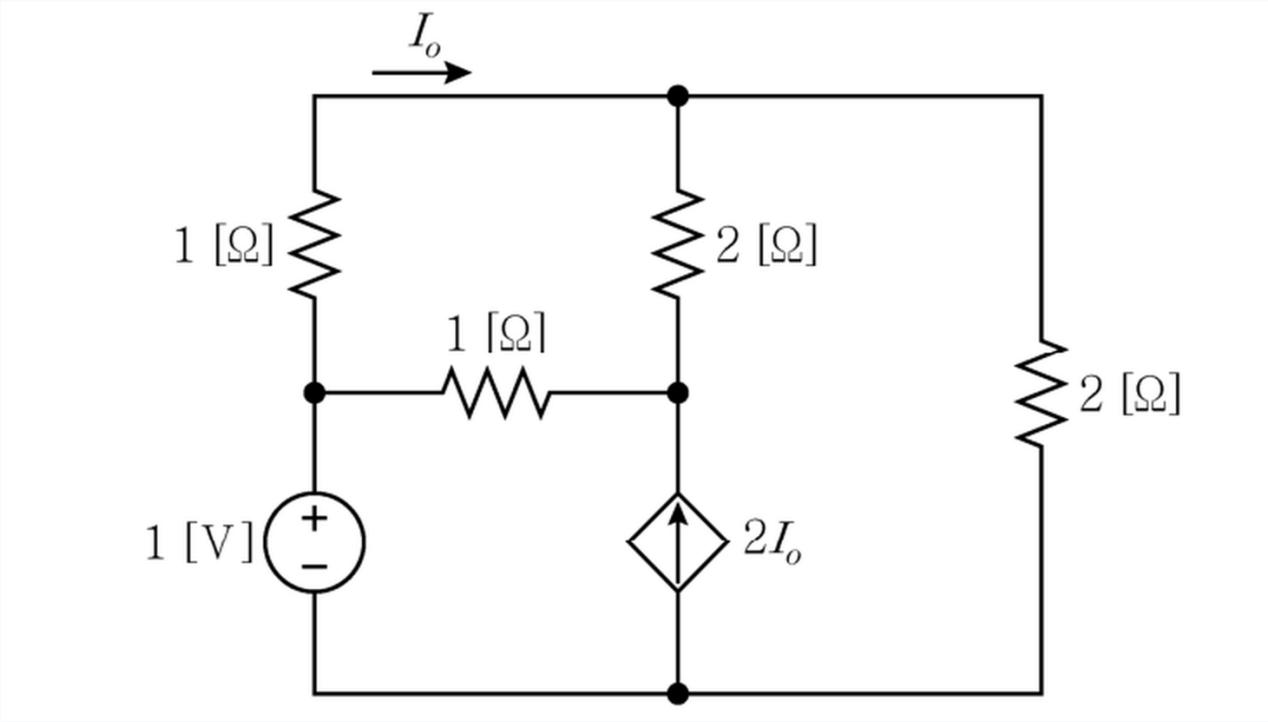
NoteBase

암기 포인트

y 행렬은 대각원소가 컨덕턴스의 합, 비대각원소가 연결 컨덕턴스의 음수라는 절점 어드미턴스 규칙으로 정리된다.

NoteBase

문 23. 다음 회로에서 전류 I_o [A]는?



① 0.1

② 0.2

③ 0.5

④ 1

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 종속전류원이 포함된 회로에서 노드해석으로 I_o를 구하는 계산형 문항이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 전압원 윗단 노드를 $V_A = 1\text{V}$로 둘 수 있고, 저항은 1Ω, 1Ω, 2Ω, 2Ω이다.
구해야 할 값: 위쪽 왼편 도선의 전류 I_o이다.
주의할 조건: I_o는 왼쪽 1Ω 저항을 통해 V_A에서 위쪽 공통노드 V_T로 흐르는 전류이므로 $I_o = \frac{V_A - V_T}{1} = 1 - V_T$이다.

NoteBase

사용할 공식

노드전압법과 KCL을 사용한다.

$I_o = \frac{V_A - V_T}{1}$

위쪽 공통노드 V_T에는 세 가지가 연결된다. 왼쪽 1Ω을 통해 V_A와, 가운데 2Ω을 통해 V_B와 이어지고, 오른쪽 외부 2Ω 가지는 V_T에서 접지로 직접 연결되므로 그 전류 $\frac{V_T}{2}$ 항이 추가된다.

위쪽 노드: (V_T-V_A)/(1)+(V_T-V_B)/(2)+(V_T)/(2)=0

가운데 노드: (V_B-V_T)/(2)+(V_B-V_A)/(1)-2I_o=0

이 공식을 쓰는 이유는 회로에 종속전류원 $2I_o$가 있으므로, 제어전류 I_o를 노드전압으로 바꾼 뒤 각 노드의 전류합을 0으로 두는 방식이 가장 직접적이기 때문이다.

계산 과정

1. $V_A = 1\text{V}$, $I_o = 1 - V_T$로 둔다.

2. 위쪽 노드 KCL에서

$\frac{V_T - 1}{1} + \frac{V_T - V_B}{2} + \frac{V_T}{2} = 0$

이므로

$4V_T - V_B = 2$

를 얻는다.

3. 가운데 노드 KCL에 $I_o = 1 - V_T$를 대입하면

$\frac{V_B - V_T}{2} + (V_B - 1) - 2(1 - V_T) = 0$

이고 정리하면

$V_T + V_B = 2$

가 된다.

4. 두 식을 연립하면 $V_T = 0.8\text{V}$, $V_B = 1.2\text{V}$이다.

5. 따라서

$I_o = 1 - V_T = 1 - 0.8 = 0.2\text{A}$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
계산 결과 $I_o = 0.2\text{A}$이므로 0.1A는 맞지 않는다. 틀린 표현은 수치값 0.1A이고, 올바르게는 0.2A이다.

② O
노드방정식을 풀면 $V_T = 0.8\text{V}$이므로 $I_o = 1 - 0.8 = 0.2\text{A}$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

③ X
0.5A라면 $I_o = 1 - V_T$에서 $V_T = 0.5\text{V}$가 되어야 하는데, 이 값은 위쪽 노드와 가운데 노드의 KCL을 동시에 만족하지 못한다. 틀린 표현은 수치값 0.5A이고, 올바르게는 0.2A이다.

④ X
1A라면 $V_T = 0\text{V}$가 되어야 하지만, 그러면 오른쪽 2Ω 가지와 가운데 2Ω 가지의 전류관계가 성립하지 않는다. 틀린 표현은 수치값 1A이고, 올바르게는 0.2A이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 I_o를 오른쪽 2Ω 저항 전류로 착각하거나, 종속전류원 $2I_o$의 방향부호를 KCL에 반대로 넣는 데 있다. 특히 제어전류를 먼저 $I_o = 1 - V_T$로 바꾸지 않으면 식이 꼬여 0.5A나 1A 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

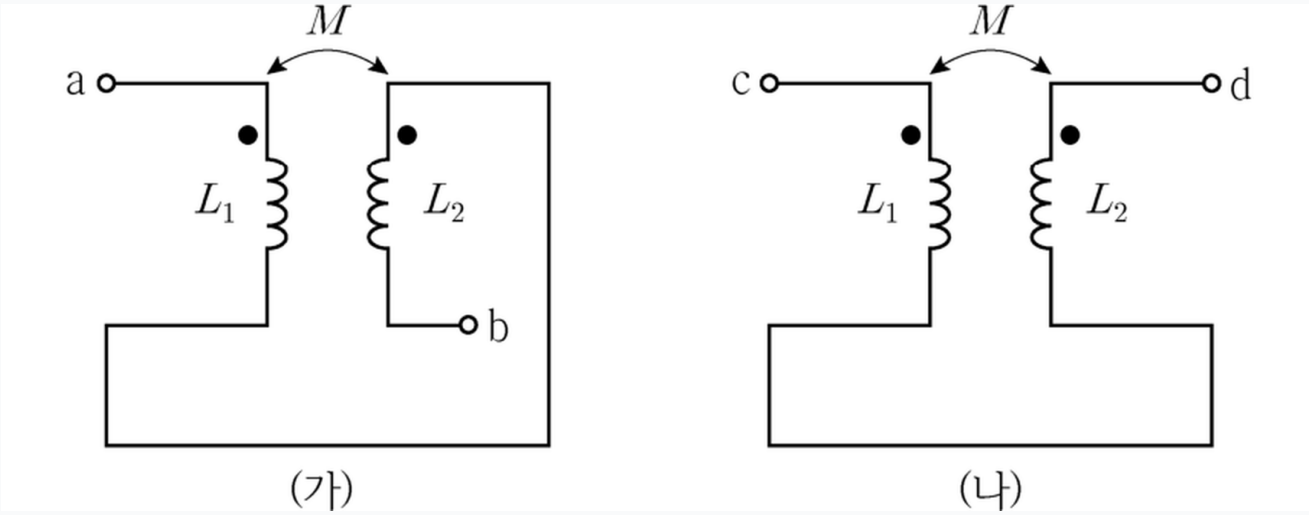
종속원이 있는 회로는 기준노드를 정한 뒤 제어전류 또는 제어전압을 먼저 노드전압 식으로 바꾸고, 각 필수 노드에 KCL을 세워 연립하는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

종속전류원 회로는 제어량을 전압식으로 바꾼 뒤 KCL을 세우면 정답이 바로 정리된다.

NoteBase

문 24. 상호 인덕턴스 M으로 결합되어 있는 두 코일을 그림 (가)와 같이 연결하면 단자 a, b의 등가 인덕턴스는 119 [mH]이며, 그림 (나)와 같이 연결하면 단자 c, d의 등가 인덕턴스는 11 [mH]가 된다. 자기 인덕턴스 $L_1 = 20[mH]$일 때, 결합계수 k는?



① 0.3

② 0.5

③ 0.7

④ 0.9

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 결합 코일의 직렬가산, 직렬감산 등가 인덕턴스 공식을 이용해 상호 인덕턴스와 결합계수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 그림 (가)에서 등가 인덕턴스 119 mH, 그림 (나)에서 등가 인덕턴스 11 mH, $L_1 = 20$mH이다.
구해야 할 값: 결합계수 k이다.
주의할 조건: 그림 (가)는 전류가 두 코일의 점단자로 모두 들어가는 직렬가산 연결이고, 그림 (나)는 한 코일은 점단자로 들어가고 다른 코일은 점단자에서 나오는 직렬감산 연결이다.

NoteBase

사용할 공식

L_가산=L_1+L_2+2M

L_감산=L_1+L_2-2M

$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$

이 공식을 쓰는 이유는 두 회로가 같은 두 코일을 직렬로 연결한 경우이고, 점표시 방향에 따라 상호 인덕턴스 항이 $+2M$ 또는 $-2M$으로 바뀌기 때문이다.

계산 과정

1. 그림 (가), (나)의 식을 세우면 $L_1 + L_2 + 2M = 119, L_1 + L_2 - 2M = 11$이다.
2. 두 식을 더하면 $2(L_1 + L_2) = 130$이므로 $L_1 + L_2 = 65$이다. 두 식을 빼면 $4M = 108$이므로 $M = 27\text{mH}$이다.
3. $L_1 = 20\text{mH}$이므로 $L_2 = 65 - 20 = 45\text{mH}$이다.
4. 따라서 $k = \frac{27}{\sqrt{20 \cdot 45}} = \frac{27}{\sqrt{900}} = \frac{27}{30} = 0.9$이다.

선지 판단

① X: 계산 결과 $k = 0.9$이므로 0.3은 아니다. 틀린 표현은 "k=0.3"이고, 올바르게는 "k=0.9"이다.
② X: 계산 결과 $k = 0.9$이므로 0.5는 아니다. 틀린 표현은 "k=0.5"이고, 올바르게는 "k=0.9"이다.
③ X: 계산 결과 $k = 0.9$이므로 0.7은 아니다. 틀린 표현은 "k=0.7"이고, 올바르게는 "k=0.9"이다.
④ O: $M = 27\text{mH}, L_2 = 45\text{mH}$이어서 $k = \frac{27}{\sqrt{20 \cdot 45}} = 0.9$가 된다. 따라서 옳은 선택지는 ④이다.

오답 포인트

직렬가산과 직렬감산을 구분하지 못해 두 식의 부호를 반대로 쓰면 M과 L_2가 모두 틀어진다. 또 $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$에서 루트를 끝까지 계산하지 않고 $20 \cdot 45 = 900$만 본 뒤 분모를 900으로 착각하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

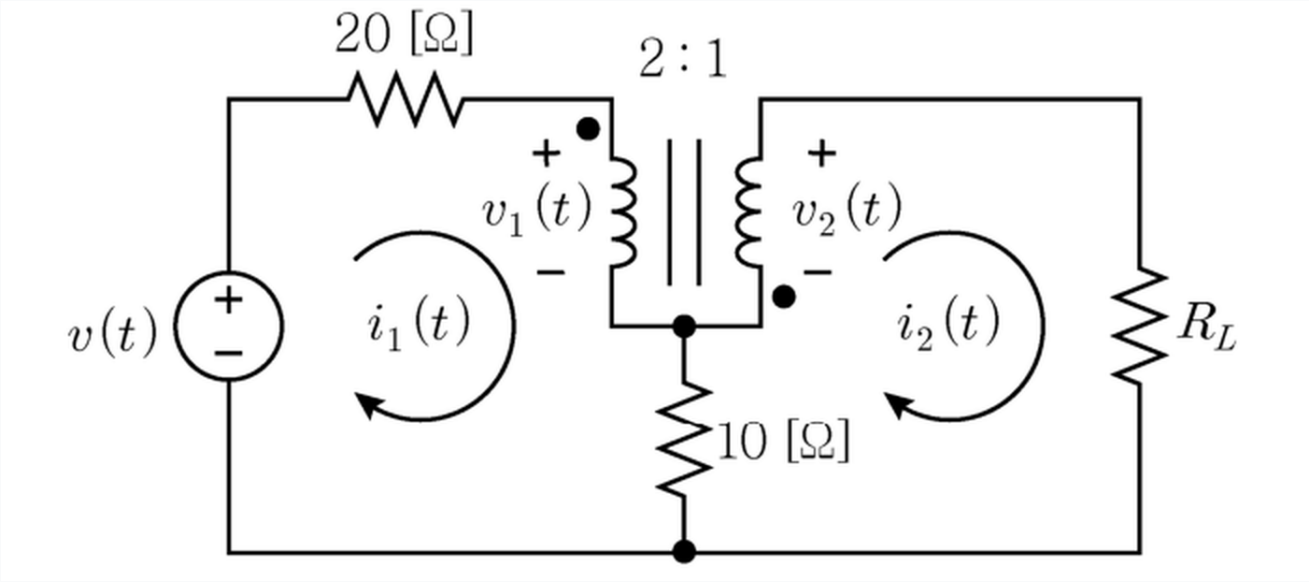
결합 코일 문제는 먼저 점표시를 보고 직렬가산인지 직렬감산인지 판단한 뒤, 두 등가식으로 $L_1 + L_2$와 M을 구하고 마지막에 $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

점단자로 전류가 함께 들어가면 $+2M$, 한쪽은 들어가고 다른 쪽은 나오면 $-2M$이다.

NoteBase

문 25. 다음 회로의 부하저항 R_L에서 소비되는 평균전력[W]은? (단, $R_L = 10[\Omega]$, $v(t) = 150\sqrt{2}\cos(\omega t)[V]$이고, 변압기는 이상적이다)



① 18

② 20

③ 36

④ 40

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상 변압기의 권수비와 점표시 극성을 반영해 R_L 양단의 실효전압을 구한 뒤 평균전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R_L = 10\Omega$, 중앙 저항 10Ω, 1차 직렬저항 20Ω이다.
전원: $v(t) = 150\sqrt{2}\cos(\omega t)$ 이므로 실효값은 $V_s = 150V$이다.
변압기: 이상 변압기이고 권수비는 $N_1 : N_2 = 2 : 1$이다.
주의할 조건: 점표시가 서로 반대 쪽에 있으므로 그림에 표시된 극성 기준으로 $v_1 = -2v_2$ 관계가 성립한다.

NoteBase

사용할 공식

$P_{RL} = V_{RL}^2/R_L$
$V_A - V_B = 2(V_B - V_C)$, $i_s = 2i_p$
이 공식을 쓰는 이유는 부하가 순저항이어서 평균전력이 실효전압의 제곱 나누기 저항으로 계산되고, 이상 변압기는 권수비와 점표시 극성으로 전압·전류 관계가 바로 정해지기 때문이다.
변압기 전압식의 유도: 1차 권선의 v_1은 +단자가 위(노드 A)·-단자가 아래(공통 노드 B)이므로 $v_1 = V_A - V_B$이고, 2차 권선의 v_2는 +단자가 위(노드 C)·-단자가 아래(노드 B)이므로 $v_2 = V_C - V_B$이다. 1차 점표시는 위쪽(A) 단자, 2차 점표시는 아래쪽(B) 단자에 있어 두 점표시 단자가 같은 극성을 가지므로, 점표시 기준 전압비는 $\frac{v_1}{-v_2} = \frac{N_1}{N_2} = 2$가 되어 $V_A - V_B = 2(V_B - V_C)$로 정리된다.
전류식의 유도: 이상 변압기에서 자속이 상쇄되도록 점표시를 기준으로 $N_1 i_p = N_2 i_s$가 성립하므로, $N_1 : N_2 = 2 : 1$이면 $i_s = 2i_p$이다.

계산 과정

0. 점표시 극성 해석 → 전압비 부호 결정 → 노드 전압 관계식 도출의 순서로 정리한다. 1차 v_1의 +단자는 위(노드 A), 2차 v_2의 +단자는 위(노드 C)이며, 점표시는 1차 위쪽·2차 아래쪽에 있어 점표시 기준으로 두 권선 전압의 부호가 반대가 된다. 따라서 $\frac{v_1}{-v_2} = 2$, 즉 $v_1 = -2v_2$이고, $v_1 = V_A - V_B$, $v_2 = V_C - V_B$를 대입하면 $V_A - V_B = 2(V_B - V_C)$가 된다.
1. 부하 상단 노드를 C, 공통 노드를 B, 1차 상단 노드를 A라 두면 R_L 양단 전압은 V_C이다.
2. 2차 권선 전류를 $C \to B$ 방향 i_s, 1차 권선 전류를 $A \to B$ 방향 i_p라 두면 이상 변압기에서 $i_s = 2i_p$이다.
3. 노드 C에서 $i_s + V_C/10 = 0$ 이므로 $i_p = -V_C/20$이다.
4. 1차의 20Ω 저항에서 $i_p = (150 - V_A)/20$ 이므로 $V_A = 150 + V_C$이다.
5. 노드 B에서 $V_B/10 - i_p - i_s = 0$ 이고 $i_s = 2i_p$이므로 $V_B = -1.5V_C$이다.
6. 변압기 전압 관계 $V_A - V_B = 2(V_B - V_C)$에 대입하면 $150 + 2.5V_C = -5V_C$이고, 따라서 $V_C = -20V$이다. 부하전압의 크기는 $20V$이다.
7. 따라서 $P_{RL} = V_C^2/R_L = 20^2/10 = 40W$이다.

선지 판단

① X: R_L의 평균전력을 18 W로 본 값인데, 실제 부하전압 실효값의 크기는 $20V$이므로 $P_{RL} = 40W$이다. 틀린 표현은 "18 W"이고, 올바르게는 "40 W"이다.
② X: 평균전력을 20 W로 본 값인데, 위 회로에서 R_L에는 $20V$가 걸리므로 $20^2/10 = 40W$가 된다. 틀린 표현은 "20 W"이고, 올바르게는 "40 W"이다.
③ X: 평균전력을 36 W로 본 값인데, 권수비와 점표시 극성, 공통 노드의 10Ω 저항까지 함께 반영하면 결과는 $40W$이다. 틀린 표현은 "36 W"이고, 올바르게는 "40 W"이다.
④ O: 부하전압 실효값의 크기가 $20V$이므로 $P_{RL} = 20^2/10 = 40W$가 된다.

NoteBase

오답 포인트

권수비 2:1만 보고 전압만 단순히 절반으로 두거나, 중앙의 10Ω 저항을 단순 직렬·병렬로 처리하면 오답이 나온다. 이 회로는 두 권선의 점표시 극성과 공통 노드의 KCL을 함께 써야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상 변압기 계산 문제는 먼저 전원을 실효값으로 바꾸고, 다음으로 점표시로 전압 부호를 정한 뒤, 마지막에 연결 노드의 KCL 또는 KVL로 부하전압을 구해 $P = V^2/R$로 마무리하면 된다.

암기 포인트

이상 변압기는 권수비만이 아니라 점표시 극성까지 함께 봐야 하며, 순저항 평균전력은 $P = V_{rms}^2/R$이다.