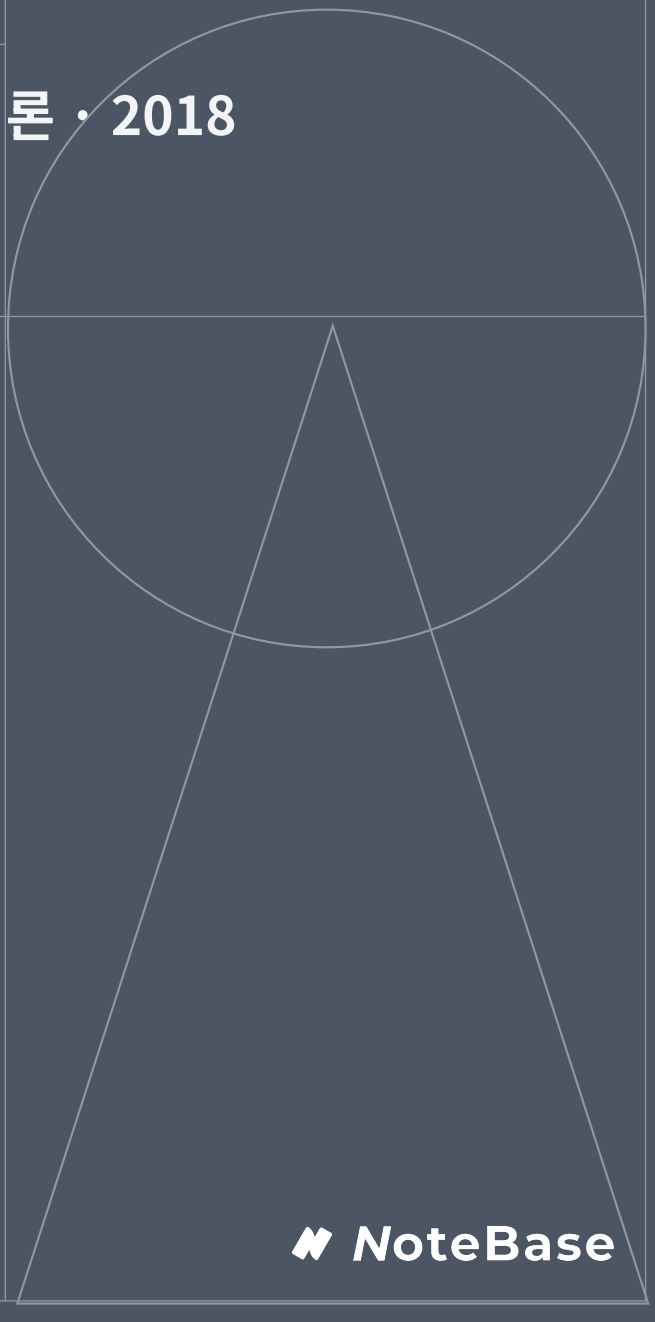
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2018



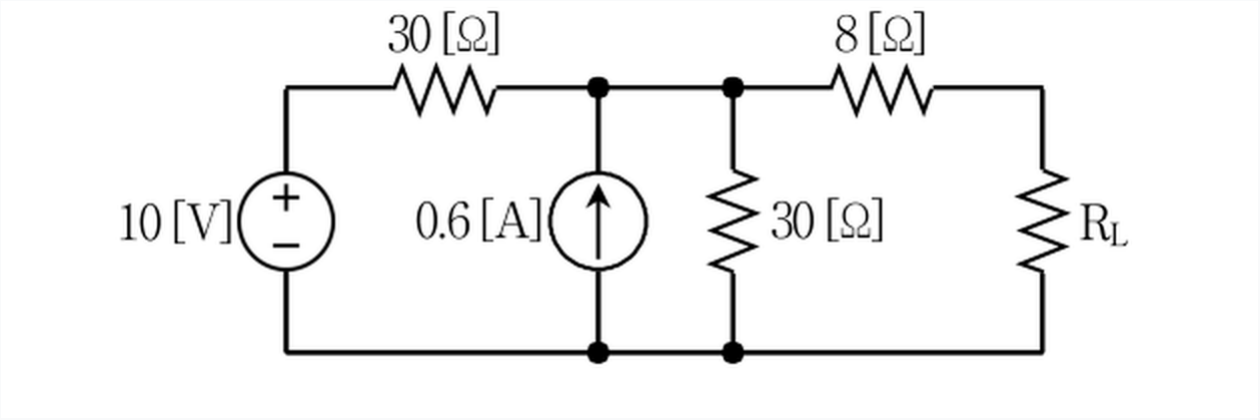
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2018

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2018

문 1. 다음 회로에서 저항 R_L에 최대전력을 전달하기 위한 R_L [Ω]은?



① 19

② 21

③ 23

④ 25

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 최대전력전달조건에서 $R_L = R_{th}$를 이용해 부하저항 값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 좌측 전압원은 10V, 전류원은 0.6A이다.
- 부하 R_L 앞에 8Ω가 직렬로 있다.
- 중앙 노드에서 아래로 30Ω가 연결되어 있고, 좌측에도 30Ω가 있다.

구해야 할 값:
- 저항 R_L에 최대전력을 전달하는 R_L의 값이다.

주의할 조건:
- 최대전력전달은 전압원과 전류원의 크기를 쓰는 문제가 아니라, 부하단에서 본 테브난 저항을 구하는 문제이다.

NoteBase

사용할 공식

최대전력전달조건은 $R_L = R_{th}$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
부하에 전달되는 전력이 최대가 되려면 부하가 부하단에서 본 등가저항과 같아져야 한다. 따라서 R_L 단자에서 본 테브난 저항만 정확히 구하면 된다.

계산 과정

1. R_L 단자에서 좌측 회로를 바라보며 테브난 저항 R_{th}를 구한다.
2. 독립 전압원은 단락, 독립 전류원은 개방한다.
3. 그러면 중앙 노드에서 아래로 내려가는 30Ω와, 좌측의 30Ω가 병렬이므로 $30\Omega \parallel 30\Omega = 15\Omega$이다.
4. 이 병렬결과 15Ω는 부하 앞의 8Ω와 직렬이므로
$R_{th} = 8 + 15 = 23\Omega$
5. 최대전력전달조건 $R_L = R_{th}$를 적용하면 $R_L = 23\Omega$이다.

선지별 해설

① X
- 19Ω는 부하단에서 본 테브난 저항과 다르므로 최대전력조건을 만족하지 않는다. 틀린 값 19Ω → 올바르게는 23Ω이다.

② X
- 21Ω도 R_{th}와 다르다. 이 문제의 핵심은 전원값이 아니라 저항망의 등가저항 계산이다. 틀린 값 21Ω → 올바르게는 23Ω이다.

③ O
- 전압원을 단락하고 전류원을 개방하면 $30\Omega \parallel 30\Omega = 15\Omega$가 되고, 여기에 8Ω가 직렬이어서 $R_{th} = 23\Omega$이다. 따라서 $R_L = 23\Omega$일 때 최대전력이 전달된다.

④ X
- 25Ω는 병렬부 $30\Omega \parallel 30\Omega$를 잘못 계산하거나 직렬 합을 잘못 더한 경우의 오답이다. 틀린 값 25Ω → 올바르게는 23Ω이다.

NoteBase

오답 포인트

전원 10V, 0.6A가 보이면 전류나 전압을 먼저 계산하려는 실수가 자주 나온다. 그러나 최대전력전달 문제에서는 먼저 부하단의 테브난 저항을 본다. 또 전원 제거 규칙을 반대로 적용하거나, 30Ω ∥ 30Ω를 60Ω로 더하는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

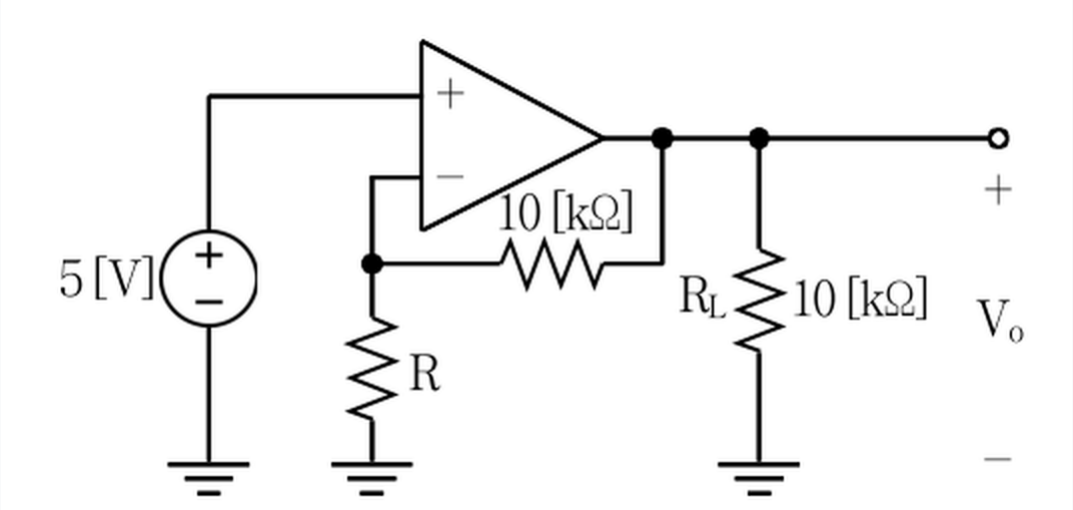
최대전력전달 문구가 보이면 먼저 $R_L = R_{th}$를 떠올린다. 그다음 부하를 떼고 독립 전압원은 단락, 독립 전류원은 개방한 뒤 부하단에서 본 등가저항을 계산하면 된다.

암기 포인트

최대전력전달은 부하저항 = 테브난 저항이다.

NoteBase

문 2. 다음 회로에서 저항 R_L에서 소모되는 전력이 $10[mW]$일 때, 저항 $R[k\Omega]$은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 부하저항 R_L의 소비전력으로 출력전압 V_o를 구한 뒤, 이상적인 비반전 증폭기의 이득식으로 저항 R을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 입력전압은 $5V$이다.
- 피드백 저항은 $10k\Omega$이다.
- 부하저항 R_L은 $10k\Omega$이고 소비전력은 $10mW$이다.

구해야 할 값:
- 저항 R이다.

주의할 조건:
- 연산증폭기는 이상적이므로 $V_+ = V_- = 5V$이다.

NoteBase

사용할 공식

$P = \frac{V^2}{R}$, $A_V = 1 + \frac{R_f}{R}$이다.
이 회로는 비반전 증폭기이므로 $R_f = 10k\Omega$, 접지 쪽 저항이 R이다. 먼저 R_L의 전력으로 출력전압을 구하고, 그 전압이 비반전 증폭기의 출력전압과 같다는 점을 이용한다.

계산 과정

1. R_L의 소비전력으로 출력전압을 구하면
$V_o = \sqrt{PR_L} = \sqrt{10 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^3} = 10V$
이다.
2. 이상적 연산증폭기이므로 $V_+ = V_- = 5V$이고, 비반전 증폭기의 전압이득은
$\frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{10k\Omega}{R}$
이다.
3. $V_i = 5V$, $V_o = 10V$를 대입하면
$\frac{10}{5} = 1 + \frac{10k\Omega}{R}$
$2 = 1 + \frac{10k\Omega}{R} \Rightarrow R = 10k\Omega$
이다.

선지별 해설

① O
- $R = 10k\Omega$이면 이득은 $1 + \frac{10}{10} = 2$이고 출력전압은 $5 \times 2 = 10V$이다. 이는 R_L에서 $10mW$가 소모되는 조건과 일치한다.

② X
- $R = 15k\Omega$이면 이득은 $1 + \frac{10}{15} = \frac{5}{3}$이므로 출력전압은 $\frac{25}{3}V \approx 8.33V$이다. 이때 부하전력은 약 $6.94mW$이므로 조건을 만족하지 못한다. 틀린 표현은 $R = 15k\Omega$라는 값이고, 올바르게는 $R = 10k\Omega$이다.

③ X
- $R = 20k\Omega$이면 이득은 1.5이므로 출력전압은 $7.5V$이다. 이때 부하전력은 $\frac{7.5^2}{10k\Omega} = 5.625mW$이다. 틀린 표현은 $R = 20k\Omega$라는 값이고, 올바르게는 $R = 10k\Omega$이다.

④ X
- $R = 25k\Omega$이면 이득은 1.4이므로 출력전압은 $7V$이다. 이때 부하전력은 $\frac{7^2}{10k\Omega} = 4.9mW$이다. 틀린 표현은 $R = 25k\Omega$라는 값이고, 올바르게는 $R = 10k\Omega$이다.

오답 포인트

부하저항 R_L과 피드백 저항 $10k\Omega$의 역할을 섞으면 오답이 나온다. 이 문제는 먼저 R_L의 전력 조건으로 출력전압을 복원한 뒤, 그다음 비반전 증폭기 이득식에 넣어야 한다는 점이 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

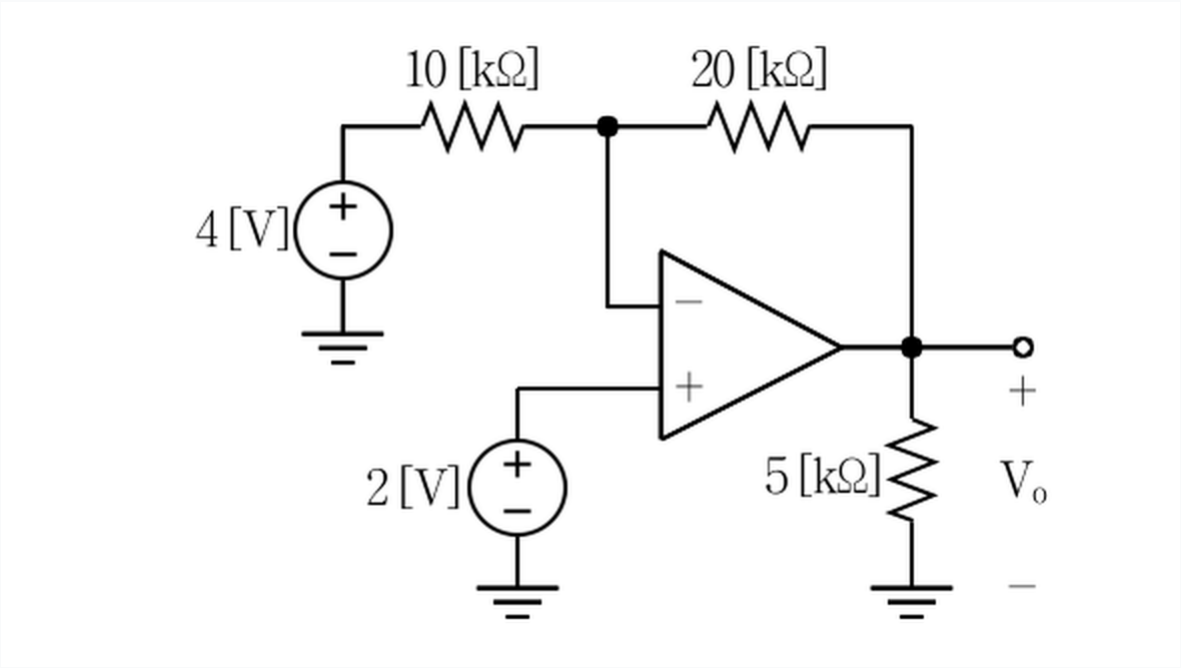
부하전력이 주어지면 $P = V^2/R$로 출력전압을 먼저 구한다. 그다음 연산증폭기 회로가 비반전형인지 확인하고 $A_V = 1 + R_f/R$에 연결하면 된다. 부하와 피드백망의 역할을 분리해서 보면 계산이 바로 정리된다.

암기 포인트

비반전 증폭기는 $A_V = 1 + R_f/R$, 부하전력은 $V = \sqrt{PR}$ 순서로 묶어 기억하면 된다.

NoteBase

문 3. 다음 회로에서 출력전압 V_o[V]는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① -5

② -4

③ -3

④ -2

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 가상단락과 반전 입력 노드의 전류평형으로 출력전압 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 비반전 입력 전압은 $2V$, 입력 쪽 전압은 $4V$, 입력 저항은 $10k\Omega$, 피드백 저항은 $20k\Omega$이다.
구해야 할 값: 출력전압 V_o이다.
주의할 조건: 이상적인 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고, 음귀환이 걸려 있어 $V_- = V_+ = 2V$이다. 출력의 $5k\Omega$는 부하저항일 뿐 반전 입력 노드 전압을 정하는 식에는 직접 들어가지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

이상적인 연산증폭기의 가상단락 $V_- = V_+$와 반전 입력 노드의 KCL을 사용한다.
$\frac{4-2}{10k\Omega} = \frac{2-V_o}{20k\Omega}$
이 공식을 쓰는 이유: 비반전 입력이 $2V$에 고정되면 반전 입력도 같은 $2V$가 되고, 입력전류가 0이므로 $10k\Omega$로 들어오는 전류와 $20k\Omega$로 나가는 전류가 같아져 출력전압을 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 이상적인 연산증폭기와 음귀환 조건에서 $V_- = V_+ = 2V$이다.
2. $10k\Omega$ 저항 전류는 $(4-2)/10k\Omega = 0.2mA$이다.
3. 입력전류가 0이므로 같은 $0.2mA$가 $20k\Omega$ 저항으로 흘러야 한다.
4. 따라서
$\frac{4-2}{10k\Omega} = \frac{2-V_o}{20k\Omega}$
$0.2mA = \frac{2-V_o}{20k\Omega}$
$2 - V_o = 4V$
$V_o = -2V$
계산 결과 출력전압은 $-2V$이다.

선지별 해설

① X: $V_o = -5V$라는 값은 전류평형과 맞지 않는다. 반전 입력 노드는 가상단락으로 이미 $2V$이므로 KCL을 적용하면 출력은 정확히 $-2V$가 된다. 올바르게는 출력전압은 $-2V$이다.
② X: $V_o = -4V$라는 값은 비반전 입력의 $2V$ 기준전압 상승을 빼먹고 단순 반전증폭기처럼 처리할 때 나오는 오답이다. 이 회로는 비반전 입력이 접지가 아니므로 올바르게는 $V_o = -2V$이다.
③ X: $V_o = -3V$라는 값도 계산이 맞지 않는다. $10k\Omega$에 흐르는 전류는 $0.2mA$이고, 이 전류가 $20k\Omega$로 흘러 만들 전압강하는 $4V$이므로 출력은 $2 - 4 = -2V$가 된다. 올바르게는 $V_o = -2V$이다.
④ O: 이상적인 연산증폭기에서 $V_- = V_+ = 2V$이고 입력전류는 0이다. 따라서
$(4-2)/10k\Omega = (2-V_o)/20k\Omega$이므로 $V_o = -2V$가 되어 맞다.

오답 포인트

비반전 입력이 $2V$라는 점을 놓치고 접지형 반전증폭기 공식만 기계적으로 적용하면 오답이 된다. 또한 출력의 $5k\Omega$를 피드백 저항과 같은 역할로 착각하면 식을 잘못 세우게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상적인 연산증폭기 회로는 먼저 $V_+ = V_-$인지 확인하고, 그다음 입력전류 0 조건으로 반전 입력 노드에 KCL을 세우면 된다. 부하저항은 출력전류에는 영향을 주지만 가상단락 자체를 깨지 않는 한 반전 입력 노드 식을 먼저 바꾸지 않는다.

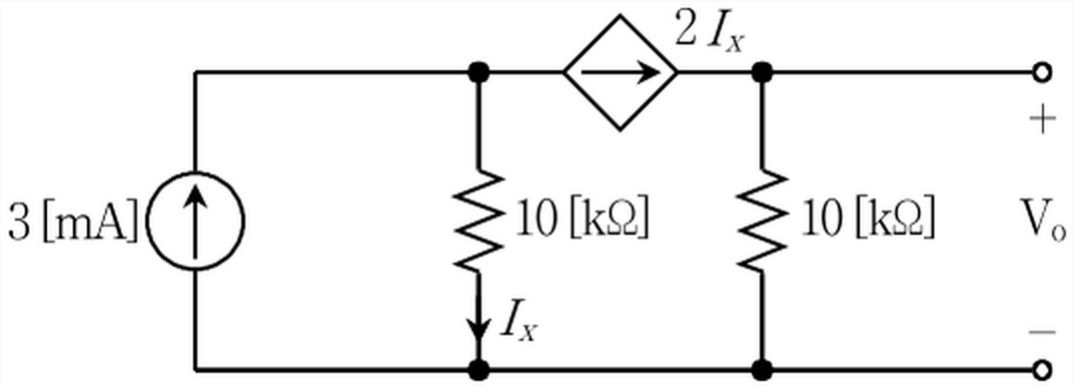
NoteBase

암기 포인트

이상적 OP AMP의 기본은 $V_+ = V_-$, 입력전류 0, 반전 노드 KCL이다.

NoteBase

문 4. 다음 회로에서 출력전압 V_o[V]는?



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 KCL과 종속 전류원 관계를 이용해 출력전압 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:

- 독립 전류원은 $3mA$이다.
- 왼쪽과 오른쪽 저항은 각각 $10k\Omega$이다.
- 종속 전류원은 $2I_x$이고, I_x는 왼쪽 저항을 아래로 흐르는 전류이다.

구해야 할 값:

- 출력전압 V_o이다.

주의할 조건:

- V_o는 오른쪽 노드 전압이며, 왼쪽 저항 전압과 같지 않다.

NoteBase

사용할 공식

왼쪽 노드와 오른쪽 노드에 KCL을 적용한다.
왼쪽 노드: $3mA = I_x + 2I_x$
오른쪽 노드: $\frac{V_o}{10k\Omega} = 2I_x$
이 공식을 쓰는 이유:
종속 전류원의 크기가 I_x로 정해지므로 먼저 왼쪽 노드에서 I_x를 구한 뒤, 그 값을 이용해 오른쪽 노드 전압을 계산해야 한다.

계산 과정

1. 왼쪽 노드 KCL로 $3mA = I_x + 2I_x = 3I_x$이므로 $I_x = 1mA$이다.
2. 종속 전류원은 $2I_x = 2mA$이므로 오른쪽 노드로 $2mA$가 들어간다.
3. 오른쪽 $10k\Omega$ 저항 전류가 $2mA$이므로 $V_o = 2mA \times 10k\Omega = 20V$이다.

선지 판단

1번 X: $5V$는 실제 KCL 결과와 맞지 않는 값이다. 오른쪽 저항 전류는 $2I_x = 2mA$이어야 하므로 틀린 표현은 $V_o = 5V$이고, 올바르게는 $V_o = 20V$이다.
2번 X: $10V$는 왼쪽 저항 양단 전압 $10V$를 그대로 출력전압으로 착각한 값이다. 틀린 표현은 $V_o = 10V$이고, 올바르게는 출력은 오른쪽 노드 전압이므로 $V_o = 20V$이다.
3번 X: $15V$는 두 저항을 단순 병렬처럼 보고 전류를 임의로 나눈 값으로, 종속 전류원 관계를 반영하지 못한다. 틀린 표현은 $V_o = 15V$이고, 올바르게는 $V_o = 20V$이다.
4번 O: 왼쪽 노드에서 $I_x = 1mA$, 오른쪽 노드로는 $2I_x = 2mA$가 들어간다. 따라서 오른쪽 $10k\Omega$ 저항 양단 전압은 $20V$이므로 맞는 선택지이다.

오답 포인트

왼쪽 저항 전압과 출력전압을 같은 노드 전압으로 보는 착각이 가장 흔하다. 이 회로는 가운데 종속 전류원이 두 노드를 분리하므로 왼쪽 노드 전압 $10V$와 오른쪽 노드 전압 $20V$는 다르다.

다시 나오면 이렇게 판단

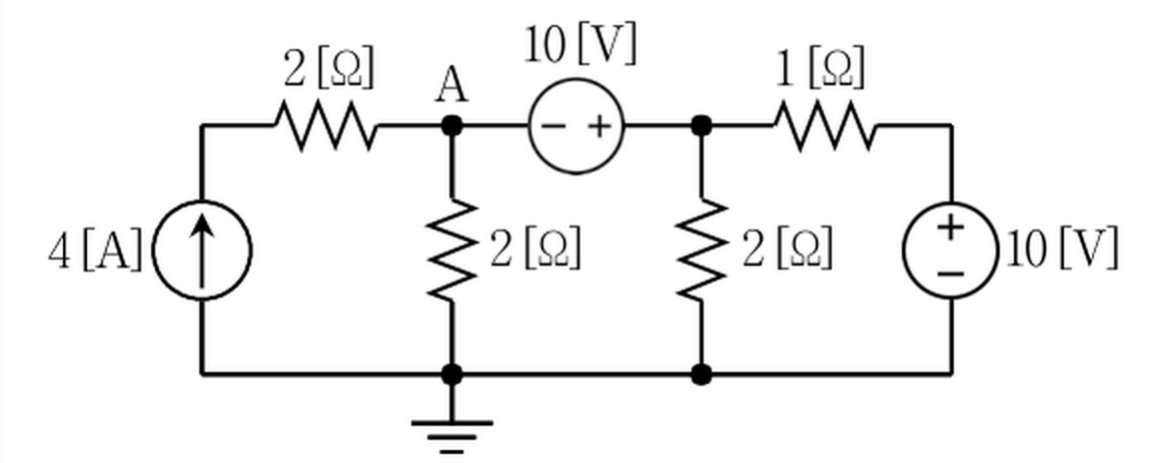
종속원이 있는 회로는 제어변수부터 구한 뒤 그 값을 다른 노드 계산에 전달하는 순서로 판단한다. 이 문제는 왼쪽 노드 KCL로 I_x를 구하고, 종속 전류원 $2I_x$를 정한 다음, 마지막에 오른쪽 저항 전압을 계산하면 된다.

암기 포인트

종속 전류원 회로는 제어전류 I_x를 먼저 구하고, 출력전압은 마지막에 $V = IR$로 정리한다.

NoteBase

문 5. 다음 회로에서 A노드의 전압 V_A[V]는?



① -2.5

② -0.5

③ 1.5

④ 4.5

정답 2번

출제 포인트

슈퍼노드 해석과 KCL을 이용해 V_A를 구하는 문제이다.

조건 정리

왼쪽 위 노드를 V_L, A의 오른쪽 노드를 V_B라고 두면 맨 오른쪽 전압원 때문에 그 끝 노드는 $10V$이다.
왼쪽 4A 전류원은 V_L로 4A를 밀어 올리고, V_L에서 빠져나갈 경로는 A로 연결된 2Ω 저항뿐이므로 $\frac{V_L - V_A}{2} = 4$가 된다.
A와 V_B 사이에는 이상 전압원이 있으므로 두 노드는 슈퍼노드로 묶어야 하고, 극성 때문에 $V_B - V_A = 10$이다.

사용할 공식

노드전압법의 KCL과 전압원 보조식을 사용한다.
$\frac{V_L - V_A}{2} = 4, \quad \frac{V_A - V_L}{2} + \frac{V_A}{2} + \frac{V_B}{2} + \frac{V_B - 10}{1} = 0, \quad V_B - V_A = 10$
이 공식을 쓰는 이유는 전압원이 A와 V_B 사이에 직접 연결되어 있어 개별 노드 KCL보다 슈퍼노드 KCL과 전압원 극성식을 함께 세우는 것이 정확하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 왼쪽 노드에서 $\frac{V_L - V_A}{2} = 4$이므로 $V_L = V_A + 8$이다.
2. 전압원 극성에서 $V_B = V_A + 10$이다.
3. 슈퍼노드 KCL에 대입하면

$$\frac{V_A - (V_A + 8)}{2} + \frac{V_A}{2} + \frac{V_A + 10}{2} + V_A = 0$$

$$-4 + \frac{V_A}{2} + \frac{V_A + 10}{2} + V_A = 0$$

$$-4 + V_A + 5 + V_A = 0 \Rightarrow 2V_A + 1 = 0$$

따라서 $V_A = -0.5V$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 $V_A = -0.5V$이므로 $V_A = -2.5V$는 틀리다. 틀린 표현은 "$V_A = -2.5V$"이고, 올바르게는 "$V_A = -0.5V$"이다. 이 값은 왼쪽 4A 전류원의 영향을 슈퍼노드 KCL에서 누락할 때 나오기 쉽다.
② O: 슈퍼노드 방정식을 풀면 $V_A = -0.5V$가 되므로 선택지와 일치한다.
③ X: 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 "$V_A = 1.5V$"이고, 올바르게는 "$V_A = -0.5V$"이다. A노드는 접지보다 약간 낮은 전위로 정해진다.
④ X: 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 "$V_A = 4.5V$"이고, 올바르게는 "$V_A = -0.5V$"이다. A와 오른쪽 노드 사이 전압원 10V만 보고 A노드도 양전압이라고 단정하면 이런 오답이 나온다.

오답 포인트

전압원이 두 비기준 노드 사이에 있으면 그 두 노드를 하나의 슈퍼노드로 보아야 한다는 점이 핵심 함정이다. 또한 전압원 극성이 오른쪽이 +이므로 $V_B = V_A + 10$인데, 이를 반대로 읽거나 왼쪽 4A 전류원을 식에서 빼먹으면 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

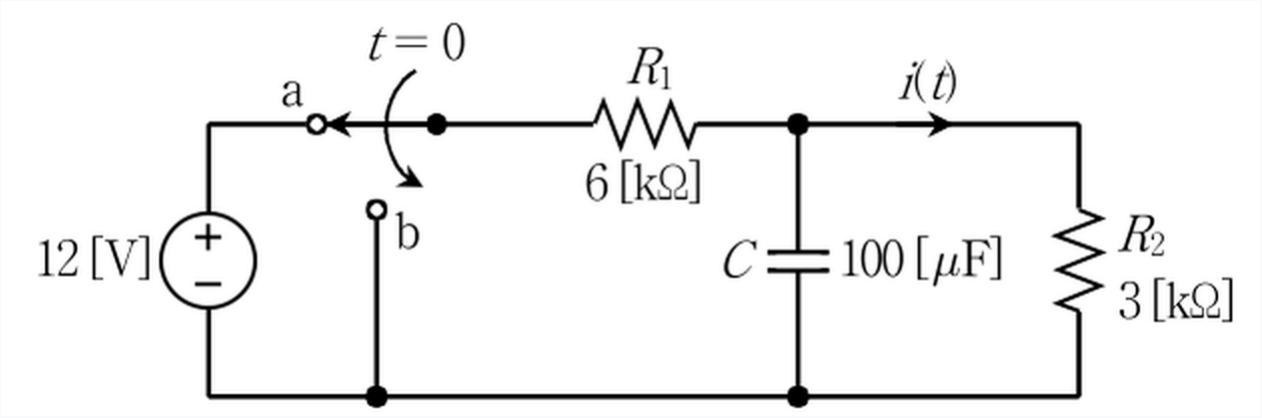
전압원이 두 노드 사이에 끼어 있으면 먼저 슈퍼노드를 만든다. 그다음 슈퍼노드 경계에서 바깥으로 나가는 전류만 KCL로 쓰고, 별도로 전압원 극성식을 세워 함께 푼다.

암기 포인트

비기준 노드 사이 전압원은 슈퍼노드로 처리하고, 전압원 극성은 보조식으로 따로 쓴다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 6. 다음 회로에서 $t < 0$에서 정상상태에 도달하였다. $t = 0$인 순간에 스위치가 점 a에서 점 b로 연결되었을 때, $t > 0$에서 전류 $i(t)$[mA]는?



① $4e^{-5t}$

② $\frac{4}{3}e^{-5t}$

③ $4e^{-0.2t}$

④ $\frac{4}{3}e^{-0.2t}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 스위치 전환 전후의 RC 과도응답에서 초기 커패시터 전압과 방전 시정수를 이용해 $i(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

- $t < 0$에서는 정상상태이므로 커패시터는 개방회로로 본다.
- $R_1 = 6k\Omega, R_2 = 3k\Omega, C = 100\mu F$, 전원은 $12V$이다.
- $t = 0$ 이후에는 전원이 끊기고 커패시터가 $R_1 \parallel R_2$를 통해 방전된다.
- 구해야 할 값은 R_2로 흐르는 전류 $i(t)$이다.

사용할 공식

정상상태 전압은 직렬분압으로 구하고, 과도응답은 커패시터 방전식 $v(t) = V_0 e^{-t/\tau}$, 시정수 $\tau = R_{eq}C$를 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유:
$t < 0$에서는 직류 정상상태라 커패시터 전류가 0이 되고, $t > 0$에서는 저장된 초기전압을 가진 커패시터가 저항망으로 자연방전하는 형태이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $t<0$ 정상상태에서 커패시터는 개방이므로 R_1과 R_2만 직렬이 된다. 따라서 전류는 $\frac{12}{6k\Omega+3k\Omega}=\frac{4}{3}mA$이다.
2. 커패시터 전압은 R_2 양단전압과 같으므로 $v_C(0^-)=\frac{4}{3}mA\times 3k\Omega=4V$이다. 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로 $v_C(0^+)=4V$이다.
3. $t>0$에서는 전원이 제거되고 커패시터가 $R_1 \parallel R_2$로 방전한다. 등가저항은 $R_{eq}=\frac{6k\Omega\cdot 3k\Omega}{6k\Omega+3k\Omega}=2k\Omega$이다.
4. 시정수는 $\tau=R_{eq}C=2k\Omega\times 100\mu F=0.2s$이다. 따라서 노드전압은 $v(t)=4e^{-t/0.2}=4e^{-5t}V$이다.
5. 구하는 전류는 R_2 전류이므로 $i(t)=\frac{v(t)}{R_2}=\frac{4e^{-5t}}{3k\Omega}=\frac{4}{3}e^{-5t}mA$이다.

선지별 해설

① X

$4e^{-5t}$는 R_2 전류가 아니라 커패시터와 R_2 양단의 노드전압 $v(t)$에 해당한다. 틀린 표현은 전류의 계수를 4로 둔 점이고, 올바르게는 $i(t)=\frac{v(t)}{R_2}=\frac{4}{3}e^{-5t}mA$이다.

② O

초기전압 $4V$, 시정수 $0.2s$이므로 $v(t)=4e^{-5t}V$이고, 이를 $R_2=3k\Omega$로 나누면 $i(t)=\frac{4}{3}e^{-5t}mA$가 된다.

③ X

지수부의 0.2는 시정수 τ 자체이고, 방전식의 지수는 $-t/\tau$ 형태여야 한다. 틀린 표현은 $e^{-0.2t}$이고, 올바르게는 $e^{-t/0.2}=e^{-5t}$이다. 또한 전류 계수도 4가 아니라 $\frac{4}{3}$이어야 한다.

④ X

전류의 초기계수 $\frac{4}{3}$는 맞지만 지수부가 틀리다. 틀린 표현은 $e^{-0.2t}$이고, 올바르게는 시정수의 역수인 5가 들어간 e^{-5t}이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 전압 $v(t)$와 전류 $i(t)$를 혼동하는 점, 그리고 시정수 $\tau=0.2s$를 그대로 지수에 넣는 점이다. $e^{-0.2t}$처럼 쓰면 $-t/\tau$를 $-\tau t$로 바꾼 오류가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

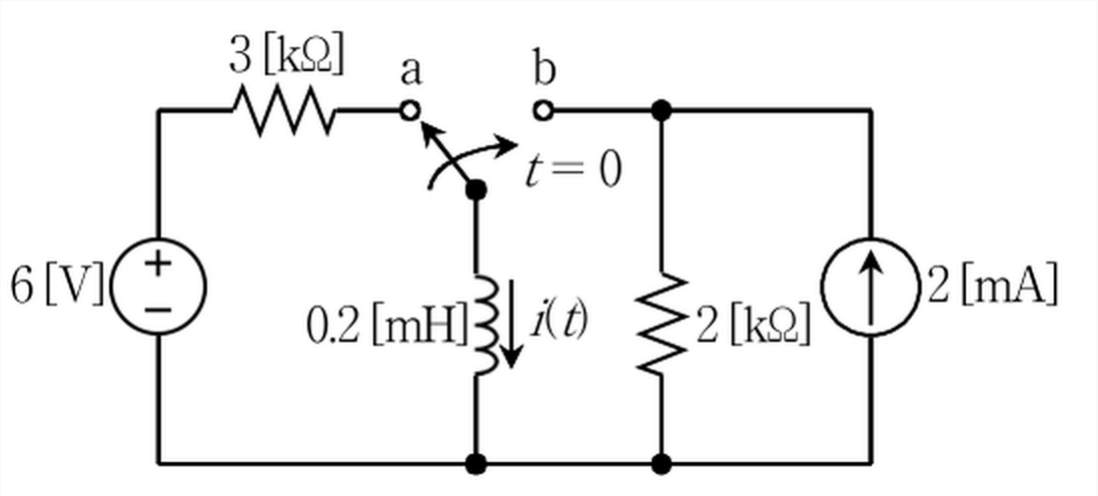
RC 스위칭 문제는 먼저 $t<0$ 정상상태에서 커패시터 초기전압을 구하고, 다음으로 $t>0$에서 커패시터가 바라보는 등가저항으로 시정수를 만든 뒤, 마지막에 구하려는 값이 전압인지 특정 저항 전류인지 구분해서 옴의 법칙을 적용하면 된다.

암기 포인트

RC 자연응답은 $v(t)=V_0e^{-t/\tau}$, $\tau=R_{eq}C$이며, 저항 전류는 해당 전압을 그 저항으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 7. 다음 회로에서 $t < 0$에서 정상상태에 도달하였다. $t = 0$인 순간에 스위치가 점 a에서 점 b로 연결되었을 때, $t > 0$에서 전류 $i(t)$ [mA]는?



① 2

② $2e^{-t}$

③ $10e^{-10t}$

④ $10e^{-t/10}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치 전환 전후의 정상상태 전류와 인덕터 전류 연속조건을 이용해 $t > 0$에서의 $i(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 전환 전 회로: $6V$, $3k\Omega$, 인덕터 $0.2mH$
- 전환 후 회로: $2k\Omega$ 저항과 $2mA$ 전류원이 인덕터와 병렬이다.

구해야 할 값:
- $t > 0$에서의 인덕터 전류 $i(t)$

주의할 조건:
- 인덕터 전류는 순간적으로 변하지 않으므로 $i(0^+) = i(0^-)$이다.
- $t > \infty$의 직류 정상상태에서는 인덕터가 단락으로 동작한다.

NoteBase

사용할 공식

$i(t) = i(\infty) + \{i(0^+) - i(\infty)\}e^{-t/\tau}$
$\tau = \frac{L}{R_{th}}$
이 공식을 쓰는 이유:
스위치 전환 뒤 회로는 1차 RL 회로이므로 초기값 $i(0^+)$, 최종값 $i(\infty)$, 시정수 τ로 과도응답을 바로 쓸 수 있다.

계산 과정

1. $t < 0$에서 정상상태이므로 인덕터는 단락이다. 따라서
$i(0^-) = \frac{6V}{3k\Omega} = 2mA$
이다.
2. 인덕터 전류는 연속이므로
$i(0^+) = i(0^-) = 2mA$
이다.
3. $t > 0$에서 정상상태를 보면 인덕터는 다시 단락이다. 그러면 병렬의 $2k\Omega$에는 전압이 걸리지 않아 저항 전류는 0이고, 전류원 $2mA$가 그대로 인덕터로 흐른다. 따라서
$i(\infty) = 2mA$
이다.
4. 일반식에 대입하면
$i(t) = 2 + (2 - 2)e^{-t/\tau} = 2$
이다. 참고로 전류원을 개방해 구한 $R_{th} = 2k\Omega$이므로
$\tau = \frac{0.2mH}{2k\Omega} = 10^{-7}s$
이지만, 계수 $i(0^+) - i(\infty)$가 0이어서 지수항은 사라진다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 $i(t) = 2mA$이므로 옳다.

② X
- $2e^{-t}$는 $t \to \infty$에서 0으로 감쇠하므로 최종값을 0으로 본 식이다.
- 틀린 표현은 지수감쇠항 e^{-t}이다. 올바르게는 초기값과 최종값이 모두 $2mA$이므로 $i(t) = 2$이다.

③ X
- $10e^{-10t}$는 초기값이 $10mA$가 되어 $i(0^+) = 2mA$인 연속조건과 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 계수 10과 지수감쇠형 전체이다. 올바르게는 $i(0^+) = i(\infty) = 2mA$이므로 $i(t) = 2$이다.

④ X
- $10e^{-t/10}$도 초기값을 $10mA$로 두고 감쇠시키는 식이므로 초기값부터 틀린다.
- 틀린 표현은 계수 10과 감쇠항 $e^{-t/10}$이다. 올바르게는 전환 직후와 충분히 지난 뒤 전류가 모두 $2mA$이므로 $i(t) = 2$이다.

오답 포인트

전환 뒤 RL 회로라는 이유만으로 무조건 지수감쇠식을 쓰면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 시정수를 계산하기 전에 $i(0^+)$와 $i(\infty)$를 비교해야 한다는 점이다. 두 값이 같으면 과도항 계수 자체가 0이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

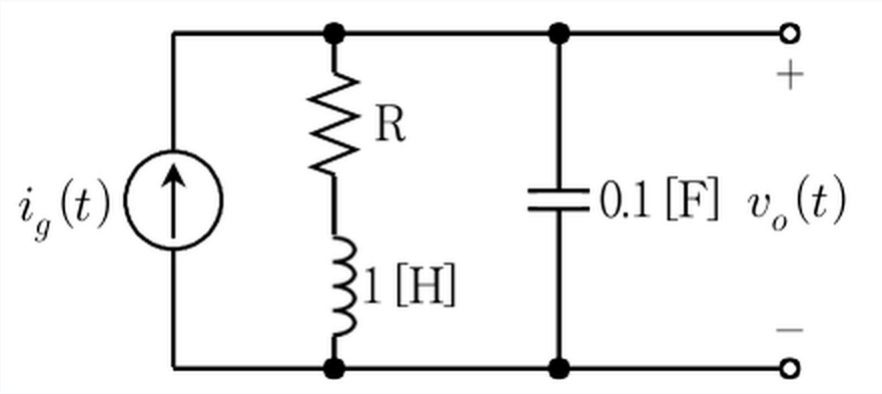
스위치 전환 RL 문제는 먼저 전환 전 정상상태로 $i(0^-)$를 구하고, 인덕터 전류 연속조건으로 $i(0^+)$를 정한 뒤, 전환 후 정상상태에서 $i(\infty)$를 구해 일반식 $i(t) = i(\infty) + \{i(0^+) - i(\infty)\}e^{-t/\tau}$에 넣어 판단한다. 초기값과 최종값이 같으면 전류는 처음부터 끝까지 일정하다.

암기 포인트

인덕터는 전류가 끊어지지 않고, RL 과도응답은 $i(0^+) = i(\infty)$이면 지수항이 사라져 상수만 남는다.

NoteBase

문 8. 다음 회로의 전달함수가 $H(s)=\frac{V_o(s)}{I_g(s)}=\frac{10s+20}{s^2+2s+10}$일 때, 저항 $R[\Omega]$은?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전류원에 병렬로 연결된 $R-L$ 직렬 가지와 커패시터의 등가임피던스를 전달함수와 일치시켜 R 값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 인덕터는 $1H$, 커패시터는 $0.1F$이다.
구해야 할 값: 저항 $R[\Omega]$이다.
주의할 조건: 전류원 입력에 대한 출력전압 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{I_g(s)}$는 병렬 연결 전체의 등가임피던스와 같다.

사용할 공식

직렬 $R-L$ 가지의 임피던스는 $Z_{RL}=R+s$이고, 커패시터의 임피던스는 $Z_C=\frac{1}{0.1s}=\frac{10}{s}$이다.
병렬 등가임피던스는
$H(s)=Z_{eq}=\frac{Z_{RL}Z_C}{Z_{RL}+Z_C}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 입력이 전류원이고 출력이 병렬 양단 전압이므로, 전달함수는 전체 병렬회로의 등가임피던스가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 병렬 등가임피던스를 정리하면
$H(s) = \frac{(R+s)\cdot\frac{10}{s}}{R+s+\frac{10}{s}}$
이다.

2. 분자와 분모에 s를 곱하면
$H(s) = \frac{10(R+s)}{s(R+s)+10} = \frac{10s+10R}{s^2+Rs+10}$
이다.

3. 이를 주어진 전달함수
$\frac{10s+20}{s^2+2s+10}$
와 비교하면 $10R = 20$, 또한 분모의 s 계수도 $R = 2$와 일치하므로 $R = 2$이다.

선지 판단

① X
- $R = 1$이면 $H(s) = \frac{10s+10}{s^2+s+10}$가 되어 주어진 $\frac{10s+20}{s^2+2s+10}$와 분자와 분모가 모두 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "$R = 1$"이다. 올바르게는 "$R = 2$"이다.

② O
- $R = 2$이면 $H(s) = \frac{10s+20}{s^2+2s+10}$가 되어 제시된 전달함수와 정확히 일치한다.
- 계산 결과 $R = 2$이므로 정답 조건을 만족한다.

③ X
- $R = 3$이면 $H(s) = \frac{10s+30}{s^2+3s+10}$가 되어 상수항과 s의 계수가 모두 커진다.
- 틀린 표현은 "$R = 3$"이다. 올바르게는 "$R = 2$"이다.

④ X
- $R = 4$이면 $H(s) = \frac{10s+40}{s^2+4s+10}$가 되어 주어진 전달함수와 더욱 멀어진다.
- 틀린 표현은 "$R = 4$"이다. 올바르게는 "$R = 2$"이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 전달함수를 전압분배식처럼 보거나, 병렬 임피던스를 정리할 때 $\frac{10}{s}$를 그대로 두고 계수 비교를 놓치는 데 있다. 특히 분자의 상수항 20만 보고 $10R = 20$을 잡지 못하면 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

전류원 입력과 출력전압이 주어지면 먼저 전달함수를 등가임피던스로 본다. 그다음 각 소자의 s-영역 임피던스를 구하고, 직렬과 병렬을 정리한 뒤 분자와 분모의 계수를 제시식과 비교하면 된다.

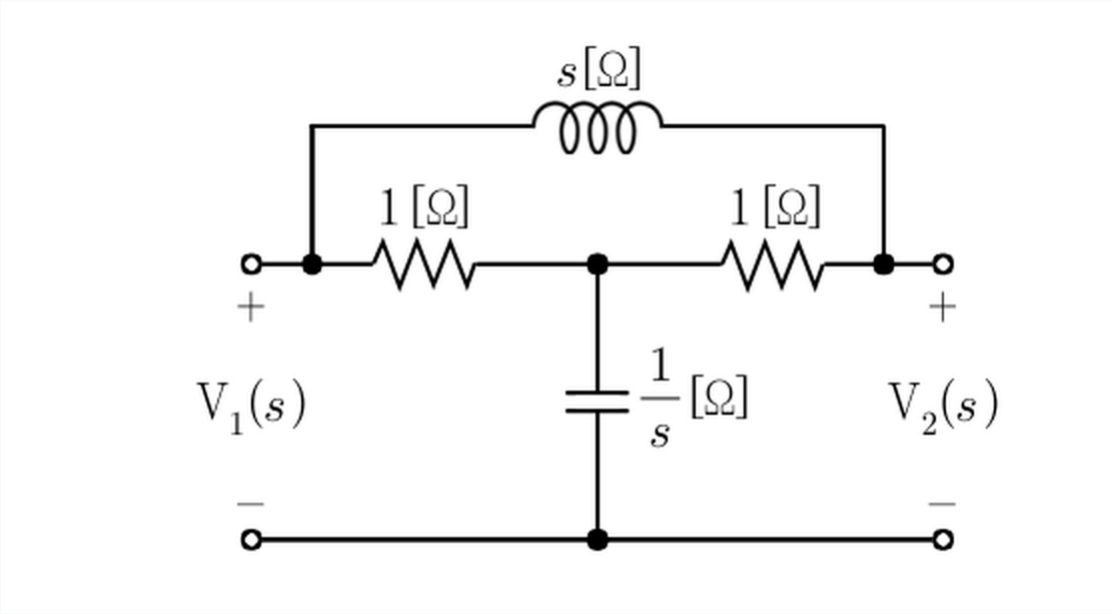
NoteBase

암기 포인트

전류원 입력의 전압 전달함수는 $H(s) = Z_{eq}$로 본다. 이 회로에서는 $H(s) = \frac{10s + 10R}{s^2 + Rs + 10}$ 꼴이므로 계수 비교만으로 R을 바로 찾을 수 있다.

NoteBase

문 9. 다음 회로의 전달함수 $H(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)}$는?



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

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 s영역 임피던스를 이용해 노드방정식을 세우고 전달함수 $H(s) = V_2(s)/V_1(s)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 입력 노드 전압을 $V_a = V_1(s)$, 출력 노드 전압을 $V_b = V_2(s)$, 가운데 노드 전압을 V_c로 둔다.
- 좌우 저항은 각각 1Ω이다.
- 위쪽 인덕터의 임피던스는 $s\Omega$, 아래 커패시터의 임피던스는 $1/s\Omega$이므로 어드미턴스는 s이다.
- 구해야 할 값은 $H(s) = V_b/V_a$이다.

NoteBase

사용할 공식

노드해석을 적용한다.

$\sum I = 0$

출력 노드 V_b와 가운데 노드 V_c에서 KCL을 세우면 된다.

이 공식을 쓰는 이유는 회로가 s영역의 수동소자로만 이루어져 있고, 입력 전압 $V_1(s)$가 이미 주어져 있어서 미지수 노드 전압만 구하면 전달함수가 바로 나오기 때문이다.

계산 과정

1. 출력 노드 V_b에서 KCL을 세우면

$\frac{V_b - V_c}{1} + \frac{V_b - V_a}{s} = 0$

즉

$(s+1)V_b - sV_c = V_a$

이다.

2. 가운데 노드 V_c에서 KCL을 세우면

$\frac{V_c - V_a}{1} + \frac{V_c - V_b}{1} + sV_c = 0$

즉

$-V_b + (s+2)V_c = V_a$

이다.

3. 두 식을 연립하면

$V_c = \frac{s+2}{s^2+2s+2}V_a$

이고,

$V_b = (s+2)V_c - V_a$

이므로

$V_b = \left(\frac{(s+2)^2}{s^2+2s+2} - 1\right)V_a = \frac{2s+2}{s^2+2s+2}V_a$

이다.

4. 따라서 전달함수는

$H(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)} = \frac{V_b}{V_a} = \frac{2s+2}{s^2+2s+2}$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $\frac{s+2}{s^2+2s+2}$는 계산 과정에서 나온 가운데 노드 전압비 V_c/V_1이다.
- 문제는 출력 전압비 $V_2/V_1 = V_b/V_a$를 묻고 있으므로 틀리다.
- 틀린 표현은 분자 $s+2$이며, 올바르게는 $2s+2$가 되어야 한다.

② O
- 연립한 노드방정식에서 $V_2/V_1 = \frac{2s+2}{s^2+2s+2}$가 직접 나온다.
- $s=0$을 대입하면 $H(0)=1$이 되어 인덕터가 단락일 때 입력과 출력이 같아지는 물리적 해석과도 일치한다.

③ X
- ③은 $\frac{2s+1}{s^2+2s+2}$로 상수항이 1만 남아 있다.
- 하지만 $s=0$에서 실제 전달함수는 $H(0)=1$이어야 하므로 분자는 2가 되어야 한다.
- 틀린 표현은 분자 상수항 1이며, 올바르게는 2여서 $\frac{2s+2}{s^2+2s+2}$가 된다.

④ X
- ④는 $\frac{s+1}{s^2+2s+2}$로 분자 전체가 절반 수준으로 작다.
- 출력 노드는 인덕터 경로와 저항-커패시터 경로가 함께 반영되어야 하므로 노드방정식을 풀면 분자가 $s+1$이 아니라 $2s+2$가 된다.
- 틀린 표현은 분자 $s+1$이며, 올바르게는 $2s+2$이다.

오답 포인트

가운데 노드 전압 V_c를 바로 출력 전압 V_2로 착각하면 ①에 걸리기 쉽다. 또 $s=0$에서 인덕터는 단락, 커패시터는 개방이라는 극한해석을 점검하지 않으면 ③, ④처럼 분자 상수항이 부족한 식을 걸러내지 못한다.

다시 나오면 이렇게 판단

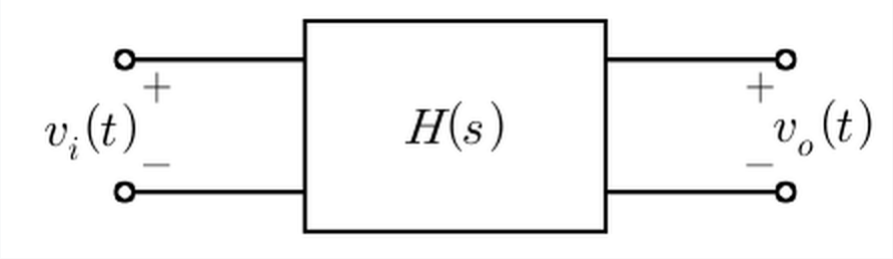
회로 전달함수 문제는 먼저 입력·출력·중간 노드를 구분하고, 각 소자를 s영역 임피던스 또는 어드미턴스로 바꾼 뒤 KCL 연립식으로 V_{out}/V_{in}을 직접 구하는 순서로 판단한다. 계산 뒤에는 $s=0$과 $s\to\infty$의 극한값으로 식을 한 번 더 검산한다.

암기 포인트

브리지형 RLC 전달함수는 중간 노드와 출력 노드를 분리해서 본다. V_c/V_1와 V_2/V_1는 같지 않을 수 있다.

NoteBase

문 10. 다음 회로의 전달함수는 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{2s^2}{s^2+8s+15}$이다. $v_i(t)=u(t)$[V]일 때, $t>0$에서 전압 $v_o(t)$[V]는? (단, $u(t)$는 단위 계단함수이다)



① $-3e^{-3t}+5e^{-5t}$

② $5e^{-3t}-3e^{-5t}$

③ $3e^{-3t}-5e^{-5t}$

④ $-5e^{-3t}+3e^{-5t}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 단위계단입력에 대한 출력 $v_o(t)$를 구하기 위해 전달함수에 입력의 라플라스변환을 곱한 뒤 부분분수 전개하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 전달함수: $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{2s^2}{s^2+8s+15}=\frac{2s^2}{(s+3)(s+5)}$
- 입력: $v_i(t)=u(t)$, 따라서 $V_i(s)=\frac{1}{s}$
- 구해야 할 값: $t>0$에서의 $v_o(t)$

사용할 공식

$V_o(s)=H(s)V_i(s)$

$V_o(s)=\frac{2s^2}{(s+3)(s+5)}\cdot\frac{1}{s}=\frac{2s}{(s+3)(s+5)}$

$\frac{2s}{(s+3)(s+5)}=\frac{A}{s+3}+\frac{B}{s+5}$

이 공식을 쓰는 이유는 전달함수와 입력이 주어졌으므로 먼저 s영역 출력 $V_o(s)$를 구하고, 역라플라스변환을 위해 부분분수 형태로 바꾸어야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 입력이 단위계단함수이므로 $V_i(s) = \frac{1}{s}$이다.
2. 따라서 $V_o(s) = \frac{2s}{(s+3)(s+5)}$이다.
3. $\frac{2s}{(s+3)(s+5)} = \frac{A}{s+3} + \frac{B}{s+5}$로 두면
$2s = A(s+5) + B(s+3) = (A+B)s + (5A+3B)$
따라서 $A + B = 2$, $5A + 3B = 0$이다.
4. 연립하면 $A = -3$, $B = 5$이므로
$V_o(s) = -\frac{3}{s+3} + \frac{5}{s+5}$
5. 역라플라스변환하면 $v_o(t) = -3e^{-3t} + 5e^{-5t}$이다.

선지별 해설

① O: 부분분수 전개 결과가 $V_o(s) = -\frac{3}{s+3} + \frac{5}{s+5}$이므로 역라플라스변환하면 $-3e^{-3t} + 5e^{-5t}$가 된다.
② X: $5e^{-3t} - 3e^{-5t}$는 e^{-3t}, e^{-5t}의 계수를 서로 바꾼 값이다. 틀린 표현은 계수 대응이 뒤집힌 점이며, 올바르게는 $-3e^{-3t} + 5e^{-5t}$이다.
③ X: $3e^{-3t} - 5e^{-5t}$는 두 계수의 부호를 반대로 잡은 값이다. 틀린 표현은 부분분수 계수의 부호가 모두 잘못된 점이며, 올바르게는 $-3e^{-3t} + 5e^{-5t}$이다.
④ X: $-5e^{-3t} + 3e^{-5t}$는 계수의 위치도 바뀌고 크기도 틀린 값이다. 틀린 표현은 $s+3$, $s+5$에 대응하는 계수를 잘못 배치한 점이며, 올바르게는 $-3e^{-3t} + 5e^{-5t}$이다.

오답 포인트

부분분수 전개에서 $\frac{1}{s+3}$의 계수와 $\frac{1}{s+5}$의 계수를 뒤바꾸거나, $5A + 3B = 0$에서 부호를 잘못 처리하면 ②, ③, ④ 같은 오답이 나온다. 이 문항은 전달함수 계산 자체보다 계수 대응과 부호 처리를 정확히 하는지를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

단위계단입력 응답 문제는 먼저 $V_i(s) = \frac{1}{s}$를 붙이고, 그다음 $V_o(s) = H(s)V_i(s)$를 만든 뒤, 분모를 인수분해하여 부분분수 전개 계수를 구해 역라플라스변환하면 된다. 마지막에는 각 계수가 어느 극 $(s+3)$, $(s+5)$에 붙는지 다시 확인하면 된다.

암기 포인트

계단입력 응답은 $H(s)$에 $\frac{1}{s}$를 곱하고, 부분분수 계수의 부호와 극의 대응을 끝까지 유지하는 문제이다.

NoteBase

문 11. 임의의 회로에서 부하임피던스 $Z = 30\angle -60^\circ\,[\Omega]$의 양단에 $v(t) = 120\cos(\omega t)[V]$의 전압이 인가될 때, 임피던스 Z에서 소모되는 평균전력[W]은?

① 30

② 60

③ 90

④ 120

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 임피던스의 크기와 위상각으로 역률과 실수부를 구한 뒤 평균전력 P를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $Z = 30\angle -60^\circ\,[\Omega]$, $v(t) = 120\cos(\omega t)[V]$이다.
구해야 할 값은 임피던스 Z에서 소모되는 평균전력이다.
주의할 조건은 전압 120은 최대값이므로 실효값은 $V_{\text{rms}} = 120/\sqrt{2}$로 바꾸어야 한다는 점이다.

사용할 공식

평균전력은 $P = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos\theta = \frac{V_{\text{rms}}^2}{|Z|}\cos\theta$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 교류 부하의 평균전력은 전압과 전류의 실효값, 그리고 임피던스 위상각에 따른 역률 $\cos\theta$로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 실효전압은 $V_{\text{rms}} = 120/\sqrt{2}$이다.
2. 역률은 $\cos(-60^\circ) = 0.5$이다.
3. 따라서 평균전력은 $P = \frac{(120/\sqrt{2})^2}{30} \times 0.5 = \frac{120^2/2}{30} \times 0.5 = 120[W]$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
선지의 수치 30[W]는 계산 결과와 다르다. 평균전력은 120[W]이므로 틀렸고, 올바르게는 120[W]이다.

② X
선지의 수치 60[W]는 실효값 변환이나 역률 반영을 한 번 더 잘못 처리할 때 나올 수 있는 값이다. 평균전력은 120[W]이므로 틀렸고, 올바르게는 120[W]이다.

③ X
선지의 수치 90[W]는 임피던스 위상각 또는 실수부를 부정확하게 잡은 값이다. 평균전력은 120[W]이므로 틀렸고, 올바르게는 120[W]이다.

④ O
계산 결과 평균전력은 120[W]이다. 따라서 ④가 옳다.

오답 포인트

전압식의 계수 120을 실효값이 아니라 최대값으로 보아야 한다는 점을 놓치기 쉽다. 또한 평균전력에서는 임피던스의 크기만 쓰지 않고 반드시 역률 $\cos\theta$를 함께 곱해야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

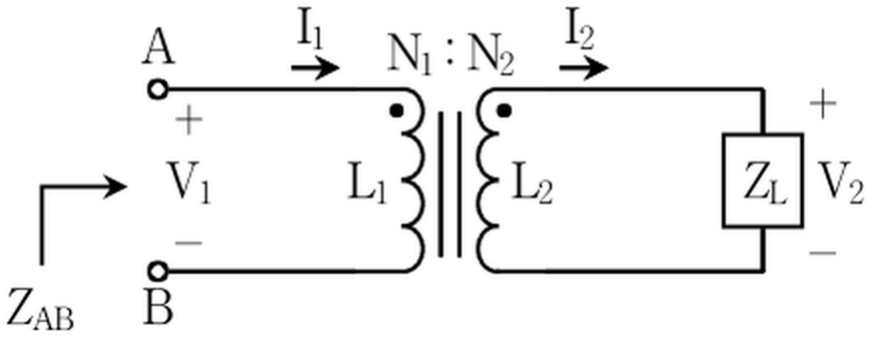
교류 전력 계산 문제는 먼저 전압과 전류를 실효값으로 바꾸고, 다음에 임피던스 각도에서 역률을 구한 뒤 $P = VI\cos\theta$ 또는 $P = V^2R/|Z|^2$로 정리하면 된다.

암기 포인트

교류 평균전력은 실효값 기준으로 계산하고, 위상차는 역률 $\cos\theta$로 반영한다.

NoteBase

문 12. 다음 회로에서 Z_{AB}를 Z_L을 이용하여 표현한 것으로 옳은 것은? (단, 변압기는 이상적이며, N_1, N_2는 1차와 2차 코일 권선수이다)



① $Z_{AB} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right) Z_L$
② $Z_{AB} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right) Z_L$
③ $Z_{AB} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$
④ $Z_{AB} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 Z_L$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상변압기에서 2차측 부하 임피던스를 1차측으로 환산하는 공식을 적용해 Z_{AB}를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 1차 권선수 N_1, 2차 권선수 N_2, 2차측 부하 Z_L
- 구해야 할 값: A-B 단자에서 본 입력 임피던스 Z_{AB}
- 주의할 조건: 변압기는 이상적이므로 전압비는 권선수비와 같고, 임피던스 환산은 권선수비의 제곱으로 이루어진다.

사용할 공식

$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$, $Z_{AB} = \frac{V_1}{I_1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$

이 공식을 쓰는 이유는 이상변압기에서 2차측 부하를 1차측에서 본 등가 임피던스로 바꾸면 전압비와 전류비가 동시에 반영되어 권선수비가 한 번이 아니라 두 번 곱해지기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 2차측 임피던스는 $Z_L = \frac{V_2}{I_2}$이다.
2. 이상변압기이므로 $V_1 = \frac{N_1}{N_2}V_2$, $I_1 = \frac{N_2}{N_1}I_2$이다.
3. 따라서
$Z_{AB} = \frac{V_1}{I_1} = \frac{\frac{N_1}{N_2}V_2}{\frac{N_2}{N_1}I_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2\frac{V_2}{I_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$
이므로 정답은 3번이다.

선지 판단

① X: $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)Z_L$는 권선수비를 한 번만 곱한 식이다. 임피던스는 전압비와 전류비가 함께 반영되므로 제곱이 되어야 한다. 틀린 표현은 "1제곱"이고, 올바르게는 $Z_{AB} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.
② X: $\left(\frac{N_2}{N_1}\right)Z_L$는 비율 방향도 반대이고 제곱도 빠져 있다. 2차측 부하를 1차측으로 환산할 때는 N_1/N_2가 들어간다. 올바르게는 $Z_{AB} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.
③ O: 이상변압기에서 2차측 부하를 1차측으로 환산하면 $Z_{AB} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$가 된다. 권선수비의 제곱이 붙는다는 점이 핵심이다.
④ X: $\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 Z_L$는 환산 방향을 거꾸로 잡은 식이다. 이는 1차측 임피던스를 2차측으로 넘길 때의 형태와 대응한다. 이 문항처럼 2차측 부하를 1차측에서 볼 때는 $Z_{AB} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.

오답 포인트

변압기 문제에서 가장 흔한 실수는 전압비 N_1/N_2만 기억하고 임피던스 환산에도 그대로 1제곱을 쓰는 경우이다. 또 어느 쪽에서 어느 쪽으로 환산하는지 방향을 놓치면 ④처럼 역수 제곱을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

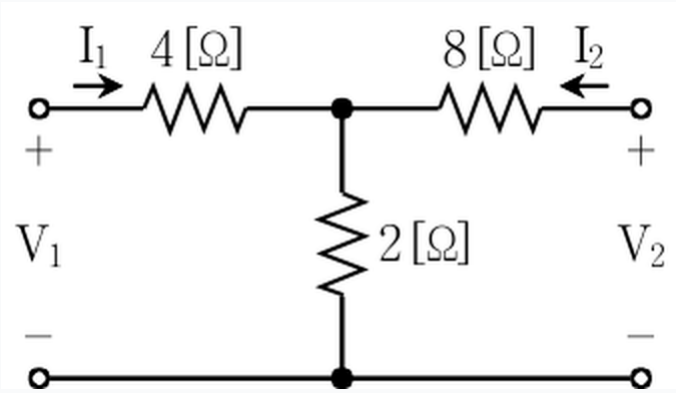
변압기 임피던스 문제는 먼저 "어느 쪽 임피던스를 어느 쪽에서 보는가"를 정한 뒤, 전압비와 전류비가 함께 반영되므로 권선수비가 제곱된다는 규칙으로 판단한다.

암기 포인트

이상변압기 임피던스 환산은 "보는 쪽 권선수 / 원래 있는 쪽 권선수"의 제곱을 곱하는 방식이다.

NoteBase

문 13. 다음 회로에서 임피던스 파라미터 중 $Z_{21}[\Omega]$은?



① 2

② 4

③ 8

④ 14

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 Z 파라미터의 정의에서 $Z_{21} = V_2/I_1|_{I_2=0}$를 적용해 개방회로 상태의 전달임피던스를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 좌측 직렬 저항 4Ω, 우측 직렬 저항 8Ω, 중앙 접지 저항 2Ω이다.
구해야 할 값: Z_{21}이다.
주의할 조건: Z_{21}는 반드시 $I_2 = 0$인 개방회로 조건에서 계산한다.

사용할 공식

공식은 $Z_{21} = \frac{V_2}{I_1}|_{I_2=0}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 Z 파라미터에서 Z_{21}가 2번 포트 전압이 1번 포트 전류에 의해 얼마나 생기는지를 나타내는 전달임피던스이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $I_2 = 0$이므로 2번 포트는 개방되어 8Ω 가지에는 전류가 흐르지 않는다.
2. 따라서 8Ω 양단 전압강하는 0이어서 V_2는 중앙 노드 전압과 같다.
3. I_1은 4Ω를 지난 뒤 오직 2Ω로만 내려가므로 중앙 노드 전압은 $V_2 = 2I_1$ 이다.
4. 따라서 $Z_{21} = \frac{V_2}{I_1} = \frac{2I_1}{I_1} = 2(\Omega)$ 이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과 $Z_{21} = 2(\Omega)$이므로 옳다.
- 개방된 2번 포트에서는 8Ω에 전류가 없어서 V_2는 2Ω 저항에 걸리는 전압과 같다.

② X
- 4Ω는 입력측 직렬 저항일 뿐 Z_{21}가 아니다.
- 틀린 표현은 "$Z_{21} = 4(\Omega)$"이고, 올바르게는 "$Z_{21} = 2(\Omega)$"이다.
- 이 값은 중앙 노드 전압이 아니라 좌측 직렬 저항만 따로 본 오판에서 나온다.

③ X
- 8Ω는 2번 포트가 개방될 때 전류가 흐르지 않는 가지 저항이므로 V_2/I_1를 결정하지 않는다.
- 틀린 표현은 "$Z_{21} = 8(\Omega)$"이고, 올바르게는 "개방조건에서는 8Ω 전압강하가 0이어서 $Z_{21} = 2(\Omega)$"이다.
- 이 값은 출력측 직렬 저항을 그대로 전달임피던스로 착각한 경우에 나온다.

④ X
- $4 + 8 + 2 = 14(\Omega)$처럼 모든 저항을 단순 합산하면 개방조건과 전류 경로를 무시하게 된다.
- 틀린 표현은 "$Z_{21} = 14(\Omega)$"이고, 올바르게는 "$I_2 = 0$일 때 실제 전류 경로에 포함되는 전달 성분은 2Ω 뿐이므로 $Z_{21} = 2(\Omega)$"이다.
- 이 값은 회로 전체 저항과 전달임피던스를 혼동한 오답이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 Z_{21}를 전체 저항이나 눈에 보이는 직렬 저항으로 읽는 데 있다. 핵심은 $I_2 = 0$ 조건을 먼저 적용해 8Ω 가지 전류를 0으로 두고, 그 상태에서 V_2가 어느 노드 전압과 같은지를 판단하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

전달임피던스를 묻는 Z 파라미터 문제는 먼저 해당 파라미터의 개방조건 또는 단락조건을 적고, 그 조건에서 실제로 전류가 흐르는 경로만 남겨 V/I를 계산하는 순서로 판단한다.

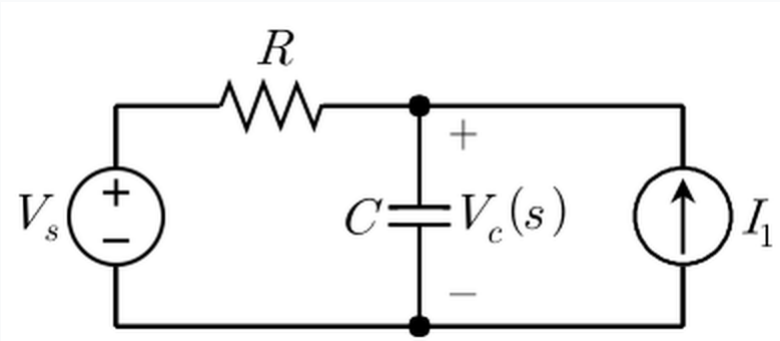
NoteBase

암기 포인트

Z_{21}는 $I_2 = 0$에서 본 V_2/I_1이며, 개방된 포트의 직렬저항은 전류가 없으면 전압강하도 0이다.

NoteBase

문 14. 다음 회로에서 $V_c(s) = \frac{2(s+\frac{5}{2})}{s(s+1)}$일 때, 정상상태($t \to \infty$)에서 전압 $v_c(t)$[V]는?



① 1

② 2

③ 2.5

④ 5

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 라플라스 영역의 커패시터 전압 $V_c(s)$로부터 최종값정리로 정상상태 전압 $v_c(\infty)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_c(s) = \frac{2(s+\frac{5}{2})}{s(s+1)}$이다.
구해야 할 값: 정상상태 $t \to \infty$에서의 $v_c(t)$이다.
주의할 조건: 정상상태 값은 $V_c(s)$ 자체가 아니라 최종값정리 $\lim_{s\to 0} sV_c(s)$로 구한다.

사용할 공식

$v_c(\infty) = \lim_{s\to 0} sV_c(s)$
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 정상상태 $t \to \infty$의 커패시터 전압을 묻고 있으므로, 시간영역으로 완전히 역변환하지 않아도 최종값정리로 바로 최종 전압을 구할 수 있다.

계산 과정

1. 최종값정리를 적용하면 $v_c(\infty) = \lim_{s\to 0} sV_c(s)$이다.
2. $sV_c(s) = s \cdot \frac{2(s+\frac{5}{2})}{s(s+1)} = \frac{2(s+\frac{5}{2})}{s+1}$이다.
3. $s \to 0$을 대입하면 $v_c(\infty) = \frac{2(0+\frac{5}{2})}{0+1} = 5$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 정상상태 전압은 1이 아니라 5이다.
- "전압이 1 V이다"가 틀린 표현이며, 올바르게는 "전압이 5 V이다"이다.
- 이 값은 s를 약분한 뒤 분모 $(s+1)$만 보고 성급하게 1로 착각할 때 고르기 쉬운 값이다.

② X
- 최종값정리를 적용하면 결과는 2가 아니라 5이다.
- "전압이 2 V이다"가 틀린 표현이며, 올바르게는 "전압이 5 V이다"이다.
- 이 값은 분자 앞의 계수 2만 보고 나머지 $\frac{5}{2}$ 항의 영향을 반영하지 않을 때 나오는 오답이다.

③ X
- 2.5는 분자 안의 $\frac{5}{2}$만 읽은 값일 뿐, 앞의 계수 2를 곱하지 않아 생긴 오답이다.
- "전압이 2.5 V이다"가 틀린 표현이며, 올바르게는 "전압이 5 V이다"이다.
- 최종값은 $2 \times \frac{5}{2} = 5$까지 계산해야 한다.

④ O
- $v_c(\infty) = \lim_{s\to 0} sV_c(s) = \frac{2\left(0+\frac{5}{2}\right)}{0+1} = 5$이므로 맞는 선지이다.
- 정상상태 커패시터 전압은 5 V이므로 정답 선지는 ④이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $V_c(s)$에 바로 $s=0$을 넣거나, $\frac{5}{2}$를 읽고 앞의 2를 곱하지 않는 데 있다. 정상상태를 묻는 문제에서는 항상 $sV_c(s)$를 먼저 만든 뒤 $s\to 0$을 대입해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

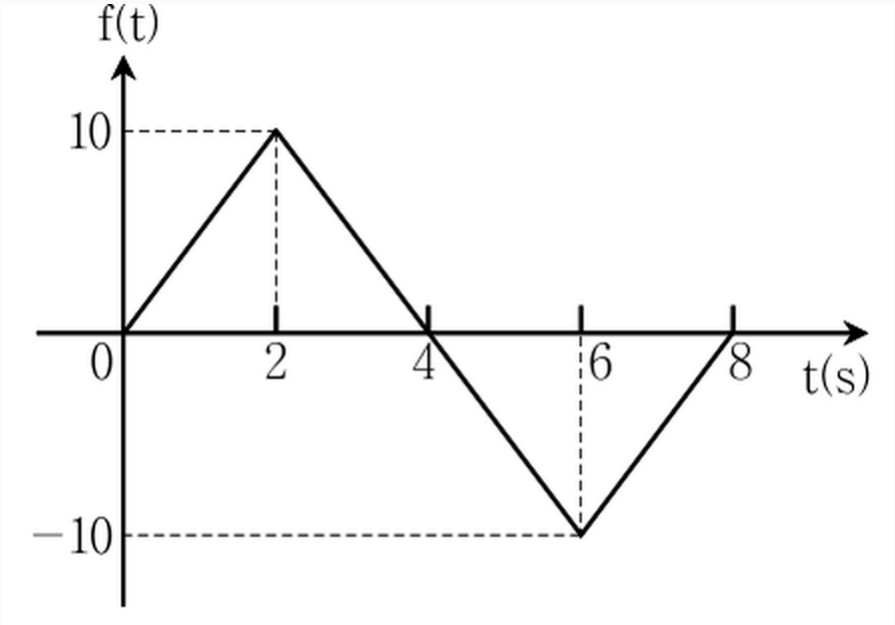
라플라스 변환식에서 정상상태 값을 묻는 계산형은 먼저 최종값정리 적용 가능 여부를 보고, 다음에 $sV(s)$ 형태로 정리한 뒤 마지막에 $s\to 0$을 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

정상상태 값은 $V(s)$가 아니라 $\lim_{s\to 0} sV(s)$로 구한다.

NoteBase

문 15. 다음 함수 $f(t)$에 대한 라플라스변환 $F(s)$는?



① $\frac{5[1-2e^{-2s}+2e^{-6s}-e^{-8s}]}{s}$

② $\frac{5[1-4e^{-2s}+4e^{-6s}-e^{-8s}]}{s}$

③ $\frac{5[1-2e^{-2s}+2e^{-6s}-e^{-8s}]}{s^2}$

④ $\frac{5[1-4e^{-2s}+4e^{-6s}-e^{-8s}]}{s^2}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 주어진 파형을 단위 램프 함수로 분해한 뒤 라플라스변환을 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 기울기는 0 ~ 2초에서 +5, 2 ~ 6초에서 −5, 6 ~ 8초에서 +5이다.

구해야 할 값: $f(t)$의 라플라스변환 $F(s)$이다.

주의할 조건: 높이 10이 아니라 각 시점에서의 기울기 변화량을 기준으로 램프 함수를 세워야 한다.

NoteBase

사용할 공식

단위 램프 $r(t) = tu(t)$를 쓰면
$f(t) = 5r(t) - 10r(t-2) + 10r(t-6) - 5r(t-8)$
이고, 라플라스변환은
$\mathcal{L}\{r(t-a)u(t-a)\} = \frac{e^{-as}}{s^2}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 그래프가 직선 구간으로 이어진 파형이므로 각 시점의 기울기 변화만 반영하면 전체 파형을 가장 간단하게 표현할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $t = 0$에서 기울기 $+5$로 시작하므로 $5r(t)$를 둔다.
2. $t = 2$에서 기울기가 $+5 \to -5$로 바뀌므로 변화량은 -10이고 $-10r(t-2)$를 더한다.
3. $t = 6$에서 기울기가 $-5 \to +5$로 바뀌므로 변화량은 $+10$이고 $+10r(t-6)$를 더한다.
4. $t = 8$에서 기울기가 $+5 \to 0$으로 바뀌므로 변화량은 -5이고 $-5r(t-8)$를 더한다.
5. 따라서
$F(s) = \frac{5}{s^2} - \frac{10e^{-2s}}{s^2} + \frac{10e^{-6s}}{s^2} - \frac{5e^{-8s}}{s^2} = \frac{5(1 - 2e^{-2s} + 2e^{-6s} - e^{-8s})}{s^2}$
이므로 정답은 3번이다.

선지별 해설

① X: 지수항 계수 $1, -2, +2, -1$는 맞지만 분모가 s인 점이 틀리다. 이 파형은 계단함수가 아니라 램프 함수의 합이므로 각 항의 변환은 $1/s$가 아니라 $1/s^2$가 된다. 틀린 표현은 분모 s이고, 올바르게는 분모가 s^2이다.
② X: 분모를 s로 둔 점도 틀리고, 계수 $-4, +4$도 틀리다. $t = 2, 6$에서의 기울기 변화량은 각각 $-10, +10$이므로 5를 묶으면 계수는 $-2, +2$가 되어야 한다. 틀린 표현은 $-4e^{-2s} + 4e^{-6s}$와 분모 s이고, 올바르게는 $-2e^{-2s} + 2e^{-6s}$와 분모 s^2이다.
③ O: 기울기 변화량이 $+5, -10, +10, -5$로 정확히 반영되었고, 램프 함수의 라플라스변환이라 분모도 s^2이다. 따라서 $\frac{5(1 - 2e^{-2s} + 2e^{-6s} - e^{-8s})}{s^2}$가 맞다.
④ X: 분모 s^2는 맞지만 계수 $-4, +4$가 틀리다. 중간 꼭짓점의 높이 ± 10을 그대로 넣는 것이 아니라 그 시점의 기울기 변화량 $-10, +10$을 반영해야 하므로 5를 묶은 계수는 $-2, +2$가 된다. 틀린 표현은 $-4e^{-2s} + 4e^{-6s}$이고, 올바르게는 $-2e^{-2s} + 2e^{-6s}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 꼭짓점의 높이 ± 10을 계수로 바로 쓰거나, 삼각파를 계단함수처럼 보고 분모를 s로 적는 데 있다. 이 파형은 값이 아니라 기울기 변화량으로 분해해야 한다는 점이 핵심이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

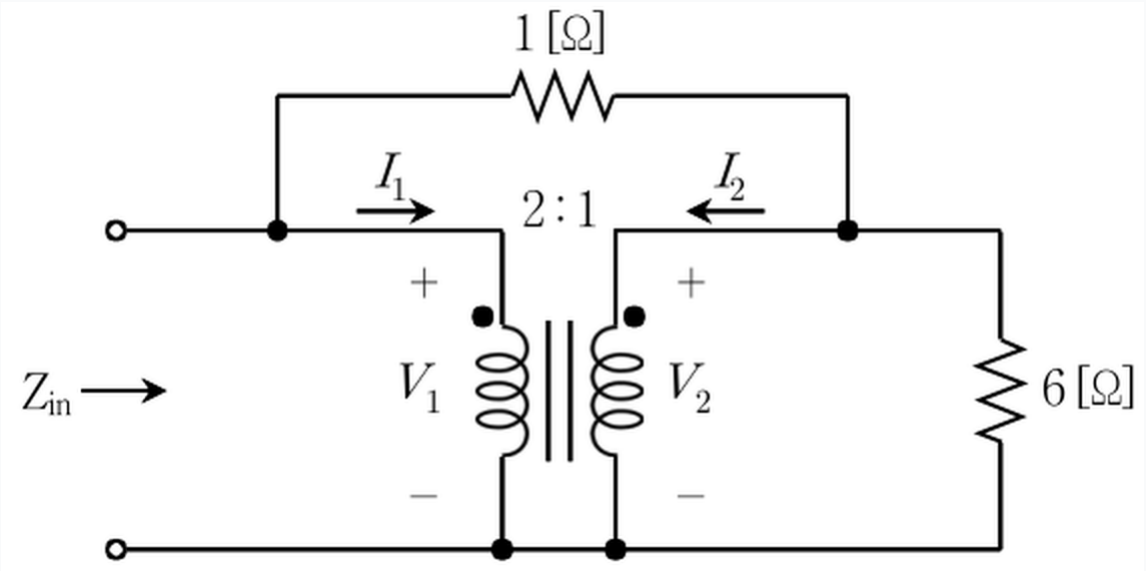
직선 구간 파형의 라플라스변환은 먼저 각 꺾이는 시점에서 기울기가 얼마나 바뀌는지 본 뒤, 그 변화량으로 지연 램프 함수를 세운다. 마지막에 램프이면 분모가 s^2, 계단이면 분모가 s인지 검산하면 된다.

암기 포인트

직선 파형은 높이가 아니라 기울기 변화량으로 램프를 세우며, 램프의 라플라스변환은 e^{-as}/s^2 꼴이다.

NoteBase

문 16. 다음 회로에서 입력 임피던스 Z_{in} [Ω]은? (단, 변압기는 이상적이다)



① $\frac{6}{7}$
② $\frac{12}{7}$
③ $\frac{24}{7}$
④ $\frac{48}{7}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상변압기의 권수비와 노드 전류관계를 이용해 입력전류를 구한 뒤, $Z_{in} = V_{in}/I_{in}$으로 입력 임피던스를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 권수비 $N_1 : N_2 = 2 : 1$, 상단 노드 사이 저항 1Ω, 우측 노드의 접지 저항 6Ω이다.
회로 구조를 보면 1Ω 저항은 1차측 상단 노드(전압 V_1)와 2차측 상단 노드(전압 V_2) 사이를 직접 잇는 다리 역할을 하고, 6Ω 저항은 2차측 상단 노드에서 접지로 연결된다. 따라서 입력단으로 들어온 전류는 1Ω 가지로 가는 전류와 변압기 1차 권선으로 가는 전류의 두 병렬 경로로 나뉜다.
좌측 권선 전압을 V_1, 우측 권선 전압을 V_2라 두면 이상변압기이므로 $V_1 = 2V_2$이다. 전류비는 도트(dot) 규약으로 정한다. 그림에서 I_1은 1차 상단의 도트로 들어가고 I_2도 2차 상단의 도트로 들어가는 방향이므로, 두 전류가 모두 도트로 들어갈 때 성립하는 기자력 평형 $N_1 I_1 + N_2 I_2 = 0$에서 $I_2 = -2I_1$이 된다.
구해야 할 값은 입력단에서 본 Z_{in}이다.

NoteBase

사용할 공식

$V_1 = 2V_2, \quad I_2 = -2I_1, \quad Z_{in} = \frac{V_1}{I_{in}}$

2차측 상단 노드에 KCL을 적용한다. 이때 1Ω 저항에 흐르는 전류는 두 노드 전압차를 저항으로 나눈 $\frac{V_1 - V_2}{1}$[A]이고, 6Ω 가지 전류는 $\frac{V_2}{6}$[A], 2차 권선으로 들어가는 전류는 I_2[A]이다. 노드로 들어오는 전류와 나가는 전류를 같게 두면

$\frac{V_1 - V_2}{1} = \frac{V_2}{6} + I_2$

의 전류 평형식(모든 항의 단위가 [A])이 된다.

이 관계를 쓰는 이유는 이상변압기에서는 전압비와 전류비가 권수비로 바로 정해지고, 입력 임피던스는 입력전압과 전체 입력전류의 비로 결정되기 때문이다.

계산 과정

입력전압을 $V_1 = V$라 두면 $V_2 = V/2$이다.

먼저 1Ω 저항 전류는 $\frac{V_1 - V_2}{1} = \frac{V - V/2}{1} = \frac{V}{2}$[A]이다.

2차측 노드 KCL $\frac{V_1 - V_2}{1} = \frac{V_2}{6} + I_2$에서

$I_2 = \frac{V_1 - V_2}{1} - \frac{V_2}{6} = \frac{V}{2} - \frac{V}{12} = \frac{5V}{12}$[A]

이다.

이상변압기 전류비 $I_2 = -2I_1$를 쓰면

$I_1 = -\frac{I_2}{2} = -\frac{5V}{24}$[A]

이다.

입력단 전류는 상단 1Ω 저항 전류와 1차 권선 전류의 합이므로

$I_{in} = \frac{V_1 - V_2}{1} + I_1 = \frac{V}{2} - \frac{5V}{24} = \frac{7V}{24}$[A]

이다.

따라서

$Z_{in} = \frac{V_1}{I_{in}} = \frac{V}{7V/24} = \frac{24}{7}\Omega$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 입력 임피던스가 $\frac{6}{7}\Omega$라는 판단은 틀리다. 계산된 입력전류는 $I_{in}=\frac{7V}{24}$이므로 $Z_{in}=\frac{24}{7}\Omega$가 되어야 한다. 틀린 표현은 "입력 임피던스가 $\frac{6}{7}\Omega$이다"이고, 올바르게는 "입력 임피던스는 $\frac{24}{7}\Omega$이다"이다.
② X: 입력 임피던스가 $\frac{12}{7}\Omega$라는 판단도 틀리다. 이 값은 입력전류는 옳게 $I_{in}=\frac{7V}{24}$로 구했으나, 분자에 입력단 전압 $V_1=V$ 대신 2차측 전압 $V_2=\frac{V}{2}$를 잘못 넣어 $Z=\frac{V_2}{I_{in}}=\frac{V/2}{7V/24}=\frac{12}{7}$로 계산한 경우에 나온다. 입력 임피던스는 입력단 전압으로 정의되므로 V_1을 써서 $Z_{in}=\frac{V_1}{I_{in}}=\frac{24}{7}\Omega$이다.
③ O: 계산 결과 $Z_{in}=\frac{24}{7}\Omega$이므로 옳다. 권수비 2 : 1에서 $V_2=V_1/2$, $I_2=-2I_1$를 적용한 뒤 KCL로 입력전류를 구하면 정확히 이 값이 나온다.
④ X: 입력 임피던스가 $\frac{48}{7}\Omega$라는 판단은 입력전류를 실제의 절반으로 본 오답이다. 즉 올바른 $I_{in}=\frac{V}{2}-\frac{5V}{24}=\frac{7V}{24}$를 그 절반인 $\frac{7V}{48}$로 잘못 보면 $Z=\frac{V}{7V/48}=\frac{48}{7}$이 된다. 이는 입력전류를 구할 때 상단 1Ω 가지 전류 $\frac{V}{2}$와 1차 권선 전류 $I_1=-\frac{5V}{24}$ 중 한쪽 크기를 빠뜨리거나 두 병렬 경로 중 하나만 반영한 결과이다. 두 경로 전류를 모두 더하면 $Z_{in}=\frac{24}{7}\Omega$이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 권수비 2 : 1에서 전압비와 전류비의 방향을 반대로 쓰는 실수이다. 또 우측 노드에서 1Ω 가지 전류, 6Ω 가지 전류, 변압기 전류를 한 식으로 묶지 않으면 입력전류가 틀어져 보기가 모두 흔들린다.

다시 나오면 이렇게 판단

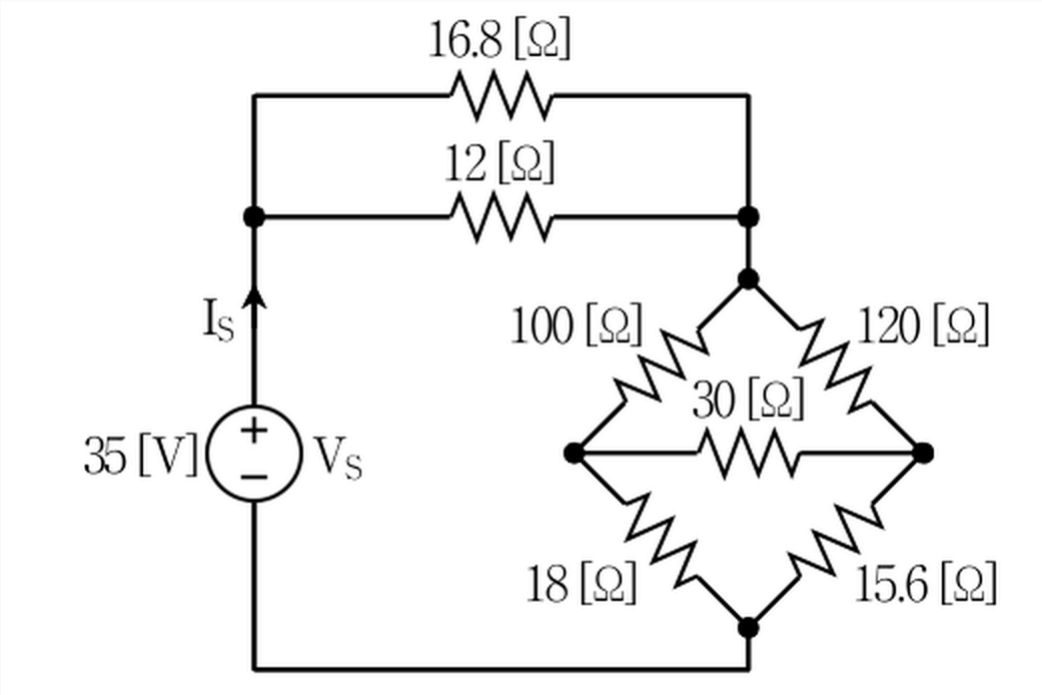
이상변압기 회로는 먼저 $V_1:V_2$, $I_1:I_2$를 권수비로 정리하고, 그다음 한쪽 노드에 KCL을 세워 각 전류를 구한 뒤 마지막에 $Z_{in}=V_{in}/I_{in}$으로 마무리하면 된다.

암기 포인트

이상변압기는 전압비는 권수비와 같고 전류비는 권수비의 역수에 부호를 붙여 본다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 17. 다음 회로에서 전원 V_S에서 공급되는 전류 I_S[A]와 전력 P_S[W]는?



① I_S[A]: 0.5, P_S[W]: 17.5

② I_S[A]: 1.0, P_S[W]: 17.5

③ I_S[A]: 1.0, P_S[W]: 35.0

④ I_S[A]: 2.0, P_S[W]: 70.0

정답 1번

출제 포인트

주어진 회로의 직병렬 합성과 브리지 저항망의 등가저항을 구해 I_S와 P_S를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전원 $V_S = 35V$, 상단 병렬 저항 16.8Ω와 12Ω, 하단 브리지 저항망 100Ω, 120Ω, 18Ω, 15.6Ω, 30Ω이다.
구해야 할 값은 전원에서 공급되는 전류 I_S와 전력 P_S이다.
주의할 조건은 상단 두 저항은 바로 병렬로 합성되지만, 하단 마름모 회로는 단순 직렬·병렬로 바로 줄어들지 않는다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

상단 병렬부에는

$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

를 사용한다.

하단 브리지 저항망에는 시험전압법으로

$R_{eq} = \frac{V}{I}$

를 사용한다.

전원 전류와 전력에는

$I_S = \frac{V_S}{R_{eq}}, \qquad P_S = V_S I_S$

를 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유는 상단은 명확한 병렬회로이고, 하단은 브리지 결선이라 시험전압으로 전체 입력전류를 구하는 방식이 가장 직접적이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 상단의 16.8Ω와 12Ω는 병렬이므로
$R_1 = \frac{16.8 \times 12}{16.8 + 12} = 7\Omega$
이다.
2. 하단 브리지 저항망의 네 노드를 정한다. 상단 단자를 A(100Ω과 120Ω이 만나는 위쪽 꼭짓점, 상단 병렬부에 연결됨), 하단 단자를 D(18Ω과 15.6Ω이 만나는 아래쪽 꼭짓점, 전원 쪽으로 되돌아감), 좌측 중간 노드를 B(100Ω·30Ω·18Ω이 만나는 왼쪽), 우측 중간 노드를 C(120Ω·30Ω·15.6Ω이 만나는 오른쪽)라 한다. A와 D 사이에 시험전압 $1V$를 걸어 $V_A = 1V$, $V_D = 0V$로 두고 V_B, V_C를 미지수로 놓는다.
노드 B의 KCL은
$\frac{V_B - 1}{100} + \frac{V_B}{18} + \frac{V_B - V_C}{30} = 0$
노드 C의 KCL은
$\frac{V_C - 1}{120} + \frac{V_C}{15.6} + \frac{V_C - V_B}{30} = 0$
이다. 두 식을 정리하면
$0.098889V_B - 0.033333V_C = 0.01$
$-0.033333V_B + 0.105769V_C = 0.008333$
이 되고, 이를 연립해서 풀면 $V_B = \frac{1}{7}V \approx 0.143V$, $V_C = \frac{13}{105}V \approx 0.124V$를 얻는다.
3. 시험전류는 상단 단자 A에서 저항망으로 흘러드는 두 전류(A→B의 100Ω와 A→C의 120Ω)의 합이므로
$I = \frac{1 - V_B}{100} + \frac{1 - V_C}{120} = \frac{1 - \frac{1}{7}}{100} + \frac{1 - \frac{13}{105}}{120} = \frac{6}{700} + \frac{92}{12600} = \frac{1}{63}A$
이므로 하단 브리지 저항망의 등가저항은
$R_2 = \frac{1}{I} = 63\Omega$
이다.
4. 전체 등가저항은
$R_{eq} = R_1 + R_2 = 7 + 63 = 70\Omega$
이다.
5. 따라서 전원 전류와 전력은
$I_S = \frac{V_S}{R_{eq}} = \frac{35}{70} = 0.5A$
$P_S = V_S I_S = 35 \times 0.5 = 17.5W$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $I_S = 0.5A$, $P_S = 17.5W$이므로 제시된 두 값이 모두 맞다.

② X
- $P_S = 17.5W$라면 $P_S = V_S I_S$에서 $I_S = 0.5A$이어야 하므로 $I_S = 1.0A$가 틀리다.
- 틀린 표현은 '$I_S = 1.0A$'이고, 올바르게는 '$I_S = 0.5A$, $P_S = 17.5W$'이다.

③ X
- $I_S = 1.0A$이면 $P_S = 35.0W$는 식 자체로는 맞지만, 실제 전체 등가저항이 70Ω이므로 전류를 두 배 크게 계산한 값이다.
- 틀린 표현은 '$I_S = 1.0A$'이고, 올바르게는 '$I_S = 0.5A$, $P_S = 17.5W$'이다.

④ X
- $I_S = 2.0A$이면 전체 등가저항을 17.5Ω로 본 셈인데, 실제로는 상단 병렬부 7Ω와 하단 저항망 63Ω가 직렬이라 70Ω이다.
- 틀린 표현은 '$I_S = 2.0A$, $P_S = 70.0W$'이고, 올바르게는 '$I_S = 0.5A$, $P_S = 17.5W$'이다.

오답 포인트

상단의 16.8Ω와 12Ω만 보고 전체를 단순 병렬·직렬로 밀어붙이면 오답이 된다. 하단 마름모 회로는 브리지 결선이므로 바로 합성되지 않으며, 마지막에는 반드시 $P_S = V_S I_S$로 전류와 전력의 일관성을 한 번 더 점검해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

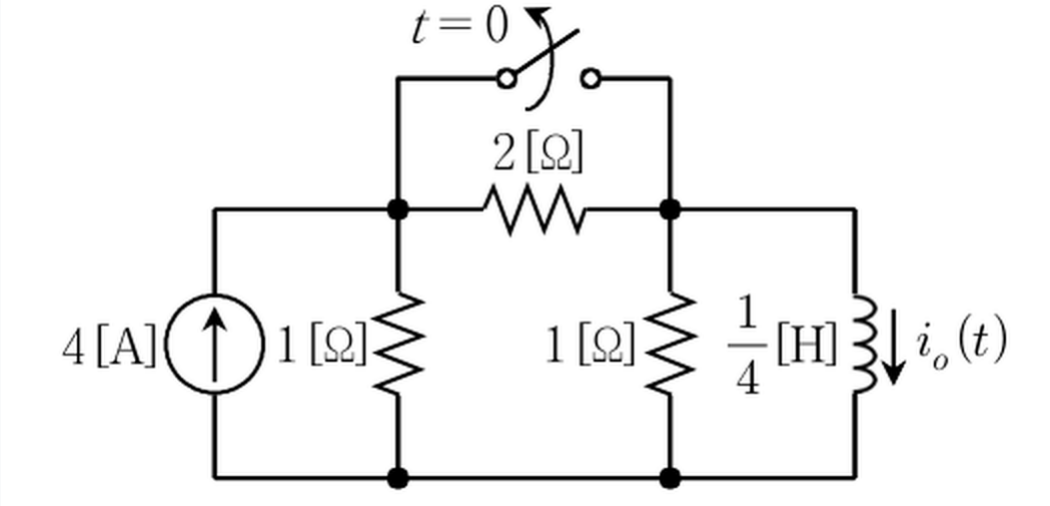
회로 계산 문제는 먼저 바로 묶이는 직렬·병렬 부분을 줄이고, 브리지처럼 애매한 부분은 시험전압법이나 노드해석으로 등가저항을 구한 다음, 마지막에 $I = V/R$, $P = VI$ 순서로 검산하는 방식으로 판단한다.

암기 포인트

병렬부는 먼저 7Ω로 줄고, 브리지부는 시험전압법으로 63Ω, 전체는 70Ω가 되어 $I_S = 0.5A$, $P_S = 17.5W$가 된다.

NoteBase

문 18. 다음 회로에서 $t<0$에서 정상상태에 도달하였다. $t=0$인 순간에 스위치를 열었을 때, $t>0$에서 전류 $i_o(t)$[A]는?



① $\frac{4}{3}(1+2e^{-3t})$

② $\frac{4}{3}(1-2e^{-3t})$

③ $\frac{4}{3}(1+2e^{-t/3})$

④ $\frac{4}{3}(1-2e^{-t/3})$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치 개방 후 인덕터가 보는 테브난 등가회로를 구해 $i_o(t)$의 1차 과도응답을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전류원 $4A$, 저항 1Ω, 2Ω, 1Ω, 인덕터 $L=\frac{1}{4}H$이다.
구해야 할 값: $t>0$에서의 $i_o(t)$이다.
주의할 조건: $t<0$ 정상상태에서는 인덕터가 단락으로 동작하고, 인덕터 전류는 순간적으로 변하지 않으므로 $i_o(0+)=i_o(0-)$이다.

사용할 공식

인덕터의 1차 응답은 $i_o(t)=i_o(\infty)+[i_o(0+)-i_o(\infty)]e^{-t/\tau}$이다.
시정수는 $\tau=\frac{L}{R_{th}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치가 열린 뒤 인덕터가 저항성 회로를 바라보는 단일 저장소자 회로가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $t<0$ 정상상태에서 스위치는 닫혀 있고 인덕터는 단락으로 동작한다. 인덕터가 오른쪽 노드를 접지에 단락시켜 오른쪽 노드 전압이 0V가 되고, 닫힌 스위치가 왼쪽 노드와 오른쪽 노드를 직접 연결하므로 왼쪽 노드 전압도 0V가 된다. 두 1Ω 저항과 2Ω 저항은 모두 양단 전압이 0V라 KCL상 흐르는 전류가 0이므로, 전류원 $4A$는 갈 곳이 인덕터뿐이어서 전부 인덕터로 흐른다. 따라서 $i_o(0-)=4A$이고, 인덕터 전류 연속성에 의해 $i_o(0+)=4A$이다.
2. $t>0$에서 스위치가 열리면 회로에는 전류원, 1Ω(왼쪽 노드-접지), 2Ω(왼쪽 노드-오른쪽 노드), 1Ω(오른쪽 노드-접지), 인덕터(오른쪽 노드-접지)만 남는다. 인덕터가 보는 테브난 개방전압을 구하기 위해 인덕터를 떼고 왼쪽 노드를 V_a, 오른쪽 노드를 V_b로 두어 각 노드에 KCL을 적용한다. 왼쪽 노드에서는 전류원이 넣는 $4A$가 1Ω와 2Ω로 빠져나가므로 $V_a+\frac{V_a-V_b}{2}=4$이고, 오른쪽 노드에서는 인덕터를 뗀 뒤 유입 전류가 없으므로 $V_b+\frac{V_b-V_a}{2}=0$이다. 두 식을 풀면 $V_a=3V_b$, $V_b=1V$이므로 개방전압 $V_{th}=V_b=1V$이다.
3. 전류원을 꺼서 개방하면 인덕터가 보는 등가저항은 $R_{th}=1\Omega\parallel(2\Omega+1\Omega)=1\parallel 3=\frac{3}{4}\Omega$이다. 따라서 $\tau=\frac{L}{R_{th}}=\frac{1/4}{3/4}=\frac{1}{3}s$이다.
4. 최종값은 인덕터가 다시 단락되는 정상상태의 전류이며, 이는 인덕터 자리를 단락시켰을 때 흐르는 노턴 단락전류 $I_N=\frac{V_{th}}{R_{th}}$와 같다. 따라서 $i_o(\infty)=\frac{V_{th}}{R_{th}}=\frac{1}{3/4}=\frac{4}{3}A$이다.
5. 따라서 $i_o(t)=\frac{4}{3}+\left(4-\frac{4}{3}\right)e^{-3t}=\frac{4}{3}(1+2e^{-3t})$이다.

선지별 해설

① O. 계산 결과가 $i_o(t)=\frac{4}{3}(1+2e^{-3t})$이므로 맞다. $t=0+$에서 $4A$, $t\to\infty$에서 $\frac{4}{3}A$로 수렴하는 조건도 모두 만족한다.

② X. 틀린 표현은 지수항 앞 부호이다. $\frac{4}{3}(1-2e^{-3t})$이면 $t=0+$에서 $-\frac{4}{3}A$가 되어 인덕터 초기전류 $4A$와 모순된다. 올바르게는 $\frac{4}{3}(1+2e^{-3t})$이다.

③ X. 틀린 표현은 지수의 시정수이다. $e^{-t/3}$는 $\tau=3s$일 때의 형태인데, 이 회로는 $\tau=\frac{1}{3}s$이므로 지수항은 e^{-3t}가 되어야 한다. 올바르게는 $\frac{4}{3}(1+2e^{-3t})$이다.

④ X. 틀린 표현은 지수항 앞 부호와 시정수 둘 다이다. $\frac{4}{3}(1-2e^{-t/3})$는 초기값도 맞지 않고 감쇠 속도도 틀리다. 올바르게는 $\frac{4}{3}(1+2e^{-3t})$이다.

오답 포인트

스위치 동작 문제에서는 초기값과 최종값을 먼저 잡지 않으면 ②처럼 부호를 반대로 쓰기 쉽다. 또 R_{th}를 잘못 구하면 ③, ④처럼 $e^{-t/3}$ 형태로 시정수를 뒤집는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

인덕터 과도응답 문제는 $i(0-)$와 $i(0+)$를 먼저 확인하고, 스위치 전환 후 인덕터가 보는 V_{th}, R_{th}, $\tau=\frac{L}{R_{th}}$를 구한 뒤 $i(t)=i(\infty)+[i(0+)-i(\infty)]e^{-t/\tau}$에 대입하면 된다.

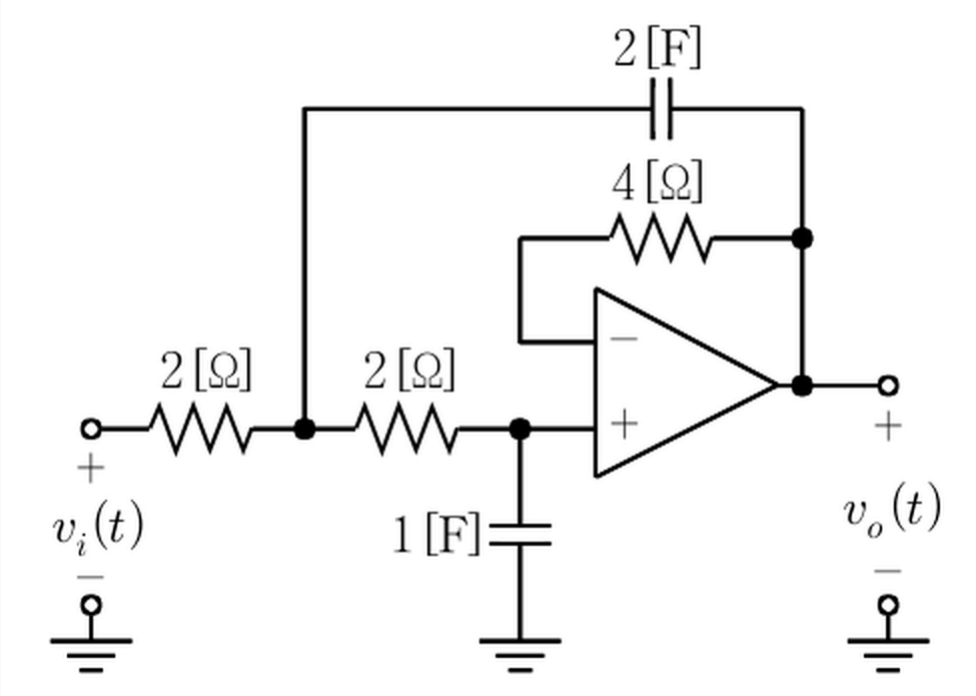
NoteBase

암기 포인트

인덕터는 정상상태에서 단락, 전류는 연속이다. 1차 응답은 초기값과 최종값만 정확히 잡으면 $i(t) = i(\infty) + [i(0+) - i(\infty)]e^{-t/\tau}$로 정리된다.

NoteBase

문 19. 다음 회로에서 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① $\frac{1}{8s^2+s+1}$
② $\frac{1}{8s^2+2s+1}$
③ $\frac{1}{8s^2+4s+1}$
④ $\frac{1}{8s^2+8s+1}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 전압 팔로어가 포함된 2차 RC 회로에서 노드방정식으로 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 입력에서 첫 노드 V_1까지 2Ω 저항이 있다.
- V_1과 비반전 입력 노드 V_2 사이에 2Ω 저항이 있다.
- V_1과 출력 V_o 사이에 $2F$ 커패시터가 있다.
- V_2와 접지 사이에 $1F$ 커패시터가 있다.
- 이상적 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고 $V_+ = V_- = V_o$이다.
- 다만 V_2와 V_o는 전압만 같은 별도 노드이므로, 출력에 붙은 $2F$ 커패시터 전류는 V_2 노드 KCL에 직접 넣지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

노드전압법을 사용한다.

$\frac{V_2 - V_1}{2} + sV_2 = 0$

$\frac{V_1 - V_i}{2} + \frac{V_1 - V_2}{2} + 2s(V_1 - V_o) = 0, \quad V_o = V_2$

이 공식을 쓰는 이유는 저항과 커패시터가 각각 노드 사이에 걸려 있어 각 노드의 전류합을 0으로 두면 전달함수를 가장 직접적으로 정리할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. V_2 노드에서

$\frac{V_2 - V_1}{2} + sV_2 = 0$

이므로

$V_1 = (1 + 2s)V_2$

이다.

2. V_1 노드에서 $V_o = V_2$를 대입하면

$\frac{V_1 - V_i}{2} + \frac{V_1 - V_2}{2} + 2s(V_1 - V_2) = 0$

이다.

3. 여기에 $V_1 = (1 + 2s)V_2$를 대입하면

$\frac{(1 + 2s)V_2 - V_i}{2} + sV_2 + 4s^2V_2 = 0$

이고 정리하면

$V_i = (1 + 4s + 8s^2)V_2$

이다.

4. 이상적 연산증폭기에서 $V_o = V_2$이므로

$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{V_2}{V_i} = \frac{1}{8s^2 + 4s + 1}$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- ①은 s항 계수를 1로 본 식이다.
- V_2 노드의 $1F$ 커패시터 전류 sV_2와 $V_1 = (1 + 2s)V_2$를 대입할 때 생기는 추가 $2sV_2$를 반영해야 하므로 s 항은 총 $4s$가 된다.
- 따라서 $H(s) = \frac{1}{8s^2 + s + 1}$가 아니라 $H(s) = \frac{1}{8s^2 + 4s + 1}$이다.

② X

- ②는 1차항을 일부만 반영한 식이다.
- 출력 노드의 $2F$ 커패시터 영향까지 포함하면 $V_i = (1 + 4s + 8s^2)V_2$가 되어야 한다.
- 따라서 $H(s) = \frac{1}{8s^2 + 2s + 1}$가 아니라 $H(s) = \frac{1}{8s^2 + 4s + 1}$이다.

③ O

- 노드방정식을 세우면 $V_i = (1 + 4s + 8s^2)V_2$이고, 이상적 연산증폭기에서 $V_o = V_2$이다.
- 따라서 $H(s) = \frac{1}{8s^2 + 4s + 1}$가 되어 ③이 옳다.

④ X

- ④는 s항을 과대계산한 식이다.
- V_2와 V_o가 전압만 같다는 점을 무시하고 출력 쪽 커패시터 전류를 중복 계산하면 $8s$가 나오기 쉽다.
- 따라서 $H(s) = \frac{1}{8s^2 + 8s + 1}$가 아니라 $H(s) = \frac{1}{8s^2 + 4s + 1}$이다.

오답 포인트

이 문항의 핵심 함정은 $V_2 = V_o$를 같은 전압이라는 뜻으로 써야 하는데, 이를 같은 노드라고 오해하는 데 있다. 전압 팔로어에서는 입력전류가 0이므로 출력에 연결된 소자의 전류가 비반전 입력 노드로 직접 들어가지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

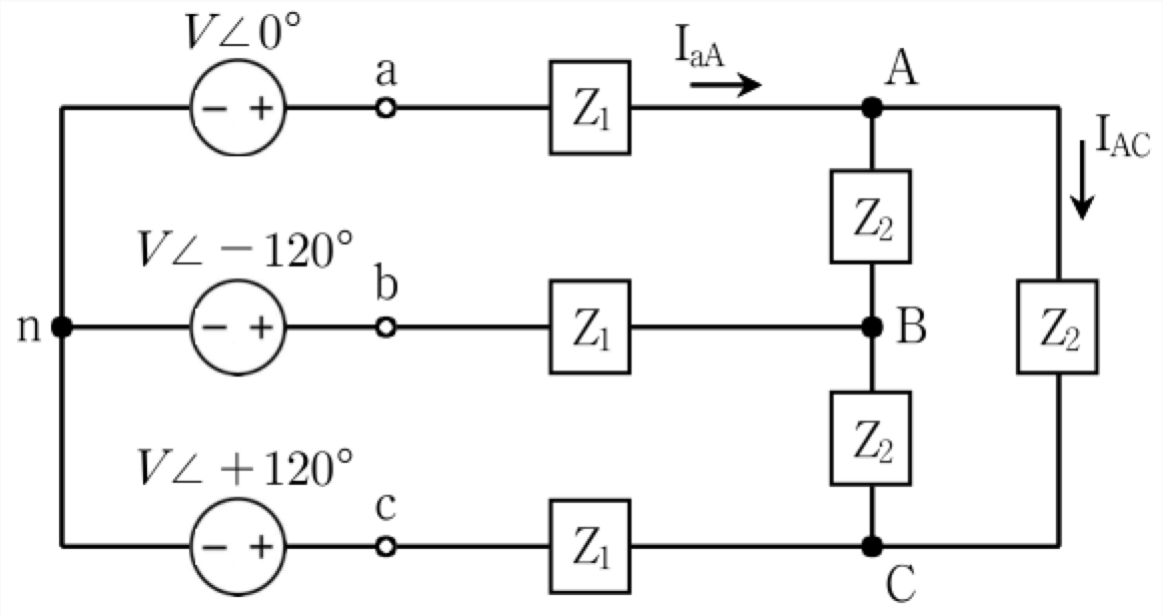
연산증폭기가 포함된 전달함수 문제는 먼저 입력전류 0과 $V_+ = V_-$로 전압 제약식을 만든다. 그다음 출력에 직접 연결된 소자는 출력 노드 KCL에 반영하고, 전압이 같다는 이유만으로 입력 노드와 물리적으로 합치지 않으면 된다.

암기 포인트

전압 팔로어는 $V_o = V_+$이지만, 출력 노드에 달린 소자의 전류 경로까지 비반전 입력 노드와 같아지는 것은 아니다.

NoteBase

문 20. 다음 회로에서 전류 $I_{aA} = I\angle\theta[A]$일 때, 전류 $I_{AC}[A]$는?



① $\frac{I}{\sqrt{3}}\angle\theta + 150^\circ$
② $\frac{I}{\sqrt{3}}\angle\theta - 30^\circ$
③ $\sqrt{3}I\angle\theta - 30^\circ$
④ $\sqrt{3}I\angle\theta + 150^\circ$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 평형 델타결선에서 선전류와 상전류의 크기 및 위상 관계를 이용해 가지전류 I_{AC}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $I_{aA} = I\angle\theta$
구해야 할 값: I_{AC}
회로 구성: 좌측은 Y결선 전원($V\angle 0^\circ$, $V\angle -120^\circ$, $V\angle +120^\circ$)이고 각 선에는 선로 임피던스 Z_1이 직렬로 있으며, 부하 Z_2는 A-B, B-C, C-A 세 변에 모두 같은 값으로 놓인 평형 델타결선이다. 선전류 I_{aA}가 이미 값으로 주어졌으므로 전원과 Z_1의 구체적 값은 계산에 필요 없고, 평형 델타에서 선전류와 가지(상)전류 사이의 관계만으로 I_{AC}를 구할 수 있다.
주의할 조건: 노드 A에서는 두 가지전류 I_{AB}($A \to B$)와 I_AC (A→ C, 그림의 화살표 방향)가 흘러 나간다. 평형 델타의 세 가지전류 I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}는 크기가 같고 서로 120° 간격이며 $I_{AC} = -I_{CA}$이다. I_{AB}와 I_{CA}가 120° 벌어져 있는데 I_{CA}의 방향을 뒤집어 I_{AC}로 바꾸면 위상이 180° 더해지므로, 결국 노드 A를 빠져나가는 두 전류 I_{AB}와 I_{AC}의 위상차는 $180^\circ - 120^\circ = 60^\circ$가 된다.

NoteBase

사용할 공식

$I_{aA} = I_{AB} + I_{AC}$

노드 A를 빠져나가는 가지전류 I_{AC}의 위상을 기준값 β로 두면, 앞의 조건 정리에서 두 전류의 위상차가 60°이고 양의 상순에서 I_{AB}가 I_{AC}보다 60° 앞서므로

$I_{AC} = I_\phi \angle \beta, \quad I_{AB} = I_\phi \angle (\beta + 60^\circ)$

로 쓸 수 있다. 크기가 같고 60° 벌어진 두 벡터의 합은

$I_{aA} = \sqrt{3} I_\phi \angle (\beta + 30^\circ)$

가 된다. 따라서 $I_{AC} = I_\phi \angle \beta = \frac{I_{aA}}{\sqrt{3}} \angle (-30^\circ)$이다.

이 공식을 쓰는 이유는 평형 델타결선의 선전류가 같은 크기의 두 상전류의 벡터합으로 정해지기 때문이다.

계산 과정

1. $I_{AC} = I_\phi \angle \beta$라고 두면, 같은 델타의 다른 가지전류는 $I_{AB} = I_\phi \angle (\beta + 60^\circ)$이다.
2. 따라서 A선의 선전류는 $I_{aA} = I_{AB} + I_{AC}$이다.
3. 크기가 같은 두 벡터 $I_\phi \angle (\beta + 60^\circ)$와 $I_\phi \angle \beta$를 더한다. 두 벡터의 사잇각이 60°이므로 합의 크기는 $2I_\phi \cos 30^\circ = \sqrt{3} I_\phi$이고 방향은 두 위상의 중간인 $\beta + 30^\circ$이다. 즉 그 합은 $\sqrt{3} I_\phi \angle (\beta + 30^\circ)$가 된다.
4. 주어진 $I_{aA} = I \angle \theta$와 비교하면 $I = \sqrt{3} I_\phi$, $\theta = \beta + 30^\circ$이다.
5. 따라서 $\beta = \theta - 30^\circ$이고, $I_{AC} = \frac{I}{\sqrt{3}} \angle (\theta - 30^\circ)$이다.

선지별 해설

① X

위상은 $\theta + 150^\circ = \theta - 30^\circ + 180^\circ$이므로 정답 전류의 반대방향이다. 이는 I_{AC}가 아니라 반대방향 전류를 섞어 본 경우에 해당한다. 올바르게는 $I_{AC} = \frac{I}{\sqrt{3}} \angle (\theta - 30^\circ)$이다.

② O

평형 델타결선에서는 선전류의 크기가 상전류의 $\sqrt{3}$배이고, 선전류가 해당 가지 상전류보다 30° 앞선다. 따라서 가지전류 I_{AC}는 $\frac{I}{\sqrt{3}} \angle (\theta - 30^\circ)$가 된다.

③ X

위상 $\theta - 30^\circ$는 맞지만 크기가 틀렸다. 델타에서는 선전류가 상전류보다 크므로 가지전류는 $\sqrt{3} I$가 아니라 $\frac{I}{\sqrt{3}}$이어야 한다. 올바르게는 $I_{AC} = \frac{I}{\sqrt{3}} \angle (\theta - 30^\circ)$이다.

④ X

크기를 $\sqrt{3}$배로 잡은 것도 틀렸고, 위상을 180° 반대로 본 것도 틀렸다. 이는 선전류와 상전류의 크기 관계와 I_{AC}, 반대방향 전류의 구분을 동시에 놓친 경우이다. 올바르게는 $I_{AC} = \frac{I}{\sqrt{3}} \angle (\theta - 30^\circ)$이다.

NoteBase

오답 포인트

델타결선에서는 선전류와 상전류를 바로 같다고 두기 쉽고, I_{AC}와 반대방향 전류를 혼동하면 위상에 180 °가 추가된다. 이 문제는 크기 $\sqrt{3}$ 관계와 위상 30 ° 관계를 동시에 묻는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

평형 델타결선이 보이면 먼저 선전류와 가지 상전류를 구분한다. 그다음 선전류=√(3)× 상전류, 선전류가 해당 상전류보다 30 ° 앞선다는 관계를 적용하면 가지전류는 곧바로 (선전류)/(√(3))(-30^) 형태로 정리된다.

암기 포인트

평형 델타결선은 선전류=√(3) 상전류, 선전류가 상전류보다 30 ° 앞선다.

NoteBase