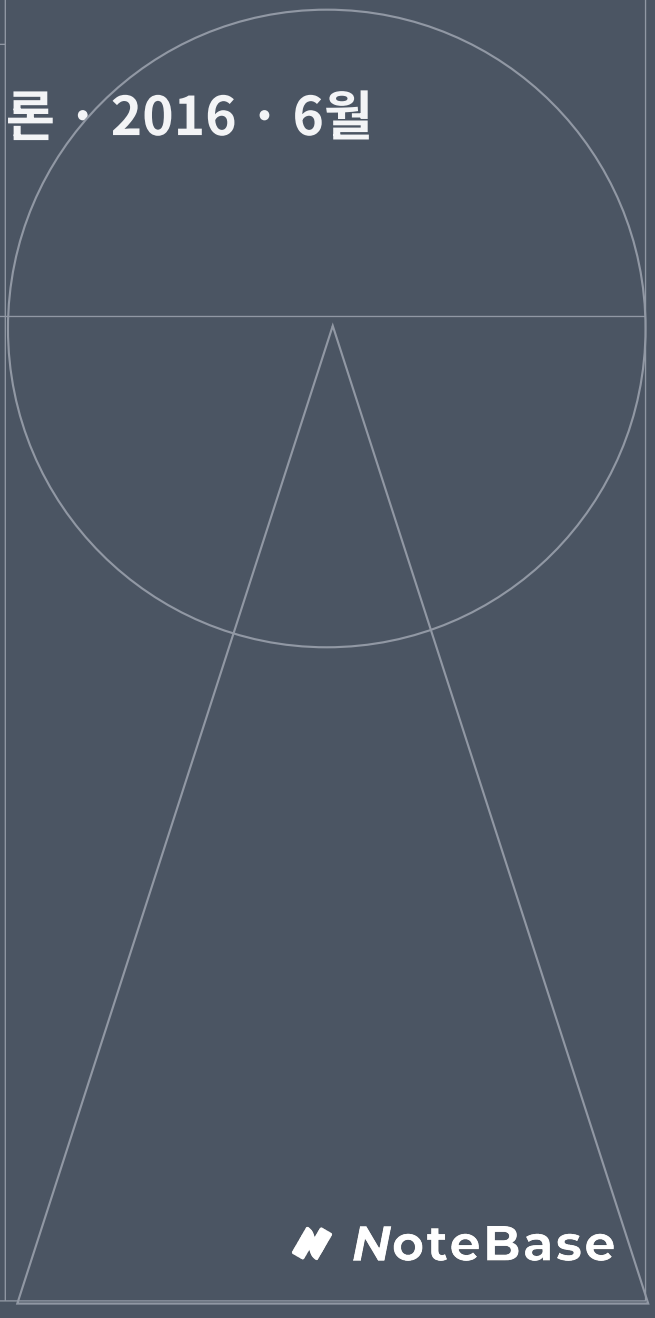
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2016 · 6월



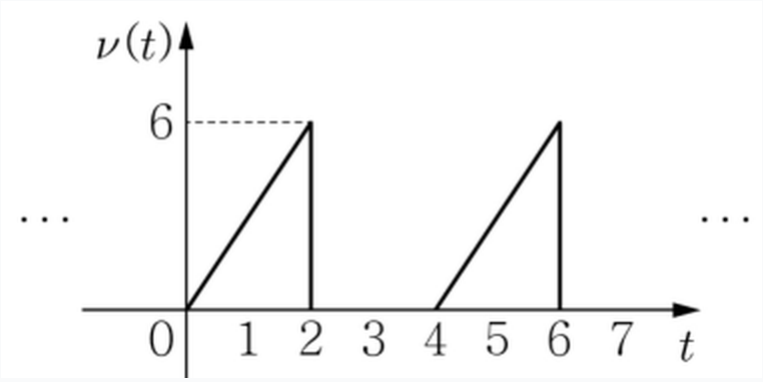
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2016 · 6월

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2016 · 6월

문 1. 그림과 같이 주기성을 가지는 전압 파형의 실효값은?



① $2\sqrt{3}$

② $\sqrt{2}$

③ 6

④ $\sqrt{6}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 한 주기 전체에서 파형의 실효값을 적분으로 구하는 계산 문제이다.

조건 정리

주기는 4이다.

$0 \le t \le 2$에서는 전압이 0에서 6까지 직선적으로 증가하므로 $v(t) = 3t$이다.

$2 \le t \le 4$에서는 전압이 0이다.

구해야 할 값은 한 주기의 실효값이다.

사용할 공식

$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)dt}$

실효값은 전압을 그대로 평균내는 값이 아니라, 한 주기 전체에서 $v^2(t)$를 평균낸 뒤 제곱근을 취한 값이므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

한 주기에서 값이 있는 구간만 적분하면
$V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{4}\int_0^2 (3t)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{4}\int_0^2 9t^2 dt}$
$= \sqrt{\frac{9}{4}\left[\frac{t^3}{3}\right]_0^2} = \sqrt{\frac{9}{4}\cdot\frac{8}{3}} = \sqrt{6}$
따라서 실효값은 $\sqrt{6}$이다.

선지별 해설

① X: $2\sqrt{3}$은 $\sqrt{12}$이므로 계산 결과 $\sqrt{6}$와 다르다. 값이 있는 구간만 보고 전체 주기 4를 반영하지 않으면 크게 계산하는 실수가 나온다. 올바르게는 실효값이 $\sqrt{6}$이다.
② X: $\sqrt{2}$는 실효값 공식의 적분 대상인 $v^2(t)$와 전체 주기 평균을 제대로 반영하지 못한 값이다. 이 파형의 실효값은 $\sqrt{2}$가 아니라 $\sqrt{6}$이다.
③ X: 6은 파형의 최대값이지 실효값이 아니다. 실효값은 최대값보다 작고, 이 문제에서는 $\sqrt{6}$이 된다.
④ O: 한 주기 4에 대해 $v(t) = 3t$인 구간 $0 \le t \le 2$만 제곱적분하면 $V_{\text{rms}} = \sqrt{6}$이므로 옳다.

오답 포인트

최대값 6을 그대로 실효값으로 착각하거나, 신호가 0인 구간 $2 \le t \le 4$를 주기 평균에서 빼먹으면 오답이 된다. 실효값은 파형이 존재하는 순간만 보는 값이 아니라 전체 주기 평균값이라는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

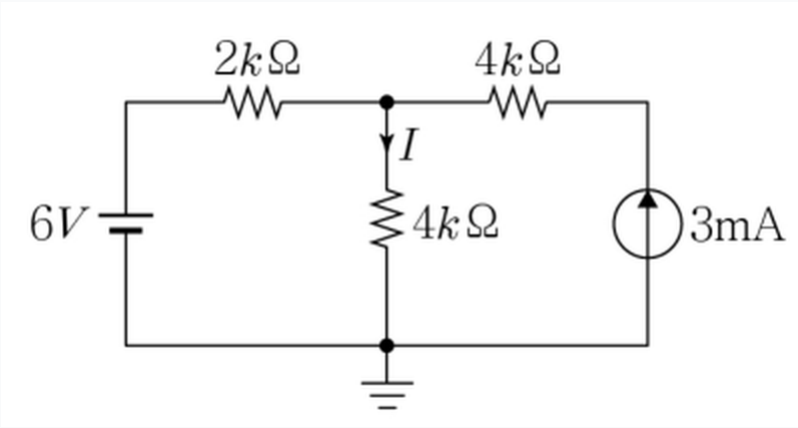
주기파 실효값 문제는 먼저 한 주기 T를 잡고, 구간별 식을 쓴 다음, 전체 주기에 대해 $v^2(t)$를 적분해 평균낸 뒤 마지막에 제곱근을 취하면 된다.

암기 포인트

실효값은 최대값도 평균값도 아니고, 전체 주기에서 제곱평균 후 제곱근을 취한 값이다.

NoteBase

문 2. 아래의 회로에서 전류 I[mA]의 값은?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 접지 기준 노드전압과 KCL을 이용해 중앙 $4k\Omega$ 저항 전류 I를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 전원은 접지 대비 $6V$, 중앙 위 노드와 왼쪽 전원 사이 저항은 $2k\Omega$, 중앙 저항은 $4k\Omega$, 오른쪽 전류원은 아래에서 위로 $3mA$를 공급한다.
구해야 할 값: 중앙 $4k\Omega$ 저항을 위에서 아래로 흐르는 전류 I이다.
주의할 조건: 오른쪽 전류원 $3mA$가 전부 I가 되는 것이 아니라, 일부는 왼쪽 $2k\Omega$ 가지로도 빠져나간다.

사용할 공식

중앙 위 노드 전압을 V, 오른쪽 위 노드 전압을 V_R라 두면
$\frac{V-6}{2k\Omega}+\frac{V}{4k\Omega}+\frac{V-V_R}{4k\Omega}=0$
오른쪽 위 노드에서는
$\frac{V_R-V}{4k\Omega}=3mA$
가 된다.
이 공식을 쓰는 이유: 회로가 접지를 기준으로 한 두 개의 미지 노드로 정리되므로, 각 노드에 KCL을 적용하면 바로 전류 분배를 계산할 수 있기 때문이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2016 · 6월

계산 과정

1. 오른쪽 위 노드에서 전류원 $3mA$가 위쪽 노드로 유입되므로, 그 전류는 $4k\Omega$ 저항을 통해 중앙 노드로 흘러야 한다. 따라서
$\frac{V_R - V}{4k\Omega} = 3mA \Rightarrow V_R - V = 12V$
이다.

2. 이를 중앙 노드 KCL에 대입하면
$\frac{V-6}{2k\Omega} + \frac{V}{4k\Omega} - 3mA = 0$
가 된다.

3. 양변에 $4k\Omega$를 곱하면
$2(V-6) + V - 12 = 0 \Rightarrow 3V = 24 \Rightarrow V = 8V$
이다.

4. 구하는 전류는 중앙 $4k\Omega$ 저항 전류이므로
$I = \frac{V}{4k\Omega} = \frac{8V}{4k\Omega} = 2mA$
이다.

선지별 해설

① X: $1mA$는 중앙 저항 전류가 아니라 왼쪽 $2k\Omega$ 가지로 빠져나가는 전류 크기이다. 실제로
$\frac{8V-6V}{2k\Omega} = 1mA$
이므로 ①의 잘못된 표현은 'I가 1mA이다'이고, 올바르게는 '왼쪽 가지 전류가 1mA이고 I는 2mA이다'이다.

② O: 중앙 노드 전압이 $8V$이므로 중앙 $4k\Omega$ 저항 전류는
$I = \frac{8V}{4k\Omega} = 2mA$
이다.

③ X: $3mA$는 전류원이 공급하는 전류값일 뿐 I와 같지 않다. 그중 $1mA$는 왼쪽 $2k\Omega$ 가지로 빠져나가므로 중앙 저항에는 $2mA$만 흐른다. ③의 잘못된 표현은 '전류원 전류가 그대로 I이다'이고, 올바르게는 '전류원 3mA는 왼쪽 1mA와 아래쪽 2mA로 분배된다'이다.

④ X: $4mA$는 회로의 분기점을 무시하고 전류를 단순 합산한 오산이다. 중앙 노드에서는 오른쪽에서 $3mA$가 들어오고 왼쪽으로 $1mA$가 빠져나가므로 아래로 흐르는 전류는 $2mA$이다. ④의 잘못된 표현은 'I가 4mA이다'이고, 올바르게는 '노드 전류수지상 $I = 2mA$이다'이다.

오답 포인트

오른쪽 전류원 $3mA$를 곧바로 I로 놓거나, 왼쪽 $2k\Omega$ 가지 전류 $1mA$를 I로 착각하기 쉽다. 이 문제의 핵심 함정은 중앙 노드에서 전류가 분기된다는 점을 놓치는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 계산 문제는 먼저 접지를 기준으로 노드전압을 잡고, 각 노드에서 들어오는 전류와 나가는 전류를 KCL로 정리한 뒤, 마지막에 묻는 가지 전류가 어느 저항의 전류인지 분리해서 확인하면 된다.

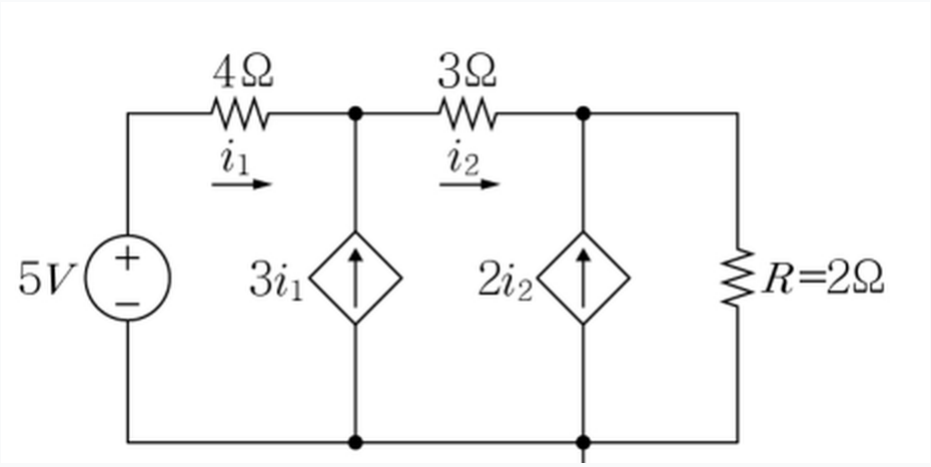
NoteBase

암기 포인트

전류원 값이 바로 가지전류가 되는 것은 아니다. 노드에서는 항상 KCL로 유입 전류와 유출 전류의 합을 먼저 맞춘다.

NoteBase

문 3. 다음의 종속 전원을 포함한 회로의 저항 R에서 소모되는 전력[W]은?



① 2

② 3.5

③ 4.5

④ 5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 종속 전류원이 있는 회로에서 노드전압법으로 저항 $R = 2\Omega$ 양단 전압을 구한 뒤 소비전력 $P = V^2/R$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

왼쪽 전압원 때문에 맨 왼쪽 상단 노드는 5 V이다.
$i_1 = (5 - V_B)/4$, $i_2 = (V_B - V_C)/3$로 둘 수 있다.
구해야 할 값은 오른쪽 저항 $R = 2\Omega$에서 소모되는 전력이다.

사용할 공식

노드 B, C에서 KCL을 세우고 종속 전류원 값을 i_1, i_2로 연결한다.
저항 전력은 $P = V^2/R$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 직접 요구한 값이 저항 R의 소비전력이고, 회로도에서 종속 전류원이 중간 노드 전압을 결정하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

노드 B에서 KCL을 적용하면
$-i_1 + i_2 - 3i_1 = 0$
이므로 $i_2 = 4i_1$이다.
노드 C에서 KCL을 적용하면
$-i_2 + V_C/2 - 2i_2 = 0$
이므로 $V_C = 6i_2$이다.
또한 $i_2 = (V_B - V_C)/3$이므로 $V_B = 9i_2$이다.
한편 $i_2 = 4i_1 = 4(5 - V_B)/4 = 5 - V_B$이므로
$i_2 = 5 - 9i_2$
$10i_2 = 5$
$i_2 = 0.5A$
이다.
따라서 $V_C = 6i_2 = 3V$이고, 저항 R의 소비전력은
$P = V_C^2/R = 3^2/2 = 4.5W$
이다.

선지 판단

1번 X: 값이 $2W$가 아니라 $4.5W$이다. 종속 전류원 관계를 끝까지 반영하지 않고 중간 노드 전압을 작게 잡으면 나오는 오답이다.
2번 X: 값이 $3.5W$가 아니라 $4.5W$이다. 노드 C의 KCL에서 위쪽 종속 전류원 $2i_2$ 항을 빠뜨리면 이런 값으로 틀어지기 쉽다.
3번 O: 계산 결과 저항 R 양단 전압이 $3V$이므로 소비전력은 $3^2/2 = 4.5W$이다.
4번 X: 값이 $5W$가 아니라 $4.5W$이다. 전압원 5 V가 그대로 저항 R에 걸린다고 보면 안 되고, 중간 두 노드의 종속전원이 실제 저항 전압을 다시 결정한다.

오답 포인트

종속전원이 있는 회로에서 가장 흔한 실수는 제어전류 정의식 i_1, i_2를 먼저 세우지 않고 바로 등가저항처럼 다루는 것이다. 특히 노드 C의 KCL에서 $2i_2$의 방향과 부호를 잘못 쓰면 전력이 바로 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

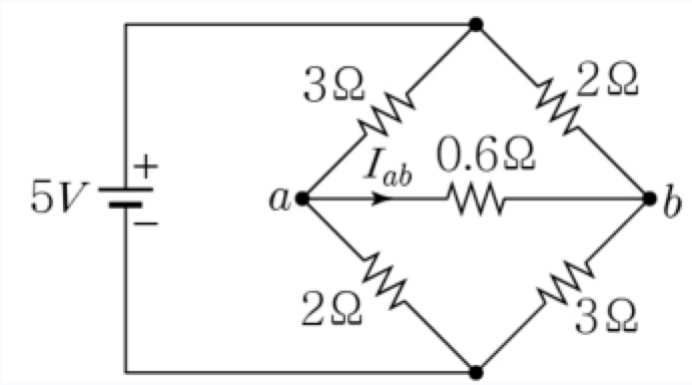
종속전원 회로는 제어변수 식을 먼저 적고, 각 노드 KCL에 종속전원 항의 방향을 반영해 연립한 뒤, 마지막에 구한 저항 전압으로 $P = V^2/R$를 적용하면 된다.

암기 포인트

종속전원 전력 문제는 제어전류 정의식 설정 → KCL 연립 → 저항 전압 계산 → $P = V^2/R$ 순서로 정리하면 된다.

NoteBase

문 4. 다음 회로의 점 a에서 점 b로 저항 0.6[Ω]을 통해 흐르는 전류 I_{ab}[A]는?



① 3

② $\frac{1}{3}$

③ $-\frac{1}{3}$

④ -3

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 브리지 회로에서 노드전압법으로 I_{ab}의 크기와 부호를 함께 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 상단과 하단 사이 전압은 5 V이고, a는 상단과 3Ω, 하단과 2Ω으로 연결되며, b는 상단과 2Ω, 하단과 3Ω으로 연결된다. $a-b$ 사이 저항은 0.6Ω이다.
구해야 할 값: 저항 0.6Ω을 지나는 I_{ab}이다.
주의할 조건: 화살표 방향이 $a \to b$이므로 $V_a < V_b$이면 전류값은 음수가 된다.

사용할 공식

노드전압법을 적용하면
$\frac{V_a-5}{3}+\frac{V_a}{2}+\frac{V_a-V_b}{0.6}=0, \qquad \frac{V_b-5}{2}+\frac{V_b}{3}+\frac{V_b-V_a}{0.6}=0$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 가운데 0.6Ω 가지가 있어 회로를 단순 직렬이나 병렬로 바로 줄일 수 없기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

식에 6을 곱하면

$2(V_a-5)+3V_a+10(V_a-V_b)=0, \qquad 3(V_b-5)+2V_b+10(V_b-V_a)=0$

이고, 정리하면

$3V_a-2V_b=2, \qquad -2V_a+3V_b=3$

이다.

이를 풀면

$V_a=2.4\ \text{V}, \qquad V_b=2.6\ \text{V}$

이다.

따라서

$I_{ab}=\frac{V_a-V_b}{0.6}=\frac{2.4-2.6}{0.6}=-\frac{1}{3}\ \text{A}$

이다. 음수이므로 실제 전류는 $b\to a$ 방향으로 흐른다.

선지별 해설

1번 X: $I_{ab}=3$ A라면 $V_a-V_b=1.8$ V여야 한다. 실제 노드전압 차는 -0.2 V이므로 맞지 않는다. 올바르게는 $-\frac{1}{3}$ A이다.

2번 X: $\frac{1}{3}$ A는 크기만 맞고 방향이 틀린 값이다. 실제로는 $V_a=2.4$ V, $V_b=2.6$ V이므로 전류는 $a\to b$가 아니라 $b\to a$로 흐른다. 올바르게는 $-\frac{1}{3}$ A이다.

3번 O: 노드전압을 구해 $I_{ab}=\frac{V_a-V_b}{0.6}$로 계산하면 $-\frac{1}{3}$ A가 되어 정답이다.

4번 X: $I_{ab}=-3$ A라면 $V_a-V_b=-1.8$ V여야 한다. 실제 전압 차는 -0.2 V뿐이므로 값의 크기가 과도하다. 올바르게는 $-\frac{1}{3}$ A이다.

오답 포인트

이 문제는 가운데 가지 전류의 부호를 놓치기 쉽다. 브리지 회로에서 전류의 크기만 보고 $\frac{1}{3}$으로 끝내면 2번에 끌리고, 화살표 기준을 확인하면 음수여야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

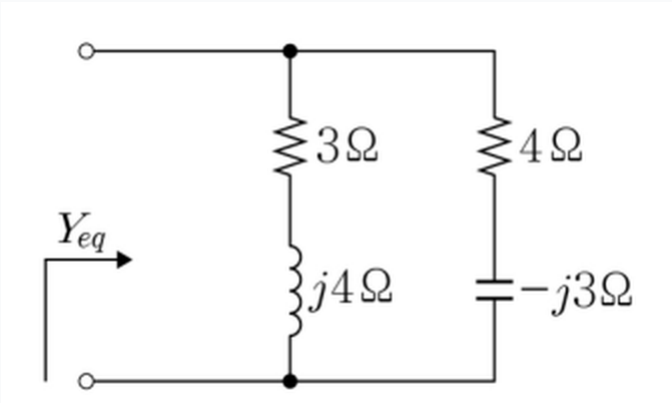
브리지 회로 계산형은 기준전위를 먼저 잡고 V_a, V_b를 구한 뒤, 마지막에 $I=\frac{V_a-V_b}{R}$를 적용해 화살표 방향과 부호까지 함께 판단한다.

암기 포인트

가지 전류는 항상 왼쪽 노드전압-오른쪽 노드전압가지저항이다. 부호가 실제 방향을 말해 준다.

NoteBase

문 5. 다음 회로의 등가 어드미턴스 Y_{eq}는?



① $\frac{7+j}{5}$
② $\frac{7-j}{5}$
③ $\frac{7+j}{25}$
④ $\frac{7-j}{25}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 병렬 회로의 등가 어드미턴스를 구하기 위해 각 가지의 임피던스를 어드미턴스로 바꾼 뒤 합하는 원리를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
왼쪽 가지의 임피던스는 $Z_1 = 3 + j4\Omega$이다.
오른쪽 가지의 임피던스는 $Z_2 = 4 - j3\Omega$이다.
구해야 할 값:
병렬 연결된 전체 회로의 등가 어드미턴스 Y_{eq}이다.
주의할 조건:
병렬 회로에서는 임피던스를 바로 더하지 않고 어드미턴스를 더한다. 복소수 역수는 켤레복소수를 곱해 계산한다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2016 · 6월

사용할 공식

$Y_{eq} = Y_1 + Y_2 = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$

$\frac{1}{a+jb} = \frac{a-jb}{a^2+b^2}$

이 공식을 쓰는 이유:

두 가지가 위아래 단자에 병렬로 연결되어 있으므로 등가 어드미턴스는 각 가지 어드미턴스의 합으로 구한다. 각 가지에 주어진 값은 임피던스이므로 먼저 역수로 바꾸어야 한다.

계산 과정

1. 왼쪽 가지 어드미턴스를 구하면

$Y_1 = \frac{1}{3+j4} = \frac{3-j4}{3^2+4^2} = \frac{3-j4}{25}$

2. 오른쪽 가지 어드미턴스를 구하면

$Y_2 = \frac{1}{4-j3} = \frac{4+j3}{4^2+(-3)^2} = \frac{4+j3}{25}$

3. 두 어드미턴스를 더하면

$Y_{eq} = \frac{3-j4}{25} + \frac{4+j3}{25} = \frac{7-j}{25}$

따라서 등가 어드미턴스는 $\frac{7-j}{25}$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과와 비교하면 분모와 허수부 부호가 모두 맞지 않는다. 틀린 표현은 $\frac{7+j}{5}$이고, 올바르게는 $\frac{7-j}{25}$이다. 병렬 회로에서 임피던스를 그대로 더하거나 켤레복소수 처리를 잘못하면 이런 형태의 오답이 나온다.

② X: 실수부와 허수부 부호는 맞지만 분모가 틀리다. 틀린 표현은 $\frac{7-j}{5}$이고, 올바르게는 $\frac{7-j}{25}$이다. 각 가지의 역수를 구한 뒤 25를 유지해야 하는데 이를 빠뜨리면 나오는 오답이다.

③ X: 분모는 맞지만 허수부 부호가 반대이다. 틀린 표현은 $\frac{7+j}{25}$이고, 올바르게는 $\frac{7-j}{25}$이다. $\frac{1}{3+j4} = \frac{3-j4}{25}$와 $\frac{1}{4-j3} = \frac{4+j3}{25}$에서 부호를 반대로 쓰면 이런 오답이 나온다.

④ O: $Y_1 = \frac{3-j4}{25}$, $Y_2 = \frac{4+j3}{25}$이므로 $Y_{eq} = \frac{7-j}{25}$가 된다. 계산값과 정확히 일치한다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 병렬 회로인데 임피던스를 직접 더하는 실수, 그리고 복소수 역수를 구할 때 켤레복소수의 부호를 반대로 쓰는 실수이다. 이 문항은 특히 분모 25를 빠뜨리거나 허수부 부호를 $+j$로 착각하는지를 노린 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

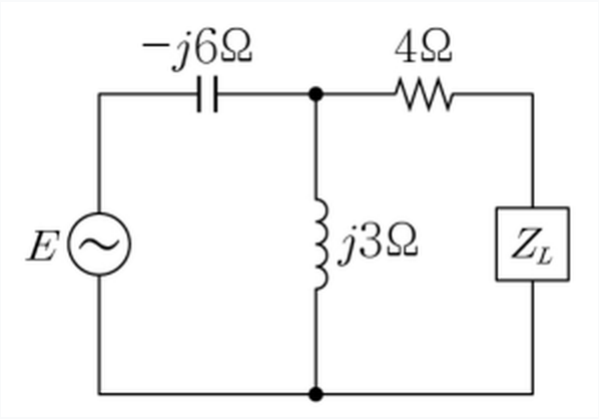
회로가 병렬이면 먼저 각 가지가 임피던스인지 어드미턴스인지부터 확인한다. 임피던스가 주어지면 각 가지를 역수로 바꾸고, 복소수 역수는 켤레복소수로 정리한 뒤 실수부와 허수부를 각각 더하면 된다.

암기 포인트

병렬은 어드미턴스를 더하고, $\frac{1}{a+jb} = \frac{a-jb}{a^2+b^2}$로 역수를 만든다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 회로에서 부하 임피던스 Z_L에 최대전력을 공급하기 위한 Z_L은?



① $4 - j6$

② $4 + j6$

③ $6 + j4$

④ $6 - j4$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 최대전력전달 조건 $Z_L = Z_{th}^*$를 이용해 부하가 보게 되는 테브난 임피던스를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 직렬 저항 4Ω, 중앙 가지 인덕터 $j3\Omega$, 좌측 가지 커패시터 $-j6\Omega$이다.
구해야 할 값: 부하 Z_L에 최대전력을 공급하는 임피던스이다.
주의할 조건: 최대전력전달은 부하가 테브난 임피던스의 켤레복소수가 될 때 성립하므로, 먼저 전원을 꺼서 Z_{th}를 구해야 한다.

사용할 공식

최대전력전달 조건은 $Z_L = Z_{th}^*$이다.
테브난 임피던스는 독립전압원을 단락시킨 뒤 부하단에서 본 합성임피던스로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 부하 Z_L가 연결되는 단자에서 본 내부 임피던스와 켤레정합이 되어야 교류회로에서 평균전력이 최대가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전압원 E를 0으로 두면 이상전압원은 단락되므로 좌측 가지 끝은 접지와 같아진다.
2. 따라서 중앙 노드에서 접지로 내려가는 임피던스는 $j3\Omega$와 $-j6\Omega$의 병렬이다.
$j3 \parallel (-j6) = \frac{(j3)(-j6)}{j3+(-j6)} = \frac{18}{-j3} = j6$
3. 부하단에서 보면 이 병렬결과 $j6\Omega$가 4Ω와 직렬이므로
$Z_{th} = 4 + j6$
4. 최대전력전달 조건에 따라
$Z_L = Z_{th}^* = 4 - j6$
따라서 정답은 1번이다.

선지별 해설

① O
$Z_{th} = 4 + j6$의 켤레복소수는 $4 - j6$이므로 최대전력전달 조건을 정확히 만족한다.

② X
$4 + j6$은 테브난 임피던스 자체이고 부하임피던스가 아니다. 최대전력을 위해서는 허수부의 부호를 반대로 한 $4 - j6$이어야 한다.

③ X
$6 + j4$는 실수부와 허수부의 크기를 서로 바꿔 읽은 값이다. 이 회로에서 직렬 저항은 4Ω이므로 실수부는 4가 되어야 하고, 병렬 리액턴스 결과는 $j6\Omega$이므로 올바르게는 $4 - j6$이다.

④ X
$6 - j4$는 ③과 같이 실수부와 허수부의 크기를 뒤바꾼 데다 허수부 크기도 잘못 잡은 값이다. 최대전력전달용 부하는 $Z_{th} = 4 + j6$의 켤레이므로 올바르게는 $4 - j6$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 두 가지이다. 하나는 $Z_L = Z_{th}$로 착각해 ②를 고르는 경우이고, 다른 하나는 병렬연산 뒤 실수부 4와 허수부 6의 위치를 뒤바꿔 ③ 또는 ④를 고르는 경우이다. 이 문제는 켤레복소수 조건과 병렬 리액턴스 계산을 동시에 점검한다.

다시 나오면 이렇게 판단

교류 최대전력전달 문제는 먼저 전원을 꺼서 부하단의 Z_{th}를 구하고, 마지막에 허수부 부호만 반대로 바꾸어 $Z_L = Z_{th}^*$를 만든다고 판단하면 된다.

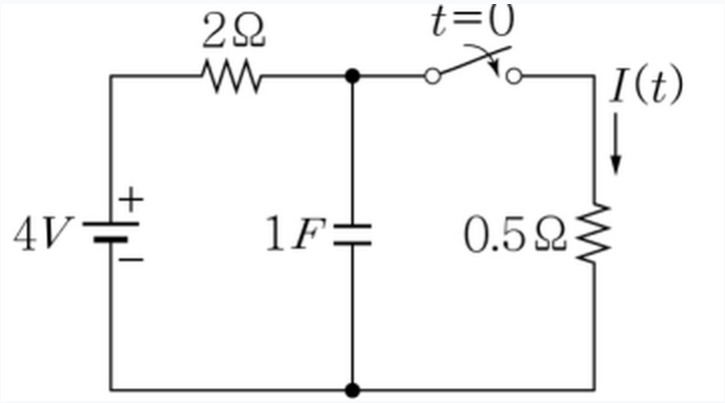
NoteBase

암기 포인트

교류 최대전력전달은 "부하는 테브난 임피던스의 켤레"이고, 전압원을 끄면 이상전압원은 단락된다는 점을 함께 기억하면 된다.

NoteBase

문 7. 다음 회로는 스위치가 오랜 시간 열려 있다가 $t=0$에서 순간적으로 닫히게 된다. 이 경우, $t=0^+$와 $t=\infty$에서 전류 $I(t)$의 값은?



① $I(0^+)=8A, I(\infty)=1.6A$

② $I(0^+)=2A, I(\infty)=8A$

③ $I(0^+)=1.6A, I(\infty)=0A$

④ $I(0^+)=0A, I(\infty)=1.6A$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치 동작 직후와 충분히 긴 시간 후에 커패시터를 각각 전압원, 개방회로로 보아 가지전류 $I(t)$를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 전원 4 V, 좌측 저항 2Ω, 우측 저항 0.5Ω, 커패시터 1F이다.
구해야 할 값: $t=0^+$와 $t=\infty$에서 우측 0.5Ω 저항에 흐르는 전류 $I(t)$이다.
주의할 조건: 스위치는 오래 열려 있었으므로 $t=0^-$에서 커패시터는 정상상태 충전 완료 상태이다. 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않는다.

사용할 공식

커패시터 전압 연속조건 $v_C(0^+)=v_C(0^-)$와 정상상태 성질을 사용한다.
$t=0^+$: 오래 열린 뒤이므로 $v_C(0^-)=4V$, 따라서 $v_C(0^+)=4V$이다.
$t=\infty$: 직류 정상상태에서 커패시터는 개방회로이므로 남는 회로는 2Ω과 0.5Ω의 직렬회로이다.
이 공식을 쓰는 이유: 이 문제의 핵심은 미분방정식을 푸는 것이 아니라 스위치 전후의 등가상태를 정확히 바꾸어 읽는 데 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 스위치가 오래 열려 있을 때 우측 0.5Ω 가지는 분리되어 있고, 좌측 회로는 직류 정상상태이므로 커패시터 전압은 4 V까지 충전된다.
2. $t = 0^+$에서는 커패시터 전압이 그대로 4 V이므로 우측 0.5Ω 저항 양단에도 4 V가 걸린다. 따라서 $I(0^+) = \frac{4}{0.5} = 8A$이다.
3. $t = \infty$에서는 커패시터가 개방회로가 되어 전류가 흐르지 않고, 4 V 전원에 2Ω과 0.5Ω만 직렬로 남는다. 따라서 $I(\infty) = \frac{4}{2 + 0.5} = \frac{4}{2.5} = 1.6A$이다.

선지 판단

1번 O: $I(0^+) = 8A$, $I(\infty) = 1.6A$로 계산과 일치한다.
2번 X: $I(0^+) = 2A$는 스위치 닫기 전 2Ω 저항 전류를 그대로 적은 값으로, 막 닫힌 직후 우측 0.5Ω에 4 V가 직접 걸린다는 점을 놓친 것이다. $I(\infty) = 8A$도 틀리며, 올바르게는 $I(\infty) = 1.6A$이다.
3번 X: $I(0^+) = 1.6A$는 최종 정상상태의 직렬전류를 초기값으로 잘못 쓴 것이다. $I(\infty) = 0A$도 틀리며, 올바르게는 스위치가 닫힌 뒤 우측 저항 가지에는 계속 1.6A가 흐른다.
4번 X: $I(0^+) = 0A$는 커패시터를 순간 직후에 개방회로처럼 취급한 오류이다. 실제로는 커패시터 전압이 유지되어 우측 저항에 4 V를 공급하므로 $I(0^+) = 8A$이다. $I(\infty) = 1.6A$만 맞다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 커패시터를 $t = 0^+$와 $t = \infty$에서 같은 소자로 취급하는 것이다. $t = 0^+$에서는 전압이 유지되어 순간적인 전압원처럼 작동하고, $t = \infty$에서는 개방회로가 된다. 2번은 스위치 닫기 전 전류와 직후 전류를 혼동한 경우이고, 4번은 초기 커패시터를 개방회로로 본 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

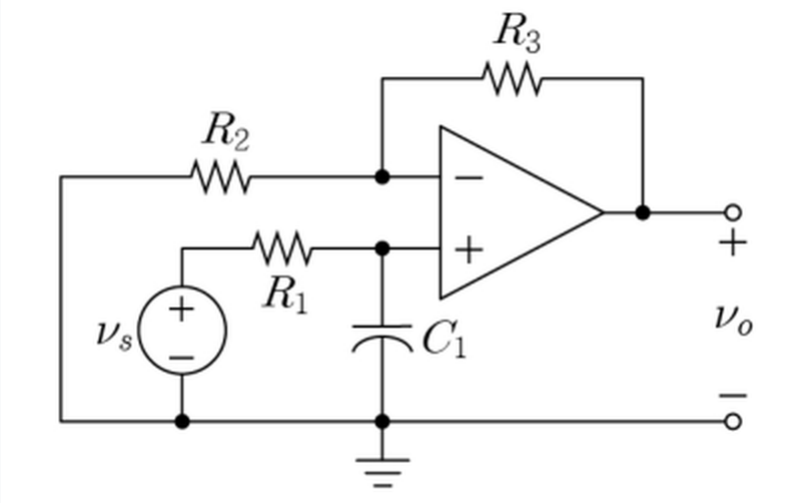
스위치가 있는 RC 회로는 먼저 $t = 0^-$의 충분히 긴 시간 전 상태를 구해 커패시터 전압을 정한다. 그다음 $t = 0^+$에서는 그 전압을 그대로 유지시키고, $t = \infty$에서는 커패시터를 개방회로로 바꾸어 남는 저항회로 전류를 계산한다.

암기 포인트

커패시터는 순간에는 전압을 지키고, 오래 지나면 직류에서 길을 끊는다.

NoteBase

문 8. 아래의 회로에서 전압이득 $\frac{V_o}{V_s}$는? (단, OP 앰프는 이상적인 것으로 가정한다.)



① $\frac{-R_3/R_2}{1+j\omega R_1C_1}$
② $\frac{1+R_3/R_2}{1+j\omega R_1C_1}$
③ $\frac{-(j\omega R_1C_1)R_3/R_2}{1+j\omega R_1C_1}$
④ $\frac{j\omega R_1C_1(1+R_3/R_2)}{1+j\omega R_1C_1}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 비반전 증폭기의 폐루프 전압이득 $1+R_3/R_2$와, +단 입력의 RC 저역통과 전달함수 $1/(1+j\omega R_1C_1)$를 결합해 전체 전압이득 V_o/V_s를 구하는 문제이다.

조건 정리

- R_3는 출력에서 반전단자로 걸린 피드백 저항이다.
- R_2는 반전단자에서 접지로 연결된 저항이다.
- R_1과 C_1은 비반전단자 입력에 대한 RC 회로를 만든다.
- 이상적인 OP 앰프이므로 입력전류는 0이고, 음귀환이 걸리면 $v_- = v_+$가 된다.

사용할 공식

$\frac{v_+}{v_s} = \frac{Z_C}{R_1+Z_C}, \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C_1}$
$\frac{v_o}{v_+} = 1+\frac{R_3}{R_2}$
$\therefore \frac{v_o}{v_s} = \left(1+\frac{R_3}{R_2}\right)\frac{1}{1+j\omega R_1C_1}$

이 공식을 쓰는 이유는 +단이 전압분배형 RC 저역통과 회로의 출력 노드이고, OP 앰프 본체는 비반전 증폭기 구성이라서 두 전달함수를 곱하면 전체 이득이 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 커패시터 임피던스를 $Z_C = 1/(j\omega C_1)$로 두면 +단 전압은
$v_+ = v_s \frac{Z_C}{R_1 + Z_C} = v_s \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_1}$
이다.
2. 반전단자는 R_3 피드백과 R_2 접지저항으로 구성된 비반전 증폭기이므로
$v_o = \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) v_+$
이다.
3. 두 식을 결합하면
$\frac{v_o}{v_s} = \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right) \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_1}$
이므로 정답은 2번이다.

선지별 해설

① X
- $-R_3/R_2$는 반전 증폭기의 이득식인데, 이 회로의 입력은 +단에 들어가므로 반전 증폭기가 아니다.
- 틀린 표현은 부호가 음수이고, 비반전 이득의 $1 +$ 항이 빠진 점이다. 올바르게는 $(1 + R_3/R_2)/(1 + j\omega R_1 C_1)$이다.

② O
- +단 전압이 RC 저역통과 회로에 의해 $v_s/(1 + j\omega R_1 C_1)$가 되고, 비반전 증폭기 이득이 $1 + R_3/R_2$이므로 전체 전압이득은 $(1 + R_3/R_2)/(1 + j\omega R_1 C_1)$가 된다.

③ X
- 분자에 $j\omega R_1 C_1$가 있는 식은 RC 고역통과 출력이 저항 양단에서 나올 때의 형태인데, 이 회로는 커패시터 양단 전압을 +단에 인가하므로 해당되지 않는다.
- 또 $-R_3/R_2$ 형태의 반전 증폭기 이득을 섞은 것도 틀리다. 올바르게는 고역통과가 아니라 저역통과 형태의 $(1 + R_3/R_2)/(1 + j\omega R_1 C_1)$이다.

④ X
- 비반전 증폭기의 이득 $1 + R_3/R_2$는 맞지만, 분자에 $j\omega R_1 C_1$가 붙어 고역통과 형태가 된 점이 틀리다.
- 틀린 표현은 입력 RC 부분을 저역통과가 아니라 고역통과로 본 것이다. 올바르게는 분자 1, 분모 $1 + j\omega R_1 C_1$의 저역통과 형태이다.

오답 포인트

반전단자의 R_2, R_3만 보고 곧바로 $-R_3/R_2$를 대입하면 ①로 흐르기 쉽다. 또 R_1-C_1에서 어느 소자 양단 전압이 출력인지 헷갈리면 저역통과와 고역통과를 뒤집어 ③, ④를 고르기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

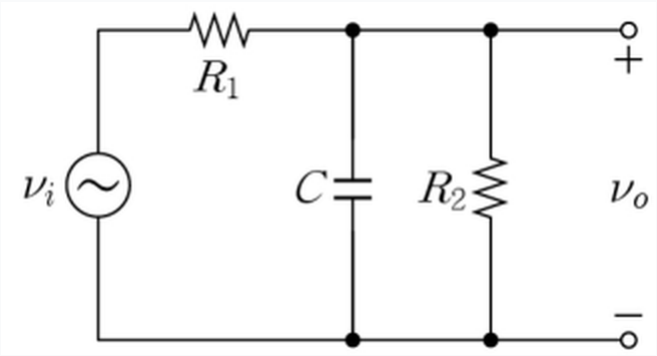
OP 앰프 회로는 먼저 입력이 +단인지 −단인지로 증폭기 형태를 구분하고, 그다음 입력단 앞의 RC 회로에서 실제로 취하는 출력 노드가 저항 양단인지 커패시터 양단인지 확인한 뒤 두 전달함수를 곱해 판단한다.

암기 포인트

비반전 증폭기 이득은 $1 + R_f/R_g$, 커패시터 양단 출력 RC는 $1/(1 + j\omega RC)$의 저역통과 형태이다.

NoteBase

문 9. 아래의 회로는 필터(Filter)회로이다. 이 필터회로의 특성으로 맞는 것은?



① LPF(Low Pass Filter)이다.

② HPF(High Pass Filter)이다.

③ BPF(Band Pass Filter)이다.

④ BSF(Band Stop Filter)이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 회로도에서 출력점이 R_1 뒤에 있고, 그 출력점에서 커패시터 C가 접지로 병렬 연결되어 있다는 핵심 특징을 보고 저주파는 상대적으로 통과하고 고주파는 커패시터 쪽으로 빠진다는 점을 판단하는 문제이다.

선지별 해설

1번 O: 이 회로는 입력에 직렬인 R_1 뒤의 출력 노드에서 C와 R_2가 접지로 병렬 연결된 구조이다. 주파수가 낮으면 커패시터 리액턴스가 커서 거의 개방처럼 동작하므로 출력이 유지되고, 주파수가 높으면 커패시터 리액턴스가 작아져 고주파 성분이 접지로 우회되므로 LPF가 맞다.
2번 X: HPF는 저주파에서 출력이 작고 고주파에서 출력이 커지는 특성을 가져야 한다. 이 회로는 반대로 주파수가 높아질수록 v_o가 작아진다. 틀린 표현은 'HPF'이고, 올바르게는 'LPF'이다.
3번 X: BPF는 특정 중간 주파수 대역만 통과시키는 회로이므로 하한 차단과 상한 차단이 함께 형성되어야 한다. 이 회로는 커패시터 1개가 만드는 1차 RC 회로라서 그런 대역 통과 특성이 아니라 저역 통과 특성을 보인다. 틀린 표현은 'BPF'이고, 올바르게는 'LPF'이다.
4번 X: BSF는 저주파와 고주파를 통과시키고 중간 대역만 감쇠시키는 회로이다. 이 회로는 주파수가 높아질수록 출력이 계속 감소하는 형태이므로 대역 저지 회로가 아니다. 틀린 표현은 'BSF'이고, 올바르게는 'LPF'이다.

오답 포인트

②의 'HPF'처럼 커패시터가 들어가면 무조건 고역 통과라고 오인하면 틀린다. 이 문항은 커패시터의 존재보다 커패시터가 출력 노드에서 접지로 병렬 연결되어 있다는 배치를 읽어야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

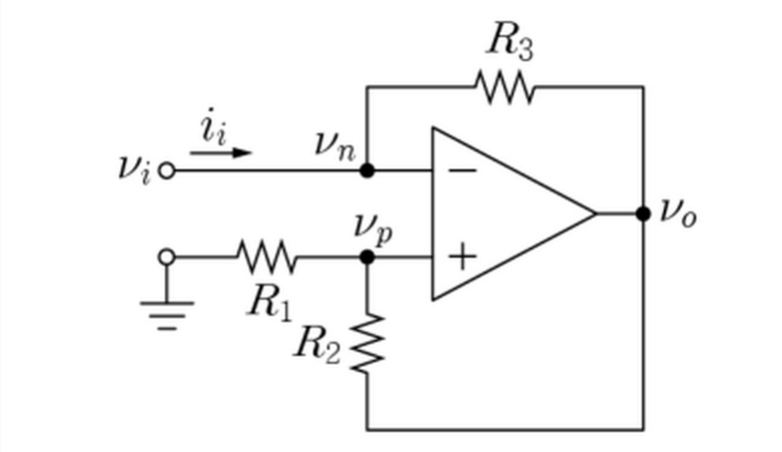
먼저 출력이 어느 소자 양단에서 취해지는지 본다. 그다음 커패시터가 입력과 직렬인지, 출력 노드에서 접지로 병렬인지 확인하면 된다. 커패시터가 출력 노드에서 접지로 빠지는 구조이면 고주파가 감쇠되므로 LPF로 판단할 수 있다.

암기 포인트

직렬 R, 병렬 C, 출력은 그 노드에서 취하면 저역 통과이다.

NoteBase

문 10. 아래의 OP 앰프 회로에서 입력단에서 바라본 등가저항 $R_i = v_i/i_i$는? (단, OP 앰프는 이상적인 것으로 가정한다.)



① $\frac{R_1R_3}{R_2}$
② $-\frac{R_1R_3}{R_2}$
③ $\frac{R_1R_2}{R_3}$
④ $-\frac{R_1R_2}{R_3}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 OP 앰프의 $v_n = v_p$, 입력전류 0 조건을 이용해 입력단에서 본 등가저항 $R_i = v_i/i_i$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로에서 입력은 반전단 v_n에 직접 연결되어 있고, R_3는 v_n과 출력 v_o 사이에 연결되어 있다.
비반전단 v_p는 R_1으로 접지에, R_2로 출력 v_o에 연결되어 있다.
이상적 OP 앰프이므로 입력단 전류는 0이고, 정상 동작 시 $v_n = v_p$가 된다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2016 · 6월

사용할 공식

비반전단 전압은 분압으로

$v_p = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_o$

가 된다.

또한 이상적 OP 앰프에서 $v_n = v_p$, 입력전류는 0이므로 입력전류는 R_3로만 흐른다.

따라서

$i_i = \frac{v_i - v_o}{R_3}, \qquad R_i = \frac{v_i}{i_i}$

를 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유는 입력단 노드에 OP 앰프 입력전류가 없어서 입력전류 경로가 R_3 하나로 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. 입력 노드가 반전단이므로 $v_n = v_i$이다.

2. 비반전단은 분압회로이므로

$v_p = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_o$

이다.

3. 이상적 OP 앰프에서 $v_n = v_p$이므로

$v_i = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v_o$

이고,

$v_o = \frac{R_1 + R_2}{R_1} v_i$

가 된다.

4. 입력전류는 R_3로 흐르는 전류와 같으므로

$i_i = \frac{v_i - v_o}{R_3} = \frac{v_i - \frac{R_1 + R_2}{R_1} v_i}{R_3} = \frac{-R_2}{R_1 R_3} v_i$

이다.

5. 따라서 입력저항은

$R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{v_i}{-\frac{R_2}{R_1 R_3} v_i} = -\frac{R_1 R_3}{R_2}$

가 된다.

선지 판단

1번: X. $\frac{R_1 R_3}{R_2}$는 부호를 빠뜨린 값이다. 이 회로의 입력전류는 $v_o > v_i$가 되어 $i_i = (v_i - v_o)/R_3 < 0$이므로 입력저항은 음수가 된다. 올바르게는 $-\frac{R_1 R_3}{R_2}$이다.

2번: O. 계산 결과 $R_i = -\frac{R_1 R_3}{R_2}$이므로 정답이다.

3번: X. $\frac{R_1 R_2}{R_3}$는 R_3의 위치를 분모로 잘못 보아 저항 비를 뒤집은 값이다. 입력전류식은 $i_i = (v_i - v_o)/R_3$이므로 최종식에는 R_3가 분자에 남아야 한다. 올바르게는 $-\frac{R_1 R_3}{R_2}$이다.

4번: X. $-\frac{R_1 R_2}{R_3}$는 부호는 맞게 보았지만 R_2와 R_3의 역할을 바꾸어 쓴 값이다. R_2는 출력-비반전단 분압비를 만들고, R_3는 입력전류가 흐르는 경로이므로 최종식은 $-\frac{R_1 R_3}{R_2}$가 된다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, 입력단 전류 방향을 화살표 기준으로만 보고 i_i의 부호를 놓치면 1번처럼 양의 저항으로 오해한다. 둘째, R_2는 분압비를 정하는 저항이고 R_3는 입력전류 경로의 저항인데, 이 역할을 섞으면 3번이나 4번처럼 R_2와 R_3 위치가 바뀐 식이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

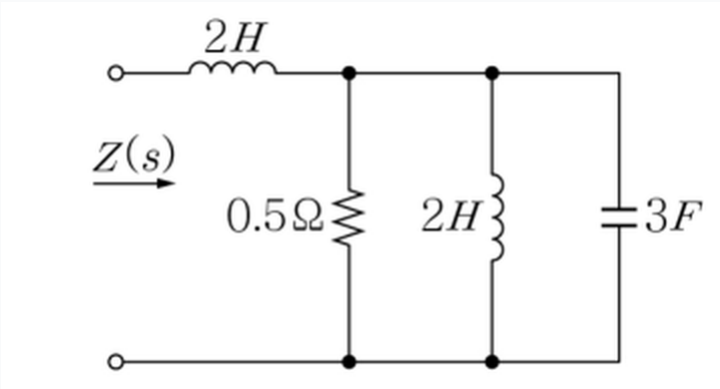
OP 앰프 입력저항 문제는 먼저 $v_n = v_p$와 입력전류 0을 적고, 다음에 비반전단 또는 반전단의 분압식을 세운 뒤, 마지막으로 입력전류가 실제로 어느 저항을 통해 흐르는지만 확인하면 된다. 능동회로에서는 계산 결과 음의 입력저항이 나올 수 있다는 점도 함께 본다.

암기 포인트

이상적 OP 앰프 입력저항은 $v_n = v_p$로 v_o를 v_i로 바꾼 뒤, 입력전류가 흐르는 저항 하나로 i_i를 구하면 정리된다.

NoteBase

문 11. 다음의 회로에서 입력 임피던스 $Z(s)$의 값은?



① $\frac{4s^2+2s+1}{8s^2+6s+1}$
② $\frac{4s^3}{4s^2+2s+1}$
③ $\frac{12s^3+8s^2+4s}{4s^2+2s+1}$
④ $\frac{12s^3+8s^2+4s}{6s^2+4s+1}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직렬-병렬 혼합회로를 s영역 임피던스와 어드미턴스로 바꾸어 입력 임피던스 $Z(s)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력단에 $2H$ 직렬 인덕터가 있고, 그 뒤에 0.5Ω 저항, $2H$ 인덕터, $3F$ 커패시터가 병렬로 연결되어 있다.
구해야 할 값: 전체 입력 임피던스 $Z(s)$이다.
주의할 조건: 병렬회로는 임피던스를 바로 더하지 않고 어드미턴스를 먼저 더해야 한다.

사용할 공식

인덕터 임피던스는 $Z_L = sL$, 커패시터 임피던스는 $Z_C = \frac{1}{sC}$이다.
병렬회로는 $Y_p = \frac{1}{R} + \frac{1}{sL} + sC$, $Z_p = \frac{1}{Y_p}$로 계산한다.
이 공식을 쓰는 이유는 저항, 인덕터, 커패시터 세 소자가 같은 두 노드에 병렬 연결되어 있으므로 병렬부는 어드미턴스로 합쳐야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 직렬 인덕터의 임피던스는 $Z_{L1} = 2s$이다.
2. 병렬부 어드미턴스는 $Y_p = \frac{1}{0.5} + \frac{1}{2s} + 3s = 2 + \frac{1}{2s} + 3s$이다.
3. 이를 통분하면 $Y_p = \frac{6s^2 + 4s + 1}{2s}$ 이다.
4. 따라서 병렬부 임피던스는 $Z_p = \frac{1}{Y_p} = \frac{2s}{6s^2 + 4s + 1}$ 이다.
5. 전체 입력 임피던스는 직렬합이므로 $Z(s) = 2s + \frac{2s}{6s^2 + 4s + 1} = \frac{12s^3 + 8s^2 + 4s}{6s^2 + 4s + 1}$ 이다.

선지별 해설

① X

분자와 분모의 차수가 같아 고주파에서 상수형으로 가는 식인데, 이 회로는 입력단에 $2H$ 직렬 인덕터가 있어 전체 입력 임피던스가 $2s$ 성분을 반드시 포함한다. 따라서 입력 임피던스로 될 수 없다.
틀린 식 → 올바르게는 $\frac{12s^3 + 8s^2 + 4s}{6s^2 + 4s + 1}$이다.

② X

병렬부 임피던스 $\frac{2s}{6s^2 + 4s + 1}$에 직렬 인덕터 $2s$를 더한 뒤 통분해야 하는데, 직렬 인덕터가 만든 $8s^2 + 4s$ 항이 빠진 식이다. 따라서 전체 입력 임피던스를 끝까지 정리한 결과가 아니다.
틀린 식 → 올바르게는 $\frac{12s^3 + 8s^2 + 4s}{6s^2 + 4s + 1}$이다.

③ X

분모 $4s^2 + 2s + 1$는 병렬부 어드미턴스를 잘못 합한 결과이다. 0.5Ω 저항의 어드미턴스는 2이고, $3F$ 커패시터의 어드미턴스는 $3s$이므로 병렬부 어드미턴스는 $2 + \frac{1}{2s} + 3s$가 되어야 한다. 따라서 분모는 $6s^2 + 4s + 1$이어야 한다.
틀린 식 → 올바르게는 $\frac{12s^3 + 8s^2 + 4s}{6s^2 + 4s + 1}$이다.

④ O

병렬부를 어드미턴스로 합치면 $Y_p = 2 + \frac{1}{2s} + 3s = \frac{6s^2 + 4s + 1}{2s}$이고, 따라서 $Z_p = \frac{2s}{6s^2 + 4s + 1}$이다. 여기에 직렬 인덕터 $2s$를 더하면 전체 입력 임피던스는 $\frac{12s^3 + 8s^2 + 4s}{6s^2 + 4s + 1}$가 되므로 옳다.

오답 포인트

병렬회로에서 임피던스를 직접 더하는 실수와, 직렬 인덕터 $2s$를 마지막 통분 과정에 반영하지 않는 실수가 가장 흔하다. 특히 저항 0.5Ω를 임피던스 0.5로만 보고 어드미턴스 2로 바꾸지 않으면 분모가 바로 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

입력 임피던스 문제는 먼저 직렬부와 병렬부를 분리한 뒤, 병렬부는 어드미턴스로 합치고 마지막에 다시 임피던스로 되돌려 직렬합을 만든다. 계산이 끝나면 직렬 인덕터가 있으면 결과식에 최소한 s차 항이 살아 있는지도 함께 검산한다.

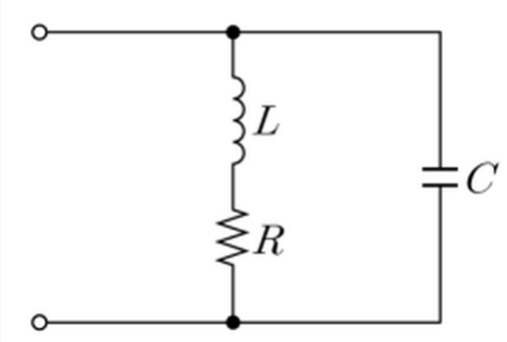
NoteBase

암기 포인트

RLC 병렬은 임피던스 합이 아니라 어드미턴스 합이며, 입력단 직렬 인덕터는 마지막에 $+2s$로 반드시 더해진다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 회로의 공진 주파수 f[Hz]는?



① $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{L}{C}}$
② $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
③ $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\sqrt{1+\frac{R^2C}{L}}$
④ $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\sqrt{1-\frac{R^2C}{L}}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직렬 $R-L$ 가지와 C 가지가 병렬로 연결된 회로에서, 전체 어드미턴스의 허수부를 0으로 두어 공진 주파수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로는 $(R+j\omega L)$의 직렬 가지와 C 가지가 병렬 연결된 형태이다.
구해야 할 값은 공진 주파수 f이다.
병렬 공진 조건은 전체 어드미턴스의 허수부가 0이 되는 것이다.

NoteBase

사용할 공식

직렬 $R-L$ 가지의 어드미턴스는
$Y_{RL}=\frac{1}{R+j\omega L}=\frac{R-j\omega L}{R^2+\omega^2L^2}$
이고, 커패시터의 어드미턴스는
$Y_C=j\omega C$
이다.
따라서 전체 어드미턴스는
$Y=Y_{RL}+Y_C=\frac{R}{R^2+\omega^2L^2}+j\left(\omega C-\frac{\omega L}{R^2+\omega^2L^2}\right)$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 병렬 공진이 임피던스보다 어드미턴스의 허수부가 상쇄되는 조건으로 바로 표현되기 때문이다.

계산 과정

1. 공진 조건에서 허수부를 0으로 둔다.
$\omega C-\frac{\omega L}{R^2+\omega^2L^2}=0$
2. $\omega\neq0$이므로 정리하면
$C=\frac{L}{R^2+\omega^2L^2}$
$R^2+\omega^2L^2=\frac{L}{C}$
3. ω^2를 구하면
$\omega^2L^2=\frac{L}{C}-R^2$
$\omega^2=\frac{1}{LC}-\frac{R^2}{L^2}=\frac{1}{LC}\left(1-\frac{R^2C}{L}\right)$
4. 따라서
$\omega=\frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{1-\frac{R^2C}{L}},\qquad f=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\sqrt{1-\frac{R^2C}{L}}$
이므로 4번과 일치한다.

선지별 해설

① X: $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{L}{C}}$는 공진 주파수 식이 아니다. $\sqrt{L/C}$는 주파수 차원이 아니라 임피던스 차원에 가까운 형태이므로 식 자체가 맞지 않는다. 틀린 표현은 $\sqrt{L/C}$이고, 올바르게는 $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ 형태가 들어가야 한다.
② X: $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$는 저항이 없는 이상적인 LC 공진식이다. 이 회로는 R이 직렬로 포함된 병렬 공진 회로이므로 저항 효과를 반영한 $\sqrt{1-\frac{R^2C}{L}}$가 추가되어야 한다. 틀린 표현은 저항항이 빠진 점이고, 올바르게는 $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\sqrt{1-\frac{R^2C}{L}}$ 이다.
③ X: $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\sqrt{1+\frac{R^2C}{L}}$는 부호를 잘못 정리한 식이다. 공진 조건을 정리하면 $\omega^2=\frac{1}{LC}-\frac{R^2}{L^2}$이므로 R이 커질수록 공진 주파수는 낮아진다. 틀린 표현은 $+\frac{R^2C}{L}$이고, 올바르게는 $-\frac{R^2C}{L}$이다.
④ O: 전체 어드미턴스의 허수부를 0으로 두면 $f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\sqrt{1-\frac{R^2C}{L}}$가 되어 주어진 보기와 정확히 일치한다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 함정은 병렬 공진을 직렬 공진처럼 외워서 ②를 고르거나, R이 들어간 항의 부호를 반대로 정리해 ③을 고르는 데 있다. 또 ①처럼 $\sqrt{L/C}$ 형태를 주파수식으로 착각하면 차원부터 맞지 않게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

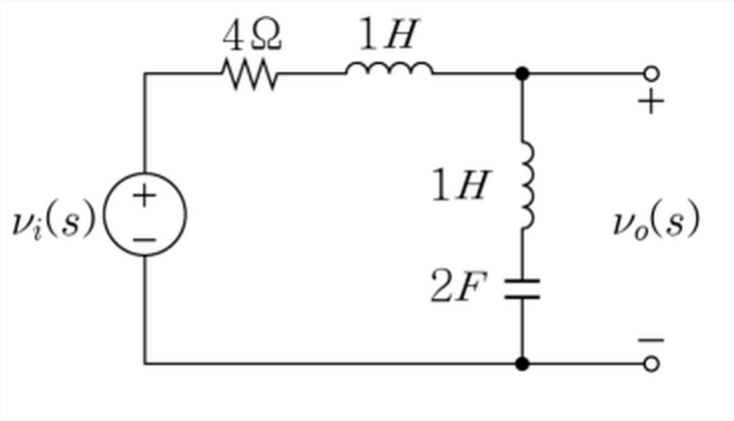
병렬 공진 회로가 보이면 먼저 각 가지를 임피던스가 아니라 어드미턴스로 바꾼다. 그다음 전체 어드미턴스의 허수부를 0으로 두어 ω를 구하고, 마지막에 $f = \frac{\omega}{2\pi}$로 바꾸면 된다.

암기 포인트

직렬 $R-L$이 포함된 병렬 공진은 이상적인 $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$보다 낮아지며, 보정항은 $\sqrt{1-\frac{R^2C}{L}}$이다.

NoteBase

문 13. 다음의 회로에서 전달함수 $\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는?



① $\frac{2s^2+1}{4s^2+8s+1}$
② $\frac{4s^2+1}{6s^2+4s+1}$
③ $\frac{4s^2+8s+1}{2s^2+1}$
④ $\frac{6s^2+4s+1}{4s^2+1}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 라플라스 영역에서 각 소자의 임피던스를 바꾼 뒤, 출력이 걸리는 가지의 임피던스를 이용해 전압분배로 전달함수 $\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 직렬 저항은 4Ω, 상단 인덕터는 $1H$, 출력 가지는 $1H$ 인덕터와 $2F$ 커패시터의 직렬회로이다.
구해야 할 값: $\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$이다.
주의할 조건: 출력 $V_o(s)$는 오른쪽 세로 가지 전체에 걸리는 전압이므로, 부하 임피던스는 세로 가지의 직렬합으로 잡아야 한다.

NoteBase

사용할 공식

소자 임피던스는 $Z_R = 4, Z_L = sL = s, Z_C = \frac{1}{sC} = \frac{1}{2s}$이다.

출력 가지 임피던스는

$Z_o = s + \frac{1}{2s} = \frac{2s^2+1}{2s}$

이다.

전압분배식은

$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{Z_o}{(4+s)+Z_o}$

이다.

이 공식을 쓰는 이유는 입력에서 본 전체 회로가 $(4+s)$와 출력 가지 Z_o의 직렬 연결이고, 출력은 그중 Z_o 양단 전압이기 때문이다.

계산 과정

1. 상단 직렬 부분의 임피던스는 $4+s$이다.
2. 출력 가지의 임피던스는 $Z_o = s + \frac{1}{2s} = \frac{2s^2+1}{2s}$이다.
3. 전압분배를 적용하면

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

이다.

4. 분모를 통분하면

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

이다.

5. 따라서

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

이므로 정답은 1번이 된다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2016 · 6월

선지별 해설

① O

주어진 회로의 출력 가지 임피던스를 $s + \frac{1}{2s}$로 두고 전압분배를 적용하면 $\frac{2s^2+1}{4s^2+8s+1}$이 나온다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

② X

분자가 $4s^2 + 1$, 분모가 $6s^2 + 4s + 1$로 되어 있어 출력 가지 임피던스 $s + \frac{1}{2s}$를 정확히 반영하지 못한 식이다. 세로 가지의 직렬합이나 커패시터 임피던스 $\frac{1}{2s}$ 처리를 틀리면 이런 형태가 나온다. 올바르게는 $\frac{2s^2+1}{4s^2+8s+1}$이다.

③ X

$\frac{4s^2+8s+1}{2s^2+1}$은 1번 식의 역수이다. 전압분배에서 Z_oZ_전체가 아니라 Z_전체Z_o로 뒤집어 쓴 오류이다. 올바르게는 $\frac{2s^2+1}{4s^2+8s+1}$이다.

④ X

$\frac{6s^2+4s+1}{4s^2+1}$은 2번 식을 다시 역수로 뒤집은 형태일 뿐, 이 회로의 전달함수가 아니다. 출력 대 입력의 전압비를 구해야 하는데 임피던스 배치와 분자·분모 구성이 모두 맞지 않는다. 올바르게는 $\frac{2s^2+1}{4s^2+8s+1}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 출력이 어디에 걸리는지 잘못 잡는 데 있다. 오른쪽 세로 가지 전체가 출력인데, 세로 가지를 병렬처럼 보거나 상단 임피던스와 분자·분모를 뒤집으면 ③, ④ 같은 식이 나온다. 또 커패시터 임피던스를 $\frac{1}{sC} = \frac{1}{2s}$가 아니라 다른 형태로 쓰면 ②처럼 계수가 어긋난다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 전달함수 문제는 먼저 출력이 걸리는 소자 묶음을 찾아 그 부분의 임피던스를 정한다. 그다음 각 소자를 s 영역 임피던스로 바꾸고, 직렬이면 합한 뒤 전압분배식 (출력 임피던스)/(전체 임피던스)를 적용하면 된다.

암기 포인트

전달함수 전압분배의 기본형은 (V_o)/(V_i)=Z_출력Z_전체이다. 인덕터는 sL, 커패시터는 $\frac{1}{sC}$로 바로 바꿔 계산한다.

NoteBase

문 14. 다음 리플라스 변환함수 $F(s)$에 대응하는 시간함수 $f(t)$의 최종값 $f(\infty)$는?

$F(s) = \frac{2s^2 - 4s + 6}{s(s+1)(s+2)}$

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 최종값 정리를 이용해 라플라스 변환함수 $F(s)$에 대응하는 시간함수의 최종값 $f(\infty)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $F(s) = \frac{2s^2 - 4s + 6}{s(s+1)(s+2)}$이다.
구해야 할 값: $f(\infty)$이다.
주의할 조건: 최종값 정리는 $f(\infty) = \lim_{s \to 0} sF(s)$를 쓴다. 여기서 s를 곱한 뒤 $s \to 0$을 대입해야 한다.

사용할 공식

사용할 공식은 $f(\infty) = \lim_{s \to 0} sF(s)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 시간함수의 최종값을 직접 물었으므로 역라플라스 변환을 전개하지 않고 최종값 정리로 바로 계산할 수 있다.

계산 과정

먼저 $sF(s)$를 구하면 $sF(s) = \frac{2s^2 - 4s + 6}{(s+1)(s+2)}$이다.
여기에 $s \to 0$을 대입하면
$f(\infty) = \lim_{s \to 0} sF(s) = \frac{2 \cdot 0^2 - 4 \cdot 0 + 6}{(0+1)(0+2)} = \frac{6}{2} = 3$
이므로 최종값은 3이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 최종값을 1로 본 값이다. 계산 결과는 3이므로 틀렸다. 틀린 표현은 최종값을 1로 판단한 부분이며, 올바르게는 최종값이 3이다.
② X: 최종값을 2로 본 값이다. $sF(s)$에 $s=0$을 대입하면 2가 아니라 3이 나온다. 틀린 표현은 최종값을 2로 판단한 부분이며, 올바르게는 최종값이 3이다.
③ O: 최종값 정리를 적용하면 $f(\infty)=3$이므로 옳다.
④ X: 최종값을 4로 본 값이다. 분자 6을 그대로 읽거나 분모 계산을 빠뜨리면 나올 수 있으나, 실제로는 $(1)(2)=2$로 나누어 3이 된다. 틀린 표현은 최종값을 4로 판단한 부분이며, 올바르게는 최종값이 3이다.

오답 포인트

최종값 정리에서 $sF(s)$가 아니라 $F(s)$에 바로 $s=0$을 넣거나, 분자 6만 보고 분모의 $(s+1)(s+2)$ 계산을 생략하면 오답이 된다. 특히 앞의 s를 약분한 뒤 남는 분모를 끝까지 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

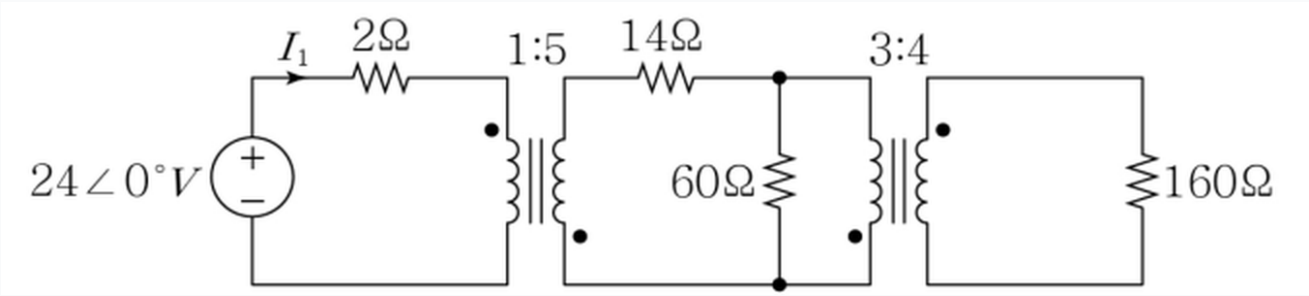
최종값을 묻는 라플라스 문제는 먼저 $f(\infty)=\lim_{s\to 0} sF(s)$인지 확인하고, 다음에 앞의 s를 정리한 뒤 마지막에 $s=0$을 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

라플라스 최종값은 $F(s)$가 아니라 $sF(s)$에 $s\to 0$을 적용한 값이다.

NoteBase

문 15. 다음 그림의 이상변압기 회로에서 I_1 [A]는?



① $2\angle 0^\circ$

② $6\angle 0^\circ$

③ $10\angle 0^\circ$

④ $14\angle 0^\circ$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상변압기의 임피던스 환산과 병렬·직렬 합성으로 1차 전류 I_1를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 전원은 $24\angle 0^\circ V$이다.
- 1차 직렬저항은 2Ω이다.
- 첫 번째 변압기 권수비는 1 : 5이다.
- 두 번째 변압기 권수비는 3 : 4이다.
- 중간 회로에는 14Ω 직렬저항과 60Ω 병렬저항이 있다.
- 최종 부하는 160Ω이다.

구해야 할 값:
- 1차 전류 I_1이다.

주의할 조건:
- 이상변압기에서는 부하를 권수비의 제곱으로 환산한다.
- 회로의 모든 소자가 저항성분뿐이므로 전류 위상은 0°이다.

NoteBase

사용할 공식

이상변압기 임피던스 환산은 $Z_{in} = \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 Z_L$이다.
병렬합성은 $Z = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$이다.
직렬합성은 각 저항을 그대로 더한다.
이 공식을 쓰는 이유:
- 오른쪽 160Ω 부하를 두 번째 변압기 1차측으로 먼저 환산해야 중간 회로의 병렬합성을 할 수 있다.
- 그다음 중간 회로 전체 임피던스를 첫 번째 변압기 1차측으로 다시 환산해야 I_1를 직접 구할 수 있다.

계산 과정

1. 오른쪽 160Ω를 두 번째 변압기 1차측으로 환산하면
$Z_{T2} = \left(\frac{3}{4}\right)^2 \times 160 = 90\Omega$
이다.
2. 중간 회로의 병렬부분은 60Ω와 90Ω의 병렬이므로
$Z_p = \frac{60 \times 90}{60 + 90} = 36\Omega$
이다.
3. 여기에 14Ω가 직렬이므로 첫 번째 변압기 2차측 등가임피던스는
$Z_{sec} = 14 + 36 = 50\Omega$
이다.
4. 이를 첫 번째 변압기 1차측으로 환산하면
$Z_{T1} = \left(\frac{1}{5}\right)^2 \times 50 = 2\Omega$
이다.
5. 1차측의 총임피던스는 직렬저항 2Ω를 더해
$Z_{total} = 2 + 2 = 4\Omega$
이다.
6. 따라서
$I_1 = \frac{24\angle 0^\circ}{4} = 6\angle 0^\circ A$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- $I_1 = 2\angle 0^\circ A$라는 표현이 틀렸다. 올바르게는 $I_1 = 6\angle 0^\circ A$이다.
- $2\angle 0^\circ A$가 되려면 전체 임피던스가 12Ω여야 하는데, 환산 결과 1차측 총임피던스는 4Ω이다.

② O

- 환산 순서를 오른쪽 부하에서 왼쪽으로 적용하면 1차측 총임피던스가 4Ω가 된다.
- 따라서 $I_1 = \frac{24\angle 0^\circ}{4} = 6\angle 0^\circ A$이므로 ②가 옳다.

③ X

- $I_1 = 10\angle 0^\circ A$라는 표현이 틀렸다. 올바르게는 $I_1 = 6\angle 0^\circ A$이다.
- $10\angle 0^\circ A$는 환산임피던스를 지나치게 작게 보는 오판과 대응하지만, 실제 총임피던스는 4Ω보다 작아지지 않는다.

④ X

- $I_1 = 14\angle 0^\circ A$라는 표현이 틀렸다. 올바르게는 $I_1 = 6\angle 0^\circ A$이다.
- $14\angle 0^\circ A$가 되려면 전체 임피던스가 약 1.71Ω여야 하는데, 변압기 환산과 병렬합성을 정확히 하면 그런 값은 나오지 않는다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 권수비를 거꾸로 적용하거나, 60Ω와 환산된 90Ω를 병렬이 아니라 직렬처럼 다루는 데 있다. 또한 극성점은 전압의 상대위상을 판단할 때 중요하지만, 이 문제의 저항 환산값 자체는 권수비 제곱으로 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상변압기 회로는 가장 바깥 부하를 바로 앞 권선으로 환산하고, 병렬·직렬 합성을 끝낸 뒤 그 결과를 다시 다음 권선으로 환산하는 순서로 판단한다. 권수비는 현재 환산해 들어오는 쪽 기준으로 $\left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2$를 적용한다.

암기 포인트

이상변압기 임피던스 환산은 권수비의 제곱이고, 해석 순서는 부하 환산 → 병렬·직렬 합성 → 다시 환산이다.

NoteBase

문 16. $F(s)=\frac{s+3}{s^2+6s+8}$**의 역라플라스 변환함수** $f(t)$**는?**

① $f(t)=\frac{1}{3}e^{-2t}+\frac{2}{3}e^{-4t}$
② $f(t)=\frac{1}{2}(e^{-2t}+e^{-4t})$
③ $f(t)=\frac{2}{3}e^{-2t}+\frac{1}{3}e^{-4t}$
④ $f(t)=\frac{1}{4}e^{-2t}+\frac{3}{4}e^{-4t}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 $F(s)=\frac{s+3}{s^2+6s+8}$를 부분분수로 나눈 뒤 역라플라스 변환 $\mathcal{L}^{-1}\{\frac{1}{s+a}\}=e^{-at}$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $F(s)=\frac{s+3}{s^2+6s+8}$이다.
분모는 $s^2+6s+8=(s+2)(s+4)$로 인수분해된다.
구해야 할 값은 시간영역 함수 $f(t)$이다.

사용할 공식

부분분수 분해를 $\frac{s+3}{(s+2)(s+4)}=\frac{A}{s+2}+\frac{B}{s+4}$로 둔다.
그러면 $s+3=A(s+4)+B(s+2)=(A+B)s+(4A+2B)$가 된다.
이 식은 분모가 서로 다른 1차식의 곱이므로 각 항으로 나누어 계수비교를 하는 상황에 해당한다.

계산 과정

계수비교를 하면 $A+B=1, 4A+2B=3$이다.
둘째 식을 2로 나누면 $2A+B=\frac{3}{2}$이다.
두 식을 빼면 $A=\frac{1}{2}$, 따라서 $B=\frac{1}{2}$이다.
따라서
$F(s)=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{s+2}+\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{s+4}$
이므로
$f(t)=\frac{1}{2}e^{-2t}+\frac{1}{2}e^{-4t}$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 각 지수항의 계수이다. $\frac{1}{3}e^{-2t}+\frac{2}{3}e^{-4t}$를 라플라스 변환하면 분자는 $\frac{1}{3}(s+4)+\frac{2}{3}(s+2)=s+\frac{8}{3}$이 되어 $s+3$이 되지 않는다. 올바르게는 두 계수가 모두 $\frac{1}{2}$이다.
② O: 부분분수 분해 결과가 $\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{s+2}+\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{s+4}$이므로 역라플라스 변환은 $\frac{1}{2}(e^{-2t}+e^{-4t})$가 된다.
③ X: 틀린 표현은 각 지수항의 계수이다. $\frac{2}{3}e^{-2t}+\frac{1}{3}e^{-4t}$를 라플라스 변환하면 분자는 $\frac{2}{3}(s+4)+\frac{1}{3}(s+2)=s+\frac{10}{3}$이 된다. 올바르게는 두 계수가 모두 $\frac{1}{2}$이다.
④ X: 틀린 표현은 각 지수항의 계수이다. $\frac{1}{4}e^{-2t}+\frac{3}{4}e^{-4t}$를 라플라스 변환하면 분자는 $\frac{1}{4}(s+4)+\frac{3}{4}(s+2)=s+\frac{5}{2}$가 된다. 올바르게는 두 계수가 모두 $\frac{1}{2}$이다.

오답 포인트

분모를 인수분해한 뒤 곧바로 지수항만 읽고 계수를 대충 맞추면 오답이 된다. 이 문항은 $A+B=1$만 보고 끝내지 않고 상수항 조건 $4A+2B=3$까지 함께 맞추는지가 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

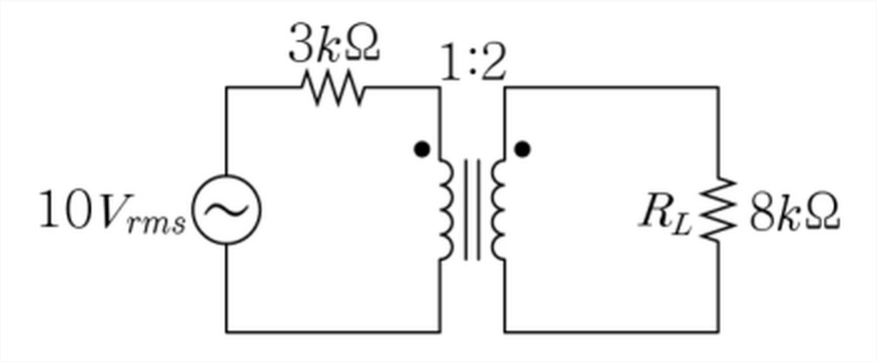
역라플라스 계산형은 먼저 분모를 인수분해하고, 다음에 부분분수의 미지계수를 계수비교로 구한 뒤, 마지막에 $\frac{1}{s+a}\leftrightarrow e^{-at}$를 대응시키는 순서로 판단한다.

암기 포인트

서로 다른 1차 인수의 곱은 부분분수 분해 후 계수비교, 그다음 $\frac{1}{s+a}\rightarrow e^{-at}$ 순서로 정리된다.

NoteBase

문 17. 이상변압기를 가지는 아래의 회로에서 R_L에서 소모되는 평균전력은?



① 2mW

② 4mW

③ 8mW

④ 16mW

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상변압기의 권수비를 이용해 부하를 1차측으로 환산한 뒤, R_L에 전달되는 평균전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 1차측 전원 $10V_{rms}$
- 1차측 직렬저항 $3k\Omega$
- 권수비 $N_1 : N_2 = 1 : 2$
- 2차측 부하 $R_L = 8k\Omega$

구해야 할 값:
- R_L에서 소모되는 평균전력

주의할 조건:
- 이상변압기이므로 2차측 부하를 1차측으로 환산해서 계산할 수 있다.

NoteBase

사용할 공식

사용 공식은 $R_L' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L$, $P = \frac{V^2}{R}$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
- 1차측에서 보면 2차측 부하가 환산저항으로 보이므로, 먼저 R_L를 1차측으로 옮기면 전체 회로를 직렬저항 회로처럼 계산할 수 있다.

계산 과정

1. 2차측 부하를 1차측으로 환산하면
$R_L' = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 8k\Omega = 2k\Omega$
2. 1차측 전체 저항은 $3k\Omega + 2k\Omega = 5k\Omega$이므로 1차전류는
$I_1 = \frac{10}{5k\Omega} = 2mA$
3. 환산부하 R_L' 양단의 전압은
$V_1' = I_1 R_L' = 2mA \times 2k\Omega = 4V$
4. 권수비가 $1:2$이므로 2차측 전압은
$V_2 = 2 \times 4V = 8V$
5. 따라서 부하전력은
$P_L = \frac{V_2^2}{R_L} = \frac{8^2}{8k\Omega} = 8mW$

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 R_L의 평균전력은 $8mW$이므로 $2mW$는 틀리다.
- 틀린 표현은 "평균전력이 2mW이다"이고, 올바르게는 "평균전력은 8mW이다"이다.
- $2mW$는 환산저항이나 전압변환을 잘못 적용해 전력을 4분의 1로 줄여 잡을 때 나오는 오답이다.

② X
- 계산 결과와 비교하면 $4mW$도 틀리다.
- 틀린 표현은 "평균전력이 4mW이다"이고, 올바르게는 "평균전력은 8mW이다"이다.
- $4mW$는 권수비 1 : 2에서 전압이 2배가 되는 점을 반영하지 않거나, 전력 계산에서 V^2/R 대신 전압비만 절반으로 처리할 때 나오는 오답이다.

③ O
- 환산저항은 $2k\Omega$, 1차전류는 $2mA$, 2차전압은 $8V$이므로 R_L의 평균전력은 $8mW$가 된다.
- 따라서 ③이 옳다.

④ X
- 계산 결과와 비교하면 $16mW$는 틀리다.
- 틀린 표현은 "평균전력이 16mW이다"이고, 올바르게는 "평균전력은 8mW이다"이다.
- $16mW$는 전압이 2배가 되는 사실만 보고 전력도 무조건 2배 또는 과대 계산할 때 나오는 오답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $8k\Omega$ 부하를 그대로 1차측과 합산하려는 실수와, 권수비 1 : 2를 전압비로만 보고 부하 환산비 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$를 놓치는 실수이다. 전압비와 임피던스 환산비를 구분하지 못하면 2mW, 4mW, 16mW 같은 오답이 쉽게 나온다.

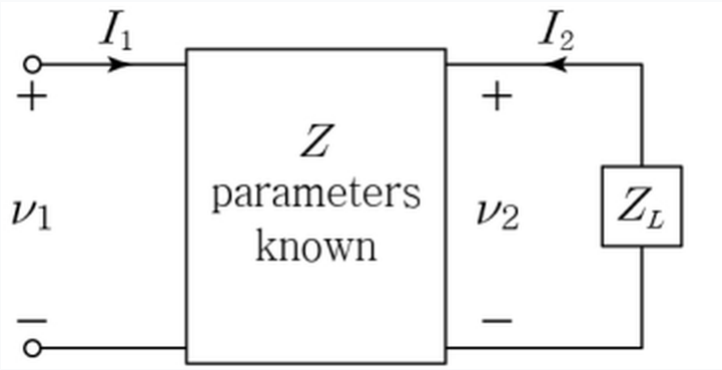
다시 나오면 이렇게 판단

이상변압기 전력 문제는 먼저 부하를 한쪽으로 환산하고, 그다음 전체 전류를 구한 뒤, 다시 실제 부하전압 또는 부하전력으로 넘어가는 순서로 판단한다. 권수비는 전압에 1차 비례, 임피던스 환산에는 제곱 비례로 들어간다는 점을 함께 본다.

암기 포인트

이상변압기에서는 $R' = (N_1/N_2)^2 R$로 환산하고, 전력은 최종적으로 실제 부하의 V^2/R 또는 I^2R로 확인한다.

문 18. 아래 그림의 4단자 회로에서 Z계수(임피던스 계수)를 알고 있을 때 입력임피던스 $Z_i = \frac{v_1}{I_1}$은?



① $Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}+Z_L}$
② $Z_{22} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{11}+Z_L}$
③ $Z_{11} + \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}+Z_L}$
④ $Z_{22} + \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{11}+Z_L}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 2포트의 Z계수식과 부하 접속 조건 $V_2 = -Z_L I_2$를 이용해 입력임피던스 $Z_i = V_1/I_1$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 Z계수식은 $V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$, $V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$이다.
출력단에는 부하 Z_L가 접속되어 있다.
구해야 할 값은 $Z_i = V_1/I_1$이다.
주의할 점은 Z계수의 I_2는 2포트 안으로 들어가는 전류이므로 부하전류와 부호가 반대라는 점이다.

사용할 공식

사용할 관계식은 $V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$, $V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$, $V_2 = -Z_L I_2$이다.
출력단이 부하 Z_L로 종단되어 있으므로 먼저 I_2를 I_1로 나타낸 뒤, 그 결과를 V_1식에 대입하면 입력임피던스를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

부하전류는 포트 2에서 바깥으로 나가므로 $V_2 = Z_L(-I_2) = -Z_L I_2$이다.
따라서
$Z_{21} I_1 + Z_{22} I_2 = -Z_L I_2$
이므로
$I_2 = -\frac{Z_{21}}{Z_{22}+Z_L} I_1$
이다.
이를 $V_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12} I_2$에 대입하면
$V_1 = Z_{11} I_1 + Z_{12}\left(-\frac{Z_{21}}{Z_{22}+Z_L} I_1\right) = \left(Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}+Z_L}\right) I_1$
이다.
따라서
$Z_i = \frac{V_1}{I_1} = Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}+Z_L}$
이다.

선지 판단

1번 O: 계산 결과가 $Z_i = Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}+Z_L}$이므로 맞다.
2번 X: 입력임피던스의 기본항은 Z_{22}가 아니라 Z_{11}이다. 또한 분모는 $Z_{11} + Z_L$가 아니라 출력단에서 정리된 $Z_{22} + Z_L$가 되어야 한다. 올바르게는 $Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}+Z_L}$이다.
3번 X: 분모와 기본항은 맞지만 결합항의 부호가 틀렸다. I_2가 음수로 나오므로 $Z_{12} I_2$ 항은 더해지는 것이 아니라 빠진다. 올바르게는 $Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}+Z_L}$이다.
4번 X: 기본항을 Z_{22}로 둔 점도 틀리고, 결합항 앞 부호를 +로 둔 점도 틀렸다. 올바르게는 $Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}+Z_L}$이다.

오답 포인트

포트 전류의 기준방향을 무시하면 $V_2 = -Z_L I_2$ 대신 $V_2 = Z_L I_2$로 두어 3번처럼 부호가 바뀐다. 또 입력임피던스를 묻는 문제인데도 출력 포트의 자기임피던스 Z_{22}를 앞항에 놓으면 2번이나 4번 같은 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

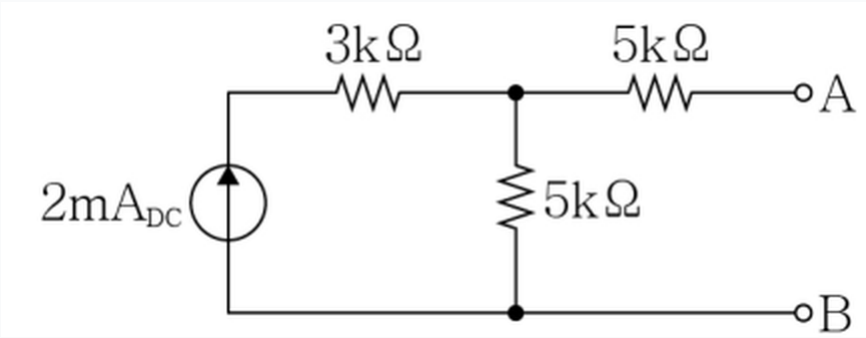
Z파라미터 종단 문제는 먼저 전류 기준방향을 확인하고, 종단조건으로 I_2 또는 V_2를 소거한 뒤, 마지막에 V_1/I_1 형태로 정리하면 된다.

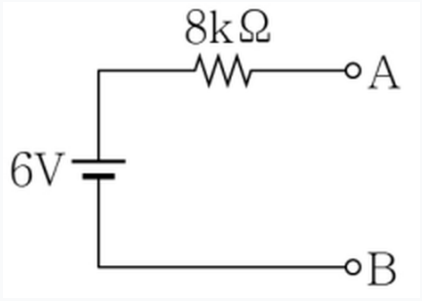
암기 포인트

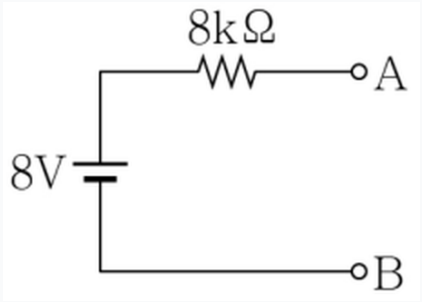
출력단 부하 종단의 입력임피던스는 $Z_i = Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}+Z_L}$이며, 음수 부호는 I_2의 기준방향에서 나온다.

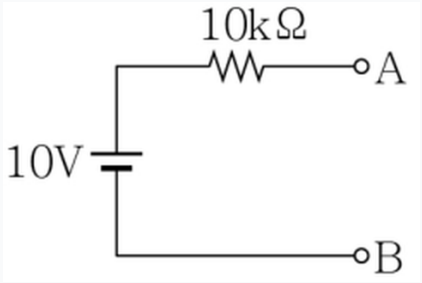
NoteBase

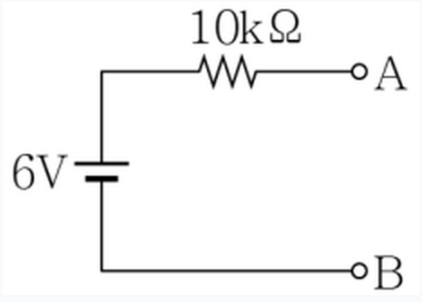
문 19. 아래 회로의 테브난(Thevenin) 등가회로를 나타낸 것은?



① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2016 · 6월

출제 포인트

이 문제는 단자 A-B에서의 테브난 등가전압 V_{th}와 테브난 등가저항 R_{th}를 구해 보기의 전압원-직렬저항 형태와 대조하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 독립 전류원 $2mA$, 상단 왼쪽 저항 $3k\Omega$, 중앙의 수직 저항 $5k\Omega$, A단자 쪽 직렬 저항 $5k\Omega$이다.
구해야 할 값: 단자 A-B에서 본 V_{th}와 R_{th}이다.
주의할 조건: 개방전압을 구할 때는 A단자가 개방이므로 오른쪽 $5k\Omega$에는 전류가 흐르지 않는다. 등가저항을 구할 때는 독립 전류원을 제거하면 개방회로가 된다.

사용할 공식

개방전압은 $V_{th} = V_{oc}$ 이다.
등가저항은 독립 전원을 제거한 뒤 단자에서 본 저항으로 R_{th}를 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 테브난 등가회로는 원회로를 단자에서 본 전압원 1개와 직렬저항 1개로 치환한 회로이기 때문이다.

계산 과정

1. A단자가 개방이므로 오른쪽 $5k\Omega$에는 전류가 0이다. 따라서 V_A는 중앙 노드 전압과 같다.
2. 전류원 $2mA$의 전류는 $3k\Omega$를 지나 중앙의 수직 $5k\Omega$로만 흐른다. 따라서 중앙 노드 전압은 $V_{th} = 2mA \times 5k\Omega = 10V$ 이다.
3. R_{th}를 구할 때 독립 전류원을 제거하면 전류원은 개방된다. 그러면 왼쪽 $3k\Omega$ 가지는 끊어져 영향이 없고, A에서 B까지는 오른쪽 $5k\Omega$와 수직 $5k\Omega$만 직렬이므로 $R_{th} = 5k\Omega + 5k\Omega = 10k\Omega$ 이다.

선지별 해설

① X: 보기 ①은 $6V$, $8k\Omega$인데 둘 다 맞지 않는다. 개방전압은 $3k\Omega$의 전압강하가 아니라 수직 $5k\Omega$ 양단 전압이므로 $10V$이다. 등가저항도 $8k\Omega$가 아니라 $10k\Omega$이다. 틀린 표현은 '6 V, 8k\Omega'이고, 올바르게는 '10 V, 10k\Omega'이다.
② X: 보기 ②의 $8k\Omega$는 전류원을 제거했을 때 왼쪽 $3k\Omega$ 가지가 개방된다는 점을 놓친 값이다. 개방전압도 $8V$가 아니라 $10V$이다. 틀린 표현은 '8 V, 8k\Omega'이고, 올바르게는 '10 V, 10k\Omega'이다.
③ O: 보기 ③은 전압원 $10V$와 직렬저항 $10k\Omega$로 되어 있어 계산한 $V_{th} = 10V$, $R_{th} = 10k\Omega$와 일치한다.
④ X: 보기 ④는 저항 $10k\Omega$는 맞지만 전압이 $6V$라서 틀리다. A단자 개방 시 오른쪽 $5k\Omega$에는 전류가 흐르지 않으므로 단자전압은 $10V$가 되어야 한다. 틀린 표현은 '6 V'이고, 올바르게는 '10 V'이다.

NoteBase

오답 포인트

개방전압을 구할 때 오른쪽 5$k\Omega$에도 전류가 흐른다고 착각하면 단자전압을 잘못 잡기 쉽다. 또 전류원을 제거할 때는 단락이 아니라 개방으로 바꿔야 하는데, 이를 놓치면 왼쪽 3$k\Omega$를 등가저항에 잘못 포함시켜 8$k\Omega$ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

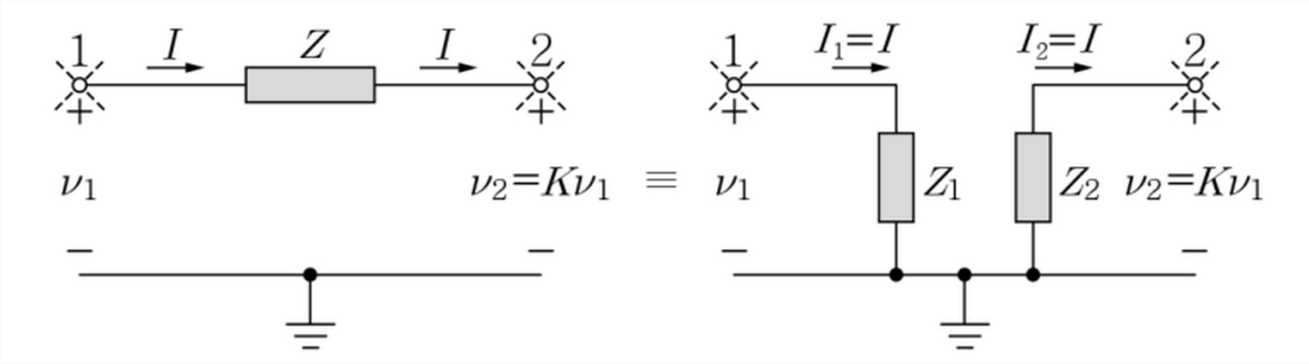
테브난 문제는 먼저 출력단을 개방해 V_{th}를 구하고, 그다음 독립 전원을 제거해 단자에서 보이는 R_{th}를 다시 구하는 순서로 판단한다. 전류원 제거는 개방, 전압원 제거는 단락이라는 기준으로 정리하면 계산이 흔들리지 않는다.

암기 포인트

테브난은 V_th=개방전압, R_th=전원 제거 후 단자저항으로 정리된다.

NoteBase

문 20. 아래 그림은 밀러(Miller) 등가회로를 나타내는 개념도이다. 두 회로가 동일한 특성을 갖도록 Z_1과 Z_2를 Z를 사용하여 나타낸 것은? (단, K는 전압이득을 의미한다.)



① $Z_1=\frac{Z}{1+1/K}, Z_2=\frac{Z}{1+K}$
② $Z_1=\frac{Z}{1+K}, Z_2=\frac{Z}{1+1/K}$
③ $Z_1=\frac{Z}{1-1/K}, Z_2=\frac{Z}{1-K}$
④ $Z_1=\frac{Z}{1-K}, Z_2=\frac{Z}{1-1/K}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 밀러 등가를 이용해 두 노드 사이의 임피던스 Z를 각 노드의 접지 임피던스 Z_1, Z_2로 바꾸는 식을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 두 노드 사이에 임피던스 Z가 연결되어 있고, $v_2 = Kv_1$이다.
구해야 할 값: 두 회로가 동등하도록 만드는 Z_1과 Z_2이다.
주의할 조건: Z_1은 1번 노드 전류 기준으로, Z_2는 2번 노드 전류 기준으로 따로 구해야 하며, 두 식의 분모 부호는 모두 $1-$꼴이다.

사용할 공식

밀러 등가의 기본식은 노드 1에서 $I_1=\frac{v_1-v_2}{Z}$, 노드 2에서 $I_2=\frac{v_2-v_1}{Z}$이다.
따라서
$Z_1=\frac{v_1}{I_1}=\frac{Z}{1-v_2/v_1}=\frac{Z}{1-K}, \qquad Z_2=\frac{v_2}{I_2}=\frac{Z}{1-v_1/v_2}=\frac{Z}{1-1/K}$
이 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 원래 회로와 등가회로의 각 노드 전압과 유입 전류가 같아야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 1번 노드에서 원래 임피던스 전류는 $I_1 = \frac{V_1 - V_2}{Z} = \frac{V_1 - KV_1}{Z} = \frac{(1-K)V_1}{Z}$이다.
2. 등가회로에서는 $I_1 = \frac{V_1}{Z_1}$이므로 $Z_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{Z}{1-K}$이다.
3. 2번 노드에서 원래 임피던스에 유입되는 전류는 $I_2 = \frac{V_2 - V_1}{Z} = \frac{V_2 - V_2/K}{Z} = \frac{(1-1/K)V_2}{Z}$이다.
4. 등가회로에서는 $I_2 = \frac{V_2}{Z_2}$이므로 $Z_2 = \frac{Z}{1-1/K}$이다.

선지별 해설

① X

$Z_1 = \frac{Z}{1+1/K}, Z_2 = \frac{Z}{1+K}$는 전류식을 $V_1 - V_2, V_2 - V_1$가 아니라 전압의 합처럼 처리한 형태이다. 틀린 표현은 분모의 $+$ 부호와 $K, 1/K$의 위치이다. 올바르게는 $Z_1 = \frac{Z}{1-K}, Z_2 = \frac{Z}{1-1/K}$이다.

② X

Z_1은 1번 노드 기준이므로 $V_2/V_1 = K$가 직접 들어가서 $\frac{Z}{1-K}$가 되어야 한다. $\frac{Z}{1+K}$는 부호를 잘못 쓴 값이다. Z_2도 $\frac{Z}{1-1/K}$가 맞고, $\frac{Z}{1+1/K}$는 오답이다. 틀린 표현은 두 분모의 $+$ 부호이다.

③ X

$\frac{Z}{1-1/K}$와 $\frac{Z}{1-K}$ 자체는 각각 한 노드에 대해 나오는 식이지만, Z_1과 Z_2에 거꾸로 배치되어 있다. 틀린 표현은 Z_1, Z_2의 대응관계이다. 올바르게는 $Z_1 = \frac{Z}{1-K}, Z_2 = \frac{Z}{1-1/K}$이다.

④ O

1번 노드에서는 $I_1 = \frac{(1-K)V_1}{Z}$이므로 $Z_1 = \frac{Z}{1-K}$가 된다. 2번 노드에서는 $I_2 = \frac{(1-1/K)V_2}{Z}$이므로 $Z_2 = \frac{Z}{1-1/K}$가 된다. 두 식을 모두 만족하는 보기는 ④이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 두 가지이다. 첫째, $V_2 = KV_1$를 대입하면서 $V_1 - V_2$의 부호를 $V_1 + V_2$처럼 잘못 바꾸는 실수이다. 둘째, Z_1과 Z_2를 같은 꼴로 외워서 K와 $1/K$의 자리를 뒤바꾸는 실수이다. 이 문항은 ③처럼 식 자체는 익숙하지만 노드 대응을 바꿔 놓은 보기를 함정으로 둔 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

밀러 등가 문제는 각 노드에서 유입 전류를 따로 잡아 $Z_{eq} = \frac{V}{I}$로 계산하면 된다. 1번 노드 식에는 V_2/V_1가 들어가고, 2번 노드 식에는 V_1/V_2가 들어간다고 보면 K와 $1/K$가 자동으로 정리된다.

암기 포인트

밀러 등가의 핵심은 $Z_1 = \frac{Z}{1-K}, Z_2 = \frac{Z}{1-1/K}$이다. 앞 노드는 K, 뒤 노드는 $1/K$가 분모에 들어간다고 기억하면 된다.

NoteBase