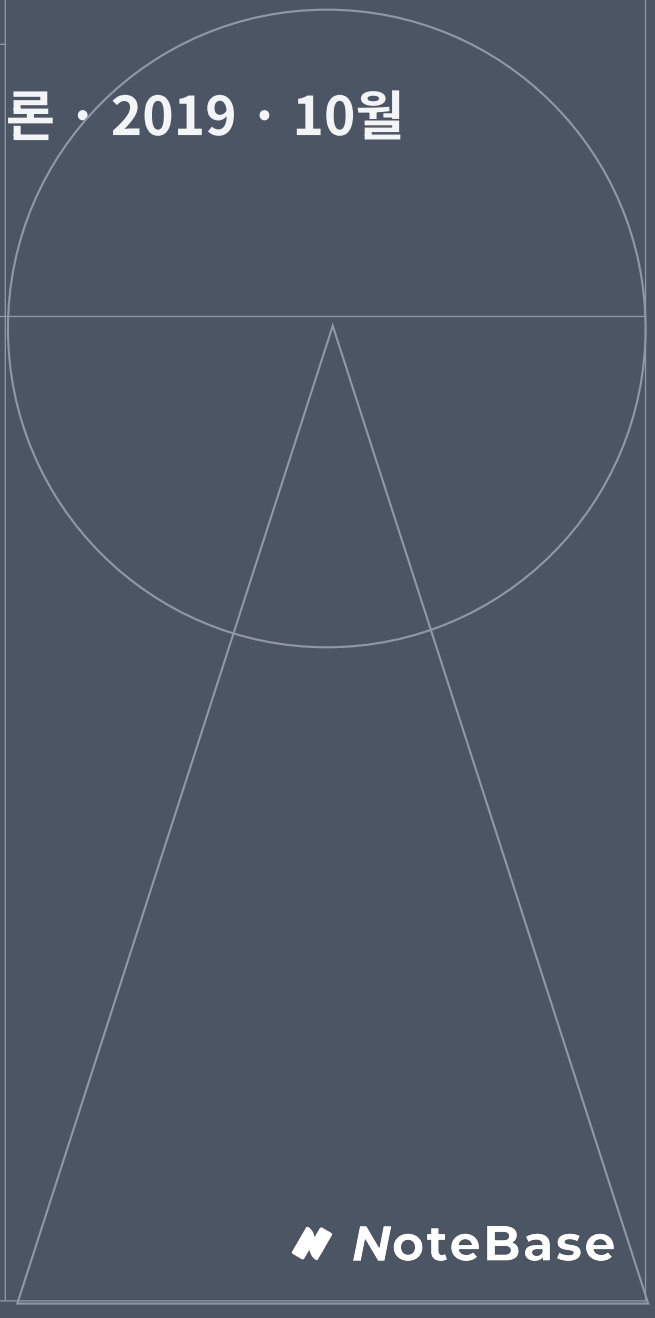
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2019 · 10월



NoteBase

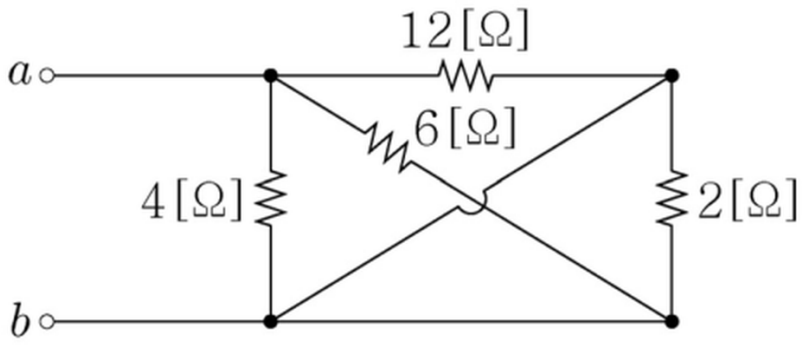
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2019 · 10월

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2019 · 10월

문 1. <보기>와 같은 회로에서 단자 a, b에서 본 등가저항[Ω]의 크기는?

<보기>



① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 교차점이 접속되지 않은 회로에서 단락된 가지를 먼저 지우고, 남는 저항들의 병렬합성으로 단자 *a*, *b* 사이 등가저항을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로에서 아래쪽 가지와 오른쪽 위로 올라가는 대각선은 도선이므로 오른쪽 위 노드, 왼쪽 아래 노드, 오른쪽 아래 노드는 같은 전위가 된다.
가운데 교차부의 표시는 두 대각선이 전기적으로 접속되지 않음을 뜻한다.
따라서 2Ω 저항은 양단이 같은 노드에 연결되어 단락되고, 4Ω, 6Ω, 12Ω만 단자 *a*, *b* 사이에 병렬로 남는다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2019 · 10월

사용할 공식

병렬저항 합성식은 $\frac{1}{R_{ab}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 남는 4Ω, 6Ω, 12Ω의 양단이 모두 같은 두 노드 a, b에 연결되어 있기 때문이다.

계산 과정

1. 오른쪽 위 노드와 아래쪽 두 노드는 도선으로 직접 연결되므로 같은 노드로 본다.
2. 2Ω 가지는 도선과 병렬이어서 전류가 흐르지 않으므로 제거한다.
3. 남는 저항은 4Ω, 6Ω, 12Ω의 병렬이므로
$\frac{1}{R_{ab}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3}{12} + \frac{2}{12} + \frac{1}{12} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2}$
따라서 $R_{ab} = 2\Omega$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과 단자 a, b 사이 등가저항은 2Ω이므로 옳다.

② X
- 선지의 3Ω는 틀리다. 올바르게는 등가저항이 2Ω이다.
- 2Ω 저항이 살아 있다고 보거나, 교차점을 접속점으로 잘못 읽으면 이런 오답이 나오기 쉽다.

③ X
- 선지의 4Ω는 틀리다. 올바르게는 등가저항이 2Ω이다.
- 세 병렬가지를 보지 않고 왼쪽의 4Ω만 남는다고 오해한 경우의 값이다.

④ X
- 선지의 5Ω는 틀리다. 올바르게는 등가저항이 2Ω이다.
- 직렬과 병렬을 섞어 읽거나 단락된 가지를 제거하지 않으면 이런 값으로 흐르기 쉽다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 가운데 교차 표시를 접속점으로 착각하는 데 있다. 교차점이 비접속이면 오른쪽의 2Ω는 단락되어 의미가 없어지고, 남는 세 저항은 모두 병렬이라는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

브리지형 회로는 먼저 도선만 따라가 같은 노드를 묶고, 도선과 병렬인 저항이 있는지 확인한 뒤, 마지막에 직렬인지 병렬인지 정리해서 계산하면 된다.

NoteBase

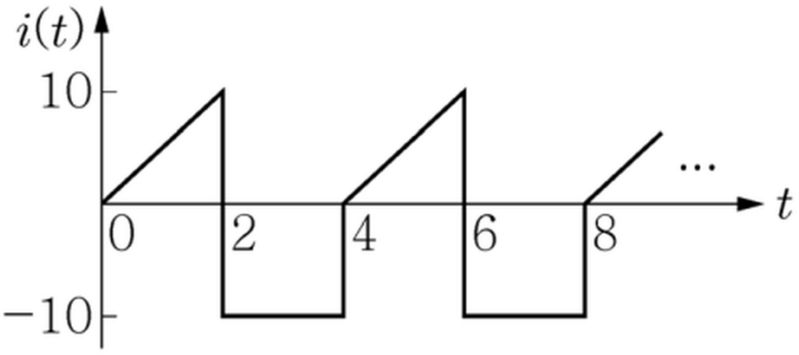
암기 포인트

도선으로 바로 이어진 두 점은 같은 노드이다. 양단이 같은 노드인 저항은 단락되어 제거된다.

NoteBase

문 2. 1[Ω]의 저항에 <보기>와 같이 전류 $i(t)$[A]가 흐른다. 저항에서 소비되는 평균전력[W]의 값은?

<보기>



① 200/3

② 75

③ 150

④ 200

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 주기전류 $i(t)$에 대해 $R = 1\Omega$인 저항의 평균전력 P_{avg}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 저항은 1Ω이다.
구해야 할 값: 한 주기 평균전력이다.
주의할 조건: 평균전력은 전류의 산술평균이 아니라 $i^2(t)R$의 주기평균으로 구한다.

사용할 공식

평균전력은 $P_{avg} = \frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)Rdt$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 저항에서 순간전력은 $p(t) = i^2(t)R$이고, 문제는 한 주기 동안 소모되는 평균전력을 묻기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

한 주기는 $T=4$이다.

$0 \le t < 2$에서는 기울기가 $10/2 = 5$이므로 $i(t) = 5t$이다.

$2 \le t < 4$에서는 $i(t) = -10$이다.

따라서

$$P_{avg} = \frac{1}{4}\left(\int_0^2 (5t)^2 \cdot 1 dt + \int_2^4 (-10)^2 \cdot 1 dt\right)$$
$$= \frac{1}{4}\left(25\int_0^2 t^2 dt + 100\int_2^4 dt\right)$$
$$= \frac{1}{4}\left(25 \cdot \frac{8}{3} + 200\right) = \frac{1}{4}\left(\frac{200}{3} + 200\right) = \frac{200}{3} W$$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 평균전력은 $\frac{200}{3} W$이므로 맞다.

② X: 75 W는 계산 결과와 다르다. 음의 전류 구간을 전력에서 음수로 처리하거나 주기평균 공식을 잘못 적용하면 이런 값이 나올 수 있다. 올바르게는 평균전력은 $\frac{200}{3} W$이다.

③ X: 150 W는 계산 결과와 다르다. 램프 구간과 직사각형 구간의 전력을 단순 평균하거나 i^2 대신 $|i|$ 또는 i를 평균하면 이런 값으로 흐르기 쉽다. 올바르게는 평균전력은 $\frac{200}{3} W$이다.

④ X: 200 W는 계산 결과와 다르다. $-10A$ 구간의 전력만 보거나 램프 구간의 기여를 과대평가하면 이런 값이 나온다. 올바르게는 평균전력은 $\frac{200}{3} W$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 전류가 음수여도 저항전력은 $i^2 R$이므로 항상 0 이상이라는 점이다. 또 램프 구간에서 전류평균을 먼저 구한 뒤 제곱하면 안 되고, 반드시 $i^2(t)$를 적분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

저항의 평균전력 문제는 먼저 한 주기를 잡고, 구간별 $i(t)$를 쓴 뒤, 마지막에 $\frac{1}{T}\int i^2 R dt$로 정리하면 된다. 음수 전류가 보여도 부호를 전력에 그대로 옮기지 않는다고 판단한다.

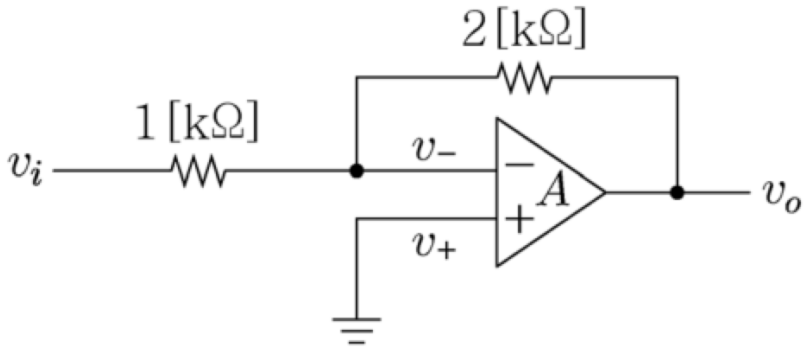
암기 포인트

저항의 평균전력은 전류평균이 아니라 i^2의 평균에 R을 곱한 값이다.

NoteBase

문 3. <보기>의 회로에 사용된 연산증폭기의 전압이득 $A\left(=\frac{v_o}{v_+ - v_-}\right)$는 200이다. 이때 아래 반전증폭기의 전압이득 $\frac{v_o}{v_i}$를 구하면? (단, 연산증폭기의 A 이외의 성질은 이상적이다.)

<보기>



① $-\frac{403}{197}$
② $-\frac{400}{197}$
③ $-\frac{403}{200}$
④ $-\frac{400}{203}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 유한 개방루프 이득 A를 갖는 반전증폭기에서 가상접지가 정확히 성립하지 않는다는 점을 반영해 폐루프 전압이득을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $A = 200$, 입력저항 $1k\Omega$, 피드백저항 $2k\Omega$, $v_+ = 0$이다.
구해야 할 값: $\frac{v_o}{v_i}$이다.
주의할 조건: 입력전류는 0이지만 A가 유한하므로 $v_- = v_+ = 0$으로 두면 안 된다.

사용할 공식

연산증폭기 식은 $v_o = A(v_+ - v_-) = 200(0 - v_-) = -200v_-$이다.
반전단 노드에서는 입력전류가 0이므로
$\frac{v_- - v_i}{1k\Omega} + \frac{v_- - v_o}{2k\Omega} = 0$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 유한 이득 때문에 v_-가 0이 아니라 v_o와 연동된 값으로 남기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $v_o = -200v_-$이므로 $v_- = -\frac{v_o}{200}$이다.
2. KCL에서 $2(v_- - v_i) + (v_- - v_o) = 0$이므로 $3v_- - 2v_i - v_o = 0$이다.
3. $v_- = -\frac{v_o}{200}$을 대입하면 $-\frac{3v_o}{200} - 2v_i - v_o = 0$이다.
4. 따라서 $-\frac{203}{200}v_o = 2v_i$이고,
$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{400}{203}$
이다.

선지 판단

1번: X. 계산 결과는 $-\frac{400}{203}$이므로 $-\frac{403}{197}$은 맞지 않는다. 이 선택지는 분자와 분모를 모두 잘못 정리한 값이며, '전압이득은 $-\frac{403}{197}$이다'가 아니라 '전압이득은 $-\frac{400}{203}$이다'로 고쳐야 한다.
2번: X. $-\frac{400}{197}$은 $-v_o$와 $-\frac{3v_o}{200}$를 합칠 때 분모를 $200 - 3 = 197$처럼 잘못 처리한 값이다. 실제로는 $1 + \frac{3}{200} = \frac{203}{200}$이므로 '전압이득은 $-\frac{400}{197}$이다'가 아니라 '전압이득은 $-\frac{400}{203}$이다'로 고쳐야 한다.
3번: X. $-\frac{403}{200}$은 유한 이득 보정항 $\frac{3}{200}$을 분모에 반영하지 않고 개방루프 이득 200만 남긴 값이다. 폐루프 이득은 '전압이득은 $-\frac{403}{200}$이다'가 아니라 '전압이득은 $-\frac{400}{203}$이다'로 고쳐야 한다.
4번: O. $v_o = -200v_-$와 반전단 KCL을 연립하면 $\frac{v_o}{v_i} = -\frac{400}{203}$이므로 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 반전증폭기라는 이유만으로 곧바로 $-\frac{R_f}{R_{in}} = -2$를 쓰거나, $v_- = 0$으로 두는 것이다. 이 문항은 $A = 200$이 유한하므로 가상접지는 근사만 가능하고, 반드시 $v_o = A(v_+ - v_-)$를 함께 써서 보정항을 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

유한 이득 연산증폭기 문제는 먼저 $v_o = A(v_+ - v_-)$로 출력과 입력단 전압의 관계를 세우고, 다음으로 입력전류 0 조건으로 KCL을 쓴 뒤, 마지막에 두 식을 연립해 폐루프 이득을 구하면 된다.

암기 포인트

이상적 반전증폭기는 $-\frac{R_f}{R_{in}}$이지만, 유한 이득이면 $v_- = 0$이 아니므로 $A(v_+ - v_-)$ 식까지 함께 써야 한다.

NoteBase

문 4. $f(t) = u\left(t + \frac{1}{2}T\right) - u\left(t - \frac{1}{2}T\right)$**의 푸리에 변환으로 바르게 표시된 것은?**

① $F(jw) = T\frac{\sin\left(\frac{wT}{2}\right)}{\frac{wT}{2}}$
② $F(jw) = T\frac{\sin(2wT)}{2wT}$
③ $F(jw) = T\frac{\sin(2wT)}{j2wT}$
④ $F(jw) = \frac{T}{2}\frac{\sin(wT)}{wT}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 폭이 T이고 중심이 원점인 직사각파의 푸리에 변환을 적분으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 함수는 $f(t) = u(t + T/2) - u(t - T/2)$이다.
따라서 $-T/2 < t < T/2$에서만 값이 1이고 그 밖에서는 0이다.
구해야 할 값은 이 직사각파의 푸리에 변환 $F(j\omega)$이다.

사용할 공식

$F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t}dt$
직사각파는 유효한 구간에서만 적분하면 되므로
$F(j\omega) = \int_{-T/2}^{T/2} e^{-j\omega t}dt$
로 계산한다. 이 문제는 시간영역에서 폭 T, 진폭 1인 대칭 직사각파이므로 표준 sinc 꼴이 나온다.

계산 과정

1. 적분 구간을 정리하면
$F(j\omega) = \int_{-T/2}^{T/2} e^{-j\omega t}dt$
이다.
2. 적분하면
$F(j\omega) = \left[\frac{e^{-j\omega t}}{-j\omega}\right]_{-T/2}^{T/2} = \frac{e^{-j\omega T/2} - e^{j\omega T/2}}{-j\omega}$
이다.
3. $e^{-j\theta} - e^{j\theta} = -2j\sin\theta$를 쓰면
$F(j\omega) = \frac{-2j\sin(\omega T/2)}{-j\omega} = \frac{2\sin(\omega T/2)}{\omega}$
이다.
4. 이를 sinc 형태로 쓰면
$F(j\omega) = T\frac{\sin(\omega T/2)}{\omega T/2}$
이므로 1번과 일치한다.

NoteBase

선지별 해설

① O
주어진 직사각파의 푸리에 변환은 $T\frac{\sin(\omega T/2)}{\omega T/2}$이다. 계산 결과와 정확히 일치한다.

② X
이 식은 $\sin(2\omega T)$가 들어가서 사인 함수의 인자가 실제보다 4배 커졌다. 틀린 표현은 $\sin(2\omega T)$이고, 올바르게는 $\sin(\omega T/2)$이다.

③ X
직사각파는 실수이면서 짝함수이므로 푸리에 변환도 실수 짝함수가 된다. 그런데 이 선지는 분모에 j가 있어 순허수 꼴이 되므로 형태부터 맞지 않는다. 틀린 표현은 $j2\omega T$와 $\sin(2\omega T)$이고, 올바르게는 $T\frac{\sin(\omega T/2)}{\omega T/2}$이다.

④ X
이 식은 $\frac{T}{2}\frac{\sin(\omega T)}{\omega T}$로, 실제 결과인 $T\frac{\sin(\omega T/2)}{\omega T/2}$와 계수와 인자가 모두 다르다. 틀린 표현은 앞의 $T/2$와 $\sin(\omega T)$이고, 올바르게는 $T\frac{\sin(\omega T/2)}{\omega T/2}$이다.

오답 포인트

계단함수 차를 직사각파로 해석하지 못하면 적분 구간을 잘못 잡기 쉽다. 또 적분 뒤 $e^{-j\theta}-e^{j\theta}=-2j\sin\theta$를 정리하는 과정에서 j를 남기거나 사인 인자를 $\omega T/2$가 아니라 ωT, $2\omega T$로 잘못 쓰는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

계단함수의 차가 나오면 먼저 파형의 켜지는 구간과 폭을 확인한다. 그다음 직사각파이면 $-T/2$부터 $T/2$까지 적분해서 $\sin(x)/x$ 꼴이 나오는지 확인하면 된다. 시간영역 신호가 실수 짝함수이면 주파수영역 결과도 실수 짝함수라는 점으로 오답 선지를 한 번 더 걸러낼 수 있다.

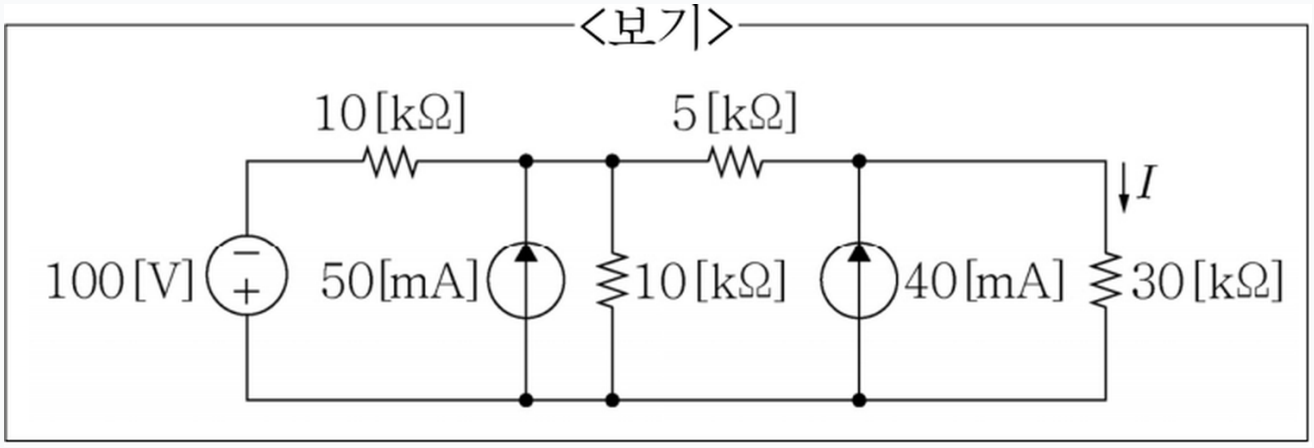
암기 포인트

중심이 원점이고 폭이 T인 진폭 1 직사각파의 푸리에 변환은 $T\text{sinc}(\omega T/2)$ 꼴이다.

NoteBase

문 5. <보기>의 회로에서 전류 I [mA]의 값은?

<보기>



① 13

② 14

③ 15

④ 16

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 노드 전압법으로 각 노드 전위를 구한 뒤 $30k\Omega$ 저항을 흐르는 전류 I를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 전원 위쪽 노드는 접지보다 $100V$ 낮으므로 $-100V$이다. 중간 노드 전압을 V_1, 오른쪽 노드 전압을 V_2로 둔다.

구해야 할 값: $30k\Omega$ 저항을 아래로 흐르는 전류 I이다.

주의할 조건: 두 전류원의 화살표가 모두 위쪽이므로 각 노드로 전류를 주입한다.

사용할 공식

노드전압법의 KCL을 사용한다.

V_1 노드: $\frac{V_1+100}{10k\Omega}+\frac{V_1}{10k\Omega}+\frac{V_1-V_2}{5k\Omega}=50mA$

V_2 노드: $\frac{V_2-V_1}{5k\Omega}+\frac{V_2}{30k\Omega}=40mA$

이 공식을 쓰는 이유: 접지 기준으로 미지 노드가 두 개뿐이므로 각 노드의 전류평형식만 세우면 원하는 가지전류를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 왼쪽 전원은 위가 음극, 아래가 양극이므로 첫 번째 저항의 왼쪽 노드 전압은 $-100V$이다.
2. V_1 노드 KCL을 정리하면 $4V_1 - 2V_2 = 400$, 즉 $2V_1 - V_2 = 200$이다.
3. V_2 노드 KCL을 정리하면 $-6V_1 + 7V_2 = 1200$이다.
4. 두 식을 연립하면 $V_1 = 325V$, $V_2 = 450V$이다.
5. 따라서 $I = \frac{V_2}{30k\Omega} = \frac{450}{30000} = 0.015A = 15mA$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 $I = 15mA$이므로 13 mA는 아니다. 틀린 표현은 전류값 13 mA이며, 올바르게는 15 mA이다.
② X: 계산 결과 $I = 15mA$이므로 14 mA는 아니다. 틀린 표현은 전류값 14 mA이며, 올바르게는 15 mA이다.
③ O: $30k\Omega$ 저항 양단 전압이 $450V$이므로 아래 방향 전류는 $450/30000 = 15mA$가 된다.
④ X: 계산 결과 $I = 15mA$이므로 16 mA는 아니다. 틀린 표현은 전류값 16 mA이며, 올바르게는 15 mA이다.

오답 포인트

왼쪽 100 V 전원의 극성을 반대로 읽으면 첫 번째 저항 전류의 부호가 바뀌어 연립방정식이 틀어진다. 또한 전류원 화살표가 위쪽이라는 점을 놓치면 $50mA$, $40mA$를 유출전류로 잘못 넣기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 전류 계산 문제는 접지를 먼저 잡고 전원 극성으로 알려진 노드전압을 확정한 뒤, 미지 노드마다 KCL을 세워 마지막에 원하는 소자전류를 $I = V/R$로 바꾸면 된다.

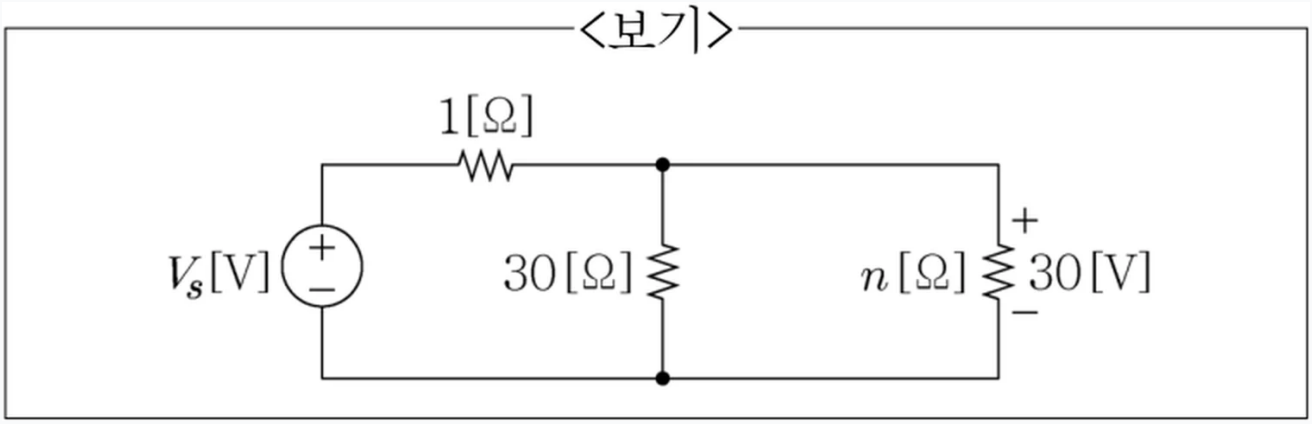
암기 포인트

노드전압법은 알려진 노드전압 확정, KCL 연립, 원하는 가지전류 환산의 순서로 정리된다.

NoteBase

문 6. <보기>의 회로에서 전압 V_s[V]의 값은? (단, n은 회로에서 노드(node)의 개수이다.)

<보기>



① 40

② 41

③ 42

④ 43

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 회로의 노드 수로 저항값 n을 정한 뒤, 병렬회로 전류와 직렬 1Ω 저항의 전압강하를 이용해 V_s를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 오른쪽 저항의 전압은 30 V이다.
- 가운데 저항은 30Ω이다.
- 위쪽 직렬 저항은 1Ω이다.
- n은 회로의 노드 수이므로 이 회로의 노드는 3개이다.

구해야 할 값:
- 전원 전압 V_s이다.

주의할 조건:
- 오른쪽 nΩ 저항과 30Ω 저항은 서로 병렬이므로 두 저항의 양단 전압은 모두 30 V이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2019 · 10월

사용할 공식

$I = \frac{V}{R}$

$V = IR$

이 공식을 쓰는 이유:

오른쪽 저항과 30Ω 저항의 전압이 이미 30 V로 정해져 있으므로 각 가지 전류를 $I = V/R$로 구할 수 있다. 그 전류의 합이 1Ω 저항을 지나므로 직렬 저항의 전압강하를 $V = IR$로 계산하면 전원 전압을 구할 수 있다.

계산 과정

1. 회로의 노드는 왼쪽 전원 상단 노드, 위쪽 중앙 노드, 아래 공통 노드의 3개이므로 $n = 3$이다.
2. 오른쪽 저항은 3Ω이고 전압이 30 V이므로 그 전류는 $I_1 = 30/3 = 10$A이다.
3. 가운데 30Ω 저항도 병렬이므로 전압이 30 V이고, 전류는 $I_2 = 30/30 = 1$A이다.
4. 1Ω 저항에는 두 가지 전류의 합인 $I = 10 + 1 = 11$A가 흐른다.
5. 따라서 1Ω 저항의 전압강하는 $V = IR = 11 \times 1 = 11$V이다.
6. 전원 전압은 병렬부 전압 30 V와 1Ω 저항 전압강하 11 V의 합이므로 $V_s = 30 + 11 = 41$V이다.

선지별 해설

① X

- 40 V는 오른쪽 3Ω 가지 전류 10A만 보고 1Ω 저항 강하를 10 V로 계산한 값이다.
- 30Ω 가지에도 1A가 추가로 흐르므로 1Ω 저항 강하는 11 V가 되어야 한다.
- ①의 '40 V'가 틀렸고, 올바른 값은 41 V이다.

② O

- $n = 3$, 병렬 가지 전류는 10A와 1A이므로 전체 전류는 11A이다.
- 1Ω 저항 강하 11 V와 병렬부 전압 30 V를 더하면 $V_s = 41$V가 된다.
- 따라서 ②의 41 V가 옳다.

③ X

- 42 V가 되려면 1Ω 저항 강하를 12 V로 보아야 하는데, 실제 합성 전류는 11A이므로 맞지 않는다.
- 병렬부 전압이 30 V라는 조건에서 계산되는 전류 합은 정확히 11A이다.
- ③의 '42 V'가 틀렸고, 올바른 값은 41 V이다.

④ X

- 43 V가 되려면 1Ω 저항 강하를 13 V로 본 셈인데, 이는 노드 수를 잘못 세거나 병렬 전류를 잘못 더한 결과이다.
- 이 회로의 노드는 3개이고, 병렬 가지 전류 합은 11A로 고정된다.
- ④의 '43 V'가 틀렸고, 올바른 값은 41 V이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 n을 저항 개수처럼 세거나, 병렬회로에서 한 가지 전류만 보고 1Ω 직렬 저항 전류를 과소평가하는 데 있다. 병렬 가지의 전압이 같다는 점과 직렬 구간 전류가 가지 전류의 합이라는 점을 동시에 잡아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 계산형 문제는 먼저 노드 수나 소자값 같은 숨은 조건을 확정하고, 다음으로 병렬 구간의 공통 전압으로 각 가지 전류를 구한 뒤, 마지막에 직렬 구간 전류와 전압강하를 합산하는 순서로 판단한다.

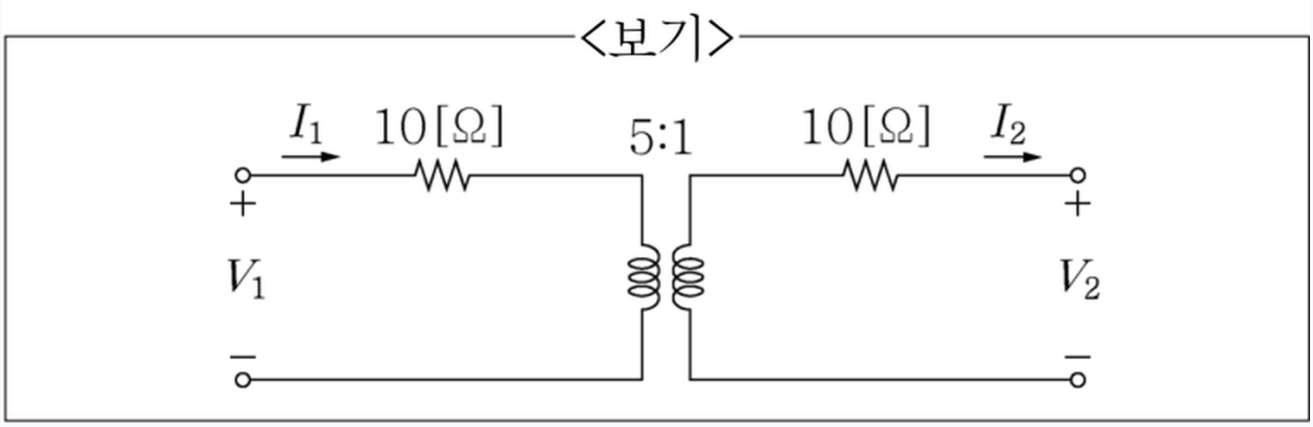
암기 포인트

병렬은 전압이 같고 직렬은 전류가 같다. 이 문제에서는 병렬 전압 30 V에서 가지 전류를 구하고, 그 합으로 1Ω 강하를 더하면 된다.

NoteBase

문 7. <보기>와 같이 권수비 5 : 1인 유도결합회로에 저항 10[Ω]을 입출력 단자에 연결하였을 때 4단자 정수의 전달 임피던스 $\left(\frac{V_1}{I_2}\Big|_{V_2=0}\right)[\Omega]$ 값은? (단, 변압기는 이상변압기이다.)

<보기>



① 0

② $\frac{1}{5}$

③ 5

④ 52

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 출력단 단락 조건 $V_2 = 0$에서 2차측 저항을 1차측으로 환산하여 전달 임피던스 $\frac{V_1}{I_2}\Big|_{V_2=0}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 권수비 $N_1 : N_2 = 5 : 1$, 1차와 2차의 직렬저항이 각각 10Ω이다.
구해야 할 값은 $\frac{V_1}{I_2}\Big|_{V_2=0}$이다.
주의할 조건은 $V_2 = 0$이 출력단 전압이 0이라는 뜻이지 $I_2 = 0$이라는 뜻이 아니라는 점이다.

사용할 공식

이상변압기의 임피던스 환산은
$Z_2' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_2$
이다.
이 문제에서는 2차측의 10Ω이 단락 조건에서 권선에 걸린 부하가 되므로 이를 1차측으로 환산해 전체 입력관계를 잡아야 한다.

NoteBase

계산 과정

2차측 10Ω을 1차측으로 환산하면
$Z_2' = \left(\frac{5}{1}\right)^2 \cdot 10 = 250\Omega$
이다.
따라서 입력단에서 본 전체 저항은
$10 + 250 = 260\Omega$
이므로
$I_1 = \frac{V_1}{260}$
이다.
1차 권선에 걸리는 전압은
$V_{w1} = 250 I_1 = 250 \cdot \frac{V_1}{260} = \frac{25}{26} V_1$
이다.
권수비가 5:1이므로 2차 권선 전압은
$V_{w2} = \frac{1}{5} V_{w1} = \frac{1}{5} \cdot \frac{25}{26} V_1 = \frac{5}{26} V_1$
이다.
2차측 전류는 10Ω을 흐르므로
$I_2 = \frac{V_{w2}}{10} = \frac{1}{10} \cdot \frac{5}{26} V_1 = \frac{V_1}{52}$
이다.
따라서
$\frac{V_1}{I_2}\Big|_{V_2 = 0} = 52\Omega$
이다.

선지별 해설

① X: 0은 될 수 없다. 0이 되는 것은 출력단 전압 V_2이지 V_1/I_2가 아니다. 틀린 판단은 '단락이면 전달 임피던스도 0이다'이고, 올바르게는 '단락 조건에서 I_2를 계산한 뒤 V_1/I_2를 구한다'이다.
② X: $\frac{1}{5}$는 권수비의 전압비에 해당하는 값일 뿐 전달 임피던스가 아니다. 틀린 표현은 '권수비를 그대로 V_1/I_2에 쓴다'이고, 올바르게는 '임피던스는 권수비의 제곱으로 환산하고 직렬저항까지 반영한다'이다.
③ X: 5는 권수비나 단순 비례관계만 본 값으로, 1차측 10Ω과 환산된 250Ω을 반영하지 못한다. 틀린 표현은 '전달 임피던스가 권수비 정도의 값이다'이고, 올바르게는 '전체 회로에서 계산하면 52Ω이다'이다.
④ O: 2차측 10Ω을 1차측으로 환산하면 250Ω이 되고, 전체 관계를 계산하면 $I_2 = V_1/52$이므로 $V_1/I_2 = 52\Omega$가 된다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 $V_2 = 0$을 보고 전달 임피던스까지 0으로 오해하는 것이다. 또한 권수비 5:1을 전압비로만 보고 그대로 답에 쓰거나, 임피던스 환산에서 제곱을 빠뜨리면 ②나 ③ 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

이상변압기 계산 문제는 먼저 단락·개방 조건이 무엇을 0으로 만드는지 확인하고, 다음으로 부하 임피던스를 반대측으로 환산한 뒤, 마지막에 권선전압과 포트전류의 관계를 순서대로 연결하면 된다.

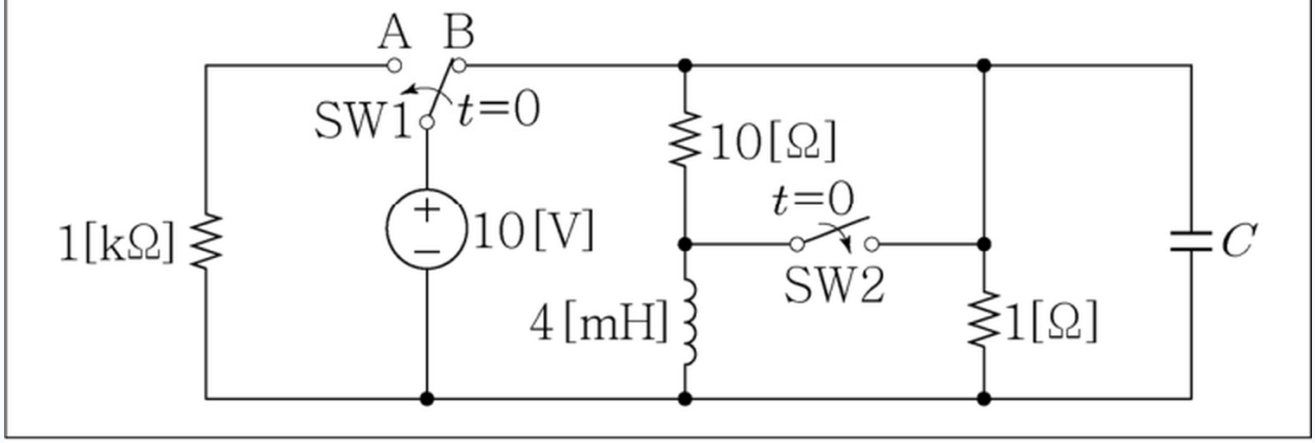
암기 포인트

이상변압기 임피던스 환산은 권수비의 제곱을 곱한다. 단락 조건은 $V_2 = 0$이지 $I_2 = 0$이 아니다.

NoteBase

문 8. <보기>와 같이 t > 0에서 임계감쇠 조건을 만족하는 커패시턴스 C[mF]의 값은? (단, t = 0에서 SW1은 B에서 A로 이동하고, SW2는 닫힌다.)

<보기>



① 1

② 4

③ 10

④ 11

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 SW2가 닫힌 뒤 10Ω 저항이 단락된 $t > 0$ 회로를 병렬 RLC 자연응답으로 바꾸고, 임계감쇠 조건으로 C를 구하는 문제이다.

조건 정리

스위치 전에는 SW1이 B에 있어 우측 회로에 10 V 직류가 걸린다.
충분한 시간 후 커패시터는 개방, 인덕터는 단락이므로 $v_C(0^-) = 10V$, $i_L(0^-) = 10/10 = 1A$이다.
$t = 0$ 이후 SW1이 A로 이동해 전원이 우측 회로에서 분리되고, SW2가 닫혀 10Ω 저항은 완전히 단락된다.
따라서 $t > 0$ 우측 회로는 $R = 1\Omega, L = 4mH, C = ?$ 인 병렬 RLC 자연응답 회로이다.

사용할 공식

병렬 RLC 자연응답의 특성방정식은 $s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC} = 0$ 이다.
임계감쇠는 판별식이 0인 경우이므로 $\left(\frac{1}{RC}\right)^2 = \frac{4}{LC}$ 이고, 정리하면 $C = \frac{L}{4R^2}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 $t > 0$ 회로가 외부 전원이 없는 병렬 2차 회로이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. SW2가 닫히면 10Ω 저항 양단이 같은 노드가 되어 10Ω는 회로에서 사라진다.
2. 따라서 감쇠를 결정하는 저항은 1Ω 하나이고, 인덕턴스는 $4mH$이다.
3. 임계감쇠 조건에 대입하면 $C = \frac{L}{4R^2} = \frac{4mH}{4 \times 1^2} = 1mF$ 이다.

선지별 해설

① O

- 계산 결과 $C = 1mF$이므로 옳다.

② X

- $4mF$는 임계감쇠 식의 분모 $4R^2$를 빠뜨리거나, 스위치 후에도 10Ω가 남아 있다고 잘못 본 경우의 오답이다. 틀린 표현은 "임계감쇠가 되려면 $C = 4mF$이다"이고, 올바르게는 "병렬 RLC의 임계감쇠 조건을 적용하면 $C = 1mF$이다"이다.

③ X

- $10mF$는 스위치 전 회로의 숫자만 보고 용량을 크게 잡은 값일 뿐 특성방정식을 만족하지 않는다. 틀린 표현은 "$C = 10mF$에서 임계감쇠가 된다"이고, 올바르게는 "$C = 1mF$에서 임계감쇠가 된다"이다.

④ X

- $11mF$도 병렬 RLC 임계감쇠 식에 대입하면 맞지 않는다. 틀린 표현은 "$C = 11mF$이다"이고, 올바르게는 "$C = L/(4R^2) = 1mF$이다"이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 $t > 0$ 회로를 다시 그리지 않고 스위치 전의 10Ω 저항을 그대로 남겨 두는 것이다. SW2가 닫히는 순간 10Ω는 단락되므로 감쇠를 결정하는 저항은 1Ω 하나뿐이다. 회로 형태를 잘못 보면 임계감쇠 조건 자체를 틀리게 적용하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

스위치 회로의 감쇠 문제는 먼저 $t > 0$ 등가회로만 새로 그린다. 그다음 직렬형인지 병렬형인지 구분하고, 병렬 RLC이면 $\left(\frac{1}{RC}\right)^2 = \frac{4}{LC}$ 를 적용해 미지수를 구한다.

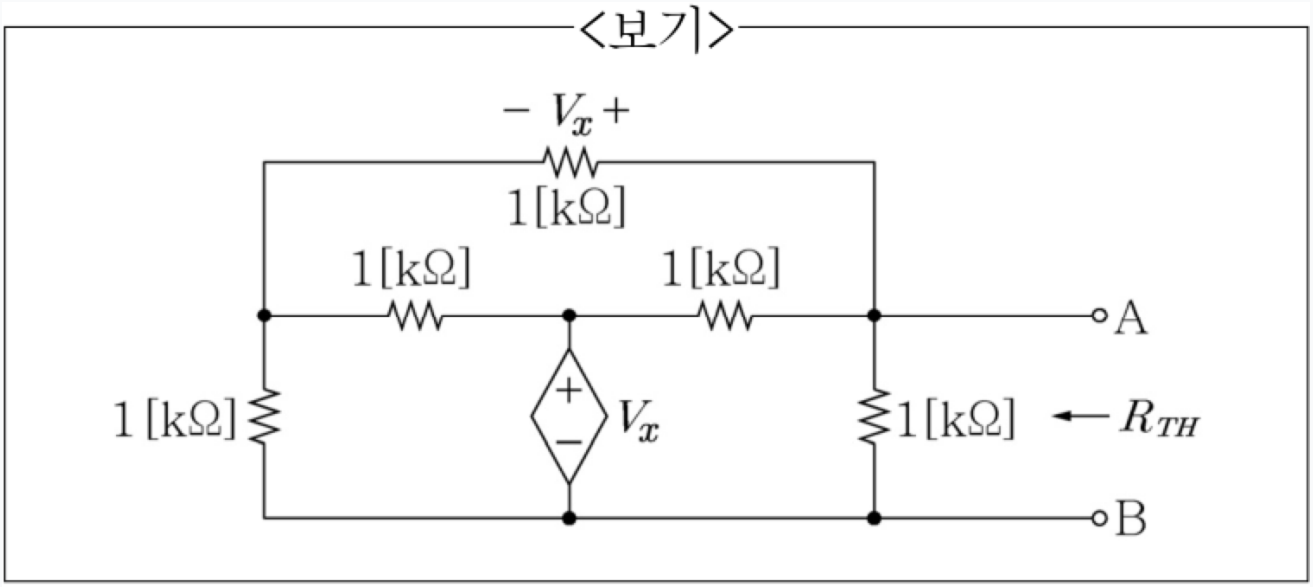
암기 포인트

병렬 RLC 임계감쇠는 $C = \frac{L}{4R^2}$ 이고, 스위치 문제는 항상 $t > 0$ 등가회로부터 다시 본다.

NoteBase

문 9. <보기>의 단자 A, B 사이의 테브닌(Thévenin) 저항 $R_{TH}[k\Omega]$의 값은?

<보기>



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

정답 3번

출제 포인트

종속전원이 포함된 회로에서 테스트 전압원을 걸어 단자 A, B 사이의 테브닌 저항 R_{TH}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 모든 저항은 $1k\Omega$이다.
구해야 할 값: 단자 A, B 사이의 테브닌 저항 R_{TH}이다.
주의할 조건: 종속전원은 꺼지지 않으므로 단자 A, B에 테스트 전압 V를 인가해 전류 I를 구해야 한다.
제어전압은 위쪽 저항 양단의 V_x이므로 $V_x = V_A - V_L$이다.

사용할 공식

테스트 전압원을 인가했을 때의 전류를 I라 두면 $R_{TH} = \frac{V}{I}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 종속전원이 있는 회로는 전원을 단순 소거한 뒤 직렬·병렬 합성만으로 R_{TH}를 구할 수 없기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단자 B를 기준점으로 두고 단자 A에 테스트 전압 V를 인가한다. 왼쪽 노드를 V_L, 가운데 노드를 V_C라 두면 종속전원 때문에 $V_C = V_x = V - V_L$이다.
2. 왼쪽 노드에서 KCL을 쓰면
$\frac{V_L}{1k\Omega} + \frac{V_L - V_C}{1k\Omega} + \frac{V_L - V}{1k\Omega} = 0$
이고 공통인 $1k\Omega$를 약분하면
$V_L + (V_L - V_C) + (V_L - V) = 0$
이다. 여기에 $V_C = V - V_L$를 대입하면
$V_L + (V_L - (V - V_L)) + (V_L - V) = 0$
$4V_L - 2V = 0 \Rightarrow V_L = \frac{V}{2}$
이다.
3. 따라서 $V_C = V - V_L = \frac{V}{2}$이다.
4. 테스트 전류는 A노드에서 세 갈래로 흐르므로
$I = \frac{V}{1k\Omega} + \frac{V - V_C}{1k\Omega} + \frac{V - V_L}{1k\Omega}$
$I = \frac{V}{1k\Omega} + \frac{V/2}{1k\Omega} + \frac{V/2}{1k\Omega} = \frac{2V}{1k\Omega}$
이다.
5. 따라서
$R_{TH} = \frac{V}{I} = \frac{V}{2V/(1k\Omega)} = \frac{1}{2}k\Omega$
이므로 정답은 3번이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 $R_{TH} = \frac{1}{2}k\Omega$이므로 $\frac{1}{4}k\Omega$는 아니다. 이 값은 종속전원을 무시한 채 여러 저항을 눈으로만 병렬 축약할 때 나오는 과소평가이다. 틀린 표현은 $R_{TH} = \frac{1}{4}k\Omega$이고, 올바르게는 $R_{TH} = \frac{1}{2}k\Omega$이다.
② X: 테스트 전압원을 걸었을 때 전체 전류가 $I = \frac{2V}{1k\Omega}$로 정해지므로 $R_{TH} = \frac{1}{2}k\Omega$이다. $\frac{1}{3}k\Omega$는 종속전원 조건 $V_C = V - V_L$를 끝까지 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현은 $R_{TH} = \frac{1}{3}k\Omega$이고, 올바르게는 $R_{TH} = \frac{1}{2}k\Omega$이다.
③ O: $V_L = V_C = \frac{V}{2}$가 되고, A노드 전류가 $\frac{V}{1k\Omega} + \frac{V/2}{1k\Omega} + \frac{V/2}{1k\Omega} = \frac{2V}{1k\Omega}$이므로 $R_{TH} = \frac{V}{I} = \frac{1}{2}k\Omega$이다.
④ X: $1k\Omega$는 오른쪽 세로 저항 한 가지만 본 값이어서 위쪽 저항과 가운데 가지를 통한 추가 전류를 빠뜨린다. 틀린 표현은 $R_{TH} = 1k\Omega$이고, 올바르게는 $R_{TH} = \frac{1}{2}k\Omega$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 종속전원이 있는 회로를 일반 저항망처럼 바로 직렬·병렬 합성하려는 데 있다. 특히 V_x의 정의가 위쪽 저항의 좌우 전압차라는 점을 놓치면 가운데 종속전원 전압 V_C를 잘못 두어 전체 전류가 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

종속전원이 남아 있는 테브닌 저항 문제는 단자에 테스트 전압원이나 테스트 전류원을 먼저 둔 뒤, 제어변수 식을 세우고 KCL 또는 KVL로 입력 전류를 구해 $R_{TH} = \frac{V}{I}$로 정리하면 된다.

NoteBase

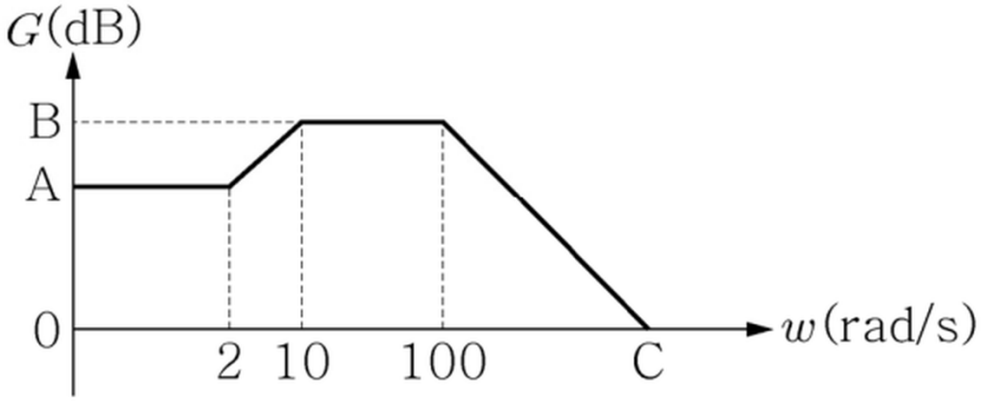
암기 포인트

종속전원이 있으면 테브닌 저항은 소거 후 직병렬 합성이 아니라 테스트 소스법으로 구한다.

NoteBase

문 10. <보기>는 $G(s)=\frac{10^4(s+2)}{(s+10)(s+100)}$에 대한 보드(Bode) 선도이다. A, B, C에 해당되는 숫자가 바르게 표현된 것은? (단, $20\log_{10}2=6$으로 한다.)

<보기>



① A: 20, B: 40, C: 10^4

② A: 26, B: 40, C: 10^4

③ A: 46, B: 60, C: 10^5

④ A: 20, B: 40, C: 10^3

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전달함수를 표준형으로 바꾸어 보드선도의 저주파 이득, 절점 주파수, 기울기 변화를 읽는 문제이다.

조건 정리

주어진 전달함수는 $G(s)=\frac{10^4(s+2)}{(s+10)(s+100)}$이다.
표준형으로 정리하면 $G(s)=20\cdot\frac{1+s/2}{(1+s/10)(1+s/100)}$가 된다.
따라서 절점 주파수는 2, 10, 100 rad/s이고, 기울기는 0 → +20 → 0 → -20 dB/dec로 변한다.

사용할 공식

저주파 이득은 상수항의 dB값으로 구하고, 기울기 변화는 영점 1개당 +20 dB/dec, 극점 1개당 -20 dB/dec를 적용한다.
이 문제는 보드선도의 직선 근사값 A, B, C를 묻기 때문에 전달함수를 $(1+s/\omega)$ 꼴로 바꾼 뒤 각 절점에서의 기울기만 추적하면 된다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2019 · 10월

계산 과정

1. $G(s) = 10^4 \cdot \frac{2(1+s/2)}{10 \cdot 100(1+s/10)(1+s/100)} = 20 \cdot \frac{1+s/2}{(1+s/10)(1+s/100)}$이다.
2. 저주파 이득은 $20\log_{10} 20 = 20 + 20\log_{10} 2 = 20 + 6 = 26dB$이므로 $A = 26$이다.
3. $\omega = 2$에서 영점이 생겨 +20 dB/dec로 증가하고, $\omega = 10$에서 극점이 생겨 다시 수평이 된다. 따라서 $B = A + 20\log_{10}(10/2) = 26 + (20 - 6) = 40dB$이므로 $B = 40$이다.
4. $\omega = 100$ 이후에는 -20 dB/dec로 감소한다. $40dB$에서 0 dB까지 내려가려면 2 decade가 필요하므로 $C = 100 \times 10^2 = 10^4$이다.

선지별 해설

① X

A가 틀렸다. 저주파 이득은 20 dB가 아니라 $20\log_{10} 20 = 26dB$이므로 올바르게는 $A = 26$이다. $B = 40$, $C = 10^4$는 맞다.

② O

$A = 26$, $B = 40$, $C = 10^4$가 모두 맞다. 상수 이득 20이 A를 만들고, 2에서 10까지의 상승분 14 dB가 B를 만들며, 100 이후 2 decade 하강이 C를 만든다.

③ X

세 값이 모두 틀렸다. $A = 46$은 상수 이득을 과대 계산한 값이고, 올바르게는 $A = 26$이다. $B = 60$은 2에서 10까지의 증가폭을 잘못 잡은 값이고 올바르게는 $B = 40$이다. $C = 10^5$는 40 dB 하강에 필요한 decade 수를 하나 더 크게 본 값이고 올바르게는 $C = 10^4$이다.

④ X

A와 C가 틀렸다. 저주파 이득은 20 dB가 아니라 26 dB이므로 올바르게는 $A = 26$이다. 또한 $\omega = 100$ 이후 40 dB를 내려가야 하므로 1 decade 뒤인 10^3가 아니라 2 decade 뒤인 10^4가 맞다. $B = 40$만 맞다.

오답 포인트

전달함수의 상수항을 먼저 분리하지 않으면 A를 20 dB로 착각하기 쉽다. 또 2에서 10까지는 한 decade가 아니라 $10/2 = 5$배 구간이므로 증가폭이 20 dB가 아니라 14 dB라는 점에서 B를 잘못 잡기 쉽다. C는 100 이후 기울기가 -20 dB/dec라는 점만 보고 1 decade만 내려가면 된다고 착각하는 경우가 많다.

다시 나오면 이렇게 판단

보드선도 수치 문제는 먼저 전달함수를 $K\prod(1+s/z)/\prod(1+s/p)$ 꼴로 바꾸고, K로 시작 dB값을 구한 뒤, 각 절점에서 기울기가 몇 dB/dec 바뀌는지만 순서대로 추적하면 된다.

NoteBase

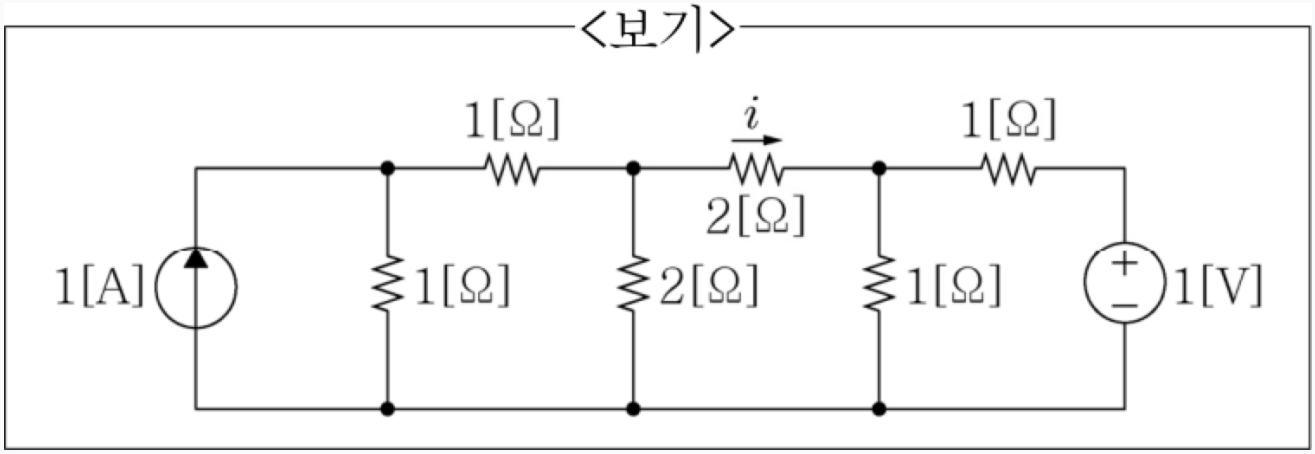
암기 포인트

상수 이득은 시작 높이, 영점은 +20 dB/dec, 극점은 -20 dB/dec이다. $20\log_{10}20 = 26dB$, $20\log_{10}5 = 14dB$를 바로 떠올리면 빠르게 풀린다.

NoteBase

문 11. <보기>의 회로에서 전류 i[A]의 값은?

<보기>



① 0

② 1

③ 2

④ 3

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 노드 전압법과 키르히호프 전류법칙을 이용해 가운데 2Ω 가지의 전류 i를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 전류원은 1A이고, 오른쪽 전압원 윗단 전압은 1 V이다.
구해야 할 값: 가운데 2Ω 저항을 왼쪽에서 오른쪽으로 흐르는 전류 i이다.
주의할 조건: 아래 선은 공통 기준노드이고, $i = \frac{V_2 - V_3}{2}$로 잡는다.

사용할 공식

노드 전압법을 적용한다.

$(V_1 - 0) + \frac{V_1 - V_2}{1} = 1$

$\frac{V_2 - V_1}{1} + \frac{V_2 - 0}{2} + \frac{V_2 - V_3}{2} = 0$

$\frac{V_3 - V_2}{2} + \frac{V_3 - 0}{1} + \frac{V_3 - 1}{1} = 0$

이 공식을 쓰는 이유: 회로가 기준노드에 대한 병렬 가지들로 연결된 사다리형 회로이므로, 각 노드에서 KCL을 세우면 미지 전압 V_1, V_2, V_3를 직접 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 왼쪽 노드를 V_1, 가운데 왼쪽 노드를 V_2, 가운데 오른쪽 노드를 V_3라 두면
$2V_1 - V_2 = 1$
이 된다.
2. 두 번째 노드와 세 번째 노드에서 KCL을 세우면
$-2V_1 + 4V_2 - V_3 = 0$
$-V_2 + 5V_3 = 2$
이 된다.
3. 연립하면 $V_1 = \frac{3}{4}$, $V_2 = \frac{1}{2}$, $V_3 = \frac{1}{2}$이다. 따라서
$i = \frac{V_2 - V_3}{2} = \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}}{2} = 0$
이므로 전류는 0A이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 $i = 0A$이므로 맞는 선택지이다.
② X: 1A는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 전류값을 1A로 본 점이고, 올바르게는 $i = 0A$이다.
③ X: 2A는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 가운데 2Ω에 2A가 흐른다고 본 점이고, 올바르게는 양 끝 노드 전압이 같아 전류가 0A이다.
④ X: 3A는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 전류값을 3A로 본 점이고, 올바르게는 $i = 0A$이다.

오답 포인트

가운데 2Ω 저항이 보인다고 해서 무조건 전류가 흐른다고 판단하면 틀린다. 이 문항의 함정은 저항값보다 먼저 양 끝 노드 전압이 같은지 확인해야 한다는 점이다. $V_2 = V_3$이면 저항이 있어도 전류는 0이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

사다리형 회로에서 특정 가지 전류를 물으면 먼저 기준노드를 잡고 각 상단 노드 전압을 구한다. 그다음 해당 가지 전류를 (전압차)/(저항)으로 계산하면 된다. 양 끝 전압이 같으면 전류는 바로 0이다.

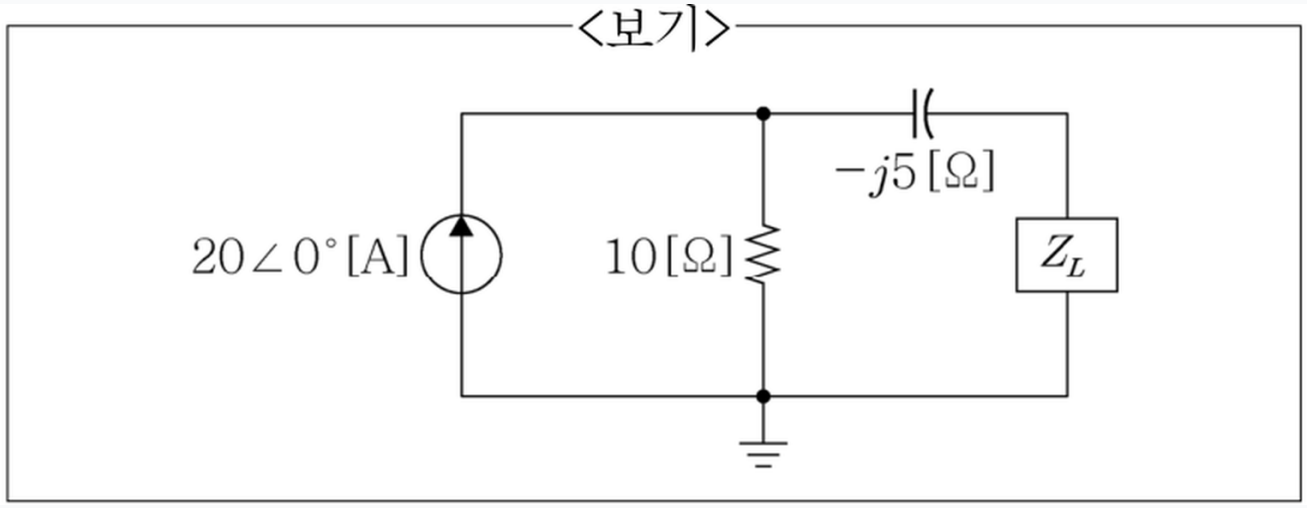
암기 포인트

저항에 전류가 흐르려면 전압차가 있어야 한다. $V_2 = V_3$이면 $i = 0$이다.

NoteBase

문 12. <보기>의 부하 Z_L에서 최대전력이 소비되는 Z_L[Ω]의 값과 이때 부하 Z_L에서 소비되는 최대전력 $P_{\max}$[W]의 값은?

<보기>



① Z_L: $10-j5$, $P_{\max}$: 2,000

② Z_L: $10+j5$, $P_{\max}$: 2,000

③ Z_L: $10-j5$, $P_{\max}$: 1,000

④ Z_L: $10+j5$, $P_{\max}$: 1,000

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 부하에서 최대전력이 전달되는 조건인 $Z_L = Z_{th}^*$와 $P_{max} = |V_{th}|^2/(4R_{th})$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전류원 $20\angle 0^\circ[A]$, 저항 10[Ω], 직렬 리액턴스 $-j5$[Ω]이다.
부하 단자에서 왼쪽 회로를 테브난 등가로 보면 전류원을 제거할 때 개방되므로 $Z_{th} = 10-j5[\Omega]$가 된다.
부하를 개방하면 커패시터 전류가 0이므로 커패시터 전압강하도 0이고, 따라서 $V_{th} = 20 \times 10 = 200[V]$가 된다.

사용할 공식

최대전력전달 조건은 $Z_L = Z_{th}^*$이다.
최대전력은 $P_{max} = |V_{th}|^2/(4R_{th})$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 부하가 복소임피던스일 때 최대전력은 내부 임피던스의 켤레와 정합될 때 전달되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 테브난 임피던스는 $Z_{th} = 10 - j5[\Omega]$이다.
2. 따라서 최대전력 조건의 부하는 $Z_L = Z_{th}^* = 10 + j5[\Omega]$이다.
3. 개방단자 전압은 $V_{th} = 200[V]$, 실수부는 $R_{th} = 10[\Omega]$이므로
$P_{max} = \frac{|V_{th}|^2}{4R_{th}} = \frac{200^2}{4 \times 10} = 1000[W]$
가 된다.

선지별 해설

① X: $Z_L = 10 - j5[\Omega]$는 Z_{th}와 같고 켤레가 아니다. 최대전력 조건에서는 허수부 부호를 반대로 한 $10 + j5[\Omega]$가 되어야 한다. 또한 최대전력도 2000 W가 아니라 1000 W이다. 틀린 표현은 "10-j5", "2000"이고, 올바르게는 "10+j5", "1000"이다.
② X: $Z_L = 10 + j5[\Omega]$는 맞지만 최대전력 2000 W는 틀리다. P_{max}는 $|V_{th}|^2/(4R_{th})$를 써야 하므로 1000 W가 된다. 틀린 표현은 "2000"이고, 올바르게는 "1000"이다.
③ X: 최대전력 1000 W는 맞지만 $Z_L = 10 - j5[\Omega]$는 틀리다. 부하는 테브난 임피던스와 같아지는 것이 아니라 켤레가 되어야 하므로 $10 + j5[\Omega]$가 맞다. 틀린 표현은 "10-j5"이고, 올바르게는 "10+j5"이다.
④ O: $Z_{th} = 10 - j5[\Omega]$이므로 최대전력 조건의 부하는 $Z_L = 10 + j5[\Omega]$이다. 또 $V_{th} = 200[V]$, $R_{th} = 10[\Omega]$이어서 최대전력은 1000 W가 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, 최대전력전달 조건에서 $Z_L = Z_{th}$로 착각해 허수부 부호를 그대로 쓰기 쉽다. 둘째, 최대전력 식에서 $4R_{th}$를 빼먹어 2000 W로 계산하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

복소부하 최대전력 문제는 먼저 부하 단자에서 Z_{th}와 V_{th}를 구한 뒤, 부하는 Z_{th}^*로 정하고 전력은 $|V_{th}|^2/(4R_{th})$로 계산하면 된다.

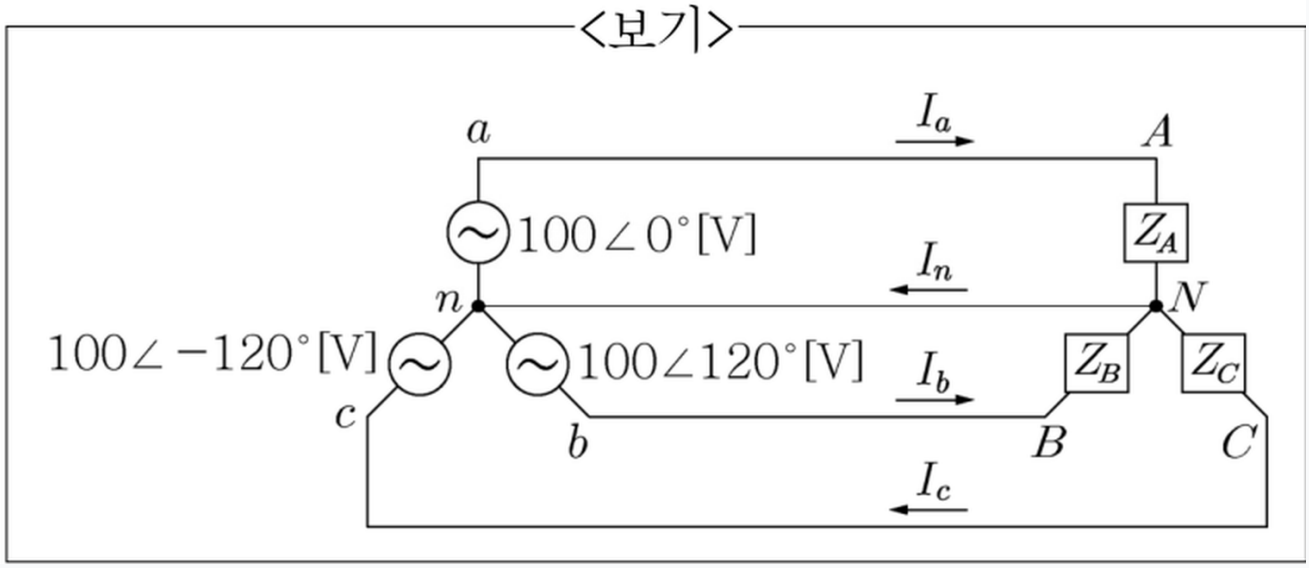
암기 포인트

최대전력전달은 부하 임피던스가 내부 임피던스의 켤레이고, 전력식은 $|V_{th}|^2/(4R_{th})$이다.

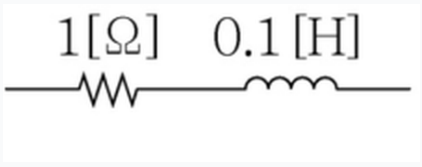
NoteBase

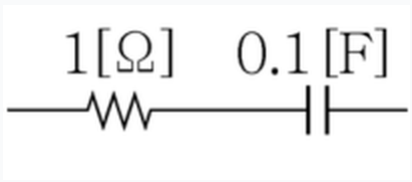
문 13. <보기>의 불평형 3상 회로에서 A상 부하 Z_A로 옳은 것은? (단, $\omega = 10[\text{rad/s}]$, $I_n = 50\sqrt{2}\angle -45^\circ[\text{A}]$, $I_b = I_c = 100\angle 30^\circ[\text{A}]$이다.)

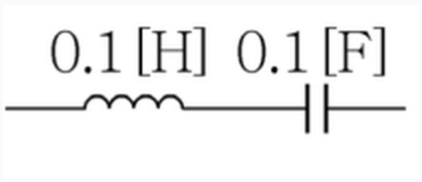
<보기>



① 

② 

③ 

④ 

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 선로 전류의 방향을 반영한 키르히호프 전류법칙과 $Z = \frac{V}{I}$를 이용해 A상 부하 임피던스 Z_A를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값은 $\omega = 10[rad/s]$, $I_n = 50\sqrt{2}\angle -45^\circ [A]$, $I_b = I_c = 100\angle 30^\circ [A]$, $V_{AN} = 100\angle 0^\circ [V]$이다.
중성선 n과 N이 직접 연결되어 있으므로 A상 부하 전압은 그대로 V_{AN}이다.
전류 화살표를 보면 I_a, I_b는 부하 쪽으로 향하고, I_n, I_c는 반대 방향으로 표시되어 있다.

사용할 공식

사용 공식은
$I_a + I_b = I_n + I_c$
$Z_A = \frac{V_{AN}}{I_a}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 중성점 N에서 전류의 유입과 유출을 화살표 방향대로 맞춰 키르히호프 전류법칙을 적용할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 중성점 N에서
$I_a + I_b = I_n + I_c$
이다.
2. $I_b = I_c = 100\angle 30^\circ [A]$이므로 서로 소거되어
$I_a = I_n = 50\sqrt{2}\angle -45^\circ [A]$
이다.
3. 따라서
$Z_A = \frac{100\angle 0^\circ}{50\sqrt{2}\angle -45^\circ} = \sqrt{2}\angle 45^\circ = 1 + j1[\Omega]$
이다.
즉 $1[\Omega]$ 저항과 $0.1[H]$ 인덕터의 직렬회로이므로 정답은 2번이다.

선지별 해설

① X: $Z_A = 1[\Omega]$이면 $I_a = \frac{100\angle 0^\circ}{1} = 100\angle 0^\circ [A]$가 된다. 이는 $I_a = 50\sqrt{2}\angle -45^\circ [A]$와 맞지 않는다. 틀린 표현은 '순저항 $1[\Omega]$'이며, 올바르게는 저항 $1[\Omega]$과 유도리액턴스 $j1[\Omega]$가 직렬인 형태이다.
② O: $0.1[H]$의 리액턴스는 $X_L = \omega L = 10 \times 0.1 = 1[\Omega]$이므로 임피던스는 $1 + j1[\Omega]$이다. 계산된 Z_A와 정확히 일치한다.
③ X: $0.1[F]$의 리액턴스는 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{10 \times 0.1} = 1[\Omega]$이므로 임피던스는 $1 - j1[\Omega]$이다. 이때 $I_a = \frac{100\angle 0^\circ}{1 - j1} = 50\sqrt{2}\angle 45^\circ [A]$가 되어 위상각 부호가 반대로 나온다. 틀린 표현은 'RC 직렬'이며, 올바르게는 RL 직렬이어야 한다.
④ X: 직렬 LC에서 $X_L = X_C = 1[\Omega]$이므로 전체 임피던스는 $j1 - j1 = 0[\Omega]$이다. 이는 이론상 전류가 매우 커지는 공진 상태이므로 주어진 유한한 I_a와 모순이다. 틀린 표현은 'LC 직렬'이며, 올바르게는 실수부 $1[\Omega]$가 포함된 RL 직렬이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 I_b와 I_c의 크기와 위상이 같다는 사실만 보고 단순 합을 하거나, 화살표 방향을 무시하는 데 있다. 특히 I_c가 I_b와 반대 방향으로 그려져 있으므로 중성점 식을 $I_a + I_b = I_n + I_c$로 세워야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

불평형 3상 회로에서 선로 전류 방향이 함께 주어지면 먼저 중성점에서 KCL 식을 화살표 기준으로 세운다. 그다음 부하 전압과 구한 상전류로 $Z = \frac{V}{I}$를 계산하고, 마지막에 ωL 또는 $\frac{1}{\omega C}$와 비교해 소자 조합을 판정한다.

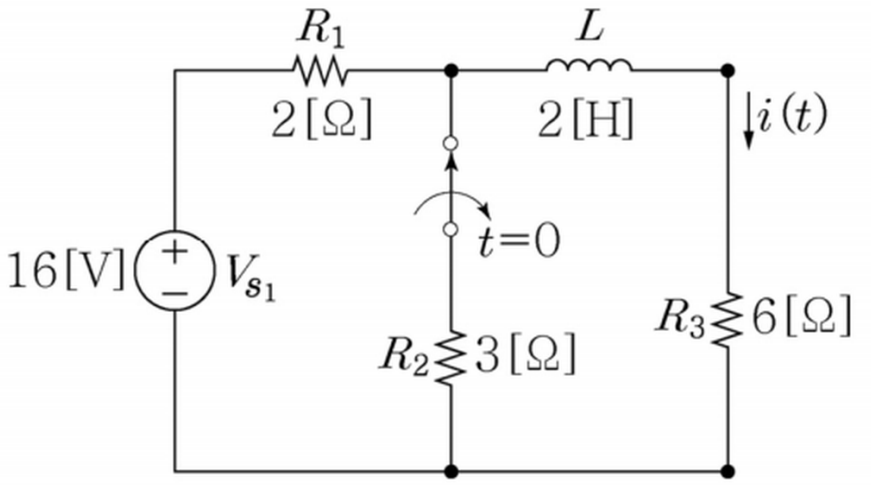
암기 포인트

전류 방향이 다르면 같은 위상 전류도 부호가 달라지며, $1 + j1[\Omega]$는 저항 $1[\Omega]$과 인덕터 $0.1[H]$의 직렬회로이다.

NoteBase

문 14. <보기>의 회로에서 스위치는 $t<0$에서 오랫동안 닫혀 있었다. $t=0$일 때 스위치를 열 경우, $t>0$에서 전류 $i(t)$[A]는?

<보기>



① $2+\frac{2}{3}e^{-4t}$

② $\frac{2}{3}+\frac{2}{3}e^{-4t}$

③ $2-\frac{2}{3}e^{-4t}$

④ $\frac{2}{3}-\frac{2}{3}e^{-4t}$

정답 3번

출제 포인트

스위치 개방 전후의 RL 1차 과도응답에서 초기값, 최종값, 시정수를 구해 $i(t)$를 쓰는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_s=16V, R_1=2\Omega, R_2=3\Omega, R_3=6\Omega, L=2H$이다.
구해야 할 값: $t\geq 0$에서 오른쪽 가지 전류 $i(t)$이다.
주의할 조건: $t<0$에서 스위치가 오래 닫혀 있으므로 코일은 정상상태에서 단락처럼 본다. $t=0$ 이후에는 스위치가 열려 R_2 가지가 회로에서 빠진다.

사용할 공식

RL 과도응답의 기본식은 $i(t)=i(\infty)+\{i(0^+)-i(\infty)\}e^{-t/\tau}$ 이고, 시정수는 $\tau=\frac{L}{R_{eq}}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 스위치 동작 후 코일이 포함된 1차 회로가 되고, 코일 전류는 순간적으로 바뀌지 않으므로 초기값과 최종값을 연결하는 지수응답으로 표현된다.

NoteBase

계산 과정

1. $t<0$ 정상상태에서는 코일이 단락이므로 R_2와 R_3가 병렬이다. 따라서 $R_2 \parallel R_3 = \frac{3\times 6}{3+6} = 2\Omega$ 이고 전체 저항은 $R_1 + (R_2 \parallel R_3) = 2+2 = 4\Omega$ 이다.
2. 전원전류는 $16/4 = 4A$ 이므로 병렬부 전압은 $4\times 2 = 8V$ 이다. 따라서 R_3 전류이자 코일 전류의 초기값은 $i(0^-) = i(0^+) = 8/6 = \frac{4}{3}A$ 이다.
3. $t\geq 0$에서는 R_2 가지가 제거되어 R_1, L, R_3가 직렬이 된다. 최종값은 $i(\infty) = \frac{16}{2+6} = 2A$ 이다.
4. 시정수 계산을 위해 전원을 꺼서 보면 코일이 보는 등가저항은 $R_{eq} = R_1 + R_3 = 2+6 = 8\Omega$ 이다. 따라서 $\tau = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}s$ 이고 $e^{-t/\tau} = e^{-4t}$ 이다.
5. 이를 대입하면 $i(t) = 2 + \left(\frac{4}{3} - 2\right)e^{-4t} = 2 - \frac{2}{3}e^{-4t}$ 이다.

선지별 해설

① X: $2 + \frac{2}{3}e^{-4t}$는 지수항의 부호가 틀렸다. 이 식이면 $i(0^+) = 2 + \frac{2}{3} = \frac{8}{3}A$가 되어 실제 초기값 $\frac{4}{3}A$와 맞지 않는다. 틀린 표현은 $+\frac{2}{3}e^{-4t}$이고, 올바르게는 $-\frac{2}{3}e^{-4t}$이다.
② X: $\frac{2}{3} + \frac{2}{3}e^{-4t}$는 최종값이 틀렸다. $t\to\infty$이면 전류는 2 A로 수렴해야 하는데 이 식은 $\frac{2}{3}A$로 수렴한다. 틀린 표현은 상수항 $\frac{2}{3}$이고, 올바르게는 2이다.
③ O: $2 - \frac{2}{3}e^{-4t}$는 초기값 $\frac{4}{3}A$, 최종값 2 A, 지수항 e^{-4t}를 모두 만족한다. 계산 결과와 정확히 일치하므로 옳다.
④ X: $\frac{2}{3} - \frac{2}{3}e^{-4t}$는 초기값은 0 A가 되고 최종값은 $\frac{2}{3}A$가 되어 둘 다 틀린다. 틀린 표현은 상수항 $\frac{2}{3}$이고, 올바르게는 2이다.

오답 포인트

스위치가 열리기 전 회로와 열린 뒤 회로를 섞어서 보면 초기값이나 최종값을 잘못 잡기 쉽다. 특히 R_2를 $t\geq 0$ 이후에도 포함시키면 최종값을 $\frac{2}{3}A$처럼 잘못 두기 쉽고, 초기값보다 최종값이 큰 상황에서 지수항 부호가 음수여야 한다는 점을 놓치면 ①처럼 잘못 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

스위치 과도문제는 먼저 $t<0$ 정상상태 회로에서 초기값을 구하고, 다음으로 $t\to\infty$ 회로에서 최종값을 구한 뒤, 마지막에 코일이 보는 등가저항으로 시정수를 계산해 $i(t) = i(\infty) + \{i(0^+) - i(\infty)\}e^{-t/\tau}$에 대입하면 된다.

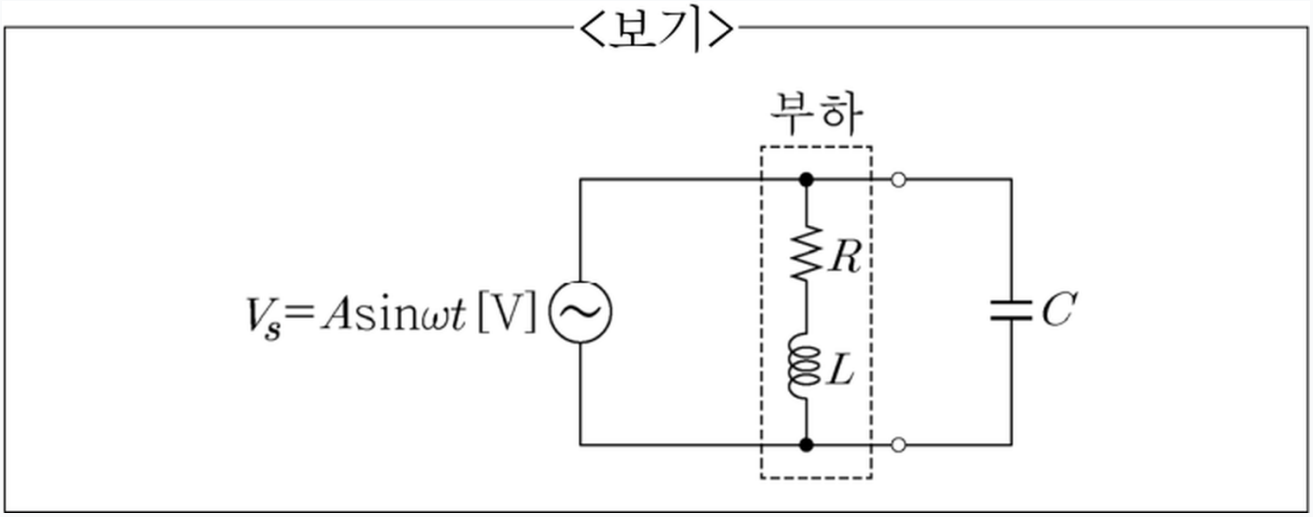
암기 포인트

RL 과도응답은 초기값 보존, 최종값 재계산, $\tau = L/R_{eq}$의 세 단계로 정리된다.

NoteBase

문 15. <보기>의 회로에서 부하의 역률을 개선하기 위하여 커패시터(C)를 병렬로 연결하였다. 역률을 $\cos\theta$에서 $\cos\theta_c$로 개선하기 위하여 필요한 C의 값은?

<보기>



① $\frac{L}{R^2+\omega^2L^2}(\tan\theta_c - \tan\theta)$
② $\frac{R}{\omega(R^2+\omega^2L^2)}(\tan\theta_c - \tan\theta)$
③ $\frac{L}{R^2+\omega^2L^2}(\tan\theta - \tan\theta_c)$
④ $\frac{R}{\omega(R^2+\omega^2L^2)}(\tan\theta - \tan\theta_c)$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직렬 R-L 부하의 역률을 병렬 커패시터로 개선할 때 전체 어드미턴스의 허수부를 줄여 필요한 C를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 부하는 직렬 R-L 회로이고, 여기에 커패시터 C를 병렬로 접속한다.
구해야 할 값: 역률각이 θ에서 θ_c로 바뀌도록 하는 C의 값이다.
주의할 조건: 병렬 보상은 임피던스 Z보다 어드미턴스 Y로 바꾸면 바로 계산된다.

사용할 공식

$Y_{RL} = \frac{1}{R+j\omega L} = \frac{R}{R^2+\omega^2L^2} - j\frac{\omega L}{R^2+\omega^2L^2}$
$Y_C = j\omega C$
$\tan\theta = \frac{B_L}{G}, \qquad \tan\theta_c = \frac{B_L - \omega C}{G}$
이 공식을 쓰는 이유는 병렬 커패시터가 부하의 유도성 서셉턴스를 직접 상쇄하므로, 역률 개선 전후를 전체 어드미턴스의 실수부 G와 허수부 B의 비로 두는 것이 가장 간단하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 직렬 R-L 부하의 어드미턴스를 구하면 실수부는 $G = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2}$, 유도성 허수부의 크기는 $B_L = \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}$이다.
2. 보상 전 역률각은 $\tan\theta = \frac{B_L}{G}$, 보상 후 역률각은 $\tan\theta_c = \frac{B_L - \omega C}{G}$이다.
3. 두 식을 빼면 $\tan\theta - \tan\theta_c = \frac{\omega C}{G}$이다.
4. 따라서 $\omega C = G(\tan\theta - \tan\theta_c) = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2}(\tan\theta - \tan\theta_c)$이고,
$C = \frac{R}{\omega(R^2 + \omega^2 L^2)}(\tan\theta - \tan\theta_c)$
이 된다.

선지별 해설

① X. $\tan\theta - \tan\theta_c$의 계수는 어드미턴스의 실수부 G에서 나오므로 분자가 L가 될 수 없다. 올바르게는 분자가 R이고 ω가 분모에 포함된 $C = \frac{R}{\omega(R^2 + \omega^2 L^2)}(\tan\theta - \tan\theta_c)$이다.
② X. 분자와 분모 구조는 맞지만, 역률 개선이면 보상 후 각도 θ_c가 더 작아지므로 $\tan\theta - \tan\theta_c$가 되어야 한다. 올바르게는 $(\tan\theta_c - \tan\theta)$가 아니라 $(\tan\theta - \tan\theta_c)$이다.
③ X. 부호도 반대이고 분자도 틀렸다. 올바르게는 L이 아니라 R/ω가 반영되어야 하며, 전체 식은 $C = \frac{R}{\omega(R^2 + \omega^2 L^2)}(\tan\theta - \tan\theta_c)$이다.
④ O. 병렬 커패시터는 유도성 서셉턴스를 줄이므로 $\tan\theta$에서 $\tan\theta_c$를 뺀 값이 들어간다. 이를 어드미턴스 실수부 $G = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2}$와 결합하면 $C = \frac{R}{\omega(R^2 + \omega^2 L^2)}(\tan\theta - \tan\theta_c)$가 되어 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 직렬 R-L 부하를 그대로 리액턴스 관점에서 다루는 데 있다. 병렬 보상 문제인데도 $X_L = \omega L$만 붙잡으면 ①, ③처럼 분자에 L를 넣기 쉽고, 역률 개선 후 각도가 작아진다는 사실을 놓치면 ②처럼 부호를 거꾸로 적기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 부하에 병렬 커패시터를 붙여 역률을 개선하는 문제는 먼저 부하를 $Y = G - jB$ 형태로 바꾼다. 그다음 보상 전후를 $\tan\theta = \frac{B}{G}$로 두고, 커패시터는 B만 줄인다는 점을 이용해 $\omega C = G(\tan\theta - \tan\theta_c)$로 정리하면 된다.

암기 포인트

병렬 역률개선은 리액턴스를 직접 빼는 문제가 아니라 서셉턴스를 줄이는 문제이므로 $\omega C = G(\tan\theta - \tan\theta_c)$로 기억해 두면 된다.

NoteBase

문 16. $F(s)=\frac{2s+1}{s^2+4s+13}$**일 때, 이를 라플라스 역변환하여** $f(t)=F^{-1}(s)$**를 구한 값은?**

① $e^{-2t}\cdot(2\cos 3t+\sin 3t)$

② $e^{-2t}\cdot(2\cos 3t+3\sin 3t)$

③ $e^{-2t}\cdot(2\cos 3t-\sin 3t)$

④ $e^{-2t}\cdot(2\cos 3t-3\sin 3t)$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 분모를 완전제곱식으로 바꾼 뒤 평행이동된 코사인·사인 라플라스 역변환 공식을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $F(s)=\frac{2s+1}{s^2+4s+13}$이다.
구해야 할 값은 $f(t)=\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$이다.
분모 $s^2+4s+13$은 $(s+2)^2+3^2$로 정리해야 한다.

사용할 공식

$\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{s+a}{(s+a)^2+b^2}\right\}=e^{-at}\cos bt,\quad \mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{b}{(s+a)^2+b^2}\right\}=e^{-at}\sin bt$
이 문제의 분모가 $(s+2)^2+3^2$ 꼴이므로 지수이동이 있는 사인·코사인 역변환 공식을 그대로 적용할 수 있다.

계산 과정

1. 분모를 완전제곱으로 정리하면 $s^2+4s+13=(s+2)^2+9$이다.
2. 분자도 $s+2$ 기준으로 맞추면 $2s+1=2(s+2)-3$이다.
3. 따라서
$F(s)=\frac{2(s+2)}{(s+2)^2+9}-\frac{3}{(s+2)^2+9}$
4. 역변환하면
$f(t)=2e^{-2t}\cos 3t-e^{-2t}\sin 3t=e^{-2t}(2\cos 3t-\sin 3t)$
이 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
$e^{-2t}(2\cos 3t + \sin 3t)$는 사인항의 부호가 반대이다.
틀린 표현은 $+\sin 3t$이고, 올바르게는 $-\sin 3t$이다.

② X
$e^{-2t}(2\cos 3t + 3\sin 3t)$는 사인항의 부호와 계수가 모두 틀리다.
틀린 표현은 $+3\sin 3t$이고, 올바르게는 $-\sin 3t$이다. $\frac{3}{(s+2)^2+9}$의 역변환은 $e^{-2t}\sin 3t$이므로 계수 3이 그대로 앞으로 남지 않는다.

③ O
$e^{-2t}(2\cos 3t - \sin 3t)$는 계산 결과와 정확히 일치한다. 분자 $2(s+2)-3$에서 코사인항 계수 2와 사인항의 음수 부호가 그대로 반영된다.

④ X
$e^{-2t}(2\cos 3t - 3\sin 3t)$는 사인항의 계수를 3으로 잘못 둔 값이다.
틀린 표현은 $-3\sin 3t$이고, 올바르게는 $-\sin 3t$이다. 사인 공식은 분자에 있는 값이 분모의 $b=3$와 같을 때 $e^{-2t}\sin 3t$가 되므로 추가 계수 3이 남지 않는다.

오답 포인트

분모를 $(s+2)^2+9$로 바꾼 뒤 분자도 반드시 $s+2$ 기준으로 다시 써야 한다. 가장 흔한 실수는 -3을 보고 사인항 계수를 $-3\sin 3t$로 적거나, 사인항의 부호를 반대로 적는 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

이동된 2차식 분모가 나오면 먼저 완전제곱으로 만든다. 그다음 분자에서 $s+a$ 항과 상수항을 분리한다. 이후 $\frac{s+a}{(s+a)^2+b^2}$는 코사인, $\frac{b}{(s+a)^2+b^2}$는 사인으로 대응시켜 부호와 계수를 확인한다.

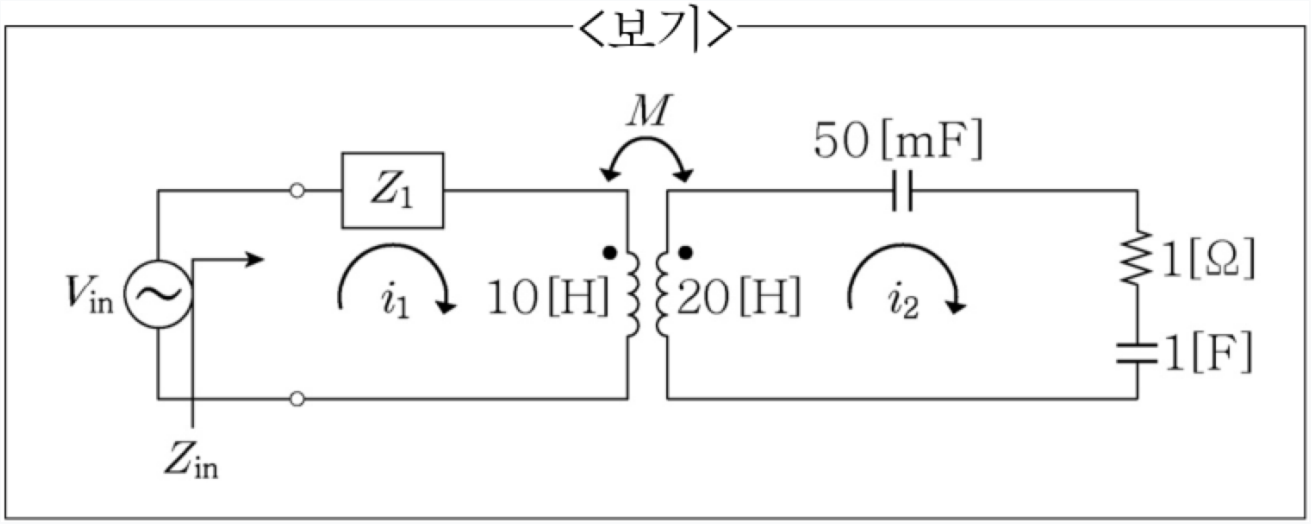
암기 포인트

$(s+a)^2+b^2$ 꼴은 $e^{-at}(\cos bt, \sin bt)$로 이어진다. 사인항은 분자 상수와 b의 비율까지 확인해야 한다.

NoteBase

문 17. <보기>와 같은 선형변압기를 사용한 회로의 입력에서 바라본 입력임피던스 $Z_{in} = 10 + j20[\Omega]$일 때, $Z_1[\Omega]$의 값은? (단, $\omega = 1[\text{rad/s}]$, 상호인덕턴스 $M = 2[H]$이다.)

<보기>



① $2\sqrt{2}\angle 30^\circ$

② $4\sqrt{2}\angle 30^\circ$

③ $8\sqrt{2}\angle 45^\circ$

④ $10\sqrt{2}\angle 45^\circ$

정답 3번

출제 포인트

선형변압기 회로에서 2차측 임피던스를 1차측으로 반사시켜 입력임피던스와의 관계로 Z_1을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $Z_{in} = 10 + j20[\Omega]$, $\omega = 1$, $L_1 = 10[H]$, $L_2 = 20[H]$, $M = 2[H]$이다.
2차측 직렬소자는 $50[mF]$ 커패시터, $1[\Omega]$ 저항, $1[F]$ 커패시터이다.
구해야 할 값은 Z_1이다.
주의할 조건은 2차측 전체 임피던스를 먼저 구한 뒤 그 값을 1차측에 반사해야 한다는 점이다.

사용할 공식

$Z_2 = j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_1} + 1 + \frac{1}{j\omega C_2}$
$Z_{in} = Z_1 + j\omega L_1 + \frac{\omega^2 M^2}{Z_2}$
이 공식을 쓰는 이유는 2차측이 폐회로를 이루므로 상호인덕턴스에 의해 2차 임피던스가 1차 입력으로 반사되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $50[mF] = 0.05[F]$이므로 $\frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \cdot 1 \cdot 0.05} = -j20$이다. 또 $\frac{1}{j\omega C_2} = \frac{1}{j \cdot 1 \cdot 1} = -j1$이다.
2. 따라서 2차측 임피던스는 $Z_2 = j20 + (-j20) + 1 + (-j1) = 1 - j$이다.
3. 반사 임피던스는 $\frac{\omega^2 M^2}{Z_2} = \frac{1^2 \cdot 2^2}{1-j} = \frac{4}{1-j} = 2 + 2j$이다.
4. 입력임피던스 관계식에 대입하면 $10 + j20 = Z_1 + j10 + (2 + 2j)$이다.
5. 따라서 $Z_1 = 10 + j20 - j10 - (2 + 2j) = 8 + j8 = 8\sqrt{2}\angle 45^\circ$이다.

선지별 해설

① X

$2\sqrt{2}\angle 30^\circ = \sqrt{6} + j\sqrt{2} \approx 2.45 + j1.41$이므로 계산 결과 $8 + j8$과 다르다. 틀린 표현은 Z_1을 이 값으로 본 점이며, 올바르게는 $Z_1 = 8 + j8[\Omega]$이다.

② X

$4\sqrt{2}\angle 30^\circ = 2\sqrt{6} + j2\sqrt{2} \approx 4.90 + j2.83$이므로 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 극형식을 잘못 잡은 점이며, 올바르게는 크기 $8\sqrt{2}$, 위상 45°이다.

③ O

$Z_1 = 8 + j8 = 8\sqrt{2}\angle 45^\circ$이므로 일치한다.

④ X

$10\sqrt{2}\angle 45^\circ = 10 + j10$이므로 계산 결과보다 실수부와 허수부가 모두 크다. 이 값은 반사 임피던스 $2 + 2j$를 빼지 않으면 나올 수 있고, 올바르게는 $10 + j20$에서 $j10$과 $2 + 2j$를 모두 제외해야 한다.

오답 포인트

2차측의 $20[H]$ 인덕터와 $50[mF]$ 커패시터가 각각 $j20$, $-j20$으로 정확히 상쇄된다는 점을 놓치기 쉽다.
또한 1차측 자기 인덕턴스 $j10$만 빼고 반사 임피던스 $(2 + 2j)$를 빼지 않으면 ④처럼 큰 값이 나온다.
마지막으로 직교좌표형 $8 + j8$을 극형식으로 바꾸면 크기는 $8\sqrt{2}$, 위상은 45°라는 변환을 실수하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

선형변압기 계산은 2차측 전체 임피던스를 직렬합으로 먼저 정리하고, 그다음 $\frac{\omega^2 M^2}{Z_2}$를 반사 임피던스로 구해 1차측 고유 임피던스와 합친 뒤 Z_{in}과 비교하는 순서로 판단한다.

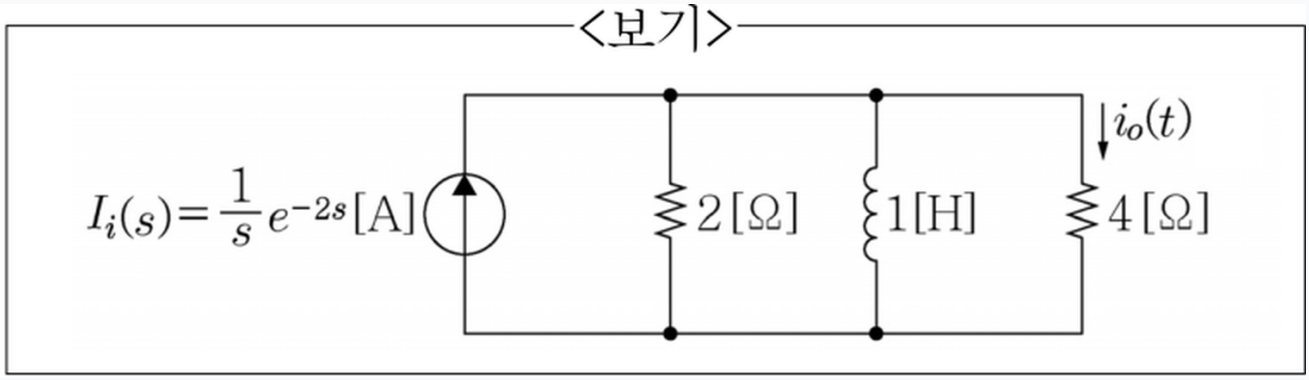
암기 포인트

입력임피던스는 1차 고유 임피던스와 반사 임피던스의 합이며, 이 문제에서는 $Z_2 = 1 - j$, 반사 임피던스는 $2 + 2j$, 최종 Z_1은 $8 + j8$이다.

NoteBase

문 18. <보기>의 회로에서 입력전류가 $I_i(s) = \frac{1}{s}e^{-2s}[A]$라면 저항 4[Ω] 양단을 흐르는 전류 $i_o(t)$[A]의 시간응답은? (단, 모든 초기조건은 0이라 가정하고, $u(t)$는 단위계단함수이다.)

<보기>



① $\frac{4}{3}e^{-\frac{3}{4}(t-2)} \cdot u(t-2)$

② $\frac{1}{3}e^{-\frac{4}{3}(t-2)} \cdot u(t-2)$

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

④ $\frac{4}{3}e^{-\frac{4}{3}(t+2)} \cdot u(t-2)$

정답 2번

출제 포인트

병렬 *R-L* 회로에서 지연 계단전류가 인가될 때, 전류분배와 시정수를 이용해 4Ω 저항 전류의 시간응답을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $I_i(s) = \frac{1}{s}e^{-2s}$이므로 입력전류는 $i_i(t) = u(t-2)$이다.
구해야 할 값: 4Ω 저항을 흐르는 전류 $i_o(t)$이다.
주의할 조건: e^{-2s}는 시간지연 2초를 뜻하므로 역변환 결과는 반드시 $u(t-2)$와 $(t-2)$를 포함한다.

사용할 공식

$I_o(s) = I_i(s) \cdot \frac{Y_{4\Omega}}{Y_{\text{total}}}, \qquad Y_{\text{total}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{s}$
이 공식을 쓰는 이유: 세 소자가 병렬이므로 각 분지 전류는 어드미턴스에 비례해 분배되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전체 어드미턴스는 $Y_{\text{total}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{s}$이고, 4Ω 저항의 어드미턴스는 $\frac{1}{4}$이다.
2. 전류분배를 적용하면
$I_o(s) = \frac{1}{s}e^{-2s} \cdot \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{s}} = \frac{e^{-2s}}{3s+4} = \frac{1}{3} \cdot \frac{e^{-2s}}{s+\frac{4}{3}}$
3. 역라플라스변환하면
$i_o(t) = \frac{1}{3}e^{-\frac{4}{3}(t-2)}u(t-2)$
이 된다.

선지별 해설

① X: 계수 $\frac{4}{3}$가 틀렸고 지수의 감쇠율 $\frac{3}{4}$도 틀렸다. $t = 2^{+}$에서 4Ω 분지 전류는 전체 $1A$보다 클 수 없고 실제로는 $\frac{1}{3}A$이다. 틀린 표현은 $\frac{4}{3}e^{-\frac{3}{4}(t-2)}$이고, 올바르게는 $\frac{1}{3}e^{-\frac{4}{3}(t-2)}u(t-2)$이다.
② O: 계산 결과가 $i_o(t) = \frac{1}{3}e^{-\frac{4}{3}(t-2)}u(t-2)$이므로 맞는 선지이다. 초기값 $\frac{1}{3}$과 감쇠율 $\frac{4}{3}$, 지연항 $(t-2)u(t-2)$가 모두 맞다.
③ X: 지수 안의 $(t+2)$가 시간지연과 맞지 않고 감쇠율 $\frac{3}{4}$도 틀렸다. 틀린 표현은 $e^{-\frac{3}{4}(t+2)}$이고, 시간지연 e^{-2s}의 역변환은 반드시 $e^{-\frac{4}{3}(t-2)}u(t-2)$ 꼴이 되어야 한다.
④ X: 감쇠율 $\frac{4}{3}$는 맞지만 계수 $\frac{4}{3}$와 지수 안의 $(t+2)$가 틀렸다. 틀린 표현은 $\frac{4}{3}e^{-\frac{4}{3}(t+2)}$이고, 올바르게는 $\frac{1}{3}e^{-\frac{4}{3}(t-2)}u(t-2)$이다.

오답 포인트

병렬 R-L 회로에서는 어드미턴스로 전류를 나누어야 하는데, 저항값으로 바로 분배하거나 $\frac{3}{4}$와 $\frac{4}{3}$를 뒤집는 실수가 자주 나온다. 또 e^{-2s}를 보고 시간이 지연되었는데도 $(t-2)$ 대신 $(t+2)$로 적는 오류가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 1차 회로는 먼저 분지 어드미턴스로 출력 전류의 전달함수를 만들고, 그다음 시간지연 e^{-as}를 $(t-a)u(t-a)$로 바꾸어 본다. 최종식은 초기값, 감쇠율, 지연시점이 모두 물리적으로 맞는지 함께 확인하면 된다.

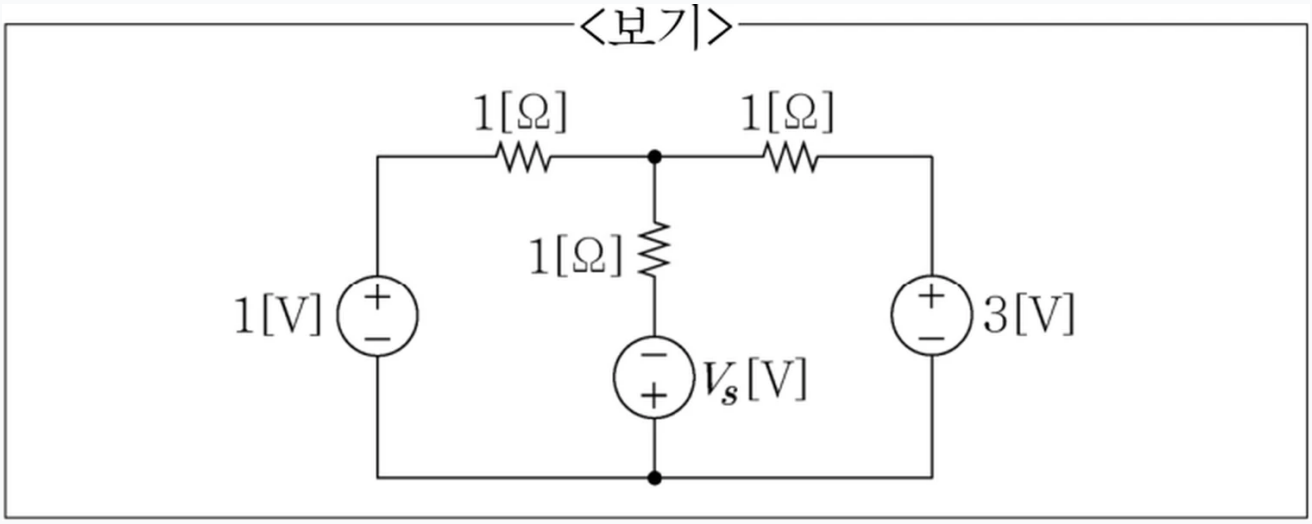
암기 포인트

병렬 R-L 회로의 전류분배는 어드미턴스로 판단하고, 시간지연 e^{-as}는 역변환 시 $(t-a)u(t-a)$로 바뀐다.

NoteBase

문 19. <보기>의 회로에 전압원 V_s가 2[W]의 전력을 공급할 때, 전압 V_s[V]의 값은?

<보기>



① 1 또는 -3

② -1 또는 3

③ 2 또는 -4

④ -2 또는 4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 중간 노드의 전압을 구한 뒤, 전압원 V_s가 공급하는 전력이 $2W$라는 조건을 연결하여 V_s의 가능한 값을 찾는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 세 저항은 모두 1Ω이다.
- 왼쪽 위 노드 전압은 $1V$, 오른쪽 위 노드 전압은 $3V$이다.
- 전압원 V_s는 아래가 +, 위가 −이므로 전원 윗단 전압은 $-V_s$이다.
- V_s가 공급하는 전력은 $2W$이다.

구해야 할 값:
- 전압원 V_s의 값

주의할 조건:
- 전원 극성을 거꾸로 읽으면 중간 가지 전압과 전력식의 부호가 모두 틀어진다.

NoteBase

사용할 공식

중간 위 노드 전압을 V_A라 두면 KCL로

$\frac{V_A-1}{1}+\frac{V_A-3}{1}+\frac{V_A-(-V_s)}{1}=0$

이므로

$3V_A+V_s-4=0, \quad V_A=\frac{4-V_s}{3}$

이다.

또한 가운데 가지 전류는

$I=\frac{V_A-(-V_s)}{1}=V_A+V_s$

이다. 이 전류는 V_s의 음단자에서 양단자로 흐르므로 V_s가 공급하는 전력은

$P_s=V_sI=V_s(V_A+V_s)$

로 쓸 수 있다.

계산 과정

1. KCL로 $V_A=\frac{4-V_s}{3}$를 구한다.

2. 전력 조건 $P_s=2$를 대입하면

$V_s\left(\frac{4-V_s}{3}+V_s\right)=2$

이다.

3. 정리하면

$V_s\frac{4+2V_s}{3}=2$

$2V_s^2+4V_s-6=0$

$V_s^2+2V_s-3=0=(V_s-1)(V_s+3)$

이므로

V_s=1 또는 V_s=-3

이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2019 · 10월

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 바로 $V_s = 1$ 또는 $V_s = -3$이므로 옳다.

② X
- 제시값 -1과 3을 전력식 $P_s = V_s(4 + 2V_s)/3$에 대입하면 각각 $-2/3W$, $10W$가 되어 $2W$를 공급하지 못한다.
- 틀린 표현은 '−1 또는 3'이다. 올바르게는 '1 또는 −3'이다.

③ X
- 제시값 2와 -4를 대입하면 각각 $16/3W$, $16/3W$가 되어 조건과 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 '2 또는 −4'이다. 올바르게는 '1 또는 −3'이다.

④ X
- 제시값 -2와 4를 대입하면 각각 $0W$, $16W$가 되어 $2W$ 공급 조건을 만족하지 않는다.
- 틀린 표현은 '−2 또는 4'이다. 올바르게는 '1 또는 −3'이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 가운데 전압원의 극성을 반대로 읽는 것이다. 이 문항의 V_s는 아래가 +이므로 전원 윗단 전압이 $+V_s$가 아니라 $-V_s$가 된다. 또 '공급 전력' 조건을 빼먹고 단순 전압 방정식만 세우면 오답 보기가 그럴듯하게 보인다.

다시 나오면 이렇게 판단

전원과 저항이 섞인 회로에서 미지 전압원을 구하는 문제는 먼저 기준 노드를 잡고 각 노드 전압을 극성대로 적는다. 그다음 KCL로 미지수를 줄이고, 마지막에 전력 조건을 $P = VI$로 연결하면 된다.

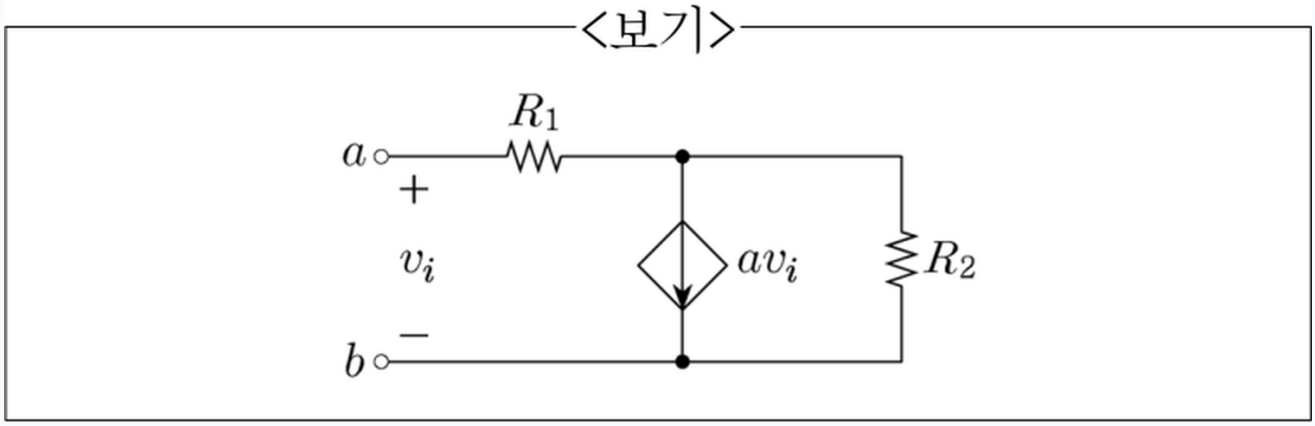
암기 포인트

전압원 극성이 아래 +, 위 −이면 윗단 전압은 $-V_s$이고, 공급 전력은 음단자에서 양단자로 흐르는 전류와 곱해 계산한다.

NoteBase

문 20. <보기>의 회로에서 단자 a, b 사이의 등가저항 값은?

<보기>



① $\frac{R_1+R_2}{1-aR_1}$
② $\frac{R_1+R_2}{1+aR_1}$
③ $\frac{R_1+R_2}{1-aR_2}$
④ $\frac{R_1+R_2}{1+aR_2}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 종속전원이 포함된 회로에 시험전압 v_i를 가해 입력전류를 구한 뒤 등가저항 $R_{ab}=\frac{v_i}{I}$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 단자 a, b 사이 전압은 v_i이고, a에서 내부 노드까지 R_1, 내부 노드에서 b까지는 R_2와 아래 방향 종속전류원 av_i가 병렬로 연결되어 있다.
구해야 할 값: 단자 a, b에서 본 등가저항 R_{ab}이다.
주의할 조건: 종속전류원은 꺼지지 않으므로 시험전압을 두고 KCL로 입력전류를 구해야 한다.

사용할 공식

등가저항은 $R_{ab}=\frac{v_i}{I}$이다.
내부 노드 전압을 V_x라 두면 KCL은 $\frac{v_i-V_x}{R_1}=\frac{V_x}{R_2}+av_i$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유: 종속전원이 있는 회로는 저항의 직병렬 합성만으로 처리할 수 없고, 단자에 시험전압을 가해 전압-전류 비를 직접 구해야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 입력전류를 $I = \frac{v_i - V_x}{R_1}$로 둔다.
2. 내부 노드 KCL을 세우면
$\frac{v_i - V_x}{R_1} = \frac{V_x}{R_2} + av_i$
이고, 정리하면
$V_x = \frac{R_2(1 - aR_1)}{R_1 + R_2} v_i$
가 된다.
3. 따라서
$I = \frac{V_x}{R_2} + av_i = \frac{1 - aR_1}{R_1 + R_2} v_i + av_i = \frac{1 + aR_2}{R_1 + R_2} v_i$
이므로
$R_{ab} = \frac{v_i}{I} = \frac{R_1 + R_2}{1 + aR_2}$
가 된다.

선지별 해설

① X
- $\frac{R_1 + R_2}{1 - aR_1}$는 종속전류원의 영향을 R_1 쪽에 잘못 연결하고, 전류원 방향에 따른 부호도 반대로 본 식이다. 틀린 표현은 분모의 $1 - aR_1$이고, 올바르게는 $1 + aR_2$가 되어야 한다.

② X
- $\frac{R_1 + R_2}{1 + aR_1}$는 부호는 맞추었지만 종속전류원이 병렬로 놓인 저항이 R_2라는 점을 놓친 식이다. 틀린 표현은 분모의 aR_1이고, 올바르게는 aR_2이다.

③ X
- $\frac{R_1 + R_2}{1 - aR_2}$는 종속전류원이 아래 방향으로 추가 전류를 만들어 입력전류를 증가시킨다는 점을 놓쳐 부호를 반대로 쓴 식이다. 틀린 표현은 분모의 마이너스 부호이고, 올바르게는 $1 + aR_2$이다.

④ O
- 계산 결과 등가저항은 $\frac{R_1 + R_2}{1 + aR_2}$이므로 옳다.

오답 포인트

종속전원이 있으면 R_1과 R_2를 단순 직병렬로만 합치려는 실수가 나온다. 이 문항에서는 종속전류원이 R_2와 병렬이고 방향이 아래쪽이므로 입력전류가 av_i만큼 더해진다는 점을 놓치면 ②나 ③ 같은 오답식이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

종속전원이 포함된 등가저항 문제는 단자에 시험전압을 두고 내부 노드 KCL로 입력전류를 구한 다음 $R_{eq} = V/I$로 정리하면 된다. 종속원과 같은 두 단자에 물린 소자가 어느 저항인지, 전류원 방향이 입력전류를 늘리는지 줄이는지부터 판단하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

종속원이 있는 등가저항은 소거하지 않고 시험전압법으로 $R_{eq} = V/I$를 구한다. 이 회로는 R_2와 병렬인 종속전류원 때문에 분모에 $1 + aR_2$가 붙는다.

NoteBase