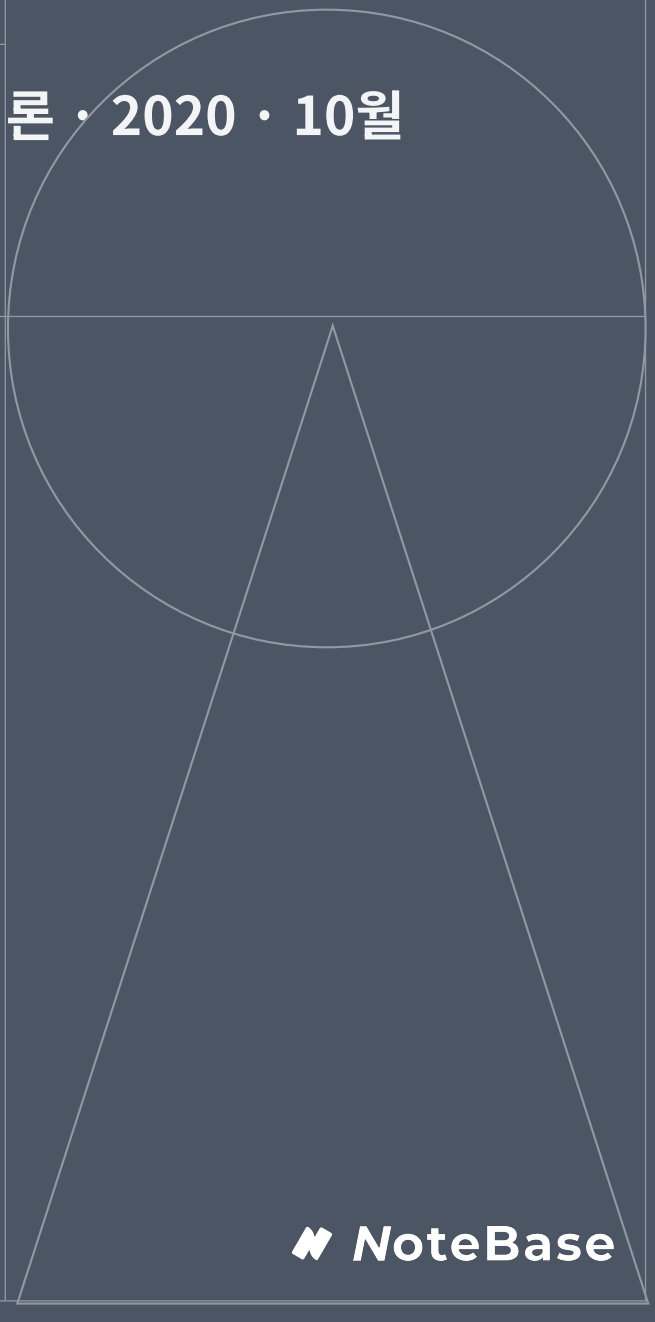
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2020 · 10월



NoteBase

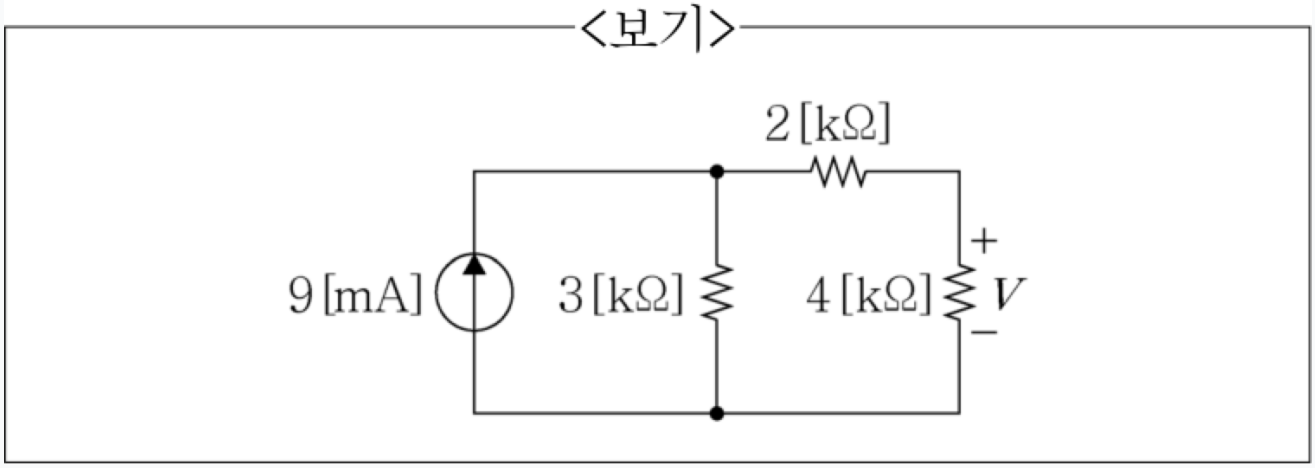
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2020 · 10월

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2020 · 10월

문 1. <보기>의 회로에서 전압 $V[V]$의 값은?

<보기>



① 6

② 12

③ 18

④ 24

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전류원이 공급하는 전류가 병렬 가지에 어떻게 분배되는지를 이용해 4[kΩ] 저항의 전압 V를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전류원 9[mA], 가운데 가지 3[kΩ], 오른쪽 가지는 2[kΩ]와 4[kΩ]의 직렬이다.
구해야 할 값: 4[kΩ] 저항 양단의 전압 V이다.
주의할 조건: 2[kΩ]와 4[kΩ]는 직렬이므로 먼저 6[kΩ]로 묶고, 그 6[kΩ] 가지와 3[kΩ] 가지는 전류원과 병렬 관계이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2020 · 10월

사용할 공식

병렬 등가저항은 $R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$이다.
전체 병렬단 전압은 $V = IR_{eq}$이다.
직렬 가지 전류는 $I_{branch} = \frac{V}{R}$이고, 4[kΩ] 저항 전압은 $V_{4k} = I_{branch} \times 4[k\Omega]$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 3[kΩ] 가지와 $2[k\Omega] + 4[k\Omega] = 6[k\Omega]$ 가지가 같은 두 노드에 연결된 병렬회로이기 때문이다.

계산 과정

1. 오른쪽 가지의 직렬저항을 합치면 $2[k\Omega] + 4[k\Omega] = 6[k\Omega]$이다.
2. 병렬 등가저항은 $3[k\Omega] \parallel 6[k\Omega] = \frac{3 \times 6}{3 + 6}[k\Omega] = 2[k\Omega]$이다.
3. 병렬 양단 전압은 $9[mA] \times 2[k\Omega] = 18[V]$이다.
4. 오른쪽 6[kΩ] 가지 전류는 $\frac{18[V]}{6[k\Omega]} = 3[mA]$이다.
5. 따라서 4[kΩ] 저항 전압은 $3[mA] \times 4[k\Omega] = 12[V]$이다.

선지별 해설

① X
전압 V는 6[V]가 아니다. 계산 결과는 12[V]이다. 6[V]는 병렬 전압 18[V]를 2[kΩ]와 4[kΩ]에 단순 비례 분배하지 못하거나, 4[kΩ]에 흐르는 전류를 잘못 잡을 때 나오는 값이다. 올바르게는 $V = 12[V]$이다.

② O
병렬 양단 전압이 18[V]이고, 오른쪽 가지 전류가 3[mA]이므로 4[kΩ] 저항 전압은 $3[mA] \times 4[k\Omega] = 12[V]$이다. 따라서 2번이 옳다.

③ X
전압 V는 18[V]가 아니다. 18[V]는 오른쪽 가지 전체인 $2[k\Omega] + 4[k\Omega]$에 걸리는 전압이다. 문제는 4[kΩ] 저항 하나의 전압을 묻는다. 올바르게는 $V = 12[V]$이다.

④ X
전압 V는 24[V]가 아니다. 24[V]는 회로 전체 전류 9[mA]가 4[kΩ]에 그대로 흐른다고 착각하여 $9[mA] \times 4[k\Omega]$로 계산할 때 나오는 값이다. 실제로 4[kΩ]에는 3[mA]만 흐르므로 올바르게는 $V = 12[V]$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 오른쪽 2[kΩ]와 4[kΩ]를 하나의 직렬 가지로 보지 않고, 전체 전류 9[mA]가 4[kΩ]에 그대로 흐른다고 보는 점이다. 또 18[V]가 오른쪽 가지 전체 전압이라는 사실을 놓치고 4[kΩ] 하나의 전압으로 착각하기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

전류원이 있는 병렬회로는 먼저 가지 구조를 단순화한 뒤 병렬 전체 전압을 구하고, 그 다음 해당 가지 전류와 소자 전압을 순서대로 구하면 된다. 즉 직렬 정리 → 병렬 등가 → 전체 전압 → 가지 전류 → 원하는 소자 전압의 순서로 판단한다.

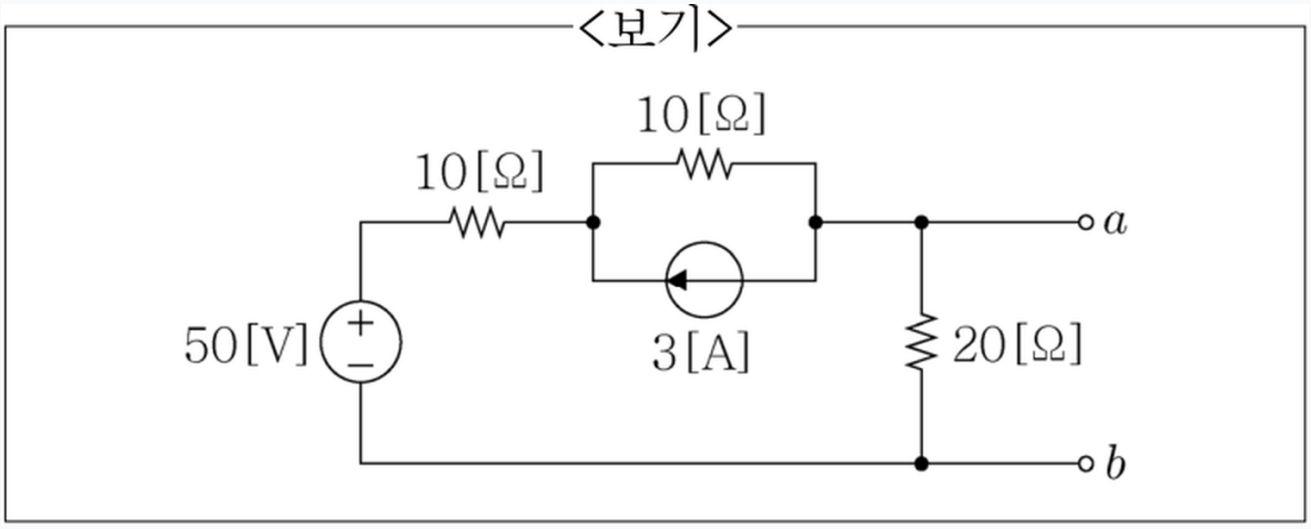
암기 포인트

병렬회로는 전압이 같고, 직렬회로는 전류가 같다. 이 문제는 먼저 $3[k\Omega] \parallel 6[k\Omega]$를 본 뒤 오른쪽 가지 전류 3[mA]를 구하면 바로 $V = 12[V]$가 된다.

NoteBase

문 2. <보기>의 회로에서 단자 a, b 좌측을 노턴(Norton) 등가 회로로 구성할 때, 노턴 전류값[A]과 노턴 저항값[Ω]은?

<보기>



① 노턴 전류값: 0.5, 노턴 저항값: 10

② 노턴 전류값: 1, 노턴 저항값: 10

③ 노턴 전류값: 0.5, 노턴 저항값: 40

④ 노턴 전류값: 1, 노턴 저항값: 40

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단자 a, b에서 본 노턴 등가회로를 구하기 위해 독립전원을 제거한 등가저항 R_N과 단락전류 I_N를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전압원 50 V, 저항 10Ω·10Ω·20Ω, 전류원 3A이다.
구해야 할 값: 단자 a, b에서 본 노턴 전류 I_N과 노턴 저항 R_N이다.
주의할 조건: R_N은 전압원을 단락시키고 전류원을 개방한 뒤 본다. I_N은 a, b를 단락했을 때의 전류이다.

사용할 공식

노턴 저항은 독립 전원을 제거한 뒤 단자에서 본 등가저항이므로 $R_N = R_{eq}$이다.
노턴 전류는 단락전류이므로 $I_N = I_{sc}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 노턴 등가회로가 전류원 I_N과 병렬저항 R_N으로 정의되기 때문이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2020 · 10월

계산 과정

1. R_N을 구한다. 50 V 전압원은 단락, 3A 전류원은 개방한다. 그러면 a에서 b로 가는 경로는 직접 20Ω 한 갈래와, 위쪽 10Ω과 왼쪽 10Ω이 직렬인 20Ω 한 갈래의 병렬이 된다.
$R_N = 20 \parallel (10 + 10) = 20 \parallel 20 = 10\Omega$
2. I_N을 구한다. a, b를 단락하면 20Ω에는 전압이 걸리지 않아 전류가 흐르지 않는다. 이때 중앙 노드 전압을 V_x라 하면
$\frac{V_x - 50}{10} + \frac{V_x}{10} - 3 = 0$
이므로 $V_x = 40V$이다.
3. 따라서 중앙 10Ω에서 a쪽으로 흐르는 전류는 $40/10 = 4A$이고, 전류원 3A는 a에서 왼쪽으로 흐른다.
단락선으로 남는 전류는
$I_N = 4 - 3 = 1A$
이다.

선지별 해설

① X
노턴 저항값 10Ω은 맞지만, 노턴 전류값 0.5A가 틀리다. 단락 시 a로 4A가 들어오고 그중 3A가 전류원으로 왼쪽에 빠져나가므로 단락전류는 1A이다. 틀린 표현은 "노턴 전류값 0.5A"이고, 올바르게는 "노턴 전류값 1A"이다.
② O
$R_N = 10\Omega$, $I_N = 1A$이므로 제시된 조합이 정확하다.
③ X
노턴 전류값 0.5A도 틀리고 노턴 저항값 40Ω도 틀리다. R_N은 전원을 제거한 뒤 본 병렬 등가저항이므로 $20 \parallel 20 = 10\Omega$이다. 틀린 표현은 "노턴 전류값 0.5A, 노턴 저항값 40Ω"이고, 올바르게는 "노턴 전류값 1A, 노턴 저항값 10Ω"이다.
④ X
노턴 전류값 1A는 맞지만, 노턴 저항값 40Ω이 틀리다. 40Ω은 10Ω, 10Ω, 20Ω을 모두 직렬로만 더한 값인데 실제로는 20Ω 두 갈래가 병렬이다. 틀린 표현은 "노턴 저항값 40Ω"이고, 올바르게는 "노턴 저항값 10Ω"이다.

오답 포인트

전원을 제거할 때 전압원은 단락, 전류원은 개방으로 바꾸는 규칙을 섞으면 저항값을 40Ω으로 잘못 본다. 또 단락전류를 구할 때 20Ω 가지에도 전류가 흐른다고 착각하거나, 전류원 3A의 방향을 반대로 읽으면 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

노턴 문제는 먼저 R_N과 I_N를 분리해서 판단한다. R_N은 전원 제거 후 직렬·병렬만 다시 보고, I_N은 단자를 단락한 뒤 각 가지 전류의 유입·유출을 부호까지 확인하면 된다.

NoteBase

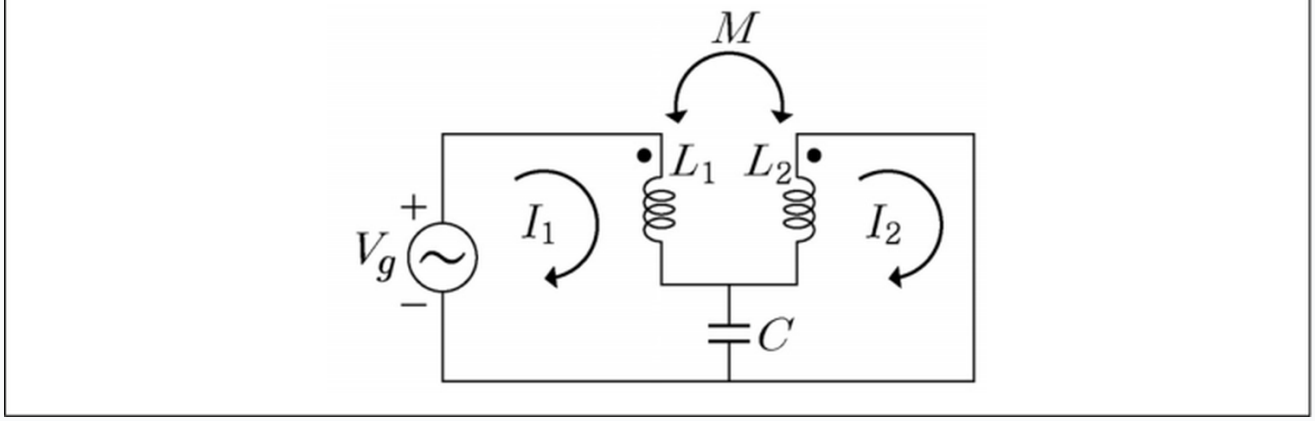
암기 포인트

노턴 등가는 R_N: 전원 제거 후 본 저항, I_N: 단락전류이다. 전압원은 단락, 전류원은 개방으로 바꾼다.

NoteBase

문 3. <보기>의 회로에서 전류 I_2가 0이 되기 위한 C 값은?

<보기>



① $\frac{1}{\omega L_2}$
② $\frac{1}{\omega M}$
③ $\frac{1}{\omega^2 L_2}$
④ $\frac{1}{\omega^2 M}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 $I_2 = 0$일 때 2차측에서 상호유도전압과 커패시터 전압이 서로 상쇄되는 조건으로 C를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 결합인덕터의 상호인덕턴스는 M이다.
구해야 할 값: 전류 I_2가 0이 되게 하는 커패시턴스 C이다.
주의할 조건: $I_2 = 0$이면 L_2의 자기유도항 $j\omega L_2 I_2$는 0이므로, 2차측에는 상호유도전압과 커패시터 전압만 남는다.

사용할 공식

2차측 전류가 0일 때는 상호유도전압의 크기와 커패시터 전압의 크기가 같아야 하므로
$\omega M|I_1| = \frac{|I_1|}{\omega C}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: 2차측에서 전압이 상쇄되어야 L_2 가지 전류가 흐르지 않기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $I_2 = 0$이므로 L_2의 자기유도전압 $j\omega L_2 I_2$는 0이다.
2. 따라서 2차측에서는 1차측 전류 I_1가 만드는 상호유도전압 $\omega M|I_1|$와 커패시터 전압 $\frac{|I_1|}{\omega C}$가 같아야 한다.
3. $I_1 \neq 0$로 약분하면
$\omega M = \frac{1}{\omega C}$
이다.
4. 정리하면
$C = \frac{1}{\omega^2 M}$
이다.

선지별 해설

① X
- $\frac{1}{\omega L_2}$는 L_2를 사용한 점도 틀리고, ω가 하나 부족해 단위도 커패시턴스가 아니다. 올바르게는 $C = \frac{1}{\omega^2 M}$이다.

② X
- 상호인덕턴스 M를 쓴 점은 맞지만 커패시터 리액턴스 $\frac{1}{\omega C}$를 정리하면서 ω를 하나 빠뜨린 값이다. 올바르게는 $C = \frac{1}{\omega^2 M}$이다.

③ X
- $\frac{1}{\omega^2 L_2}$는 차원은 맞지만 상쇄 대상이 L_2의 자기유도항이라고 잘못 본 값이다. $I_2 = 0$이면 $j\omega L_2 I_2 = 0$이므로 L_2가 아니라 M이 들어가야 한다. 올바르게는 $C = \frac{1}{\omega^2 M}$이다.

④ O
- $I_2 = 0$일 때는 2차측의 상호유도전압과 커패시터 전압이 같아야 하므로 $C = \frac{1}{\omega^2 M}$가 된다. 식 유도 결과와 일치한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $I_2 = 0$을 $L_2 = 0$처럼 읽는 데 있다. 실제로 0이 되는 것은 전류이므로 L_2의 자기유도항은 사라지고, 2차측 조건은 상호인덕턴스 M과 커패시터 리액턴스로만 결정된다. 또 $\frac{1}{\omega C}$를 정리하면서 ω를 하나 빼먹기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

결합회로에서 특정 코일 전류가 0이 되는 조건을 묻으면 먼저 그 코일의 자기유도항이 남는지부터 본다. 전류가 0이면 자기유도항은 사라지고, 남는 상호유도전압과 외부 소자의 전압평형으로 식을 세운다.

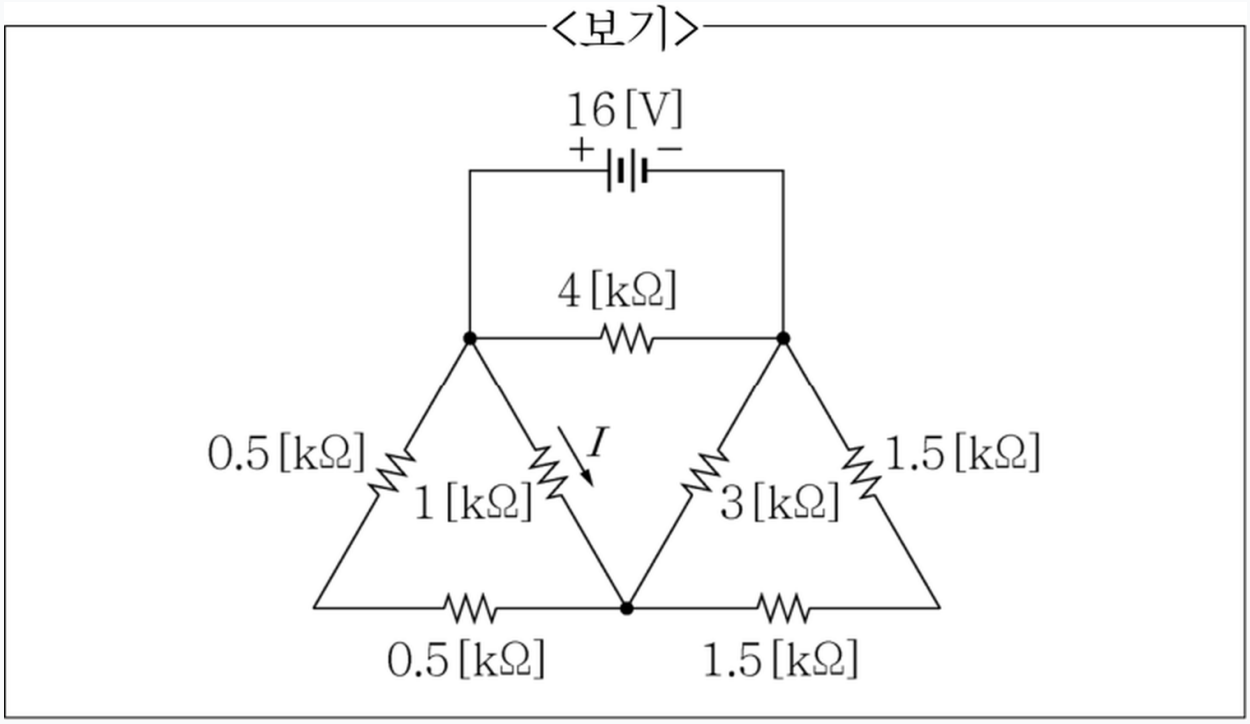
암기 포인트

$I_2 = 0$ 조건은 L_2가 아니라 M으로 잡으며, 상쇄식은 $\omega M = \frac{1}{\omega C}$이다.

NoteBase

문 4. <보기>의 회로에서 저항 1[kΩ]에 흐르는 전류 I[mA]의 크기는?

<보기>



① 2

② 3

③ 4

④ 6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 좌우 하부 회로를 각각 병렬 등가저항으로 바꾼 뒤, 직렬 전압분배로 $1k\Omega$ 가지에 걸리는 전압과 전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전원 전압 16 V, 가운데 저항 $4k\Omega$, 왼쪽 하부의 두 경로 $1k\Omega$와 $0.5k\Omega + 0.5k\Omega$, 오른쪽 하부의 두 경로 $3k\Omega$와 $1.5k\Omega + 1.5k\Omega$이다.
구해야 할 값은 왼쪽 가운데 $1k\Omega$ 저항에 흐르는 전류 I이다.
주의할 조건은 위쪽의 16 V 전원과 $4k\Omega$ 저항이 같은 두 노드 사이에 병렬로 연결되어 있다는 점이다. 따라서 하부 전체에도 16 V가 그대로 걸린다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2020 · 10월

사용할 공식

병렬 등가저항은 $R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 이고, 전류는 $I = \frac{V}{R}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 왼쪽 하부는 $1k\Omega$와 $0.5k\Omega + 0.5k\Omega = 1k\Omega$의 병렬, 오른쪽 하부는 $3k\Omega$와 $1.5k\Omega + 1.5k\Omega = 3k\Omega$의 병렬이기 때문이다. 이 두 병렬 등가저항은 아래 경로에서 다시 직렬이 된다.

계산 과정

1. 왼쪽 하부 등가저항은 $R_L = 1k\Omega \parallel 1k\Omega = 0.5k\Omega$ 이다.
2. 오른쪽 하부 등가저항은 $R_R = 3k\Omega \parallel 3k\Omega = 1.5k\Omega$ 이다.
3. 하부 전체 등가저항은 R_하부=R_L+R_R=0.5 kΩ+1.5 kΩ=2 kΩ 이다.
4. 하부에 흐르는 전체 전류는 I_하부=(16 V)/(2 kΩ)=8 mA 이다.
5. 왼쪽 하부에 걸리는 전압은 V_L=I_하부R_L=8 mA×0.5 kΩ=4 V 이다.
6. 따라서 $1k\Omega$ 저항 전류는 $I = \frac{4V}{1k\Omega} = 4mA$ 이다.

선지별 해설

① X: 2 mA는 왼쪽 $1k\Omega$ 가지 전압을 2 V로 잘못 본 값이다. 실제로는 왼쪽 병렬묶음 전체에 4 V가 걸리므로 $1k\Omega$ 가지 전류는 4 mA이다. 틀린 표현은 "$1k\Omega$에 2 V가 걸린다"이고, 올바르게는 "$1k\Omega$에 4 V가 걸린다"이다.
② X: 3 mA는 병렬 전류분배를 비대칭으로 오해한 값이다. 왼쪽 하부의 두 경로는 $1k\Omega$와 $0.5k\Omega + 0.5k\Omega = 1k\Omega$로 서로 같으므로 8 mA가 정확히 절반씩 나뉜다. 틀린 표현은 "두 병렬 경로의 저항이 다르다"이고, 올바르게는 "두 병렬 경로는 모두 $1k\Omega$이므로 각 4 mA가 흐른다"이다.
③ O: 왼쪽 하부 등가저항은 0.5 kΩ, 오른쪽 하부 등가저항은 1.5 kΩ이므로 하부 전체 전류는 8 mA이다. 이때 왼쪽 병렬묶음 전압은 4 V이고, $1k\Omega$ 가지 전류는 4 mA가 되어 정답에 맞는다.
④ X: 6 mA는 위쪽 $4k\Omega$ 가지나 전체 16 V를 잘못 섞어서 계산한 값이다. 전원이 정해 주는 것은 좌우 두 노드 사이의 16 V이고, 그 전압이 하부 직렬망 0.5 kΩ과 1.5 kΩ에 분배된 뒤 $1k\Omega$ 가지에는 4 V만 걸린다. 틀린 표현은 "$1k\Omega$에 더 큰 전압이 직접 걸린다"이고, 올바르게는 "$1k\Omega$에는 4 V가 걸려 4 mA가 흐른다"이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 위쪽의 $4k\Omega$ 저항을 하부 회로와 직렬처럼 보는 것이다. 그러나 16 V 전원과 $4k\Omega$ 저항은 같은 두 노드에 병렬이므로, 하부 회로의 전압은 이미 16 V로 확정되어 있다. 또 왼쪽 하부의 두 경로가 각각 $1k\Omega$이라는 점을 놓치면 8 mA를 4 mA와 다른 값으로 잘못 분배하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

브리지처럼 보이는 회로라도 먼저 같은 두 노드 사이의 병렬 경로를 묶어 등가저항으로 바꾼다. 그다음 직렬 합성으로 전체 전류를 구하고, 필요한 가지 전압을 구한 뒤 $I = V/R$로 목표 가지 전류를 계산하면 된다.

NoteBase

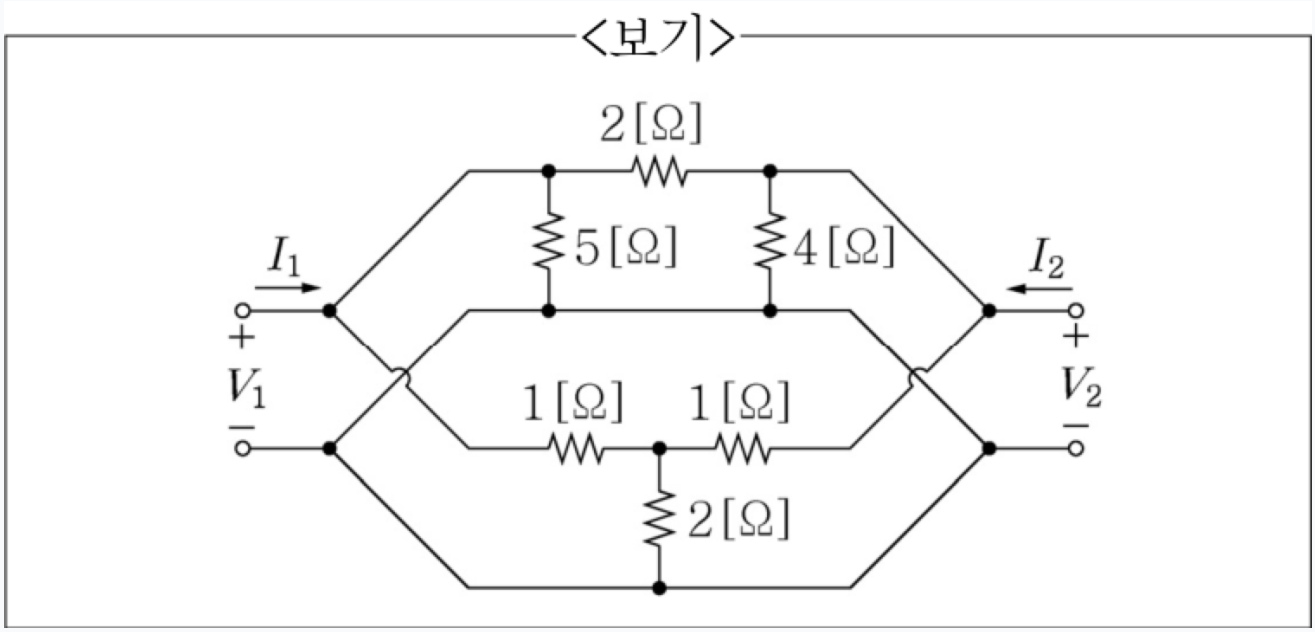
암기 포인트

같은 두 노드 사이의 두 경로가 각각 같은 저항이면 병렬 전류는 정확히 반반 나뉜다. 이 문항에서는 $1k\Omega \parallel 1k\Omega = 0.5k\Omega$가 핵심이다.

NoteBase

문 5. <보기>의 2-포트(port) 회로에서 y-파라미터 pmatrix y_11 & y_12 \ y_21 & y_22 pmatrix 중 y_{11}[S]의 값은?

<보기>



① 0.9

② 1.3

③ 1.5

④ 1.7

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 $V_2 = 0$ 조건에서 2포트 회로를 입력단에서 본 합성 어드미턴스로 바꾸어 y_{11}을 구하는 문제이다.

조건 정리

$y_{11} = \frac{I_1}{V_1}\Big|_{V_2=0}$이다.
따라서 2번 포트는 단락 상태로 본다.
그림의 교차부는 점이 없으므로 서로 접속되지 않는 교차이다.
입력단에서 보면 5Ω, 상단 2Ω, 하단의 1Ω + (1Ω ∥ 2Ω)가 모두 병렬 가지가 된다.

사용할 공식

$y_{11} = \frac{I_1}{V_1}\Big|_{V_2=0} = Y_{in}$
이 공식을 쓰는 이유는 y-파라미터의 대각성분 y_{11}이 출력단을 단락한 상태에서 본 입력 어드미턴스이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $V_2 = 0$이므로 오른쪽 포트는 단락되고, 입력단에서 보이는 세 병렬 가지는 5Ω, 2Ω, 그리고 하단 T형 가지이다.
2. 하단 가지의 등가저항은
R_하단=1+(1 2)=1+(1· 2)/(1+2)=1+(2)/(3)=(5)/(3) Ω
이다.
3. 따라서 입력 어드미턴스는
$y_{11} = \frac{1}{5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{5/3} = 0.2 + 0.5 + 0.6 = 1.3\text{S}$
이다.

선지별 해설

① X
- 계산한 입력 어드미턴스는 1.3S이므로 0.9S와 맞지 않는다.
- 틀린 수치 0.9S → 올바르게는 $y_{11} = 1.3\text{S}$이다.

② O
- $V_2 = 0$에서 본 입력 어드미턴스가 0.2 + 0.5 + 0.6 = 1.3S이므로 정답이다.

③ X
- 하단 가지를 정확히 1 + (1 ∥ 2) = 5/3Ω로 줄이면 총 어드미턴스는 반드시 1.3S가 된다.
- 틀린 수치 1.5S → 올바르게는 $y_{11} = 1.3\text{S}$이다.

④ X
- 중앙 노드가 바로 접지라고 오해하면 하단 가지를 과대평가하게 되지만, 실제로는 왼쪽 1Ω 뒤에 (1Ω ∥ 2Ω)가 더 남는다.
- 틀린 수치 1.7S → 올바르게는 $y_{11} = 1.3\text{S}$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 두 가지이다.
첫째, 교차선에 점이 없는데도 접속된 것으로 읽으면 회로 구조 자체를 잘못 잡게 된다.
둘째, $V_2 = 0$을 보고 오른쪽 포트만 단락해야 하는데 이를 생략하거나 하단 T형 가지를 직렬·병렬로 성급하게 합치면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

y_{11}을 묻는 문제는 먼저 $V_2 = 0$ 조건을 걸고, 그다음 입력단에서 보이는 등가저항 또는 등가어드미턴스를 구한 뒤 병렬 어드미턴스를 합산하는 순서로 판단한다.

NoteBase

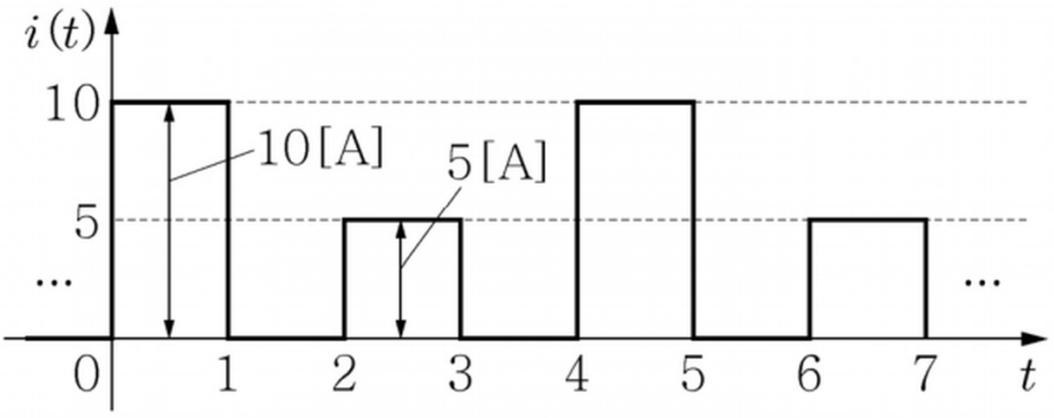
암기 포인트

y_{11}은 출력단 단락 상태에서 본 입력 어드미턴스이다.

NoteBase

문 6. <보기>의 주기적인 전류 파형 $i(t)$의 실효값[A]은?

<보기>



① $5\sqrt{2}$

② $5\sqrt{5}$

③ $0.5\sqrt{15}$

④ $2.5\sqrt{5}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 주기적인 비정현파 전류의 실효값 I_{rms}를 제곱평균제곱근으로 구하는 문제이다.

조건 정리

한 주기는 4이다.
주기 안에서 0 ~ 1 구간은 10 A, 2 ~ 3 구간은 5 A, 나머지 1 ~ 2, 3 ~ 4 구간은 0 A이다.
구해야 할 값은 전류 $i(t)$의 실효값이다.

사용할 공식

실효값 공식은 $I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)dt}$ 이다.
이 파형은 시간에 따라 전류값이 10, 5, 0으로 구간별로 일정하게 바뀌는 주기파형이므로, 한 주기 동안 $i^2(t)$의 시간평균을 구한 뒤 제곱근을 취하는 공식이 맞다.

NoteBase

계산 과정

1. 한 주기 $T=4$에서 전류 제곱의 적분값을 구하면
$\int_0^T i^2(t)dt = 10^2\cdot 1 + 5^2\cdot 1 + 0^2\cdot 2 = 100 + 25 = 125$ 이다.
2. 제곱평균은 $\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)dt = \frac{125}{4}$ 이다.
3. 따라서 실효값은 $I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{125}{4}} = \frac{5\sqrt{5}}{2} = 2.5\sqrt{5}$ 이다.

선지별 해설

① X

$5\sqrt{2}$는 $\sqrt{50}$으로, 한 주기 전체가 아니라 일부 구간만 평균했을 때 나올 수 있는 값이다. 이 파형은 0 A인 구간이 절반을 차지하므로 실효값이 이보다 더 작아져야 한다. 틀린 값 $5\sqrt{2}$ → 올바르게는 $2.5\sqrt{5}$이다.

② X

$5\sqrt{5}$는 $\sqrt{125}$로서 $10^2\cdot 1 + 5^2\cdot 1$까지는 맞게 더했지만, 이를 한 주기 $T=4$로 나누지 않고 바로 제곱근을 취한 값이다. 실효값은 반드시 시간평균을 먼저 취해야 한다. 틀린 값 $5\sqrt{5}$ → 올바르게는 $2.5\sqrt{5}$이다.

③ X

$0.5\sqrt{15}$는 $\sqrt{15}/2$로 매우 작은 값이어서, 10 A 구간과 5 A 구간이 각각 1씩 존재하는 이 파형의 에너지 수준과 맞지 않는다. 제곱평균 계산을 하면 125/4가 되어야 하므로 이 값은 아니다. 틀린 값 $0.5\sqrt{15}$ → 올바르게는 $2.5\sqrt{5}$이다.

④ O

한 주기 4 동안 제곱평균은 125/4, 그 제곱근은 $2.5\sqrt{5}$이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

실효값을 단순 산술평균이나 피크값 평균으로 착각하면 오답이 된다. 특히 ②처럼 $i^2(t)$를 더한 뒤 주기로 나누는 과정을 빠뜨리기 쉽고, 0 A 구간의 비중을 무시하면 값이 과대평가된다.

다시 나오면 이렇게 판단

주기파형의 실효값 문제는 먼저 한 주기를 정확히 끊고, 각 구간의 i^2 × 시간을 모두 더한 뒤, 주기로 나누어 평균을 만들고 마지막에 제곱근을 취하는 순서로 판단한다.

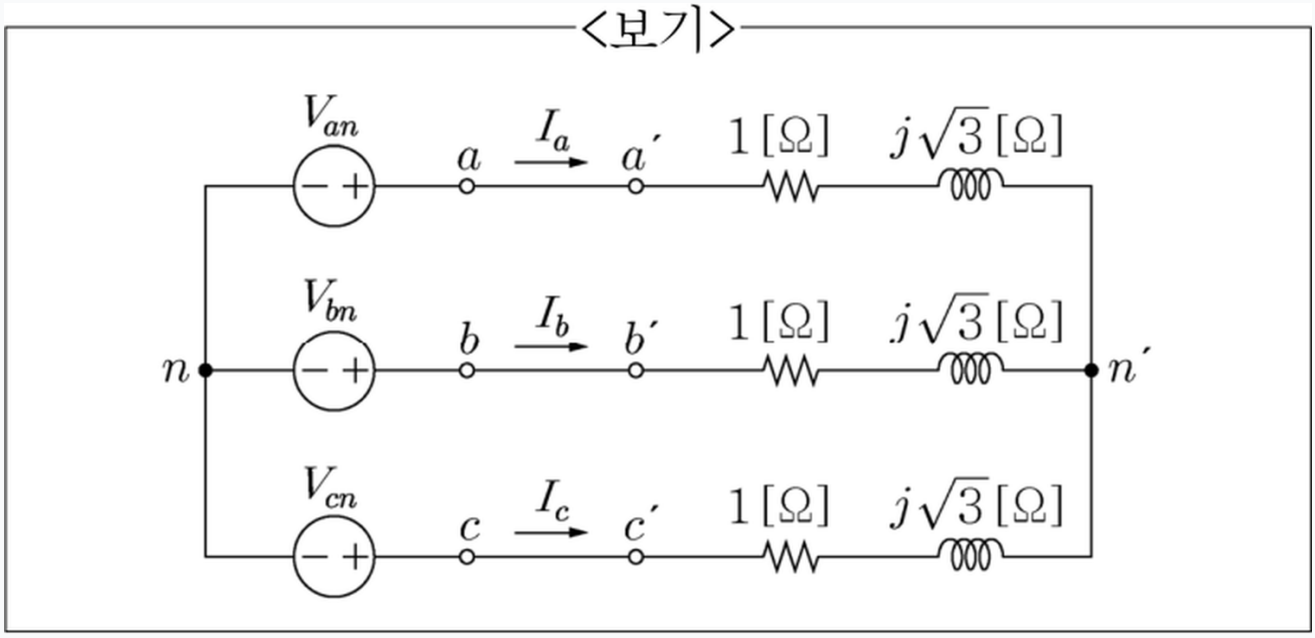
암기 포인트

실효값은 단순평균이 아니라 제곱의 시간평균이다.

NoteBase

문 7. <보기>의 평형 3상 시스템에서 선전류 I_b[A]는? (단, $V_{an} = 200\angle 0^\circ [V]$, $V_{bn} = 200\angle -120^\circ [V]$, $V_{cn} = 200\angle 120^\circ [V]$이다.)

<보기>



① $100\angle -180^\circ$

② $100\angle 0^\circ$

③ $100\angle -60^\circ$

④ $100\angle 60^\circ$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 평형 3상 Y결선에서 선전류가 상전류와 같고, 각 상 임피던스로 상전압을 나누어 b상의 전류 크기와 위상을 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: $V_{an} = 200\angle 0^\circ [V]$, $V_{bn} = 200\angle -120^\circ [V]$, $V_{cn} = 200\angle 120^\circ [V]$, 상임피던스 $Z = 1 + j\sqrt{3}[\Omega]$이다.
구해야 할 값: b상의 선전류 I_b이다.
주의할 조건: 평형 3상 Y결선이므로 선전류와 상전류가 같고, 계산에는 b상 전압 V_{bn}을 그대로 사용한다.

NoteBase

사용할 공식

평형 3상 Y결선에서는 각 상에 대해 $I_\phi = V_\phi / Z_\phi$ 이고, 선전류는 상전류와 같으므로 $I_b = V_{bn}/Z$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 세 상 임피던스가 모두 같아 평형이므로 중성점 전위차가 생기지 않고, b상만 따로 계산해도 전체 조건과 일치한다.

계산 과정

1. 상임피던스를 극형식으로 바꾸면 $Z = 1 + j\sqrt{3} = 2\angle 60^\circ\,[\Omega]$ 이다.
2. b상의 전류는 $I_b = \frac{V_{bn}}{Z} = \frac{200\angle -120^\circ}{2\angle 60^\circ}$ 이다.
3. 크기는 200/2 = 100 이고 위상은 $-120^\circ - 60^\circ = -180^\circ$ 이므로 $I_b = 100\angle -180^\circ\,[A]$ 이다.

선지 판단

1번: O. 계산 결과가 $I_b = 100\angle -180^\circ\,[A]$ 이므로 정답이다.
2번: X. $100\angle 0^\circ$는 b상 전압의 위상 -120°와 임피던스 위상 60°를 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현은 위상이 0°라는 점이고, 올바르게는 $100\angle -180^\circ$이다.
3번: X. $100\angle -60^\circ$는 a상 전압 $V_{an} = 200\angle 0^\circ$를 사용했을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 b상 전류를 a상 기준으로 본 점이고, 올바르게는 V_{bn}을 써서 $100\angle -180^\circ$가 된다.
4번: X. $100\angle 60^\circ$는 임피던스 각의 부호를 잘못 처리하거나 b상 전압의 위상을 무시했을 때 생기는 값이다. 틀린 표현은 위상이 60°라는 점이고, 올바르게는 나눗셈에서 위상을 빼서 -180°가 된다.

오답 포인트

평형 3상이라고 해서 모든 상전류의 위상이 같아지는 것은 아니다. 각 상은 자기 상전압의 위상에서 임피던스 각만큼 늦어지므로, a상 기준 계산값을 그대로 b상에 대입하거나 위상 나눗셈에서 각도를 더하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

평형 3상 계산형은 먼저 결선이 Y인지 확인하고, 해당 상의 전압을 잡은 뒤, 임피던스를 극형식으로 바꾸어 크기는 나누고 위상은 빼는 순서로 판단한다.

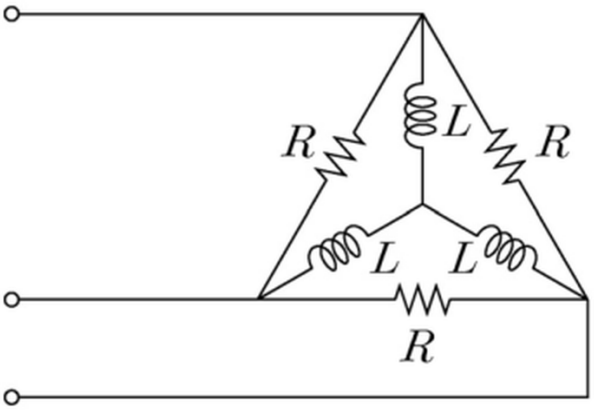
암기 포인트

평형 Y결선은 선전류=상전류이고, 전류 위상은 상전압 위상에서 임피던스 각을 뺀 값이다.

NoteBase

문 8. <보기>에서 3상 전압을 대칭 부하에 가했을 때 부하의 역률은? (단, $R = 12[\Omega],\ \omega L = 3[\Omega]$이다.)

<보기>



① 0.5

② 0.6

③ 0.7

④ 0.8

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 대칭 3상 회로에서 델타 저항부하를 Y로 변환한 뒤 상어드미턴스를 합성하여 부하 역률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 각 델타 저항은 $R = 12\Omega$, 각 Y 인덕터의 리액턴스는 $\omega L = 3\Omega$이다.
구해야 할 값: 전체 대칭 3상 부하의 역률이다.
주의할 조건: 바깥 저항은 델타 결선, 안쪽 인덕터는 Y 결선이므로 같은 상 임피던스로 바로 직렬 합산하면 안 된다.

NoteBase

사용할 공식

델타-와이 변환과 상어드미턴스 합성을 사용한다.
$R_Y = \frac{R_\Delta}{3}$
$Y_\phi = Y_R + Y_L = \frac{1}{R_Y} + \frac{1}{j\omega L}$
$\cos\phi = \frac{G}{\sqrt{G^2+B^2}}$
이 공식을 쓰는 이유: 대칭 3상 부하는 한 상만 등가화해도 전체 역률을 구할 수 있고, 저항 델타와 인덕터 Y는 상전압 기준으로 어드미턴스를 더하는 것이 가장 간단하기 때문이다.

계산 과정

1. 델타 저항을 Y로 변환하면 각 상 저항은 $R_Y = 12/3 = 4\Omega$이다.
2. 한 상의 저항 어드미턴스는 $Y_R = 1/4 = 0.25\text{S}$, 인덕터 어드미턴스는 $Y_L = 1/(j3) = -j/3\text{S}$이다.
3. 따라서 한 상의 전체 어드미턴스는 $Y_\phi = 0.25 - j/3$이다.
4. 여기서 $G = 0.25$, $|B| = 1/3$이므로
$|Y_\phi| = \sqrt{0.25^2 + \left(\frac{1}{3}\right)^2} = \frac{5}{12}$
$\cos\phi = \frac{0.25}{5/12} = 0.6$
5. 허수부가 음수이므로 유도성 부하이며 역률은 0.6 지상이다.

선지 판단

1번 X: 보기의 0.5는 계산된 역률과 다르다. 한 상 어드미턴스의 실수부와 허수부로 구한 역률은 0.6이다. 올바르게는 '부하의 역률은 0.6이다.'가 된다.
2번 O: 델타 저항을 Y로 바꾸면 상저항이 4Ω가 되고, 이를 인덕터의 상리액턴스 3Ω와 어드미턴스로 합성하면 $\cos\phi = 0.6$이 된다.
3번 X: 보기의 0.7은 총 상어드미턴스 $0.25 - j/3$에서 나온 값이 아니다. 실수부와 허수부의 비로 결정되는 역률은 정확히 0.6이다. 올바르게는 '부하의 역률은 0.6이다.'가 된다.
4번 X: 보기의 0.8은 4Ω와 $j3\Omega$를 한 상에서 직렬이라고 잘못 보고 $\cos\phi = 4/5$로 처리할 때 나오는 값이다. 이 회로는 직렬이 아니라 병렬 어드미턴스 합성이므로 올바르게는 '부하의 역률은 0.6이다.'가 된다.

오답 포인트

가장 흔한 오답은 델타 저항을 Y로 바꾼 뒤 그 저항과 인덕터를 같은 상에서 직렬로 보는 실수이다. 이 문제는 상임피던스 직렬합이 아니라 상어드미턴스 병렬합으로 처리해야 하므로 0.8로 가면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

대칭 3상 혼합결선 문제는 먼저 모든 부하를 같은 기준의 한 상 등가회로로 맞춘 뒤, 직렬이면 임피던스를 더하고 병렬이면 어드미턴스를 더해 역률각을 구하면 된다.

NoteBase

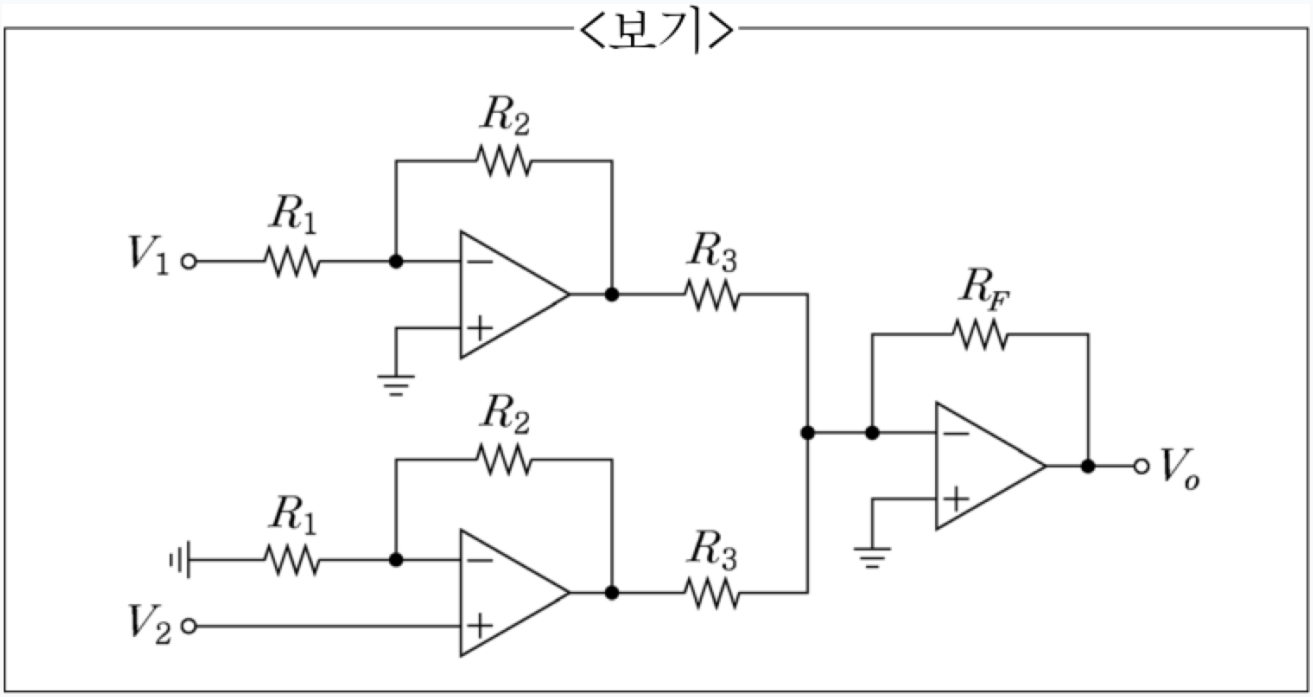
암기 포인트

대칭 3상 역률은 한 상만 보면 되고, 델타 저항은 $R/3$의 Y로 바꾼 뒤 병렬이면 어드미턴스로 합성한다.

NoteBase

문 9. <보기>의 연산증폭기 회로에서 $V_1 = 20[V]$, $V_2 = 10[V]$, $R_1 = 2[k\Omega]$, $R_2 = 3[k\Omega]$, $R_3 = 5[k\Omega]$, $R_F = 15[k\Omega]$일 때, $V_o[V]$은? (단, 연산증폭기는 이상적인 연산증폭기이다.)

<보기>



① -135

② -15

③ 15

④ 135

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 각 연산증폭기의 동작을 반전증폭기, 비반전증폭기, 가산 반전증폭기로 구분한 뒤 단계별 출력전압을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $V_1 = 20[V]$, $V_2 = 10[V]$, $R_1 = 2[k\Omega]$, $R_2 = 3[k\Omega]$, $R_3 = 5[k\Omega]$, $R_F = 15[k\Omega]$이다.
구해야 할 값은 최종 출력전압 V_o이다.
상단 증폭기는 반전증폭기이고, 하단 증폭기는 비반전증폭기이며, 마지막 단계는 두 출력을 더하는 반전 가산증폭기이다.

NoteBase

사용할 공식

반전증폭기 출력은 $V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}}V_{in}$이다.
비반전증폭기 출력은 $V_{out} = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right)V_{in}$이다.
가산 반전증폭기 출력은 $V_o = -R_F\left(\frac{V_a}{R_3} + \frac{V_b}{R_3}\right) = -\frac{R_F}{R_3}(V_a + V_b)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 회로가 세 단계로 분리되어 있고, 각 단계의 접속 형태가 각각 표준 반전증폭기, 표준 비반전증폭기, 동일 입력저항을 갖는 반전 가산증폭기와 일치하기 때문이다.

계산 과정

1. 상단 연산증폭기 출력은
$V_a = -\frac{R_2}{R_1}V_1 = -\frac{3}{2} \times 20 = -30[V]$
이다.
2. 하단 연산증폭기 출력은
$V_b = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_2 = \left(1 + \frac{3}{2}\right) \times 10 = 25[V]$
이다.
3. 마지막 연산증폭기는 두 출력을 더하는 반전 가산증폭기이므로
$V_o = -\frac{R_F}{R_3}(V_a + V_b) = -\frac{15}{5}(-30 + 25) = -3 \times (-5) = 15[V]$
이다.

선지별 해설

① X
- ①의 전압값 $-135[V]$는 계산 결과와 다르다. 최종 출력은 $15[V]$이므로 전압값을 $15[V]$로 고치면 옳다.
- 이 값은 각 단계의 부호나 증폭률을 잘못 적용하여 중간 출력들을 잘못 더할 때 나올 수 있는 오답이다.

② X
- ②의 전압값 $-15[V]$는 마지막 가산 반전증폭기의 부호를 반대로 처리한 값에 해당한다. 최종 출력은 $15[V]$이므로 전압값을 $15[V]$로 고치면 옳다.
- 마지막 단계는 반전 입력으로 합산되므로 전체 부호가 한 번 더 바뀐다는 점을 놓치면 안 된다.

③ O
- 계산 결과 $V_o = 15[V]$이므로 ③이 옳다.
- 상단 출력 $-30[V]$, 하단 출력 $25[V]$를 만든 뒤, 이를 반전 가산증폭기에 넣으면 최종적으로 $15[V]$가 된다.

④ X
- ④의 전압값 $135[V]$는 계산 결과와 다르다. 최종 출력은 $15[V]$이므로 전압값을 $15[V]$로 고치면 옳다.
- 이 값은 합산 전압의 크기만 보고 마지막 단계의 입력 부호 관계를 무시할 때 나올 수 있는 오답이다.

NoteBase

오답 포인트

상단 증폭기를 반전증폭기로 보지 않거나, 하단 증폭기를 비반전증폭기 대신 반전증폭기로 오해하거나, 마지막 가산증폭기의 음의 부호를 빠뜨리면 오답이 된다. 특히 세 번째 단계에서 출력식 앞의 마이너스를 놓치면 ②처럼 부호가 뒤집힌 값으로 잘못 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 연쇄 회로는 전체를 한 번에 보지 말고 각 단을 표준형으로 분해해서 판단한다. 먼저 각 단이 반전형인지 비반전형인지 구분하고, 각 단의 출력전압을 순서대로 구한 뒤, 마지막 합산단의 부호까지 반영하면 된다.

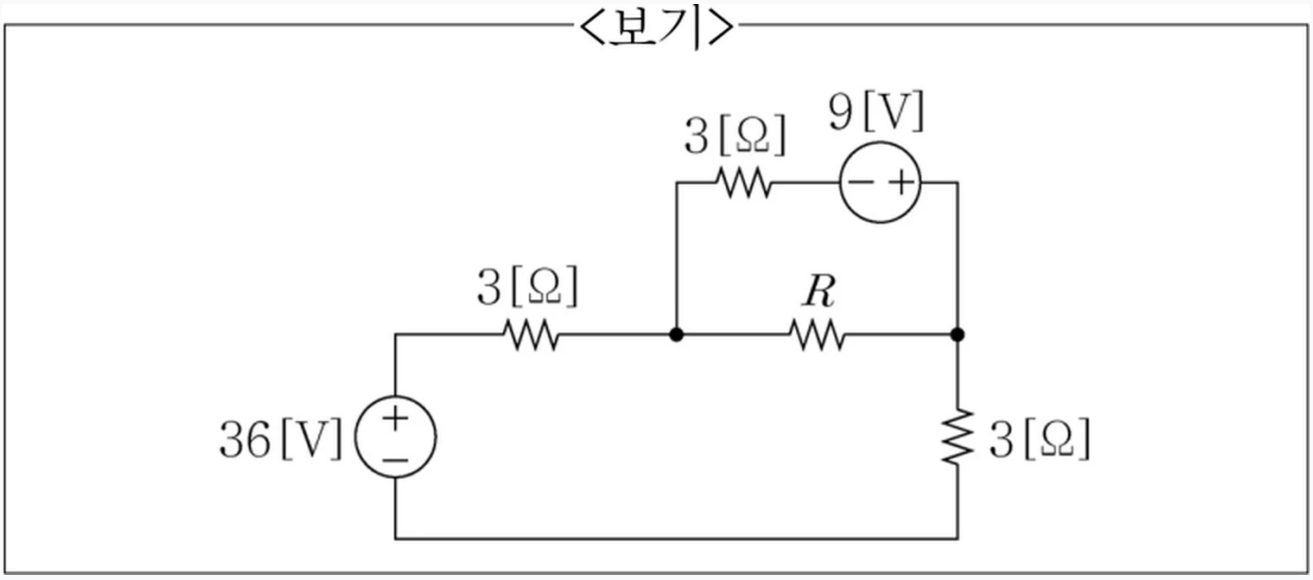
암기 포인트

반전증폭기는 $-\frac{R_f}{R_{in}}$, 비반전증폭기는 $1+\frac{R_f}{R_1}$, 반전 가산증폭기는 입력들을 더한 뒤 한 번 더 마이너스가 붙는다.

NoteBase

문 10. <보기>의 회로에서 저항 R에 전달 가능한 최대 전력[W]은?

<보기>



① 0

② 1

③ 4.5

④ 72

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 저항 R 단자에서의 테브난 등가 V_{th}, R_{th}를 구한 뒤 최대전력전달 조건으로 최대 전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 전원 36 V, 위쪽 가지의 저항 3 Ω, 왼쪽 직렬 저항 3 Ω, 오른쪽 수직 저항 3 Ω, 전압원 9 V이다.
구해야 할 값: 저항 R에 전달 가능한 최대 전력이다.
주의할 조건: 최대전력은 $R = R_{th}$일 때이며, 먼저 R 단자에서 본 테브난 전압과 테브난 저항을 구해야 한다.

사용할 공식

사용 공식은 $P_{max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 독립전원과 저항으로 이루어진 선형회로에서 부하 R에 전달되는 전력은 부하가 테브난 저항과 같을 때 최대가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. R을 개방하여 테브난 전압을 구한다. 이때 바깥 한 바퀴에 3 Ω 저항이 세 개 직렬이므로 전체 저항은 9 Ω이다.
2. 전원은 36 V와 9 V가 같은 방향으로 작용하므로 회로전류는 $I = \frac{36+9}{3+3+3} = 5A$이다.
3. 각 3 Ω에서 전압강하는 $5 \times 3 = 15V$이다. 아래선을 기준 0 V로 두면 왼쪽 전원 위쪽 노드는 36 V, R의 왼쪽 단자는 21 V, 오른쪽 단자는 15 V가 된다. 따라서 $V_{th} = 21 - 15 = 6V$이다.
4. 독립전압원 36 V와 9 V를 꺼서 단락하면, R 단자에서 보이는 저항은 위쪽 3 Ω와 아래쪽 경로 $(3 + 3) = 6\Omega$의 병렬이다. 따라서 $R_{th} = 3 \parallel 6 = \frac{3 \times 6}{3+6} = 2\Omega$이다.
5. 최대전력은 $P_{max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}} = \frac{6^2}{4 \times 2} = \frac{36}{8} = 4.5W$이다.

선지 판단

1번 X: 0 W는 R 단자에 전압이 전혀 걸리지 않는 경우인데, 개방 시 단자전압이 $V_{th} = 6V$이므로 성립하지 않는다. 틀린 표현은 최대 전력이 0이라는 점이며, 올바르게는 최대 전력은 4.5 W이다.
2번 X: 1 W는 테브난 등가와 최대전력 공식을 끝까지 적용하면 나오지 않는다. $V_{th} = 6V$, $R_{th} = 2\Omega$를 대입하면 4.5 W가 된다. 틀린 표현은 최대 전력이 1 W라는 점이며, 올바르게는 4.5 W이다.
3번 O: $V_{th} = 6V$, $R_{th} = 2\Omega$이므로 $P_{max} = \frac{6^2}{4 \times 2} = 4.5W$가 되어 옳다.
4번 X: 72 W는 36 V 전원을 그대로 부하에 걸거나 최대전력 공식의 분모 $4R_{th}$를 빠뜨릴 때 나오는 오답이다. 틀린 표현은 최대 전력이 72 W라는 점이며, 올바르게는 4.5 W이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 원회로에서 곧바로 R의 전력을 구하려 하거나, 테브난 저항을 구할 때 전압원을 끈 뒤 병렬관계를 놓치는 점이다. 특히 72 W는 원전압을 그대로 쓰는 실수, 0 W는 단자전압이 없다고 잘못 보는 실수에서 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

최대전력 문항은 부하를 떼고 V_{th}를 구한 뒤, 전원을 꺼서 R_{th}를 구하고, 마지막에 $P_{max} = V_{th}^2/(4R_{th})$를 적용하는 순서로 판단한다.

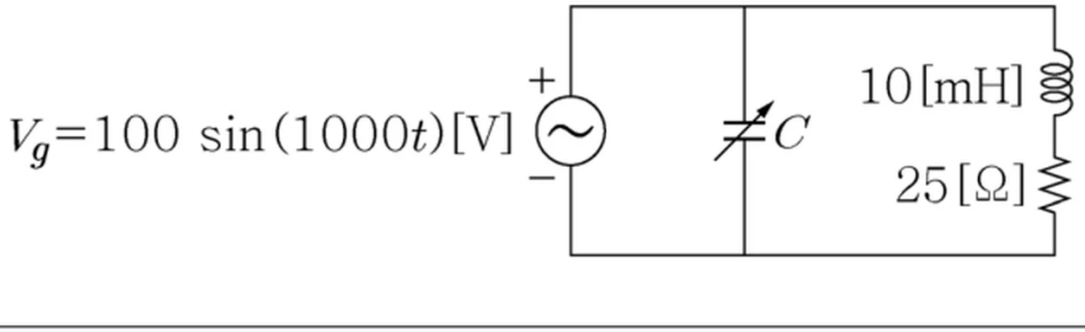
암기 포인트

최대전력전달은 $R = R_{th}$, 최대전력은 $P_{max} = V_{th}^2/(4R_{th})$이다.

NoteBase

문 11. <보기>의 회로에서 C값을 조절하여 공진을 시켰다. $\omega = 1{,}000$[rad/s]일 때 전체 합성 임피던스[Ω]는?

<보기>



① 25

② $25 + j10$

③ 29

④ $29 + j10$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 병렬 공진 회로에서 전체 어드미턴스의 허수부가 0이 되도록 C를 조절했을 때 합성 임피던스를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- $\omega = 1000$rad/s
- $L = 10$mH $= 0.01$H
- $R = 25\Omega$

구해야 할 값:
- 공진 시 전체 합성 임피던스

주의할 조건:
- 병렬 공진은 임피던스를 바로 더하는 문제가 아니라 어드미턴스의 허수부가 상쇄되는 조건으로 본다.

NoteBase

사용할 공식

$Z_{RL} = R + j\omega L$
$Y_{RL} = \frac{1}{R + j\omega L} = \frac{R - j\omega L}{R^2 + (\omega L)^2}$
$Y_C = j\omega C$
이 공식을 쓰는 이유는 커패시터와 $R - L$ 직렬 가지가 병렬이므로, 공진 여부와 전체값을 판단할 때는 각 가지의 어드미턴스를 합해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 코일 가지의 리액턴스는 $X_L = \omega L = 1000 \times 0.01 = 10\Omega$이다.
2. 따라서 코일 가지 임피던스는 $Z_{RL} = 25 + j10\Omega$이다.
3. 이 가지의 어드미턴스는
$Y_{RL} = \frac{1}{25 + j10} = \frac{25 - j10}{25^2 + 10^2} = \frac{25}{725} - j\frac{10}{725}$
이다.
4. 공진이므로 커패시터 어드미턴스 $Y_C = j\omega C$가 $-j\frac{10}{725}$를 상쇄한다. 따라서 전체 어드미턴스는 실수부만 남아
$Y = \frac{25}{725} = \frac{1}{29}$
이다.
5. 전체 합성 임피던스는
$Z = \frac{1}{Y} = 29\Omega$
이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2020 · 10월

선지별 해설

① X
- 25는 저항 R만 본 값이다. 공진 시 전체 합성 임피던스는 병렬 공진의 결과값으로 29Ω가 된다.
- 틀린 표현은 '전체 합성 임피던스가 25\,\Omega이다'이다. 올바르게는 '저항값은 25\,\Omega이고, 공진 시 전체 합성 임피던스는 29\,\Omega이다'이다.

② X
- $25 + j10\Omega$는 $R-L$ 직렬 가지 하나의 임피던스일 뿐 전체 합성 임피던스가 아니다. 공진 후 전체 임피던스는 허수부가 0인 순저항이 된다.
- 틀린 표현은 '공진 시 전체 합성 임피던스가 $25 + j10\Omega$이다'이다. 올바르게는 '코일 가지 임피던스는 $25 + j10\Omega$이고, 공진 시 전체 합성 임피던스는 29Ω이다'이다.

③ O
- 공진에서 커패시터가 코일 가지의 유도성 허수부를 상쇄하므로 전체 어드미턴스는 $\frac{1}{29}$만 남는다. 따라서 전체 합성 임피던스는 29Ω이다.

④ X
- $29 + j10\Omega$는 실수부를 29로 맞추고도 허수부 $j10$을 남겨 둔 값이다. 공진 상태에서는 전체 허수부가 반드시 0이어야 하므로 성립하지 않는다.
- 틀린 표현은 '공진 시 전체 합성 임피던스가 $29 + j10\Omega$이다'이다. 올바르게는 '공진 시 전체 합성 임피던스는 허수부가 없는 29Ω이다'이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $25 + j10\Omega$를 그대로 전체값으로 보거나, 공진을 '허수부가 사라지는 상태'가 아니라 '코일 가지 값이 유지되는 상태'로 오해하는 데 있다. 병렬 공진에서는 가지 임피던스가 아니라 전체 어드미턴스의 허수부가 0이 되는지를 먼저 본다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 공진 회로가 나오면 먼저 각 가지 임피던스를 어드미턴스로 바꾸고, 허수부를 0으로 맞춘 뒤 실수부만 남겨 역수를 취해 전체 임피던스를 구하면 된다.

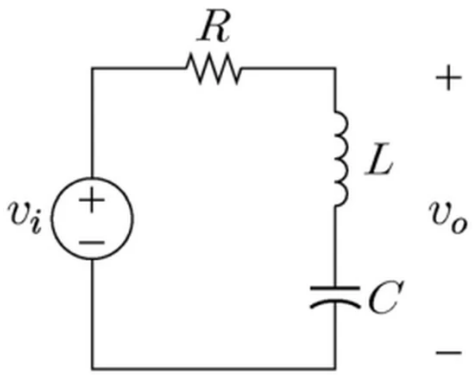
암기 포인트

병렬 공진은 임피던스 합이 아니라 어드미턴스 허수부 상쇄로 판단하며, $R-L$ 직렬 가지와 병렬 공진한 전체 저항은 $\frac{R^2 + X_L^2}{R}$ 꼴로 정리된다.

NoteBase

문 12. <보기>의 회로는 필터 회로이다. 이 필터가 가지고 있는 전달함수 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)}$와 그 특성으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 전달함수: $\frac{s^2+\frac{1}{LC}}{s^2+\frac{R}{L}s+\frac{1}{LC}}$, 특성: 대역 통과 필터 (Band Pass Filter)
② 전달함수: $\frac{s^2+\frac{1}{LC}}{s^2+\frac{R}{L}s+\frac{1}{LC}}$, 특성: 대역 저지 필터 (Band Stop Filter)
③ 전달함수: $\frac{(R/L)s}{s^2+\frac{R}{L}s+\frac{1}{LC}}$, 특성: 대역 저지 필터 (Band Stop Filter)
④ 전달함수: $\frac{(R/L)s}{s^2+\frac{R}{L}s+\frac{1}{LC}}$, 특성: 대역 통과 필터 (Band Pass Filter)

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬 *R-L-C* 회로에서 출력이 *L*과 *C* 양단에 걸린다는 점을 이용해 전달함수 $H(s)$를 구하고, 공진점에서의 응답으로 필터 종류를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건:
입력 v_i는 전체 직렬 회로에 걸리고, 출력 v_o는 *L*과 *C* 직렬 부분 양단에 걸린다.
구해야 할 값:
전달함수 $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$와 필터 특성이다.
주의할 조건:
출력이 저항 *R* 양단이 아니라 *LC* 양단이라는 점이 핵심이다.

NoteBase

사용할 공식

직렬 회로의 전압분배를 쓰면

$H(s) = \frac{Z_{LC}}{R + Z_{LC}}, \quad Z_L = sL, \quad Z_C = \frac{1}{sC}$

이다.

이 공식을 쓰는 이유:

회로가 R과 LC 직렬 연결이고, 출력이 LC에 걸려 있으므로 전체 임피던스에 대한 LC 부분의 전압분배식으로 바로 전달함수를 구할 수 있다.

계산 과정

1. LC 부분의 임피던스는 $Z_{LC} = sL + \frac{1}{sC}$이다.

2. 따라서

$H(s) = \frac{sL + \frac{1}{sC}}{R + sL + \frac{1}{sC}}$

이다.

3. 분자와 분모에 sC를 곱하면

$H(s) = \frac{s^2LC + 1}{s^2LC + RCs + 1}$

이다.

4. 다시 LC로 나누면

$H(s) = \frac{s^2 + \frac{1}{LC}}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}}$

이다.

5. 공진각주파수 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$에서 $s = j\omega$를 대입하면 분자 $s^2 + \frac{1}{LC}$가 0이 되어 출력이 꺼진다. 저주파와 고주파에서는 LC 임피던스가 커서 출력이 다시 커지므로 대역 저지 필터가 된다.

선지별 해설

① X: 전달함수 식 $\frac{s^2 + \frac{1}{LC}}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}}$ 자체는 맞지만, 이 회로는 공진점에서 출력이 0이 되므로 대역 통과가 아니라 대역 저지 필터이다. 틀린 표현은 '대역 통과 필터'이고, 올바르게는 '대역 저지 필터'이다.

② O: 전압분배로 구한 전달함수는 $\frac{s^2 + \frac{1}{LC}}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}}$가 맞다. 또한 공진점에서 L과 C의 리액턴스가 상쇄되어 LC 양단 전압이 0이 되므로 대역 저지 필터 판단도 맞다.

③ X: 분자 $\frac{R}{L}s$는 출력이 저항 R 양단일 때 나오는 형태이다. 이 문제의 출력은 LC 양단이므로 분자가 $s^2 + \frac{1}{LC}$가 되어야 한다. 틀린 표현은 전달함수의 분자이고, 올바르게는 $s^2 + \frac{1}{LC}$이다. 필터 특성도 이 회로에서는 대역 저지가 맞다.

④ X: 분자 $\frac{R}{L}s$를 쓴 점부터 잘못되었고, 그 형태는 저항 양단 출력을 잡는 대역 통과 회로에 해당한다. 이 문제 회로에서는 출력 위치가 달라 같은 특성이 나오지 않는다. 틀린 표현은 전달함수의 분자와 '대역 통과 필터'이고, 올바르게는 분자 $s^2 + \frac{1}{LC}$, 특성은 '대역 저지 필터'이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 출력 단자를 R 양단으로 착각해 분자를 $\frac{R}{L}s$로 쓰는 것이다. 또 공진이라는 말만 보고 무조건 대역 통과로 연결하면 틀린다. 이 회로는 공진점에서 직렬 LC 임피던스가 0이 되어 LC 양단 출력이 꺼진다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 RLC 회로는 먼저 출력이 어느 소자 양단에 걸리는지부터 본다. 출력이 R 양단이면 공진에서 전압이 커져 대역 통과 쪽이고, 출력이 직렬 LC 양단이면 공진에서 전압이 0이 되어 대역 저지로 판단한다.

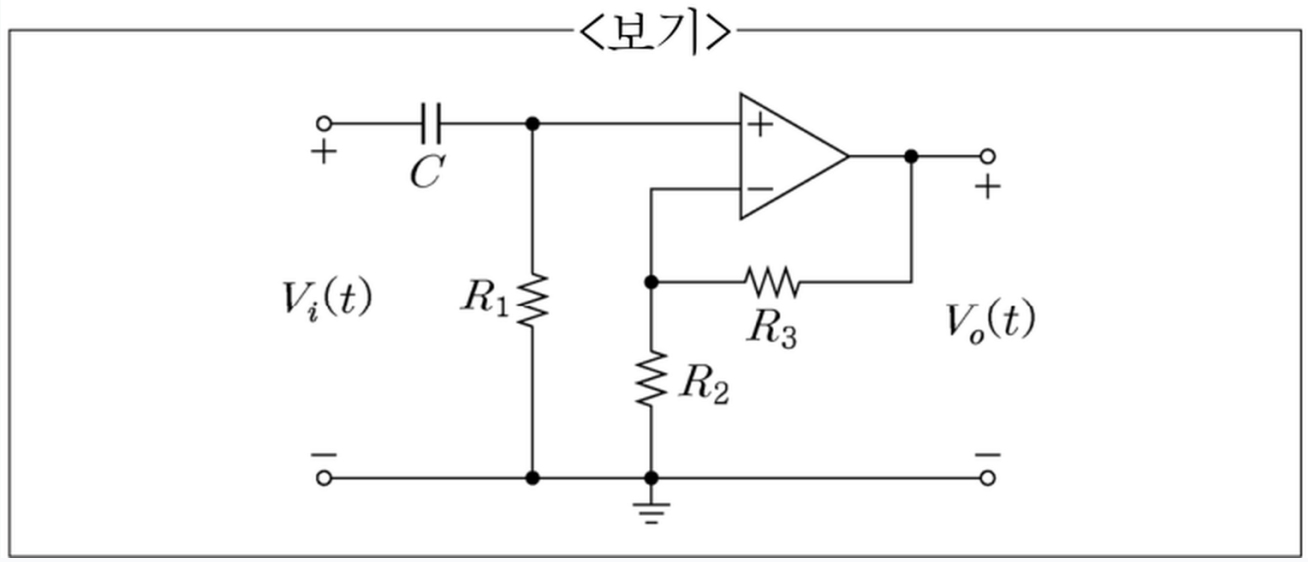
암기 포인트

직렬 공진회로에서 R 출력은 대역 통과, LC 출력은 대역 저지이다.

NoteBase

문 13. <보기>의 회로에서 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는? (단, 연산증폭기는 이상적인 연산증폭기이다.)

<보기>



① $\left(1+\frac{R_3}{R_2}\right)\frac{sR_1C}{1+sR_1C}$
② $\left(1+\frac{R_3}{R_2}\right)\frac{1+sR_1C}{sR_1C}$
③ $\left(\frac{R_2}{R_2+R_3}\right)\frac{sR_1C}{1+sR_1C}$
④ $\left(\frac{R_2}{R_2+R_3}\right)\frac{1+sR_1C}{sR_1C}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 입력의 RC 고역통과 회로 전달함수와 비반전 연산증폭기 이득을 곱해 전체 전달함수 $H(s)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

입력 $V_i(s)$는 커패시터 C를 거쳐 연산증폭기 +단자 노드로 들어간다.
그 노드에서 R_1이 접지로 연결되어 있으므로 C와 R_1이 고역통과 회로를 만든다.
연산증폭기 −단자는 R_2로 접지, R_3로 출력에 되먹임된 비반전 증폭기 구조이다.
이상적인 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고 폐루프 이득은 비반전 증폭기 공식으로 구한다.

사용할 공식

입력 RC망의 전달함수는 $\frac{V_+(s)}{V_i(s)}=\frac{R_1}{R_1+\frac{1}{sC}}=\frac{sR_1C}{1+sR_1C}$이다.
비반전 증폭기의 전달함수는 $\frac{V_o(s)}{V_+(s)}=1+\frac{R_3}{R_2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 +단자 쪽은 출력이 R_1에 걸린 직렬 C-병렬 R_1 고역통과망이고, 연산증폭기 부분은 전형적인 비반전 증폭기이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 커패시터의 임피던스는 $\frac{1}{sC}$이다.
2. +단자 전압은 전압분배로 $V_+(s) = V_i(s)\frac{R_1}{R_1 + \frac{1}{sC}} = V_i(s)\frac{sR_1C}{1+sR_1C}$가 된다.
3. 비반전 증폭기 출력은 $V_o(s) = \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right)V_+(s)$이다.
4. 따라서 전체 전달함수는 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right)\frac{sR_1C}{1+sR_1C}$이다.

선지 판단

1번: O
$\left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right)\frac{sR_1C}{1+sR_1C}$로 계산 결과와 정확히 일치한다.
2번: X
틀린 표현은 $\frac{1+sR_1C}{sR_1C}$이다. 이는 고역통과 전달함수를 거꾸로 쓴 형태이다. 올바르게는 $\frac{sR_1C}{1+sR_1C}$이어야 한다.
3번: X
틀린 표현은 $\frac{R_2}{R_2+R_3}$이다. 이는 R_2와 R_3를 단순 전압분배기로 본 값인데, 실제 연산증폭기 폐루프 이득은 비반전 이득 $1 + \frac{R_3}{R_2}$이다. 따라서 앞 계수부터 잘못되었다.
4번: X
틀린 표현이 두 개이다. 첫째, 앞 계수 $\frac{R_2}{R_2+R_3}$는 비반전 증폭기 이득이 아니다. 둘째, $\frac{1+sR_1C}{sR_1C}$는 고역통과 전달함수를 역수로 쓴 것이다. 올바른 식은 1번과 같은 $\left(1 + \frac{R_3}{R_2}\right)\frac{sR_1C}{1+sR_1C}$이다.

오답 포인트

출력 노드가 R_1에 걸린다는 점을 놓치면 RC 고역통과 식을 역수로 뒤집기 쉽다. 또한 R_2, R_3를 단순 분압기로 보면 $\frac{R_2}{R_2+R_3}$를 고르기 쉬운데, 연산증폭기 폐루프 이득은 분압비가 아니라 비반전 이득 공식으로 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 전달함수 문제는 먼저 수동소자망과 연산증폭기 구간을 분리한다. 그다음 +단자 전압을 전압분배로 구하고, 연산증폭기 폐루프 이득을 곱해 전체 전달함수를 만든다. 마지막에 고주파에서 C가 단락되어 이득이 $1 + \frac{R_3}{R_2}$로 가는지 검산하면 식의 방향을 확인할 수 있다.

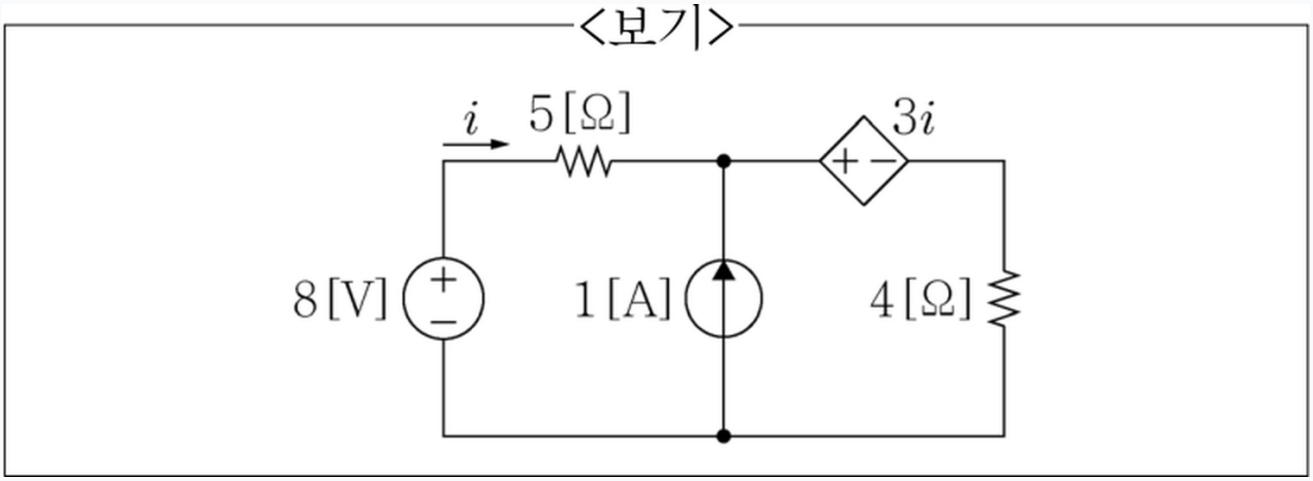
암기 포인트

직렬 C-병렬 R에서 출력이 R에 걸리면 고역통과 $\frac{sRC}{1+sRC}$가 되고, 비반전 증폭기 이득은 항상 $1 + \frac{R_f}{R_g}$이다.

NoteBase

문 14. <보기>의 회로에서 전류 i [A]는?

<보기>



① $-\frac{1}{3}$
② $-\frac{1}{12}$
③ $\frac{1}{12}$
④ $\frac{1}{3}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 종속전압원이 포함된 회로에서 슈퍼노드 KCL과 소자식을 이용해 전류 i를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 노드 전압은 8 V이고, 5Ω 저항 전류가 i이다.
가운데 노드에는 아래에서 위로 1A 전류원이 연결되어 있다.
오른쪽에는 전압이 $3i$인 종속전압원과 4Ω 저항이 연결되어 있다.
구해야 할 값: 5Ω 저항을 왼쪽에서 오른쪽으로 흐르는 전류 i이다.

사용할 공식

저항 전류는 $i = \frac{V}{R}$이고, 종속전압원이 두 비기준 노드 사이에 있으므로 가운데 노드와 오른쪽 노드를 하나의 슈퍼노드로 본다.
슈퍼노드에는 KCL $\frac{V_B - 8}{5} + \frac{V_C}{4} - 1 = 0$을 적용하고, 종속전압원에는 $V_B - V_C = 3i$를 적용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 이상전압원이 두 노드 사이에 있으면 각 노드 전류를 직접 쓸 수 없어 KCL 1개와 전압원 관계식 1개를 함께 세워야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

왼쪽 전원 위 노드를 $V_A = 8$, 가운데 노드를 V_B, 오른쪽 노드를 V_C로 둔다.

5Ω 저항 전류는

$i = \frac{V_A - V_B}{5} = \frac{8 - V_B}{5}$

이다.

슈퍼노드 KCL은

$\frac{V_B - 8}{5} + \frac{V_C}{4} - 1 = 0$

이고, 종속전압원 조건은

$V_B - V_C = 3i = 3 \cdot \frac{8 - V_B}{5}$

이다.

이를 정리하면

$4V_B + 5V_C = 52, \quad 8V_B - 5V_C = 24$

가 된다.

두 식을 더하면 $12V_B = 76$이므로 $V_B = \frac{19}{3}$이다.

따라서

$i = \frac{8 - 19/3}{5} = \frac{5/3}{5} = \frac{1}{3}A$

이다.

선지 판단

1번 X: $-\frac{1}{3}A$는 실제 계산값과 부호가 반대이다. 전류 방향 화살표가 왼쪽에서 오른쪽이므로 올바르게는 $i = \frac{1}{3}A$이다.

2번 X: $-\frac{1}{12}A$는 부호도 틀리고 크기도 틀리다. 종속전압원 식이나 슈퍼노드 KCL에서 부호를 잘못 두면 이런 값이 나오기 쉽고, 올바르게는 $i = \frac{1}{3}A$이다.

3번 X: $\frac{1}{12}A$는 4Ω 가지 전류만 일부 반영하거나 연립방정식을 잘못 소거했을 때 생기는 값이다. 회로 전체를 연립하면 올바르게는 $i = \frac{1}{3}A$이다.

4번 O: 슈퍼노드 KCL과 종속전압원 관계식을 함께 풀면 $i = \frac{1}{3}A$가 되어 정답이다.

오답 포인트

종속전압원이 두 노드 사이에 있으면 각 노드를 따로 끊어 KCL을 세우기보다 슈퍼노드로 묶어야 한다는 점이 핵심이다. 또한 i의 기준방향이 왼쪽에서 오른쪽이라는 사실을 놓치면 $\pm\frac{1}{3}$을 혼동하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

종속소자가 있는 회로는 먼저 기준노드와 각 노드전압을 정한 뒤, 전압원이 두 비기준 노드 사이에 있으면 슈퍼노드를 만든다. 그 다음 KCL 1개와 종속소자 관계식 1개를 세워 미지수를 동시에 푼 뒤, 마지막에 구한 전류의 방향과 부호를 검산한다.

NoteBase

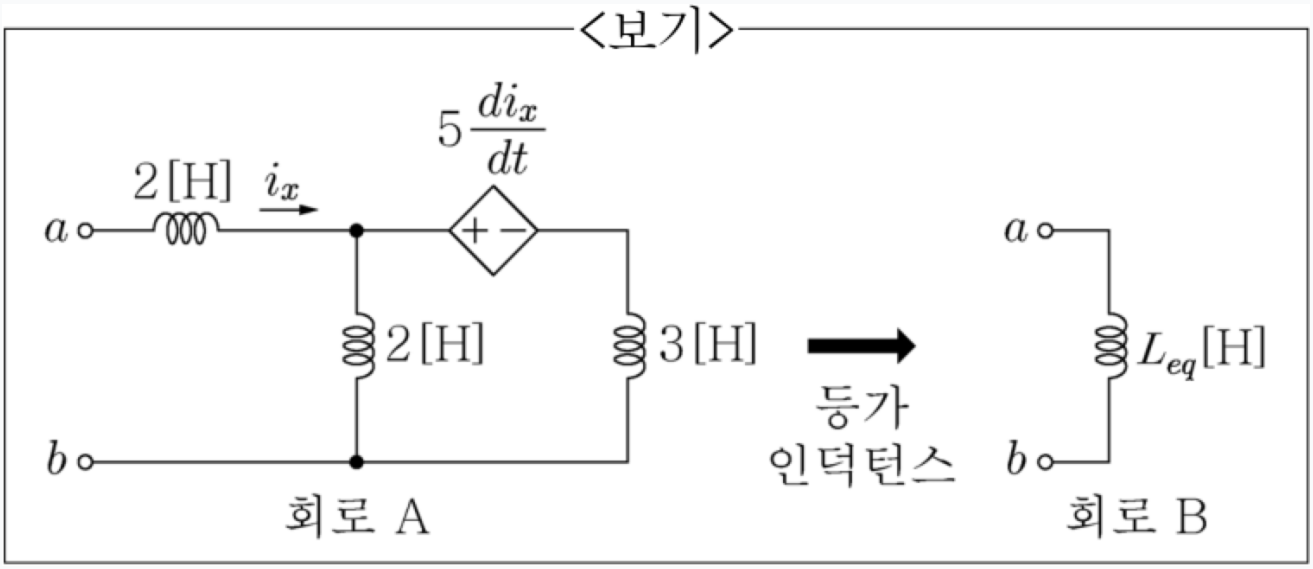
암기 포인트

비기준 노드 사이 전압원은 슈퍼노드이고, 종속전압원 회로는 KCL 한 식과 제어식 한 식으로 함께 푼다.

NoteBase

문 15. <보기>의 회로 A를 a와 b 단자 관점에서 등가적으로 표현할 수 있는 회로 B의 등가 인덕턴스 L_{eq}[H]의 값은?

<보기>



① $\frac{16}{5}$
② $\frac{21}{5}$
③ $\frac{26}{5}$
④ $\frac{31}{5}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 종속전압원이 포함된 인덕터 회로를 *a-b* 단자에서 본 입력전압과 입력전류의 관계로 바꾸어 등가 인덕턴스 L_{eq}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력 쪽 직렬 인덕터 2H, 접지로 연결된 인덕터 2H, 오른쪽 가지 인덕터 3H, 종속전압원 $5\frac{di_x}{dt}$이다.
구해야 할 값: *a-b* 단자에서 본 등가 인덕턴스 L_{eq}이다.
주의할 조건: 왼쪽 2H는 입력과 직렬이므로 마지막에 반드시 더해져야 하고, 종속전압원이 있으므로 단순 직병렬 합성으로 처리하면 안 된다.

NoteBase

사용할 공식

등가 인덕턴스는 입력전압과 입력전류의 비로 구한다.

$V_{ab} = sL_{eq}i_x$

인덕터 전압-전류 관계는 $V = sLi$이다.

이 공식을 쓰는 이유: 종속전압원이 포함된 회로는 단순한 직렬·병렬 합성으로 줄일 수 없으므로, 단자전압 V_{ab}와 입력전류 i_x를 직접 연결해야 한다.

계산 과정

가운데 노드 전압을 V_1, 오른쪽 노드 전압을 V_2라 두면 종속전압원 때문에

$V_1 - V_2 = 5si_x$

가 된다.

또한 두 노드를 하나의 초노드로 보면 KCL에 의해

$i_x = \frac{V_1}{2s} + \frac{V_2}{3s}$

이다.

위 식을 정리하면

$3V_1 + 2V_2 = 6si_x, \qquad V_1 - V_2 = 5si_x$

이므로

$V_2 = -\frac{9}{5}si_x, \qquad V_1 = \frac{16}{5}si_x$

를 얻는다.

입력전압은 왼쪽 직렬 2H의 전압과 V_1의 합이므로

$V_{ab} = 2si_x + V_1 = 2si_x + \frac{16}{5}si_x = \frac{26}{5}si_x$

이다.

따라서

$L_{eq} = \frac{V_{ab}}{si_x} = \frac{26}{5}\text{H}$

이다.

선지 판단

1번 X: $\frac{16}{5}$H는 가운데 노드 전압 V_1만 si_x로 나눈 값이다. 입력 쪽 직렬 2H를 빠뜨린 것이 틀린 표현이고, 올바르게는 $L_{eq} = 2 + \frac{16}{5} = \frac{26}{5}$H이다.

2번 X: $\frac{21}{5}$H는 초노드 연립방정식을 만족하지 않는 값이다. 틀린 표현은 등가 인덕턴스를 $\frac{21}{5}$H로 둔 부분이고, 올바르게는 $\frac{26}{5}$H이다.

3번 O: 입력전압이 $V_{ab} = \frac{26}{5}si_x$로 계산되므로 등가 인덕턴스는 $L_{eq} = \frac{26}{5}$H이다.

4번 X: $\frac{31}{5}$H는 종속전압원 효과나 가지 전류 관계를 잘못 더한 값이다. 틀린 표현은 등가 인덕턴스를 $\frac{31}{5}$H로 둔 부분이고, 올바르게는 $\frac{26}{5}$H이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 가운데 노드 전압 V_1만 구해 놓고 그것을 곧바로 등가 인덕턴스로 착각하는 경우이다. 이 문제에서는 입력단에 2H 인덕터가 하나 더 직렬로 있으므로 마지막에 반드시 더해져야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

종속원이 들어간 인덕터 회로는 직병렬 합성을 먼저 시도하지 않고, 입력전류를 하나 정한 뒤 초노드 KCL과 종속원 전압식을 세워 $V_{ab} = sL_{eq}i$ 꼴로 바로 정리하면 된다.

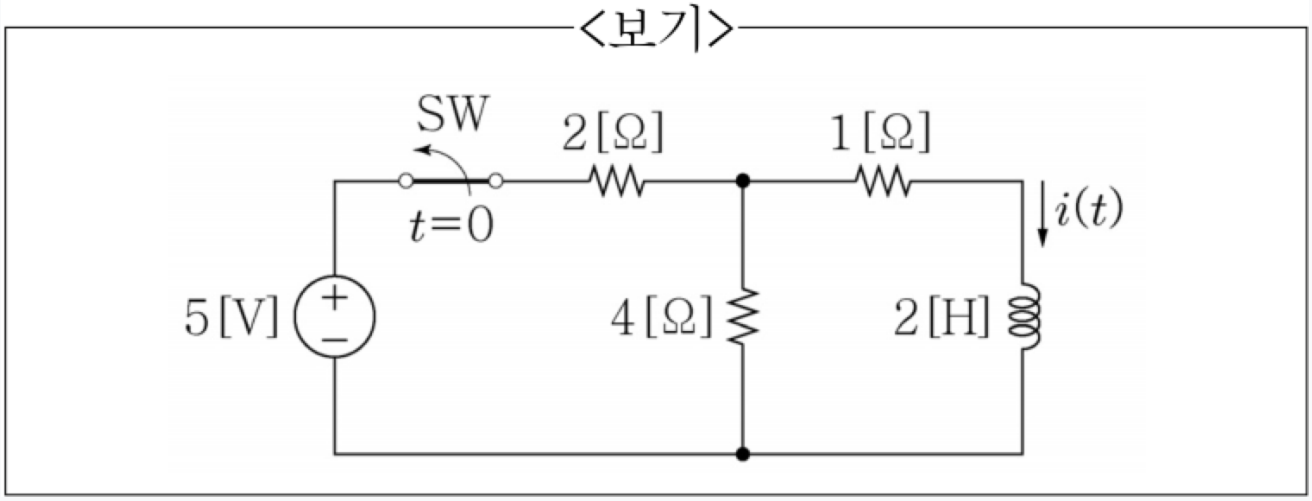
암기 포인트

종속원이 있으면 등가 인덕턴스는 직병렬이 아니라 $V_{ab}/(si)$로 구한다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 16. <보기>의 회로에서 정상상태에 도달한 후 $t = 0$인 순간 스위치가 열렸다. $t \geq 0$일 때, 코일에 흐르는 전류 $i(t)$[A]는?

<보기>



① $\frac{10}{7}e^{-2.5t}$

② $\frac{10}{7}e^{-3.5t}$

③ $\frac{5}{14}e^{-2.5t}$

④ $\frac{5}{14}e^{-3.5t}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치 개방 전 정상상태에서 코일 전류의 초기값을 구하고, 개방 후 코일이 보는 등가저항으로 RL 자연응답 $i(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 5 V, 저항 2Ω, 1Ω, 4Ω, 인덕턴스 2H이다.
구해야 할 값: $t \geq 0$에서 코일 전류 $i(t)$이다.
주의할 조건: $t = 0$ 전에는 정상상태이므로 코일은 단락으로 본다. $t = 0$ 후 스위치가 열리면 왼쪽 전원과 2Ω 가지는 끊어지므로 방전 경로에 포함되지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

정상상태 초기전류는 직류 정상상태에서 코일을 단락으로 두고 구한다.

자연응답은

$i(t) = I_0 e^{-t/\tau}, \qquad \tau = \frac{L}{R_{eq}}$

이다.

이 공식을 쓰는 이유: 스위치가 열린 뒤에는 독립전원이 제거된 RL 1차 회로의 자연감쇠만 남기 때문이다.

계산 과정

1. $t = 0^-$ 정상상태에서 코일은 단락이므로 가운데 노드에서 아래로는 4Ω와 1Ω이 병렬이다. 따라서

$R_p = 4 \parallel 1 = \frac{4 \cdot 1}{4+1} = \frac{4}{5}\Omega$

이고 전체 저항은

$R_{tot} = 2 + \frac{4}{5} = \frac{14}{5}\Omega$

이다.

2. 전원전류는

$I = \frac{5}{14/5} = \frac{25}{14}A$

이고 병렬부 전압은

$V = I \cdot R_p = \frac{25}{14} \cdot \frac{4}{5} = \frac{10}{7}V$

이다. 따라서 1Ω 가지 전류, 즉 코일 전류 초기값은

$I_0 = i(0^-) = i(0^+) = \frac{10}{7}A$

이다.

3. $t \geq 0$에서 스위치가 열리면 2Ω 가지는 개방되어 전류가 흐르지 못한다. 코일이 보는 저항은 1Ω과 4Ω의 직렬이므로

$R_{eq} = 1 + 4 = 5\Omega$

이다.

4. 시정수는

$\tau = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{2}{5} = 0.4s$

이므로

$i(t) = \frac{10}{7}e^{-t/0.4} = \frac{10}{7}e^{-2.5t}$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
정상상태 초기전류가 $\frac{10}{7}A$이고, 스위치 개방 후 코일이 보는 저항이 5Ω이므로 지수부는 $e^{-2.5t}$가 된다. 계산 결과와 정확히 일치한다.

② X
초기전류 $\frac{10}{7}A$는 맞지만 지수부 $e^{-3.5t}$가 틀리다. 이는 코일이 보는 저항을 7Ω로 잘못 잡은 값이다. 열린 스위치 왼쪽의 2Ω은 방전 경로에 포함되지 않는다. 틀린 표현은 "$e^{-3.5t}$"이고, 올바르게는 "$e^{-2.5t}$"이다.

③ X
지수부 $e^{-2.5t}$는 맞지만 계수 $\frac{5}{14}$가 틀리다. 코일 초기전류는 1Ω 가지 전류이므로 $\frac{10}{7}A$이어야 한다. $\frac{5}{14}$는 병렬 전류분배를 잘못 적용해 나온 값이다. 틀린 표현은 "$\frac{5}{14}$"이고, 올바르게는 "$\frac{10}{7}$"이다.

④ X
계수 $\frac{5}{14}$도 틀리고 지수부 $e^{-3.5t}$도 틀리다. 초기전류를 잘못 구했고, 개방된 2Ω까지 포함해 시정수도 잘못 잡은 경우이다. 올바르게는 $i(t)=\frac{10}{7}e^{-2.5t}$이다.

오답 포인트

함정은 두 단계이다. 첫째, 정상상태에서 코일을 단락으로 보지 않으면 초기전류를 틀리기 쉽다. 둘째, 스위치가 열린 뒤에도 왼쪽 2Ω이 회로에 남아 있다고 착각하면 R_{eq}를 크게 잡아 지수부를 $e^{-3.5t}$로 잘못 쓴다.

다시 나오면 이렇게 판단

스위치가 바뀌는 RL 과도문제는 먼저 $t=0^-$ 정상상태에서 코일 전류 초기값을 구하고, 그다음 $t=0^+$ 이후 코일이 실제로 바라보는 저항만 남겨 R_{eq}를 구해 $i(t)=I_0e^{-(R_{eq}/L)t}$로 정리하면 된다.

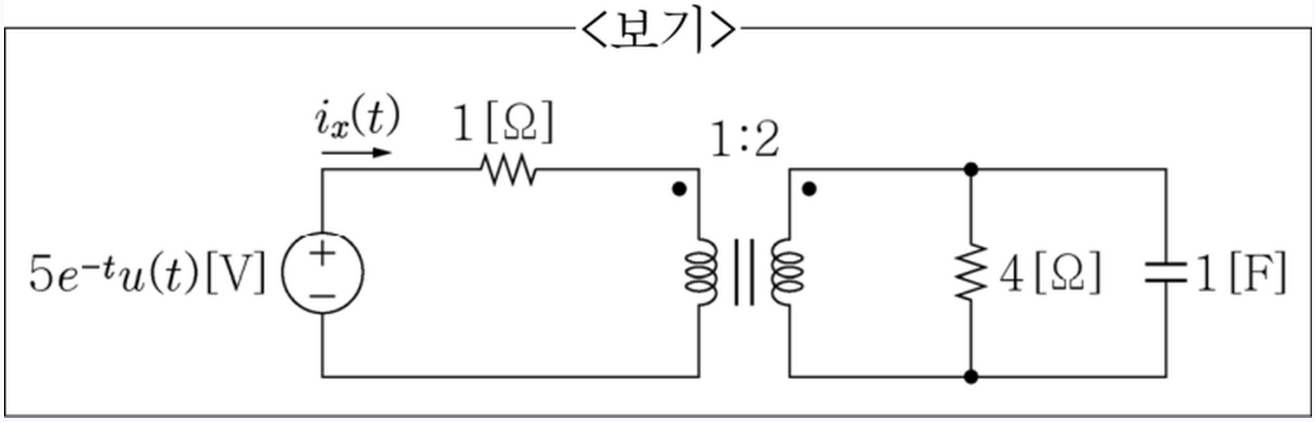
암기 포인트

직류 정상상태 코일은 단락, 자연응답 시정수는 $\tau=L/R_{eq}$이다.

NoteBase

문 17. <보기>의 이상적인 변압기 회로에서 $i_x(t)$[A]는? (단, $u(t)$는 단위 계단 함수이고 모든 초기조건은 0이다.)

<보기>



① $[2.5e^{-0.5t} - 7.5e^{-t}]u(t)$

② $[2.5e^{-t} - 7.5e^{-0.5t}]u(t)$

③ $[7.5e^{-0.5t} - 2.5e^{-t}]u(t)$

④ $[7.5e^{-t} - 2.5e^{-0.5t}]u(t)$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상변압기의 임피던스 환산과 라플라스 변환을 이용해 입력전류 $i_x(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 전압원은 $v_s(t) = 5e^{-t}u(t)$이므로 $V_s(s) = \frac{5}{s+1}$이다.
2차 부하는 4Ω 저항과 1F 커패시터의 병렬회로이다.
권수비는 $N_1 : N_2 = 1 : 2$이므로 2차 임피던스를 1차로 환산하면 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 = \frac{1}{4}$배가 된다.
구해야 할 값은 1차의 직렬전류 $i_x(t)$이다.

사용할 공식

$Z_C(s) = \frac{1}{s}, Z_2(s) = 4 \parallel \frac{1}{s} = \frac{4}{4s+1}, Z_2'(s) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 Z_2(s) = \frac{1}{4s+1}$이다.
따라서 입력전류는
$I_x(s) = \frac{V_s(s)}{1 + Z_2'(s)}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 2차의 병렬 RC 부하를 1차로 환산하면 1차에서는 1Ω 저항과 환산부하가 직렬로 보이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 2차 부하 임피던스는
$Z_2(s) = 4 \parallel \frac{1}{s} = \frac{4 \cdot \frac{1}{s}}{4 + \frac{1}{s}} = \frac{4}{4s+1}$
이다.
2. 이를 1차로 환산하면
$Z_2'(s) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{4}{4s+1} = \frac{1}{4s+1}$
이다.
3. 전체 입력 임피던스는 $1 + \frac{1}{4s+1} = \frac{4s+2}{4s+1}$이므로
$I_x(s) = \frac{5}{s+1} \cdot \frac{4s+1}{4s+2} = \frac{5(4s+1)}{2(s+1)(2s+1)}$
이다.
4. 부분분수 전개하면
$I_x(s) = \frac{7.5}{s+1} - \frac{5}{2s+1} = \frac{7.5}{s+1} - \frac{2.5}{s+0.5}$
이므로
$i_x(t) = [7.5e^{-t} - 2.5e^{-0.5t}]u(t)$
이다.

선지별 해설

① X. $[2.5e^{-0.5t} - 7.5e^{-t}]u(t)$는 정답식의 부호를 뒤집은 형태이다. $t = 0^+$에서 값이 -5가 되어 입력전류의 초기값과 맞지 않는다. 틀린 표현은 두 항의 부호 관계이며, 올바르게는 $[7.5e^{-t} - 2.5e^{-0.5t}]u(t)$이다.
② X. 빠른 감쇠항과 느린 감쇠항의 계수를 서로 잘못 배치한 식이다. 부분분수 전개 결과 $\frac{7.5}{s+1} - \frac{5}{2s+1}$이므로 e^{-t}의 계수는 7.5, $e^{-0.5t}$의 계수는 -2.5이다. 올바르게는 $[7.5e^{-t} - 2.5e^{-0.5t}]u(t)$이다.
③ X. $2s+1$은 $e^{-0.5t}$에 대응하고 $s+1$은 e^{-t}에 대응하므로 ③처럼 $e^{-0.5t}$ 앞에 7.5가 붙을 수 없다. 틀린 표현은 시간상수와 계수의 짝이다. 올바르게는 $[7.5e^{-t} - 2.5e^{-0.5t}]u(t)$이다.
④ O. $I_x(s) = \frac{7.5}{s+1} - \frac{5}{2s+1}$이므로 역라플라스 변환 결과는 $i_x(t) = [7.5e^{-t} - 2.5e^{-0.5t}]u(t)$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 2차 임피던스를 1차로 환산할 때 권수비 제곱 $\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$를 빠뜨리는 것이다. 또 $2s+1$을 보고 e^{-2t}로 착각하거나, 부분분수 전개 뒤 지수항의 계수를 서로 바꾸는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 회로의 과도응답은 먼저 2차 부하를 s영역 임피던스로 바꾸고, 권수비 제곱으로 1차에 환산한 다음, 1차에서 보이는 등가회로로 $I(s)$를 구해 역라플라스 변환하면 된다. 마지막에는 각 극이 $s = -1, s = -0.5$처럼 어느 지수항에 대응하는지 확인하면 선지 판별이 빨라진다.

NoteBase

암기 포인트

이상변압기 임피던스 환산은 $Z' = (N_1/N_2)^2 Z$이고, $2s + 1 \leftrightarrow e^{-0.5t}$이다.

NoteBase

문 18. <보기>의 함수 $F(s)$에 대한 라플라스 역변환 $f(t)=\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$은?

<보기>

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

① $2e^{-0.5t}+e^{-t}(\sin 0.5t+\cos 0.5t)$

② $0.5e^{-t}+0.5e^{-2t}(\sin t+\cos t)$

③ $-2e^{-0.5t}+e^{-t}(\sin 0.5t+\cos 0.5t)$

④ $-0.5e^{-2t}+0.5e^{-t}(\sin t+\cos t)$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 부분분수 분해를 한 뒤 표준 라플라스 역변환식으로 $f(t)$를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 식은 $F(s)=\frac{s+1}{(s+2)(s^2+2s+2)}$이다.
이때 $s^2+2s+2=(s+1)^2+1$이므로 분모의 두 인수는 각각 $(s+2)$, $(s+1)^2+1$ 꼴이다.
따라서 역변환 결과는 e^{-2t}, $e^{-t}\cos t$, $e^{-t}\sin t$의 조합이어야 한다.

사용할 공식

$F(s)=\frac{A}{s+2}+\frac{Bs+C}{s^2+2s+2}$
$\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{s+a}\right\}=e^{-at}$, $\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{s+a}{(s+a)^2+b^2}\right\}=e^{-at}\cos bt$, $\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{b}{(s+a)^2+b^2}\right\}=e^{-at}\sin bt$
이 공식을 쓰는 이유는 분모가 일차 인수 하나와 완전제곱형 이차 인수 하나로 분해되므로 표준형으로 바로 대응시킬 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

부분분수 분해를 하면
$\frac{s+1}{(s+2)(s^2+2s+2)} = \frac{A}{s+2} + \frac{Bs+C}{s^2+2s+2}$
$s+1 = A(s^2+2s+2) + (Bs+C)(s+2)$
계수 비교로 A=-12, B=12, $C=1$을 얻는다.
따라서
F(s)=-(1)/(2(s+2))+(12 s+1)/(s^2+2s+2)
여기서 12 s+1=12(s+1)+12이므로
F(s)=-(1)/(2(s+2))+(12(s+1))/((s+1)^2+1)+(12)/((s+1)^2+1)
역변환하면
$f(t) = -0.5e^{-2t} + 0.5e^{-t}\cos t + 0.5e^{-t}\sin t = -0.5e^{-2t} + 0.5e^{-t}(\sin t + \cos t)$
이 된다.

선지 판단

1번(X): $e^{-0.5t}$, $\sin 0.5t$, $\cos 0.5t$가 나오려면 분모에 $(s+0.5)$ 또는 $(s+1)^2+0.25$ 같은 인수가 있어야 하는데 주어진 분모에는 없다. 올바르게는 주파수 0.5가 아니라 1이고, 감쇠율도 0.5가 아니라 2 또는 1이어야 한다.
2번(X): 첫째 항 $0.5e^{-t}$는 $(s+2)$ 인수에서 나올 수 없고 올바르게는 $-0.5e^{-2t}$가 되어야 한다. 둘째 항도 $e^{-2t}(\sin t + \cos t)$가 아니라 $(s+1)^2+1$에 대응하는 $0.5e^{-t}(\sin t + \cos t)$가 맞다.
3번(X): 1번과 마찬가지로 0.5라는 감쇠율과 주파수는 분모에서 읽히지 않는다. 또한 일차 인수에서 나오는 항의 계수도 -2가 아니라 -0.5가 맞으므로 올바르게는 $-0.5e^{-2t}$가 들어가야 한다.
4번(O): 계산 결과 $f(t) = -0.5e^{-2t} + 0.5e^{-t}(\sin t + \cos t)$이므로 식과 정확히 일치한다.

오답 포인트

분모 s^2+2s+2를 $(s+1)^2+1$로 완전제곱하지 않으면 감쇠율 1과 각주파수 1을 놓치기 쉽다. 또 $(s+2)$에서 나온 항의 계수 -0.5를 확인하지 않으면 2번이나 3번처럼 지수와 계수를 뒤바꾼 오답에 걸리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

라플라스 역변환 계산형은 먼저 분모를 일차 인수와 완전제곱형 이차 인수로 나눈다. 그다음 부분분수 분해를 하고 e^{-at}, $e^{-at}\cos bt$, $e^{-at}\sin bt$의 a, b를 읽어 낸 뒤 마지막에 지수의 감쇠율과 주파수가 분모와 일치하는지 검산하면 된다.

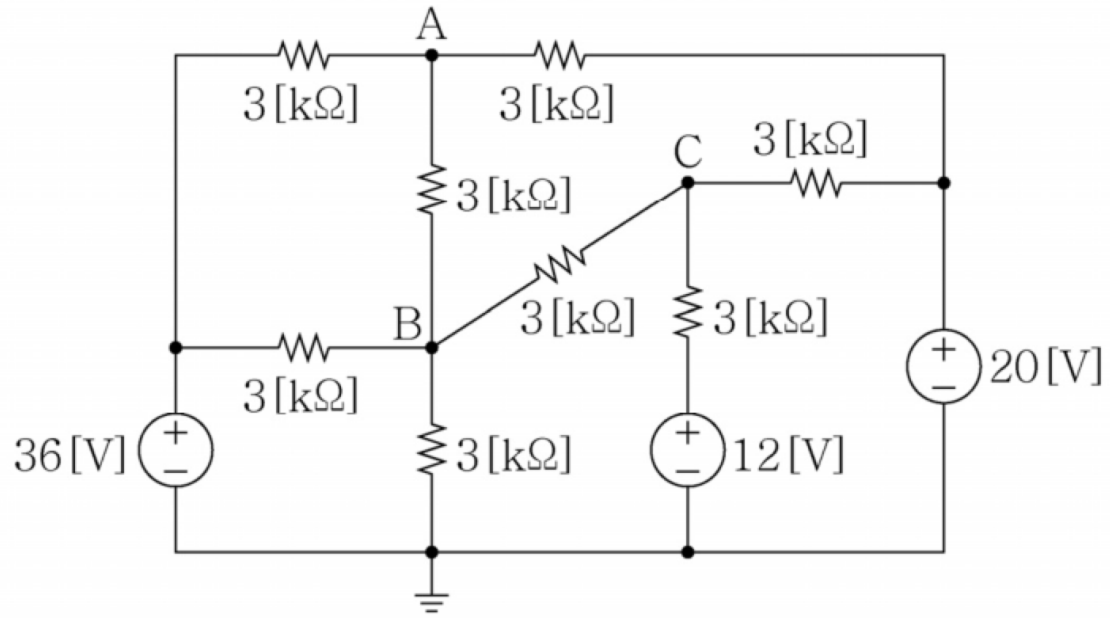
암기 포인트

$(s+a)$는 e^{-at}, $(s+a)^2+b^2$는 $e^{-at}(\cos bt, \sin bt)$로 이어진다.

NoteBase

문 19. <보기>의 회로의 각 절점(node) A, B, C에서 전압[V]의 합은?

<보기>



① 62

② 46

③ 27.6

④ 11.6

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 각 절점에 대해 KCL을 세우고, 모든 저항이 같다는 점을 이용해 node A, B, C의 전압을 구한 뒤 그 합을 계산하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 모든 저항은 3 kΩ이다.
- 좌측 전원 노드는 36 V, 우측 전원 노드는 20 V, C 아래 전원 노드는 12 V이다.
- 기준 노드는 맨 아래 접지이므로 0 V이다.

구해야 할 값:
- $V_A + V_B + V_C$

주의할 조건:
- 저항값이 모두 같으므로 KCL 식에서 공통저항 $3k\Omega$는 약분할 수 있다.

사용할 공식

각 절점에서 KCL을 적용한다.
$\sum \frac{V_{node} - V_{connected}}{R} = 0$
이 공식을 쓰는 이유:
미지수는 절점 전압 V_A, V_B, V_C이고, 각 절점에 연결된 저항과 이미 알려진 전원 노드 전압이 주어졌으므로 노드 해석이 가장 직접적이다.

NoteBase

계산 과정

1. A절점에서 KCL을 세우면

$\frac{V_A-36}{3}+\frac{V_A-20}{3}+\frac{V_A-V_B}{3}=0$

따라서

$3V_A-V_B=56$

2. B절점에서 KCL을 세우면

$\frac{V_B-V_A}{3}+\frac{V_B-36}{3}+\frac{V_B-0}{3}+\frac{V_B-V_C}{3}=0$

따라서

$4V_B-V_A-V_C=36$

3. C절점에서 KCL을 세우면

$\frac{V_C-V_B}{3}+\frac{V_C-20}{3}+\frac{V_C-12}{3}=0$

따라서

$3V_C-V_B=32$

4. 첫째 식과 셋째 식에서

$V_A=\frac{56+V_B}{3},\quad V_C=\frac{32+V_B}{3}$

이를 B절점 식에 대입하면

$4V_B-\frac{56+V_B}{3}-\frac{32+V_B}{3}=36$

$12V_B-56-V_B-32-V_B=108$

$10V_B=196\Rightarrow V_B=19.6V$

5. 따라서

$V_A=\frac{56+19.6}{3}=25.2V,\quad V_C=\frac{32+19.6}{3}=17.2V$

6. 구하는 합은

$V_A+V_B+V_C=25.2+19.6+17.2=62V$

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2020 · 10월

선지별 해설

① O
- 계산 결과 $V_A + V_B + V_C = 62V$이므로 맞는 선지이다.

② X
- 46 V는 실제 합 62 V와 다르므로 틀린 선지이다.
- 틀린 표현은 "A, B, C 전압의 합이 46 V이다"이다. 올바르게는 "A, B, C 전압의 합은 62 V이다"이다.
- 이 값은 한 절점 식을 빠뜨리거나 중간 대입에서 상수항을 잘못 정리할 때 나올 수 있다.

③ X
- 27.6 V는 실제 합 62 V와 다르므로 틀린 선지이다.
- 틀린 표현은 "A, B, C 전압의 합이 27.6 V이다"이다. 올바르게는 "A, B, C 전압의 합은 62 V이다"이다.
- 이 값은 $V_B = 19.6V$만 구한 뒤 일부 절점 전압만 더하거나, C절점의 12 V 전원을 누락할 때 나올 수 있는 오답이다.

④ X
- 11.6 V는 실제 합 62 V와 크게 다르므로 틀린 선지이다.
- 틀린 표현은 "A, B, C 전압의 합이 11.6 V이다"이다. 올바르게는 "A, B, C 전압의 합은 62 V이다"이다.
- 이 값은 접지 기준을 잘못 잡아 전원 극성을 반대로 처리할 때 생기기 쉬운 오답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 전원 세 개가 모두 접지를 기준으로 각기 다른 고정 전압 노드를 만든다는 점이다. 특히 C절점 아래의 12 V 전원과 우측의 20 V 전원을 빼먹으면 C절점 식이 잘못 세워지고, 최종 합도 크게 어긋난다.

다시 나오면 이렇게 판단

노드 해석 문제는 먼저 접지를 기준으로 이미 전압이 정해진 노드를 표시하고, 그다음 미지 절점마다 KCL을 한 줄씩 세운 뒤 마지막에 연립방정식을 푸는 순서로 판단한다. 저항이 모두 같으면 공통저항을 약분해 식을 단순화하면 된다.

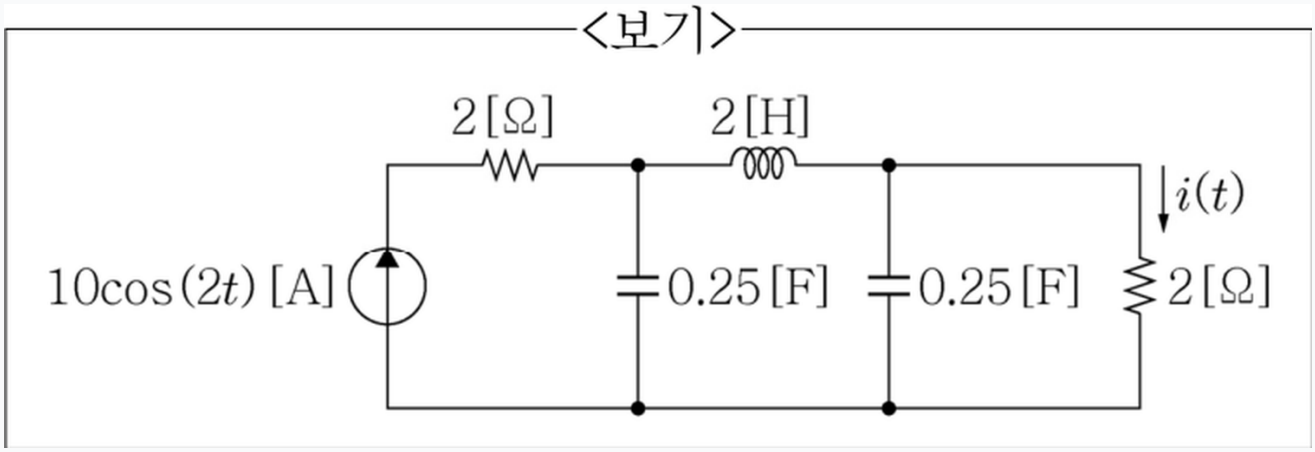
암기 포인트

노드 해석의 핵심은 "기준 노드 설정 → 고정 전압 노드 확인 → 각 미지 절점 KCL"이다.

NoteBase

문 20. <보기>의 회로에서 전류 $i(t)$[A]는?

<보기>



① $-10\cos(2t)$

② $-10\sin(2t)$

③ $10\cos(2t)$

④ $10\sin(2t)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 각 소자의 페이저 임피던스를 구한 뒤 절점방정식으로 우측 저항 전류 $i(t)$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 각주파수는 $\omega = 2$이다.
- 두 커패시터의 임피던스는 각각 $Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j \cdot 2 \cdot 0.25} = -j2\Omega$이다.
- 인덕터의 임피던스는 $Z_L = j\omega L = j \cdot 2 \cdot 2 = j4\Omega$이다.
- 좌측 전류원은 이상 전류원이므로 회로에 주입되는 전류는 $10\angle 0^\circ A$로 고정된다.
- 구해야 할 값은 우측 2Ω 저항의 아래방향 전류이다.

사용할 공식

$Y_C = j\omega C, Z_L = j\omega L$, 그리고 KCL을 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유는 주어진 입력이 $10\cos(2t)$인 정현파 정상상태이므로 회로를 페이저 임피던스로 바꾸면 절점전압만으로 우측 저항 전류를 바로 구할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

절점 A 전압을 V_A, 절점 B 전압을 V_B라 두면 우측 절점 B의 병렬 어드미턴스는
$Y_B = \frac{1}{2} + j\omega C = 0.5 + j0.5$
이다.

절점 B에서 KCL을 쓰면
$\frac{V_A - V_B}{j4} = (0.5 + j0.5)V_B$
이고, 정리하면
$V_A = (-1 + j2)V_B$
이다.

절점 A에서 KCL을 쓰면 입력 전류 $10\angle 0^\circ A$가 커패시터 전류와 인덕터 쪽 전류로 나뉘므로
$10 = j0.5V_A + \frac{V_A - V_B}{j4}$
이다.
여기에 $V_A = (-1 + j2)V_B$를 대입하면
$10 = (-0.5)V_B$
이므로
$V_B = -20V$
가 된다.

따라서 우측 2Ω 저항의 아래방향 전류는
$I = \frac{V_B}{2} = -10\angle 0^\circ A$
이고, 시간영역으로 바꾸면
$i(t) = -10\cos(2t)A$
이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과가 $i(t) = -10\cos(2t)$이므로 맞다. 절점 B 전압이 음수로 나와 아래방향 기준 전류도 음수가 된다.
② X: $-10\sin(2t)$는 위상을 -90°로 잘못 본 값이다. 실제 전류 페이저는 순허수가 아니라 실수 음수이므로 틀린 표현이고, 올바르게는 $-10\cos(2t)$이다.
③ X: $10\cos(2t)$는 크기만 보고 부호를 놓친 값이다. 문제의 전류 기준방향이 아래쪽이므로 실제 결과는 음수이고, 올바르게는 $-10\cos(2t)$이다.
④ X: $10\sin(2t)$는 파형 종류와 부호를 모두 잘못 적은 값이다. 실제 결과는 사인형이 아니라 코사인형의 음수이므로 올바르게는 $-10\cos(2t)$이다.

NoteBase

오답 포인트

전류원 값 $10\cos(2t)$만 보고 우측 저항 전류도 같은 부호라고 착각하기 쉽다. 이 문항의 함정은 우측 저항 전류의 기준방향이 아래쪽이라는 점과, 중간의 리액턴스 네트워크를 거친 뒤 절점 B 전압이 음수로 결정된다는 점이다. 사인형 보기들은 페이저가 실수인지 허수인지 확인하지 않으면 쉽게 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

정현파 회로의 계산형 문제는 ω를 먼저 읽고 각 소자를 임피던스로 바꾼 다음, 출력이 걸린 절점의 전압을 KCL로 구해 기준방향 전류의 부호까지 확인하면 된다. 최종 페이저가 실수인지 허수인지 확인하면 코사인형인지 사인형인지도 함께 판별된다.

암기 포인트

정현파 회로는 $C \rightarrow -j/(\omega C)$, $L \rightarrow j\omega L$로 바꾼 뒤 절점전압으로 출력 전류의 부호까지 판단하는 방식이 핵심이다.

NoteBase