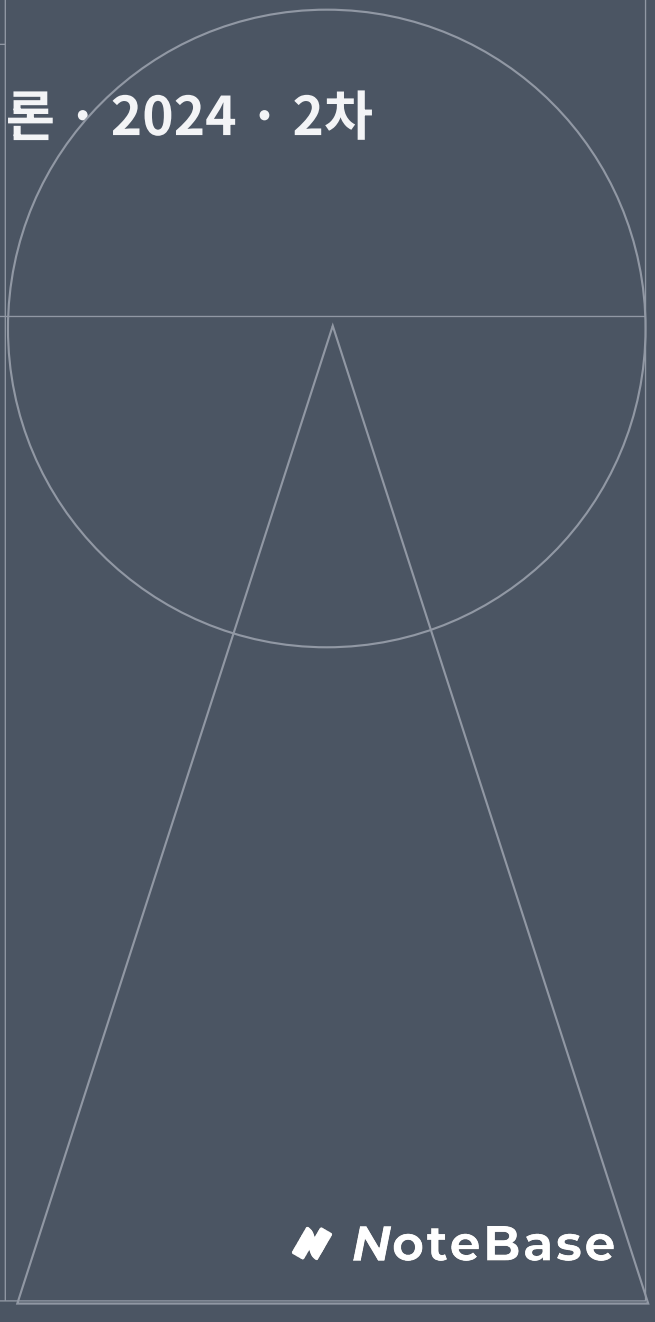
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2024 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2024 · 2차

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2024 · 2차

문 1. 연산증폭기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 이상적인 연산증폭기는 두 입력단자 중 어느 단자에도 전류가 흐르지 않는다.

② 이상적인 연산증폭기의 입력저항은 무한대이고, 출력저항은 0이며, 폐루프(closed loop) 이득은 무한대이다.

③ 공통모드 이득에 대한 차동모드 이득의 비를 공통모드제거비(common mode rejection ratio: CMRR)라고 한다.

④ 실제 연산증폭기에서 두 입력단자를 단락시켰을 때 0이 아닌 출력전압을 오프셋 전압(offset voltage)이라고 한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기의 기본 성질과 공통모드제거비, 오프셋 개념을 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

이상적 연산증폭기는 입력전류가 0이고 입력저항은 무한대, 출력저항은 0, 개루프 이득은 무한대인 소자이다.
개루프 이득은 피드백을 걸기 전 증폭기 자체의 이득이고, 폐루프 이득은 피드백 회로를 포함한 전체 이득이므로 서로 구분해야 한다.
CMRR은 차동모드 이득을 공통모드 이득으로 나눈 값으로, 공통신호를 얼마나 잘 제거하는지를 나타낸다.

선지별 해설

① O: 이상적 연산증폭기는 두 입력단자로 전류가 들어가지 않는다고 가정하므로 입력전류는 0이다.
② X: 틀린 부분은 "폐루프(closed loop) 이득은 무한대"이다. 이상적 연산증폭기에서 무한대인 것은 개루프(open loop) 이득이다. 폐루프 이득은 피드백 회로가 정하며 일반적으로 유한하다.
③ O: 공통모드 이득에 대한 차동모드 이득의 비 A_d/A_c를 공통모드제거비 CMRR이라 한다. 공통신호는 작게, 차동신호는 크게 증폭할수록 CMRR이 커진다.
④ O: 실제 연산증폭기에서는 두 입력단자를 같은 전위로 두어도 내부 불균형 때문에 0이 아닌 출력이 나타날 수 있는데, 이를 오프셋으로 설명하는 취지의 진술이다. 더 엄밀히는 입력환산값은 입력 오프셋 전압, 출력에 나타난 값은 출력 오프셋 전압으로 구분한다.

NoteBase

오답 포인트

②는 입력저항 무한대, 출력저항 0이라는 맞는 성질 옆에 "폐루프 이득 무한대"를 붙여 개루프 이득과 폐루프 이득을 바꿔 놓은 선지이다. 기본 성질을 묶어서 외우다가 이득 종류를 구분하지 못하면 쉽게 넘어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

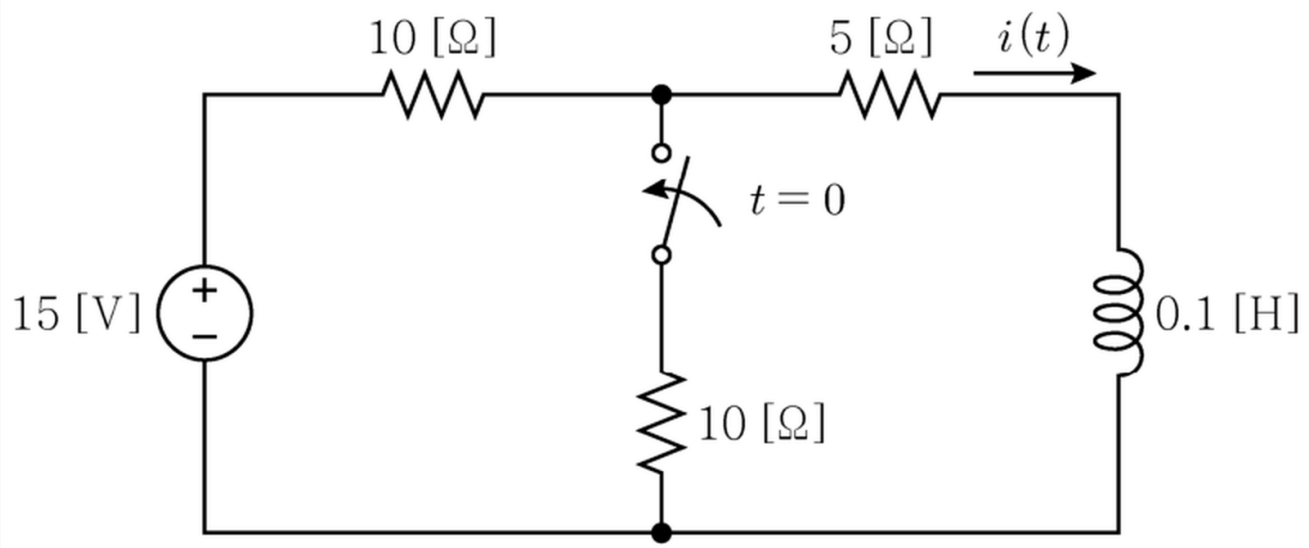
연산증폭기 문제에서 "무한대"가 붙는 이득은 먼저 개루프 이득인지 확인한다. 피드백이 걸린 폐루프 이득은 외부 회로가 정하는 값이므로 무한대라고 단정하지 않는다.

암기 포인트

이상적 연산증폭기: 입력전류 0, 입력저항 무한대, 출력저항 0, 개루프 이득 무한대이다.

NoteBase

문 2. 다음 회로에서 스위치가 $t = 0$ [sec]에서 닫힌다. 전류 $i(t)$의 시정수[sec]는? (단, $t < 0$ [sec]에서 회로는 정상상태이다)



① 0.001

② 0.005

③ 0.01

④ 0.05

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 스위치가 닫힌 뒤 인덕터가 보는 등가저항을 구해 시정수 $\tau = L/R_{th}$를 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 전원 $15V$, 인덕터 $0.1H$, 저항 10Ω, 5Ω, 10Ω이다.
구해야 할 값은 전류 $i(t)$의 시정수이다.
주의할 조건은 $t < 0$에서 정상상태이므로 인덕터는 단락으로 보고, 시정수는 $t > 0$에서 스위치가 닫힌 뒤 인덕터가 보는 저항으로 계산한다는 점이다.

사용할 공식

사용 공식은 $\tau = \frac{L}{R_{th}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 1차 RL 회로의 과도응답 시정수는 인덕터가 바라보는 테브난 저항으로 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $t > 0$에서 스위치가 닫힌 회로를 기준으로 시정수를 구한다.
2. 독립전압원 $15V$를 0으로 두면 전압원은 단락이 된다.
3. 인덕터 왼쪽 노드에서 보면 왼쪽 10Ω와 아래 10Ω가 병렬이므로 $10 \parallel 10 = 5\Omega$이다.
4. 이 값은 인덕터 앞의 5Ω와 직렬이므로 $R_{\text{th}} = 5 + 5 = 10\Omega$이다.
5. 따라서 $\tau = \frac{0.1}{10} = 0.01$이므로 시정수는 $0.01s$이다.

선지 판단

1번 X: 시정수가 0.001이라는 진술은 틀리다. 올바르게는 $0.01s$이다. 0.001은 인덕터가 보는 저항을 100Ω처럼 잘못 잡아야 나오는 값인데, 실제 R_{th}는 10Ω이다.
2번 X: 시정수가 0.005이라는 진술은 틀리다. 올바르게는 $0.01s$이다. 이는 병렬인 두 10Ω만 보고 $R_{\text{th}} = 5\Omega$로 착각한 경우의 오답이다. 인덕터 앞의 5Ω가 직렬로 더해진다.
3번 O: 시정수는 $\tau = \frac{0.1}{10} = 0.01s$이므로 옳다.
4번 X: 시정수가 0.05이라는 진술은 틀리다. 올바르게는 $0.01s$이다. 0.05는 $R_{\text{th}} = 2\Omega$일 때의 값인데, 이 회로를 전원 소거 후 등가화하면 그런 저항은 나오지 않는다.

오답 포인트

시정수 문제에서 가장 흔한 실수는 초기전류만 계산하고 끝내거나, 전원을 끈 뒤 인덕터가 보는 저항에서 직렬 5Ω를 빠뜨리는 것이다. 이 문항은 스위치 닫힘 후 회로로 다시 그리고 전원 소거까지 해야 맞는다.

다시 나오면 이렇게 판단

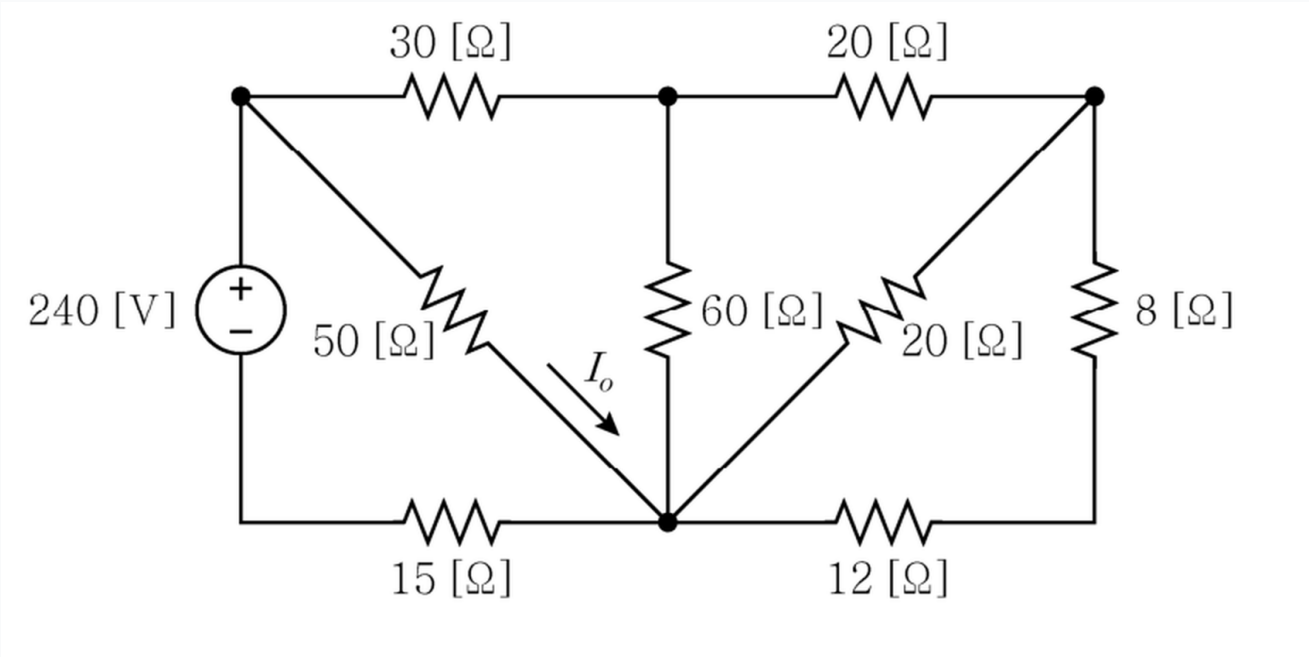
시정수 문제는 스위치 동작 후 회로를 먼저 정하고, 독립전원을 소거한 뒤, 인덕터가 바라보는 등가저항을 구해 $\tau = L/R_{\text{th}}$에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

RL 시정수는 초기전류가 아니라 스위치 동작 후 인덕터가 보는 저항으로 정해지며, 공식은 $\tau = L/R_{\text{th}}$이다.

NoteBase

문 3. 다음 회로에서 전류 I_o [A]는?



① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 회로를 직렬·병렬로 축약한 뒤 옴의 법칙으로 I_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 전원은 $240V$이다.
- I_o는 왼쪽 대각선의 50Ω 저항 전류이다.
- 오른쪽 사각형에는 20Ω, 8Ω, 12Ω, 대각선 20Ω가 있다.

구해야 할 값:
- I_o의 크기이다.

주의할 조건:
- 오른쪽 대각선 20Ω와 8Ω + 12Ω 경로는 같은 두 노드 사이에 놓인 병렬이다.
- I_o는 전체 전류가 아니라 50Ω 한 가지의 전류이다.

NoteBase

사용할 공식

직렬저항은 합으로 계산하고, 병렬저항은 $R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$로 계산한다. 전류는 $I = \frac{V}{R}$를 사용한다.

이 공식을 쓰는 이유:
회로가 브리지처럼 보이지만 오른쪽 부분과 가운데 부분이 순차적으로 직병렬 축약되므로 등가저항을 구한 뒤 각 가지 전류를 나눌 수 있다.

계산 과정

1. 오른쪽 아래 경로는 8Ω와 12Ω의 직렬이므로 20Ω이다.
2. 이 20Ω는 오른쪽 대각선 20Ω와 같은 두 노드 사이에 있으므로 병렬이다. 따라서 오른쪽 부분의 등가저항은 $20 \parallel 20 = 10\Omega$이다.
3. 위쪽 20Ω와 방금 구한 10Ω는 직렬이므로 30Ω이다.
4. 이 30Ω는 가운데 세로 60Ω와 병렬이므로 $60 \parallel 30 = 20\Omega$이다.
5. 왼쪽 위 30Ω와 방금 구한 20Ω는 직렬이므로 위쪽 경로 $A \to E$의 저항은 50Ω이다.
6. 따라서 $A \to E$ 사이에는 직접 연결된 50Ω와 위쪽 경로 50Ω가 병렬로 놓인다. 그러므로 $50 \parallel 50 = 25\Omega$이다.
7. 이 25Ω는 아래의 15Ω와 직렬이므로 전체 저항은 40Ω이다. 전체 전류는 $I_{total} = \frac{240}{40} = 6A$이다.
8. $A \to E$의 두 경로는 둘 다 50Ω이므로 전류가 똑같이 나뉜다. 따라서 $I_o = \frac{6}{2} = 3A$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 $I_o = 3A$이므로 맞는 선택지이다.

② X
- 4는 I_o가 아니다.
- 50Ω 한 가지만 보고 아래의 15Ω와 단순 직렬처럼 처리하면 $240/(50 + 15) \approx 3.69A$가 되어 4에 가깝게 착각할 수 있다.
- 틀린 표현은 "$I_o = 4A$"이고, 올바르게는 "$I_o = 3A$"이다.

③ X
- 5는 I_o가 아니다.
- $240V$가 50Ω 대각선 저항에 그대로 걸린다고 착각하면 $240/50 = 4.8A$로 계산되어 5에 가깝게 오판할 수 있다.
- 실제로는 아래의 15Ω가 직렬로 포함되어 50Ω 가지 양단 전압이 $240V$가 아니다.
- 틀린 표현은 "$I_o = 5A$"이고, 올바르게는 "$I_o = 3A$"이다.

④ X
- 6은 전체 전류 I_{total}일 뿐 I_o가 아니다.
- 두 개의 50Ω 경로가 병렬이므로 전체 전류 $6A$는 두 가지로 똑같이 나뉜다.
- 틀린 표현은 "$I_o = 6A$"이고, 올바르게는 "$I_o = 3A$"이다.

오답 포인트

브리지처럼 보이는 회로에서 바로 결절해석으로 들어가기 전에 직병렬 축약 가능 여부를 놓치기 쉽다. 특히 오른쪽의 8Ω + 12Ω = 20Ω를 대각선 20Ω와 병렬로 보지 못하면 뒤 계산이 모두 틀어진다. 또 I_o를 전체 전류와 혼동하거나, 대각선 50Ω에 전원 $240V$가 그대로 걸린다고 착각하는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

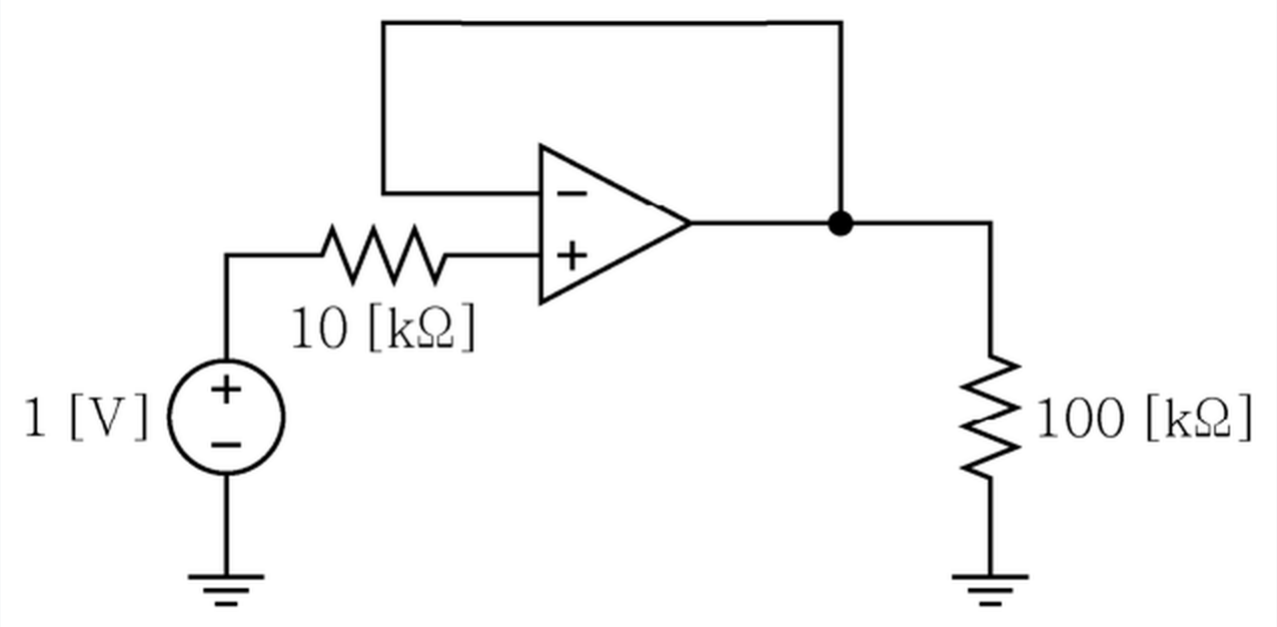
계산형 회로 문제는 바깥쪽부터 같은 두 노드를 공유하는 가지를 찾아 직렬·병렬 축약이 가능한지 먼저 본다. 등가저항을 끝까지 줄여 전체 전류를 구한 뒤, 마지막에 관심 가지 전류가 분류 전류인지 전체 전류인지 구분하면 된다.

암기 포인트

같은 두 노드를 잇는 두 경로는 병렬이고, 같은 저항 두 개의 병렬 전류는 반씩 나뉜다.

NoteBase

문 4. 다음 회로에서 연산증폭기의 출력단자에 연결된 저항이 소비하는 전력 $P[\mu W]$는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 1

② 10

③ 100

④ 1,000

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기의 전압 팔로어 동작을 이용해 출력단 저항의 소비전력 P를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력 전압은 $1V$, 부하저항은 $100k\Omega$이다.
구해야 할 값: 출력단에 연결된 $100k\Omega$ 저항이 소비하는 전력 P이다.
주의할 조건: 연산증폭기가 이상적이므로 입력전류는 0이고, 음귀환이 걸려 있어 $V_- = V_+$가 된다.

NoteBase

사용할 공식

사용 공식은 $P = V^2/R$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 구하려는 값이 출력단 저항의 소비전력이므로 그 저항 양단전압만 알면 전력을 바로 계산할 수 있다. 이상적 연산증폭기에서는 입력전류가 0이어서 $10k\Omega$ 저항에 전압강하가 없으므로 $V_+ = 1V$이고, 전압 팔로어이므로 출력전압도 $1V$이다.

계산 과정

1. 이상적 연산증폭기 입력전류가 0이므로 $10k\Omega$ 저항에는 전류가 흐르지 않는다.
2. 따라서 $10k\Omega$ 저항의 전압강하는 0이어서 $V_+ = 1V$이다.
3. 출력이 음단자에 직접 되먹임되므로 $V_- = V_{out}$이고, 음귀환 조건에서 $V_- = V_+$이므로 $V_{out} = 1V$이다.
4. 부하저항 $100k\Omega$에 걸리는 전압은 $1V$이므로
$P = \frac{V^2}{R} = \frac{1^2}{100 \times 10^3} = 10^{-5}W = 10\mu W$
따라서 정답은 2번이다.

선지 판단

1번 X: $1\mu W$는 계산값과 다르다. 부하저항에 걸리는 전압은 $1V$이므로 전력은 $1^2/100k\Omega = 10\mu W$가 되어야 한다.
2번 O: 출력전압이 $1V$, 부하저항이 $100k\Omega$이므로 $P = 10\mu W$가 맞다.
3번 X: $100\mu W$는 부하저항을 $10k\Omega$로 잘못 본 경우의 값이다. 이 회로에서 전력을 소비하는 대상은 출력단의 $100k\Omega$ 저항이므로 올바른 값은 $10\mu W$이다.
4번 X: $1{,}000\mu W$는 $100k\Omega$의 k를 빠뜨려 $1k\Omega$처럼 계산한 값에 가깝다. 실제 저항은 $100k\Omega$이므로 전력은 $10\mu W$이다.

오답 포인트

입력 쪽의 $10k\Omega$ 저항을 전력 계산 대상과 혼동하거나, 이상적 연산증폭기라서 입력전류가 0이라는 조건을 놓치면 틀리기 쉽다. 또한 $100k\Omega$의 k를 빼먹으면 전력이 100배 커진다.

다시 나오면 이렇게 판단

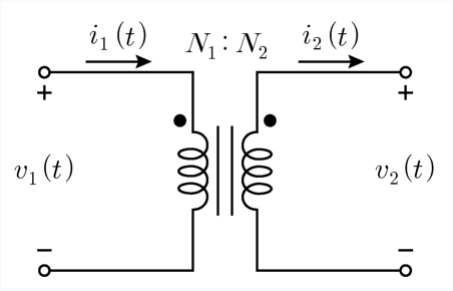
이상적 연산증폭기 회로가 나오면 먼저 입력전류 0, 음귀환에 의한 $V_- = V_+$, 출력전압 결정, 부하 양단전압 확인의 순서로 본다. 그다음 필요한 저항에만 $P = V^2/R$를 적용하면 된다.

암기 포인트

이상적 전압 팔로어는 $V_{out} = V_{in}$이고, 부하전력은 부하 양단전압으로 $P = V^2/R$에서 바로 구한다.

NoteBase

문 5. 다음 회로의 이상적인 변압기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 1차 코일과 2차 코일에 흐르는 전류의 비 $\frac{i_1(t)}{i_2(t)} = \frac{N_1}{N_2}$이다.

② 1차 코일과 2차 코일 간의 결합계수 $k = 1$이다.

③ 1차 코일과 2차 코일의 손실이 0이다.

④ 1차 코일과 2차 코일의 인덕턴스는 무한대이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 도트 극성과 전류 기준방향이 주어진 이상적 변압기에서 전압비와 전류비를 올바르게 적용하는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
그림에서 $v_1(t)$, $v_2(t)$는 모두 도트가 찍힌 윗단자를 기준으로 같은 극성으로 정의되어 있으므로 $\frac{v_1(t)}{v_2(t)} = \frac{N_1}{N_2}$이다. 반면 $i_1(t)$는 도트 단자로 들어가고 $i_2(t)$는 도트 단자에서 나가는 방향으로 정의되어 있으므로 이상적 변압기의 전류 관계는 $N_1 i_1(t) = N_2 i_2(t)$가 된다. 따라서 $\frac{i_1(t)}{i_2(t)} = \frac{N_2}{N_1}$이다.
틀린 표현은 "(i_1(t))/(i_2(t))=(N_1)/(N_2)"이고, 올바르게는 "(i_1(t))/(i_2(t))=(N_2)/(N_1)"이다.

② O
이상적 변압기는 누설자속이 없고 모든 자속이 완전히 상호 결합된 모델이므로 결합계수 $k = 1$이다.

③ O
이상적 변압기는 권선저항에 의한 동손, 철심의 히스테리시스손과 와전류손, 누설에 따른 손실을 모두 무시한 모델이므로 손실이 0이다.

④ O
이상적 변압기는 철심 투자율을 무한대로 본 모델이어서 자화전류가 0이 된다. 이를 인덕턴스 관점에서 보면 1차와 2차의 자기 인덕턴스는 무한대로 취급된다.

오답 포인트

이상적 변압기에서 전압비와 전류비를 같은 방향으로 외우면 ①처럼 틀리기 쉽다. 전압은 권수비와 같지만 전류는 권수비의 역수이며, 도트 기준으로 전류가 들어가는지 나가는지를 함께 봐야 식의 방향을 바르게 잡을 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

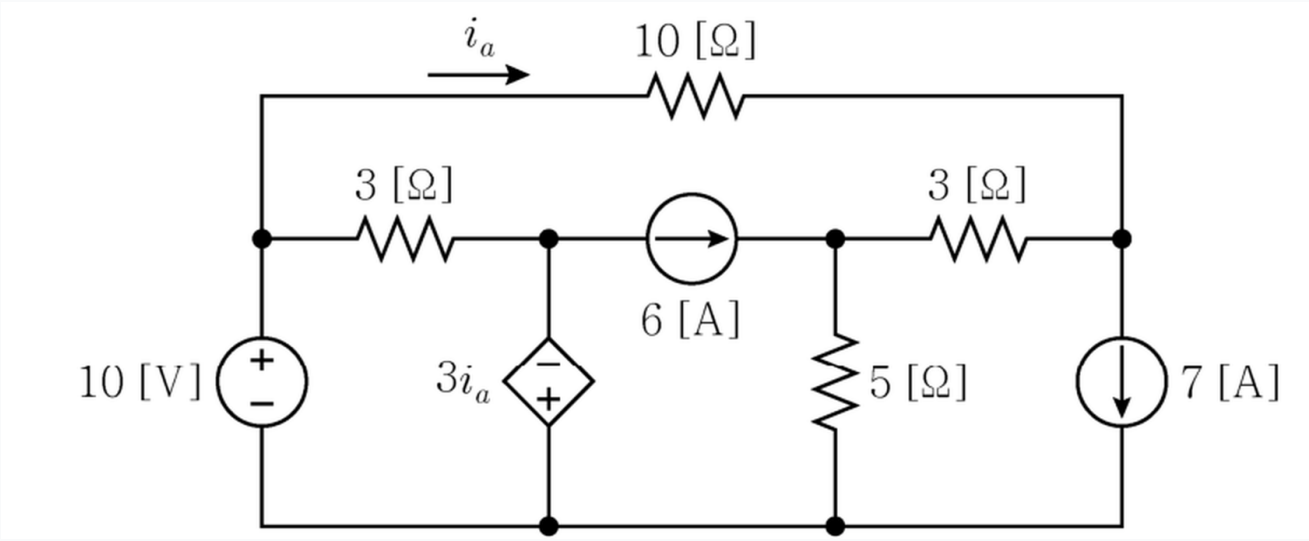
도트 위치와 전압 극성을 먼저 확인한 뒤 전압은 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2}$로 본다. 다음으로 각 전류가 도트 단자로 들어가는지 나가는지를 확인하여 전류비를 잡으면, 이 그림처럼 한쪽은 들어가고 다른 쪽은 나오므로 $\frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}$로 판단된다.

암기 포인트

이상적 변압기는 전압비는 권수비와 같고 전류비는 그 역수이며, 도트는 극성과 전류 부호 기준을 정한다.

NoteBase

문 6. 다음 회로에서 저항 10[Ω]이 소비하는 전력 $P[W]$는?



① 10

② 30

③ 40

④ 90

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 절점 전압법으로 10Ω 저항 전류 i_a를 구한 뒤 $P = i_a^2 R$로 소비전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 왼쪽 절점 전압 $V_A = 10V$, 가운데 오른쪽 절점과 맨 오른쪽 절점의 미지 전압, 그리고 10Ω 저항 전류 i_a이다.
구해야 할 값은 10Ω 저항의 소비전력이다.
주의할 조건은 10Ω 저항 양단 전압이 단순히 $10V$가 아니라 $V_A - V_D$라는 점이다.

사용할 공식

소비전력은 $P = i_a^2 R$ 또는 $P = \frac{V^2}{R}$로 구한다.
이 문제에서는 먼저 절점 방정식으로 맨 오른쪽 절점 전압 V_D를 구하면 $i_a = \frac{10 - V_D}{10}$를 바로 계산할 수 있으므로 절점 전압법을 쓰는 것이 가장 간단하다.

NoteBase

계산 과정

1. 가운데 오른쪽 절점을 V_C, 맨 오른쪽 절점을 V_D로 두면 KCL로
$\frac{V_C - V_D}{3} + \frac{V_C}{5} = 6$
$\frac{V_D - 10}{10} + \frac{V_D - V_C}{3} + 7 = 0$
가 된다.
2. 두 식을 풀면 $V_C = 5V$, $V_D = -10V$이다.
3. 따라서 10Ω 저항 전류는
$i_a = \frac{10 - (-10)}{10} = 2A$
이다.
4. 소비전력은
$P = i_a^2 R = (2)^2 \times 10 = 40W$
이다.

선지별 해설

① X: $10W$가 되려면 10Ω 저항 전류가 $1A$이거나 양단 전압이 $10V$여야 한다. 이 회로에서는 $V_D = -10V$이므로 저항 양단 전압은 $20V$이다. 틀린 값 $10W$ → 올바르게는 $40W$이다.
② X: $30W$가 되려면 $i_a = \sqrt{3}A$여야 한다. 절점해석 결과는 $i_a = 2A$이므로 맞지 않는다. 틀린 값 $30W$ → 올바르게는 $40W$이다.
③ O: $V_D = -10V$이므로 10Ω 저항 전류는 $2A$이고, $P = i_a^2 R = 4 \times 10 = 40W$가 된다. 따라서 정답에 해당한다.
④ X: $90W$가 되려면 $i_a = 3A$ 또는 저항 양단 전압이 $30V$여야 한다. 실제 전류는 $2A$, 실제 양단 전압은 $20V$이므로 성립하지 않는다. 틀린 값 $90W$ → 올바르게는 $40W$이다.

오답 포인트

왼쪽 전압원 $10V$를 10Ω 저항에 그대로 걸린 전압으로 오해하면 ①로 흐르기 쉽다. 또한 전류원 값만 보고 저항 전류를 직접 정하려 하면 ②나 ④ 같은 임의의 수치로 흔들리기 쉽다. 이 문제는 반드시 절점 전압을 먼저 정리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

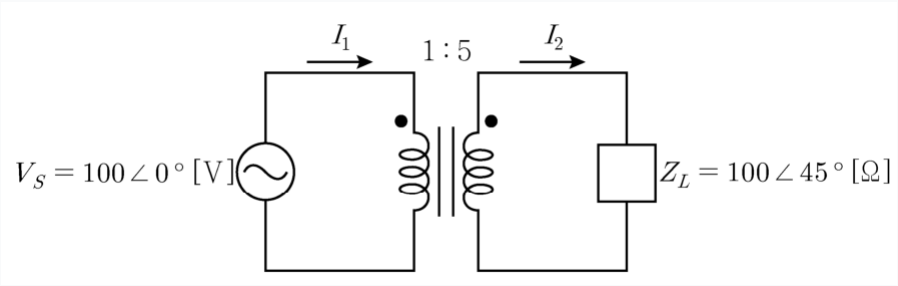
회로 계산형은 구하려는 소자가 연결된 절점 전압부터 잡고 KCL을 세운다. 그다음 소자 전류를 구한 뒤 $P = i^2R$, $P = VI$, $P = \frac{V^2}{R}$ 중 가장 직접적인 식으로 마무리하면 된다.

암기 포인트

저항 전력은 저항 양단 전압이나 전류를 먼저 정확히 구한 뒤 $P = i^2R$로 정리하면 가장 안정적이다.

NoteBase

문 7. 다음 회로에서 전류 I_1 [A]은? (단, 변압기는 이상적이다)



① $25\angle 45^\circ$

② $25\angle -45^\circ$

③ $40\angle 45^\circ$

④ $40\angle -45^\circ$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상변압기의 권수비를 이용해 부하 임피던스를 1차측으로 환산한 뒤, 페이저 나눗셈으로 1차 전류 I_1를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_S = 100\angle 0^\circ\,[V]$, 권수비 $N_1 : N_2 = 1 : 5$, 부하 임피던스 $Z_L = 100\angle 45^\circ\,[\Omega]$이다.
구해야 할 값: 1차 전류 I_1이다.
주의할 조건: 이상변압기이므로 부하를 1차측으로 환산할 때 임피던스는 권수비의 제곱으로 변환되고, 전류 위상은 임피던스로 나눌 때 각도를 뺀다.

사용할 공식

입력 임피던스는 $Z_{in} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.
전류는 $I_1 = \frac{V_S}{Z_{in}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 2차 부하가 1차에서 본 등가 임피던스로 바뀌면 1차 회로가 전원과 등가 임피던스만 남는 단순 교류회로가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 부하를 1차측으로 환산하면 $Z_{in} = \left(\frac{1}{5}\right)^2 \cdot 100\angle 45^\circ = 4\angle 45^\circ\,[\Omega]$이다.
2. 따라서 1차 전류는 $I_1 = \frac{100\angle 0^\circ}{4\angle 45^\circ}$이다.
3. 크기와 위상을 나누면 $I_1 = 25\angle -45^\circ\,[A]$이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 크기 25는 맞지만 위상각 부호가 반대이다. $4\angle 45^\circ$로 나누면 전류의 위상은 -45°가 되므로 올바르게는 $25\angle -45^\circ$이다.
2번 O: 부하 임피던스를 1차측으로 환산한 값이 $4\angle 45^\circ\,[\Omega]$이고, 이를 전원 $100\angle 0^\circ\,[V]$로 나누면 $I_1 = 25\angle -45^\circ\,[A]$가 된다.
3번 X: 전류 크기 40은 권수비 제곱에 따른 임피던스 환산을 잘못 적용한 값이다. 입력 임피던스는 $4\angle 45^\circ\,[\Omega]$이므로 올바른 전류 크기는 25이고, 올바르게는 $25\angle -45^\circ$이다.
4번 X: 위상각 -45°는 맞지만 전류 크기 40이 틀리다. 권수비 환산 후 입력 임피던스가 4이므로 전류 크기는 $100/4 = 25$가 되어야 하며, 올바르게는 $25\angle -45^\circ$이다.

오답 포인트

권수비를 전압비나 전류비에 바로 대입하다가 임피던스 환산의 제곱 관계를 놓치기 쉽다. 또한 페이저 나눗셈에서 각도를 더하는 것이 아니라 빼야 한다는 점을 놓치면 1번처럼 위상 부호가 뒤집힌다.

다시 나오면 이렇게 판단

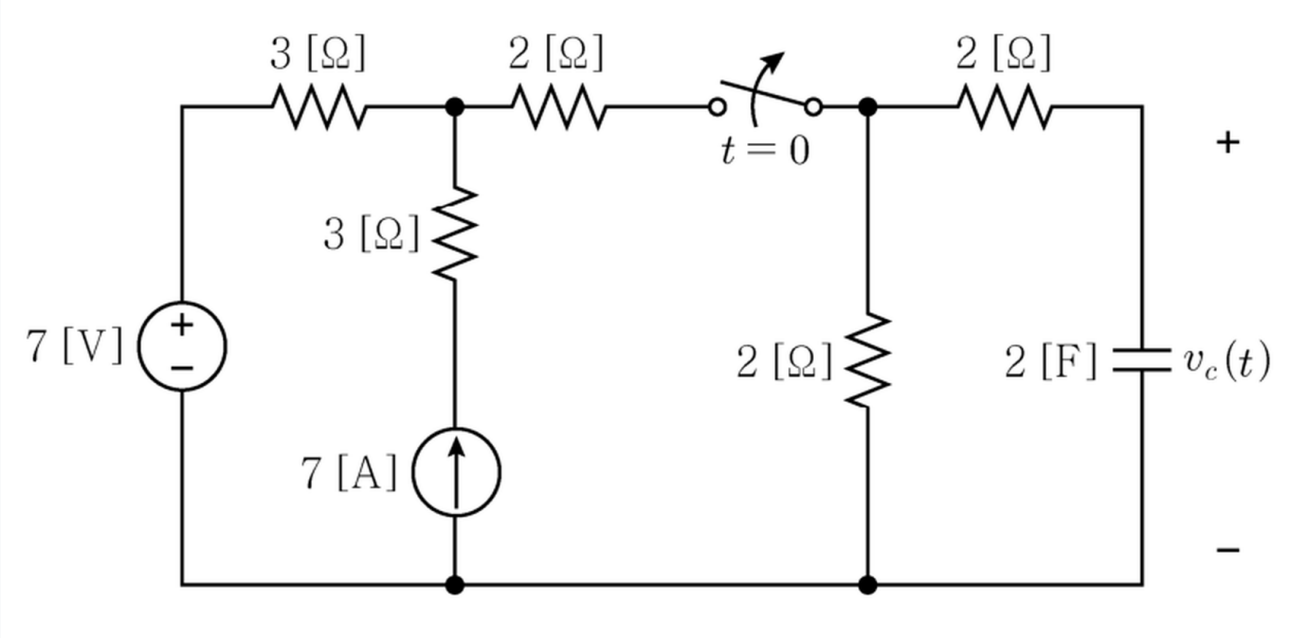
이상변압기 계산 문제는 먼저 부하를 기준측 임피던스로 환산하고, 그다음 V/Z로 전류를 구한 뒤 크기와 위상을 각각 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

이상변압기에서는 임피던스가 $(N_1/N_2)^2$배로 환산되고, 페이저 나눗셈의 위상은 분자의 각도에서 분모의 각도를 뺀다.

NoteBase

문 8. 다음 회로에서 스위치가 $t = 0[sec]$에서 개방된다. $t > 0[sec]$에서 커패시터의 양단전압 $v_c(t)[V]$는? (단, $t < 0[sec]$에서 회로는 정상상태이다)



① $4e^{-t/4}$

② $8e^{-t/4}$

③ $4e^{-t/8}$

④ $8e^{-t/8}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 스위치 개방 전 정상상태에서 커패시터의 초기전압을 구하고, 개방 후 커패시터가 보는 등가저항으로 1차 RC 자연응답 $v_c(t)$를 세우는 문제이다.

조건 정리

$t < 0$에서는 스위치가 닫혀 있고 정상상태이므로 커패시터 전류가 0이다. 따라서 오른쪽 가로 2Ω 저항의 전압강하는 0이어서 커패시터 전압은 스위치 오른쪽 노드 전압과 같다.
$t > 0$에서는 스위치가 열려 오른쪽 회로만 남고, 커패시터는 가로 2Ω와 세로 2Ω를 거쳐 방전한다.
커패시터 전압은 연속이므로 $v_c(0^+) = v_c(0^-)$이다.

NoteBase

사용할 공식

자연응답은 $v_c(t) = v_c(\infty) + \{v_c(0^+) - v_c(\infty)\}e^{-t/\tau}$ 이다.
시정수는 $\tau = R_{\text{th}}C$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치 개방 후 오른쪽 회로가 독립전원이 없는 1차 RC 회로가 되기 때문이다.

계산 과정

1. $t < 0$ 정상상태에서는 커패시터 가지 전류가 0이므로 커패시터 전압은 스위치 오른쪽 노드 전압 V_C와 같다.
2. 아래의 $7A$ 전류원 가지는 중간의 3Ω 저항으로만 연결되므로 그 저항에는 $7A$가 흐른다. 따라서 왼쪽 중심 노드 전압을 V_A라 하면, 노드 A에서 보면 그 가지는 $-7A$가 빠져나가는 효과가 된다.
3. 노드 C에서 KCL을 쓰면 $(V_C - V_A)/2 + V_C/2 = 0$ 이므로 $V_A = 2V_C$ 이다.
4. 노드 A에서 KCL을 쓰면 $(V_A - 7)/3 - 7 + (V_A - V_C)/2 = 0$ 이다. 여기에 $V_A = 2V_C$를 대입하면 $V_C = 8V$ 가 나온다. 따라서 $v_c(0^-) = v_c(0^+) = 8V$ 이다.
5. $t > 0$에서 커패시터가 보는 등가저항은 $R_{\text{th}} = 2 + 2 = 4\Omega$ 이고 최종전압은 $v_c(\infty) = 0V$ 이다.
6. 시정수는 $\tau = R_{\text{th}}C = 4 \times 2 = 8s$ 이다. 따라서 $v_c(t) = 8e^{-t/8}$ 이다.

선지 판단

1번(X): 식의 앞계수와 지수 분모가 모두 틀렸다. 이 식은 초기전압을 $4V$로 잘못 두고 시정수도 $4s$로 잘못 둔 경우이다. 바로잡으면 $8e^{-t/8}$ 이다.
2번(X): 앞계수 8은 맞지만 지수 분모 4가 틀렸다. 스위치 개방 후 커패시터가 보는 저항은 병렬이 아니라 $2\Omega + 2\Omega = 4\Omega$ 이므로 시정수는 $8s$이다. 바로잡으면 $8e^{-t/8}$ 이다.
3번(X): 지수 분모 8은 맞지만 앞계수 4가 틀렸다. 정상상태 초기전압은 노드해석 결과 $8V$이지 $4V$가 아니다. 바로잡으면 $8e^{-t/8}$ 이다.
4번(O): 초기전압이 $8V$, 시정수가 $8s$, 최종전압이 $0V$이므로 $v_c(t) = 8e^{-t/8}$ 이 맞다.

오답 포인트

오답은 두 곳에서 주로 나온다. 하나는 $t < 0$ 정상상태에서 커패시터를 개방으로 보지 않아 초기전압 $8V$를 놓치는 경우이다. 다른 하나는 $t > 0$에서 커패시터가 보는 저항을 병렬 2Ω로 착각해 시정수를 $4s$로 줄여 버리는 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

스위치가 바뀌는 1차 RC 문제는 먼저 $v_c(0^-)$를 구하고, 다음에 $t > 0$ 회로에서 $v_c(\infty)$와 R_{th}를 구한 뒤, 마지막에 $v(t) = V_f + (V_0 - V_f)e^{-t/\tau}$ 형태에 대입하면 일관되게 풀린다.

암기 포인트

1차 RC 응답은 초기값, 최종값, 시정수 $\tau = R_{\text{th}}C$만 정해지면 $v(t) = V_f + (V_0 - V_f)e^{-t/\tau}$ 형태로 바로 정리된다.

NoteBase

문 9. 어떤 부하가 실효치 $100[V]$의 교류 전원에 연결될 때, 지상 역률 0.6의 $36[W]$를 소비한다. 이 역률을 지상 역률 0.8로 개선하기 위해 부하에 병렬로 연결해야 하는 커패시터의 용량$[\mu F]$은? (단, 정현파 교류 전원의 각주파수 $\omega = 300[rad/sec]$이다)

① 6

② 7

③ 8

④ 9

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 역률 개선에서 필요한 커패시터 보상 무효전력을 구한 뒤 C를 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 유효전력 $36W$, 전압 $100V$, 초기 역률 0.6 지상, 목표 역률 0.8 지상, 각주파수 $\omega = 300rad/s$이다.
구해야 할 값: 부하와 병렬로 연결할 커패시터의 용량 C이다.
주의할 조건: 유효전력은 보상 전후에 같고, 커패시터는 필요한 무효전력 차이만 보상한다.

사용할 공식

$Q = P\tan\phi$
$Q_c = Q_1 - Q_2$
$Q_c = V^2\omega C$
이 문제는 같은 유효전력 P에서 역률만 바꾸는 경우이므로 먼저 보상 전후의 무효전력 Q를 구하고, 그 차이를 병렬 커패시터가 공급한다고 본다.

계산 과정

1. 초기 역률이 0.6이므로 $\cos\phi_1 = 0.6$, $\sin\phi_1 = 0.8$, $\tan\phi_1 = \frac{0.8}{0.6} = \frac{4}{3}$이다. 따라서
$Q_1 = P\tan\phi_1 = 36 \times \frac{4}{3} = 48var$이다.
2. 목표 역률이 0.8이므로 $\cos\phi_2 = 0.8$, $\sin\phi_2 = 0.6$, $\tan\phi_2 = \frac{0.6}{0.8} = \frac{3}{4}$이다. 따라서
$Q_2 = P\tan\phi_2 = 36 \times \frac{3}{4} = 27var$이다.
3. 필요한 커패시터 무효전력은 $Q_c = 48 - 27 = 21var$이다.
4. $Q_c = V^2\omega C$이므로 $C = \frac{Q_c}{V^2\omega} = \frac{21}{100^2 \times 300} = 7 \times 10^{-6}F = 7\mu F$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. $6\mu F$이면 커패시터가 공급하는 무효전력은 $100^2 \times 300 \times 6 \times 10^{-6} = 18var$에 불과하다. 필요한 보상량 $21var$보다 작으므로 목표 역률 0.8에 도달하지 못한다. 틀린 표현은 '용량이 6'이고, 올바르게는 '$7\mu F$'이다.
2번: O. $7\mu F$이면 $Q_c = 100^2 \times 300 \times 7 \times 10^{-6} = 21var$가 되어 부하의 무효전력이 $48 - 21 = 27var$로 줄어든다. 이때 역률은 0.8이므로 정답이다.
3번: X. $8\mu F$이면 $Q_c = 24var$가 되어 필요한 보상량보다 크다. 그러면 남는 무효전력은 $24var$가 되어 목표 역률 0.8이 아니라 더 큰 값이 된다. 틀린 표현은 '용량이 8'이고, 올바르게는 '$7\mu F$'이다.
4번: X. $9\mu F$이면 $Q_c = 27var$가 되어 최종적으로 남겨야 할 무효전력 $27var$ 자체를 커패시터가 모두 보상하는 셈이 된다. 필요한 것은 $48var$에서 $27var$로 줄이는 차이 $21var$이므로 틀리다. 틀린 표현은 '용량이 9'이고, 올바르게는 '$7\mu F$'이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 목표 상태의 무효전력 $27var$과 커패시터가 실제로 보상해야 할 무효전력 $21var$를 혼동하는 데 있다. 역률 개선 문제에서는 최종 무효전력 자체가 아니라 보상 전후 무효전력의 차이를 구해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

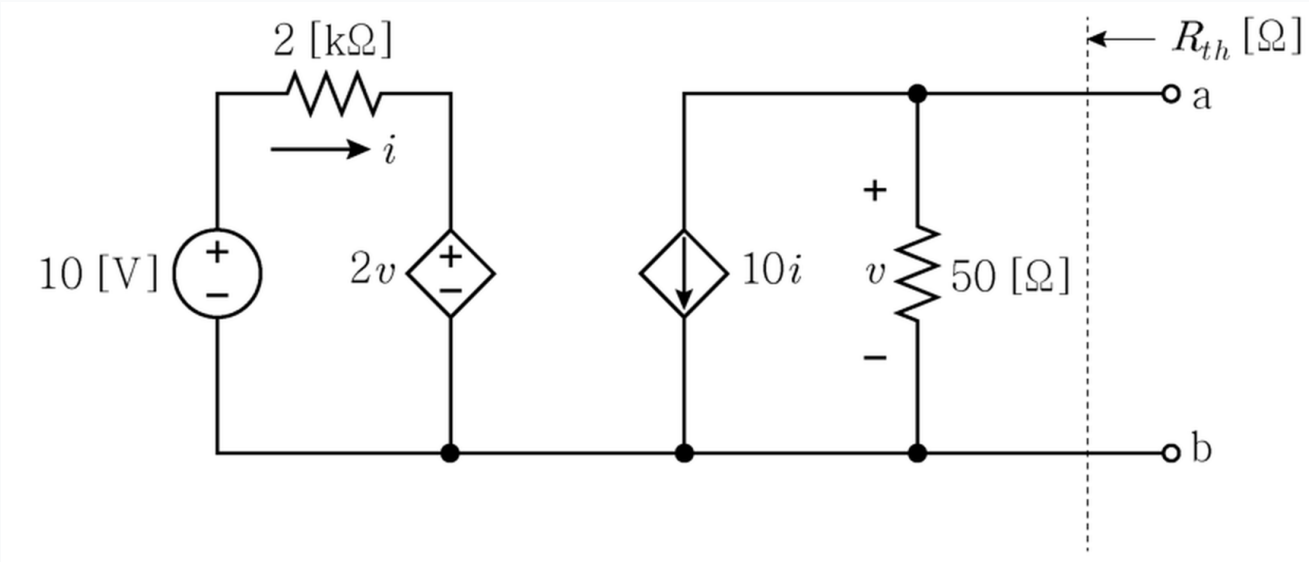
역률 개선 문제는 유효전력을 고정한 뒤 $Q_1 = P\tan\phi_1$, $Q_2 = P\tan\phi_2$, $Q_c = Q_1 - Q_2$, $Q_c = V^2\omega C$ 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

병렬 커패시터 용량은 '보상 전 무효전력 - 보상 후 무효전력'을 전압과 각주파수로 환산한 값이다.

NoteBase

문 10. 다음 회로에서 a, b단에서 좌측으로 본 테브난 등가저항 R_{th} [Ω]는?



① 25

② 50

③ 75

④ 100

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 종속전원이 포함된 회로에서 시험전압법으로 단자 a, b에서 본 테브난 등가저항 R_{th}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로에는 독립전원 $10V$, 종속전압원 $2v$, 종속전류원 $10i$, 저항 $2k\Omega$와 50Ω가 있다.
테브난 등가저항을 구할 때는 독립전원 $10V$를 단락하고 종속전원은 그대로 유지한다.
단자 a, b에 시험전압 V_t를 가하고, 그때의 시험전류 I_t를 구해 $R_{th} = V_t/I_t$를 계산한다.

사용할 공식

사용할 공식은 $R_{th} = \frac{V_t}{I_t}$이다.
종속전원이 있는 회로는 저항만 단순 합성할 수 없으므로, 독립전원만 제거한 뒤 시험원을 걸어 단자 전압과 전류의 비로 입력저항을 구해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 독립전원 $10V$를 단락하면 오른쪽 단자전압은 그대로 $v = V_t$가 된다.
2. 종속전압원의 값이 $2v$이므로 왼쪽 $2k\Omega$ 저항의 오른쪽 노드전압은 $2V_t$이다. 따라서 화살표 방향 전류 i는 $i = \frac{0 - 2V_t}{2000} = -\frac{V_t}{1000}$ 이다.
3. 종속전류원은 $10i = -\frac{V_t}{100}$이므로, 아래 방향을 기준으로 보면 음수이고 실제로는 위쪽으로 $\frac{V_t}{100}$만큼 작용한다.
4. 단자 a로 들어가는 시험전류는 50Ω 저항전류와 종속전류원의 합이므로 $I_t = \frac{V_t}{50} + 10i = \frac{V_t}{50} - \frac{V_t}{100} = \frac{V_t}{100}$ 이다.
5. 따라서 $R_{th} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{V_t}{V_t/100} = 100\Omega$ 이다.

선지별 해설

① X. 25Ω라는 값이 틀렸고, 올바르게는 $R_{th} = 100\Omega$이다. 계산 결과가 100Ω이므로 ①은 성립하지 않는다. 25Ω처럼 지나치게 작은 값은 종속원의 부호 효과를 잘못 읽었을 때 나오는 오판이다.
② X. 50Ω라는 값이 틀렸고, 올바르게는 $R_{th} = 100\Omega$이다. 눈에 보이는 50Ω 저항만으로 등가저항을 정하면 종속전원의 영향을 빠뜨리게 된다.
③ X. 75Ω라는 값이 틀렸고, 올바르게는 $R_{th} = 100\Omega$이다. 시험전류를 끝까지 정리하면 $I_t = V_t/100$이므로 75Ω가 아니라 100Ω가 된다.
④ O. 계산 결과 $R_{th} = 100\Omega$이므로 ④가 옳다. 종속전원이 있는 회로에서 독립전원만 제거하고 시험전압법을 적용한 결과와 정확히 일치한다.

오답 포인트

단순히 50Ω 저항 하나만 보고 등가저항도 50Ω이라고 두면 틀린다. 종속전원이 있으면 제어변수 i, v가 입력전류를 함께 바꾸므로 시험원으로 다시 계산해야 한다. 또 종속전류원 $10i$의 부호를 놓치면 입력전류 방향을 거꾸로 읽어 작은 저항값으로 오판하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

종속전원이 포함된 테브난 저항 문제는 독립전원만 제거하고 종속전원은 유지한 뒤, 단자에 V_t 또는 I_t를 걸어 $R_{th} = V_t/I_t$로 정리하면 된다. 그다음 제어변수 i, v를 시험원 변수로 바꾸어 KCL 또는 KVL 한 식으로 연결하면 계산이 끝난다.

암기 포인트

종속전원이 포함된 R_{th}는 독립전원 제거, 종속전원 유지, 시험원 인가의 순서로 구하는 값이다.

NoteBase

문 11. 두 신호 $s_1(t) = 4e^{-t}u(t)$, $s_2(t) = 5e^{-2t}u(t)$의 콘볼루션(convolution) 적분은? (단, $t \geq 0$ [sec]이고, $u(t)$는 단위계단함수이다)

① $-20(e^{-t} - e^{-2t})$

② $-20(e^{-t} + e^{-2t})$

③ $20(e^{-t} - e^{-2t})$

④ $20(e^{-t} + e^{-2t})$

정답 3번

출제 포인트

단위계단함수가 붙은 두 지수감쇠 신호의 컨볼루션을 적분으로 계산하고, 최종식을 부호와 지수항까지 정확히 정리할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $s_1(t) = 4e^{-t}u(t)$, $s_2(t) = 5e^{-2t}u(t)$이다.
구해야 할 값은 $(s_1 * s_2)(t)$이다.
두 신호 모두 $u(t)$가 붙은 causal 신호이므로 적분 구간은 $0 \leq \tau \leq t$이다.

사용할 공식

컨볼루션은 $(s_1 * s_2)(t) = \int_0^t s_1(\tau)s_2(t-\tau)d\tau$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 신호가 모두 $t < 0$에서 0이므로 겹치는 구간이 0부터 t까지로 정해지기 때문이다.

계산 과정

1. $(s_1 * s_2)(t) = \int_0^t 4e^{-\tau} \cdot 5e^{-2(t-\tau)}d\tau = 20e^{-2t}\int_0^t e^{\tau}d\tau$
2. $\int_0^t e^{\tau}d\tau = e^t - 1$
3. $(s_1 * s_2)(t) = 20e^{-2t}(e^t - 1) = 20(e^{-t} - e^{-2t})$

문항에서 t≥0를 조건으로 주었으므로 선지에서는 $u(t)$를 생략한 형태로 비교하면 된다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 계산 결과의 크기는 맞지만 전체 부호가 반대이다. $-20(e^{-t}-e^{-2t})$가 아니라 $20(e^{-t}-e^{-2t})$가 되어야 한다.
2번: X. 두 지수항이 차가 아니라 합으로 적혀 있어 적분 결과를 잘못 정리한 식이다. $-20(e^{-t}+e^{-2t})$가 아니라 $20(e^{-t}-e^{-2t})$가 되어야 한다.
3번: O. 계산 결과 $20(e^{-t}-e^{-2t})$와 정확히 일치하므로 옳다.
4번: X. 전체 부호는 양수이지만 두 항 사이 부호가 틀렸다. $20(e^{-t}+e^{-2t})$가 아니라 $20(e^{-t}-e^{-2t})$가 되어야 한다.

오답 포인트

적분 뒤에 $e^{-2t}(e^{t}-1)$를 정리하면서 $e^{-t}-e^{-2t}$를 $e^{-t}+e^{-2t}$로 바꾸거나, 앞의 계수 20의 부호를 잘못 붙이면 오답이 된다. 또 $t=0$에서 컨볼루션 값이 0이어야 한다는 점을 확인하면 2번과 4번 같은 합형 식을 빠르게 걸러낼 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

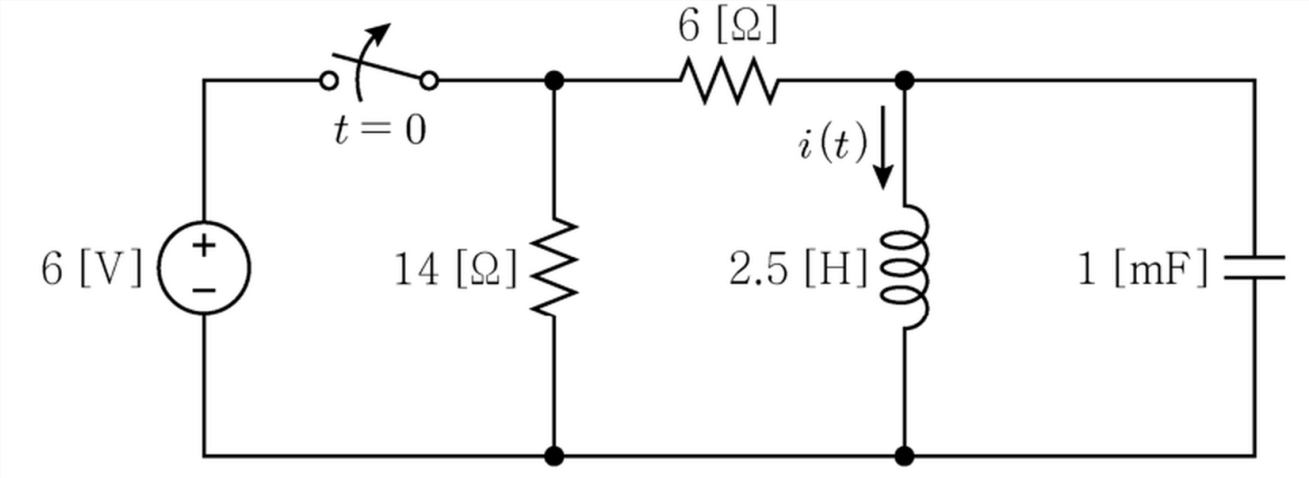
지수함수 컨볼루션은 먼저 $u(t)$로 적분 구간을 정하고, 바깥으로 묶이는 지수항과 적분 안에 남는 지수항을 분리해 계산한다. 마지막에는 $t=0$ 대입으로 값이 0이 되는지 확인하면 부호와 합·차 오류를 한 번 더 점검할 수 있다.

암기 포인트

서로 다른 감쇠지수의 컨볼루션은 합형보다 차형 $e^{-at}-e^{-bt}$ 꼴로 정리되는 경우가 많다.

NoteBase

문 12. 다음 회로에서 스위치가 $t = 0[sec]$에서 개방된다. $t > 0[sec]$에서 전류 $i(t)[A]$는? (단, $t < 0[sec]$에서 회로는 정상상태이다)



① $-\frac{4}{3}e^{-10t} + \frac{1}{3}e^{-40t}$

② $-\frac{1}{3}e^{-10t} + \frac{4}{3}e^{-40t}$

③ $\frac{4}{3}e^{-10t} - \frac{1}{3}e^{-40t}$

④ $\frac{4}{3}e^{-10t} + \frac{1}{3}e^{-40t}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 스위치 개방 후 병렬 RLC 자연응답에서 초기 인덕터 전류와 초기 커패시터 전압을 이용해 $i(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

$t < 0$에서는 정상상태이므로 인덕터는 단락, 커패시터는 개방으로 본다.
따라서 6 Ω 저항에는 $6/6 = 1A$가 흐르므로 $i(0^-) = i(0^+) = 1A$이다.
인덕터가 단락이므로 커패시터 양단 전압은 0 V이고, $v_C(0^-) = v_C(0^+) = 0V$이다.
$t > 0$에서 스위치가 열리면 전원은 분리되고, 인덕터와 커패시터가 보는 저항은 $6 + 14 = 20\Omega$이다.

사용할 공식

병렬 자연응답에 대해 노드전압을 $v(t)$라 두면 $\frac{v}{R} + C\frac{dv}{dt} + i(t) = 0$이고, 인덕터 전압은 $v = L\frac{di}{dt}$이다.
이를 대입하면 $LC\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{L}{R}\frac{di}{dt} + i = 0$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치 개방 후 회로가 전원이 없는 병렬 RLC 자연응답 회로로 바뀌기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

주어진 값은 $L = 2.5H, C = 1mF = 0.001F, R = 20\Omega$이다.
따라서 미분방정식은 $0.0025i'' + 0.125i' + i = 0$ 이고, 정리하면 $i'' + 50i' + 400i = 0$ 이다.
특성방정식 $r^2 + 50r + 400 = 0$의 근은 $r = -10,\ -40$이므로 $i(t) = Ae^{-10t} + Be^{-40t}$ 이다.
초기조건 $i(0^+) = 1$에서 $A + B = 1$이고, $v(0^+) = Li'(0^+) = 0$이므로 $-10A - 40B = 0$이다.
이를 풀면 $A = \frac{4}{3}, B = -\frac{1}{3}$이므로 $i(t) = \frac{4}{3}e^{-10t} - \frac{1}{3}e^{-40t}$ 이다.

선지 판단

1번 X: $-\frac{4}{3}e^{-10t} + \frac{1}{3}e^{-40t}$는 $t = 0$에서 전류가 $-1A$가 되어 초기조건 $i(0^+) = 1A$를 만족하지 못한다.
올바르게는 $\frac{4}{3}e^{-10t} - \frac{1}{3}e^{-40t}$이다.
2번 X: $-\frac{1}{3}e^{-10t} + \frac{4}{3}e^{-40t}$는 $i(0^+) = 1A$는 맞지만 $i'(0^+) = -50$이 되어 $v(0^+) = Li'(0^+) = 0$ 조건을 만족하지 못한다. 올바르게는 $\frac{4}{3}e^{-10t} - \frac{1}{3}e^{-40t}$이다.
3번 O: $\frac{4}{3}e^{-10t} - \frac{1}{3}e^{-40t}$는 $i(0^+) = 1A, i'(0^+) = 0$을 모두 만족하므로 옳다.
4번 X: $\frac{4}{3}e^{-10t} + \frac{1}{3}e^{-40t}$는 $t = 0$에서 전류가 $\frac{5}{3}A$가 되어 초기 인덕터 전류와 맞지 않는다. 올바르게는 $\frac{4}{3}e^{-10t} - \frac{1}{3}e^{-40t}$이다.

오답 포인트

스위치가 열리면 전압원을 단락으로 두는 것이 아니라 회로에서 분리된다고 보아야 한다. 따라서 $t > 0$의 저항은 6Ω와 14Ω의 병렬이 아니라 LC 노드에서 본 직렬 저항 20Ω이다. 또한 인덕터 전류 연속조건만 보고 커패시터 전압 연속조건 $v(0^+) = 0$을 놓치면 계수 부호를 잘못 잡기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

스위치 전환 회로는 먼저 $t < 0$ 정상상태에서 $i_L(0^+), v_C(0^+)$를 정하고, 그다음 $t > 0$ 등가회로의 특성방정식을 세운 뒤 두 초기조건으로 지수항 계수를 정하면 된다.

암기 포인트

인덕터 전류는 연속, 커패시터 전압은 연속이며, 스위치 개방 후 LC 노드에서 본 저항은 $6 + 14 = 20\Omega$이다.

NoteBase

문 13. 어떤 회로의 전달함수가 $H(s)=\frac{2}{s+5}$이고, 정상상태 출력전압이 $v_o(t)=\sin(t)u(t)[V]$일 때, 이 회로의 입력전압 $v_i(t)[V]$는? (단, $u(t)$는 단위계단함수이다)

① $\left[\frac{1}{2}\sin(t)+\frac{5}{2}\cos(t)\right]u(t)$
② $\left[\frac{1}{2}\sin(t)-\frac{5}{2}\cos(t)\right]u(t)$
③ $\left[\frac{1}{2}\cos(t)+\frac{5}{2}\sin(t)\right]u(t)$
④ $\left[\frac{1}{2}\cos(t)-\frac{5}{2}\sin(t)\right]u(t)$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{2}{s+5}$를 시간영역 미분방정식으로 바꾸어, 주어진 정상상태 출력으로부터 입력전압을 역으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $H(s)=\frac{2}{s+5}$, $v_o(t)=\sin tu(t)$.
구해야 할 값: 입력전압 $v_i(t)$.
주의할 조건: 출력이 $\sin tu(t)$이므로 $\frac{d}{dt}[\sin tu(t)]=\cos tu(t)$가 된다.

사용할 공식

$H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{2}{s+5}$ 이므로 $(s+5)V_o(s)=2V_i(s)$이다. 이를 시간영역으로 옮기면 $\frac{dv_o(t)}{dt}+5v_o(t)=2v_i(t)$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 출력 $v_o(t)$가 직접 주어졌으므로, 전달함수를 입력 대 출력의 미분방정식 관계로 바꾸면 입력 $v_i(t)$를 바로 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $v_o(t)=\sin tu(t)$를 대입하면 $\frac{dv_o(t)}{dt}=\cos tu(t)$이다.
2. 따라서 $2v_i(t)=\cos tu(t)+5\sin tu(t)$이다.
3. 정리하면 $v_i(t)=\left(\frac{1}{2}\cos t+\frac{5}{2}\sin t\right)u(t)$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

1번: X. $\left(\frac{1}{2}\sin t+\frac{5}{2}\cos t\right)u(t)$는 $\sin t$와 $\cos t$의 계수가 서로 뒤바뀐 식이다. 올바르게는 $\left(\frac{1}{2}\cos t+\frac{5}{2}\sin t\right)u(t)$이어야 한다.
2번: X. $\left(\frac{1}{2}\sin t-\frac{5}{2}\cos t\right)u(t)$는 항의 종류도 맞지 않고 $\frac{5}{2}$ 항의 부호도 틀리다. 올바르게는 $\sin t$ 앞에 $\frac{5}{2}$, $\cos t$ 앞에 $\frac{1}{2}$가 오고 둘 다 양수여야 한다.
3번: O. 계산 결과가 정확히 $\left(\frac{1}{2}\cos t+\frac{5}{2}\sin t\right)u(t)$이므로 옳다.
4번: X. $\left(\frac{1}{2}\cos t-\frac{5}{2}\sin t\right)u(t)$는 $\frac{5}{2}\sin t$ 항의 부호를 음수로 잘못 둔 식이다. 올바르게는 $\left(\frac{1}{2}\cos t+\frac{5}{2}\sin t\right)u(t)$이다.

오답 포인트

전달함수 $\frac{2}{s+5}$를 보고 곧바로 주파수응답만 떠올리면 $\sin t$와 $\cos t$의 계수를 뒤섞기 쉽다. 특히 미분하면 $\sin t$가 $\cos t$로 바뀐다는 점과, 식 $2v_i=\dot{v}_o+5v_o$에서 두 항이 모두 더해진다는 점을 놓치면 1번, 2번, 4번 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

출력이 주어진 전달함수 문제는 먼저 $H(s)$를 $(s+5)V_o=2V_i$ 같은 미분방정식으로 바꾼다. 그다음 주어진 $v_o(t)$를 미분해 $\dot{v}_o+5v_o$를 만든 뒤 마지막에 2로 나누면 입력을 안정적으로 구할 수 있다.

암기 포인트

$H(s)=\frac{2}{s+5}$이면 항상 $2v_i=\dot{v}_o+5v_o$로 바꾼다. 출력이 $\sin t$이면 미분항에서 $\cos t$가 추가된다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 14. 어떤 회로의 전달함수가 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{2s^2}{s^2+12s+35}$이고, 이 회로에 입력전압 $v_i(t)=tu(t)$ [V]를 인가할 때, 출력전압 $v_o(t)$ [V]는? (단, $V_i(s)$와 $V_o(s)$는 각각 $v_i(t)$와 $v_o(t)$의 라플라스 변환이고, $u(t)$는 단위계단함수이다)

① $(-e^{-7t}+e^{-5t})u(t)$

② $(e^{-7t}-e^{-5t})u(t)$

③ $(e^{-7t}+e^{-5t})u(t)$

④ $(e^{7t}-e^{5t})u(t)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전달함수와 라플라스 변환을 이용해 램프 입력 $v_i(t)=tu(t)$에 대한 출력 $v_o(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $H(s)=V_o(s)/V_i(s)=2s^2/(s^2+12s+35)$, $v_i(t)=tu(t)$
구해야 할 값: $v_o(t)$
주의할 조건: $tu(t)$의 라플라스 변환은 $1/s^2$이므로 전달함수의 s^2와 약분된다.

사용할 공식

$V_o(s)=H(s)V_i(s)$, $\mathcal{L}\{tu(t)\}=1/s^2$
이 공식을 쓰는 이유: 전달함수는 입력의 라플라스 변환에 곱해 출력의 라플라스 변환을 만드는 관계이므로, 먼저 $V_i(s)$를 구한 뒤 부분분수 전개로 역라플라스 변환한다.

계산 과정

1. $v_i(t)=tu(t)$ 이므로 $V_i(s)=1/s^2$이다.
2. $V_o(s)=H(s)V_i(s)=\frac{2s^2}{s^2+12s+35}\cdot\frac{1}{s^2}=\frac{2}{s^2+12s+35}$이다.
3. $s^2+12s+35=(s+5)(s+7)$ 이므로 $V_o(s)=\frac{2}{(s+5)(s+7)}=\frac{1}{s+5}-\frac{1}{s+7}$이다.
4. 역라플라스 변환하면 $v_o(t)=(e^{-5t}-e^{-7t})u(t)$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. $(-e^{-7t}+e^{-5t})u(t)$는 항의 순서를 바꾸면 $(e^{-5t}-e^{-7t})u(t)$와 같으므로 계산 결과와 일치한다.
2번: X. $(e^{-7t}-e^{-5t})u(t)$는 계산 결과 $(e^{-5t}-e^{-7t})u(t)$와 전체 부호가 반대이다. 틀린 표현은 두 항의 부호 순서이며, 올바르게는 $(-e^{-7t}+e^{-5t})u(t)$ 또는 $(e^{-5t}-e^{-7t})u(t)$이다.
3번: X. 두 지수항을 더하면 $\frac{1}{s+5}+\frac{1}{s+7}$에 대응하므로 부분분수 전개에서 한 항의 부호를 잘못 잡은 경우이다. 틀린 표현은 가운데 부호이며, 올바르게는 $(-e^{-7t}+e^{-5t})u(t)$이다.
4번: X. 역라플라스 변환 결과는 분모가 $(s+a)$이면 e^{-at}가 되어야 하므로 양의 지수 e^{5t}, e^{7t}는 나올 수 없다. 틀린 표현은 지수의 부호이며, 올바르게는 $(-e^{-7t}+e^{-5t})u(t)$이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 전달함수의 s^2와 입력 $1/s^2$가 약분된 뒤, $\frac{2}{(s+5)(s+7)}$를 부분분수 전개하면서 계수의 부호를 뒤집는 데 있다. 또한 $1/(s+a)$의 역라플라스 변환을 e^{at}로 착각하면 4번 같은 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

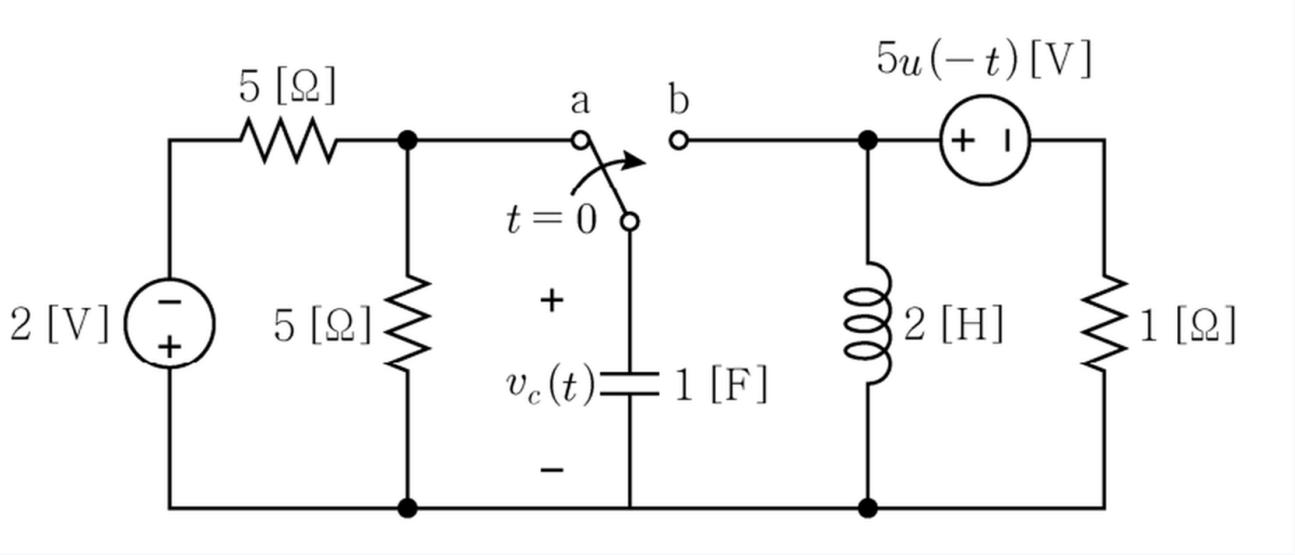
전달함수 문제는 먼저 $V_i(s)$를 구해 $V_o(s)=H(s)V_i(s)$로 바꾼 다음, 약분 여부를 확인하고, 마지막에 $1/(s+a)\leftrightarrow e^{-at}u(t)$ 대응으로 역변환을 판단한다.

암기 포인트

램프 입력 $tu(t)$는 $1/s^2$, $1/(s+a)$의 역라플라스 변환은 $e^{-at}u(t)$이다.

NoteBase

문 15. 다음 회로에서 스위치가 $t = 0[sec]$에서 a에서 b로 움직인다. $t > 0[sec]$에서 커패시터의 양단전압 $v_c(t)$ [V]는? (단, $t < 0[sec]$에서 회로는 정상상태이고, $u(t)$는 단위계단함수이다)



① $e^{-0.5t}[-\cos(0.5t) - 9\sin(0.5t)]$

② $e^{-0.5t}[-\cos(0.5t) - 6\sin(0.5t)]$

③ $e^{-0.5t}[-2\cos(0.5t) - 9\sin(0.5t)]$

④ $e^{-0.5t}[-2\cos(0.5t) - 6\sin(0.5t)]$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치 전환 전 정상상태에서 $v_c(0^+)$, $i_L(0^+)$를 구한 뒤 병렬 RLC 자연응답식을 세워 $v_c(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

$t < 0$에서 스위치는 a에 있고 커패시터는 정상상태이므로 개방, 인덕터는 정상상태이므로 단락이다.
좌측 회로에서 위쪽 전원 단자는 $-2V$, 아래 기준노드는 0 V이므로 5 Ω-5 Ω 분압에 의해
$v_c(0^-) = v_c(0^+) = -1V$이다.
우측 회로는 $t < 0$에서 전압원 $5u(-t)$가 5 V이고 인덕터가 단락이므로 $i_L(0^-) = i_L(0^+) = 5A$이다.
$t > 0$에서는 $u(-t) = 0$이므로 우측 전압원은 0 V 전압원, 즉 단락으로 바뀌어 $R = 1\Omega, L = 2H, C = 1F$의 무전원 병렬회로가 된다.

NoteBase

사용할 공식

병렬 회로의 윗노드 전압을 $v_c(t)$로 두면 KCL로 $C\frac{dv_c}{dt} + \frac{v_c}{R} + i_L = 0$이다.
또한 인덕터에는 같은 노드전압이 걸리므로 $v_c = L\frac{di_L}{dt}$이다.
두 식을 합치면 $\frac{d^2v_c}{dt^2} + \frac{1}{RC}\frac{dv_c}{dt} + \frac{1}{LC}v_c = 0$이고, 이 문제에서는 $R = 1, L = 2, C = 1$이므로 $\frac{d^2v_c}{dt^2} + \frac{dv_c}{dt} + \frac{1}{2}v_c = 0$이 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치가 b로 이동한 뒤 커패시터, 인덕터, 저항이 모두 같은 두 단자 사이에 병렬로 연결된 무전원 자연응답 회로이기 때문이다.

계산 과정

1. 특성방정식은 $s^2 + s + \frac{1}{2} = 0$이고 근은 $s = -\frac{1}{2} \pm j\frac{1}{2}$이다.
2. 따라서 $v_c(t) = e^{-0.5t}[A\cos(0.5t) + B\sin(0.5t)]$이다.
3. $v_c(0^+) = -1$이므로 $A = -1$이다.
4. $t = 0^+$에서 KCL을 쓰면 $\frac{dv_c}{dt}(0^+) = -v_c(0^+) - i_L(0^+) = 1 - 5 = -4$이다.
5. 일반해를 미분하면 $\frac{dv_c}{dt}(0^+) = -0.5A + 0.5B$이므로 $0.5 + 0.5B = -4$, 따라서 $B = -9$이다.
6. 최종적으로 $v_c(t) = e^{-0.5t}[-\cos(0.5t) - 9\sin(0.5t)]$이다.

선지 판단

1번 O: 계산 결과와 정확히 일치한다. $v_c(0^+) = -1$, $\frac{dv_c}{dt}(0^+) = -4$를 모두 만족하므로 정답이다.
2번 X: 틀린 표현은 $-6\sin(0.5t)$이다. 이 식은 초기기울기를 -2.5로 만드는 값이라서 $i_L(0^+) = 5A$ 조건을 반영하지 못한다. 올바르게는 $e^{-0.5t}[-\cos(0.5t) - 9\sin(0.5t)]$이다.
3번 X: 틀린 표현은 $-2\cos(0.5t)$이다. 이는 $v_c(0^+) = -2V$로 본 경우의 형태인데, 실제 초기전압은 좌측 5 Ω -5 Ω 분압으로 $-1V$이다. 올바르게는 $e^{-0.5t}[-\cos(0.5t) - 9\sin(0.5t)]$이다.
4번 X: $-2\cos(0.5t)$와 $-6\sin(0.5t)$가 모두 틀린 표현이다. 초기전압도 잘못 잡았고 초기기울기도 잘못 잡은 경우이다. 올바르게는 $e^{-0.5t}[-\cos(0.5t) - 9\sin(0.5t)]$이다.

오답 포인트

좌측 2 V 전원의 극성을 반대로 읽어 $v_c(0^-)$를 $-1V$가 아니라 $-2V$로 잡기 쉽다. 또 $t > 0$에서 $5u(-t)$가 0이 된다는 점과 인덕터 전류 연속조건 $i_L(0^+) = i_L(0^-)$를 놓치면 sin 항 계수를 잘못 구하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

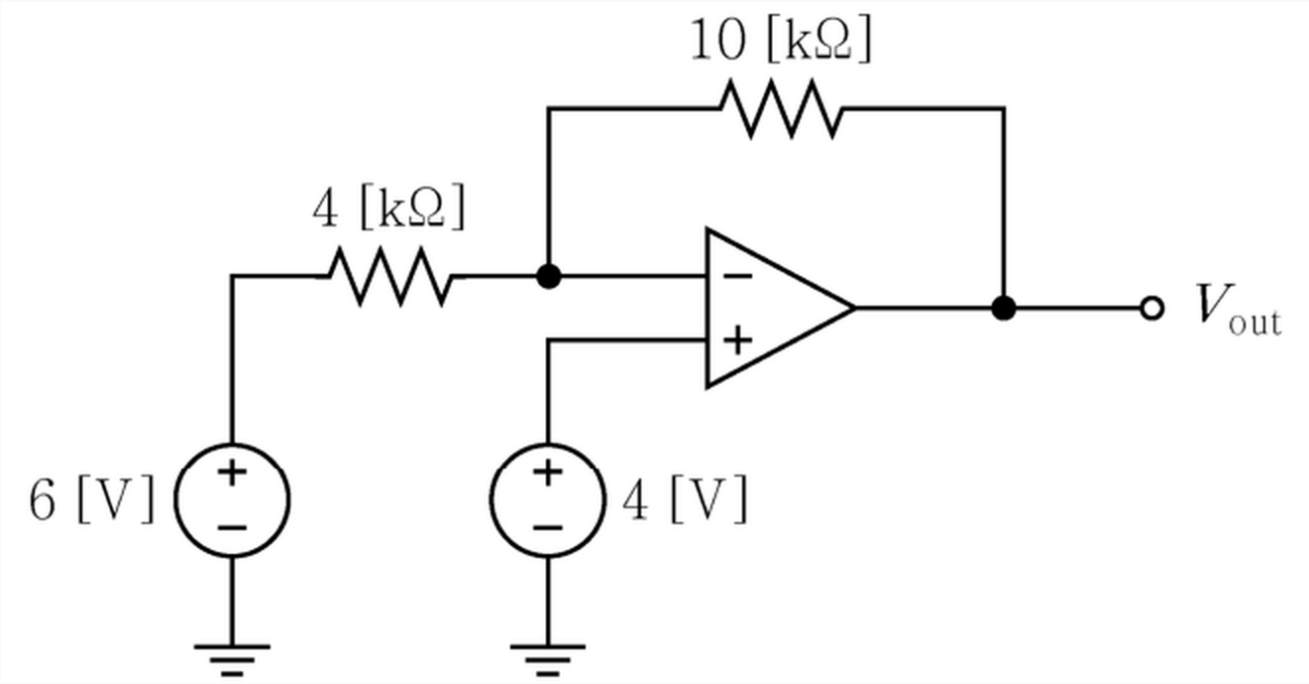
스위치 과도문제는 먼저 $t < 0$ 정상상태에서 커패시터는 개방, 인덕터는 단락으로 치환해 초기조건 $v_C(0^+)$, $i_L(0^+)$를 구한다. 그다음 $t > 0$ 회로를 독립전원 제거 상태로 다시 그린 뒤 KCL 또는 KVL로 자연응답 미분방정식을 세우면 된다.

암기 포인트

스위치 과도응답의 핵심은 v_C 연속, i_L 연속, 그리고 전환 후 등가회로에서 자연응답식을 세우는 순서이다.

NoteBase

문 16. 다음 회로에서 출력전압 V_{out} [V]은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① -7

② -5

③ -3

④ -1

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 가상단락 조건과 반전 입력 노드의 전류평형을 이용해 출력전압 V_{out}을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 비반전 입력 전압은 $4V$, 좌측 전원은 $6V$, 입력 저항은 $4k\Omega$, 피드백 저항은 $10k\Omega$이다.
구해야 할 값: 출력전압 V_{out}이다.
주의할 조건: 이상적인 연산증폭기이므로 $V_- = V_+ = 4V$이고 입력단 전류는 0이다.

NoteBase

사용할 공식

반전 입력 노드에 키르히호프 전류법칙을 적용한다.
$\frac{V_- - 6}{4k\Omega} + \frac{V_- - V_{out}}{10k\Omega} = 0$
이 공식을 쓰는 이유는 이상적인 연산증폭기에서는 입력단으로 전류가 들어가지 않으므로, 반전 입력 노드로 들어오고 나가는 전류의 합이 0이 되기 때문이다.

계산 과정

1. 이상적인 연산증폭기이므로 $V_- = V_+ = 4V$이다.
2. 반전 입력 노드에서 KCL을 적용하면
$\frac{4-6}{4k\Omega} + \frac{4-V_{out}}{10k\Omega} = 0$
이다.
3. 이를 정리하면
$-\frac{2}{4k\Omega} + \frac{4-V_{out}}{10k\Omega} = 0$
$\frac{4-V_{out}}{10k\Omega} = 0.5mA$
$4 - V_{out} = 5V \Rightarrow V_{out} = -1V$
이므로 정답은 4번이다.

선지별 해설

① X
출력전압을 $-7V$로 두면 피드백 저항 전류는 $\frac{4-(-7)}{10k\Omega} = 1.1mA$가 된다. 입력 저항 쪽 전류는 $\frac{6-4}{4k\Omega} = 0.5mA$이므로 전류평형이 맞지 않는다. 출력전압은 $-7V$가 아니라 $-1V$이다.

② X
출력전압을 $-5V$로 두면 피드백 저항 전류는 $0.9mA$가 되어 입력 저항 전류 $0.5mA$와 일치하지 않는다. 가상단락 조건만이 아니라 반전 입력 노드의 KCL까지 함께 만족해야 하므로 출력전압은 $-5V$가 아니라 $-1V$이다.

③ X
출력전압을 $-3V$로 두면 피드백 저항 전류는 $0.7mA$가 된다. 이 값도 입력 저항 전류 $0.5mA$와 달라 반전 입력 노드가 평형이 되지 않는다. 출력전압은 $-3V$가 아니라 $-1V$이다.

④ O
출력전압을 $-1V$로 두면 피드백 저항 전류는 $\frac{4-(-1)}{10k\Omega} = 0.5mA$가 된다. 이는 입력 저항을 통해 들어오는 전류 $\frac{6-4}{4k\Omega} = 0.5mA$와 정확히 같아 KCL을 만족한다. 따라서 ④가 옳다.

오답 포인트

비반전 입력이 $4V$에 고정되어 있다는 점을 놓치면 반전 증폭기 공식을 0V 기준으로 잘못 적용하기 쉽다. 이 문항의 함정은 가상단락으로 $V_- = 4V$를 먼저 잡지 않고 바로 저항비만 계산하는 데 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

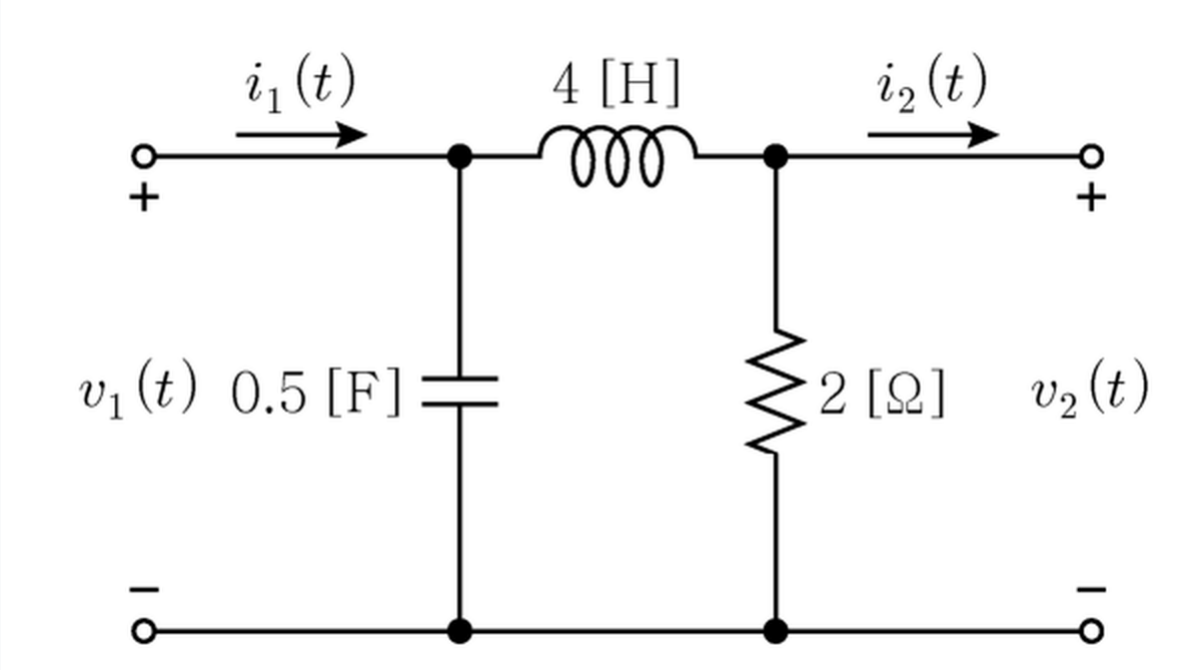
이상적인 연산증폭기 회로는 먼저 $V_+ = V_-$를 확정한 뒤, 입력단 전류가 0이라는 조건으로 반전 입력 노드에 KCL을 세우면 안정적으로 풀린다. 기준전압이 0이 아닌 경우에는 그 기준전압을 포함한 상태에서 식을 세워야 한다.

암기 포인트

이상적인 연산증폭기 계산은 가상단락 $V_+ = V_-$과 입력전류 0을 먼저 적용한 뒤 KCL로 마무리하는 구조이다.

NoteBase

문 17. 다음 회로를 ABCD 파라미터로 나타낼 때, $C[S]$는? (단, 정현파 교류 전원의 각주파수 $\omega = 1[rad/sec]$이다)



① j

② $\frac{1}{2}(-1+j)$

③ $2j$

④ $1+2j$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 병렬 어드미턴스, 직렬 임피던스의 ABCD 연쇄행렬을 곱해 C 파라미터를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 각주파수는 $\omega = 1rad/s$, 커패시터는 $C = 0.5F$, 인덕터는 $L = 4H$, 저항은 $R = 2\Omega$이다.
구해야 할 값: 2포트의 ABCD 파라미터 중 C값이다.
주의할 조건: 왼쪽은 병렬 커패시터, 가운데는 직렬 인덕터, 오른쪽은 병렬 저항이므로 행렬 형태가 서로 다르다.

사용할 공식

병렬 어드미턴스 Y의 연쇄행렬은 $[1, 0; Y, 1]$이고, 직렬 임피던스 Z의 연쇄행렬은 $[1, Z; 0, 1]$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 회로가 입력에서 출력까지 병렬 소자 - 직렬 소자 - 병렬 소자의 연속 연결로 구성된 2포트 회로이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

커패시터의 어드미턴스는 $Y_C = j\omega C = j \times 1 \times 0.5 = j/2$이다.
인덕터의 임피던스는 $Z_L = j\omega L = j \times 1 \times 4 = j4$이다.
저항의 어드미턴스는 $Y_R = 1/R = 1/2$이다.
따라서 전체 연쇄행렬은 $[A, B; C, D] = [1, 0; j/2, 1][1, j4; 0, 1][1, 0; 1/2, 1]$이다.
앞의 두 행렬을 먼저 곱하면 $[1, j4; j/2, -1]$이고, 여기에 마지막 행렬을 곱하면 $[1 + j2, j4; (-1 + j)/2, -1]$이다.
따라서 $C = (-1 + j)/2$이다.

선지 판단

1번 X: C는 j가 아니라 $(-1 + j)/2$이다. 이 값은 커패시터의 0.5 계수와 오른쪽 병렬 저항이 만드는 실수항 $-1/2$를 반영하지 못한 오답이다.
2번 O: 행렬 곱셈 결과 $C = (-1 + j)/2$가 되므로 맞는 선지이다.
3번 X: C는 $j2$가 아니라 $(-1 + j)/2$이다. $j2$는 C가 아니라 다른 항의 허수부만 잘못 떼어 본 값으로, 병렬 소자의 실수항 기여가 빠져 있다.
4번 X: $1 + j2$는 C가 아니라 행렬의 A 성분이다. 올바르게는 $A = 1 + j2$, $C = (-1 + j)/2$로 구분해야 한다.

오답 포인트

ABCD 문제에서는 직렬 소자와 병렬 소자의 기본 행렬을 바꿔 쓰거나, A와 C 위치를 혼동하면 바로 오답이 된다. 이 문항의 4번은 A값을 C값으로 착각하는 함정을 노린 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

2포트 회로가 나오면 소자의 연결 형태를 먼저 병렬인지 직렬인지 구분한 뒤 각 소자의 연쇄행렬을 왼쪽에서 오른쪽 순서로 곱한다. 마지막에는 A, B, C, D 위치를 다시 확인해 요구한 성분만 읽어 내면 된다.

암기 포인트

병렬은 $[1, 0; Y, 1]$, 직렬은 $[1, Z; 0, 1]$이고, C 파라미터는 행렬의 왼쪽 아래 성분이다.

NoteBase

문 18. 선형 시불변 시스템의 입력신호와 출력신호가 각각 $x(t) = e^{-t}u(t)$, $y(t) = 10e^{-t}\cos(4t)u(t)$이다. 이 시스템의 임펄스 응답은? (단, $\delta(t)$와 $u(t)$는 각각 단위임펄스함수와 단위계단함수이다)

① $10\delta(t) - 40e^{-t}\sin(4t)u(t)$

② $16\delta(t) - 40e^{-4t}\sin(t)u(t)$

③ $10\delta(t) + 40e^{-t}\sin(4t)u(t)$

④ $16\delta(t) + 40e^{-4t}\sin(t)u(t)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 선형 시불변 시스템에서 $H(s) = Y(s)/X(s)$를 이용해 임펄스 응답 $h(t)$를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 입력: $x(t) = e^{-t}u(t)$
주어진 출력: $y(t) = 10e^{-t}\cos(4t)u(t)$
구해야 할 값: 임펄스 응답 $h(t)$

사용할 공식

선형 시불변 시스템에서는 $Y(s) = X(s)H(s)$이므로 $H(s) = Y(s)/X(s)$이다.
입력과 출력이 모두 $u(t)$를 곱한 지수·삼각함수 꼴이므로 라플라스 변환으로 바꾼 뒤 나누는 방식이 적절하다.

계산 과정

1. $x(t) = e^{-t}u(t)$이므로 $X(s) = 1/(s+1)$이다. 또 $y(t) = 10e^{-t}\cos(4t)u(t)$이므로
$Y(s) = 10(s+1)/((s+1)^2 + 16)$이다.
2. 따라서 $H(s) = Y(s)/X(s) = 10(s+1)^2/((s+1)^2 + 16)$이다. 여기서 $(s+1)^2 = [(s+1)^2 + 16] - 16$
이므로 $H(s) = 10 - 160/((s+1)^2 + 16)$이다.
3. $\mathcal{L}^{-1}\{1\} = \delta(t)$, $\mathcal{L}^{-1}\{4/((s+1)^2 + 16)\} = e^{-t}\sin(4t)u(t)$이므로 $h(t) = 10\delta(t) - 40e^{-t}\sin(4t)u(t)$
이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산한 $h(t) = 10\delta(t) - 40e^{-t}\sin(4t)u(t)$와 정확히 일치한다.
2번 X: $\delta(t)$의 계수와 지수·삼각함수 항이 모두 틀렸다. 틀린 표현은 $16\delta(t) - 40e^{-4t}\sin(t)u(t)$이고, 올바르게는 $10\delta(t) - 40e^{-t}\sin(4t)u(t)$이다.
3번 X: $\delta(t)$ 항은 맞지만 사인항의 부호가 반대이다. 틀린 표현은 $+40e^{-t}\sin(4t)u(t)$이고, 올바르게는 $-40e^{-t}\sin(4t)u(t)$이다.
4번 X: 2번과 마찬가지로 $\delta(t)$의 계수, 감쇠지수, 사인 함수의 각주파수가 모두 맞지 않고 부호도 반대이다. 틀린 표현은 $16\delta(t) + 40e^{-4t}\sin(t)u(t)$이고, 올바르게는 $10\delta(t) - 40e^{-t}\sin(4t)u(t)$이다.

오답 포인트

출력 $y(t)$를 그대로 임펄스 응답으로 착각하거나, $e^{-t}\cos(4t)$의 라플라스 변환에서 이동량 1과 각주파수 4를 뒤섞으면 2번·4번 같은 오답이 나온다. 또 $(s+1)^2 = [(s+1)^2 + 16] - 16$ 분해에서 부호를 놓치면 3번처럼 사인항 부호가 바뀐다.

다시 나오면 이렇게 판단

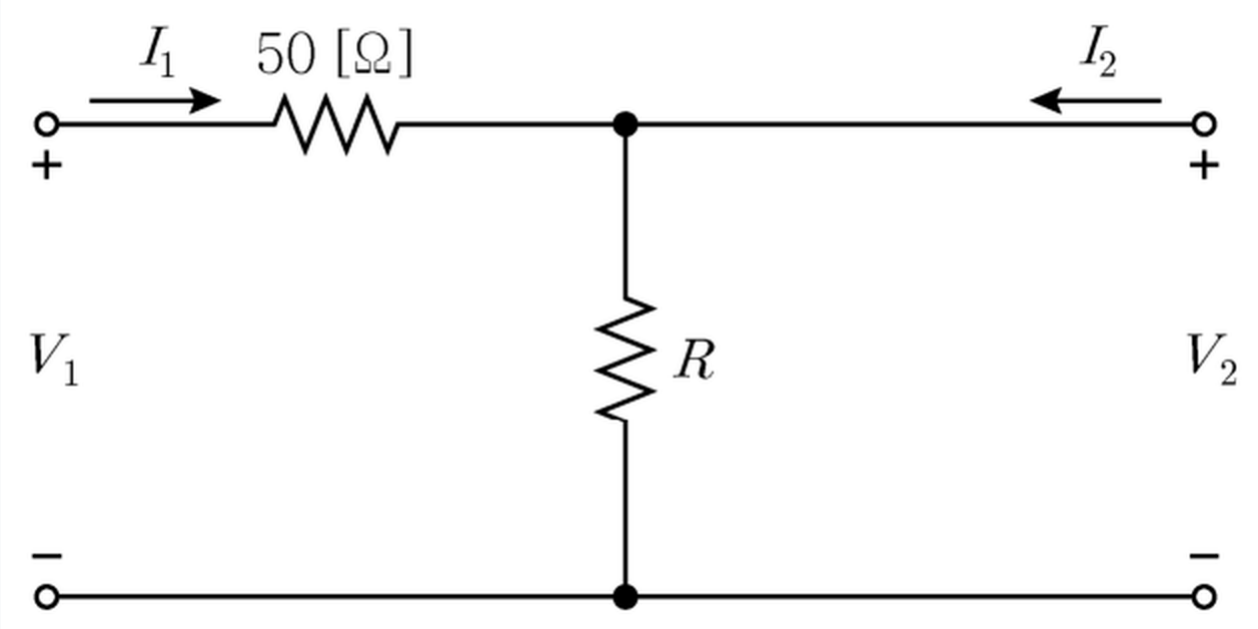
입력과 출력이 주어지면 먼저 $X(s)$와 $Y(s)$를 구한 뒤 $H(s) = Y(s)/X(s)$로 나눈다. 그다음 상수항은 $\delta(t)$, 나머지 항은 표준 라플라스 역변환 꼴로 맞춰 부호와 각주파수까지 함께 확인한다.

암기 포인트

$Y = XH$이므로 임펄스 응답은 주파수영역에서 나눗셈으로 구한다. 또 1은 $\delta(t)$, $4/((s+1)^2 + 16)$은 $e^{-t}\sin(4t)u(t)$로 대응된다.

NoteBase

문 19. 다음 회로의 하이브리드 파라미터가 $h_{11}=50, h_{12}=1, h_{21}=-1, h_{22}=0.1$일 때, 저항 $R[\Omega]$의 값은?



① 10

② 20

③ 50

④ 100

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 하이브리드 파라미터의 정의식 $V_1=h_{11}I_1+h_{12}V_2$, $I_2=h_{21}I_1+h_{22}V_2$를 회로에 대응시켜 R을 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $h_{11}=50, h_{12}=1, h_{21}=-1, h_{22}=0.1$이다.
회로는 입력 쪽에 직렬 저항 50Ω가 있고, 출력 단자에는 접지로 연결된 병렬 저항 R이 있다.
구해야 할 값은 접지로 연결된 저항 R의 크기이다.

NoteBase

사용할 공식

하이브리드 파라미터의 정의는 $V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$, $I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$이다.
이 회로에서는 왼쪽 직렬 저항 때문에 $V_1 = 50I_1 + V_2$가 되고, 출력 노드의 전류 관계 때문에 $I_2 = -I_1 + V_2/R$가 된다.
따라서 회로식의 계수를 하이브리드 파라미터와 직접 비교할 수 있다.

계산 과정

1. 직렬 저항 50Ω에 걸리는 전압은 $50I_1$이므로 $V_1 = 50I_1 + V_2$이다.
2. 이를 $V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$와 비교하면 $h_{11} = 50$, $h_{12} = 1$이 되어 주어진 값과 일치한다.
3. 출력 노드에서 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $I_1 + I_2 = V_2/R$이고, 따라서 $I_2 = -I_1 + V_2/R$이다.
4. 이를 $I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$와 비교하면 $h_{21} = -1$, $h_{22} = 1/R$이다.
5. $h_{22} = 0.1$이므로 $1/R = 0.1$, 따라서 $R = 10\Omega$이다.

선지 판단

1번 O: 계산 결과 $R = 10\Omega$이므로 옳다.
2번 X: 20은 $h_{22} = 0.05$일 때의 값이다. 이 선지의 틀린 표현은 $R = 20\Omega$라는 수치이고, 올바르게는 $h_{22} = 1/R = 0.1$이므로 $R = 10\Omega$이다.
3번 X: 50은 직렬 저항 50Ω를 그대로 R로 착각한 값이다. 이 선지의 틀린 표현은 션트 저항을 50으로 본 점이고, 올바르게는 R은 h_{22}에서 정해지는 접지 저항이므로 10Ω이다.
4번 X: 100은 0.1의 역수를 잘못 계산하지는 않았더라도 회로의 대응식을 놓치면 고르기 쉬운 값이 아니다. 이 선지의 틀린 표현은 $R = 100\Omega$라는 수치이고, 올바르게는 $1/R = 0.1$에서 $R = 10\Omega$이다.

오답 포인트

출력식에서 h_{22}가 출력 어드미턴스 계수라는 점을 놓치면 R을 직렬 저항 50Ω와 혼동하거나 역수 계산을 틀리기 쉽다. 특히 $I_2 = -I_1 + V_2/R$에서 V_2의 계수가 바로 h_{22}라는 대응을 잡지 못하면 오답으로 흐른다.

다시 나오면 이렇게 판단

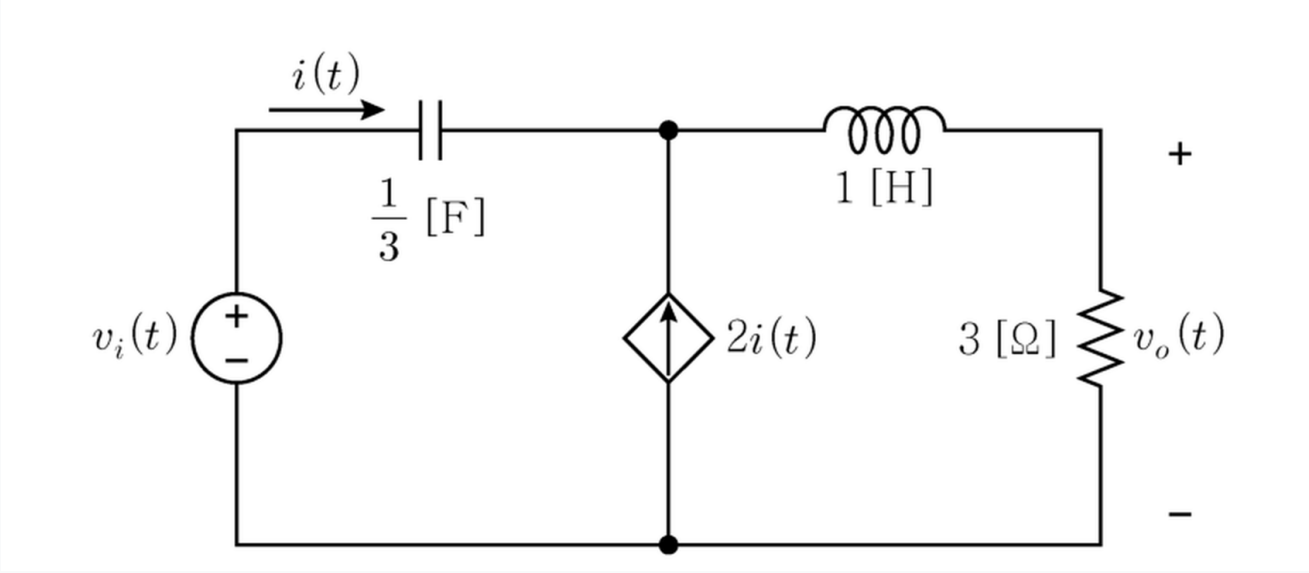
하이브리드 파라미터 문제는 먼저 정의식 $V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$, $I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$를 적고, 회로에서 V_1과 I_2를 I_1, V_2로 표현한 뒤 각 계수를 직접 비교하면 된다.

암기 포인트

h_{22}는 출력 전압 V_2 앞의 계수이며, 이 회로에서는 $h_{22} = 1/R$이다.

NoteBase

문 20. 다음 회로의 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는? (단, 입력전압 $v_i(t)$는 각주파수가 $\omega[rad/sec]$인 정현파 전압원이고, $V_i(s)$와 $V_o(s)$는 각각 $v_i(t)$와 $v_o(t)$의 라플라스 변환이다)



① $\frac{s^2}{s^2+3s+1}$
② $\frac{3s}{s^2+3s+1}$
③ $\frac{9s}{s^2+3s+1}$
④ $\frac{s^2+3s}{s^2+3s+1}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 커패시터 전류와 종속전류원을 함께 반영한 노드방정식으로 전달함수 $H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

입력은 전압원 $V_i(s)$이고 출력은 3Ω 저항 양단 전압 $V_o(s)=V_b(s)$이다.
커패시터는 $\frac{1}{3}F$이므로 임피던스가 $Z_C=\frac{3}{s}$이다.
인덕터는 $1H$이므로 임피던스가 $Z_L=s$이다.
종속전류원은 커패시터 전류 $i(s)$의 2배가 아래에서 위로 주입되는 형태이다.

NoteBase

사용할 공식

커패시터 전류는 $i(s) = \frac{V_i(s) - V_a(s)}{Z_C} = \frac{s}{3}(V_i(s) - V_a(s))$이다.
노드해석은 각 노드에서 KCL을 세워 $V_a(s)$, $V_b(s)$의 관계를 구하는 방식이다.
이 공식을 쓰는 이유는 회로에 종속전류원이 포함되어 있어 직렬·병렬 합성보다 제어전류 식과 노드방정식으로 푸는 편이 가장 직접적이기 때문이다.

계산 과정

노드 a에서 $-i(s) + \frac{V_a(s) - V_b(s)}{s} - 2i(s) = 0$이므로 $\frac{V_a(s) - V_b(s)}{s} = 3i(s) = s(V_i(s) - V_a(s))$이다.
노드 b에서 $\frac{V_b(s) - V_a(s)}{s} + \frac{V_b(s)}{3} = 0$이므로 $3(V_b(s) - V_a(s)) + sV_b(s) = 0$, 따라서 $V_a(s) = \frac{s+3}{3}V_b(s)$이다.
이를 앞 식에 대입하면 $\frac{\frac{s+3}{3}V_b(s) - V_b(s)}{s} = s\left(V_i(s) - \frac{s+3}{3}V_b(s)\right)$이고, 정리하면 $\frac{V_b(s)}{V_i(s)} = \frac{3s}{s^2+3s+1}$이다.
따라서 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{3s}{s^2+3s+1}$이다.

선지 판단

1번 X: 분자가 s^2인 부분이 틀렸다. 계산 결과 전달함수는 $\frac{3s}{s^2+3s+1}$이므로 올바르게는 분자가 $3s$이어야 한다.
2번 O: 계산 결과와 정확히 일치한다. 출력이 저항 전압이므로 전달함수는 $\frac{3s}{s^2+3s+1}$가 된다.
3번 X: 분자가 $9s$인 부분이 틀렸다. 올바르게는 종속전류원까지 반영해도 최종 분자는 $3s$이며, $9s$는 저항의 3을 한 번 더 중복 반영할 때 나오는 오답이다.
4번 X: 분자가 $s^2 + 3s$인 부분이 틀렸다. 올바르게는 분자가 $3s$이고, $s^2 + 3s$처럼 분모의 일부를 그대로 분자에 옮기면 전달함수 정리가 잘못된 것이다.

오답 포인트

이 문제는 종속전류원의 제어변수가 무엇인지 놓치면 바로 틀린다. 커패시터 전류 $i(s)$를 먼저 식으로 쓰지 않으면 노드 a의 KCL에서 부호와 계수 3을 자주 틀리며, 그 결과 1번이나 3번 같은 분자 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

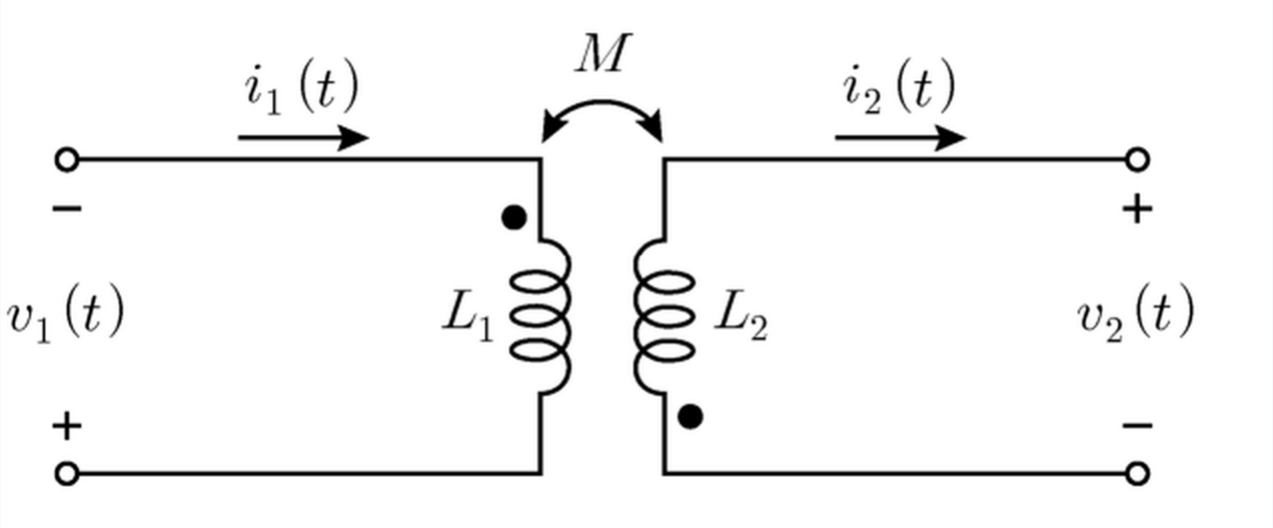
종속원이 있는 회로 전달함수는 출력 노드를 먼저 정하고, 모든 소자를 s-영역 임피던스로 바꾼 뒤, 제어전류 또는 제어전압 식을 먼저 세운 다음 노드방정식으로 정리하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

종속원이 있는 RLC 전달함수는 제어변수 식 1개와 노드 KCL 2개를 묶으면 가장 안정적으로 정리된다.

NoteBase

문 21. 다음 자기결합회로에서 전압 $v_1(t)$ [V]과 $v_2(t)$ [V]를 전류 $i_1(t)$ [A]과 $i_2(t)$ [A]로 표현한 관계식을 옳게 짝 지은 것은?



① $v_1(t) = -L_1\frac{di_1(t)}{dt} + M\frac{di_2(t)}{dt}, v_2(t) = -L_2\frac{di_2(t)}{dt} - M\frac{di_1(t)}{dt}$

② $v_1(t) = -L_1\frac{di_1(t)}{dt} - M\frac{di_2(t)}{dt}, v_2(t) = -L_2\frac{di_2(t)}{dt} - M\frac{di_1(t)}{dt}$

③ $v_1(t) = -L_1\frac{di_1(t)}{dt} + M\frac{di_2(t)}{dt}, v_2(t) = -L_2\frac{di_2(t)}{dt} + M\frac{di_1(t)}{dt}$

④ $v_1(t) = L_1\frac{di_1(t)}{dt} - M\frac{di_2(t)}{dt}, v_2(t) = L_2\frac{di_2(t)}{dt} - M\frac{di_1(t)}{dt}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 점표기법에 따라 상호유도항의 부호를 정하고, 주어진 전압 기준극성 때문에 자기유도항과 상호유도항 전체 부호가 어떻게 바뀌는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 코일 L_1의 점은 위쪽, 오른쪽 코일 L_2의 점은 아래쪽에 있다.
전류 방향: $i_1(t)$는 L_1의 점단자로 들어가고, $i_2(t)$는 L_2의 점단자로 들어간다.
전압 기준: $v_1(t)$는 아래가 +, 위가 −이므로 점단자에서 비점단자로 재는 전압의 반대 기준이다. $v_2(t)$도 위가 +, 아래가 −이므로 점단자에서 비점단자로 재는 전압의 반대 기준이다.

NoteBase

사용할 공식

두 전류가 모두 각 코일의 점단자로 들어가면 점단자 기준 전압은
$v_{1d}(t) = L_1\frac{di_1(t)}{dt} + M\frac{di_2(t)}{dt}, \qquad v_{2d}(t) = L_2\frac{di_2(t)}{dt} + M\frac{di_1(t)}{dt}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 점표기법에서 서로 점단자로 전류가 들어갈 때 상대 코일의 점단자가 +로 유기되기 때문이다.

계산 과정

1. $i_1(t)$, $i_2(t)$가 모두 각 코일의 점단자로 들어가므로 상호유도항의 기준 부호는 두 식 모두 +이다.
2. 점단자에서 비점단자로 잰 기준전압을 각각 $v_{1d}(t)$, $v_{2d}(t)$로 두면
$v_{1d}(t) = L_1\frac{di_1(t)}{dt} + M\frac{di_2(t)}{dt}, \qquad v_{2d}(t) = L_2\frac{di_2(t)}{dt} + M\frac{di_1(t)}{dt}$
이다.
3. 문제의 $v_1(t)$, $v_2(t)$는 모두 이 기준과 반대로 정의되어 있으므로
$v_1(t) = -v_{1d}(t) = -L_1\frac{di_1(t)}{dt} - M\frac{di_2(t)}{dt}$
$v_2(t) = -v_{2d}(t) = -L_2\frac{di_2(t)}{dt} - M\frac{di_1(t)}{dt}$
가 된다.

선지 판단

1번: X. $v_2(t) = -L_2\frac{di_2(t)}{dt} - M\frac{di_1(t)}{dt}$는 맞지만, $v_1(t)$의 상호유도항 부호를 +로 둔 것이 틀리다. $i_2(t)$는 L_2의 점단자로 들어가고 $v_1(t)$는 점단자 기준의 반대 극성으로 정의되어 있으므로 $v_1(t)$의 상호유도항은 $-M\frac{di_2(t)}{dt}$가 되어야 한다. 올바른 식은 $v_1(t) = -L_1\frac{di_1(t)}{dt} - M\frac{di_2(t)}{dt}$이다.
2번: O. 두 전류가 모두 점단자로 들어가므로 점기준 전압에서는 자기유도항과 상호유도항이 모두 +로 잡힌다. 그런데 문제의 $v_1(t)$, $v_2(t)$는 모두 그 반대 극성으로 정의되어 있으므로 두 식 전체에 음수가 붙는다. 따라서 $v_1(t) = -L_1\frac{di_1(t)}{dt} - M\frac{di_2(t)}{dt}$, $v_2(t) = -L_2\frac{di_2(t)}{dt} - M\frac{di_1(t)}{dt}$가 맞다.
3번: X. 1번과 같은 이유로 $v_1(t)$의 상호유도항 부호가 틀리고, $v_2(t)$의 상호유도항도 +가 아니라 −이어야 한다. 올바른 식은 $v_1(t) = -L_1\frac{di_1(t)}{dt} - M\frac{di_2(t)}{dt}$, $v_2(t) = -L_2\frac{di_2(t)}{dt} - M\frac{di_1(t)}{dt}$이다.
4번: X. 두 식의 자기유도항 부호를 +로 둔 것이 틀리다. 문제의 전압 기준은 모두 전류가 들어가는 점단자 기준의 반대 방향이므로 자기유도항은 $L\frac{di}{dt}$가 아니라 $-L\frac{di}{dt}$가 되어야 한다. 올바른 식은 $v_1(t) = -L_1\frac{di_1(t)}{dt} - M\frac{di_2(t)}{dt}$, $v_2(t) = -L_2\frac{di_2(t)}{dt} - M\frac{di_1(t)}{dt}$이다.

오답 포인트

점표기만 보고 상호유도항 부호만 판단하고, 문제에 표시된 전압 극성이 점단자 기준과 같은지 반대인지까지 보지 않으면 1번이나 3번으로 흔들리게 된다. 4번은 전압 기준을 수동부호규약처럼 착각했을 때 고르기 쉬운 오답이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

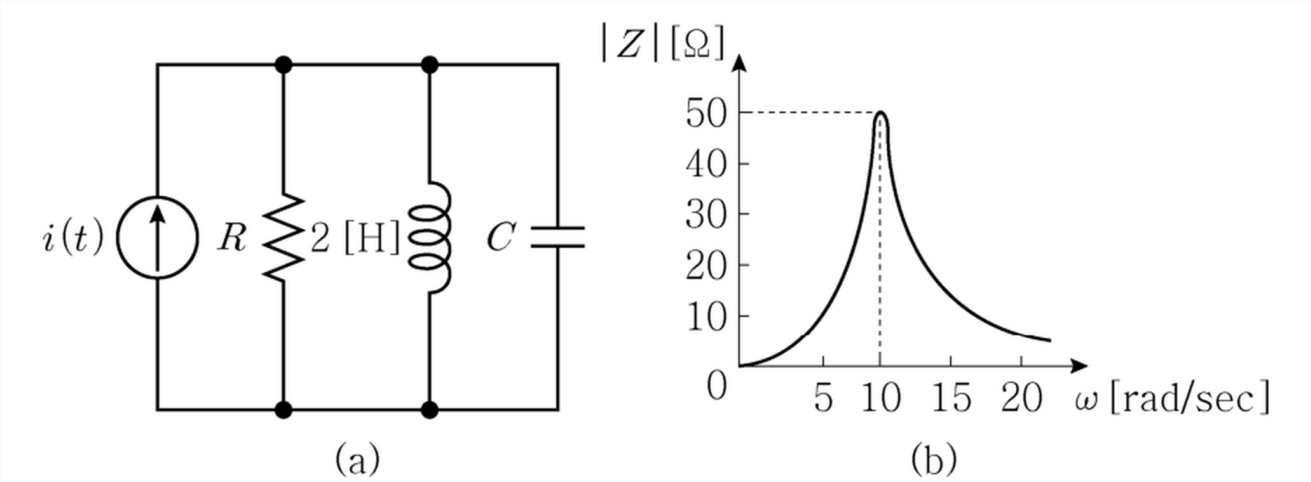
자기결합회로는 먼저 각 전류가 점단자로 들어가는지 나가는지를 확인해 상호유도항의 기준 부호를 정하고, 그다음 문제의 전압 화살표나 +/ − 극성이 점단자 기준 전압과 같은지 반대인지를 확인해 식 전체 부호를 확정하면 된다.

암기 포인트

점단자로 전류가 함께 들어가면 상호유도항은 점기준 전압에서 +이고, 문제 전압이 그 반대 극성이면 식 전체 부호가 한 번 뒤집힌다.

NoteBase

문 22. 그림 (a) 회로의 임피던스 특성이 그림 (b)와 같을 때, 이 회로의 대역폭[*rad/sec*]은?



① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 병렬 RLC 회로의 공진 조건과 대역폭 공식 $\Delta\omega = 1/(RC)$를 이용해 대역폭을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 인덕턴스 $L = 2H$, 공진각주파수 $\omega_0 = 10rad/sec$, 공진 시 최대 임피던스 $|Z| = 50\Omega$이다.
구해야 할 값은 이 회로의 대역폭 $\Delta\omega$이다.
그림 (b)의 봉우리점이 공진점이므로 그때 병렬회로의 임피던스는 저항값 R와 같아진다.

사용할 공식

공진 조건은 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$이고, 병렬 RLC 회로의 대역폭은 $\Delta\omega = 1/(RC)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 그림 (a)가 저항, 인덕터, 커패시터가 병렬로 연결된 공진회로이고, 그림 (b)가 그 병렬 공진회로의 임피던스 특성을 보여 주기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

공진 시 병렬회로의 임피던스가 최대가 되므로 $R = 50\Omega$이다.
또한 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC} = 10$이므로
$C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = \frac{1}{10^2 \cdot 2} = \frac{1}{200} F$
따라서 대역폭은
$\Delta\omega = \frac{1}{RC} = \frac{1}{50 \cdot \frac{1}{200}} = 4 rad/sec$
계산 결과 대역폭은 4이다.

선지 판단

1번 X: ①의 값 2는 계산된 대역폭 $4 rad/sec$와 다르다. 올바른 값은 4이다.
2번 X: ②의 값 3은 계산된 대역폭 $4 rad/sec$와 다르다. 올바른 값은 4이다.
3번 O: ③의 값 4가 계산 결과 $\Delta\omega = 4 rad/sec$와 일치하므로 옳다.
4번 X: ④의 값 5는 계산된 대역폭 $4 rad/sec$와 다르다. 올바른 값은 4이다.

오답 포인트

공진각주파수 ω_0와 대역폭 $\Delta\omega$를 같은 값으로 착각하면 오답이 된다. 또한 그림의 최대 임피던스 50을 바로 대역폭으로 연결하지 말고, 먼저 공진 시 $R = 50\Omega$임을 확인한 뒤 C를 구해 대역폭 공식에 넣어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

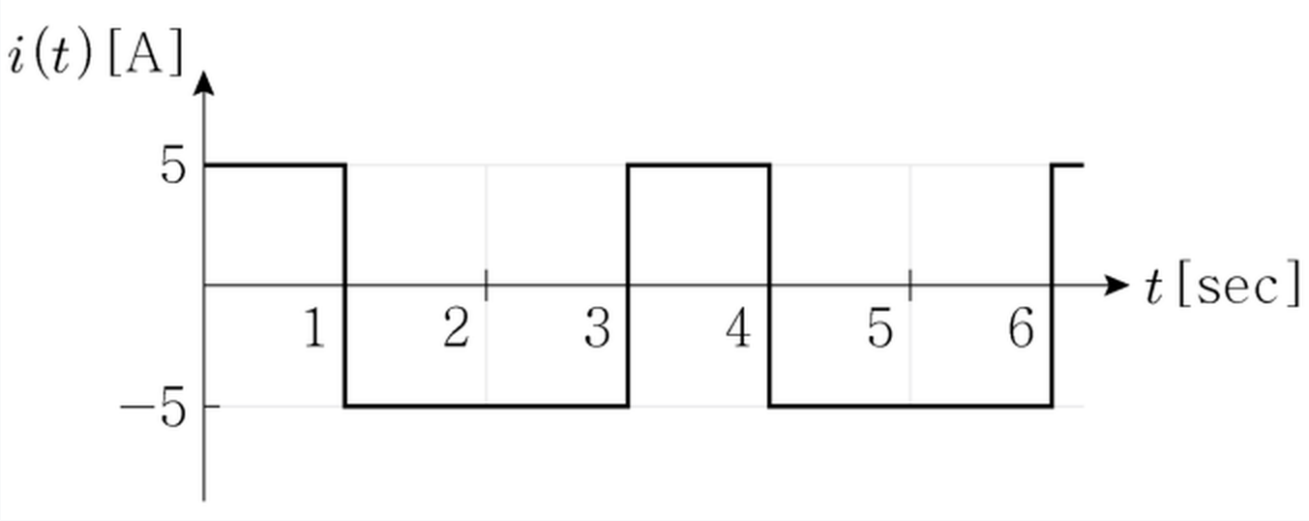
병렬 공진 회로가 나오면 먼저 공진점에서 ω_0와 최대 임피던스 값을 읽어 R을 정하고, 다음에 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$로 미지수 소자를 구한 뒤, 마지막에 $\Delta\omega = 1/(RC)$로 대역폭을 계산한다.

암기 포인트

병렬 RLC 공진회로는 공진에서 $|Z|$가 최대이고, 대역폭은 $\Delta\omega = 1/(RC)$이다.

NoteBase

문 23. 다음 주기적 전류 파형의 실효치(I_{rms}) [A]와 이 전류에 의해 저항 4 [Ω]이 소비하는 평균 전력 P [W]는?



① I_{rms} [A]: 2.5, P [W]: 50

② I_{rms} [A]: 2.5, P [W]: 100

③ I_{rms} [A]: 5, P [W]: 50

④ I_{rms} [A]: 5, P [W]: 100

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 주기적 전류 파형의 실효치 I_{rms}를 구하고, 이를 이용해 저항 4Ω에서의 평균 전력 P를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전류는 한 주기 동안 $+5A$와 $-5A$만 반복한다.
구해야 할 값: 실효치 I_{rms}와 평균 전력 P이다.
주의할 조건: 실효치는 부호를 그대로 평균내는 값이 아니라 제곱평균제곱근이므로, 전류의 부호가 바뀌어도 크기가 같으면 실효치는 그대로 유지된다.

사용할 공식

실효치는 $I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)dt}$이다.
평균 전력은 저항 부하에서 $P = I_{rms}^2 R$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 파형이 시간에 따라 바뀌므로 먼저 실효치를 구해야 하고, 저항의 소비 전력은 실효치 전류로 바로 계산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

이 파형은 한 주기 내내 전류의 크기가 $5A$로 일정하므로 $i^2(t) = 25A^2$이다.
따라서 $I_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T 25dt} = \sqrt{25} = 5A$이다.
평균 전력은 $P = I_{\text{rms}}^2 R = (5)^2 \times 4 = 100W$이다.

선지 판단

1번: X. I_{rms}를 $2.5A$로 본 것이 틀렸다. 전류의 평균값은 부호 때문에 작아질 수 있지만 실효치는 $i^2(t)$를 기준으로 계산하므로 $I_{\text{rms}} = 5A$이다. 틀린 표현은 "$I_{\text{rms}} = 2.5A$"이고, 올바르게는 "$I_{\text{rms}} = 5A, P = 100W$"이다.
2번: X. 평균 전력 $100W$는 맞지만 I_{rms}를 $2.5A$로 둔 부분이 틀렸다. $P = 100W$는 $I_{\text{rms}} = 5A$일 때만 성립한다. 틀린 표현은 "$I_{\text{rms}} = 2.5A$"이고, 올바르게는 "$I_{\text{rms}} = 5A$"이다.
3번: X. 실효치 $5A$는 맞지만 평균 전력을 $50W$로 계산한 것이 틀렸다. 저항 전력은 $P = I_{\text{rms}}^2 R$이므로 $25 \times 4 = 100W$가 된다. 틀린 표현은 "$P = 50W$"이고, 올바르게는 "$P = 100W$"이다.
4번: O. $I_{\text{rms}} = 5A, P = 100W$로 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

부호가 바뀌는 파형을 보고 실효치까지 절반으로 줄어든다고 착각하면 1번과 2번으로 흐르기 쉽다. 또 $P = I^2R$에서 제곱을 빠뜨리거나 25×4를 잘못 계산하면 3번처럼 $50W$를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

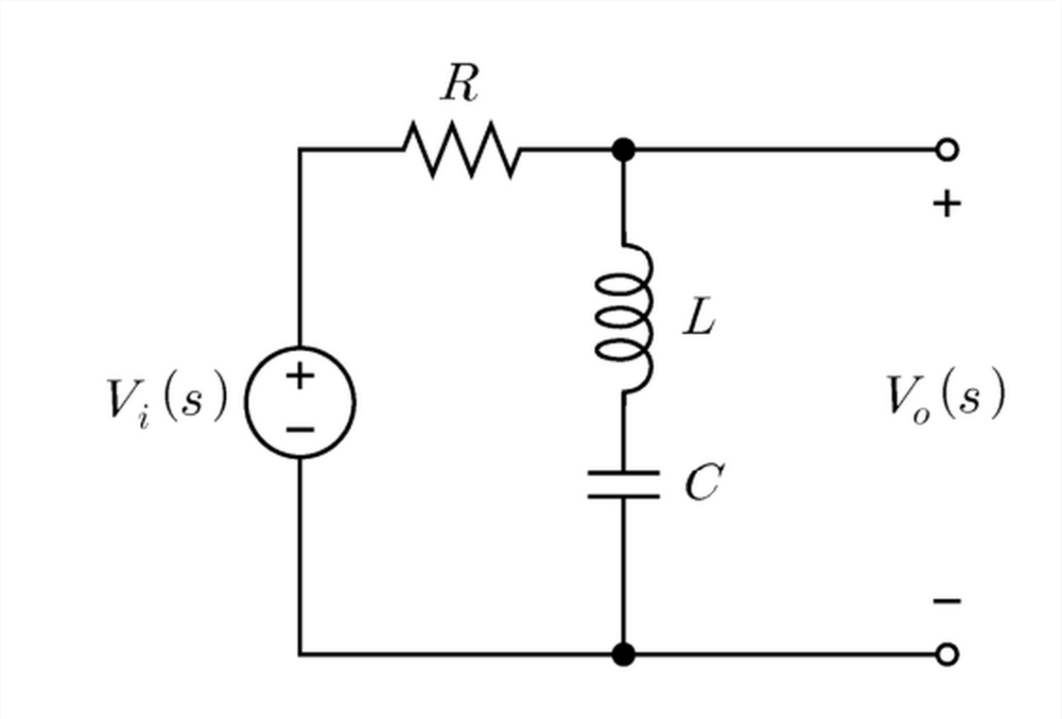
교류 실효치 문제는 먼저 파형의 크기가 구간마다 얼마나 되는지 확인하고, 부호가 달라도 제곱하면 어떻게 되는지를 본다. 그다음 I_{rms}를 구한 뒤 저항 전력은 $I_{\text{rms}}^2 R$로 바로 연결하면 된다.

암기 포인트

크기가 일정한 $\pm I$ 파형의 실효치는 항상 I이고, 저항 평균 전력은 $I_{\text{rms}}^2 R$이다.

NoteBase

문 24. 다음 회로를 이용하여 대역 차단 필터(band reject filter)를 구현하려고 한다. 이 회로의 전달함수 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)}$에 대해, $|H(j0)| = |H(j\infty)| = 1$, $|H(j680)| = |H(j800)| = \frac{1}{2}$, $|H(j630)| = |H(j880)| = \frac{1}{\sqrt{2}}$, $|H(j745)| = 0$이라면, 이 회로의 차단대역폭(bandwidth of rejection)[rad/sec]은?



① 120

② 250

③ 500

④ 745

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 대역 차단 필터에서 통과대역 이득이 1일 때 차단주파수 조건 $|H(j\omega)| = 1/\sqrt{2}$를 이용해 차단대역폭을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- $|H(j0)| = |H(j\infty)| = 1$
- $|H(j680)| = |H(j800)| = 1/2$
- $|H(j630)| = |H(j880)| = 1/\sqrt{2}$
- $|H(j745)| = 0$

구해야 할 값:
- 차단대역폭

주의할 조건:
- 대역 차단 필터의 대역폭은 $|H| = 1/\sqrt{2}$가 되는 두 차단주파수의 차로 본다.

사용할 공식

사용 공식은 $BW = \omega_2 - \omega_1$이다.
이때 ω_1, ω_2는 통과대역 기준 $-3dB$ 점이므로 $|H(j\omega)| = 1/\sqrt{2}$를 만족하는 주파수이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 회로가 $|H(j0)| = |H(j\infty)| = 1$인 대역 차단 필터이기 때문이다.

계산 과정

1. $|H(j0)| = |H(j\infty)| = 1$이므로 통과대역 기준 이득은 1이다.
2. 따라서 차단주파수는 $|H(j\omega)| = 1/\sqrt{2}$가 되는 점인 $\omega_1 = 630$, $\omega_2 = 880$이다.
3. 차단대역폭은 $BW = \omega_2 - \omega_1 = 880 - 630 = 250[rad/sec]$이다.
4. $|H(j745)| = 0$은 공진으로 출력이 완전히 제거되는 중심 주파수이고, $|H(j680)| = |H(j800)| = 1/2$는 차단주파수가 아니라 차단대역 내부의 감쇠점이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

120은 $800-680$으로 계산한 값인데, 이 두 점은 $|H|=1/2$인 지점일 뿐 차단주파수가 아니다. 틀린 표현은 1/2 지점을 대역폭 경계로 본 판단이며, 올바르게는 $|H|=1/\sqrt{2}$인 630과 880의 차를 써야 한다.

② O

차단주파수는 $|H|=1/\sqrt{2}$인 630과 880이므로 차단대역폭은 $880-630=250[rad/sec]$이다.

③ X

500은 차단대역폭 계산과 맞지 않는다. 틀린 표현은 대칭 간격을 잘못 두 배로 본 판단이며, 올바르게는 차단주파수의 차 $880-630=250[rad/sec]$이다.

④ X

745는 $|H(j745)|=0$이 되는 노치 중심각주파수이다. 틀린 표현은 중심각주파수를 차단대역폭으로 본 판단이며, 올바르게는 대역폭은 두 차단주파수의 차인 $250[rad/sec]$이다.

오답 포인트

대역 차단 필터에서 가장 흔한 실수는 $|H|=0$이 되는 중심주파수와 $|H|=1/\sqrt{2}$가 되는 차단주파수를 혼동하는 점이다. 또 $|H|=1/2$ 지점을 보고 그대로 대역폭을 계산하면 120이 나와 함정에 걸리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

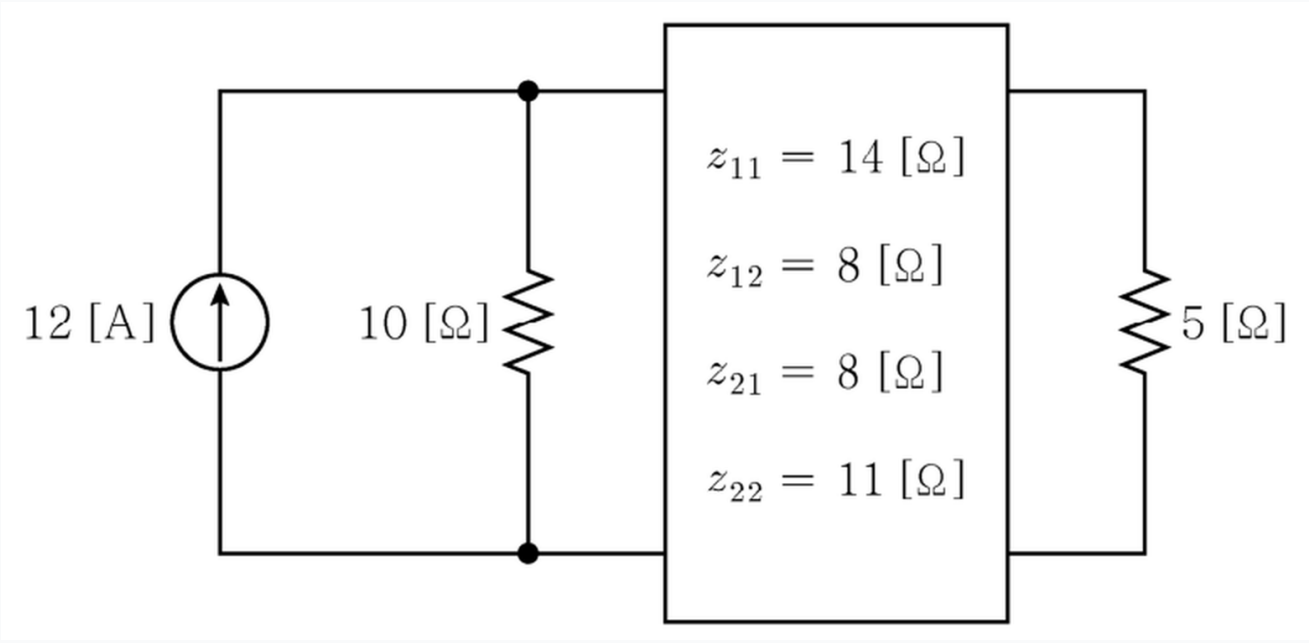
대역 차단 문제는 먼저 통과대역 기준 이득을 확인하고, 다음으로 $|H|=1/\sqrt{2}$인 두 점을 차단주파수로 잡은 뒤, 마지막에 그 차를 대역폭으로 계산하면 된다.

암기 포인트

노치 중심은 $|H|=0$, 차단대역폭은 $|H|=1/\sqrt{2}$ 두 점의 차이다.

NoteBase

문 25. 임피던스 파라미터가 포함된 다음 회로의 저항 5[Ω]이 소비하는 전력 P[W]는?



① 5

② 20

③ 40

④ 45

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 부하가 연결된 2포트의 z-파라미터식과 좌측 병렬회로의 전류분배를 이용해 5Ω 저항의 소비전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값

- $z_{11} = 14\Omega$, $z_{12} = 8\Omega$, $z_{21} = 8\Omega$, $z_{22} = 11\Omega$
- 포트 2 부하 $R_L = 5\Omega$
- 좌측은 $12A$ 전류원과 10Ω 저항이 2포트 입력과 병렬이다.

구해야 할 값

- 5Ω 저항의 소비전력 P

주의할 조건

- z-파라미터의 포트전류는 두 포트 안으로 들어가는 방향이므로 부하 조건은 $V_2 = -R_L I_2$이다.

NoteBase

사용할 공식

$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2, \quad V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$

부하가 연결되면

$V_2 = -R_L I_2$

이 공식을 쓰는 이유:

주어진 블록이 z-파라미터로 표현되어 있으므로 포트전압과 전류 관계를 직접 세워야 하고, 포트 2의 5Ω 부하 때문에 I_2와 V_2의 부호관계를 함께 써야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 포트 2에서

$V_2 = 8I_1 + 11I_2 = -5I_2$

이므로

$8I_1 + 16I_2 = 0, \quad I_2 = -0.5I_1$

이다.

2. 이를 V_1식에 대입하면

$V_1 = 14I_1 + 8I_2 = 14I_1 - 4I_1 = 10I_1$

이므로 2포트 입력임피던스는

$Z_{in} = \frac{V_1}{I_1} = 10\Omega$

이다.

3. 좌측의 10Ω와 2포트 입력 10Ω가 병렬이므로 전체 등가저항은

$10 \parallel 10 = 5\Omega$

이고 전류원 $12A$가 만드는 단자전압은

$V = 12 \times 5 = 60V$

이다.

4. 두 병렬가지가 같은 10Ω이므로 2포트로 들어가는 전류는

$I_1 = \frac{60}{10} = 6A$

이고

$I_2 = -0.5I_1 = -3A, \quad V_2 = -5I_2 = 15V$

이다.

5. 따라서 5Ω 저항의 소비전력은

$P = \frac{V_2^2}{R_L} = \frac{15^2}{5} = 45W$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과는 $45W$이므로 5는 맞지 않는다. 저항값 5Ω를 전력값과 혼동한 오답이다.
- 틀린 표현은 '5'이고, 올바르게는 '45W'이다.

② X
- 20은 부하 조건 $V_2 = -5I_2$ 또는 병렬 전류분배를 잘못 적용했을 때 나올 수 있는 오답값이다. 정확한 계산에서는 $V_2 = 15V$이므로 전력은 $45W$이다.
- 틀린 표현은 '20'이고, 올바르게는 '45W'이다.

③ X
- 40은 계산 막바지에서 전압이나 전류를 잘못 대입했을 때의 오답이다. 이 회로의 정확한 부하전력은 $15^2/5 = 45W$이다.
- 틀린 표현은 '40'이고, 올바르게는 '45W'이다.

④ O
- $I_2 = -0.5I_1$, $Z_{in} = 10\Omega$, $I_1 = 6A$, $V_2 = 15V$를 순서대로 구하면 $P = 45W$가 된다. 따라서 옳은 선택지는 ④이다.

오답 포인트

포트 2의 부하가 붙으면 I_2의 기준방향 때문에 $V_2 = -R_L I_2$가 된다. 이 부호를 놓치거나 좌측 10Ω와 2포트 입력 10Ω 사이의 전류분배를 빼먹으면 다른 숫자를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

2포트 계산형은 먼저 부하 조건으로 I_2와 V_2의 관계를 세우고, 다음에 입력임피던스를 구한 뒤, 마지막에 외부회로의 전류분배와 전력식 $P = V^2/R$ 또는 $P = I^2R$를 적용하면 된다.

암기 포인트

부하가 붙은 z-파라미터 회로는 '부하조건 -> Z_{in} 계산 -> 외부회로 결합 -> 전력 계산' 순서로 정리하면 실수가 줄어든다.

NoteBase