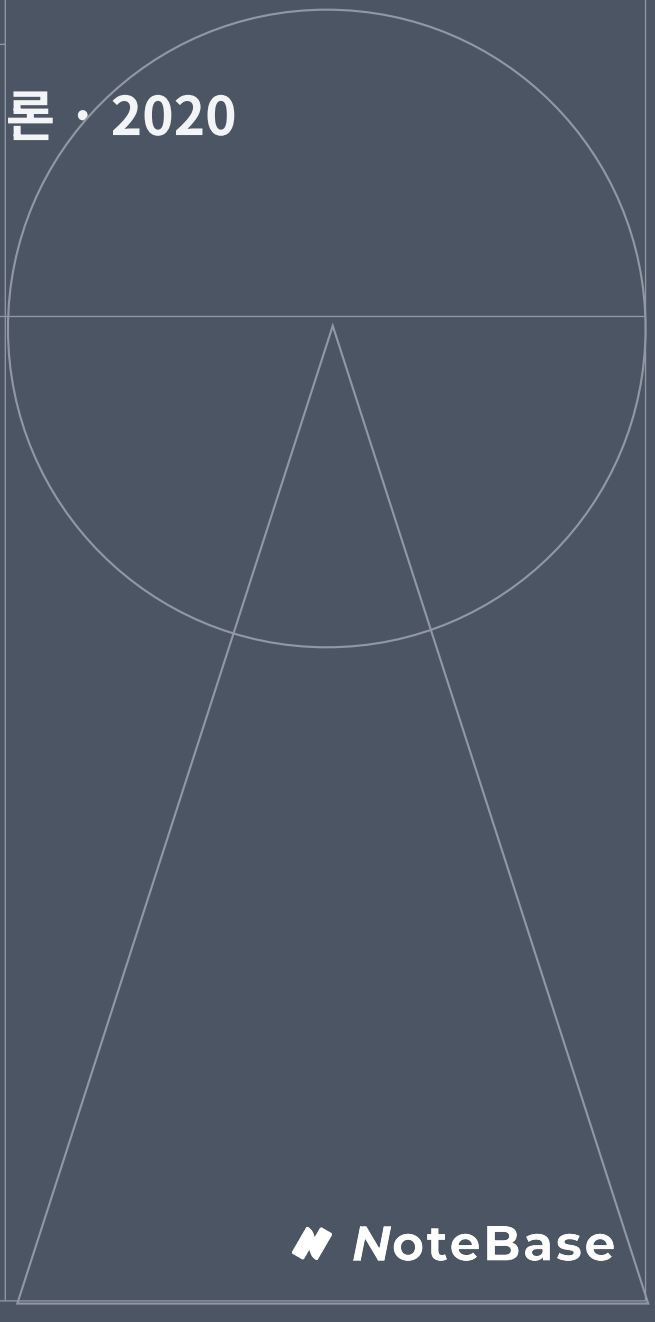
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2020

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2020

문 1. 회로해석에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 중첩의 원리는 모든 회로에서 적용된다.

② 한 회로에서 테브난 등가회로의 등가저항은 노튼 등가회로의 등가저항과 같다.

③ 한 회로 내의 임의의 마디에서 나가는 전류의 합은 그 마디로 들어오는 전류의 합과 같다.

④ 한 회로에서 부하저항이 그 회로의 테브난 등가저항과 같을 때, 부하저항에 최대전력이 전달된다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 중첩의 원리의 적용 조건과 테브난·노턴 등가, 키르히호프 전류법칙, 최대전력전달 조건을 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

중첩의 원리는 선형 회로에서만 각 독립 전원의 영향을 따로 구해 합성하는 해석 원리이다. 테브난 등가와 노턴 등가는 같은 단자에서 본 같은 선형 회로의 다른 표현이므로 등가저항이 서로 같다. 키르히호프 전류법칙은 한 마디에서 들어오는 전류와 나가는 전류의 합이 같다는 전하보존 법칙이다.

선지별 해설

1번 X: 틀린 표현은 '모든 회로'이다. 중첩의 원리는 선형성이 있을 때만 성립하므로 비선형 소자나 비선형 회로에는 그대로 적용되지 않는다. 올바르게는 '중첩의 원리는 선형 회로에서 적용된다'이다.
2번 O: 같은 두 단자에서 본 테브난 등가회로와 노턴 등가회로는 서로 완전히 등가이므로 등가저항도 동일하다. 전압원형으로 보든 전류원형으로 보든 단자에서 본 저항값은 같다.
3번 O: 한 마디에서 나가는 전류의 합과 들어오는 전류의 합이 같다는 진술은 키르히호프 전류법칙의 내용 그대로이다. 이는 마디에 전하가 축적되지 않는다는 전하보존을 뜻한다.
4번 O: 부하저항이 테브난 등가저항과 같을 때 부하에 전달되는 전력이 최대가 된다는 것은 최대전력전달정리의 기본 조건이다. 저항성 회로의 기본 진술로 맞다.

NoteBase

오답 포인트

1번은 '중첩의 원리'라는 익숙한 개념을 제시한 뒤 적용 범위를 '모든 회로'로 넓혀 놓은 함정이다. 원리 자체를 아는 것과 적용 조건인 선형성을 아는 것은 다르므로 이 표현을 분리해서 봐야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로 이론의 진술형 문제는 먼저 각 법칙의 성립 조건을 확인하고, 그다음 정의를 그대로 말한 선지인지 범위를 과장한 선지인지를 구분하면 된다. 특히 '모든', '항상' 같은 표현이 붙으면 예외 조건이 있는 개념인지 먼저 점검하게 된다.

암기 포인트

중첩은 선형 회로만, 마디는 KCL, 테브난과 노턴의 등가저항은 같고, 최대전력은 $R_L = R_{th}$일 때 성립한다.

NoteBase

문 2. 연산증폭기 회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 이상적인 연산증폭기는 입력저항이 무한대이고 출력저항은 0이다.

② 이상적인 연산증폭기에서 2개의 입력단자에 각각 흐르는 전류는 0이다.

③ 연산증폭기 회로에서 출력단자와 반전단자를 연결하면 전압추종기(voltage follower)로 동작한다.

④ 연산증폭기 회로에서 저항을 사용하여 출력단자와 비반전단자에 연결하는 것을 부궤환(negative feedback)이라 한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 기본 성질과 부귀환, 정전압추종기의 연결 방향을 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

이상적인 연산증폭기는 입력저항이 무한대이고 출력저항이 0이므로 입력단자로 전류가 들어가지 않는다.
부귀환은 출력의 일부를 반전단자에 되돌려 입력과의 차이를 줄이는 방식이다.
정전압추종기는 출력을 반전단자에 직접 되먹임하여 출력전압이 비반전단자 전압을 따라가게 한 회로이다.
출력을 비반전단자로 되돌리면 부귀환이 아니라 정귀환이다.

선지별 해설

① O
이상적인 연산증폭기의 대표 가정은 입력저항 무한대, 출력저항 0이다. 따라서 외부 회로를 거의 부하시키지 않고 이상적인 전압원처럼 출력할 수 있으므로 옳은 설명이다.

② O
이상적인 연산증폭기에서는 두 입력단자로 유입되는 전류가 모두 0이다. 입력저항이 무한대라는 가정에서 바로 나오는 성질이므로 옳다.

③ O
출력단자와 반전단자를 직접 연결하는 대표적인 부귀환 회로가 정전압추종기이다. 이때 출력은 비반전단자 입력전압을 그대로 따라가므로 옳은 설명이다.

④ X
틀린 부분은 "비반전단자에 연결하는 것을 부귀환이라 한다"는 표현이다. 출력 신호를 비반전단자로 되돌리면 입력을 더 키우는 방향의 정귀환이 된다. 부귀환은 출력을 반전단자로 되돌리는 연결이다.

NoteBase

오답 포인트

부귀환과 정귀환은 되돌리는 단자만 바뀌어도 의미가 완전히 달라진다. ④는 '저항을 사용하여 연결'이라는 표현 때문에 맞는 말처럼 보이지만, 핵심은 저항 사용 여부가 아니라 어느 입력단자로 되먹임하느냐이다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 선지는 먼저 이상적 성질 세 가지를 본다. 입력저항 무한대, 입력전류 0, 출력저항 0이다. 그다음 되먹임 단자를 본다. 반전단자로 돌아오면 부귀환, 비반전단자로 돌아오면 정귀환으로 판단하면 된다.

암기 포인트

입력전류 0은 이상적 연산증폭기, 출력→반전은 부귀환, 출력→비반전은 정귀환이다.

NoteBase

문 3. 회로의 전달함수가 $H(s)=\frac{s+4}{(s+1)(s+2)^2}$이고, 이 회로에 입력 $v_i(t)=(1+3e^{-2t})u(t)$를 인가할 때, 정상상태($t\to\infty$)에서 출력전압[V]은? (단, $u(t)$는 단위 계단함수이다)

① 0

② 1

③ 2

④ ∞

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 안정한 전달함수의 직류이득과 최종값 정리를 이용해 정상상태 출력전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전달함수는 $H(s)=\frac{s+4}{(s+1)(s+2)^2}$이다.
구해야 할 값: $t\to\infty$에서의 출력전압 $v_o(\infty)$이다.
주의할 조건: 입력 $v_i(t)=(1+3e^{-2t})u(t)$에서 e^{-2t} 항은 시간이 지나면 0으로 감쇠하고, 계의 극 $-1,\ -2,\ -2$는 모두 좌반평면에 있어 안정하다.

사용할 공식

최종값 정리는 $v_o(\infty)=\lim_{s\to0}sV_o(s)=\lim_{s\to0}sH(s)V_i(s)$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 묻는 값이 정상상태 ($t\to\infty$) 출력이므로 시간영역 전체 응답을 구할 필요 없이 안정한 계의 최종값을 바로 계산할 수 있다.

계산 과정

1. 입력의 라플라스변환은 $V_i(s)=\frac{1}{s}+\frac{3}{s+2}$이다.
2. 최종값 정리를 적용하면
$v_o(\infty)=\lim_{s\to0}s\cdot\frac{s+4}{(s+1)(s+2)^2}\left(\frac{1}{s}+\frac{3}{s+2}\right)$
이다.
3. 식을 정리하면
$v_o(\infty)=\lim_{s\to0}\frac{s+4}{(s+1)(s+2)^2}\left(1+\frac{3s}{s+2}\right)$
이고, $s\to0$에서 $\frac{3s}{s+2}\to0$이므로
$v_o(\infty)=\frac{4}{1\cdot2^2}=1$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 정상상태 출력은 0이 아니라 1이다. 틀린 표현은 "출력전압이 0이다"이고, 올바르게는 "출력전압은 1이다"이다.
- 0은 입력의 감쇠항 $3e^{-2t}$만 보고 전체 정상상태 입력이 0으로 간주할 때 나오는 오답이다.

② O
- $H(0) = \frac{4}{(1)(2^2)} = 1$이고 정상상태 입력도 $1 + 3e^{-2t} \to 1$이므로 출력전압은 1이다.

③ X
- 계산 결과가 2가 아니므로 틀리다. 틀린 표현은 "출력전압이 2이다"이고, 올바르게는 "출력전압은 1이다"이다.
- 2는 직류이득 계산이나 최종값 정리 적용에서 분모의 $(s+2)^2$를 잘못 처리할 때 생기는 오답이다.

④ X
- 정상상태 값은 유한한 1이므로 무한대가 아니다. 틀린 표현은 "출력전압이 무한대로 발산한다"이고, 올바르게는 "출력전압은 1로 수렴한다"이다.
- 입력에 e^{-2t}가 있고 전달함수에 $(s+2)^2$ 극이 있어도 응답에 생길 수 있는 te^{-2t} 항은 $t \to \infty$에서 0으로 가므로 발산하지 않는다.

오답 포인트

정상상태에서는 e^{-2t} 같은 감쇠지수항이 사라진다는 점을 놓치기 쉽다. 또 전달함수에 중복극 $(s+2)^2$가 보인다고 해서 곧바로 발산으로 연결하면 ④로 흐르는데, 안정한 계에서는 te^{-2t}도 결국 0으로 감쇠한다.

다시 나오면 이렇게 판단

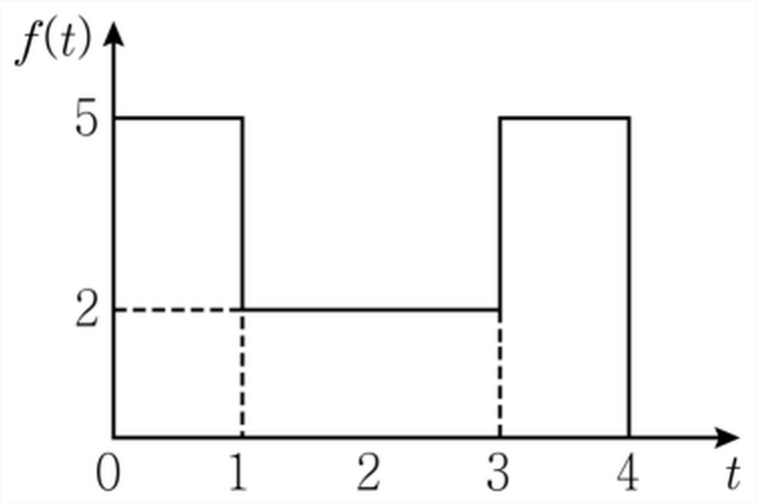
정상상태 값을 묻는 계산형 문제는 먼저 계의 안정성을 확인한 뒤 입력의 최종값을 보고, 마지막에 직류이득 $H(0)$ 또는 최종값 정리 $\lim_{s \to 0} sY(s)$로 바로 계산하면 된다.

암기 포인트

안정한 계의 정상상태 출력은 "입력의 최종값 × 직류이득 $H(0)$"으로 정리된다.

NoteBase

문 4. 다음 함수 $f(t)$에 대한 라플라스 변환 $F(s)$는?



① $\frac{1}{s}(5-3e^{-s}+3e^{-3s}-5e^{-4s})$

② $\frac{1}{s}(5-2e^{-s}+2e^{-3s}-5e^{-4s})$

③ $\frac{1}{s}(5+2e^{-s}-2e^{-3s}-5e^{-4s})$

④ $\frac{1}{s}(5+3e^{-s}-3e^{-3s}-5e^{-4s})$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 계단함수를 단위계단함수의 점프 크기로 분해한 뒤 라플라스 변환을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:

- $0 \le t < 1$에서 $f(t) = 5$
- $1 \le t < 3$에서 $f(t) = 2$
- $3 \le t < 4$에서 $f(t) = 5$
- $t \ge 4$에서 $f(t) = 0$

구해야 할 값:

- $F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\}$

주의할 조건:

- 각 구간의 높이를 그대로 쓰지 않고, 값이 바뀌는 순간의 변화량을 계수로 잡아야 한다.

NoteBase

사용할 공식

$f(t) = a_0 u(t) + \sum \Delta a_k u(t - t_k)$, $\mathcal{L}\{u(t-a)\} = \frac{e^{-as}}{s}$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
이 파형은 $t = 0, 1, 3, 4$에서 값이 바뀌는 계단함수이므로, 시작값과 각 시점의 변화량으로 표현하면 각 항을 바로 라플라스 변환할 수 있다.

계산 과정

1. 시작값이 5이므로 먼저 $5u(t)$를 둔다.
2. $t = 1$에서 $5 \to 2$로 3만큼 감소하므로 $-3u(t-1)$를 더한다.
3. $t = 3$에서 $2 \to 5$로 3만큼 증가하므로 $+3u(t-3)$를 더한다.
4. $t = 4$에서 $5 \to 0$으로 5만큼 감소하므로 $-5u(t-4)$를 더한다.
5. 따라서 $f(t) = 5u(t) - 3u(t-1) + 3u(t-3) - 5u(t-4)$이다.
6. 라플라스 변환을 취하면
$F(s) = \frac{1}{s}(5 - 3e^{-s} + 3e^{-3s} - 5e^{-4s})$
이 된다.

선지별 해설

① O: $t = 1$에서의 변화량 -3, $t = 3$에서의 변화량 $+3$, $t = 4$에서의 변화량 -5를 정확히 반영한 식이다. 따라서 $\frac{1}{s}(5 - 3e^{-s} + 3e^{-3s} - 5e^{-4s})$가 맞다.
② X: 중간 구간의 높이 2를 변화량으로 착각한 식이다. $t = 1$과 $t = 3$의 계수는 각각 -2, $+2$가 아니라 -3, $+3$이어야 한다. 틀린 표현은 $-2e^{-s} + 2e^{-3s}$이고, 올바르게는 $-3e^{-s} + 3e^{-3s}$이다.
③ X: $t = 1$, $t = 3$의 부호와 크기를 모두 잘못 잡은 식이다. $t = 1$은 감소이므로 음수, $t = 3$은 증가이므로 양수여야 한다. 틀린 표현은 $+2e^{-s} - 2e^{-3s}$이고, 올바르게는 $-3e^{-s} + 3e^{-3s}$이다.
④ X: 변화량의 크기 3은 맞지만 부호가 반대이다. $t = 1$은 $5 \to 2$ 감소이므로 $-3e^{-s}$, $t = 3$은 $2 \to 5$ 증가이므로 $+3e^{-3s}$가 되어야 한다. 틀린 표현은 $+3e^{-s} - 3e^{-3s}$이고, 올바르게는 $-3e^{-s} + 3e^{-3s}$이다.

오답 포인트

②는 중간 높이 2를 그대로 계수로 넣은 실수이고, ③과 ④는 증가·감소의 부호를 뒤집은 실수이다. 계단함수 라플라스는 각 구간의 높이보다 바뀌는 순간의 변화량을 먼저 보는 문제가 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

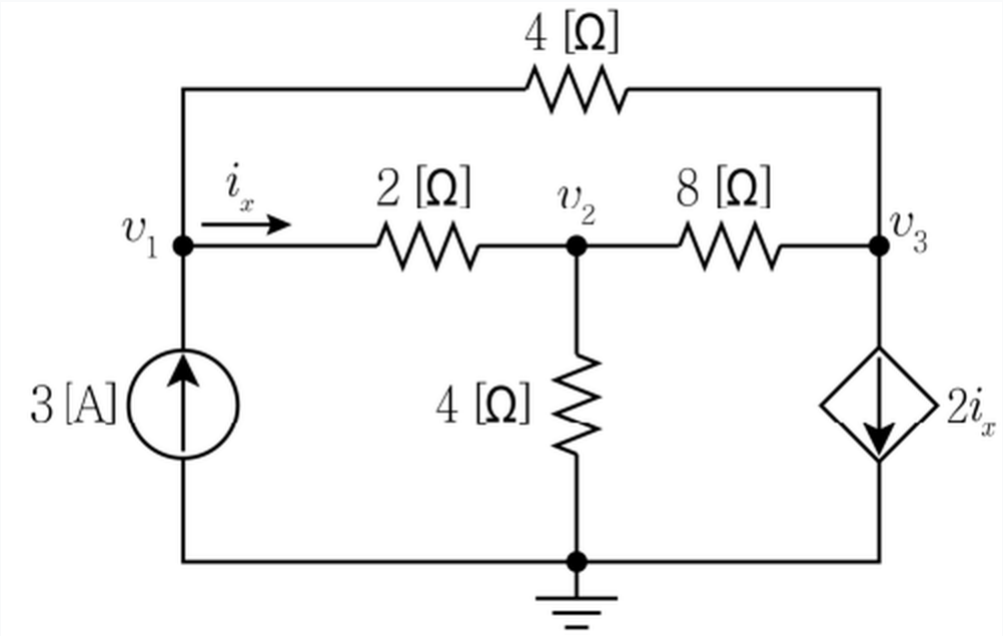
계단함수 라플라스 문제는 시작값을 먼저 쓰고, 값이 바뀌는 시각마다 새 값-이전 값을 계산해 $u(t-a)$ 앞의 계수로 붙인 뒤 각 항을 e^{-as}/s로 바꾸어 판단한다.

암기 포인트

계단함수의 라플라스 변환은 구간 높이의 나열이 아니라 시작값과 점프량의 합으로 정리한다.

NoteBase

문 5. 다음 회로에서 전압 $(v_1 - v_2)$[V]는?



① 1.2

② 2.4

③ 3.6

④ 4.8

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 종속전류원이 포함된 회로에서 노드전압법을 적용하여 $v_1 - v_2$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: v_1과 v_2 사이에 2Ω, v_2와 v_3 사이에 8Ω, v_1과 v_3 사이에 4Ω, v_2와 접지 사이에 4Ω가 있다.
구해야 할 값: $v_1 - v_2$이다.
주의할 조건: i_x는 $v_1 \rightarrow v_2$ 방향 전류이므로 $i_x = \frac{v_1 - v_2}{2}$이고, 오른쪽 종속전류원은 아래 방향으로 $2i_x$가 흐른다.

NoteBase

사용할 공식

각 노드에 KCL을 적용한다.

$\frac{v_1 - v_2}{2} + \frac{v_1 - v_3}{4} = 3$

$\frac{v_2 - v_1}{2} + \frac{v_2 - v_3}{8} + \frac{v_2}{4} = 0$

$\frac{v_3 - v_1}{4} + \frac{v_3 - v_2}{8} + 2i_x = 0$

이 공식을 쓰는 이유는 미지수가 세 노드 전압 v_1, v_2, v_3이고 종속전류원도 $i_x = \frac{v_1 - v_2}{2}$로 바로 전압식으로 바꿀 수 있어 노드전압법이 가장 직접적이기 때문이다.

계산 과정

1. 제어전류를 $i_x = \frac{v_1 - v_2}{2}$로 둔다.
2. 이를 v_3 노드 식에 대입하면

$\frac{v_3 - v_1}{4} + \frac{v_3 - v_2}{8} + (v_1 - v_2) = 0$

이 된다.

3. 세 식을 정리하면

$3v_1 - 2v_2 - v_3 = 12$

$-4v_1 + 7v_2 - v_3 = 0$

$2v_1 - 3v_2 + v_3 = 0$

이 된다.

4. 세 연립방정식을 풀면 $v_1 = 4.8V$, $v_2 = 2.4V$, $v_3 = -2.4V$이다.
5. 따라서 $v_1 - v_2 = 4.8 - 2.4 = 2.4V$이다.

선지별 해설

① X

- 계산 결과 $v_1 - v_2 = 2.4V$이므로 $1.2V$는 아니다.
- 1.2는 $i_x = \frac{v_1 - v_2}{2}$를 계산했을 때의 전류값으로 혼동하기 쉬우며, 올바른 전압은 $2.4V$이다.

② O

- 연립방정식을 풀면 $v_1 = 4.8V$, $v_2 = 2.4V$이므로 $v_1 - v_2 = 2.4V$가 된다.
- 따라서 정답값과 일치한다.

③ X

- 계산 결과와 비교하면 $3.6V$는 맞지 않는다.
- 상단 4Ω 가지나 종속전류원 항을 빠뜨리면 노드식이 달라져 이런 오답이 나오기 쉬우며, 올바른 값은 $2.4V$이다.

④ X

- $4.8V$는 v_1 자체의 값일 뿐 $v_1 - v_2$가 아니다.
- 문제는 두 노드 전압차를 묻고 있으므로 $v_2 = 2.4V$를 반드시 빼야 하며, 올바른 값은 $2.4V$이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 핵심 함정은 노드전압 자체와 노드 간 전압차를 혼동하는 점, 그리고 종속전류원의 제어전류 i_x를 끝까지 식에 반영하지 않는 점이다. 특히 ①은 전압차를 절반으로 나눈 전류값 i_x를 답으로 착각한 경우이고, ④는 V_1만 구하고 V_2를 빼지 않은 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

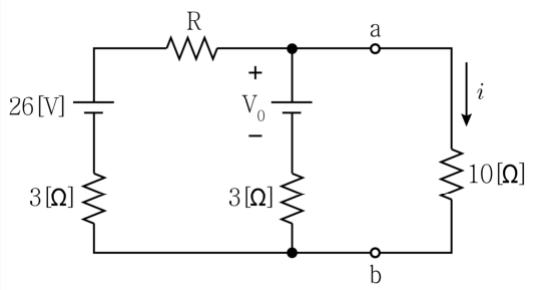
종속원이 있는 회로의 계산형 문제는 먼저 제어변수 i_x를 노드전압으로 표현하고, 각 노드에 KCL을 세운 뒤, 마지막에 문제에서 묻는 값이 노드전압 자체인지 전압차인지 확인하는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

노드전압법은 제어변수 전압식 변환 -> KCL 연립 -> 마지막에 요구 전압차 계산의 순서로 정리된다.

NoteBase

문 6. 다음 회로의 단자 a와 b에서 바라본 테브난 등가회로의 등가저항은 2[Ω]이다. 부하전류가 $i = 2[A]$일 때, 저항 $R[\Omega]$와 전압 $V_0[V]$는?



① $R[\Omega]$: 3, $V_0[V]$: 13

② $R[\Omega]$: 3, $V_0[V]$: 23

③ $R[\Omega]$: 6, $V_0[V]$: 13

④ $R[\Omega]$: 6, $V_0[V]$: 23

정답 2번

출제 포인트

테브난 등가저항 조건으로 R을 먼저 구하고, 부하전류 $2A$에서의 단자전압으로 V_0를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 테브난 등가저항 $R_{th} = 2\Omega$, 부하저항 10Ω, 부하전류 $i = 2A$
구해야 할 값: R, V_0
주의할 조건: 등가저항을 구할 때는 독립전압원을 단락시키고, V_0를 구할 때는 실제 부하가 연결된 상태의 전류 방향을 함께 본다.

사용할 공식

$R_{th} = ((R + 3) \parallel 3), \qquad V_{ab} = i \times 10$
이 공식을 쓰는 이유: 단자 $a - b$에서 본 테브난 저항은 전압원을 껐을 때 보이는 저항이고, 부하전류가 주어졌으므로 실제 단자전압은 부하저항에 걸리는 전압으로 바로 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 전압원 $26V$와 V_0를 단락시키면 단자 $a-b$에서 보이는 저항은 왼쪽 가지의 $(R+3)$과 가운데 가지의 3Ω이 병렬이 되어 $(R+3)\parallel 3$이다.
$\frac{3(R+3)}{R+6}=2$
이를 풀면 $3R+9=2R+12$이므로 $R=3\Omega$이다.
2. 부하전류가 $2A$이고 부하저항이 10Ω이므로 실제 단자전압은 $V_{ab}=2\times 10=20V$이며, 단자 a가 b보다 $20V$ 높다.
3. 왼쪽 가지에 KVL을 적용한다. 노드 a에서 R, $26V$ 전원, 3Ω을 차례로 지나 b로 내려가는 루프($a\to b$)를 잡고, 이 하강 방향을 기준으로 왼쪽 가지 전류를 I_L이라 한다. 이 방향으로 지날 때 R와 3Ω에서 각각 $3I_L$의 전압강하가 생기고, $26V$ 전원은 +단자가 R(위)쪽을 향하므로 +에서 −로 지나가 $+26$의 강하로 더해진다. 루프를 따라 더한 강하의 합이 단자전압 $20V$와 같아야 하므로
$20=3I_L+26+3I_L=6I_L+26$
이고 $I_L=-1A$이다. 부호가 음(−)이라는 것은 실제 전류가 기준과 반대, 즉 b에서 a로(위쪽으로) $1A$ 흐른다는 뜻이며, $26V$ 전원이 왼쪽 가지에서 노드 a로 $1A$를 밀어 넣고 있음을 의미한다.
4. 노드 a에서 KCL을 적용한다. 노드로 들어오는 전류와 나가는 전류가 같아야 한다. 왼쪽 가지에서 a로 $1A$가 들어오고(3단계) 부하(10Ω)로는 $i=2A$가 나가므로, 모자란 $2-1=1A$는 가운데 가지가 b에서 a로(위쪽으로) 공급해야 한다. 따라서 가운데 가지 전류를 아래 방향($a\to b$) 기준 I_M이라 하면 실제로는 위로 $1A$이므로 $I_M=-1A$이다.
5. 가운데 가지에 KVL을 적용한다. V_0 전원은 +단자가 위(a쪽), −단자가 아래이므로 $a\to b$로 내려가면 V_0의 강하($+V_0$)와 3Ω의 강하($3I_M$)가 더해져 단자전압 $20V$와 같다.
$20=V_0+3(-1)=V_0-3$
이므로 $V_0=23V$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

$R = 3\Omega$는 맞지만 $V_0 = 13V$가 틀리다. 가운데 가지 전류는 아래가 아니라 위로 $1A$이므로 $20 = V_0 - 3$이 되어야 한다. 틀린 표현은 "$V_0 = 13V$"이고, 올바르게는 "$V_0 = 23V$"이다.

② O

테브난 등가저항 조건에서 $(R + 3) \parallel 3 = 2$이므로 $R = 3\Omega$이다. 또 부하전류 $2A$로부터 $V_{ab} = 20V$이고, 가지 전류 방향까지 반영하면 $V_0 = 23V$가 된다.

③ X

$V_0 = 13V$도 틀리고 $R = 6\Omega$도 틀리다. 틀린 표현은 "$R = 6\Omega$"와 "$V_0 = 13V$"이다. 올바르게는 테브난 저항식에서 $R = 3\Omega$, 가지전류를 반영하면 $V_0 = 23V$이다.

④ X

$V_0 = 23V$는 맞지만 $R = 6\Omega$가 틀리다. 틀린 표현은 "$R = 6\Omega$"이고, 올바르게는 "$R = 3\Omega$"이다. 등가저항 2Ω는 왼쪽 가지의 $R + 3$과 가운데 3Ω의 병렬에서 나온 값이다.

오답 포인트

등가저항을 구할 때 전압원을 끈다는 조건을 빼먹으면 R을 잘못 잡기 쉽다. 또 부하전류 $2A$가 오른쪽 10Ω에 흐른다는 사실만 보고 가운데 가지 전류 방향까지 같은 방향이라고 놓으면 V_0 부호를 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

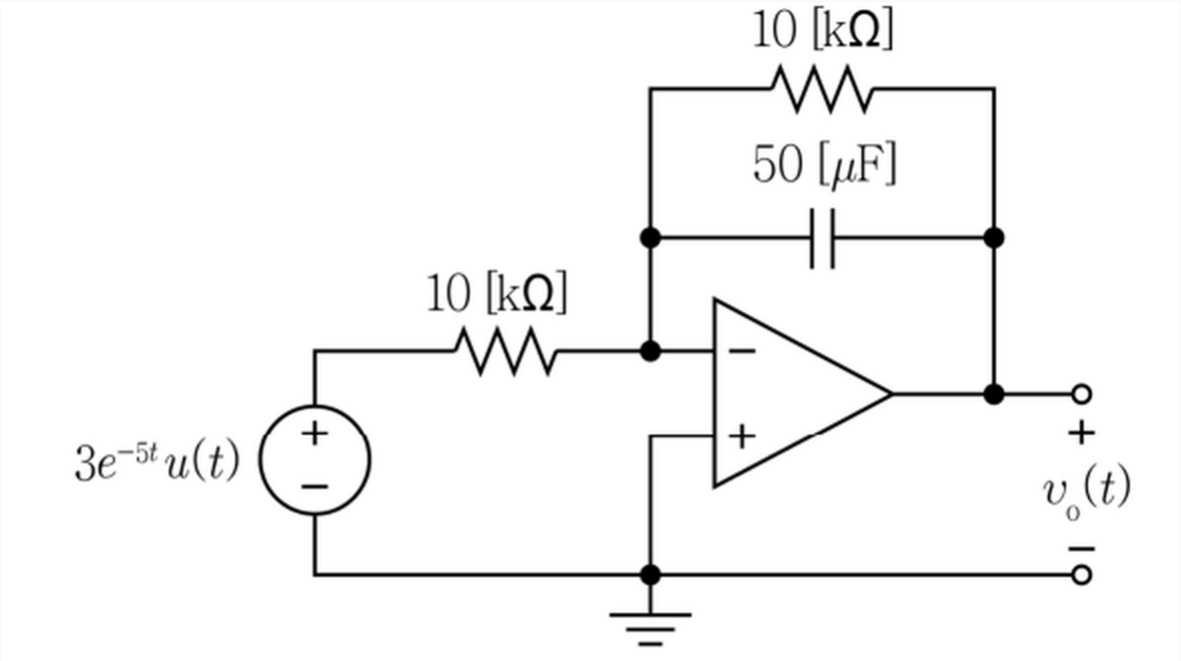
테브난 문제는 먼저 전원을 꺼서 R_{th}를 만들고, 다음에 실제 부하가 연결된 상태에서 V_{ab}를 구한 뒤 각 가지 전류 방향을 대입해 미지 전압원을 정리하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

테브난 저항은 전원 제거 후 본 저항이고, 미지 전압은 실제 부하전압과 가지전류 방향까지 넣어야 맞는다.

NoteBase

문 7. 다음 이상적인 연산증폭기 회로에서 출력전압 $v_o(t)$[V]는? (단, $u(t)$는 단위 계단함수이다)



① $(e^{-5t}-e^{-2t})u(t)$

② $(e^{-5t}-e^{-6t})u(t)$

③ $2(e^{-5t}-e^{-2t})u(t)$

④ $2(e^{-5t}-e^{-4t})u(t)$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 반전 연산증폭기에서 피드백 임피던스와 입력 신호의 라플라스 변환을 이용해 출력전압 (v_o(t))를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력저항은 (10,kOmega), 피드백 저항은 (10,kOmega), 커패시터는 (50,mu F)이다.
구해야 할 값: 출력전압 (v_o(t))이다.
주의할 조건: 이상적 연산증폭기이므로 반전 증폭기 관계식 (V_o(s)=- rac{Z_f}{R_{in}}V_{in}(s))를 쓴다.
피드백망은 저항과 커패시터의 병렬회로이다.

NoteBase

사용할 공식

피드백 임피던스는

$$Z_f=R\parallel \frac{1}{sC}= \frac{R}{1+sRC}$$

이고, 반전 증폭기의 전달식은

$$V_o(s)=- \frac{Z_f}{R_{in}}V_{in}(s)$$

이다.

이 공식을 쓰는 이유: 비반전 단자가 접지된 이상적 연산증폭기이므로 반전 입력단은 가상접지이고, 출력은 입력저항과 피드백 임피던스의 비로 결정된다.

계산 과정

1. $R=10\,k\Omega$, $C=50\,\mu F$이므로 $RC=10^4 \times 50 \times 10^{-6}=0.5$이다. 따라서

$$Z_f= \frac{10\,k\Omega}{1+0.5s}$$

이다.

2. 입력저항도 $10\,k\Omega$이므로

$$\frac{Z_f}{R_{in}}= \frac{1}{1+0.5s}= \frac{2}{s+2}$$

이다. 또 입력은 $3e^{-5t}u(t)$이므로

$$V_{in}(s)= \frac{3}{s+5}$$

이다.

3. 따라서

$$V_o(s)=- \frac{2}{s+2}\cdot \frac{3}{s+5}=- \frac{6}{(s+2)(s+5)}$$

이고, 부분분수 전개하면

$$V_o(s)= \frac{2}{s+5}- \frac{2}{s+2}$$

이다. 역라플라스 변환을 하면

$$v_o(t)=2\left(e^{-5t}-e^{-2t}\right)u(t)$$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: (left(e^{-5t}-e^{-2t}
ight)u(t))는 정답식에서 계수 2가 빠졌다. 틀린 표현은 전체 계수이다. 올바르게는 (2left(e^{-5t}-e^{-2t}
ight)u(t))이다.
② X: 두 번째 지수항이 (e^{-6t})로 되어 있는데, 회로의 시정수에서 나온 극점은 (s=-2)이다. 틀린 표현은 (-6)이고, 올바르게는 (-2)이다. 따라서 올바른 식은 (2left(e^{-5t}-e^{-2t}
ight)u(t))이다.
③ O: 피드백망의 전달요소가 (rac{2}{s+2}), 입력이 (rac{3}{s+5})이므로 출력은 (rac{2}{s+5}- rac{2}{s+2})가 되고, 시간영역에서는 (2left(e^{-5t}-e^{-2t}
ight)u(t))가 된다.
④ X: 전체 계수 2는 맞지만 두 번째 지수항이 (e^{-4t})로 잘못되었다. 틀린 표현은 (-4)이고, 올바르게는 피드백 회로의 극점 (-2)가 들어가야 하므로 (2left(e^{-5t}-e^{-2t}
ight)u(t))이다.

오답 포인트

피드백 저항과 커패시터의 병렬 임피던스를 단순히 지수항 하나로 외우면 극점 (-2)를 놓치기 쉽다. 또한 반전 증폭기의 음수부호를 정리하는 과정에서 부분분수 전개의 계수 2를 빠뜨리면 ①처럼 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

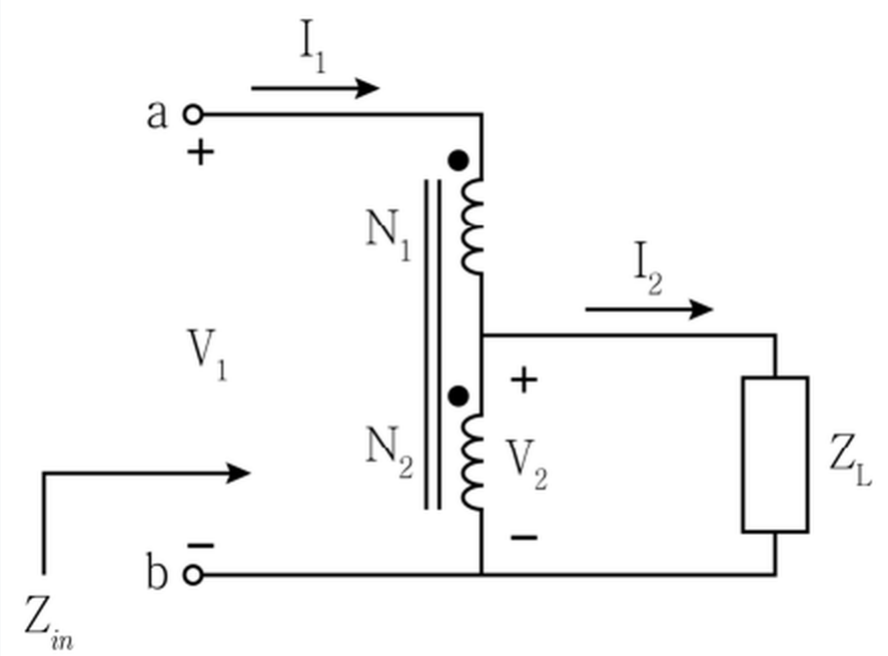
연산증폭기 과도응답 문제는 먼저 반전형인지 확인하고, 다음에 피드백망의 임피던스 (Z_f)를 구한 뒤 (V_o(s)=- rac{Z_f}{R_{in}}V_{in}(s))를 적용해 극점과 계수를 확인하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

반전 증폭기의 출력은 (-Z_f/R_{in})배이고, (Rparallel C) 피드백의 극점은 (1/RC)에서 정해진다.

NoteBase

문 8. 다음 이상적인 단권변압기의 단자 a와 b에서 바라본 임피던스 Z_{in}은? (단, $N_1 + N_2$는 1차측 권선수, N_2는 2차측 권선수이다)



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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단권변압기에서 부하 임피던스를 1차측 전체 권선으로 환산할 때 권수비의 제곱이 걸린다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 1차측 전체 권선수는 $N_1 + N_2$이고, 부하 Z_L는 2차측 권선수 N_2에 접속되어 있다.
구해야 할 값: 단자 a-b에서 본 입력 임피던스 Z_{in}이다.
주의할 조건: 단권변압기라도 이상적이면 부하를 1차측으로 환산할 때 임피던스는 권수비의 제곱으로 변환된다.

NoteBase

사용할 공식

전압비와 임피던스 환산식은 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1 + N_2}{N_2}$, $Z_{in} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2 Z_L$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 입력이 전체 권선 $N_1 + N_2$에 걸리고, 부하는 공통 권선 N_2에 걸려 있으므로 1차 대 2차 권수비가 $\frac{N_1 + N_2}{N_2}$가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 전체 권선을 1차, 공통 권선 N_2를 2차로 보면 권수비는 $a = \frac{N_1 + N_2}{N_2}$이다.
2. 이상적 변압기에서 임피던스 환산은 권수비의 제곱이므로 $Z_{in} = a^2 Z_L$이다.
3. 따라서
$Z_{in} = \left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right)^2 Z_L$
가 된다.

선지별 해설

① X: $\left(\frac{N_1 + N_2}{N_1}\right) Z_L$는 분모가 N_2가 아니라 N_1로 잘못 잡혀 있고, 임피던스 환산에서 필요한 제곱도 빠져 있다. 틀린 표현은 "N_1"과 제곱 누락이며, 올바르게는 $\left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.
② X: $\left(\frac{N_1 + N_2}{N_1}\right)^2 Z_L$는 제곱은 맞지만 2차 권선수를 N_2가 아니라 N_1로 잘못 쓴 식이다. 틀린 표현은 분모 N_1이며, 올바르게는 분모가 N_2가 되어 $\left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.
③ X: $\left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right) Z_L$는 권수비 자체만 곱한 식이라 임피던스 환산 법칙을 잘못 적용한 경우이다. 틀린 표현은 제곱이 빠진 점이며, 올바르게는 $\left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.
④ O: 입력은 전체 권선 $N_1 + N_2$, 부하는 N_2 권선에 연결되므로 권수비는 $\frac{N_1 + N_2}{N_2}$이다. 이상적 변압기의 임피던스 환산식 $Z' = a^2 Z$를 적용하면 $\left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right)^2 Z_L$가 되어 옳다.

오답 포인트

단권변압기라는 말 때문에 일반 변압기와 다른 별도 식을 찾거나, 권수비는 맞게 잡고도 임피던스 환산에서 제곱을 빠뜨리기 쉽다. 또한 전체 1차 권선수를 N_1로 착각하면 분모를 N_1로 잘못 쓰게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

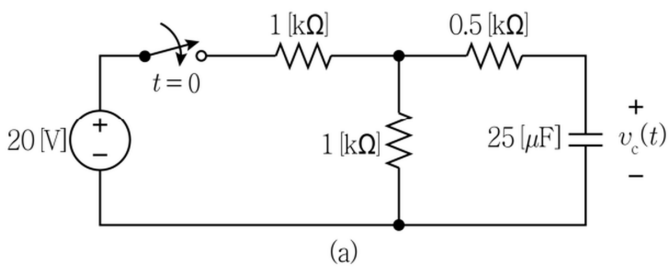
변압기 임피던스 문제는 먼저 입력이 걸린 권선수와 부하가 걸린 권선수를 구분한 뒤, 전압비를 정하고 마지막에 임피던스에는 그 비의 제곱을 적용하는 순서로 판단한다.

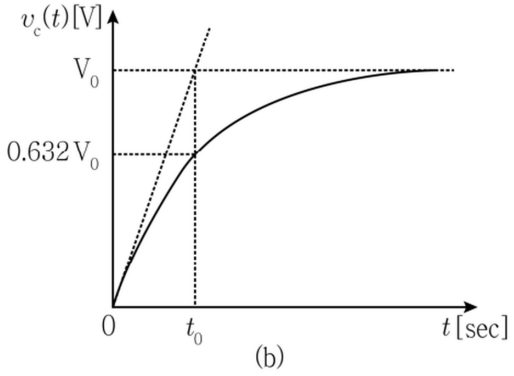
암기 포인트

변압기 임피던스 환산은 권수비가 아니라 권수비의 제곱으로 바뀐다.

NoteBase

문 9. 다음 그림 (a)의 회로는 $t<0$에서 정상상태에 도달하였다. $t=0$인 순간에 스위치가 닫힐 때, 그림 (b)에서 V_0[V]와 t_0[sec]는? (단, V_0는 $t\to\infty$에서 커패시터 양단의 전압이고, t_0는 커패시터 양단의 전압이 V_0의 약 63.2[%]에 도달하는 시간이다)





① $V_0=10[V], t_0=0.025[sec]$

② $V_0=10[V], t_0=0.05[sec]$

③ $V_0=20[V], t_0=0.025[sec]$

④ $V_0=20[V], t_0=0.05[sec]$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 RC 충전회로에서 최종전압 V_0와 시정수 $\tau=R_{th}C$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전원 $20V$, 저항 $1k\Omega$, $1k\Omega$, $0.5k\Omega$, 커패시터 $25\mu F$이다.
구해야 할 값은 정상상태 커패시터 전압 V_0와 $v_c(t)=0.632V_0$가 되는 시간 t_0이다.
스위치가 $t=0$에 닫히므로 $t<0$에는 전원이 분리되어 있고, 정상상태에서 커패시터 초기전압은 $0V$이다.

NoteBase

사용할 공식

최종전압은 $t \to \infty$에서 커패시터를 개방회로로 보고 구한다.
시정수는 $\tau = R_{th}C$이다.
충전식은 $v_c(t) = V_0(1 - e^{-t/\tau})$이므로 $v_c(t_0) = 0.632V_0$일 때 $t_0 = \tau$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 회로가 스위치 투입 후 하나의 커패시터만 있는 1차 RC 충전회로이기 때문이다.

계산 과정

1. $t \to \infty$에서는 커패시터가 개방되므로 $0.5k\Omega$에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 커패시터 전압은 가운데 노드 전압과 같다.
2. 가운데 노드 전압은 전압분배로 $V_0 = 20 \times \frac{1}{1+1} = 10V$이다.
3. 시정수를 구할 때 전압원을 단락시키면 커패시터가 보는 저항은
$R_{th} = 0.5k\Omega + (1k\Omega \parallel 1k\Omega) = 0.5k\Omega + 0.5k\Omega = 1k\Omega$이다.
4. 따라서 $t_0 = \tau = R_{th}C = 1k\Omega \times 25\mu F = 0.025s$이다.

선지별 해설

① O
- $V_0 = 10V$, $t_0 = 0.025s$이므로 옳다.
- 정상상태에서는 전압분배로 최종전압을 구하고, 시정수는 커패시터 단자에서 본 테브난 저항으로 계산한다.

② X
- $V_0 = 10V$는 맞지만 $t_0 = 0.05s$는 틀리다.
- 틀린 표현은 "시정수가 $0.05s$이다"이다. 올바르게는 $R_{th} = 1k\Omega$이므로 $t_0 = 0.025s$이다.
- $0.05s$는 저항을 단순 직렬합처럼 잘못 더해 $2k\Omega$로 보는 실수에서 나온 값이다.

③ X
- $t_0 = 0.025s$는 맞지만 $V_0 = 20V$는 틀리다.
- 틀린 표현은 "최종전압이 전원전압과 같다"이다. 올바르게는 커패시터가 개방된 뒤 가운데 노드 전압이 그대로 걸리므로 전압분배 결과 $V_0 = 10V$이다.

④ X
- $V_0 = 20V$, $t_0 = 0.05s$가 모두 틀리다.
- 틀린 표현은 "최종전압은 $20V$이고 시정수는 $0.05s$이다"이다. 올바르게는 $V_0 = 10V$, $t_0 = 0.025s$이다.

오답 포인트

최종전압 계산과 시정수 계산에 같은 저항망을 그대로 넣는 실수가 함정이다. V_0는 정상상태의 개방회로 조건으로 보고, t_0는 전압원을 제거한 뒤 커패시터가 본 등가저항으로 따로 구해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

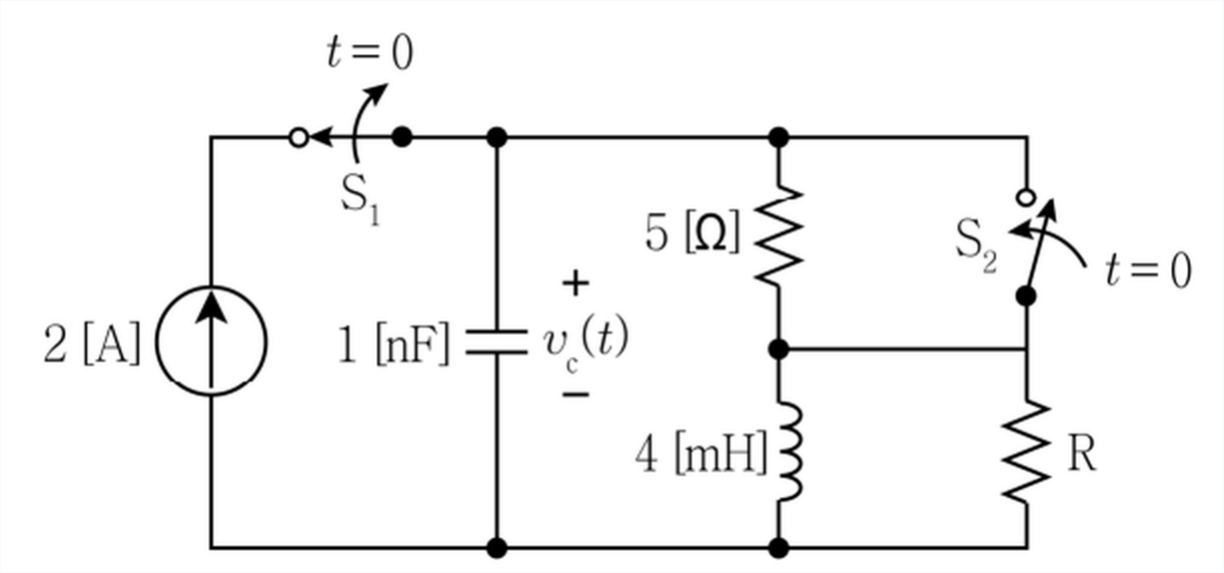
RC 회로 문제는 먼저 $t \to \infty$에서 커패시터를 개방시켜 최종전압을 구하고, 다음에 전압원을 제거해 커패시터 단자에서 본 R_{th}를 구한 뒤 $\tau = R_{th}C$를 적용하면 된다.

암기 포인트

1차 RC 회로는 최종전압은 정상상태 등가회로, 시정수는 $R_{th}C$, $0.632V_0$에 도달하는 시간은 τ이다.

NoteBase

문 10. 다음 회로는 $t < 0$에서 정상상태에 도달하였다. $t = 0$인 순간에 스위치 S_1은 열리고 스위치 S_2는 닫힐 때, $t = 0$에서 커패시터 양단의 전압 $v_c(0)$ [V]와 $t > 0$에서 전압 $v_c(t)$의 응답이 임계감쇠(critically damped)가 발생하도록 하는 저항 R [Ω]는?



① $v_c(0)$: 5 [V], R: 1,000 [Ω]

② $v_c(0)$: 5 [V], R: 2,000 [Ω]

③ $v_c(0)$: 10 [V], R: 1,000 [Ω]

④ $v_c(0)$: 10 [V], R: 2,000 [Ω]

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 스위치 전환 전 정상상태에서 $v_c(0)$를 구하고, 스위치 전환 후 병렬 RLC 회로의 임계감쇠 조건으로 R을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전류원 $2A$, 커패시터 $1nF$, 인덕터 $4mH$, 저항 5Ω이다.
구해야 할 값: $v_c(0)$와 임계감쇠가 되게 하는 R이다.
주의할 조건: $t < 0$ 정상상태에서는 커패시터는 개방, 인덕터는 단락으로 본다. $t > 0$에서는 S_1이 열려 전류원이 분리되고, S_2가 닫혀 5Ω는 단락되어 R, L, C의 병렬회로가 된다.

NoteBase

사용할 공식

정상상태 초기전압은 커패시터 전압 연속성과 DC 정상상태 등가로 구한다.
$v_c(0) = v_c(0^-) = I \times R = 2 \times 5 = 10V$
병렬 RLC 자연응답의 특성방정식은
$s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC} = 0$
이다.
임계감쇠 조건은 중근 조건이므로
$(\frac{1}{RC})^2 = \frac{4}{LC}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유: $t > 0$ 회로는 전원이 제거된 병렬 RLC 자연응답 회로이고, 문제에서 $v_c(t)$가 임계감쇠가 되도록 하는 R을 묻기 때문이다.

계산 과정

1. $t < 0$ 정상상태에서는 커패시터가 개방되고 인덕터가 단락된다. 따라서 오른쪽의 R은 인덕터 단락에 의해 우회되고, 전류원 $2A$는 사실상 5Ω에만 흐른다.
2. 따라서 상단 노드 전압, 즉 커패시터 전압은 $v_c(0^-) = 2 \times 5 = 10V$이다. 커패시터 전압은 순간적으로 변할 수 없으므로 $v_c(0) = 10V$이다.
3. $t > 0$에는 S_1이 열려 전류원이 분리되고 S_2가 닫혀 5Ω가 단락된다. 그러면 R, L, C가 모두 같은 두 단자에 연결된 병렬 RLC가 된다.
4. 병렬 RLC의 임계감쇠 조건에서
$\frac{1}{RC} = \frac{2}{\sqrt{LC}}$
이므로
$R = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{4 \times 10^{-3}}{10^{-9}}} = \frac{1}{2}\sqrt{4 \times 10^6} = \frac{1}{2} \times 2000 = 1000\Omega$
이다.
5. 따라서 $v_c(0) = 10V$, $R = 1000\Omega$이므로 정답 조합은 3번이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 틀린 표현은 $v_c(0) = 5V$이다. $t < 0$ 정상상태에서 전류원 $2A$가 5Ω에만 흐르므로 커패시터 전압은 $10V$가 된다. $R = 1000\Omega$는 임계감쇠 조건에 맞다.
- 올바르게는 $v_c(0) = 10V$, $R = 1000\Omega$이다.

② X

- $v_c(0) = 5V$도 틀리고 $R = 2000\Omega$도 틀리다. 초기전압은 $2 \times 5 = 10V$이며, 병렬 RLC 임계감쇠 저항은 $\frac{1}{2}\sqrt{L/C}$이므로 1000Ω이다.
- 올바르게는 $v_c(0) = 10V$, $R = 1000\Omega$이다.

③ O

- $t < 0$ 정상상태에서 $v_c(0) = 10V$이고, $t > 0$ 병렬 RLC의 임계감쇠 조건으로 계산한 R이 1000Ω이므로 맞는 조합이다.

④ X

- 틀린 표현은 $R = 2000\Omega$이다. 2000Ω는 $R = \sqrt{L/C}$처럼 $\frac{1}{2}$를 빠뜨릴 때 나오는 값이다. 초기전압 $10V$는 맞지만 저항값이 틀리다.
- 올바르게는 $v_c(0) = 10V$, $R = 1000\Omega$이다.

오답 포인트

정상상태에서 커패시터는 개방, 인덕터는 단락이라는 기본 등가를 놓치면 $v_c(0)$를 $5V$로 잘못 잡기 쉽다. 또 $t > 0$ 회로가 직렬 RLC가 아니라 병렬 RLC라는 점을 놓치면 임계감쇠 조건의 계수 $\frac{1}{2}$를 빠뜨려 $R = 2000\Omega$로 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

스위치 과도문제는 먼저 $t < 0$ 정상상태에서 L과 C를 DC 등가로 바꾸어 초기값을 구한다. 그다음 $t > 0$에 실제로 남는 회로가 직렬형인지 병렬형인지 다시 그려 보고, 그 형태에 맞는 특성방정식으로 감쇠조건을 판단한다.

암기 포인트

정상상태에서는 C는 개방, L은 단락이다. 병렬 RLC 임계감쇠는 $R = \frac{1}{2}\sqrt{L/C}$이다.

NoteBase

문 11. 4단자망 회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 임피던스 파라미터는 입출력 단자전압V_1, V_2를 입출력 단자전류I_1, I_2로 표시하기 위한 매개변수이다.

② 전원과 증폭기가 없고 저항 소자만으로 구성된 4단자망 회로에서 임피던스 파라미터 중 z_{12}는 z_{21}과 같다.

③ 어드미턴스 파라미터 중 y_{11}은 입력 단자에 전류원을 연결하고 출력 단자는 단락하여 구한다.

④ 어드미턴스 파라미터 중 y_{11}은 임피던스 파라미터 중 z_{11}의 역수이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문항은 4단자망의 z 파라미터와 y 파라미터의 정의, 측정 조건, 상호 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

z 파라미터는 단자전압 V_1, V_2를 단자전류 I_1, I_2로 나타내는 개방회로 기준의 임피던스 표현이다.
y 파라미터는 단자전류 I_1, I_2를 단자전압 V_1, V_2로 나타내는 단락회로 기준의 어드미턴스 표현이다.
두 파라미터 행렬은 서로 역행렬 관계이므로 각 대응 원소가 단순 역수가 되는 것은 아니다.

선지별 해설

① O: z 파라미터의 정의는 $V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2, \quad V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$ 이므로 전압을 전류로 표시하는 매개변수라는 설명이 맞다.
② O: 전원과 증폭기가 없는 저항성 4단자망은 수동 상호회로이므로 상호성에 의해 $z_{12} = z_{21}$가 성립한다.
③ O: y_{11}은 $V_2 = 0$, 즉 출력 단자를 단락한 상태에서의 I_1/V_1 이다. 따라서 입력에 전류원을 연결하고 출력 단자를 단락하여도 그 비로 구할 수 있으므로 설명이 맞다.
④ X: 틀린 부분은 "y_{11}은 z_{11}의 역수"라는 표현이다. 실제로는 $Y = Z^{-1}$이므로 일반적으로 $y_{11} \neq 1/z_{11}$이며, z_{12}, z_{21}까지 함께 반영되어 결정된다.

오답 포인트

Z 행렬과 Y 행렬이 서로 역행렬이라는 사실을 각 원소가 각각 역수라는 뜻으로 오해하기 쉽다. ④는 행렬의 역과 스칼라의 역을 혼동하도록 만든 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

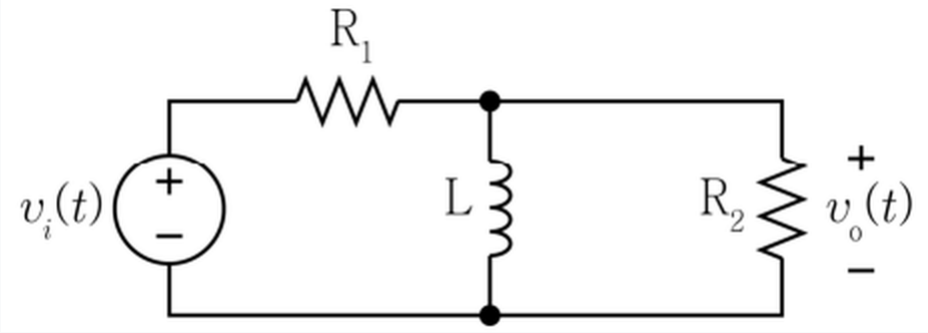
2포트 파라미터 문제에서는 먼저 무엇을 무엇으로 표현하는지 본다. 그다음 z는 개방조건, y는 단락조건을 확인하고, Z와 Y의 관계는 원소별 역수가 아니라 행렬 역관계라는 점으로 판단한다.

암기 포인트

z는 전압식, y는 전류식, Z와 Y는 원소별 역수가 아니라 행렬 역관계이다.

NoteBase

문 12. 다음 회로에서 전달함수가 나타내는 필터의 종류와 차단주파수 (cutoff frequency) ω_c [rad/sec]는?



① 필터: 고역통과필터, ω_c [rad/sec]: $\frac{R_1R_2}{(R_1+R_2)L}$
② 필터: 저역통과필터, ω_c [rad/sec]: $\frac{R_1R_2}{(R_1+R_2)L}$
③ 필터: 고역통과필터, ω_c [rad/sec]: $\frac{R_1R_2L}{R_1+R_2}$
④ 필터: 저역통과필터, ω_c [rad/sec]: $\frac{R_1R_2L}{R_1+R_2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 인덕터가 포함된 병렬분기의 전달함수를 표준형으로 정리하여 필터 종류와 차단각주파수 ω_c를 판별하는 문제이다.

조건 정리

입력 $v_i(t)$는 R_1을 거쳐 출력 노드에 인가된다.
출력 $v_o(t)$는 R_2와 인덕터 L가 병렬로 연결된 노드 전압이다.
병렬분기의 임피던스는 $Z_p = R_2 \parallel sL$로 본다.

사용할 공식

전달함수는 전압분배식 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{Z_p}{R_1+Z_p}$를 사용한다.
여기서 $Z_p = \frac{R_2sL}{R_2+sL}$이다.
출력전압이 R_1과 병렬분기 Z_p 사이의 분배전압이므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

병렬분기를 대입하면
$H(s) = \frac{\frac{R_2 sL}{R_2 + sL}}{R_1 + \frac{R_2 sL}{R_2 + sL}}$
이를 정리하면
$H(s) = \frac{R_2 sL}{R_1 R_2 + sL(R_1 + R_2)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{s}{s + \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)L}}$
따라서 표준형 $K\frac{s}{s + \omega_c}$와 같으므로 고역통과필터이다.
또한 차단각주파수는 $\omega_c = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)L}$이다.
주파수 응답으로 보면 $\omega \to 0$에서 인덕터가 단락되어 출력이 0이 되고, $\omega \to \infty$에서 인덕터가 개방되어 출력이 $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$로 수렴한다.

선지별 해설

1번: O. 필터 종류가 고역통과필터이고 차단각주파수도 $\omega_c = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)L}$이므로 옳다.
2번: X. '저역통과필터'가 틀린 표현이다. 저주파에서 출력이 0이고 고주파에서 출력이 일정값으로 남으므로 저역통과가 아니라 고역통과이다. 식은 맞으므로 '저역통과필터'를 '고역통과필터'로 고치면 옳다.
3번: X. '차단주파수 식'이 틀린 표현이다. $R_1 R_2 L/(R_1 + R_2)$는 차단각주파수가 아니라 L이 분모에 있어야 하는 자리에 분자로 들어간 식이다. 올바르게는 $\omega_c = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)L}$이다.
4번: X. '저역통과필터'와 '차단주파수 식'이 모두 틀렸다. 올바르게는 고역통과필터이며, 차단각주파수는 $\omega_c = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)L}$이다.

오답 포인트

인덕터의 주파수 특성을 반대로 기억하면 필터 종류를 뒤집어 판단하게 된다. 인덕터는 저주파에서 단락에 가깝고 고주파에서 개방에 가까우므로, 이 회로에서는 저주파 출력이 사라지고 고주파 출력이 남는다. 또 ω_c의 차원은 rad/s이므로 L이 분모에 있어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

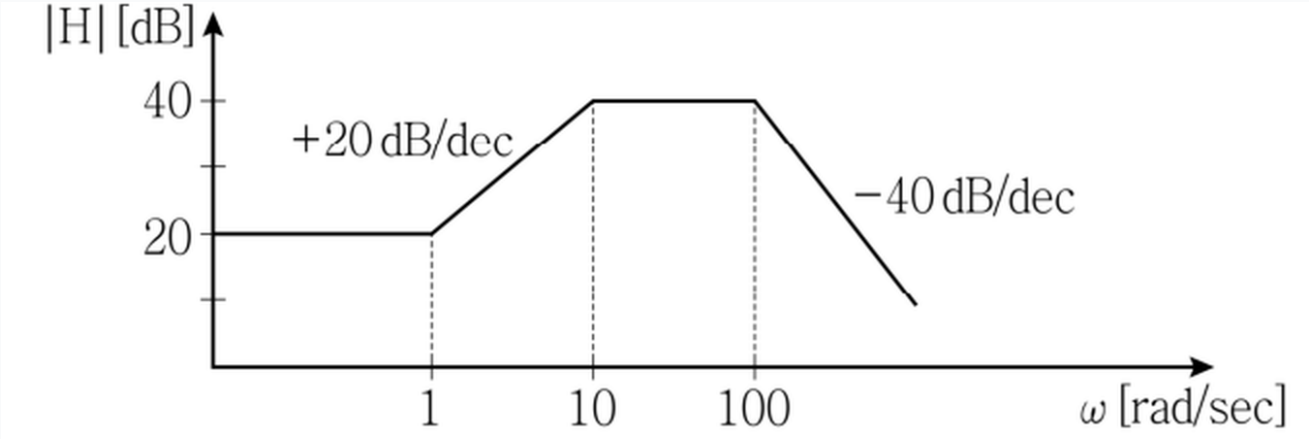
먼저 리액턴스 소자의 극한상태를 본다. 인덕터는 $\omega \to 0$에서 단락, $\omega \to \infty$에서 개방으로 두고 출력이 어느 대역에서 남는지 확인하면 필터 종류가 정해진다. 그다음 전달함수를 K, $K\frac{s}{s + \omega_c}$, $K\frac{\omega_c}{s + \omega_c}$ 같은 표준형으로 정리해 ω_c를 읽으면 된다.

암기 포인트

인덕터는 저주파 단락, 고주파 개방이다. 출력이 병렬 $R \parallel L$ 노드전압이면 이 회로는 고역통과이고 $\omega_c = (R_1 \parallel R_2)/L = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)L}$이다.

NoteBase

문 13. 다음 보드선도(Bode plot)와 같이 표현될 수 있는 전달함수 H(s)는?



① $\frac{10^2(s+10)}{(s+1)(s+100)}$
② $\frac{10^4(s+1)}{(s+10)(s+100)}$
③ $\frac{10^4(s+1)}{(s+10)(s+100)^2}$
④ $\frac{10^6(s+1)}{(s+10)(s+100)^2}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 보드선도의 절점 주파수와 기울기 변화로 영점·극점의 위치와 개수를 읽고, 저주파 이득까지 맞추어 전달함수를 고르는 문제이다.

핵심 정리

저주파에서 크기가 20 dB로 평탄하므로 직류이득은 10이다.
$\omega = 1$에서 기울기가 0에서 $+20dB/dec$로 바뀌므로 영점이 1개 있다.
$\omega = 10$에서 기울기가 $+20dB/dec$에서 0으로 바뀌므로 $\omega = 10$에 극점이 1개 있다.
$\omega = 100$에서 기울기가 0에서 $-40dB/dec$로 바뀌므로 $\omega = 100$에 극점이 2개 있다.
따라서 형태는 $H(s) = K\frac{s+1}{(s+10)(s+100)^2}$이다. 또 $H(0) = 10$이 되어야 하므로 $K\frac{1}{10 \cdot 100^2} = 10$에서 $K = 10^6$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $(s+1)$이 분모에 있고 $(s+10)$이 분자에 있으므로 $\omega=1$에서 먼저 극점이 생기고 $\omega=10$에서 영점이 생긴다. 그림은 $\omega=1$에서 기울기가 증가하므로 반대로 $(s+1)$이 분자, $(s+10)$이 분모에 있어야 한다. 또한 $\omega=100$에서 기울기 감소가 $-20dB/dec$ 한 번만 생겨 고주파 기울기가 $-20dB/dec$가 된다.
② X: $(s+1)$이 분자, $(s+10)$과 $(s+100)$이 분모라서 1,10 rad/s의 변화는 맞지만, $\omega=100$에 극점이 1개뿐이라 이후 기울기가 $-20dB/dec$만 된다. 그림은 $-40dB/dec$이므로 $(s+100)^2$가 되어야 한다.
③ X: 영점과 극점의 위치, 개수는 그림과 맞지만 상수이득이 부족하다. $H(0)=10^4/(10\cdot 100^2)=0.1$이므로 저주파 크기는 $-20dB$가 된다. 그림의 시작값 20 dB를 맞추려면 분자 상수는 10^6이어야 한다.
④ O: $(s+1)$은 $\omega=1$의 영점, $(s+10)$은 $\omega=10$의 극점, $(s+100)^2$는 $\omega=100$의 중복극점을 만든다. 또 $H(0)=10^6/(10\cdot 100^2)=10$이므로 저주파 크기 20 dB도 정확히 맞는다.

오답 포인트

절점 주파수의 위치만 보고 ③을 고르기 쉽지만, 보드선도는 기울기뿐 아니라 전체 높이도 함께 맞아야 한다. 또한 $\omega=100$ 이후 기울기 $-40dB/dec$를 $-20dB/dec$로 읽으면 ②로 잘못 간다.

다시 나오면 이렇게 판단

평탄 구간의 초기 이득을 먼저 읽고, 절점마다 기울기가 몇 dB/dec 변하는지를 본다. 기울기 변화가 $+20$이면 영점 1개, -20이면 극점 1개, -40이면 중복극점 2개로 대응시키면 된다.

암기 포인트

보드선도는 시작 높이로 K를 맞추고, 기울기 변화 $+20/-20/-40$으로 영점 1개, 극점 1개, 중복극점 2개를 읽는다.

NoteBase

문 14. 평형 Δ결선으로 연결된 3상부하의 소비전력이 $5.4[kW]$, 지상역률은 0.9이다. 이 3상회로의 선간전압이 $400[V]$일 때, 선전류 $[A]$는? (단, 전류와 전압은 실효값을 나타낸다)

① $3\sqrt{2}$
② $3\sqrt{3}$
③ $5\sqrt{2}$
④ $5\sqrt{3}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 평형 3상 Δ결선 부하의 전체 유효전력식 $P=\sqrt{3}V_L I_L\cos\phi$를 이용해 선전류를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 소비전력 $P=5.4kW=5400W$, 선간전압 $V_L=400V$, 역률 $\cos\phi=0.9$이다.
구해야 할 값은 선전류 I_L이다.
문제에서 전압과 전류는 실효값이므로 3상 전력의 기본식 $P=\sqrt{3}V_L I_L\cos\phi$를 그대로 사용하면 된다.

사용할 공식

사용할 공식은 $P=\sqrt{3}V_L I_L\cos\phi$이다.
이 공식은 평형 3상회로에서 선간전압과 선전류로 전체 유효전력을 바로 나타내는 식이다. Δ결선이라도 전체 전력을 선간전압과 선전류로 쓸 때는 같은 식을 사용한다.

계산 과정

1. 전력식을 선전류에 대해 정리하면 $I_L=\frac{P}{\sqrt{3}V_L\cos\phi}$이다.
2. 값을 대입하면 $I_L=\frac{5400}{\sqrt{3}\times400\times0.9}$이다.
3. 분모는 $400\times0.9=360$이므로 $I_L=\frac{5400}{360\sqrt{3}}=\frac{15}{\sqrt{3}}=5\sqrt{3}A$이다.

선지 판단

1번 X: 계산된 선전류는 $5\sqrt{3}A$이므로 $3\sqrt{2}A$는 전력식에 맞지 않는다. 올바르게는 $5\sqrt{3}A$이다.
2번 X: $3\sqrt{3}A$를 대입하면 주어진 소비전력 $5400W$가 되지 않는다. 올바르게는 $5\sqrt{3}A$이다.
3번 X: $5\sqrt{2}A$는 $\sqrt{3}$ 계수가 빠진 형태로 보기 쉽지만, 3상 유효전력식에는 반드시 $\sqrt{3}$가 들어간다. 올바르게는 $5\sqrt{3}A$이다.
4번 O: $I_L=\frac{5400}{\sqrt{3}\times400\times0.9}=5\sqrt{3}A$이므로 정답에 해당한다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 Δ결선이라는 말에만 끌려 상전류와 선전류의 관계를 먼저 건드리거나, 전체 3상 유효전력식의 $\sqrt{3}$와 역률 $\cos\phi$를 빠뜨리는 데 있다. 이 문제는 상전류를 구하는 문제가 아니라 선전류를 직접 묻는 문제이므로 전체 전력식부터 적용하는 것이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

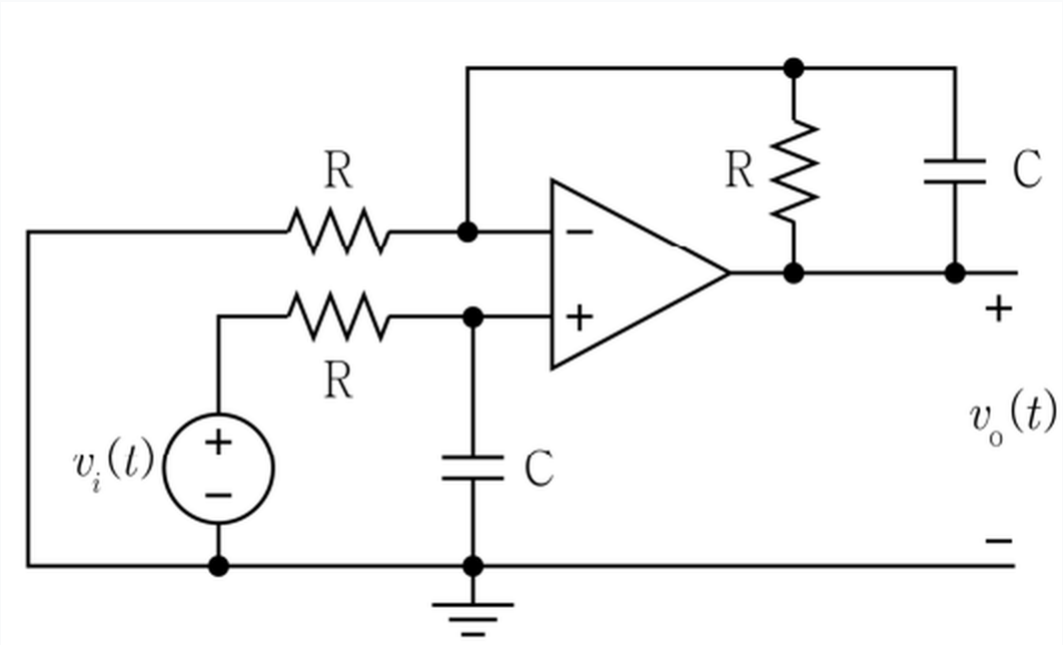
평형 3상에서 전체 전력, 선간전압, 선전류, 역률이 주어지면 먼저 $P=\sqrt{3}V_L I_L\cos\phi$를 세운다. 그다음 구하는 값에 맞게 식을 정리하고, 마지막에 $\sqrt{3}$와 역률을 빠뜨리지 않았는지 검산하면 된다.

암기 포인트

평형 3상 유효전력은 $P=\sqrt{3}V_L I_L\cos\phi$이고, 선전류는 $I_L=\frac{P}{\sqrt{3}V_L\cos\phi}$로 바로 구한다.

NoteBase

문 15. 다음 이상적인 연산증폭기 회로의 전달함수 H(s)=$\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는?



① $\frac{2+sCR}{1+sCR}$
② $\frac{2+sCR}{(1+sCR)^2}$
③ $\frac{1+sCR}{2+sCR}$
④ $\frac{(1+sCR)^2}{2+sCR}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기에서 +단 RC 저역통과망과 비반전 증폭기 피드백 이득을 각각 구한 뒤 전체 전달함수 $H(s)$를 곱해서 구하는 문제이다.

조건 정리

- + 입력단은 입력 $V_i(s)$가 저항 R을 거쳐 들어오고 커패시터 C가 접지로 연결된 1차 RC 회로이다.
- − 입력단은 접지와 저항 R로 연결되고, 출력과는 $R \parallel \frac{1}{sC}$로 귀환되는 비반전 증폭기 구조이다.
- 이상적 연산증폭기이므로 $V_- = V_+$이고 입력전류는 0이다.

사용할 공식

저역통과망 전달함수는 $\frac{V_+(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{1+sCR}$이고, 비반전 증폭기 이득은 $\frac{V_o(s)}{V_+(s)} = 1 + \frac{Z_f}{Z_g}$이다.
여기서 $Z_g = R$, $Z_f = R \parallel \frac{1}{sC} = \frac{R}{1+sCR}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 +단과 −단이 각각 표준 RC 분압기와 비반전 증폭기 귀환망으로 바로 해석되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. + 입력 전압은 $V_+(s) = \frac{1}{1+sCR} V_i(s)$이다.
2. 피드백 임피던스는 $Z_f = R \parallel \frac{1}{sC} = \frac{R}{1+sCR}$이므로 비반전 이득은 $\frac{V_o(s)}{V_+(s)} = 1 + \frac{Z_f}{R} = 1 + \frac{1}{1+sCR} = \frac{2+sCR}{1+sCR}$이다.
3. 따라서 전체 전달함수는 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{V_o(s)}{V_+(s)} \cdot \frac{V_+(s)}{V_i(s)} = \frac{2+sCR}{(1+sCR)^2}$이다.

선지별 해설

① X

- $\frac{2+sCR}{1+sCR}$는 비반전 증폭기 부분의 이득 $\frac{V_o(s)}{V_+(s)}$만 반영한 값이다. +단 RC 저역통과망의 $\frac{1}{1+sCR}$를 한 번 더 곱해야 하므로 전체 전달함수는 아니다.
- 틀린 표현은 전체 $H(s)$를 바로 이 값으로 둔 점이며, 올바르게는 $H(s) = \frac{2+sCR}{(1+sCR)^2}$이다.

② O

- +단 전달함수 $\frac{1}{1+sCR}$와 비반전 이득 $\frac{2+sCR}{1+sCR}$를 곱하면 $H(s) = \frac{2+sCR}{(1+sCR)^2}$가 된다. 정답과 일치한다.

③ X

- $\frac{1+sCR}{2+sCR}$는 비반전 증폭기 이득 $1 + \frac{Z_f}{Z_g}$를 역수처럼 잘못 해석한 형태이다. 폐루프 이득은 분모가 아니라 분자 쪽에 더해진다.
- 틀린 표현은 이득 관계를 뒤집은 점이며, 올바르게는 $\frac{V_o(s)}{V_+(s)} = \frac{2+sCR}{1+sCR}$이다.

④ X

- $\frac{(1+sCR)^2}{2+sCR}$는 정답식의 완전한 역수이다. 전달함수는 $\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$인데 이를 $\frac{V_i(s)}{V_o(s)}$로 거꾸로 두면 이런 꼴이 된다.
- 틀린 표현은 입력과 출력의 비를 반대로 잡은 점이며, 올바르게는 $\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{2+sCR}{(1+sCR)^2}$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 비반전 증폭기 귀환 이득만 구하고 +단 RC 저역통과망을 빠뜨리는 것이다. 또 $R \parallel \frac{1}{sC}$를 직렬처럼 보거나, 전달함수를 $\frac{V_i}{V_o}$로 거꾸로 두면 ③, ④ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

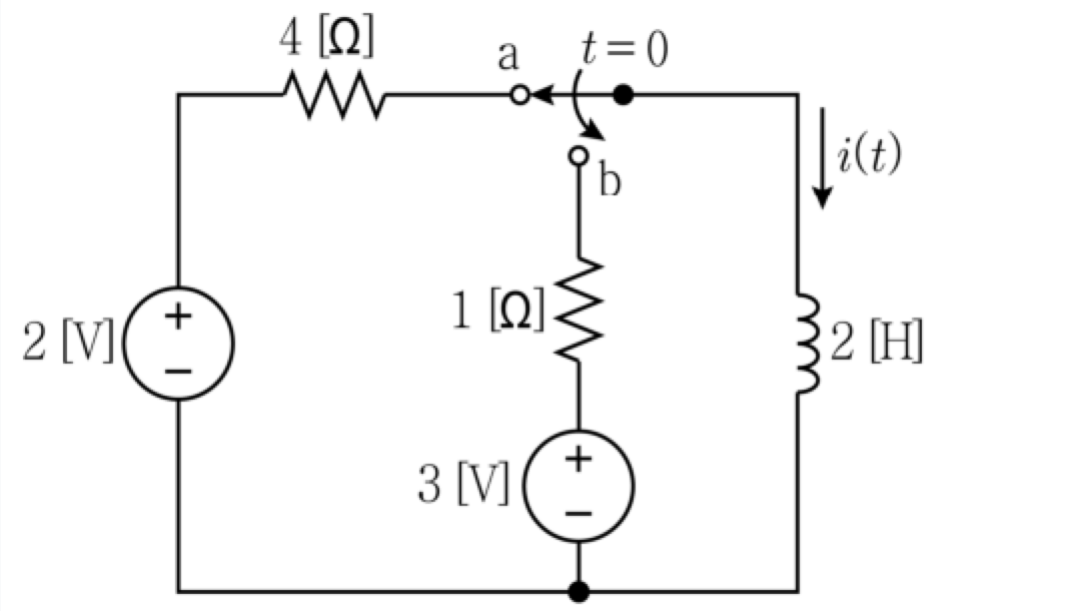
연산증폭기 회로 전달함수는 먼저 +단과 −단 주변을 따로 본다. 입력 분압 또는 필터로 $\frac{V_+}{V_i}$를 구하고, 귀환망으로 폐루프 이득 $\frac{V_o}{V_+}$ 또는 $\frac{V_o}{V_-}$를 구한 뒤 두 식을 곱하면 전체 $\frac{V_o}{V_i}$를 안정적으로 판단할 수 있다.

암기 포인트

비반전 증폭기형 전달함수는 입력측 전달함수 × 폐루프 이득 $1 + \frac{Z_f}{Z_g}$의 곱으로 정리된다.

NoteBase

문 16. 다음 회로는 $t < 0$에서 정상상태에 도달하였다. $t = 0$인 순간에 스위치가 단자 a에서 b로 연결될 때, $t > 0$에서 전류 $i(t)$ $[A]$는?



① $3 - 3e^{-\frac{1}{2}t}$

② $3 - 3e^{-2t}$

③ $3 - 2.5e^{-\frac{1}{2}t}$

④ $3 - 2.5e^{-2t}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 스위치 전환 전후의 인덕터 전류 연속조건과 RL 1차 과도응답식을 이용해 $i(t)$를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- $t<0$에서 정상상태이다.
- 인덕턴스는 $L=2H$이다.
- $t<0$에는 $2V$ 전원과 4Ω 저항이 인덕터와 연결된다.
- $t>0$에는 $3V$ 전원과 1Ω 저항이 인덕터와 연결된다.

구해야 할 값:
- $t>0$에서 전류 $i(t)$이다.

주의할 조건:
- 직류 정상상태에서 인덕터는 단락으로 본다.
- 인덕터 전류는 순간적으로 변하지 않으므로 $i(0^+)=i(0^-)$이다.

사용할 공식

사용 공식은 다음과 같다.
$i(t)=I_\infty+(I_0-I_\infty)e^{-t/\tau},\quad \tau=\frac{L}{R}$
이 공식을 쓰는 이유는 스위치 전환 후 회로가 $3V$ 전원, 1Ω 저항, $2H$ 인덕터로 이루어진 직렬 RL 1차 회로이기 때문이다.

계산 과정

1. $t<0$ 정상상태에서는 인덕터가 단락이므로 초기전류는 $i(0^-)=\frac{2}{4}=0.5A$이다.
2. 인덕터 전류 연속조건으로 $i(0^+)=0.5A$이다.
3. $t>0$ 회로의 정상상태 전류는 $I_\infty=\frac{3}{1}=3A$이다.
4. 시정수는 $\tau=\frac{L}{R}=\frac{2}{1}=2s$이다.
5. 따라서
$i(t)=3+(0.5-3)e^{-t/2}=3-2.5e^{-t/2}$
이 된다.

선지별 해설

① X: $3-3e^{-t/2}$는 $t=0$에서 전류가 0이 되므로 틀리다. 이 식은 인덕터 전류의 연속성을 무시하고 초기전류를 0으로 둔 값이다. 틀린 표현은 초기계수 3이고, 올바르게는 $i(0^+)=0.5A$가 반영되어 $3-2.5e^{-t/2}$가 되어야 한다.
② X: $3-3e^{-2t}$는 초기전류도 0으로 잘못 두었고 지수부도 틀리다. 틀린 표현은 e^{-2t}와 초기계수 3이며, 올바르게는 시정수 $\tau=2$이므로 지수항은 $e^{-t/2}$, 초기조건을 반영한 계수는 2.5이다.
③ O: $i(0^+)=0.5A$, $I_\infty=3A$, $\tau=2$를 대입하면 $i(t)=3-2.5e^{-t/2}$가 되므로 옳다.
④ X: $3-2.5e^{-2t}$는 초기전류 계수 2.5는 맞지만 지수부가 틀리다. 틀린 표현은 e^{-2t}이고, 올바르게는 $\tau=\frac{L}{R}=2$이므로 $e^{-t/2}$가 되어야 한다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, $t < 0$ 정상상태에서 인덕터를 단락으로 보지 못하면 초기전류 $0.5A$를 놓치게 된다. 둘째, RL 과도응답의 지수항을 $e^{-t/\tau}$가 아니라 $e^{-\tau t}$처럼 거꾸로 쓰면 ②, ④ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

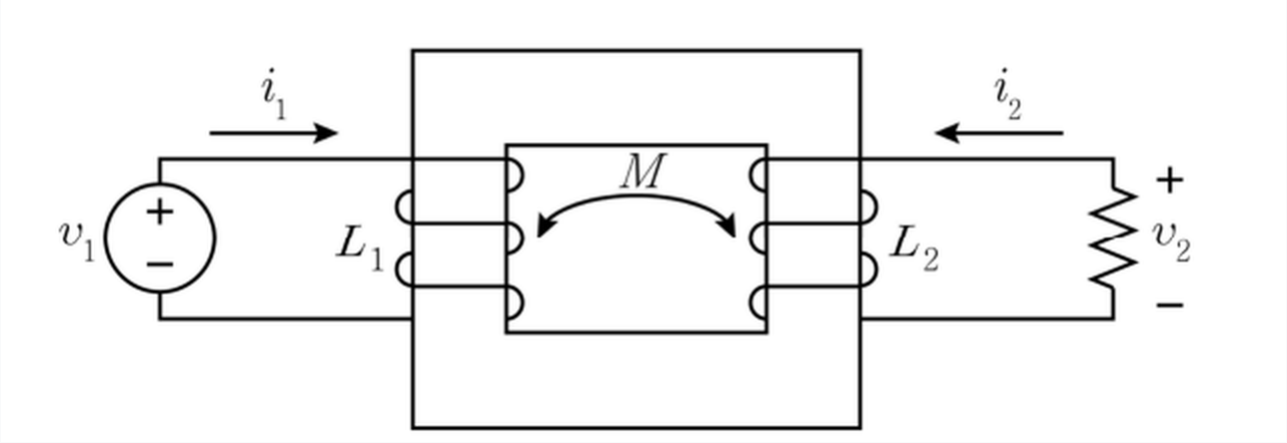
스위치가 바뀌는 RL 과도응답 문제는 전환 전 정상상태로 $i(0^-)$를 먼저 구하고, 인덕터 전류 연속성으로 $i(0^+)$를 정한 뒤, 전환 후 회로에서 I_∞와 $\tau = \frac{L}{R}$를 계산해 $i(t) = I_\infty + (I_0 - I_\infty)e^{-t/\tau}$에 넣어 판단한다.

암기 포인트

RL 스위칭의 핵심은 직류 정상상태 인덕터 단락, 인덕터 전류 연속, 시정수 $\tau = \frac{L}{R}$이다.

NoteBase

문 17. 다음 회로에서 이상적인 변압기에 축적되는 에너지[J]는? (단, 변압기의 초기 에너지는 0이고, L_1과 L_2는 자기 인덕턴스이며 M은 상호 인덕턴스이다)



① $\frac{1}{2}L_1i_1^2 + \frac{1}{2}L_2i_2^2 - Mi_1i_2$

② $\frac{1}{2}L_1i_1^2 + \frac{1}{2}L_2i_2^2 + Mi_1i_2$

③ $L_1i_1^2 + L_2i_2^2 - 2Mi_1i_2$

④ $L_1i_1^2 + L_2i_2^2 + 2Mi_1i_2$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 결합 인덕터의 저장 에너지식을 쓰고, 기준 전류 방향에 따라 상호 인덕턴스 항의 부호를 판별할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 자기 인덕턴스 L_1, L_2와 상호 인덕턴스 M이다.
구해야 할 값은 초기 에너지가 0일 때 변압기에 축적되는 에너지 W이다.
주의할 조건은 그림의 기준 전류 i_1, i_2가 같은 기준 극성으로 잡혀 있어 상호항의 부호가 양이 된다는 점이다.

사용할 공식

결합 인덕터의 전압식은 $v_1 = L_1\frac{di_1}{dt} + M\frac{di_2}{dt}$, $v_2 = L_2\frac{di_2}{dt} + M\frac{di_1}{dt}$이다.
순간전력 $p = v_1i_1 + v_2i_2$를 적분하면 저장 에너지는 $W = \frac{1}{2}L_1i_1^2 + \frac{1}{2}L_2i_2^2 + Mi_1i_2$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 문제가 두 권선의 자기 에너지와 상호 결합 에너지를 함께 묻는 전형적인 결합 인덕터 에너지식 문제이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전압식을 이용해 순간전력을 쓰면 $p = L_1 i_1 \frac{di_1}{dt} + L_2 i_2 \frac{di_2}{dt} + M i_1 \frac{di_2}{dt} + M i_2 \frac{di_1}{dt}$이다.
2. 이를 정리하면 $p = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 + M i_1 i_2\right)$이다.
3. 초기 에너지가 0이므로 저장 에너지는 $W = \frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$가 된다.

선지 판단

1번 X: 틀린 표현은 $-M i_1 i_2$이다. 이 부호는 두 전류가 서로 반대 기준 극성으로 들어갈 때의 식이고, 이 문제의 기준에서는 올바르게는 $+M i_1 i_2$가 된다.
2번 O: $\frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$는 자기 에너지 두 항과 양의 상호 에너지 항을 정확히 쓴 식이므로 옳다.
3번 X: 틀린 표현은 전체 계수와 상호항 부호이다. $L_1 i_1^2 + L_2 i_2^2 - 2M i_1 i_2$는 정답식의 두 배이면서 부호도 반대이고, 올바르게는 $\frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$이다.
4번 X: 틀린 표현은 자기 에너지 항 앞의 $\frac{1}{2}$가 빠진 점이다. $L_1 i_1^2 + L_2 i_2^2 + 2M i_1 i_2$는 정답식 전체를 두 배로 쓴 식이고, 올바르게는 $\frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$이다.

오답 포인트

상호 인덕턴스 항을 $\pm 2M i_1 i_2$로 외우거나, 전체 식에 필요한 $\frac{1}{2}$를 빠뜨리면 3번이나 4번처럼 틀리게 된다. 이 문제의 핵심 함정은 상호항 부호와 전체 계수 $\frac{1}{2}$를 동시에 헷갈리게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

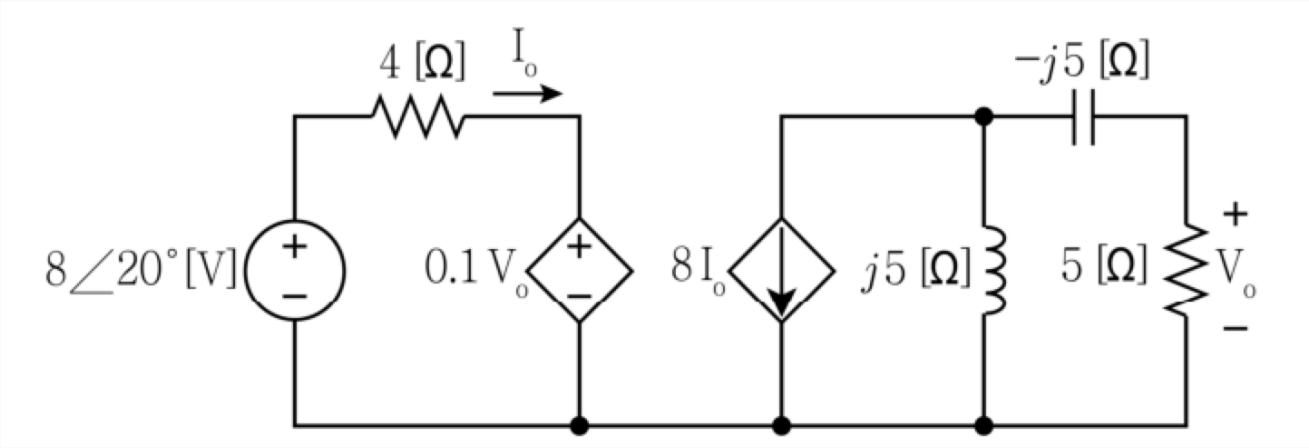
결합 인덕터 에너지 문제는 먼저 저장 에너지 기본형 $W = \frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 \pm M i_1 i_2$를 떠올리고, 그다음 두 전류가 같은 기준 극성으로 들어가는지 반대 극성인지 확인해 상호항 부호를 정한다. 마지막으로 전체 식에 $\frac{1}{2}$가 빠지지 않았는지를 검산한다.

암기 포인트

결합 인덕터 에너지는 $\frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 \pm M i_1 i_2$이고, 상호항 부호는 기준 전류의 극성 관계가 결정한다.

NoteBase

문 18. 다음 회로의 저항 5[Ω]에서 소비되는 평균전력 [W]은? (단, 전류와 전압은 실효값을 나타낸다)



① 320

② 640

③ 960

④ 1,280

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 종속원으로 결합된 교류회로에서 I_o와 V_o의 관계를 구한 뒤, 저항 5Ω에서의 평균전력 $P = |V_o|^2/R$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전압원은 $8\angle 20^\circ V$, 왼쪽 저항은 4Ω, 종속 전압원은 $0.1V_o$, 종속 전류원은 $8I_o$, 오른쪽 저항은 5Ω이다.
구해야 할 값: 저항 5Ω에서 소비되는 평균전력이다.
주의할 조건: 전압과 전류는 실횻값이므로 평균전력은 추가로 1/2를 곱하지 않는다.

사용할 공식

평균전력은 저항에서만 소비되므로 $P = |V_o|^2/R$를 사용한다.
또한 오른쪽 회로는 노드해석으로 V_o와 I_o의 관계를 구하고, 왼쪽 회로는 KVL로 I_o를 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 코일 $j5$Ω와 커패시터 $-j5$Ω는 평균전력을 소비하지 않고, 문제에서 묻는 대상이 저항 5Ω이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 오른쪽 회로의 노드전압을 잡으면, 저항 위 전압은 V_o이고 중앙 노드전압은 V_c이다. 오른쪽 끝 노드에서
$(V_o - V_c)\frac{1}{-j5} + \frac{V_o}{5} = 0$
이므로 $V_c = (1-j)V_o$가 된다.
2. 중앙 노드에서 KCL을 적용하면
$\frac{V_c}{j5} + \frac{V_c - V_o}{-j5} + 8I_o = 0$
이고, 위 관계를 대입하면 $V_o = -40jI_o$가 된다.
3. 왼쪽 회로에서 KVL을 적용하면
$I_o = \frac{8\angle 20^\circ - 0.1V_o}{4}$
이다. 여기에 $V_o = -40jI_o$를 대입하면
$I_o = \frac{8\angle 20^\circ + 4jI_o}{4}$
$I_o(1-j) = 2\angle 20^\circ$
이므로 |I_o|=2이다.
4. 따라서 |V_o|=40|I_o|=402이고,
P=(|V_o|^2)/(5)=((402)^2)/(5)=640
이 된다.

선지별 해설

① X
계산 결과 평균전력은 $640W$이므로 $320W$는 틀리다. $320W$는 실횻값으로 주어진 전압을 다시 1/2 처리한 경우처럼 평균전력을 절반으로 잘못 계산한 값이다. 틀린 표현은 `320`이고, 올바르게는 `640`이다.

② O
|V_o|=402이므로 저항 5Ω의 평균전력은 $P = |V_o|^2/5 = 640W$이다. 따라서 ②가 옳다.

③ X
$960W$는 리액턴스까지 실제 전력 소모 요소처럼 취급한 계산과 같은 오류에서 나오는 값이다. 평균전력은 저항에서만 소비되므로 틀린 표현은 `960`이고, 올바르게는 `640`이다.

④ X
$1280W$는 실횻값을 최대값처럼 취급하여 전력을 2배로 잡은 경우와 같은 오류이다. 문제의 전압과 전류는 이미 실횻값이므로 틀린 표현은 `1280`이고, 올바르게는 `640`이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 함정은 두 가지이다. 첫째, 오른쪽 회로의 L과 C는 평균전력을 소비하지 않는데도 전체 임피던스가 복잡하다는 이유로 전력식을 잘못 세우기 쉽다. 둘째, 문제에서 전압과 전류가 실횻값이라고 밝혔는데도 최대값 공식처럼 1/2를 다시 곱하거나 2배를 만드는 실수를 하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

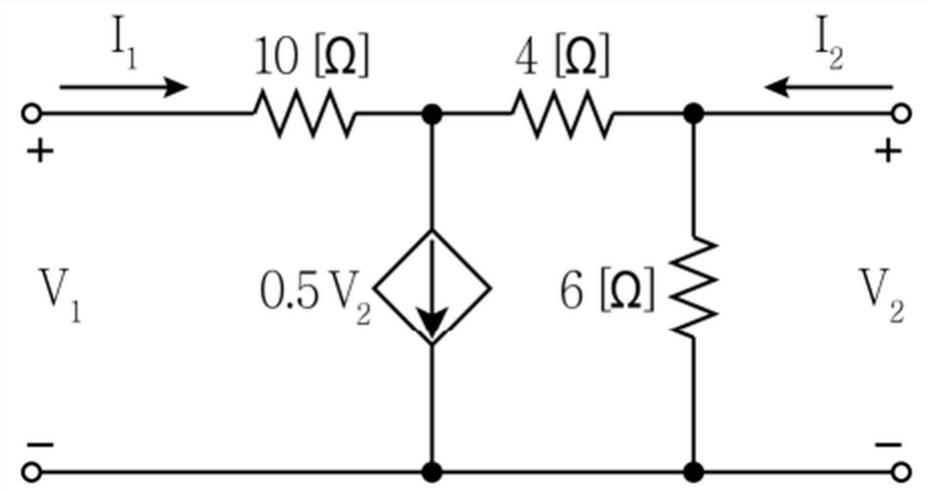
종속원이 있는 교류회로 전력문제는 먼저 제어량 사이의 관계식 ($V_o \leftrightarrow I_o$)를 만든다. 그다음 구하려는 소자가 저항인지 확인하고, 저항이면 $P = |V|^2/R$ 또는 $P = |I|^2R$로 바로 정리한다. 실횻값 조건이 있으면 평균전력 계산에서 추가 1/2 처리를 하지 않는다.

암기 포인트

저항의 평균전력은 $P = |V|^2/R = |I|^2R$이고, L과 C는 평균전력을 소비하지 않는다.

NoteBase

문 19. 다음 4단자망의 임피던스 파라미터 중 z_{11}과 z_{22}의 합[Ω]은?



① 10

② 12

③ 14

④ 16

정답 3번

출제 포인트

개방 조건에서 z 파라미터의 정의를 적용해 z_{11}과 z_{22}를 각각 구한 뒤 합하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로는 입력측 10Ω, 중간-출력측 4Ω, 출력측 접지로 6Ω, 그리고 크기 $0.5V_2$의 종속전류원이 있는 4단자망이다.
z_{11}은 $I_2 = 0$에서 V_1/I_1이고, z_{22}는 $I_1 = 0$에서 V_2/I_2이다.
전류 방향은 그림처럼 각 포트 안으로 들어가는 방향이다.

사용할 공식

$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2, \qquad V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$
따라서 $z_{11} = \frac{V_1}{I_1}\Big|_{I_2=0}, z_{22} = \frac{V_2}{I_2}\Big|_{I_1=0}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 임피던스 파라미터 z를 직접 묻고 있으므로 개방회로 조건으로 각 자기 임피던스를 정의대로 계산해야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. z_{11} 계산: $I_2 = 0$으로 두면 출력 포트 개방이므로 출력 노드에서
$0 = \frac{V_2 - V_m}{4} + \frac{V_2}{6}$
이고, 정리하면 $5V_2 = 3V_m$, 즉 $V_2 = 0.6V_m$이다.
2. 중간 노드 V_m에서
$I_1 = \frac{V_m - V_2}{4} + 0.5V_2$
이므로 $V_2 = 0.6V_m$를 대입하면 $I_1 = 0.4V_m$, 따라서 $V_m = 2.5I_1$이다. 또 $V_1 = V_m + 10I_1$이므로
$V_1 = 12.5I_1$, 따라서 $z_{11} = 12.5\Omega$이다.
3. z_{22} 계산: $I_1 = 0$이면 좌측 포트 개방이므로 10Ω 저항에는 전류가 흐르지 않아 $V_1 = V_m$이다. 중간 노드에서
$\frac{V_m - V_2}{4} + 0.5V_2 = 0$
이므로 $V_m = -V_2$이다. 따라서
$I_2 = \frac{V_2 - V_m}{4} + \frac{V_2}{6} = \frac{2V_2}{4} + \frac{V_2}{6} = \frac{2V_2}{3}$
이어서 $z_{22} = \frac{V_2}{I_2} = 1.5\Omega$이다.
4. 최종적으로 $z_{11} + z_{22} = 12.5 + 1.5 = 14\Omega$이다.

선지별 해설

① X: $z_{11} + z_{22} = 10\Omega$이라는 수치가 틀리다. 계산하면 $12.5\Omega + 1.5\Omega = 14\Omega$이다. 올바르게는 14Ω가 되어야 한다.
② X: 12Ω라는 값은 z_{11} 또는 z_{22} 계산 중 한 단계만 반영한 오답에 가깝다. 특히 개방 조건과 종속전류원 항을 함께 처리하지 않으면 이런 과소값이 나오기 쉽다. 올바르게는 $z_{11} = 12.5\Omega$, $z_{22} = 1.5\Omega$, 합은 14Ω이다.
③ O: 14Ω가 맞다. $I_2 = 0$에서 $z_{11} = 12.5\Omega$, $I_1 = 0$에서 $z_{22} = 1.5\Omega$이므로 합은 14Ω이다.
④ X: 16Ω라는 값은 종속전류원의 효과나 개방 조건을 잘못 반영했을 때 나올 수 있는 오답이다. 이 회로에서는 종속전류원이 중간 노드 전류식에 반드시 들어가므로 최종값은 16Ω가 아니라 14Ω이다.

오답 포인트

출력 포트를 개방한다는 말은 $I_2 = 0$이라는 뜻이지 $V_2 = 0$이라는 뜻이 아니다.
또한 종속전류원 $0.5V_2$를 빠뜨리면 중간 노드 KCL이 틀어져 z_{11}과 z_{22}가 모두 달라진다.
좌측 개방 조건 $I_1 = 0$에서는 10Ω 저항 전류가 0이므로 $V_1 = V_m$이 된다는 점도 자주 놓친다.

다시 나오면 이렇게 판단

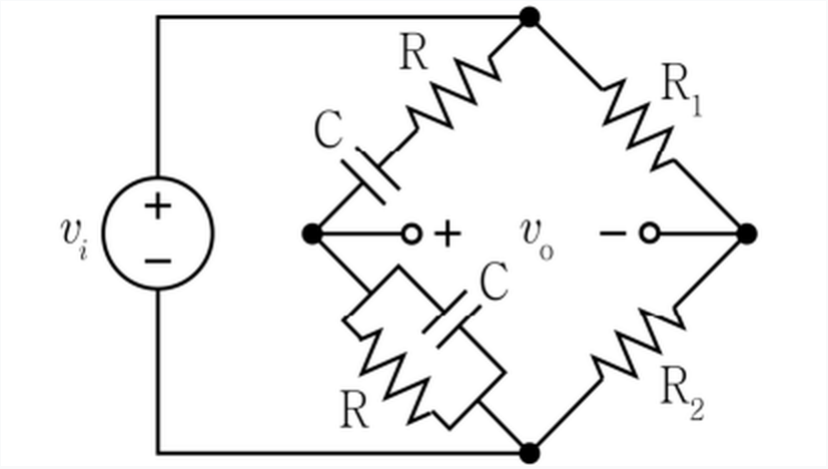
4단자망의 z 파라미터를 묻는 문제는 먼저 z_{11}, z_{22}의 정의를 써 놓고, 각각 $I_2 = 0$, $I_1 = 0$의 개방 조건을 분리해서 노드방정식을 세우면 된다. 종속원이 있으면 제어변수와 종속전류 항을 KCL에 끝까지 유지해야 한다.

암기 포인트

z 파라미터는 개방조건 임피던스이다. z_{11}은 $I_2 = 0$, z_{22}는 $I_1 = 0$에서 구한다.

NoteBase

문 20. 다음 회로에서 입력전압과 출력전압 사이의 위상차가 0 °가 되는 주파수가 ω_0[rad/sec]일 때, 이득 $\frac{V_o(j\omega_0)}{V_i(j\omega_0)}$은?



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

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 위엔 브리지 형태의 RC 네트워크에서 영위상 조건을 먼저 구한 뒤, 왼쪽 분압점 전압과 오른쪽 저항 분압점 전압의 차로 출력 이득을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
입력은 위아래 단자에 걸리고, 출력은 좌측 중간점이 +, 우측 중간점이 −인 전압이다.
왼쪽 가지는 위쪽이 직렬 RC, 아래쪽이 병렬 RC인 위엔 브리지 네트워크이다.
오른쪽 가지는 R_1, R_2의 직렬 분압기이다.
구해야 할 값:
위상차가 0이 되는 ω_0에서의 $V_o(j\omega_0)/V_i(j\omega_0)$이다.
주의할 조건:
출력은 좌측 전압에서 우측 전압을 뺀 값이므로 부호를 반대로 쓰면 안 된다.

NoteBase

사용할 공식

왼쪽 위엔 브리지의 중간점 전압비를 V_L/V_i, 오른쪽 저항 분압점 전압비를 V_R/V_i라고 두면
$\frac{V_o}{V_i} = \frac{V_L - V_R}{V_i} = \frac{V_L}{V_i} - \frac{V_R}{V_i}$
이다.

왼쪽 위엔 브리지에 대해
$Z_1 = R + \frac{1}{j\omega C}, \qquad Z_2 = R \parallel \frac{1}{j\omega C} = \frac{R}{1 + j\omega RC}$
이므로
$\frac{V_L}{V_i} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{1}{3 + j\left(\omega RC - \frac{1}{\omega RC}\right)}$
가 된다.

이 공식을 쓰는 이유:

영위상 조건은 허수부가 0이 되는 조건으로 바로 읽을 수 있고, 그때 왼쪽 중간점 이득이 고정값으로 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. 영위상 조건은 $\omega RC - 1/(\omega RC) = 0$이므로 $\omega_0 RC = 1$이다.

2. 따라서 왼쪽 중간점 전압비는
$\frac{V_L}{V_i} = \frac{1}{3}$
이다.

3. 오른쪽 저항 분압점 전압비는
$\frac{V_R}{V_i} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
이다.

4. 출력은 좌측이 $+$, 우측이 $-$이므로
$\frac{V_o(j\omega_0)}{V_i(j\omega_0)} = \frac{1}{3} - \frac{R_2}{R_1 + R_2}$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
$\frac{1}{3} - \frac{R_2}{R_1+R_2}$는 계산 결과와 정확히 일치한다.

② X
$\frac{2}{3} - \frac{R_2}{R_1+R_2}$에서 잘못된 부분은 2/3이다.
영위상에서 왼쪽 위엔 브리지의 전압비는 2/3가 아니라 1/3이다.
틀린 표현은 2/3이고, 올바르게는 1/3이다.

③ X
$\frac{1}{3} + \frac{R_2}{R_1+R_2}$에서 잘못된 부분은 더하기 부호이다.
출력 정의가 좌측 중간점 전압 − 우측 중간점 전압이 아니라 좌측 중간점 전압 +, 우측 중간점 전압 −이므로 실제 계산은 두 전압의 차가 된다.
틀린 표현은 $+\frac{R_2}{R_1+R_2}$이고, 올바르게는 $-\frac{R_2}{R_1+R_2}$이다.

④ X
$\frac{2}{3} + \frac{R_2}{R_1+R_2}$는 왼쪽 위엔 브리지의 영위상 이득을 2/3로 잘못 본 오류와 출력 극성을 반대로 읽어 부호를 잘못 준 오류가 함께 들어 있다.
틀린 표현은 2/3와 더하기 부호이고, 올바르게는 $1/3 - \frac{R_2}{R_1+R_2}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다.
첫째, 위엔 브리지의 영위상 조건에서 중간점 이득을 1/3이 아니라 2/3로 착각하기 쉽다.
둘째, 출력 극성이 좌측 +, 우측 −인데도 두 전압을 더해 버리면 ③, ④ 같은 오답이 만들어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

브리지형 회로가 나오면 먼저 어느 중간점 전압이 출력의 +, −인지 확인한다. 그다음 영위상 조건에서 허수부를 0으로 두어 ω_0를 구하고, 각 중간점 전압비를 따로 계산한 뒤 마지막에 극성대로 빼서 정답을 정리한다.

암기 포인트

위엔 브리지의 영위상 조건은 $\omega_0 RC = 1$, 그때 직렬 RC-병렬 RC 중간점 이득은 1/3이다.

NoteBase