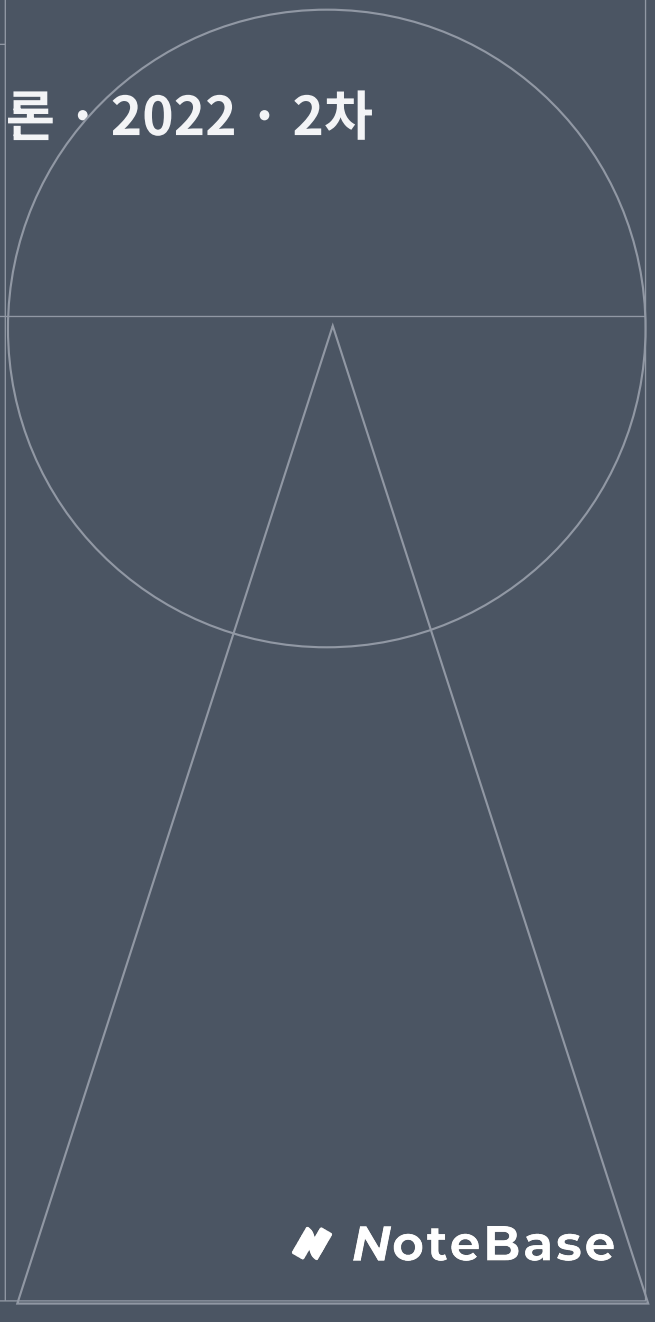
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2022 · 2차



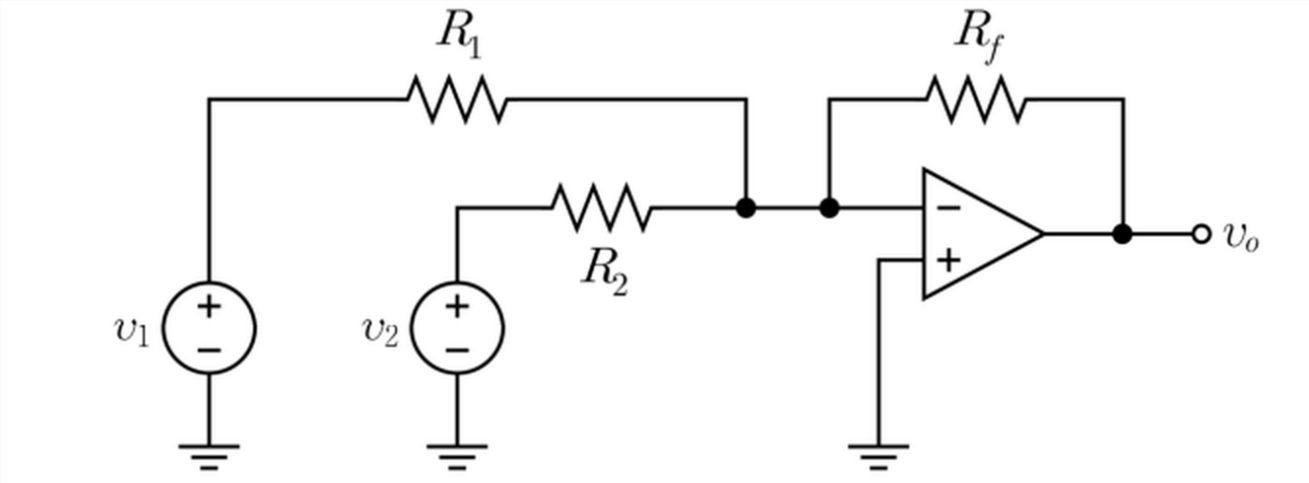
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2022 · 2차

공무원/국가직/7급 · 회로이론 · 2022 · 2차

문 1. 다음 회로의 연산증폭기 동작으로 옳은 것은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 미분기

② 적분기

③ 차동증폭기

④ 가산증폭기

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 연산증폭기에서 비반전 입력이 접지되고, 여러 입력 전압이 각각 저항을 거쳐 반전 입력 단자에 모이며, 출력에서 반전 입력으로 피드백 저항이 연결된 형태를 보고 가산증폭기 구조를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 미분기는 보통 커패시터가 입력 쪽에 들어가 입력 변화율에 비례한 출력이 나오도록 구성된다. 이 회로는 입력이 모두 저항으로만 연결되어 있으므로 미분기가 아니다. 틀린 표현은 "미분기"이고, 올바르게는 여러 입력을 합하는 가산증폭기이다.
② X: 적분기는 보통 피드백 경로에 커패시터가 들어가 시간 적분 동작을 만든다. 이 회로의 피드백 소자는 저항 R_f이므로 적분기가 아니다. 틀린 표현은 "적분기"이고, 올바르게는 저항 피드백을 둔 반전형 가산증폭기이다.
③ X: 차동증폭기는 두 입력의 차를 증폭하도록 비반전 입력과 반전 입력이 모두 신호를 받는 구성이 핵심이다. 이 회로는 비반전 입력이 접지되어 있고 v_1, v_2가 같은 반전 합산점으로 들어가므로 차동증폭기가 아니다. 틀린 표현은 "차동증폭기"이고, 올바르게는 여러 입력을 반전 단자에서 합하는 가산증폭기이다.
④ O: v_1, v_2가 각각 R_1, R_2를 거쳐 같은 반전 입력 노드에 들어가고, 출력에서 R_f로 피드백이 걸려 있으므로 전형적인 반전형 가산증폭기이다. 각 입력 전류가 합산되어 출력이 입력들의 가중합으로 결정된다.

오답 포인트

연산증폭기 문제에서는 연산 종류보다 먼저 입력 소자의 종류와 비반전 입력의 연결 상태를 본다. 커패시터가 없는데도 미분기나 적분기로 착각하거나, 입력이 두 개라는 이유만으로 차동증폭기로 오인하는 함정이 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

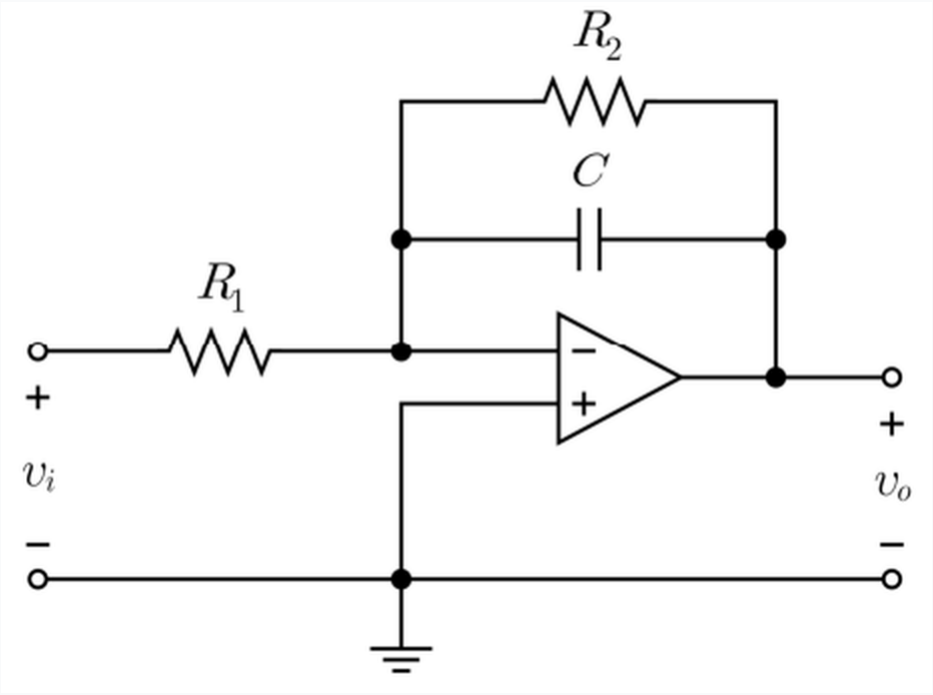
비반전 입력이 접지되어 있고 여러 신호가 저항을 통해 같은 반전 입력 노드로 모이면 가산증폭기로 판단한다. 커패시터가 입력이나 피드백에 있으면 미분기나 적분기를 의심하고, 두 입력 단자가 각각 신호를 받으면 차동증폭기를 먼저 검토한다.

암기 포인트

여러 입력 저항이 한 반전 단자에 모이고 R_f가 걸리면 반전형 가산증폭기이다.

NoteBase

문 2. 다음 회로가 나타내는 필터는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 저주파통과필터(lowpass filter)

② 고주파통과필터(highpass filter)

③ 대역통과필터(bandpass filter)

④ 대역제거필터(bandreject filter)

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 반전 연산증폭기 회로에서 피드백 임피던스가 R_2와 커패시터 C의 병렬 연결이라는 점을 보고 주파수가 높아질수록 이득이 감소하는 저주파통과 특성을 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 피드백 임피던스는 $Z_f = R_2 \parallel \frac{1}{sC} = \frac{R_2}{1+sR_2C}$이다.
- 전달함수는 $\frac{v_o}{v_i} = -\frac{Z_f}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1(1+sR_2C)}$가 된다.
- 저주파에서는 커패시터가 거의 개방되어 이득이 $-R_2/R_1$로 유지되고, 고주파에서는 커패시터가 거의 단락되어 $Z_f \to 0$이므로 출력이 작아진다. 따라서 저주파통과필터가 맞다.

② X
- 고주파통과필터는 주파수가 높아질수록 출력이 살아나고 저주파 성분이 차단되어야 한다.
- 이 회로는 반대로 고주파에서 커패시터가 피드백을 강하게 만들어 출력 이득을 줄인다.
- 틀린 표현은 "고주파통과"이고, 올바르게는 "저주파통과"이다.

③ X
- 대역통과필터는 특정 중간 주파수 대역만 통과시키고 저주파와 고주파를 모두 감쇠시킨다.
- 이 회로는 $\omega = 0$ 부근에서 이미 유한한 이득을 가지며, 중간 대역만 선택적으로 통과시키는 두 개의 차단 주파수 구조가 없다.
- 틀린 표현은 "대역통과필터"이고, 올바르게는 "저주파는 통과시키고 고주파를 감쇠시키는 1차 저주파통과필터"이다.

④ X
- 대역제거필터는 특정 주파수 부근만 제거하는 노치 특성을 가져야 한다.
- 이 회로의 전달함수 분모는 $1 + sR_2C$ 하나뿐이어서 특정 중간 주파수에서만 출력이 꺼지는 영점-노치 구조가 없다.
- 틀린 표현은 "대역제거필터"이고, 올바르게는 "주파수가 높아질수록 연속적으로 감쇠하는 저주파통과필터"이다.

오답 포인트

커패시터가 보이면 무조건 고주파통과로 연결하는 실수가 잦다. 이 문제에서는 커패시터가 입력 쪽 직렬이 아니라 피드백 가지에 병렬로 들어가 있으므로, 주파수가 올라갈수록 피드백 임피던스가 작아지고 반전 이득이 줄어든다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 필터는 먼저 커패시터가 입력 경로에 있는지 피드백 경로에 있는지 본다. 그다음 $\omega \to 0$과 $\omega \to \infty$에서 커패시터를 각각 개방과 단락으로 치환해 이득이 어느 쪽 주파수에서 남는지 판단하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

반전 증폭기에서 피드백의 병렬 커패시터는 고주파 이득을 깎으므로 저주파통과 성질을 만든다.

NoteBase

문 3. 전달함수 $F(s)=\frac{2(s^2+2s+6)}{(s+1)(s+2)(s+3)}$에서 라플라스 역변환 $f(t)$의 초깃값 $f(0^+)$과 최종값 $f(\infty)$는?

① $f(0^+)$: 0, $f(\infty)$: 0

② $f(0^+)$: 0, $f(\infty)$: 1

③ $f(0^+)$: 2, $f(\infty)$: 0

④ $f(0^+)$: 2, $f(\infty)$: 1

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 초기값정리와 최종값정리를 적용해 $f(0^+)$와 $f(\infty)$를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 전달함수는 $F(s)=\frac{2(s^2+2s+6)}{(s+1)(s+2)(s+3)}$이다.
구해야 할 값은 $f(0^+)$와 $f(\infty)$이다.
최종값정리는 계의 극이 좌반평면에 있어야 하는데, 분모의 극은 $-1,\ -2,\ -3$이므로 적용할 수 있다.

사용할 공식

초기값정리는 $f(0^+)=\lim_{s\to\infty}sF(s)$이고, 최종값정리는 $f(\infty)=\lim_{s\to 0}sF(s)$이다.
전달함수 $F(s)$가 주어졌으므로 시간영역 함수 자체를 역변환하지 않고도 두 값을 바로 구할 수 있다.

계산 과정

초기값은 $f(0^+)=\lim_{s\to\infty}sF(s)=\lim_{s\to\infty}\frac{2s(s^2+2s+6)}{(s+1)(s+2)(s+3)}$이다.
분자와 분모의 최고차항만 보면 $\frac{2s^3}{s^3}$이므로 $f(0^+)=2$이다.
최종값은 $f(\infty)=\lim_{s\to 0}sF(s)=\lim_{s\to 0}\frac{2s(s^2+2s+6)}{(s+1)(s+2)(s+3)}$이다.
여기서는 분자에 s가 곱해져 있으므로 값이 0이 되어 $f(\infty)=0$이다.

선지 판단

1번 X: 제시값은 $f(0^+)=0$, $f(\infty)=0$이다. 틀린 표현은 $f(0^+)=0$이며, 올바르게는 $f(0^+)=2$이다.
2번 X: 제시값은 $f(0^+)=0$, $f(\infty)=1$이다. 틀린 표현은 두 값 모두이며, 올바르게는 $f(0^+)=2$, $f(\infty)=0$이다.
3번 O: 제시값은 $f(0^+)=2$, $f(\infty)=0$이다. 초기값정리와 최종값정리 계산 결과와 정확히 일치한다.
4번 X: 제시값은 $f(0^+)=2$, $f(\infty)=1$이다. 틀린 표현은 $f(\infty)=1$이며, 올바르게는 $f(\infty)=0$이다.

오답 포인트

초기값정리와 최종값정리의 극한 방향을 바꾸거나, 최종값에서 분자에 곱해진 s를 놓치면 0 대신 다른 숫자를 고르게 된다. 특히 4번은 초기값만 맞고 최종값을 1로 착각하게 만드는 함정이다.

NoteBase

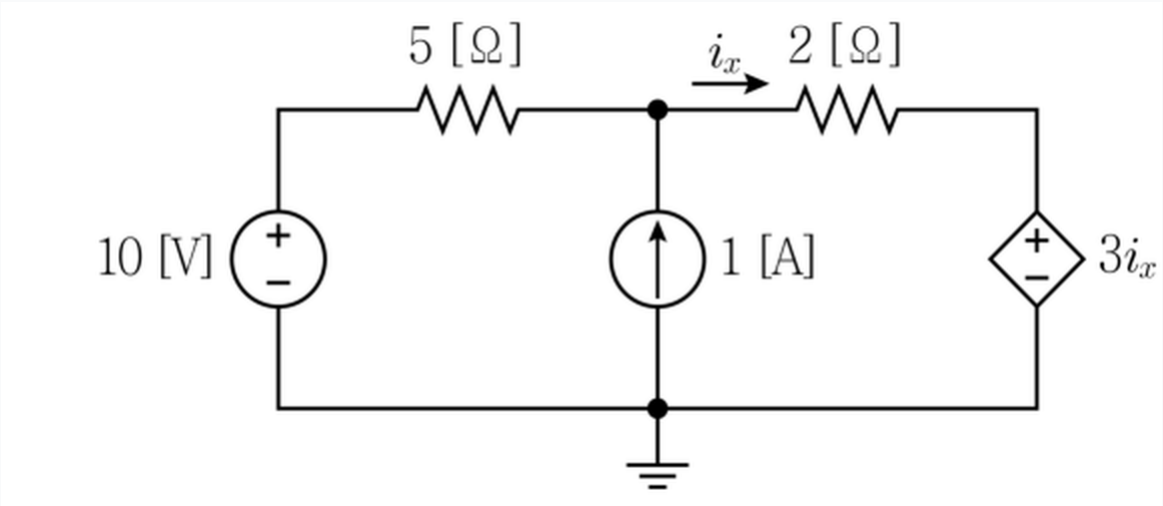
다시 나오면 이렇게 판단

전달함수에서 초기값과 최종값을 묻으면 먼저 극의 위치로 최종값정리 적용 가능 여부를 확인한 뒤, $\lim_{s\to\infty} sF(s)$로 초기값을, $\lim_{s\to 0} sF(s)$로 최종값을 각각 계산하면 된다.

암기 포인트

초기값은 $s\to\infty$, 최종값은 $s\to 0$를 넣어 구하며, 안정한 계에서는 $f(0^+)=\lim_{s\to\infty} sF(s)$, $f(\infty)=\lim_{s\to 0} sF(s)$로 정리된다.

문 4. 다음 회로의 저항 2[Ω]에서 소비되는 전력 [W]은?



① 1.5

② 3

③ 4.5

④ 6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 종속전압원이 포함된 회로에서 절점전압법으로 2Ω 저항의 소비전력을 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 좌측 전압원은 $10V$, 중앙 전류원은 위쪽 방향으로 $1A$, 저항은 각각 5Ω, 2Ω이다. 오른쪽 종속전압원의 크기는 $3i_x$이다.
구해야 할 값: 2Ω 저항에서 소비되는 전력이다.
주의할 조건: i_x는 2Ω 저항을 왼쪽에서 오른쪽으로 흐르는 전류이므로 전력은 $P = i_x^2 R$로 계산한다.

사용할 공식

$i_x = \frac{V_B - V_C}{2}$
$V_C = 3i_x$
$\frac{V_B - 10}{5} + \frac{V_B - V_C}{2} = 1$
$P = i_x^2 R$
이 공식을 쓰는 이유: 종속전압원의 전압이 i_x에 의해 정해지므로 오른쪽 절점 전압을 i_x로 연결한 뒤, 중앙 절점에서 KCL을 세우면 i_x와 전력을 직접 구할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 오른쪽 절점 전압을 V_C, 중앙 절점 전압을 V_B라 두면 $i_x = \frac{V_B - V_C}{2}$이고 종속전압원 때문에 $V_C = 3i_x$이다.
2. 두 식을 합치면 $V_C = \frac{3}{2}(V_B - V_C)$이므로 $5V_C = 3V_B$, 따라서 $V_C = \frac{3}{5}V_B$이다.
3. 중앙 절점에서 KCL을 세우면 $\frac{V_B - 10}{5} + \frac{V_B - V_C}{2} = 1$이다.
4. $V_C = \frac{3}{5}V_B$를 대입하면 $\frac{V_B - 10}{5} + \frac{V_B}{5} = 1$, 즉 $2V_B = 15$이므로 $V_B = 7.5V$이다.
5. 따라서 $V_C = 4.5V$, $i_x = \frac{7.5 - 4.5}{2} = 1.5A$이다.
6. 2Ω 저항의 소비전력은 $P = i_x^2 R = (1.5)^2 \times 2 = 4.5W$이다.

선지 판단

1번 X: 틀린 표현은 '1.5'라는 전력값이다. 1.5는 계산된 전류 i_x의 값일 뿐이고 저항의 전력은 아니다.
올바르게는 $i_x = 1.5A$, 소비전력은 $4.5W$이다.
2번 X: 틀린 표현은 '3'이라는 전력값이다. $3W$는 저항 양단전압 $3V$만 보고 전류나 제곱항을 빠뜨리면 나오는 오답이다. 올바르게는 $P = VI = 3 \times 1.5 = 4.5W$ 또는 $P = i_x^2 R = 4.5W$이다.
3번 O: $i_x = 1.5A$이므로 2Ω 저항의 소비전력은 $P = i_x^2 R = (1.5)^2 \times 2 = 4.5W$가 된다. 따라서 정답에 해당한다.
4번 X: 틀린 표현은 '6'이라는 전력값이다. $6W$가 되려면 2Ω 저항 전류가 $\sqrt{3}A$여야 하지만 KCL 결과는 $1.5A$이므로 성립하지 않는다. 올바르게는 소비전력이 $4.5W$이다.

오답 포인트

종속전압원 식 $V_C = 3i_x$와 저항 전류식 $i_x = \frac{V_B - V_C}{2}$를 따로 놓고 보지 않으면 i_x 자체를 전력으로 착각하거나, 저항 양단전압 $3V$만 확인하고 $P = VI$의 전류 항을 빠뜨리는 실수를 하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

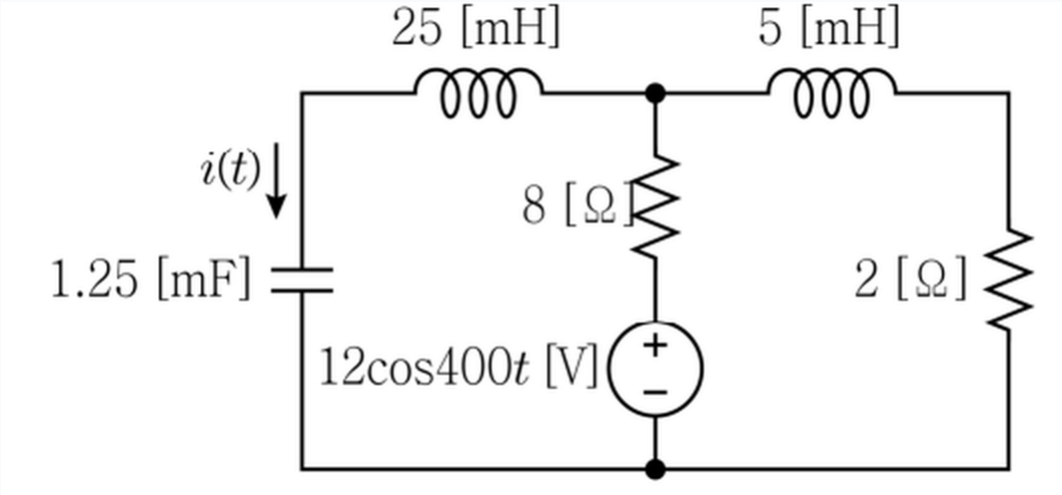
종속원이 있는 회로는 먼저 절점 전압과 제어변수 관계식을 세우고, 그다음 KCL로 미지수를 정리한 뒤 마지막에 $P = i^2R$, $P = VI$ 같은 전력식을 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

종속원 회로 전력문제는 제어식 정리 후 KCL, 마지막에 $P = i^2R$ 순서로 정리하면 계산이 흔들리지 않는다.

NoteBase

문 5. 다음 회로에서 전류 $i(t)$ [A]는?



① $\frac{\sqrt{2}}{8}\cos(400t+45^\circ)$
② $\frac{\sqrt{2}}{8}\cos(400t-45^\circ)$
③ $\frac{\sqrt{2}}{4}\cos(400t+45^\circ)$
④ $\frac{\sqrt{2}}{4}\cos(400t-45^\circ)$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 정상상태 교류회로를 페이저 임피던스로 바꾼 뒤, 왼쪽 가지 전류 $i(t)$의 크기와 위상을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 각주파수는 $\omega = 400$이다.
$25mH$ 인덕터의 임피던스는 $j\omega L = j10$이고, $5mH$ 인덕터의 임피던스는 $j2$이다.
$1.25mF$ 커패시터의 임피던스는 $\frac{1}{j\omega C} = -j2$이다.
왼쪽 가지 전체 임피던스는 $j10 - j2 = j8$이고, 오른쪽 가지 전체 임피던스는 $2 + j2$이다.
전원은 $12\cos 400t$이므로 페이저 전압은 $12\angle 0^\circ$이다.

NoteBase

사용할 공식

노드전압법과 옴의 법칙을 사용한다.

중앙 노드 전압을 V라고 두면

$\frac{V}{j8}+\frac{V}{2+j2}+\frac{V-12}{8}=0$

이다.

이 식을 쓰는 이유는 왼쪽 가지, 오른쪽 가지, 중앙 저항 가지가 모두 중앙 노드에서 갈라지는 병렬 구조이기 때문이다.

계산 과정

식에 각 어드미턴스를 대입하면

$\frac{1}{j8}=-\frac{j}{8},\qquad \frac{1}{2+j2}=\frac{2-j2}{8}=\frac{1-j}{4}$

이므로

$V\left(-\frac{j}{8}+\frac{1-j}{4}+\frac{1}{8}\right)=\frac{12}{8}$

이다.

정리하면

$V\left(\frac{3}{8}-j\frac{3}{8}\right)=\frac{3}{2}$

이어서

$V=\frac{3/2}{(3/8)(1-j)}=\frac{4}{1-j}=2+2j=2\sqrt{2}\angle 45^\circ$

이다.

구하려는 전류는 왼쪽 가지 전류이므로

$I=\frac{V}{j8}=\frac{2+2j}{j8}=\frac{1-j}{4}=\frac{\sqrt{2}}{4}\angle -45^\circ$

이다.

따라서 시간영역 전류는

$i(t)=\frac{\sqrt{2}}{4}\cos(400t-45^\circ)$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과 전류의 진폭은 $\frac{\sqrt{2}}{4}$이지 $\frac{\sqrt{2}}{8}$이 아니다.
- 틀린 표현은 "진폭이 $\frac{\sqrt{2}}{8}$이고 위상이 $+45^\circ$이다"라는 부분이다. 올바르게는 진폭이 $\frac{\sqrt{2}}{4}$이고 위상은 -45°이다.

② X
- 왼쪽 가지 전류의 위상은 -45°가 맞지만, 진폭이 절반으로 잘못 계산되었다.
- 틀린 표현은 "진폭이 $\frac{\sqrt{2}}{8}$이다"라는 부분이다. 올바르게는 $I = \frac{1-j}{4}$이므로 진폭은 $\frac{\sqrt{2}}{4}$이다.

③ X
- 진폭 $\frac{\sqrt{2}}{4}$는 맞지만 위상이 반대로 제시되었다.
- 틀린 표현은 "$\cos(400t + 45^\circ)$"라는 부분이다. 올바르게는 커패시터 전류가 $\frac{1-j}{4} = \frac{\sqrt{2}}{4}\angle -45^\circ$이므로 $\cos(400t - 45^\circ)$이다.

④ O
- 노드전압을 구한 뒤 왼쪽 가지 임피던스 $j8$으로 나누면 $I = \frac{\sqrt{2}}{4}\angle -45^\circ$가 된다.
- 따라서 시간영역 전류는 $i(t) = \frac{\sqrt{2}}{4}\cos(400t - 45^\circ)$이고, 이 선지가 옳다.

오답 포인트

왼쪽 가지를 $25mH$ 인덕터와 $1.25mF$ 커패시터의 직렬회로로 보지 않고 각각 따로 처리하면 진폭이 절반으로 어긋나기 쉽다. 또 $\frac{1}{j} = -j$를 놓치면 위상 부호가 $+45^\circ$로 뒤집힌다.

다시 나오면 이렇게 판단

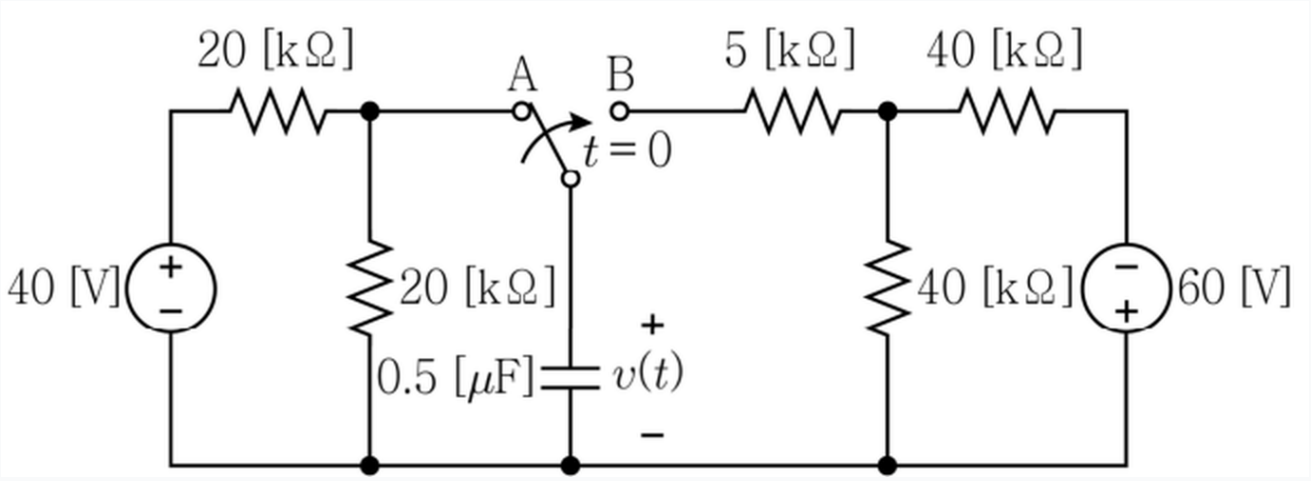
교류 회로 전류를 묻는 문제는 먼저 각 소자의 임피던스를 $j\omega L$, $\frac{1}{j\omega C}$로 바꾼다. 그다음 직렬 구간은 먼저 합쳐 가지 임피던스를 만든 뒤 노드전압이나 등가임피던스로 전류를 구하면 부호와 진폭을 함께 정리할 수 있다.

암기 포인트

인덕터는 $+j\omega L$, 커패시터는 $-j/(\omega C)$이며, $\frac{1}{j} = -j$라는 점이 위상 부호를 결정한다.

NoteBase

문 6. 다음 회로에서 $t < 0$에서 정상상태에 도달하였다. $t = 0$인 순간에 스위치가 단자 A에서 B로 연결될 때, $t > 0$에서 전압 $v(t)$ [V]는?



① $-30 + 50e^{-80t}$

② $-30 + 50e^{-8t}$

③ $50 - 30e^{-80t}$

④ $50 - 30e^{-8t}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치 전환 전후의 커패시터 초기전압, 우측 회로의 테브난 등가전압, 테브난 저항을 이용해 1차 과도응답 $v(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $C = 0.5\mu F$이다.
$t < 0$에는 스위치가 A에 연결되어 정상상태이므로 커패시터는 개방회로처럼 동작한다.
따라서 좌측 20 $k\Omega$-20 $k\Omega$ 분압으로 $v(0^-) = 20V$가 되고, 커패시터 전압은 연속이므로 $v(0^+) = 20V$이다.
$t > 0$에는 스위치가 B로 이동하여 우측 회로만 본다.

사용할 공식

1차 RC 회로의 커패시터 전압은 $v(t) = V_f + (v(0^+) - V_f)e^{-t/\tau}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치 전환 후 커패시터가 우측 저항망이 만든 테브난 등가회로를 향해 단일 시정수로 충전 또는 방전되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 최종전압 V_f를 구한다. $t > 0$에서 커패시터를 개방하면 5 $k\Omega$에는 전류가 흐르지 않으므로 B점 전압은 우측 중앙 노드 전압과 같다.
2. 우측 중앙 노드는 위쪽 40 $k\Omega$로 $-60V$ 노드에, 아래쪽 40 $k\Omega$로 접지에 연결되어 있으므로 같은 저항의 분압 결과 $V_f = -30V$이다.
3. 시정수를 구한다. 독립전원을 꺼서 60 V 전원을 단락하면 커패시터에서 본 저항은 $R_{th} = 5k\Omega + (40k\Omega \parallel 40k\Omega) = 5k\Omega + 20k\Omega = 25k\Omega$이다.
4. 따라서 $\tau = R_{th}C = 25k\Omega \times 0.5\mu F = 0.0125s$이고, $1/\tau = 80$이므로 지수항은 e^{-80t}이다.
5. 최종식은 $v(t) = -30 + (20 - (-30))e^{-80t} = -30 + 50e^{-80t}$이다.

선지 판단

1번 O: $v(0^+) = 20V$, $V_f = -30V$, $\tau = 0.0125s$를 대입하면 $v(t) = -30 + 50e^{-80t}$가 되어 맞다.
2번 X: 계수는 맞지만 지수항이 e^{-8t}로 잘못되었다. 올바르게는 $\tau = 0.0125s$이므로 e^{-80t}가 되어야 하며 식은 $v(t) = -30 + 50e^{-80t}$이다.
3번 X: $50 - 30e^{-80t}$는 $t \to \infty$일 때 50 V로 수렴하므로 최종전압 $-30V$ 조건과 맞지 않는다. 올바르게는 $v(t) = -30 + 50e^{-80t}$이다.
4번 X: 최종값을 50 V로 잘못 두었고 지수항도 e^{-8t}로 잘못 두었다. 올바르게는 $V_f = -30V$, 지수항은 e^{-80t}이므로 $v(t) = -30 + 50e^{-80t}$이다.

오답 포인트

좌측 정상상태에서 구한 초기전압과 우측 회로에서 구한 최종전압을 뒤바꾸면 3번, 4번 같은 오답이 나온다. 또 $40k\Omega \parallel 40k\Omega = 20k\Omega$ 계산이나 $0.5\mu F$ 단위 변환을 놓치면 e^{-8t} 같은 잘못된 시정수가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

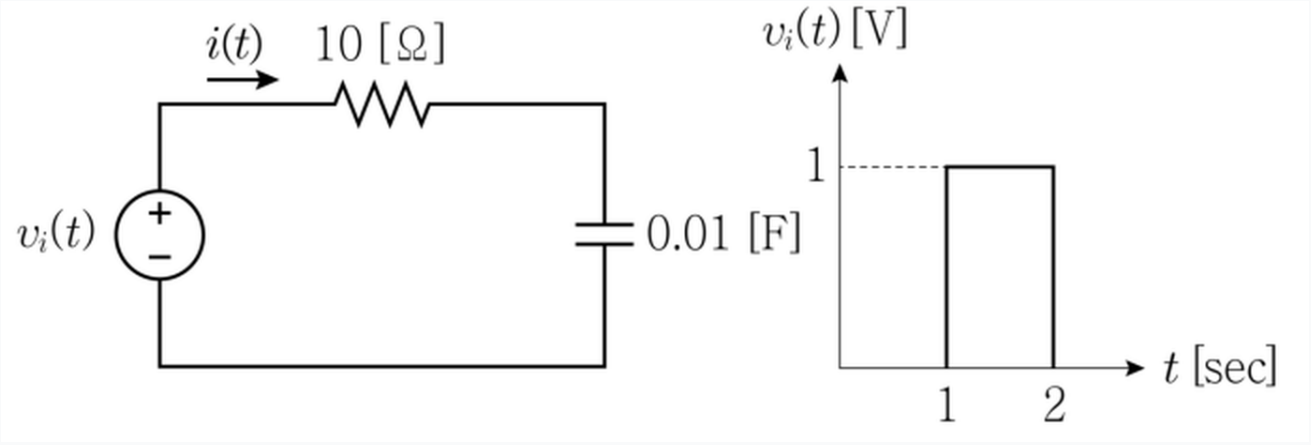
스위치 과도응답은 연결 전 회로에서 $v(0^-)$를 먼저 구하고, 연결 후 회로에서 커패시터를 떼어 V_f를 구한 뒤, 전원을 꺼서 R_{th}를 계산해 $v(t) = V_f + (V_0 - V_f)e^{-t/\tau}$에 넣으면 된다.

암기 포인트

커패시터 과도응답은 초기값, 최종값, 시정수 세 값만 정확하면 식이 바로 정해진다.

NoteBase

문 7. 다음 회로에 주어진 입력전압 $v_i(t)$가 인가될 때, $t=3[sec]$에서 회로에 흐르는 전류 $i(3)[A]$은? (단, $t=0$에서 커패시터 전압은 0이다)



① $\frac{1}{10}e^{-10}(e^{-10}-1)$
② $\frac{1}{10}e^{-10}(1-e^{-10})$
③ $\frac{1}{10}(e^{-10}-1)$
④ $\frac{1}{10}(1-e^{-10})$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직렬 RC 회로에 폭 $1s$인 펄스가 인가될 때 충전 구간과 방전 구간을 나누어 $t=3s$에서의 전류 부호까지 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

저항은 10Ω, 커패시터는 $0.01F$이므로 시정수는 $\tau=RC=0.1s$이다.
입력전압은 $1\le t<2$에서만 $1V$이고 그 밖의 구간에서는 $0V$이다.
구하는 값은 입력이 다시 $0V$가 된 뒤 $t=3s$에서의 전류 $i(3)$이다.

사용할 공식

충전 구간 전류는 $i(t)=\frac{V}{R}e^{-(t-t_0)/\tau}$이고, 방전 구간 전류는 $i(t)=-\frac{V_C(t_0)}{R}e^{-(t-t_0)/\tau}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 $t=1$에서 입력이 켜지며 강제응답으로 충전되고, $t=2$ 이후에는 저장된 커패시터 전압만 남아 자연응답으로 방전하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 시정수는 $\tau = 10 \times 0.01 = 0.1s$이므로 $1/\tau = 10$이다.
2. $1 \le t < 2$에서 전류는 $i(t) = \frac{1}{10}e^{-10(t-1)}$이다. 따라서 $t = 2^-$에서 커패시터 전압은 $V_C(2^-) = 1 - e^{-10}$이다.
3. t≥2에서는 입력이 $0V$가 되어 커패시터가 방전하므로 전류 방향이 그림의 화살표와 반대가 된다. 따라서 $i(t) = -\frac{1-e^{-10}}{10}e^{-10(t-2)}$이고, $i(3) = -\frac{1-e^{-10}}{10}e^{-10} = \frac{1}{10}e^{-10}(e^{-10}-1)$이다.

선지 판단

1번: O. 계산 결과가 $\frac{1}{10}e^{-10}(e^{-10}-1)$이므로 정답식과 일치한다.
2번: X. 방전 구간 전류의 방향이 화살표와 반대라는 점을 놓쳐 부호를 양수로 쓴 값이다. 올바르게는 $\frac{1}{10}e^{-10}(e^{-10}-1)$이다.
3번: X. $t = 2$부터 $t = 3$까지의 방전 감쇠 인자 e^{-10}을 한 번 더 곱해야 하는데 이를 빠뜨린 값이다. 올바르게는 $\frac{1}{10}e^{-10}(e^{-10}-1)$이다.
4번: X. 방전 감쇠 인자 e^{-10}을 빠뜨렸고, 전류 부호도 반대로 쓴 값이다. 올바르게는 $\frac{1}{10}e^{-10}(e^{-10}-1)$이다.

오답 포인트

펄스 입력은 켜지는 시점과 꺼지는 시점을 나누어 보아야 한다. $t = 3s$는 입력이 꺼진 뒤라서 방전 전류가 흐르며, 이때 전류 방향은 충전 때와 반대이고 방전 시간 $1s$에 대한 e^{-10} 인자도 추가된다.

다시 나오면 이렇게 판단

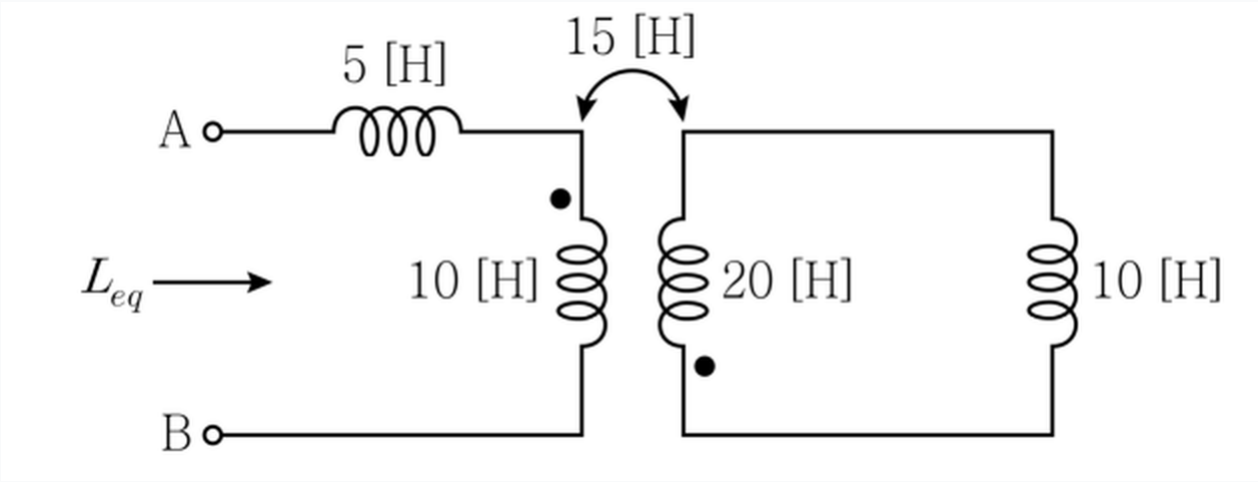
펄스가 걸린 RC 회로는 입력이 바뀌는 시점마다 구간을 나누고, 각 구간 시작 시점의 커패시터 전압을 먼저 구한 뒤, 마지막 구간에서는 전류 방향과 추가 감쇠 인자를 함께 확인한다.

암기 포인트

직렬 RC 펄스응답은 충전 끝값을 구한 뒤 방전 구간에서 부호와 $e^{-t/\tau}$를 한 번 더 붙이는 구조이다.

NoteBase

문 8. 다음 회로의 단자 A와 B에서 등가 인덕턴스 L_{eq}[H]는?



① 7.5

② 10

③ 12.5

④ 15

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 결합 인덕터와 2차측 폐회로 조건을 이용해 단자 A-B에서의 등가 인덕턴스 L_{eq}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 직렬 인덕턴스 $5H$, 1차 권선 $10H$, 2차 결합 권선 $20H$, 상호 인덕턴스 $M = 15H$, 우측 병렬 권선 $10H$이다.
구해야 할 값은 단자 A-B에서의 L_{eq}이다.
우측 두 권선은 같은 두 노드에 연결된 폐회로를 이루므로 병렬 관계를 먼저 잡고, 점표시가 서로 반대쪽에 있어 상호유도 부호를 정확히 넣어야 한다.

사용할 공식

우측 폐회로에서는 두 가지의 전압이 같고 외부 단자가 없으므로 $i_2 + i_3 = 0$이다.
따라서 $20\frac{di_2}{dt} - 15\frac{di_1}{dt} = 10\frac{di_3}{dt} = -10\frac{di_2}{dt}$가 되고, 정리하면 $(20 + 10)\frac{di_2}{dt} = 15\frac{di_1}{dt}$이다.
이 관계로 2차측 유도전류를 먼저 구한 뒤, 1차측 전압 $v_1 = 10\frac{di_1}{dt} - 15\frac{di_2}{dt}$와 직렬 $5H$를 더해 입력 등가 인덕턴스를 구한다.

NoteBase

계산 과정

1. 우측 폐회로에서 $i_3 = -i_2$이므로 $20\frac{di_2}{dt} - 15\frac{di_1}{dt} = -10\frac{di_2}{dt}$이다.
2. 따라서 $30\frac{di_2}{dt} = 15\frac{di_1}{dt}$이고, $\frac{di_2}{dt} = 0.5\frac{di_1}{dt}$이다.
3. 왼쪽 결합 권선 전압은 $v_1 = 10\frac{di_1}{dt} - 15\frac{di_2}{dt} = 10\frac{di_1}{dt} - 7.5\frac{di_1}{dt} = 2.5\frac{di_1}{dt}$이다.
4. 입력에서는 $5H$가 직렬이므로 $v_{AB} = 5\frac{di_1}{dt} + 2.5\frac{di_1}{dt} = 7.5\frac{di_1}{dt}$이다.
5. 따라서 $L_{eq} = 7.5H$이다.

선지별 해설

1번 O: 계산 결과가 $L_{eq} = 7.5H$이므로 맞는 선지이다.
2번 X: $10H$는 우측 폐회로에서 생기는 유도전류의 영향을 충분히 반영하지 못한 값이다. 단자 A-B에서 보이는 등가 인덕턴스는 $10H$가 아니라 $7.5H$가 되어야 한다.
3번 X: $12.5H$는 왼쪽의 $10H$와 직렬 $5H$를 단순히 더하고 상호유도에 따른 감소분을 제대로 반영하지 않을 때 나오는 값이다. 실제 등가 인덕턴스는 $12.5H$가 아니라 $7.5H$이다.
4번 X: $15H$는 우측의 병렬 폐회로를 무시하고 왼쪽 직렬 성분만 볼 때 나오는 값이다. 2차측 유도전류가 1차의 유효 인덕턴스를 낮추므로 $15H$가 아니라 $7.5H$가 되어야 한다.

오답 포인트

이 문항은 우측의 $20H$와 $10H$를 직렬로 오해하거나, 점표시를 무시해 상호유도 부호를 반대로 넣으면 오답이 나온다. 우측은 같은 두 노드에 연결된 병렬 폐회로이고, 이 폐회로 전류가 1차측 등가 인덕턴스를 줄인다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

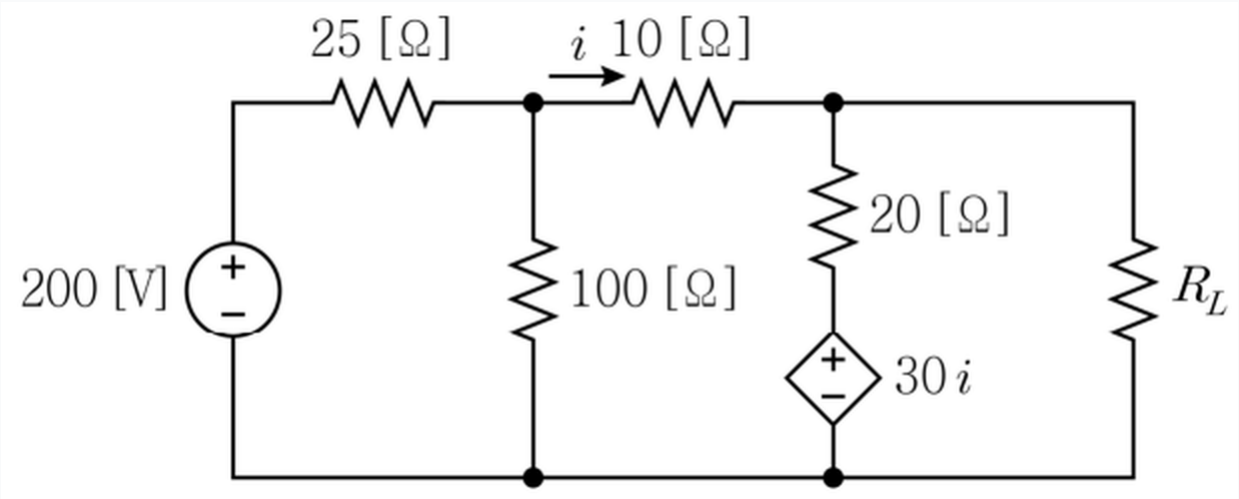
결합 인덕터 등가 문제는 먼저 2차측이 독립 폐회로인지와 점표시 방향이 같은지 반대인지부터 확인한다. 그다음 2차측 전류를 회로방정식으로 구하고, 마지막에 1차측 입력 전압에 직렬 인덕턴스를 합쳐 L_{eq}를 정리하면 된다.

암기 포인트

전원이 없는 결합 2차측 폐회로가 생기면 그 유도전류 때문에 1차측의 유효 인덕턴스가 감소한다고 기억해 둔다.

NoteBase

문 9. 다음 회로에서 저항 R_L에 최대전력을 전달하기 위한 $R_L[\Omega]$은?



① 2.5

② 5

③ 7.5

④ 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 최대전력전달 조건 $R_L = R_{th}$를 이용해 부하단에서 본 테브난 등가저항을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로는 독립전원 $200V$, 저항 25Ω, 100Ω, 10Ω, 20Ω, 종속전압원 $30i$로 구성된다.
구해야 할 값은 최대전력을 전달하는 R_L이다.
종속원이 있으므로 독립전원만 꺼서 끝내지 않고 부하단에 시험전원을 걸어 R_{th}를 계산해야 한다.

사용할 공식

최대전력전달 조건은 $R_L = R_{th}$이다.
종속원이 있는 회로의 R_{th}는 부하단에 시험전압 V_t를 가하고 흐르는 전류 I_t를 구해 $R_{th} = V_t/I_t$로 계산한다.
이 공식을 쓰는 이유는 종속원이 남아 있으면 단순 직병렬 합성만으로 입력저항을 정확히 구할 수 없기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

독립전원 $200V$를 0으로 두면 전압원은 단락된다.

이때 왼쪽 노드 A는 접지와 25Ω, 100Ω로 연결되고, 부하단 노드 B에는 시험전압 V_t를 건다.

노드 A에 대해

$\frac{V_A}{25} + \frac{V_A}{100} + \frac{V_A - V_t}{10} = 0$

이므로 $V_A = \frac{2}{3}V_t$이다.

따라서 10Ω 저항 전류는

$i = \frac{V_A - V_t}{10} = \frac{\frac{2}{3}V_t - V_t}{10} = -\frac{V_t}{30}$

이다.

종속전압원의 전압은 $30i = -V_t$이므로 20Ω 아래쪽 노드 전압은 $-V_t$이다.

따라서 부하단에서 회로로 흐르는 시험전류는

$I_t = \frac{V_t - V_A}{10} + \frac{V_t - (-V_t)}{20} = \frac{V_t}{30} + \frac{V_t}{10} = \frac{2V_t}{15}$

이다.

그러므로

$R_{th} = \frac{V_t}{I_t} = \frac{V_t}{2V_t/15} = \frac{15}{2} = 7.5\Omega$

이고 최대전력전달 조건에 따라 $R_L = 7.5\Omega$이다.

선지 판단

1번 X: 2.5Ω는 부하단에서 본 테브난 저항과 일치하지 않는다. 일부 저항만 부분적으로 합성하거나 종속원의 영향을 누락하면 나올 수 있는 값이다. 올바르게는 $R_L = 7.5\Omega$이다.

2번 X: 5Ω는 R_{th} 계산에서 시험전류의 두 경로를 모두 반영하지 못한 값이다. 10Ω 가지와 종속원-20Ω 가지를 함께 고려해야 한다. 올바르게는 $R_L = 7.5\Omega$이다.

3번 O: 최대전력전달 조건은 $R_L = R_{th}$이고, 시험전원법으로 구한 R_{th}가 7.5Ω이므로 옳다.

4번 X: 10Ω는 오른쪽 가지만 보고 단순화할 때 떠올리기 쉬운 값이지만, 실제 입력저항은 왼쪽 10Ω 경로와 종속원 효과가 함께 반영되어 7.5Ω가 된다. 올바르게는 $R_L = 7.5\Omega$이다.

오답 포인트

종속원이 있는 회로에서 R_{th}를 구할 때 독립전원만 꺼 놓고 저항을 단순 직병렬로 합치면 틀린다. 이 문항의 함정은 종속전압원 $30i$가 10Ω 전류 i에 의해 함께 바뀐다는 점을 빼먹는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

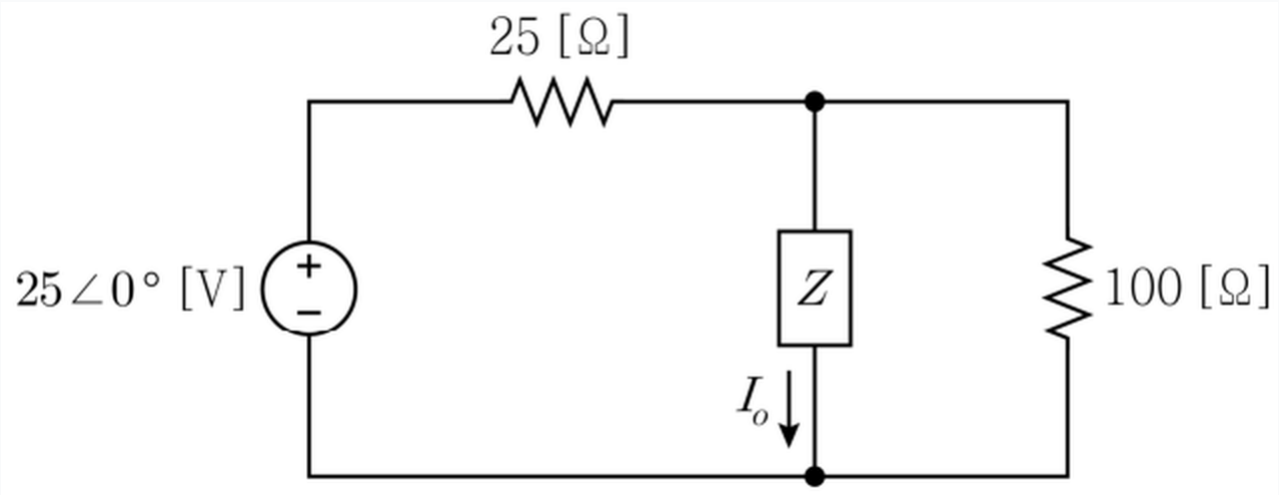
최대전력전달 문제는 먼저 $R_L = R_{th}$를 떠올리고, 종속원이 있으면 시험전원법으로 입력저항을 구한다. 그다음 제어변수 i를 노드전압이나 가지전류로 표현해 종속원 값을 끝까지 연결하면 된다.

암기 포인트

최대전력전달은 $R_L = R_{th}$이고, 종속원이 보이면 테브난 저항은 시험전원법으로 구한다.

NoteBase

문 10. 다음 회로에서 $I_o = \frac{1}{\sqrt{2}} \angle -45^\circ [A]$일 때, 임피던스 $Z[\Omega]$는?



① $j20$

② $j25$

③ $j50$

④ $j100$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직렬-병렬 교류회로에서 가지전류와 공통전압의 관계를 이용해 미지 임피던스 Z를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전원 $25\angle 0^\circ V$, 직렬저항 25Ω, 병렬저항 100Ω, 가지전류 $I_o = \frac{1}{\sqrt{2}} \angle -45^\circ A$이다.
구해야 할 값은 미지 임피던스 Z이다.
Z와 100Ω는 병렬이므로 두 소자에 걸리는 전압은 같다.

사용할 공식

옴의 법칙과 KCL을 함께 사용한다.
$I_{25} = I_o + \frac{V}{100}$
$25\angle 0^\circ = 25I_{25} + V$
$Z = \frac{V}{I_o}$
미지소자 Z와 100Ω는 같은 노드전압 V를 공유하므로, 먼저 KCL로 V를 구한 뒤 $Z = V/I_o$로 계산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

$I_o = \frac{1}{\sqrt{2}} \angle -45^\circ = 0.5 - j0.5A$이다.
따라서
$25 = 25\left(I_o + \frac{V}{100}\right) + V$
$25 = 25(0.5 - j0.5) + 1.25V$
$25 = 12.5 - j12.5 + 1.25V$
$1.25V = 12.5 + j12.5$
$V = 10 + j10V$
이제
$Z = \frac{V}{I_o} = \frac{10 + j10}{0.5 - j0.5} = j20\Omega$
이므로 정답은 $j20\Omega$이다.

선지 판단

1번 O: 계산 결과가 $Z = j20\Omega$이므로 옳다.
2번 X: 틀린 표현은 $Z = j25\Omega$라고 본 부분이다. 올바르게는 $Z = j20\Omega$이다.
3번 X: 틀린 표현은 $Z = j50\Omega$라고 본 부분이다. 올바르게는 $Z = j20\Omega$이다.
4번 X: 틀린 표현은 $Z = j100\Omega$라고 본 부분이다. 올바르게는 $Z = j20\Omega$이다.

오답 포인트

직렬 25Ω에서 생기는 전압강하를 빼지 않고 전원전압을 그대로 병렬가지 전압으로 두면 틀린다. 또 노드에서 전류가 I_o와 100Ω 가지전류로 나뉜다는 점을 놓치면 임피던스를 과대평가하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

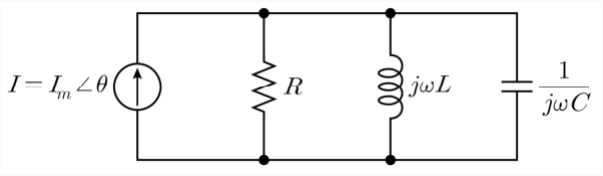
직렬-병렬 교류회로는 먼저 공통전압이 걸리는 병렬 부분을 정하고, 주어진 가지전류를 직교형으로 바꾼 뒤 KCL로 노드전압을 구한다. 마지막에 $Z = V/I$로 미지 임피던스를 계산하면 된다.

암기 포인트

병렬에서는 전압이 같고, 미지 임피던스는 공통전압을 구한 뒤 $Z = V/I$로 정리한다.

NoteBase

문 11. 다음 RLC 병렬 공진회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 어드미턴스의 크기는 공진 시에 최소가 된다.

② 양호도(quality factor)는 R에 비례한다.

③ 대역폭(bandwidth)은 C에 비례한다.

④ 양호도와 대역폭의 곱은 일정하다.

정답 3번

출제 포인트

병렬 RLC 공진회로에서 공진 시 어드미턴스, 양호도 Q, 대역폭 BW의 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

병렬 공진에서는 유도성 서셉턴스와 용량성 서셉턴스가 상쇄되어 입력 어드미턴스가 최소가 되고, 이상적인 병렬 RLC 회로에서는 공진 어드미턴스가 $Y_0 = 1/R$이다. 또한 $Q = \omega_0 CR = R/(\omega_0 L)$이므로 Q는 R에 비례하고, 대역폭은 $BW = 1/(RC)$이므로 C에 반비례한다.

선지별 해설 ①

O. 병렬 공진에서는 코일과 커패시터의 무효 어드미턴스가 서로 상쇄되어 전체 어드미턴스가 저항 성분만 남는다. 따라서 공진 시 어드미턴스의 크기는 최소가 된다.

선지별 해설 ②

O. 이상적인 병렬 RLC 회로의 양호도는 $Q = \omega_0 CR$ 또는 $Q = R/(\omega_0 L)$로 나타난다. 따라서 L, C, ω_0가 정해지면 Q는 R에 비례한다.

선지별 해설 ③

X. 틀린 부분은 'C에 비례한다'는 표현이다. 병렬 공진회로의 대역폭은 $BW = 1/(RC)$이므로 C가 커질수록 대역폭은 작아진다. 올바르게는 '대역폭은 C에 반비례한다'이다.

NoteBase

선지별 해설 ④

O. $Q = \omega_0 CR$, $BW = 1/(RC)$이므로 $Q \cdot BW = \omega_0$가 된다. 같은 공진각주파수 ω_0를 기준으로 보면 양호도와 대역폭의 곱은 일정하다.

오답 포인트

③은 대역폭 공식의 분모에 C가 들어간다는 점을 놓치면 쉽게 속는다. 병렬 공진에서 Q는 R에 비례하지만 BW는 R, C가 커질수록 줄어든다는 방향을 함께 기억해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 RLC 공진 문제는 먼저 '공진 시 어드미턴스 최소'를 확인하고, 이어서 $Q = \omega_0 CR$, $BW = 1/(RC)$, $Q \cdot BW = \omega_0$를 대입해 비례·반비례 관계를 바로 판정한다.

암기 포인트

병렬 공진은 어드미턴스 최소, Q는 R에 비례, BW는 RC에 반비례이다.

NoteBase

문 12. 전류 $i(t) = 10\sin \omega t + 5\sin 3\omega t + 2\sin 5\omega t[A]$가 저항 $10[\Omega]$에 흐를 때, 소비되는 평균전력 $[W]$은?

① 170

② 645

③ 1290

④ 2580

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 저항에 흐르는 비정현파 전류의 각 고조파 성분을 실효값으로 합성하여 평균전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $i(t) = 10\sin \omega t + 5\sin 3\omega t + 2\sin 5\omega t$, $R = 10\Omega$이다.
구해야 할 값: 저항에서 소비되는 평균전력이다.
주의할 조건: 서로 다른 고조파 성분의 평균곱은 0이므로 평균제곱값은 각 성분의 평균제곱값을 더해 구한다.

사용할 공식

평균전력은 $P = RI_{\text{rms}}^2$이다.
각 항 $A\sin n\omega t$의 실효값은 $A/\sqrt{2}$이므로
$I_{\text{rms}}^2 = \frac{10^2 + 5^2 + 2^2}{2}$
이 공식을 쓰는 이유는 저항의 유효전력이 $I_{\text{rms}}^2 R$로 결정되고, 서로 다른 주파수 성분의 교차항 평균은 0이 되기 때문이다.

계산 과정

1. 각 성분의 평균제곱값을 더하면
$I_{\text{rms}}^2 = \frac{10^2}{2} + \frac{5^2}{2} + \frac{2^2}{2} = \frac{100 + 25 + 4}{2} = 64.5$
2. 평균전력은
$P = RI_{\text{rms}}^2 = 10 \times 64.5 = 645W$
3. 따라서 평균전력은 $645W$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $170W$는 계산 결과와 다르다. 진폭을 단순 합산해 $10 \times (10 + 5 + 2)$처럼 처리한 값에 가깝고, 올바르게는 평균전력은 $645W$이다.
② O: $P = 645W$로 계산되므로 정답에 해당한다.
③ X: $1290W$는 $10^2 + 5^2 + 2^2 = 129$에 평균값 계수 1/2를 빠뜨린 값이다. 올바르게는 평균전력은 $645W$이다.
④ X: $2580W$는 정답의 4배로, 실효값과 진폭의 관계를 잘못 처리한 값이다. 올바르게는 평균전력은 $645W$이다.

오답 포인트

비정현파 전류에서 각 성분의 진폭을 그대로 더하거나, $\sin^2$의 평균값이 1/2라는 점을 빠뜨리면 오답이 된다. 이 문제의 함정은 전류의 순간식이 주어졌다고 해서 진폭 합으로 전력을 처리하게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

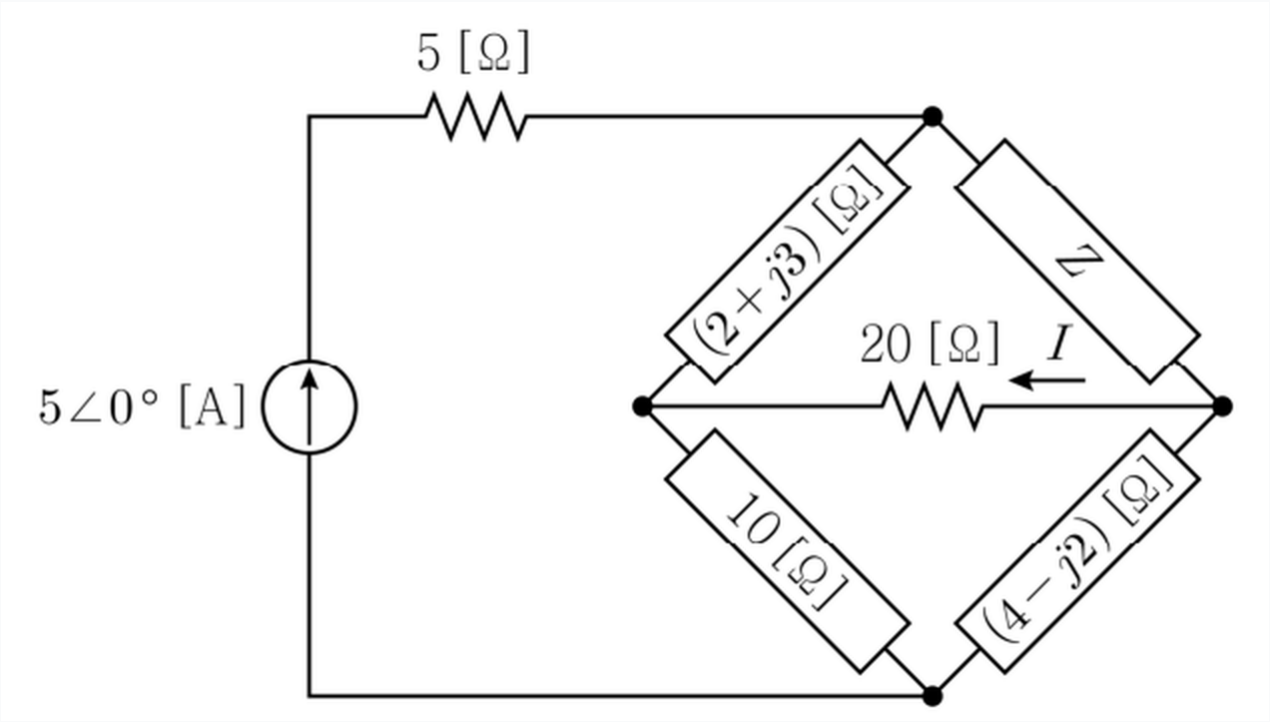
저항의 평균전력 문제는 각 사인 성분을 바로 더하지 않고 먼저 각 항의 실효값 제곱을 구해 합한 뒤 $P = RI_{rms}^2$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

저항의 비정현파 전력은 진폭 제곱의 절반을 모두 더해 I_{rms}^2를 만든 뒤 R을 곱하는 구조로 정리된다.

NoteBase

문 13. 다음 회로의 저항 20[Ω]에 흐르는 전류 I가 0일 때, 임피던스 Z의 리액턴스[Ω]는?



① -0.8

② -1

③ 0.8

④ 1

정답 3번

출제 포인트

브리지 회로에서 20Ω 가지 전류가 0인 평형 조건을 이용해 Z의 리액턴스를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 좌측 상단 임피던스는 $2 + j3\Omega$이다.
- 좌측 하단 임피던스는 10Ω이다.
- 우측 하단 임피던스는 $4 - j2\Omega$이다.
- 가운데 20Ω에 흐르는 전류 $I = 0$이므로 좌우 중간 노드 전위가 같다.
- 구해야 할 값은 Z의 리액턴스, 즉 허수부이다.

NoteBase

사용할 공식

브리지 평형 조건은 $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$이다.
이 문제는 가운데 20Ω 가지 전류가 0이므로 브리지가 평형이고, 따라서 $\frac{2+j3}{10} = \frac{Z}{4-j2}$를 바로 적용할 수 있다.

계산 과정

평형 조건에서
$Z = \frac{(2+j3)(4-j2)}{10}$
이다.
곱셈을 전개하면
$(2+j3)(4-j2) = 8-j4+j12-j^2 6 = 14+j8$
이므로
$Z = \frac{14+j8}{10} = 1.4+j0.8\Omega$
이다.
따라서 리액턴스는 $X = 0.8\Omega$이다.

선지별 해설

① X
- -0.8은 리액턴스 부호를 반대로 읽은 값이다. 이 문제에서 $Z = 1.4+j0.8\Omega$이므로 틀린 표현은 -0.8이고, 올바르게는 $+0.8$이다.

② X
- -1은 크기와 부호를 모두 잘못 잡은 값이다. 리액턴스는 허수부만 읽어야 하므로 틀린 표현은 -1이고, 올바르게는 0.8이다.

③ O
- 계산 결과 $Z = 1.4+j0.8\Omega$이므로 리액턴스는 허수부 0.8Ω이다.

④ X
- 1은 리액턴스를 실수부와 혼동하거나 반올림을 과하게 한 값이다. 틀린 표현은 1이고, 올바르게는 허수부 0.8이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 임피던스 전체 Z와 리액턴스만 따로 묻는 표현을 혼동하는 데 있다. $Z = 1.4+j0.8\Omega$까지 구한 뒤 실수부 1.4나 부호가 바뀐 허수부를 고르면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

브리지 회로에서 가운데 가지 전류가 0이면 먼저 평형 조건을 쓴다. 그다음 구한 임피던스에서 문제가 저항을 묻는지, 리액턴스를 묻는지, 임피던스 전체를 묻는지 마지막에 구분하면 된다.

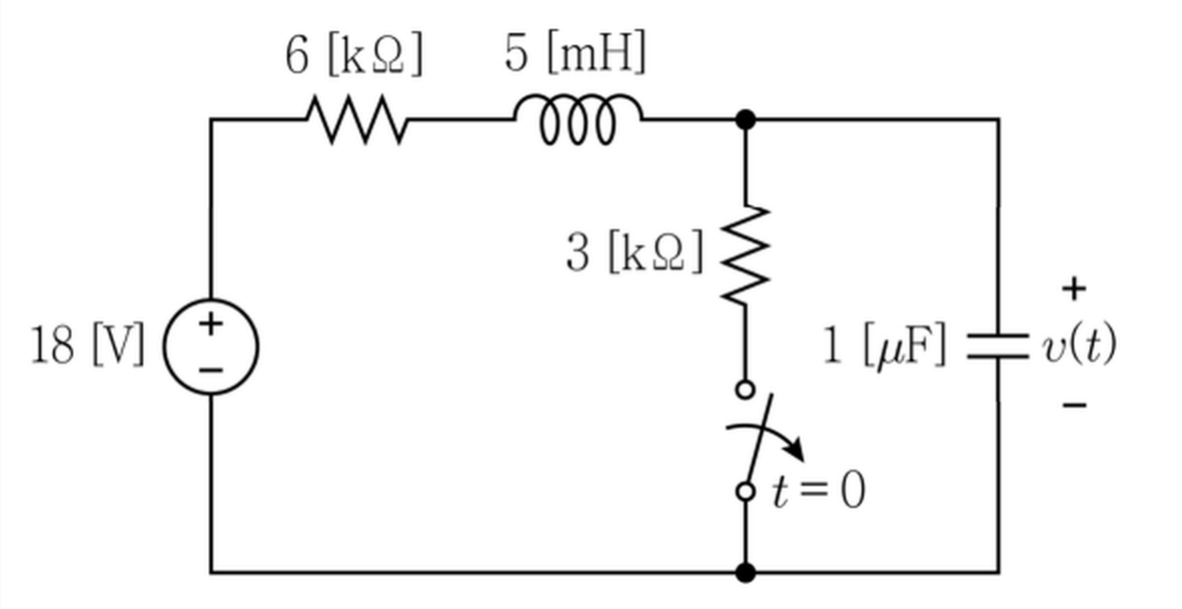
NoteBase

암기 포인트

브리지 평형은 대응하는 위팔과 아래팔의 비가 같고, 리액턴스는 임피던스의 허수부이다.

NoteBase

문 14. 다음 회로에서 $t<0$에서 스위치가 닫혀서 정상상태를 유지하다가 $t=0$인 순간에 개방되었다. 전압 $v(t)$의 $v(0^+)+v(\infty)$의 값[V]은? (단, $v(0^+)$와 $v(\infty)$는 전압 $v(t)$의 초깃값과 최종값이다)



① 4

② 12

③ 18

④ 24

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 스위치 개방 전후의 직류 정상상태를 이용해 $v(0^+)$와 $v(\infty)$를 구하고, 커패시터 전압 연속성을 적용할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 전원 $18V$, 저항 $6k\Omega$, $3k\Omega$, 인덕터 $5mH$, 커패시터 $1\mu F$이다.
$t<0$에는 스위치가 닫혀 직류 정상상태이고, $t=0$에 스위치가 개방된다.
구해야 할 값은 $v(0^+)+v(\infty)$이다.

사용할 공식

직류 정상상태에서는 인덕터를 단락, 커패시터를 개방으로 본다.
커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로 $v(0^+)=v(0^-)$이다.
이 원리를 쓰는 이유는 $t<0$과 $t\to\infty$가 모두 직류 정상상태이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $t<0$에서 스위치가 닫혀 있으면 인덕터는 단락, 커패시터는 개방이므로 회로는 $6k\Omega$와 $3k\Omega$의 직렬 분압 회로가 된다.
2. 따라서 노드전압은 $v(0^-)=18\times\frac{3}{6+3}=6V$이고, 커패시터 전압 연속성에 의해 $v(0^+)=6V$이다.
3. $t\to\infty$에서 스위치가 열리면 $3k\Omega$ 가지는 끊기고, 다시 직류 정상상태가 되면 커패시터는 개방되어 전류가 0이 된다. 따라서 $6k\Omega$의 전압강하는 0이므로 $v(\infty)=18V$이다.
4. 그러므로 $v(0^+)+v(\infty)=6+18=24V$이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과 합은 $24V$이므로 $4V$는 될 수 없다. 스위치가 닫힌 정상상태의 분압값을 잘못 계산한 판단이다. 올바르게는 $v(0^+)=6V$, $v(\infty)=18V$이므로 합은 $24V$이다.
2번 X: $12V$는 최종전압을 초기전압과 같은 $6V$로 잘못 둔 경우의 값이다. 스위치가 열린 뒤 최종상태에서는 전류가 0이어서 노드전압이 전원전압 $18V$가 된다. 올바르게는 $24V$이다.
3번 X: $18V$는 $v(\infty)$만 보고 $v(0^+)$를 더하지 않은 값이다. 문제는 두 값을 합하라고 했으므로 올바르게는 $6+18=24V$이다.
4번 O: $v(0^+)=6V$, $v(\infty)=18V$이므로 합은 $24V$이다.

오답 포인트

스위치가 열린 뒤의 최종상태에서 커패시터가 개방이라는 점을 놓치면 $v(\infty)$를 $6V$처럼 잘못 잡기 쉽다. 또 $v(0^+)$는 새 회로로 바로 다시 계산하는 값이 아니라 커패시터 전압 연속성으로 정해진다는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

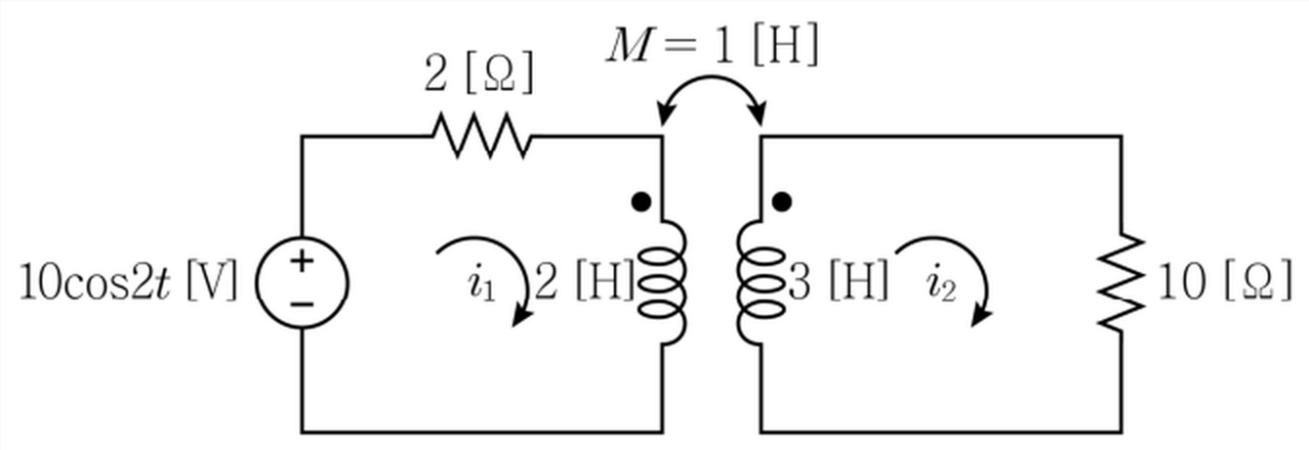
스위칭 회로는 먼저 $t<0$ 정상상태를 그려서 $v(0^-)$와 $i(0^-)$를 구하고, 그다음 v_C 연속과 i_L 연속을 적용해 0^+를 정한다. 마지막으로 스위치 이후의 $t\to\infty$ 정상상태를 다시 그려 최종값을 구하면 된다.

암기 포인트

직류 정상상태는 인덕터 단락, 커패시터 개방이며, 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않는다.

NoteBase

문 15. 다음 회로에서 $\frac{I_2}{I_1}$는? (단, I_1과 I_2는 i_1과 i_2의 페이저이다)



① $\frac{2}{3}$
② $\frac{3}{2}$
③ $\frac{1}{3-j5}$
④ $3-j5$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 점표기와 상호인덕턴스 부호를 반영한 메쉬 방정식으로 $\frac{I_2}{I_1}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R_1 = 2\Omega, R_2 = 10\Omega, L_1 = 2H, L_2 = 3H, M = 1H, v(t) = 10\cos 2tV$이다.
구해야 할 값: $\frac{I_2}{I_1}$이다.
주의할 조건: 왼쪽 코일 전류는 점단자로 들어가고, 오른쪽 코일 전류는 점단자에서 나오므로 상호유도 항의 부호는 음수이다.

사용할 공식

$\omega = 2$이므로 $j\omega L_1 = j4, j\omega L_2 = j6, j\omega M = j2$이다.
메쉬 방정식은 $(2+j4)I_1 - j2I_2 = 10, -j2I_1 + (10+j6)I_2 = 0$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 코일이 상호유도로 결합되어 있으므로 각 루프 전압에 자기 인덕턴스 항과 상호 인덕턴스 항이 함께 들어가기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전원 $10\cos 2t$의 각주파수는 $\omega = 2$이므로 코일 임피던스는 각각 $j4$, $j6$, 상호 리액턴스는 $j2$이다.
2. 점표기를 보면 I_1은 점단자로 들어가고 I_2는 점단자에서 나오므로 상호유도 항은 음의 부호로 들어간다.
3. 두 번째 메쉬에서 $-j2I_1 + (10 + j6)I_2 = 0$이므로 $(10 + j6)I_2 = j2I_1$이다.
4. 따라서 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{j2}{10 + j6} = \frac{j2(10 - j6)}{10^2 + 6^2} = \frac{12 + j20}{136} = \frac{3 + j5}{34} = \frac{1}{3 - j5}$이다.

선지별 해설

① X: $\frac{2}{3}$은 저항 10Ω와 위상 성분 $j6$을 반영하지 않은 실수 비율이다. 올바르게는 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{3 - j5}$이다.
② X: $\frac{3}{2}$는 인덕턴스 비를 뒤집어 단순 대입한 값에 가깝고, 결합 회로의 복소 임피던스를 반영하지 못한다. 올바르게는 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{3 - j5}$이다.
③ O: 두 번째 메쉬 식에서 바로 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{j2}{10 + j6} = \frac{1}{3 - j5}$가 되므로 옳다.
④ X: $3 - j5$는 정답의 역수이다. 올바른 표현은 $\frac{I_1}{I_2} = 3 - j5$ 또는 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{3 - j5}$이다.

오답 포인트

상호유도 문제에서는 점표기를 보지 않고 $j\omega M$의 부호를 기계적으로 넣으면 오답이 된다. 또 $\frac{I_2}{I_1}$를 구해야 하는데 역수 $\frac{I_1}{I_2}$를 계산해 놓고 그대로 고르는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

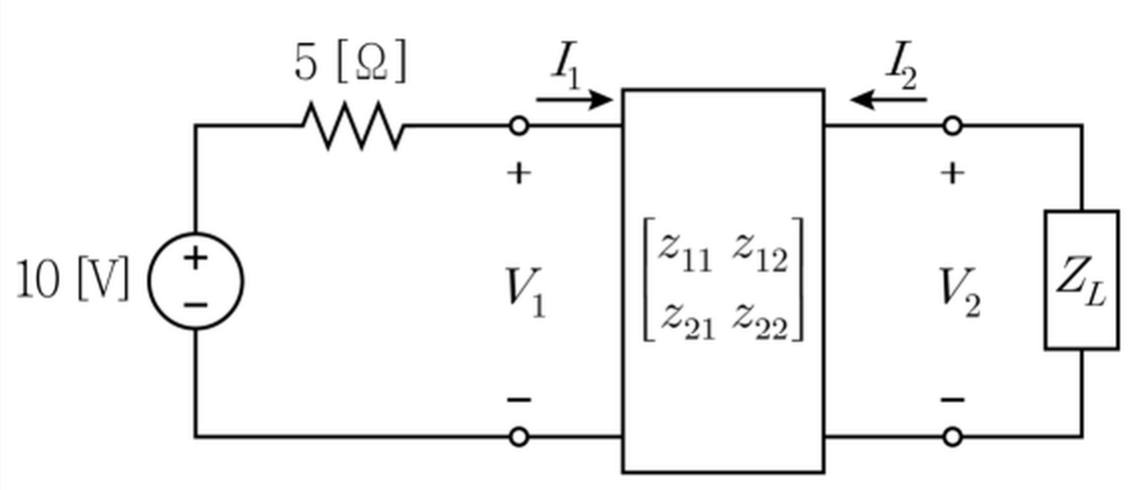
결합 회로 계산형 문제는 먼저 점표기로 상호유도 부호를 정하고, 다음에 각 코일을 $j\omega L$, $j\omega M$로 바꿔 메쉬 방정식을 세운 뒤, 마지막에 구하려는 전류비가 역수인지까지 확인하면 된다.

암기 포인트

점단자로 함께 들어가면 $+j\omega M$, 한쪽은 들어가고 다른 쪽은 나오면 $-j\omega M$이다.

NoteBase

문 16. 임피던스 파라미터가 포함된 다음 회로에서 최대전력을 전달하기 위한 부하 임피던스 Z_L[Ω]은? (단, $z_{11} = 20[\Omega]$, $z_{12} = 50[\Omega]$, $z_{21} = 40[\Omega]$, $z_{22} = 100[\Omega]$이다)



① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 입력에 직렬저항이 연결된 z파라미터 2포트 회로의 출력단에서 본 등가저항을 구해 최대전력 전달 조건을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $z_{11} = 20\Omega$, $z_{12} = 50\Omega$, $z_{21} = 40\Omega$, $z_{22} = 100\Omega$와 입력 직렬저항 5Ω이다.
구해야 할 값은 부하 임피던스 Z_L이다.
최대전력 전달은 부하가 포트 2에서 본 테브난 저항과 같을 때 성립한다.

사용할 공식

출력단에서 본 등가저항은
$Z_{out} = z_{22} - \frac{z_{21}z_{12}}{z_{11} + R_s}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 전원을 꺼서 입력 전압원을 단락시키면 포트 1에 $R_s = 5\Omega$만 남고, 그 종단조건이 포트 2에서 본 내부저항을 결정하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 최대전력 전달 조건이므로 $Z_L = Z_{out}$이다.
2. 입력 전압원을 단락시키면 포트 1은 5Ω로 종단된 상태가 된다.
3. 따라서
$Z_{out} = 100 - \frac{40 \times 50}{20 + 5} = 100 - \frac{2000}{25} = 100 - 80 = 20\Omega$
이다.
4. 따라서 부하 임피던스는 $Z_L = 20\Omega$이다.

선지별 해설

① X
- 10Ω는 계산 결과와 다르다. 출력단에서 본 등가저항은 20Ω이므로 `10\,\Omega`가 아니라 `20\,\Omega`이어야 한다.

② O
- 포트 2에서 본 등가저항이 20Ω이므로 최대전력을 전달하는 부하 임피던스도 20Ω이다.

③ X
- 30Ω가 되려면 계산된 출력 등가저항에 근거 없는 저항을 더한 셈이 된다. 최대전력 조건에서 맞춰야 할 값은 오직 포트 2에서 본 20Ω이므로 `30\,\Omega`가 아니라 `20\,\Omega`이어야 한다.

④ X
- 40Ω는 z_{21} 같은 개별 파라미터를 그대로 부하값으로 착각한 경우에 가깝다. 부하는 단일 파라미터가 아니라 종단된 2포트의 출력 등가저항에 맞춰야 하므로 `40\,\Omega`가 아니라 `20\,\Omega`이어야 한다.

오답 포인트

입력 전압원 $10V$의 크기를 이용해 직접 부하를 구하려 하거나, z_{22} 또는 z_{21} 같은 개별 파라미터를 그대로 부하값으로 착각하기 쉽다. 이 문제의 핵심은 전원 크기가 아니라 입력 종단조건 $R_s = 5\Omega$를 반영한 출력 등가저항 계산이다.

다시 나오면 이렇게 판단

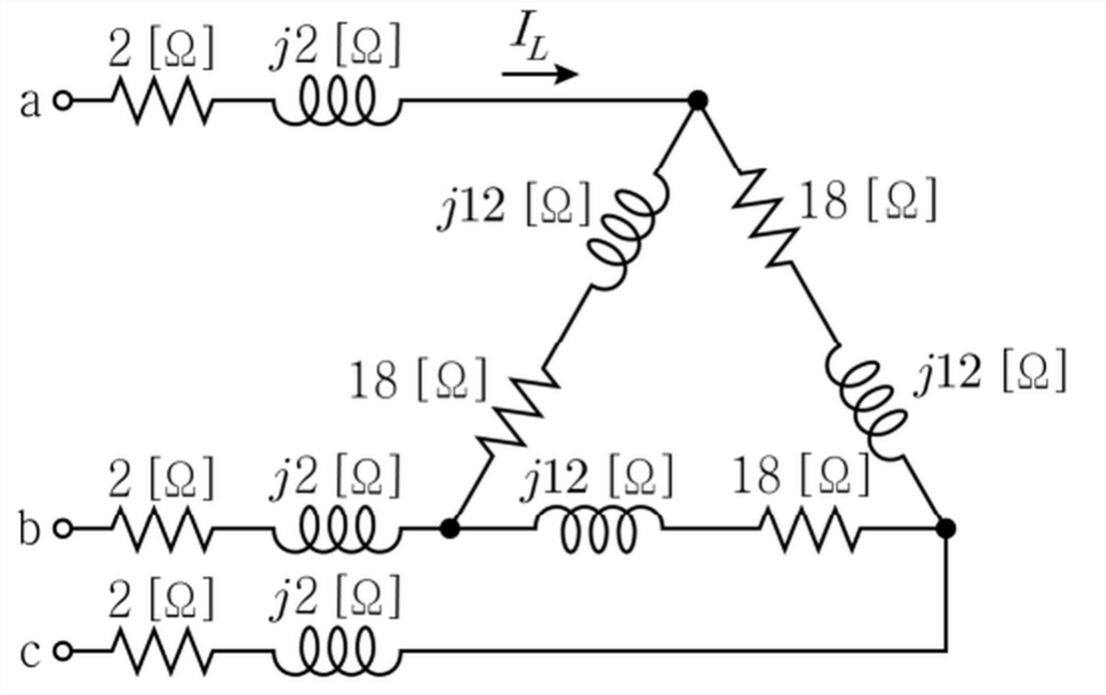
최대전력 전달 문항에서 2포트 파라미터가 보이면 먼저 부하가 연결된 포트에서 본 테브난 저항을 구한다. 전원을 꺼서 종단조건을 만든 뒤 z파라미터 식에 대입하고, 모든 값이 실수이면 그 저항값을 그대로 부하에 맞추면 된다.

암기 포인트

입력 종단 R_s가 있는 z파라미터 2포트의 최대전력 조건은 $Z_L = z_{22} - \frac{z_{21}z_{12}}{z_{11} + R_s}$이다.

NoteBase

문 17. 다음 회로에서 단자 a, b, c 간에 대칭 3상 선간전압 120 [V]가 인가될 때, 선전류 I_L[A]의 크기는?



① $2\sqrt{3}$

② 4

③ $4\sqrt{3}$

④ 12

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 대칭 3상 델타 부하를 와이 등가로 바꾼 뒤 선로 임피던스를 합쳐 선전류의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 선간전압은 120 V이고, 각 선로 임피던스는 $2 + j2\Omega$이다. 델타 부하의 각 변 임피던스는 $18 + j12\Omega$이다.
구해야 할 값: 선전류 I_L의 크기이다.
주의할 조건: 대칭 3상이므로 델타 부하는 와이 등가로 바꿔 한 상만 계산할 수 있고, 선간전압 120 V를 바로 상전압으로 쓰면 안 된다.

NoteBase

사용할 공식

델타-와이 변환은 $Z_Y = Z_\Delta/3$이다.
대칭 3상에서 상전압은 $V_{ph} = V_L/\sqrt{3}$이다.
와이 등가로 바꾼 뒤 한 상의 전류는 $I_L = I_{ph} = V_{ph}/Z_{tot}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 부하가 대칭 델타이고 선로도 세 상이 같아서, 델타를 와이로 바꾸면 각 상이 완전히 같은 단상 직렬회로로 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. 델타 부하의 각 변 임피던스는 $Z_\Delta = 18 + j12\Omega$이므로 와이 등가는 $Z_Y = (18 + j12)/3 = 6 + j4\Omega$이다.
2. 한 상의 총 임피던스는 선로 임피던스를 더해 $Z_{tot} = (2 + j2) + (6 + j4) = 8 + j6\Omega$이다.
3. 총 임피던스의 크기는 $|Z_{tot}| = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\Omega$이다.
4. 상전압의 크기는 $V_{ph} = 120/\sqrt{3}$ V이다.
5. 따라서 선전류의 크기는 $I_L = I_{ph} = \frac{120/\sqrt{3}}{10} = \frac{12}{\sqrt{3}} = 4\sqrt{3}$ A이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과 선전류는 $4\sqrt{3}$ A이므로 $2\sqrt{3}$ A는 맞지 않는다. 올바르게는 선전류의 크기가 $4\sqrt{3}$ A이다.
2번 X: 4 A는 $4\sqrt{3}$ A에서 $\sqrt{3}$를 잘못 없앤 값이다. 와이 등가 회로에서는 상전류가 곧 선전류이므로 추가 변환이 필요 없다. 올바르게는 $4\sqrt{3}$ A이다.
3번 O: 델타 부하를 와이로 변환해 한 상만 계산하면 $I_L = 4\sqrt{3}$ A가 되어 정답과 일치한다.
4번 X: 12 A는 선간전압 120 V를 상전압으로 그대로 넣어 120/10으로 계산할 때 나오는 오답이다. 대칭 3상에서는 상전압이 $120/\sqrt{3}$ V이므로 올바른 값은 $4\sqrt{3}$ A이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 델타 부하를 그대로 두고 선전류 관계를 섞어 쓰거나, 선간전압 120 V를 상전압으로 오해하는 점이다. 이 문항에서는 델타를 먼저 와이로 바꾼 뒤 한 상 직렬회로로 정리하면 선전류와 상전류가 같아져 계산이 단순해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

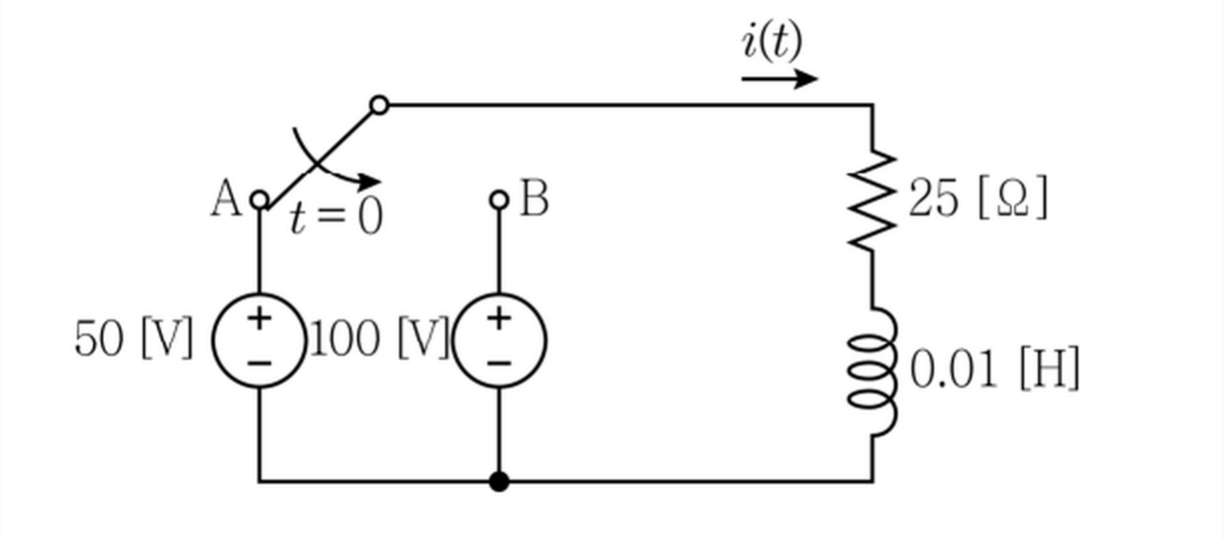
대칭 3상 회로에서 델타 부하와 선로가 함께 보이면 먼저 델타를 와이로 바꾸고, 선간전압을 상전압으로 환산한 뒤, 한 상의 총 임피던스를 구해 상전류를 계산한다. 와이 등가로 계산한 상전류가 곧 선전류인지까지 마지막에 확인하면 된다.

암기 포인트

대칭 3상 델타 부하는 $Z_\Delta/3$으로 와이 변환하고, 상전압은 $V_L/\sqrt{3}$으로 바꿔 한 상만 계산하면 된다.

NoteBase

문 18. 다음 회로에서 $t<0$에서 정상상태에 도달하였다. $t=0$인 순간에 스위치가 단자 A에서 B로 연결될 때, $t>0$에서 전류 $i(t)$[A]는?



① $4-2e^{-5000t}$

② $4-2e^{-2500t}$

③ $4+2e^{-5000t}$

④ $4+2e^{-2500t}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬 RL 회로의 스위칭 후 전류를 초기값, 최종값, 시정수로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 저항 25Ω, 인덕턴스 $0.01H$, $t<0$에서 연결된 전원 $50V$, $t>0$에서 연결된 전원 $100V$이다.
구해야 할 값은 $t>0$에서의 전류 $i(t)$이다.
$t<0$에서 정상상태이므로 인덕터는 단락처럼 동작하여 초기전류는 $i(0^-)=50/25=2A$이다.

사용할 공식

직렬 RL 회로의 과도응답은 $i(t)=i(\infty)+\{i(0^+)-i(\infty)\}e^{-t/\tau}$ 이고 시정수는 $\tau=\frac{L}{R}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치 전환 전후에 같은 RL 직렬회로가 서로 다른 직류전원에 연결되며, 전류는 순간적으로 끊기지 않고 초기값에서 최종값으로 지수적으로 변하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $t<0$ 정상상태 전류는 $i(0^-)=50/25=2A$ 이다.
2. 인덕터 전류는 연속이므로 $i(0^+)=2A$ 이다.
3. $t>0$에서 최종전류는 $i(\infty)=100/25=4A$ 이다.
4. 시정수는 $\tau=L/R=0.01/25=0.0004s$ 이다.
5. 따라서 $1/\tau=2500$ 이므로 $i(t)=4+(2-4)e^{-2500t}=4-2e^{-2500t}$ 이다.

선지 판단

1번 X: $4-2e^{-5000t}$ 는 지수부가 틀렸다. 이 회로의 시정수는 $\tau=0.0004s$ 이므로 지수항은 e^{-2500t} 가 되어야 한다. 틀린 표현은 e^{-5000t} 이고, 올바르게는 $4-2e^{-2500t}$ 이다.
2번 O: 초기값 $2A$, 최종값 $4A$, 시정수 $0.0004s$ 를 대입하면 $i(t)=4-2e^{-2500t}$ 이므로 맞다.
3번 X: 부호가 틀렸다. $4+2e^{-5000t}$ 는 $t=0$에서 $6A$ 가 되어 초기전류 $2A$ 와 맞지 않는다. 틀린 표현은 앞의 $+$ 부호와 지수부이고, 올바르게는 $4-2e^{-2500t}$ 이다.
4번 X: 지수부는 맞지만 부호가 틀렸다. $4+2e^{-2500t}$ 는 $t=0$에서 $6A$ 가 되어 초기조건을 만족하지 않는다. 틀린 표현은 $+2e^{-2500t}$ 이고, 올바르게는 $-2e^{-2500t}$ 이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 초기전류를 100/25 로 바로 두어 $i(0^+)$ 를 잘못 잡는 경우와, 시정수를 R/L 로 뒤집어 지수부를 틀리는 경우이다. 3번과 4번은 초기값과 최종값의 방향을 구분하지 못하면 쉽게 고르게 되는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

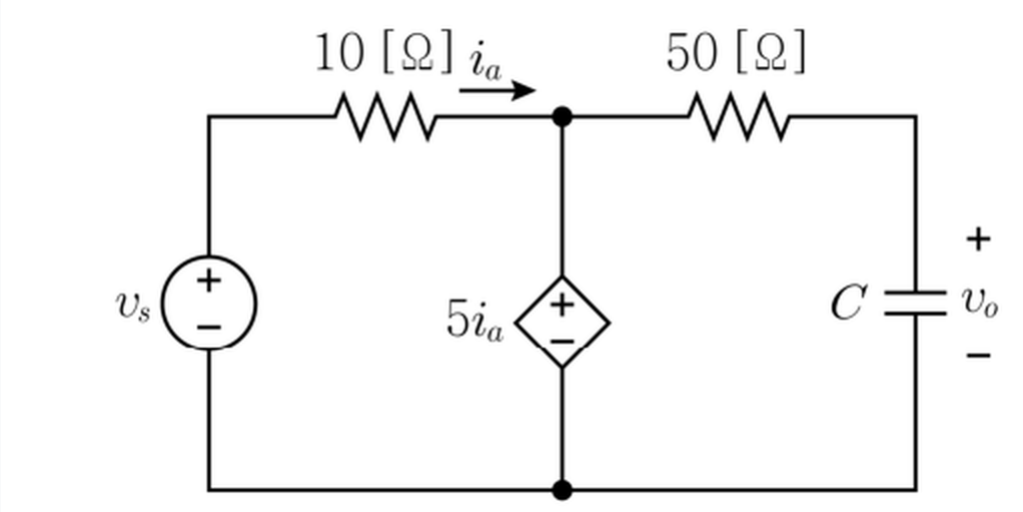
직류 RL 스위칭 문제는 전환 전 정상상태에서 초기값을 먼저 구하고, 전환 후 최종값과 시정수 $\tau=L/R$ 를 구한 뒤 $i(t)=i(\infty)+\{i(0^+)-i(\infty)\}e^{-t/\tau}$ 에 대입하면 된다.

암기 포인트

직렬 RL 과도응답은 전류가 연속이고, 해의 형태는 초기값에서 최종값으로 $e^{-t/\tau}$ 로 이동한다.

NoteBase

문 19. 다음 회로에서 입력전압 v_s와 출력전압 v_o에 대한 주파수응답 $H(\omega)$의 차단주파수(cutoff frequency)가 $\omega = 10[rad/sec]$일 때, 커패시턴스 $C[mF]$는?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 종속전원으로 정해지는 내부 노드 전압을 먼저 구한 뒤, 출력단을 1차 RC 저역통과회로로 보고 차단주파수 ω_c에서 C를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 차단주파수 $\omega_c = 10rad/s$, 출력단 직렬저항 50Ω
구해야 할 값: 커패시턴스 C
주의할 조건: 왼쪽 회로가 만드는 전압이득과 오른쪽 RC 회로의 pole 위치를 구분해야 한다.

사용할 공식

내부 노드 전압 V_1에 대해 $i_a = (v_s - V_1)/(10\Omega)$, $V_1 = 5i_a$를 쓴다.
출력단은 커패시터 전압을 출력으로 하는 1차 저역통과회로이므로 $H(s) = \frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{1 + s(50\Omega)C}$, $\omega_c = \frac{1}{RC}$를 쓴다.
이 공식을 쓰는 이유: 종속전원이 왼쪽에서 $V_1 = v_s/3$을 만들어 주면, 오른쪽은 50Ω와 C만이 pole을 결정하는 단일 RC 회로가 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 중앙 노드 전압을 V_1이라 두면 $i_a = (v_s - V_1)/(10\Omega)$, $V_1 = 5i_a$이므로
$V_1 = 5\frac{v_s - V_1}{10} = \frac{1}{2}(v_s - V_1)$
$\Rightarrow 3V_1 = v_s \Rightarrow V_1 = \frac{v_s}{3}$
2. 따라서 출력단은 입력이 V_1인 50Ω-C 저역통과회로이므로 pole은 $\omega_c = 1/(50C)$이다.
3. $\omega_c = 10rad/s$를 대입하면
$10 = \frac{1}{50C} \Rightarrow C = \frac{1}{500}F = 0.002F = 2mF$
따라서 정답값은 $2mF$이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과 $C = 2mF$이므로 틀리다. 틀린 표현은 '1 mF'이고, 올바르게는 '2 mF'이다.
2번 O: $\omega_c = 1/(50C) = 10$에서 $C = 2mF$가 정확히 나온다.
3번 X: 계산 결과보다 큰 값이어서 틀리다. 틀린 표현은 '3 mF'이고, 올바르게는 '2 mF'이다.
4번 X: 계산 결과보다 두 배 큰 값이어서 틀리다. 틀린 표현은 '4 mF'이고, 올바르게는 '2 mF'이다.

오답 포인트

중앙 노드에서 구한 전압이득 1/3을 차단주파수 식에 섞어 버리면 틀린다. 전달함수의 앞계수는 1/3이지만 pole 위치는 오른쪽의 50Ω와 C만으로 결정된다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

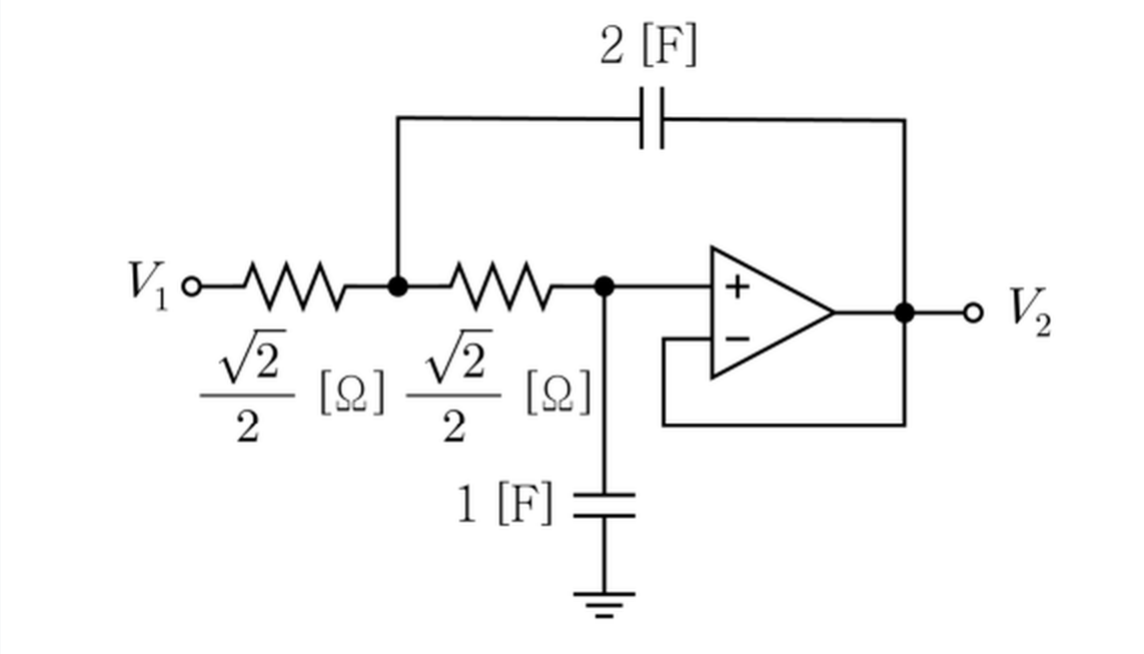
종속전원이 있는 주파수응답 문제는 먼저 제어변수로 내부 노드 전압을 정리한 뒤, 출력단이 1차 RC 회로인지 확인하고 마지막에 $\omega_c = 1/RC$를 적용하면 된다.

암기 포인트

1차 RC 저역통과회로의 차단주파수는 전달함수의 앞이득과 무관하고 $\omega_c = 1/RC$로만 정해진다.

NoteBase

문 20. 다음 회로의 전달함수 $H(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)}$는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



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

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기 전압 팔로어 조건 $V_2 = V_b$를 이용해 2차 저역통과 회로의 전달함수를 구하는 문제이다.

조건 정리

중간 노드를 V_a, 연산증폭기 비반전 입력 노드를 V_b라 두면 출력은 전압 팔로어이므로 $V_2 = V_b$이다.
두 저항은 모두 $R = \frac{\sqrt{2}}{2}\Omega$이므로 $\frac{1}{R} = \sqrt{2}$ 이다.
아래 커패시터는 $1F$로 V_b에서 접지로 연결되고, 위 커패시터는 $2F$로 V_a와 출력 V_2 사이에 연결된다.

NoteBase

사용할 공식

노드 방정식을 쓴다.

V_b 노드에서는

$\sqrt{2}(V_b - V_a) + sV_b = 0$

이므로

$\sqrt{2}(V_a - V_b) = sV_b, \qquad V_a = \left(1 + \frac{s}{\sqrt{2}}\right)V_b$

이다.

V_a 노드에서는

$\sqrt{2}(V_a - V_1) + \sqrt{2}(V_a - V_b) + 2s(V_a - V_2) = 0$

이고 전압 팔로어이므로 $V_2 = V_b$를 대입한다.

이 공식을 쓰는 이유는 회로가 이상적인 연산증폭기와 수동소자로 이루어져 있어 각 노드의 KCL을 세우는 것이 가장 직접적이기 때문이다.

계산 과정

먼저 V_b 노드 식에서

$V_a = \left(1 + \frac{s}{\sqrt{2}}\right)V_b$

를 얻는다.

이를 V_a 노드 식에 넣으면

$\sqrt{2}(V_a - V_1) + \sqrt{2}(V_a - V_b) + 2s(V_a - V_b) = 0$

$\Rightarrow V_1 = V_a + \frac{s}{\sqrt{2}}V_b + s^2V_b$

이다.

여기에 $V_a = \left(1 + \frac{s}{\sqrt{2}}\right)V_b$를 대입하면

$V_1 = (1 + \sqrt{2}s + s^2)V_b$

이므로

$H(s) = \frac{V_2(s)}{V_1(s)} = \frac{V_b}{V_1} = \frac{1}{s^2 + \sqrt{2}s + 1}$

이다.

선지별 해설

① X: 분모가 $2s^2 + 2\sqrt{2}s + 1$인 값이다. 이는 위의 $2F$ 커패시터를 V_b 노드에도 직접 걸린 소자로 잘못 넣어 계수를 두 배로 만든 경우이다. 올바르게는 V_b 노드에는 $1F$만 직접 연결되므로 $H(s) = \frac{1}{s^2 + \sqrt{2}s + 1}$이다.

② X: s항 계수를 $\frac{\sqrt{2}}{2}$로 둔 값이다. 이는 $R = \frac{\sqrt{2}}{2}\Omega$에서 컨덕턴스를 $\frac{1}{R} = \sqrt{2}$로 바꾸지 못한 오류이다. 올바르게는 s항 계수가 $\sqrt{2}$이다.

③ X: 상수항이 2인 값이다. 이는 식을 정리하면서 전체 계수를 잘못 정규화한 경우이다. 정상적으로 정리하면 $V_1 = (1 + \sqrt{2}s + s^2)V_b$가 되어 상수항은 1이다.

④ O: 이상적인 전압 팔로어로 $V_2 = V_b$를 두고 두 노드의 KCL을 세우면 $H(s) = \frac{1}{s^2 + \sqrt{2}s + 1}$가 정확히 나온다.

NoteBase

오답 포인트

위의 $2F$ 커패시터가 출력단에 연결된다는 점을 놓치면 V_b 노드 식에 잘못 포함시키기 쉽다. 또 저항값 $\frac{\sqrt{2}}{2}\Omega$를 본 뒤 컨덕턴스 $\sqrt{2}$로 바꾸지 않으면 s항 계수를 절반으로 잘못 적게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

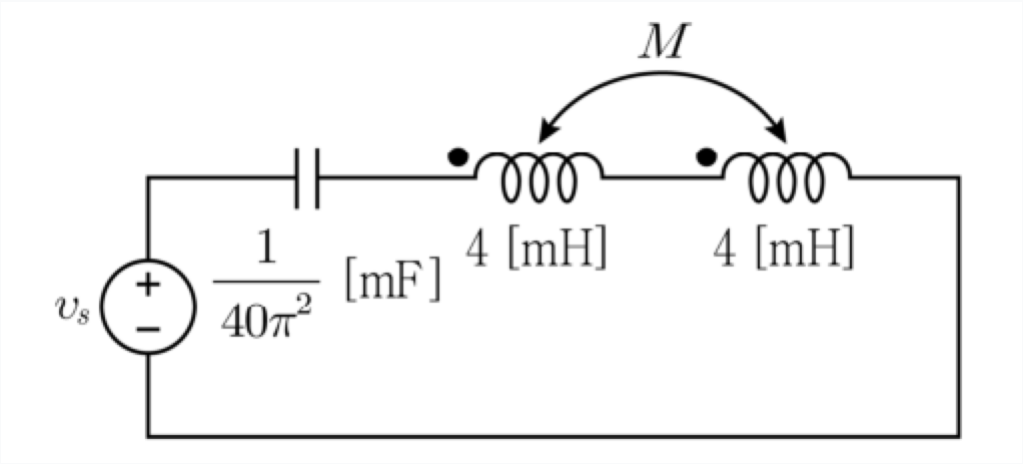
연산증폭기가 전압 팔로어로 묶여 있으면 먼저 $V_{out} = V_+$를 둔 뒤 실제로 어느 소자가 어느 노드에 직접 연결되는지 분리해서 KCL을 세우면 된다. 회로도에서 같은 전압인 노드와 같은 물리적 노드를 혼동하지 않으면 계산이 정리된다.

암기 포인트

전압 팔로어 문제는 $V_{out} = V_+$를 먼저 두고, 각 노드 KCL에는 그 노드에 직접 물린 소자만 넣는다고 기억해 두면 된다.

NoteBase

문 21. 다음 회로의 공진주파수가 1 [kHz]일 때, 상호 인덕턴스 M[mH]은?



① 1

② 2

③ 5

④ 10

정답 1번

출제 포인트

결합 인덕터의 직렬 가극성 접속에서 합성 인덕턴스 $L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$를 공진조건과 연결해 상호 인덕턴스 M를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $f_0 = 1kHz, L_1 = L_2 = 4mH, C = \frac{1}{40\pi^2}mF$이다.
구해야 할 값은 상호 인덕턴스 M이다.
두 코일의 점표시가 같은 방향에 있고 전류가 두 코일 모두 점단자로 들어가므로 직렬 가극성 접속이다.

사용할 공식

공진조건은 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}}$ 또는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_{eq}C}}$이다.
결합 인덕터의 직렬 가극성 접속에서는 $L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 공진주파수로부터 회로가 요구하는 전체 인덕턴스 L_{eq}를 먼저 구한 뒤, 그 값을 결합 인덕터 합성식에 대입하면 M를 바로 구할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $f_0 = 1kHz$이므로 $\omega_0 = 2\pi f_0 = 2000\pi rad/s$이다.
2. $C = \frac{1}{40\pi^2} mF = \frac{10^{-3}}{40\pi^2} F$이다.
3. 공진조건 $L_{eq} = \frac{1}{\omega_0^2 C}$를 쓰면
$L_{eq} = \frac{1}{(2000\pi)^2 \cdot \frac{10^{-3}}{40\pi^2}} = 0.01H = 10mH$
이다.
4. 직렬 가극성 접속이므로
$L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M = 4 + 4 + 2M = 8 + 2M(mH)$
이다.
5. 따라서 $8 + 2M = 10$이므로 $2M = 2$, $M = 1mH$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 $M = 1mH$이므로 옳다.
② X: $2mH$는 상호 인덕턴스 항을 $2M$이 아니라 M으로 잘못 두면 나오는 값이다. 이 회로는 직렬 가극성 접속이므로 $L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$를 써야 한다. 상호 인덕턴스는 $2mH$가 아니라 $1mH$이다.
③ X: $M = 5mH$이면 $L_{eq} = 8 + 2 \times 5 = 18mH$가 되어 공진주파수가 $1kHz$가 될 수 없다. 상호 인덕턴스는 $5mH$가 아니라 $1mH$이다.
④ X: $M = 10mH$이면 $L_{eq} = 8 + 2 \times 10 = 28mH$가 되어 공진주파수가 더 낮아진다. 주어진 공진조건과 맞지 않는다. 상호 인덕턴스는 $10mH$가 아니라 $1mH$이다.

오답 포인트

점표시를 보지 않고 무조건 $L_1 + L_2 \pm 2M$ 중 하나를 찍는 실수가 가장 흔하다. 이 문제는 두 코일 모두 전류가 점단자로 들어가므로 부호가 +이고, 상호 인덕턴스 항도 한 번이 아니라 $2M$으로 들어간다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

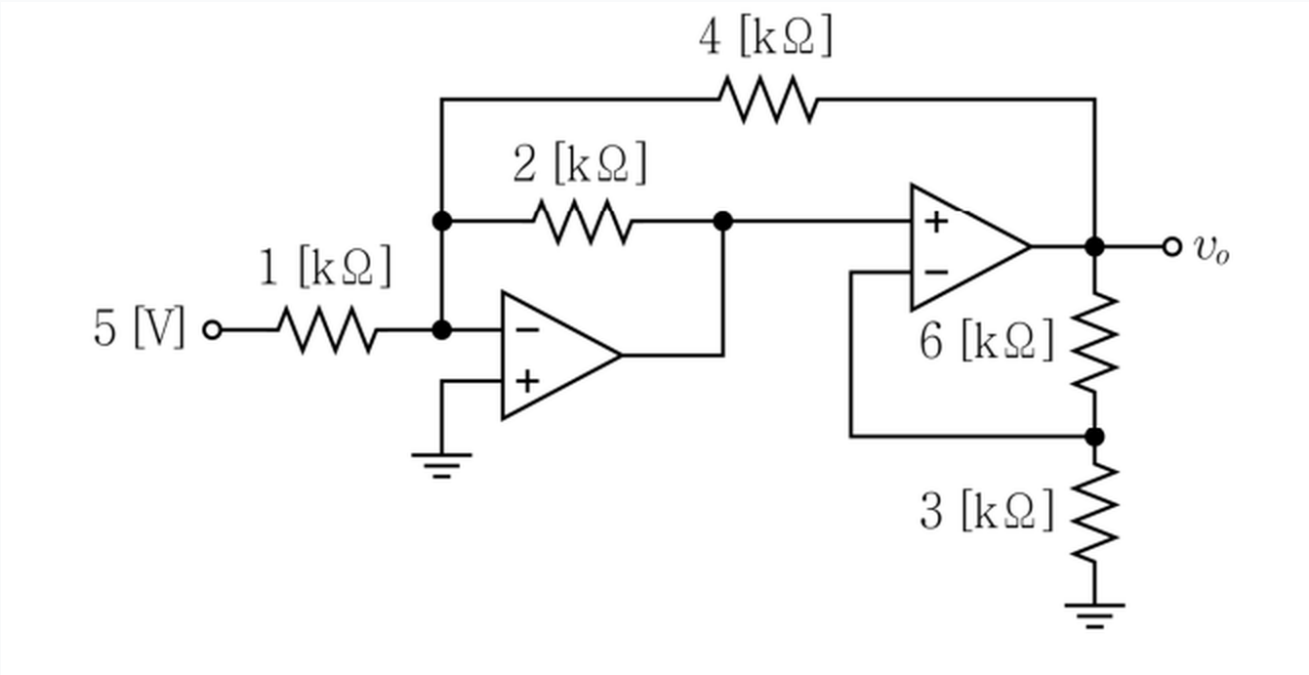
결합 인덕터 공진문제는 먼저 점표시와 전류방향으로 $\pm 2M$의 부호를 정한 뒤, 공진주파수로 전체 인덕턴스 L_{eq}를 구하고, 마지막에 $L_{eq} = L_1 + L_2 \pm 2M$에 대입해 M를 푼다.

암기 포인트

직렬 결합 인덕터는 두 전류가 모두 점단자로 들어가면 $L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$이고, 한쪽만 점단자로 들어가면 $L_{eq} = L_1 + L_2 - 2M$이다.

NoteBase

문 22. 다음 회로에서 전압 v_o[V]는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① -12

② -6

③ 6

④ 12

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기에서 가상접지와 KCL을 적용하고, 두 번째 비반전 증폭기의 이득까지 연결해 출력 전압 v_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

첫 번째 연산증폭기의 비반전 입력은 접지되어 있으므로 반전 입력 노드는 가상접지 상태가 되어 전압이 $0V$이다.
첫 번째 단계의 입력은 $5V$, 입력 저항은 $1k\Omega$, 피드백 저항은 $2k\Omega$이다.
출력 v_o는 $4k\Omega$를 통해 첫 번째 단계의 가상접지 노드에도 다시 연결된다.
두 번째 연산증폭기는 비반전 증폭기이며 저항은 $6k\Omega$와 $3k\Omega$이다.

NoteBase

사용할 공식

$\frac{5V-0}{1k\Omega}+\frac{v_o-0}{4k\Omega}=\frac{0-v_1}{2k\Omega}$

$v_o=\left(1+\frac{6k\Omega}{3k\Omega}\right)v_1=3v_1$

첫 번째 식은 첫 번째 연산증폭기 반전 입력 노드에서의 KCL이고, 두 번째 식은 두 번째 비반전 증폭기의 이득식이다.

계산 과정

1. 첫 번째 연산증폭기의 반전 입력 노드는 가상접지이므로 전압이 $0V$이다.

2. 첫 번째 노드에서 KCL을 적용하면

$\frac{5}{1}+\frac{v_o}{4}=-\frac{v_1}{2}\Rightarrow 20+v_o=-2v_1\Rightarrow v_1=-10-\frac{v_o}{2}$

3. 두 번째 연산증폭기는 비반전 증폭기이므로

$v_o=3v_1$

4. 이를 대입하면

$v_o=3\left(-10-\frac{v_o}{2}\right)=-30-\frac{3v_o}{2}\Rightarrow\frac{5v_o}{2}=-30\Rightarrow v_o=-12V$

따라서 출력 전압은 $-12V$이다.

선지 판단

1번 O: 계산 결과가 $v_o=-12V$이므로 옳다.

2번 X: $-6V$는 첫 번째 가상접지 노드에 연결된 $4k\Omega$ 경로의 영향을 잘못 반영한 값이다. 출력 전압은 $-6V$가 아니라 $-12V$이다.

3번 X: $6V$는 반전 증폭 단계의 부호를 놓친 값이다. 출력 전압은 $6V$가 아니라 $-12V$이다.

4번 X: $12V$는 크기만 보고 부호를 반대로 쓴 값이다. 출력 전압은 $12V$가 아니라 $-12V$이다.

오답 포인트

첫 번째 연산증폭기만 따로 떼어 단순 반전 증폭기로 보면 안 된다는 점이 함정이다. v_o가 $4k\Omega$를 통해 첫 번째 가상접지 노드로 다시 연결되므로 두 단계가 서로 영향을 주며, 반전 단계의 부호도 끝까지 유지된다.

다시 나오면 이렇게 판단

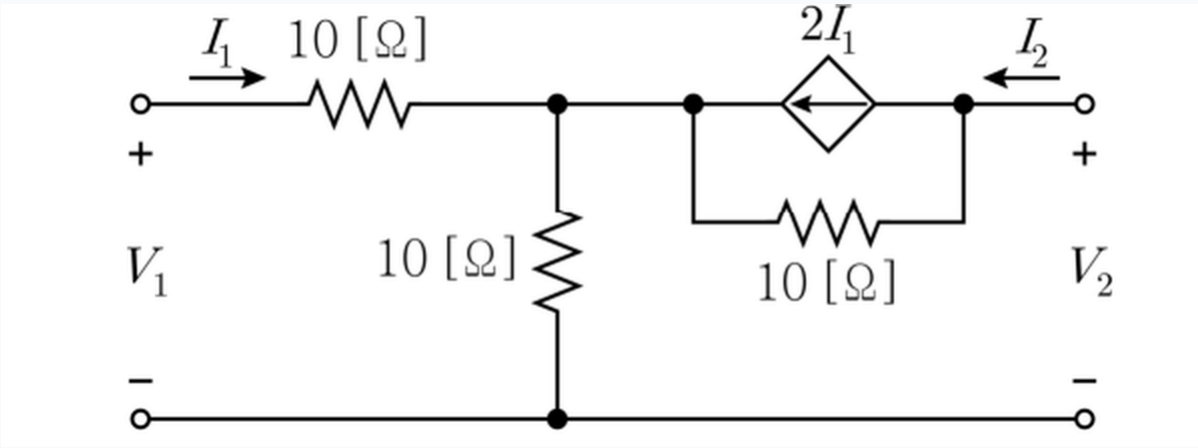
연산증폭기 회로는 먼저 $v_+=v_-$와 입력전류 0 조건을 확인하고, 가상접지 노드에 연결된 모든 저항을 포함해 KCL을 세운 뒤 다음 단계의 이득식을 연립하면 된다.

암기 포인트

이상적인 연산증폭기는 $v_+=v_-$, 입력전류는 0이고, 반전 입력 노드 문제는 가상접지와 KCL로 푼다.

NoteBase

문 23. 다음 회로의 어드미턴스 파라미터 bmatrix y_11 & y_12 \ y_21 & y_22 bmatrix 중 $y_{22}[S]$는?



① $\frac{1}{25}$

② $\frac{1}{15}$

③ 15

④ 25

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 어드미턴스 파라미터의 정의에서 $y_{22} = \frac{I_2}{V_2}\Big|_{V_1=0}$를 적용하고, 종속전류원이 포함된 회로의 절점방정식을 정확히 세울 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:

- 모든 저항은 10Ω이다.
- 우측 종속전류원의 크기는 $2I_1$이다.

구해야 할 값:

- y_{22}이다.

주의할 조건:

- y_{22}는 $V_1 = 0$으로 두고 I_2/V_2를 구해야 한다.
- $V_1 = 0$이면 1번 포트는 단락되므로 좌측 10Ω도 접지로 연결된 가지가 된다.

NoteBase

사용할 공식

y 파라미터의 정의는

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

이므로

$y_{22} = \frac{I_2}{V_2}\Big|_{V_1=0}$

이다.

이 공식을 쓰는 이유:

문제가 어드미턴스 파라미터 행렬의 y_{22}를 직접 묻고 있으므로 2번 포트에 시험전압 V_2를 가하고 1번 포트는 단락 조건 $V_1 = 0$으로 두어야 한다.

계산 과정

1. $V_1 = 0$이므로 좌측 포트는 단락된다. 중앙 상단 노드 전압을 V_a, 우측 포트 전압을 V_2로 둔다.
2. 좌측 직렬 저항의 전류는 $I_1 = \frac{V_1 - V_a}{10\Omega} = -\frac{V_a}{10\Omega}$이다.
3. 종속전류원의 화살표가 우측 노드에서 중앙 노드로 향하므로 중앙 노드에서 우측 노드로 보는 전류는 $-2I_1 = \frac{V_a}{5\Omega}$이다. 따라서 중앙 노드의 KCL은

$\frac{V_a}{10\Omega} + \frac{V_a}{10\Omega} + \frac{V_a - V_2}{10\Omega} + \frac{V_a}{5\Omega} = 0$

이고, 정리하면 $5V_a - V_2 = 0$이므로 $V_a = \frac{V_2}{5}$이다.

4. 2번 포트 전류는

$I_2 = \frac{V_2 - V_a}{10\Omega} + 2I_1$

이다. 여기에 $I_1 = -\frac{V_a}{10\Omega}$, $V_a = \frac{V_2}{5}$를 대입하면

$I_2 = \frac{V_2 - V_a}{10\Omega} - \frac{V_a}{5\Omega} = \frac{V_2 - 3V_a}{10\Omega} = \frac{V_2}{25\Omega}$

이다.

5. 따라서

$y_{22} = \frac{I_2}{V_2} = \frac{1}{25}\text{S}$

이다.

선지 판단

① O: 계산 결과가 $y_{22} = \frac{1}{25}$S이므로 옳다.

② X: ②의 $\frac{1}{15}$는 종속전류원 $2I_1$의 영향을 절점식에서 빠뜨릴 때 생기기 쉬운 오답이다. 올바르게는 $y_{22} = \frac{1}{25}$S이다.

③ X: ③의 15는 어드미턴스를 묻는 문항에서 저항값이나 중간 계산값을 그대로 적은 형태의 오답이다. 올바르게는 15가 아니라 $\frac{1}{25}$이다.

④ X: ④의 25는 최종값 $\frac{1}{25}$의 역수를 취한 오답이다. 올바르게는 25가 아니라 $\frac{1}{25}$S이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 핵심 함정은 y_{22}를 구할 때 먼저 $V_1 = 0$을 적용해야 한다는 점과, 종속전류원의 방향을 부호까지 포함해 처리해야 한다는 점이다. 좌측 10Ω 가지를 지우거나 종속전류원을 누락하면 ② 같은 오답이 나오고, 마지막에 어드미턴스와 저항의 역수 관계를 뒤집으면 ④ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

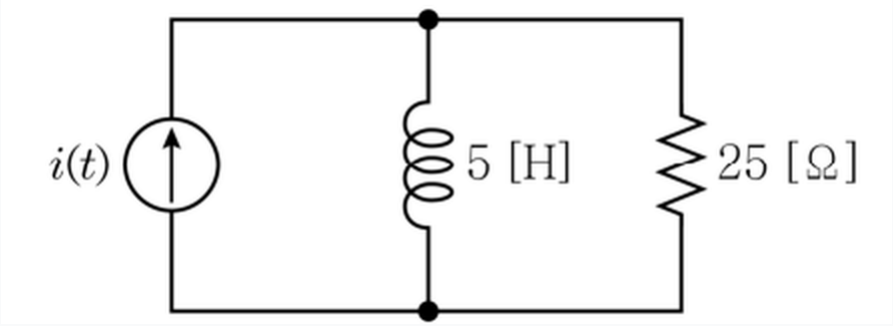
어드미턴스 파라미터 문제는 먼저 구하려는 항의 정의를 써서 고정해야 할 포트 조건을 정하고, 그다음 시험전압을 둔 뒤 절점방정식으로 I/V를 계산하는 순서로 판단한다. 종속원 회로에서는 화살표 방향에 맞춘 부호 검산을 마지막에 한 번 더 하는 방식이 안전하다.

암기 포인트

y_{22}는 $V_1 = 0$에서 I_2/V_2이다. y 파라미터는 다른 포트를 단락한 뒤 해당 포트 전류를 본다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 24. 다음 회로는 부하를 구동하는 전원으로 구성된다. 전류원의 전류가 $i(t) = \sqrt{2}\cos(5t - 10^\circ)[A]$일 때, 부하에 전달되는 복소전력[VA]는?



① $\frac{25}{\sqrt{2}}\angle -45^\circ$
② $\frac{25}{\sqrt{2}}\angle 45^\circ$
③ $25\sqrt{2}\angle -45^\circ$
④ $25\sqrt{2}\angle 45^\circ$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 병렬 $R-L$ 회로의 등가임피던스를 구한 뒤 $S = VI^* = Z|I|^2$로 부하의 복소전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R = 25\Omega, L = 5H, \omega = 5rad/s, i(t) = \sqrt{2}\cos(5t - 10^\circ)A$이다.
구해야 할 값: 부하에 전달되는 복소전력 S이다.
주의할 조건: $i(t) = \sqrt{2}I\cos(\omega t + \phi)$ 형태이므로 전류의 실효값은 $I = 1\angle -10^\circ A$이다.

사용할 공식

사용 공식은 $X_L = \omega L, Y = 1/R + 1/jX_L, Z = 1/Y, S = VI^* = Z|I|^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 전류원이 병렬 $R-L$ 부하 전체에 전류를 공급하므로 먼저 부하의 등가임피던스를 구하면 복소전력을 바로 계산할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 유도리액턴스는 $X_L = \omega L = 5 \times 5 = 25\Omega$이므로 코일 임피던스는 $j25\Omega$이다.
2. 병렬 어드미턴스는 $Y = 1/25 + 1/j25 = 1/25 - j/25 = (1-j)/25$이다.
3. 등가임피던스는 $Z = 1/Y = 25/(1-j) = 25(1+j)/2 = \frac{25}{\sqrt{2}}\angle 45^\circ\,\Omega$이다.
4. 전류의 실효값은 $I = 1\angle -10^\circ\,A$이므로 $S = Z|I|^2 = \frac{25}{\sqrt{2}}\angle 45^\circ \times 1^2 = \frac{25}{\sqrt{2}}\angle 45^\circ\,VA$이다.

선지별 해설

① X: 크기 $\frac{25}{\sqrt{2}}$는 맞지만 위상각이 틀리다. 이 부하는 저항과 코일의 병렬회로이므로 등가임피던스의 위상은 $+45^\circ$이다. 틀린 표현은 -45°이고, 올바르게는 $\frac{25}{\sqrt{2}}\angle 45^\circ$이다.
② O: 병렬회로의 등가임피던스가 $\frac{25}{\sqrt{2}}\angle 45^\circ\,\Omega$이고 전류 실효값이 $1A$이므로 복소전력은 $\frac{25}{\sqrt{2}}\angle 45^\circ\,VA$가 된다.
③ X: 위상각도 틀리고 크기도 틀리다. $25\sqrt{2}$는 전류의 최대값 $\sqrt{2}A$를 실효값으로 잘못 넣어 $|I|^2 = 2$로 계산할 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 $25\sqrt{2}\angle -45^\circ$이고, 올바르게는 $\frac{25}{\sqrt{2}}\angle 45^\circ$이다.
④ X: 위상각 45°는 맞지만 크기가 틀리다. $25\sqrt{2}$는 최대전류를 그대로 사용한 오답값이다. 틀린 표현은 $25\sqrt{2}$이고, 올바르게는 $\frac{25}{\sqrt{2}}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, $i(t)$ 앞의 $\sqrt{2}$를 보고 최대값을 실효값으로 착각하면 크기가 $25\sqrt{2}$로 커진다. 둘째, 코일이 포함된 회로인데 위상각 부호를 반대로 써서 $+45^\circ$를 -45°로 바꾸기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

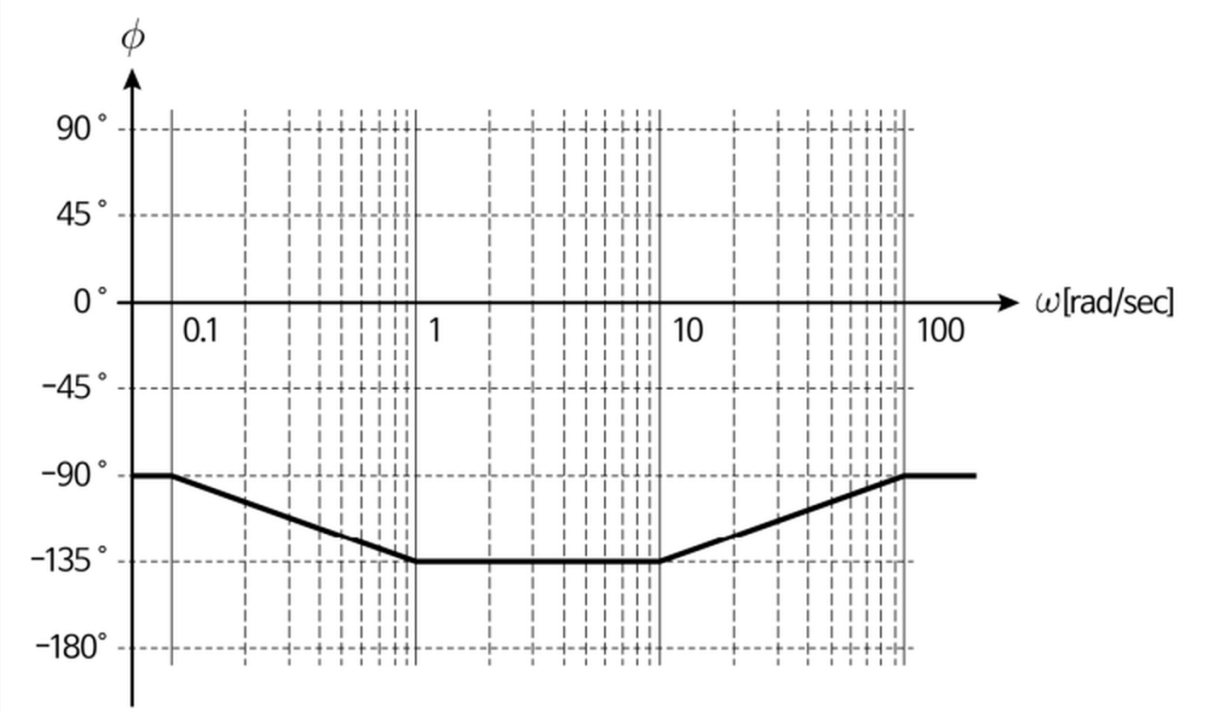
복소전력 계산형 문제는 시간영역 전류식을 먼저 실효값 페이저로 바꾸고, 병렬회로는 어드미턴스를 합한 뒤 역수를 취해 등가임피던스를 구하면 된다. 마지막에는 $S = Z|I|^2$로 계산하면서 실효값 사용 여부와 위상각 부호를 함께 점검한다.

암기 포인트

병렬 $R-L$ 회로의 복소전력은 $S = Z_{eq}|I|^2$로 계산하며, $i(t) = \sqrt{2}I\cos(\omega t + \phi)$에서 I는 실효값이다.

NoteBase

문 25. 주파수응답 $H(\omega) = \frac{1 + jb\omega}{j\omega(1 + ja\omega)}$의 위상 보드선도(Bode plot)가 그림과 같이 근사적으로 주어질 때, 적합한 a와 b의 값은?



① a: 0.1, b: 1

② a: 1, b: 0.1

③ a: 1, b: 10

④ a: 10, b: 1

정답 2번

출제 포인트

적분기 $1/(j\omega)$에 1차 극과 1차 영점이 추가된 전달함수의 위상 보드선도에서 절점 주파수 $\omega_p = 1/a$, $\omega_z = 1/b$를 읽어 a, b를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $H(\omega) = \frac{1 + jb\omega}{j\omega(1 + ja\omega)}$ 꼴이다.
구해야 할 값은 a, b이다.
그래프는 저주파에서 $-90\,^\circ$로 시작하고, $0.1 \sim 1$에서 내려가며, $1 \sim 10$에서 $-135\,^\circ$를 유지하고, $10 \sim 100$에서 다시 올라간다.

NoteBase

사용할 공식

위상은 $\angle H(\omega) = -90^\circ + \angle(1 + jb\omega) - \angle(1 + ja\omega)$이다.
적분기 $1/(j\omega)$는 항상 -90°를 만든다.
1차 극 $1 + ja\omega$의 절점 주파수는 $\omega_p = 1/a$이고, $0.1\omega_p \sim 10\omega_p$ 구간에서 총 -90°의 위상 변화를 만든다.
1차 영점 $1 + jb\omega$의 절점 주파수는 $\omega_z = 1/b$이고, $0.1\omega_z \sim 10\omega_z$ 구간에서 총 $+90^\circ$의 위상 변화를 만든다.
이 공식을 쓰는 이유는 그림의 꺾이는 구간이 극과 영점의 절점 주파수를 직접 드러내기 때문이다.

계산 과정

1. 저주파 위상이 -90°이므로 적분기 $1/(j\omega)$의 기본 위상이 먼저 깔려 있다고 본다.
2. 그래프가 $0.1 \sim 1$에서 -90°에서 -135°로 내려가고 $1 \sim 10$에서 그대로 유지되므로, 1차 극의 절점 주파수는 $\omega_p = 1 rad/s$이다. 따라서 $1/a = 1$이어서 $a = 1$이다.
3. 그래프가 $10 \sim 100$에서 -135°에서 -90°로 올라가므로, 1차 영점의 절점 주파수는 $\omega_z = 10 rad/s$이다. 따라서 $1/b = 10$이어서 $b = 0.1$이다.
4. 따라서 $(a, b) = (1, 0.1)$이므로 정답은 2번이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

$a = 0.1$이면 극의 절점 주파수는 $\omega_p = 10rad/s$가 된다. 그러면 위상 하강의 중심이 $10rad/s$ 근처에 있어야 하는데, 그림은 $1rad/s$ 근처를 중심으로 내려간다.

$b = 1$이면 영점의 절점 주파수는 $\omega_z = 1rad/s$가 된다. 그러면 위상 상승이 $1rad/s$보다 훨씬 이른 구간에서 나타나야 하는데, 그림의 상승은 $10rad/s$ 이후에 나타난다.

틀린 표현은 $a = 0.1,\ b = 1$이고, 올바르게는 $a = 1,\ b = 0.1$이다.

② O

$a = 1$이면 극의 절점 주파수는 $\omega_p = 1rad/s$이고, $0.1 \sim 10$에서 극의 위상 변화가 진행된다. 그래서 $0.1 \sim 1$에서 내려가고 $1 \sim 10$에서는 영점 변화와 겹쳐 $-135\,^\circ$가 유지된다.

$b = 0.1$이면 영점의 절점 주파수는 $\omega_z = 10rad/s$이고, $1 \sim 100$에서 영점의 위상 증가가 진행된다. 그래서 $10 \sim 100$에서 위상이 다시 올라가 그림과 정확히 일치한다.

③ X

$a = 1$은 맞지만 $b = 10$이면 영점의 절점 주파수는 $\omega_z = 0.1rad/s$가 된다. 그러면 영점의 위상 상승이 아주 저주파부터 시작되어 전체 위상이 초반부터 올라가거나 최소한 덜 내려가야 한다.

그림은 오히려 $0.1 \sim 1$에서 순수하게 내려가므로 $b = 10$은 맞지 않는다.

틀린 표현은 $b = 10$이고, 올바르게는 $b = 0.1$이다.

④ X

$a = 10$이면 극의 절점 주파수는 $\omega_p = 0.1rad/s$가 된다. 그러면 위상 하강이 $0.01 \sim 1$ 구간에서 진행되어야 하므로 그림보다 훨씬 이르게 내려가야 한다.

$b = 1$이면 영점의 절점 주파수는 $\omega_z = 1rad/s$가 되어 위상 상승도 $0.1 \sim 10$에서 시작되어야 한다. 그림의 상승 시작 구간은 $10rad/s$ 쪽이므로 맞지 않는다.

틀린 표현은 $a = 10,\ b = 1$이고, 올바르게는 $a = 1,\ b = 0.1$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 a, b 자체를 절점 주파수로 읽는 실수이다. 실제 절점 주파수는 각각 $1/a$, $1/b$이다. 또 적분기의 $-90\,^\circ$ 기본 위상을 빼먹으면 그래프 전체를 한 단계씩 잘못 읽게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

보드 위상선도 문제는 먼저 적분기·미분기의 고정 위상을 잡고, 다음으로 내려가는 구간의 중심에서 극의 절점 주파수를 읽고, 올라가는 구간의 중심에서 영점의 절점 주파수를 읽는다. 마지막에 계수와 절점 주파수가 역수 관계인지 확인하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

$1 + jk\omega$ 꼴에서는 절점 주파수가 k가 아니라 $1/k$이다. 적분기는 -90°, 1차 극은 -90°, 1차 영점은 $+90^\circ$를 더한다.

NoteBase