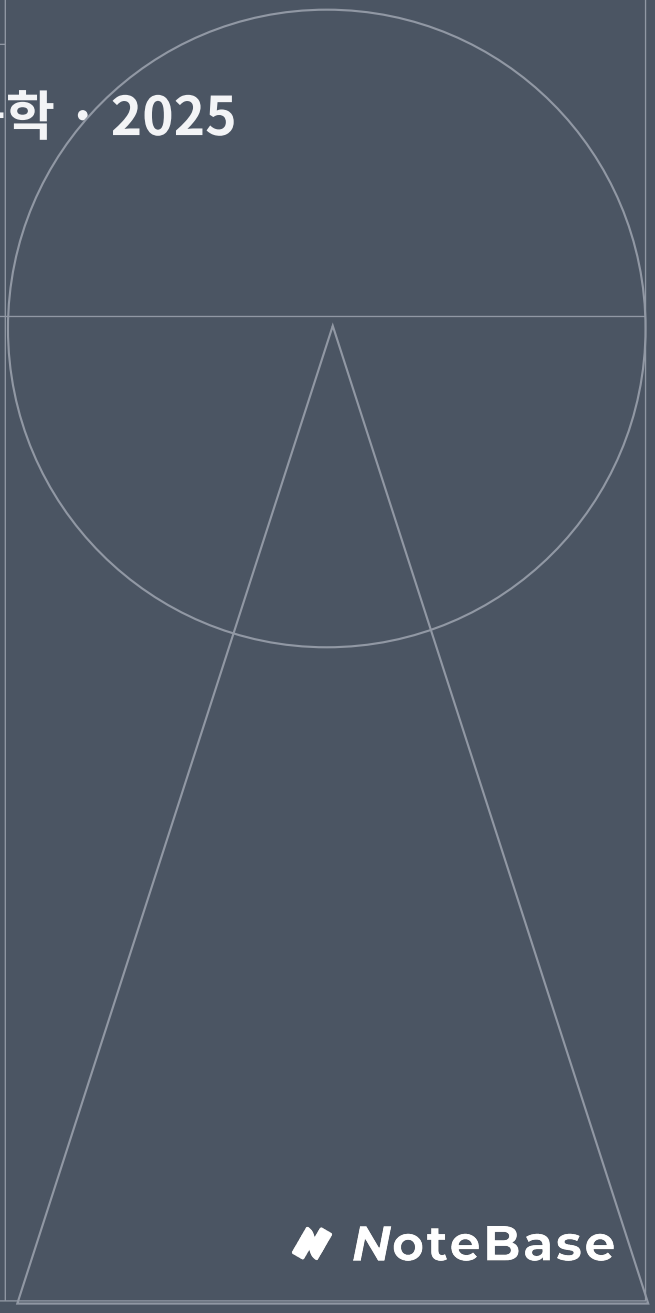
기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 전자공학 · 2025



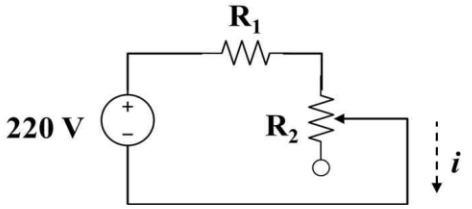
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 전자공학 · 2025

공무원/군무원/9급 · 전자공학 · 2025

1. 아래 그림에 있는 가변 저항기(potentiometer) 회로에서는 전류 i를 최소 1 A에서 최대 10 A까지 조절할 수 있도록 설계하려고 한다. 이를 위해 필요한 저항 R_1값과 R_2의 최대값으로 가장 올바른 것은? (단, R_2는 0 Ω에서 1 kΩ 사이의 변하는 저항값을 갖는다)



① $R_1 = 12\,\Omega,\ R_2 = 10\,\Omega$
② $R_1 = 11\,\Omega,\ R_2 = 99\,\Omega$
③ $R_1 = 10\,\Omega,\ R_2 = 12\,\Omega$
④ $R_1 = 22\,\Omega,\ R_2 = 198\,\Omega$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직렬회로의 옴의 법칙을 이용하여 최대 전류에서 고정저항 R_1을 정하고, 최소 전류에서 가변저항 R_2의 최댓값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원전압은 $220V$, 전류 조절 범위는 $1A$부터 $10A$까지이다.
구해야 할 값: R_1과 실제 조절에 필요한 R_2의 최댓값이다.
주의할 조건: 가변저항의 상단 단자와 와이퍼 사이 저항이 R_1과 직렬로 연결된다. 따라서 최대 전류일 때 $R_2 = 0\Omega$, 최소 전류일 때 R_2가 최대이다.

사용할 공식

직렬회로에서 옴의 법칙은 $I = \frac{V}{R_1 + R_2}$이다. 전압이 일정하므로 전류를 크게 하려면 합성저항을 작게 하고, 전류를 작게 하려면 합성저항을 크게 해야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 최대 전류 $10A$일 때 필요한 최소 합성저항은 $R_{\min} = \frac{220V}{10A} = 22\Omega$이다. 이때 $R_2 = 0\Omega$이므로 $R_1 = 22\Omega$이다.
2. 최소 전류 $1A$일 때 필요한 최대 합성저항은 $R_{\max} = \frac{220V}{1A} = 220\Omega$이다.
3. 따라서 가변저항의 필요한 최댓값은 $R_{2,\max} = R_{\max} - R_1 = 220 - 22 = 198\Omega$이다. R_2의 허용 범위가 0Ω에서 $1k\Omega$까지이므로 198Ω까지 조절하는 것은 가능하다.

선지 판단

① X — $R_1 = 12\Omega$, $R_{2,\max} = 10\Omega$이면 합성저항 범위가 $12 \sim 22\Omega$이므로 전류 범위는 약 $18.33 \sim 10A$가 되어 조건과 다르다. 틀린 값은 두 저항의 합을 최대 전류에 필요한 22Ω로 맞춘 것이다. 올바르게는 $R_1 = 22\Omega$, $R_{2,\max} = 198\Omega$이다.
② X — 합성저항 범위가 $11 \sim 110\Omega$이므로 전류 범위는 $20 \sim 2A$이다. 이는 요구 전류 $1 \sim 10A$의 두 배가 된다. 올바르게는 $R_1 = 22\Omega$, $R_{2,\max} = 198\Omega$이다.
③ X — 합성저항 범위가 $10 \sim 22\Omega$이므로 전류 범위는 $22 \sim 10A$이다. 최소 전류 $1A$를 만들 수 없다. 올바르게는 $R_1 = 22\Omega$, $R_{2,\max} = 198\Omega$이다.
④ O — $R_2 = 0\Omega$이면 $I = 220/22 = 10A$이고, $R_2 = 198\Omega$이면 $I = 220/(22 + 198) = 1A$이므로 요구 범위를 정확히 만족한다.

오답 포인트

최대 전류 $10A$에 필요한 22Ω를 $R_1 + R_{2,\max}$로 두면 안 된다. 최대 전류에서는 가변저항이 0Ω이므로 22Ω 전체가 곧 R_1이다. 또한 R_2가 $1k\Omega$까지 변할 수 있다는 말은 소자의 허용 범위이며, 이 회로에서 요구되는 조절 최댓값은 198Ω이다.

다시 나오면 이렇게 판단

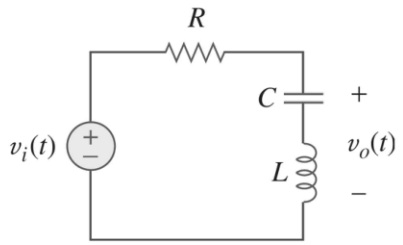
전압이 일정한 직렬 가변저항 회로에서는 최대 전류에 최소 저항, 최소 전류에 최대 저항을 대응시킨다. 먼저 $R_1 = V/I_{\max}$를 구하고, 이어서 $R_{2,\max} = V/I_{\min} - R_1$을 계산한다.

암기 포인트

직렬 가변저항 회로의 핵심은 $I_{\max} \leftrightarrow R_{\min}$, $I_{\min} \leftrightarrow R_{\max}$이다.

NoteBase

2. 아래 그림에 보인 회로는 정현파(sinusoid) 입력 전압 $v_i(t)$에 대한 출력 전압 $v_o(t)$을 위한 필터(filter) 기능을 한다. 이 필터의 기능을 가장 올바르게 기술한 것은?



① 저역통과필터(Low-pass filter)
② 고역통과필터(High-pass filter)
③ 대역차단필터(Band-stop filter)
④ 대역통과필터(Band-pass filter)

정답 3번

출제 포인트

직렬 RLC 회로에서 출력이 커패시터와 인덕터의 직렬 결합 양단에 걸릴 때, 전달함수와 직렬 공진점의 출력 변화를 이용해 필터 종류를 판별하는 문제이다.

조건 정리

회로의 전체 임피던스는 저항 R과 직렬 CL 임피던스의 합이다. 출력 $v_o(t)$는 커패시터 C와 인덕터 L을 합친 양단 전압이다. 저주파와 고주파에서는 출력이 입력에 가까워지고, 직렬 공진 주파수에서는 C와 L의 리액턴스가 상쇄된다.

사용할 공식

직렬 CL 임피던스는

$Z_{CL} = sL + \frac{1}{sC}$

이고, 전압 분배에 따른 전달함수는

$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{Z_{CL}}{R + Z_{CL}} = \frac{s^2LC + 1}{s^2LC + sRC + 1}$

이다. 출력이 CL 결합 양단에 있으므로 이 전압 분배식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. $\omega = 0$에서는 커패시터가 개방 회로처럼 작용하여 전류가 흐르지 않으므로 저항의 전압 강하는 0이고, $|H(0)| = 1$이다.
2. $\omega \to \infty$에서는 인덕터의 임피던스가 매우 커져 회로 전류가 거의 0이므로 역시 출력이 입력에 가까워져 $|H(j\omega)| \to 1$이다.
3. 직렬 공진 주파수 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$에서는 $j\omega_0 L + 1/(j\omega_0 C) = 0$, 즉 $Z_{CL} = 0$이므로 $H(j\omega_0) = 0$이다.

따라서 낮은 주파수와 높은 주파수는 통과시키고 공진 주파수 부근의 대역은 차단하므로 대역차단필터이다.

선지 판단

① X — 저역통과필터는 저주파를 통과시키고 고주파를 감쇠해야 하지만, 이 회로는 고주파에서도 $|H(j\omega)| \to 1$이므로 고주파를 통과시킨다. 틀린 표현 '저역통과필터'는 '공진 주파수 부근만 차단하는 대역차단필터'로 고쳐야 한다.

② X — 고역통과필터는 저주파, 특히 직류 성분을 차단해야 하지만, 이 회로는 $|H(0)| = 1$이므로 저주파도 통과시킨다. 틀린 표현 '고역통과필터'는 '저주파와 고주파를 모두 통과시키는 대역차단필터'로 고쳐야 한다.

③ O — 직렬 공진 주파수 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$에서 $Z_{CL} = 0$이 되어 출력이 0이 되고, 그보다 낮거나 높은 주파수에서는 출력이 다시 커지므로 대역차단필터가 맞다.

④ X — 대역통과필터는 중심 주파수 부근을 통과시키고 양쪽 주파수 대역을 감쇠하지만, 이 회로는 공진 주파수에서 출력을 0으로 만든다. 틀린 표현 '대역통과필터'는 '공진 주파수 부근을 제거하는 대역차단필터'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

직렬 RLC 회로라는 이유만으로 공진 시 전류가 최대라는 사실에만 주목하면 ④를 고르기 쉽다. 이 문제의 출력은 저항 양단이 아니라 C와 L을 합친 양단이다. 공진점에서는 C와 L의 전압이 서로 상쇄되어 두 소자의 합성 출력이 0이 된다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

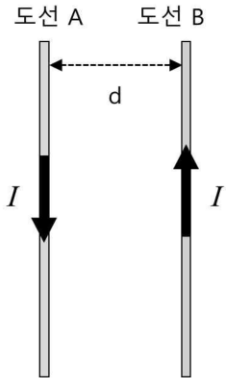
먼저 출력 전압이 어느 소자 양단에서 측정되는지 확인하고, $\omega = 0$, $\omega = \omega_0$, $\omega \to \infty$의 세 지점에서 전달함수의 크기를 비교한다. 양 끝 주파수에서 통과하고 중간 공진점에서 0이면 대역차단필터로 판단한다.

암기 포인트

직렬 RLC에서 R 양단 출력은 대역통과, 직렬 CL 양단 출력은 대역차단이다.

NoteBase

3. 다음 그림과 같이 매우 긴 평행한 두개의 도선 A, B가 있으며 도선에 흐르는 전류의 방향은 반대이다. 이 경우 d = 1 m인 경우에 비해 d = 2 m로 늘어난 경우 자기력에 의해 도선에 발생하는 힘에 대한 보기의 설명 중 가장 적절한 것은?



① 도선이 받는 힘은 1/4로 줄어들며, 방향은 서로 끌어당기는 방향이다.
② 도선이 받는 힘은 1/2로 줄어들며, 방향은 서로 끌어당기는 방향이다.
③ 도선이 받는 힘은 1/4로 줄어들며, 방향은 서로 밀어내는 방향이다.
④ 도선이 받는 힘은 1/2로 줄어들며, 방향은 서로 밀어내는 방향이다.

정답 4번

출제 포인트

매우 긴 두 평행 도선 사이의 자기력은 도선 사이 거리 d에 반비례하며, 두 전류의 방향이 반대이면 도선은 서로 밀어낸다는 원리를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 두 도선에는 크기가 같은 전류 I가 서로 반대 방향으로 흐르고, 도선 사이 거리는 1m에서 2m로 증가한다.
구해야 할 값: 거리 증가 후 도선이 받는 힘의 크기 비와 힘의 방향이다.
주의할 조건: 전류의 크기는 변하지 않고 거리만 2배가 되며, 전류 방향은 서로 반대이다.

NoteBase

사용할 공식

평행 도선 사이의 단위 길이당 힘은
$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$
이다. 두 도선이 매우 길고 서로 평행하므로 이 공식을 사용한다. 전류가 일정할 때 힘은 d에 반비례하고, 두 전류의 방향이 같으면 인력, 반대이면 척력이 작용한다.

계산 과정

거리 $d_1 = 1m$일 때의 힘을 F_1, $d_2 = 2m$일 때의 힘을 F_2라고 한다.
$\frac{F_2}{F_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{1}{2}$
따라서 거리가 2배가 되면 힘은 1/2로 줄어든다. 또한 두 도선의 전류 방향이 반대이므로 힘의 방향은 서로 밀어내는 방향이다.

선지 판단

① X — '힘은 1/4로 줄어들며, 서로 끌어당긴다'는 두 부분이 모두 틀리다. 올바르게는 힘이 1/2로 줄어들고 서로 밀어낸다.
② X — 힘이 1/2로 줄어든다는 부분은 맞지만, '서로 끌어당기는 방향'이 틀리다. 올바르게는 서로 밀어내는 방향이다.
③ X — 서로 밀어내는 방향이라는 부분은 맞지만, '힘은 1/4로 줄어든다'가 틀리다. 올바르게는 힘이 1/2로 줄어든다.
④ O — 거리 2배에 따라 힘이 1/2로 줄어들고, 반대 방향 전류이므로 두 도선은 서로 밀어낸다.

오답 포인트

거리 2배를 거리의 제곱에 반비례한다고 오해하면 ①이나 ③의 1/4을 고르게 된다. 평행 도선 사이의 힘은 d^2이 아니라 d에 반비례한다. 또한 '같은 방향 전류는 인력, 반대 방향 전류는 척력'의 방향 관계를 뒤집으면 ①이나 ②를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 힘의 크기는 $F/L \propto 1/d$로 비교하고, 다음으로 전류 방향이 같으면 인력인지 반대이면 척력인지 따로 판정한다. 크기와 방향을 분리해 확인하면 복합 선지를 정확히 판단할 수 있다.

암기 포인트

평행 도선의 힘은 거리의 1승에 반비례한다. 같은 방향 전류는 서로 끌어당기고, 반대 방향 전류는 서로 밀어낸다.

NoteBase

4. 2변수 논리함수 F(A,B)의 진리표가 다음과 같을 때, F의 최소 표현식으로 가장 올바른 것은?

A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	0

① $\overline{A}$

② $A \cdot \overline{B}$

③ $A + B$

④ $\overline{A} + \overline{B}$

정답 1번

출제 포인트

진리표에서 출력 F가 어떤 입력 변수에 의해 결정되는지 확인하여 2변수 논리함수의 최소 표현식을 찾는 문제이다.

자료 읽는 순서

1. $A = 0$인 두 행에서 B가 0과 1로 바뀌어도 $F = 1$임을 확인한다.
2. $A = 1$인 두 행에서도 B와 관계없이 $F = 0$임을 확인한다.
3. 따라서 F는 B와 무관하고 A의 반대값이므로 $F = \overline{A}$이다.

핵심 근거

진리표의 네 행에서 F는 항상 A를 반전한 값이다. 즉 $A = 0$이면 $F = 1$, $A = 1$이면 $F = 0$이므로 최소 표현식은 $F = \overline{A}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — $\overline{A}$는 $A=0$일 때 1, $A=1$일 때 0이 되어 진리표의 네 행과 모두 일치한다.

② X — $A\cdot\overline{B}$는 $(A,B)=(1,0)$에서 1이지만, 진리표의 해당 행에서 $F=0$이다. 틀린 표현 $A\cdot\overline{B}$는 $\overline{A}$로 고쳐야 한다.

③ X — $A+B$는 $(A,B)=(0,0)$에서 0이지만, 진리표의 해당 행에서 $F=1$이다. 틀린 표현 $A+B$는 $\overline{A}$로 고쳐야 한다.

④ X — $\overline{A}+\overline{B}$는 $(A,B)=(1,0)$에서 1이지만, 진리표의 해당 행에서 $F=0$이다. 틀린 표현 $\overline{A}+\overline{B}$는 $\overline{A}$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

입력 변수가 두 개라는 이유만으로 A와 B를 모두 식에 포함하는 것이 함정이다. 이 진리표에서는 같은 A값을 가진 두 행의 출력이 동일하므로 B는 출력에 영향을 주지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

한 변수만 바꾸었을 때 출력이 변하지 않으면 그 변수는 최소 표현식에서 제거된다. 이 문제에서는 B만 바꾸어도 F가 그대로이고, F가 A와 반대이므로 $F=\overline{A}$로 판단한다.

암기 포인트

$A:0\to1$, $F:1\to0$이면 $F=\overline{A}$이며, 출력에 영향을 주지 않는 변수는 최소식에서 사라진다.

NoteBase

5. Si p-n 다이오드에서 역방향포화전류 I_o(reverse-bias saturation current)는 온도가 증가하면서 같이 증가한다. 이 현상에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?
   ① 온도가 올라가면 정공과 전자의 재결합이 줄어들기 때문이다.
   ② 접합면 경계 영역에서 드리프트(drift)를 위한 소수 캐리어의 생성이 촉진되기 때문이다.
   ③ 온도가 올라가면 도핑 농도가 증가하기 때문이다.
   ④ 온도가 올라가면 전자의 이동 속도가 느려지기 때문이다.

정답 2번

출제 포인트

Si p-n 다이오드의 역방향포화전류가 온도 상승에 따라 증가하는 원인을 소수 캐리어의 열적 생성과 공핍층 전계에 의한 드리프트로 설명할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

역방향포화전류는 역바이어스된 p-n 접합에서 열적으로 생성된 소수 캐리어가 접합 부근으로 이동하고, 공핍층의 전계에 의해 반대편으로 쓸려 가면서 생기는 작은 전류이다.
온도가 올라가면 열적 전자·정공 쌍 생성과 고유 캐리어 농도 n_i가 크게 증가하므로 소수 캐리어 농도도 증가한다. 그 결과 이동도 감소 등의 효과보다 캐리어 수 증가 효과가 우세하여 역방향포화전류 I_0가 증가한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 표현은 ‘정공과 전자의 재결합이 줄어들기 때문’이다. 온도 상승에 따른 역방향포화전류 증가는 재결합 감소가 아니라 열적 생성 증가로 소수 캐리어 농도가 커지기 때문이다. 올바르게는 ‘온도가 올라가면 전자·정공 쌍의 열적 생성이 증가한다’이다.

② O
온도가 올라가면 접합의 공핍층과 그 주변에서 열적으로 생성되는 소수 캐리어가 증가한다. 이 캐리어는 공핍층 전계에 의해 드리프트하므로 역방향포화전류가 증가한다.

③ X
틀린 표현은 ‘도핑 농도가 증가하기 때문’이다. 도핑 농도는 제조 과정에서 정해지는 불순물 농도이므로 일반적인 동작 온도 상승만으로 증가하지 않는다. 올바르게는 ‘온도가 올라가면 고유 캐리어 농도와 소수 캐리어 농도가 증가한다’이다.

④ X
틀린 표현은 ‘전자의 이동 속도가 느려지기 때문’이다. 온도 상승으로 격자 산란이 커져 이동도가 감소할 수 있지만, 이동 속도의 감소는 전류 증가의 원인이 아니다. 올바르게는 ‘온도 상승으로 열적 생성과 소수 캐리어 농도가 크게 증가하여 역방향포화전류가 증가한다’이다.

오답 포인트

③의 도핑 농도와 열적으로 생성되는 캐리어 농도를 혼동하기 쉽다. 도핑 농도는 거의 일정하지만 온도에 민감한 고유 캐리어 농도와 소수 캐리어 농도는 증가한다. 또한 ④처럼 이동도 감소라는 일부 사실을 전류 증가의 원인으로 뒤집어 해석하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

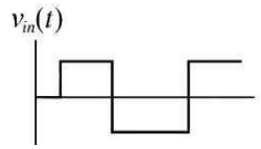
역바이어스 온도 문제에서는 ‘온도 상승 → 열적 전자·정공 쌍 생성 증가 → 소수 캐리어 증가 → 공핍층 전계에 의한 드리프트 전류 증가’의 흐름으로 판단한다. 도핑 농도 증가는 원인에서 제외한다.

암기 포인트

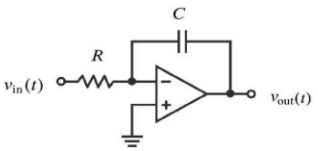
역포화전류의 온도 의존성은 도핑 증가가 아니라 열적 소수 캐리어 증가이다.

NoteBase

6. 아래 그림(A)와 같은 파형의 입력 전압이 그림(B)와 같은 연산 증폭기(Op amp)에 입력되었다. 입력 전압 v_{in}이 주기적으로 ... +V, −V ... 값을 가지는 정사각형 펄스일 때, 출력 전압 v_{out}의 파형에 대한 설명으로 가장 적절한 것은? (단, 초기 출력 전압은 0 V이며, 연산 증폭기의 포화 현상은 고려하지 않는다)



<그림 A>



<그림 B>

① 출력은 구간별로 선형적으로 증가 또는 감소하는 파형으로, 사다리꼴 형태가 반복된다.
② 출력은 정현파처럼 매끄러운 곡선을 따르며, 위상은 입력과 같다.
③ 출력은 계단파 모양으로 불연속적인 점프를 하며, 입력에 정비례한다.
④ 출력은 삼각파 형태를 따르며, 주기적으로 증가하고 감소한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 반전 적분기의 입출력 관계를 이용하여 정사각형 펄스 입력에 대한 출력 파형을 판단하는 문제이다. 입력이 일정한 각 구간에서는 출력의 기울기가 일정하므로 출력은 구간별 직선으로 변한다.

조건 정리

주어진 값: 입력 전압은 주기적으로 $+V$와 $-V$를 번갈아 갖는 정사각형 펄스이고, 초기 출력 전압은 $0V$이다.
구해야 할 값: 출력 전압 $v_{out}(t)$의 파형이다.
주의할 조건: 회로는 입력 저항 R과 귀환 커패시터 C로 이루어진 반전 적분기이며 포화는 고려하지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

반전 적분기의 관계는
$v_{out}(t) = -\frac{1}{RC}\int v_{in}(t)dt$
이고, 미분형으로는
$\frac{dv_{out}}{dt} = -\frac{v_{in}(t)}{RC}$
이다. 귀환 소자가 커패시터이므로 출력은 입력을 시간에 대해 적분하며, 반전 입력 구조 때문에 부호가 음수가 된다.

계산 과정

1. $v_{in} = +V$인 구간에는 $dv_{out}/dt = -V/(RC)$이므로 출력이 일정한 기울기로 선형 감소한다.
2. $v_{in} = -V$인 구간에는 $dv_{out}/dt = +V/(RC)$이므로 출력이 일정한 기울기로 선형 증가한다.
3. 두 입력 구간이 주기적으로 반복되므로 출력은 선형 감소와 선형 증가가 이어지는 연속적인 삼각파가 된다. 대칭 입력에서는 한 주기 동안의 적분값이 0이므로 출력도 같은 형태를 주기적으로 반복한다.

선지 판단

① X — '사다리꼴 형태가 반복된다'가 틀린 표현이다. 각 반주기 동안 입력이 일정하므로 출력은 수평 구간 없이 일정한 기울기로 변한다. 올바르게는 선형 증가와 선형 감소가 이어지는 삼각파가 반복된다.
② X — '정현파처럼 매끄러운 곡선'과 '위상은 입력과 같다'가 모두 틀린 표현이다. 정사각형 펄스를 적분하면 곡선이 아니라 구간별 직선인 삼각파가 되며, 출력 기울기의 부호는 입력 부호와 반대이다. 올바르게는 $+V$ 입력에서 선형 감소하고 $-V$ 입력에서 선형 증가한다.
③ X — '계단파 모양의 불연속적인 점프'와 '입력에 정비례한다'가 틀린 표현이다. 커패시터 전압인 출력은 순간적으로 불연속 점프하지 않고 연속적으로 변한다. 올바르게는 출력의 값이 입력에 정비례하는 것이 아니라 출력의 기울기 dv_{out}/dt가 $-v_{in}/(RC)$에 비례한다.
④ O — 출력은 삼각파 형태를 따르며, $+V$ 입력 구간에서는 선형 감소하고 $-V$ 입력 구간에서는 선형 증가하므로 주기적으로 증가하고 감소한다. 따라서 정답은 4번이다.

오답 포인트

입력의 모양을 출력에 그대로 옮기거나, 적분기라는 말만 보고 부호를 빠뜨리는 것이 핵심 함정이다. 반전 적분기에서는 입력의 크기가 출력값이 아니라 출력 기울기를 정하며, 양의 입력은 하강 기울기, 음의 입력은 상승 기울기를 만든다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 회로가 반전 적분기인지 확인한 뒤 $dv_{out}/dt = -v_{in}/(RC)$에 입력의 각 구간 값을 대입한다. 입력이 구간별 상수이면 출력은 구간별 직선이고, 입력 부호와 반대 방향으로 기울어진다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

반전 적분기에서 정사각파 입력은 삼각파 출력이 되며, + 입력에서는 내려가고 − 입력에서는 올라간다.

NoteBase

7. $200\sqrt{2}\cos(100\pi t - 66°)$V의 교류전원이 1 kΩ 저항의 부하(load)에 연결되어있다. 이 전원의 실효전압(effective voltage) V_{eff}와 피상전력(apparent power) S를 바르게 짝지은 것은?

① $V_{eff} = 200$ V, S = 40 VA
② $V_{eff} = 200$ V, S = 80 VA
③ $V_{eff} = 200\sqrt{2}$ V, S = 40 VA
④ $V_{eff} = 200\sqrt{2}$ V, S = 80 VA

정답 1번

출제 포인트

정현파 전압의 최댓값에서 실효값을 구하고, 저항 부하의 실효전류와 피상전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 전압은 $v(t) = 200\sqrt{2}\cos(100\pi t - 66^\circ)V$이므로 최댓값은 $V_m = 200\sqrt{2}V$이다.
부하 저항은 $R = 1k\Omega = 1000\Omega$이다.
구해야 할 값은 전압의 실효값 V_{eff}와 피상전력 S이다. 위상각 -66°와 각주파수 100π는 실효값의 크기에 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

정현파의 실효값은 $V_{\text{eff}} = V_m/\sqrt{2}$이다.
저항 부하의 실효전류는 $I_{\text{eff}} = V_{\text{eff}}/R$이고, 피상전력은 $S = V_{\text{eff}}I_{\text{eff}}$이다.
주어진 파형이 정현파이므로 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나누며, 피상전력은 전압과 전류의 실효값의 곱으로 정의되므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 전압의 실효값을 계산한다.
$V_{\text{eff}} = \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 200V$
2. 저항의 단위를 환산하고 실효전류를 계산한다.
$I_{\text{eff}} = \frac{200}{1000} = 0.2A$
3. 피상전력을 계산한다.
$S = V_{\text{eff}}I_{\text{eff}} = 200 \times 0.2 = 40VA$

NoteBase

선지 판단

① O — $V_{\text{eff}} = 200V$, $S = 40VA$로 두 값이 모두 계산 결과와 일치한다.
② X — $V_{\text{eff}} = 200V$는 맞지만 $S = 80VA$가 틀리다. 올바르게는 $S = 40VA$이다.
③ X — $S = 40VA$는 맞지만 $V_{\text{eff}} = 200\sqrt{2}V$가 틀리다. $200\sqrt{2}V$는 최댓값이며, 올바른 실효값은 $200V$이다.
④ X — $V_{\text{eff}} = 200\sqrt{2}V$와 $S = 80VA$가 모두 틀리다. 올바르게는 $V_{\text{eff}} = 200V$, $S = 40VA$이다.

오답 포인트

파형식 앞의 $200\sqrt{2}V$를 실효값으로 바로 읽는 것이 핵심 함정이다. 이는 최댓값이므로 $\sqrt{2}$로 나누어야 한다. 또한 $1k\Omega$를 1000Ω로 환산하지 않거나 피상전력을 최댓값의 곱으로 계산하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

정현파가 $V_m\cos(\omega t + \phi)$ 꼴로 주어지면 먼저 $V_m/\sqrt{2}$로 실효값을 구한다. 그다음 저항을 Ω 단위로 환산하여 $I_{\text{eff}} = V_{\text{eff}}/R$, $S = V_{\text{eff}}I_{\text{eff}}$의 순서로 계산한다.

암기 포인트

정현파는 '실효값 = 최댓값/$\sqrt{2}$', 피상전력은 '실효전압 × 실효전류'이다.

NoteBase

8. 귀환 발진기에 관한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
① 폐귀환 루프의 전압이득이 정상상태에서 1이어야 한다.
② 폐귀환 루프의 전압이득이 시동상태에서 1보다 커야 한다.
③ 발진기의 입력전력은 출력전력보다 적다.
④ 폐귀환 루프의 위상변이가 0이어야 한다.

정답 3번

출제 포인트

귀환 발진기의 정상 발진 조건과 발진 기동 조건을 구분하고, 발진기의 입력전력과 출력전력의 관계를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

귀환 발진기는 증폭기의 출력 일부를 입력으로 되돌리는 정귀환을 이용하여 외부 입력 신호 없이 주기적인 신호를 만드는 회로이다. 정상상태에서는 루프 이득의 크기가 1이고 위상변이가 0 또는 2π의 정수배여야 발진이 일정한 진폭으로 유지된다. 발진을 시작할 때에는 잡음 등의 작은 신호가 성장해야 하므로 루프 이득의 크기가 1보다 커야 한다. 또한 실제 발진기는 공급받은 입력전력의 일부만 출력전력으로 변환하므로 입력전력이 출력전력보다 크다.

선지별 해설

① O — 정상상태에서 발진 진폭이 일정하게 유지되려면 폐귀환 루프의 전압이득, 즉 루프 이득의 크기가 1이어야 한다. 표현하면 $|A\beta| = 1$이다.

② O — 시동상태에서는 미소한 잡음 성분이 반복 귀환될 때 점차 커져야 하므로 루프 이득의 크기가 1보다 커야 한다. 즉 $|A\beta| > 1$이어야 발진이 기동된다.

③ X — 틀린 표현은 '입력전력은 출력전력보다 적다'이다. 발진기는 전력을 새로 만들어 내는 장치가 아니며 내부 손실도 있으므로, 실제로는 입력전력이 출력전력보다 크고 출력전력은 입력전력보다 작다.

④ O — 발진 주파수에서 정귀환이 이루어지려면 폐귀환 루프의 전체 위상변이가 0 또는 $2\pi n$이어야 한다. 따라서 위상변이가 0이어야 한다는 설명은 발진 조건에 해당한다.

NoteBase

오답 포인트

①의 정상상태 조건 $|A\beta| = 1$과 ②의 시동상태 조건 $|A\beta| > 1$을 뒤바꾸기 쉽다. 또한 발진기가 외부 신호 입력 없이 출력을 만든다는 사실을 전력 입력도 필요 없다는 뜻으로 오해하면 ③을 옳다고 판단하게 된다. 발진기에는 직류 전원이 공급되며 출력전력은 그 입력전력에서 얻어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

루프 이득은 '기동 시 1 초과, 정상 유지 시 1'로 구분하고, 위상은 한 바퀴 돌아 원래 위상과 같아지는 0 또는 $2\pi n$인지 확인한다. 전력 관계는 손실을 고려하여 항상 입력전력과 출력전력을 구분한다.

암기 포인트

발진 기동은 $|A\beta| > 1$, 정상 유지는 $|A\beta| = 1$, 루프 위상은 $2\pi n$, 전력은 입력이 출력보다 크다.

NoteBase

9. 반도체에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
① 진성반도체는 온도가 증가함에 따라 자유전자의 농도가 증가한다.
② p 타입 반도체의 억셉터(acceptor)의 농도를 높이면 전자의 농도가 증가한다.
③ 실리콘의 최외각 전자의 수는 4이다.
④ Si에 Al을 도핑하면 p 타입 반도체가 된다.

정답 2번

출제 포인트

진성반도체의 온도 특성, 실리콘의 최외각전자 수, 그리고 도핑에 따른 p형 반도체의 다수·소수 캐리어 변화를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

진성반도체: 불순물을 의도적으로 첨가하지 않은 반도체이며, 온도가 높아지면 열에 의해 전자·정공 쌍이 더 많이 생성된다.
p형 반도체: 실리콘에 3가 불순물인 억셉터를 도핑하여 정공을 다수 캐리어로 만드는 반도체이다. 억셉터 농도가 높아지면 정공 농도는 증가하지만, 일정한 온도와 열평형에서는 소수 캐리어인 전자 농도는 감소한다.
실리콘: 14족 원소로 최외각전자가 4개이며, 이 전자들로 이웃 원자와 공유결합을 형성한다.

선지별 해설

① O — 진성반도체는 온도가 증가하면 공유결합을 끊고 전도대로 올라가는 전자가 많아지므로 자유전자의 농도가 증가한다.

② X — 틀린 표현은 '억셉터의 농도를 높이면 전자의 농도가 증가한다'이다. 실제로는 억셉터 농도를 높이면 다수 캐리어인 정공 농도가 증가하고, 일정한 온도와 열평형에서는 소수 캐리어인 전자 농도가 감소한다.

③ O — 실리콘은 14족 원소이므로 최외각전자의 수가 4개이다.

④ O — 알루미늄은 최외각전자가 3개인 3가 불순물로, 실리콘에 도핑하면 전자가 하나 부족한 결합에서 정공이 생기므로 p형 반도체가 된다.

오답 포인트

②는 '불순물 농도가 증가하면 모든 전하 운반자의 농도가 함께 증가한다'고 오해하게 만든다. p형에서 억셉터가 늘어날 때 직접 증가하는 것은 정공이며, 전자는 소수 캐리어이므로 감소한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

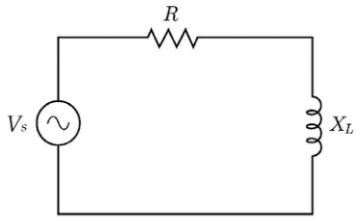
도핑 원소의 최외각전자 수와 다수 캐리어를 먼저 연결한다. 실리콘에 3가 억셉터를 넣으면 p형·정공 증가·전자 감소이고, 5가 도너를 넣으면 n형·전자 증가·정공 감소이다.

암기 포인트

Si는 4가, Al은 3가 억셉터이다. Al 도핑 → p형 → 정공 증가·전자 감소이다.

NoteBase

10. 아래는 R인 저항과, 리액턴스 X_L인 인덕터를 직렬로 연결한 교류 회로의 회로 특성값을 구하는 공식이다. 이 회로에는 크기 V_s의 정현파 전압이 인가되어 있을 때, 가장 적절하지 않은 공식은? (단, $j=\sqrt{-1}$)



① 임피던스(impedance) 위상값 $\theta=\tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)$

② 역률(power factor) $PF=\cos\left[\tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)\right]$

③ 임피던스(impedance) $Z=R-jX_L$

④ 임피던스(impedance) 크기 $|Z|=\sqrt{R^2+X_L^2}$

정답 3번

출제 포인트

직렬 RL 회로에서 임피던스의 복소수 표현, 위상각, 역률, 임피던스 크기의 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로는 저항 R과 유도성 리액턴스 X_L인 인덕터가 직렬로 연결된 회로이다.
구해야 할 것은 각 회로 특성 공식의 옳고 그름이다.
인덕터의 임피던스는 $+jX_L$이므로 허수부의 부호가 양수라는 점에 주의한다.

사용할 공식

직렬 RL 회로의 임피던스는
$Z=R+jX_L$
이다. 따라서
$|Z|=\sqrt{R^2+X_L^2}, \quad \theta=\tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)$
이고, 역률은
$PF=\cos\theta=\cos\left[\tan^{-1}\left(\frac{X_L}{R}\right)\right]$
이다. 저항과 인덕터가 직렬이므로 각 소자의 임피던스를 복소수로 더하는 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 저항의 임피던스는 $Z_R = R$, 인덕터의 임피던스는 $Z_L = jX_L$이다.
2. 직렬회로이므로 $Z = Z_R + Z_L = R + jX_L$이다.
3. 복소수 $R + jX_L$의 위상각은 $\theta = \tan^{-1}(X_L/R)$, 크기는 $|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2}$이다.
4. 역률은 전압과 전류의 위상차의 코사인이므로 $PF = \cos\theta$이다.

선지 판단

① O — $R + jX_L$의 실수부가 R, 허수부가 X_L이므로 임피던스 위상각은 $\theta = \tan^{-1}(X_L/R)$이다.

② O — 역률은 위상각의 코사인이므로 $PF = \cos[\tan^{-1}(X_L/R)]$이다.

③ X — $Z = R - jX_L$에서 허수부의 음의 부호가 틀렸다. 인덕터의 리액턴스는 $+jX_L$이므로 올바르게는 $Z = R + jX_L$이다. $-jX$는 용량성 리액턴스의 부호이다.

④ O — 임피던스의 크기는 복소평면에서 실수부와 허수부의 제곱합의 제곱근이므로 $|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2}$이다.

따라서 가장 적절하지 않은 공식은 ③이다.

오답 포인트

③에서 인덕터와 커패시터의 리액턴스 부호를 바꾸어 쓰는 것이 핵심 함정이다. 인덕터는 $+jX_L$, 커패시터는 $-jX_C$이다. 또한 임피던스의 부호가 바뀌면 위상각의 부호와 회로의 유도성·용량성 판단도 함께 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

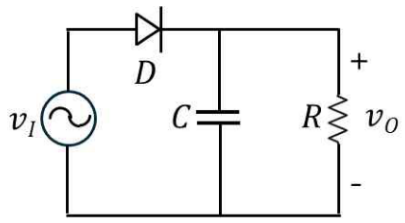
먼저 소자별 임피던스를 R, $+jX_L$, $-jX_C$로 적고 직렬이면 합한다. 그다음 복소수 임피던스의 실수부와 허수부로 위상각과 크기를 구하고, 역률은 그 위상각의 코사인으로 판단한다.

암기 포인트

인덕터는 $+jX_L$, 커패시터는 $-jX_C$이며, 직렬 RL 회로는 $Z = R + jX_L$이다.

NoteBase

11. 아래 회로는 정류회로이다. 이 정류회로의 입력 전압이 정현파 일 때 출력전압은 일정하지 않고 리플전압(ripple voltage) V_r을 갖는다. 이 리플 전압에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?



① R 값을 크게 하면 V_r은 커진다.
② C 값을 크게 하면 V_r은 작아진다.
③ 입력 정현파 전압의 진폭(amplitude) V_m을 크게 하면 V_r은 커진다.
④ 입력 정현파 전압의 주기 T을 크게 하면 V_r은 커진다.

정답 1번

출제 포인트

커패시터 평활 반파 정류회로에서 리플전압 V_r가 부하저항 R, 커패시턴스 C, 입력 진폭 V_m, 입력 주기 T에 따라 어떻게 변하는지를 판단하는 문제이다.

조건 정리

다이오드가 도통할 때 커패시터는 입력의 최댓값 부근까지 충전되고, 다이오드가 차단된 동안에는 부하저항을 통해 방전한다. 반파 정류회로이므로 커패시터는 입력의 한 주기 T마다 다시 충전된다. 리플이 작다고 가정하면 부하전류는 $I_L \approx V_m/R$로 볼 수 있다.

사용할 공식

커패시터의 방전량으로부터 리플전압은 다음과 같이 근사된다.

$$V_r \approx \frac{I_L T}{C} \approx \frac{V_m T}{RC}$$

이 공식을 쓰는 이유는 다이오드가 차단된 동안 커패시터가 약 T만큼 부하로 전류를 공급하여 전압이 감소하고, 그 감소량이 리플전압이 되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

비례관계는 다음과 같다.

$$V_r \propto \frac{V_m T}{RC}$$

따라서 R 또는 C가 커지면 V_r는 작아지고, V_m 또는 T가 커지면 V_r는 커진다.

선지 판단

① X — 'R 값을 크게 하면 V_r은 커진다'가 틀렸다. R이 커지면 시정수 RC가 커지고 부하전류가 감소하여 커패시터가 더 천천히 방전하므로 리플전압은 작아진다. 올바르게는 'R 값을 크게 하면 V_r은 작아진다'이다.

② O — C가 커지면 같은 방전전류와 방전시간에서 전압 감소량 $I_L T/C$가 작아지므로 V_r은 작아진다.

③ O — 다른 조건이 같으면 $V_r \approx V_m T/(RC)$이므로 입력 진폭 V_m이 커질수록 절대적인 리플전압도 커진다.

④ O — 주기 T가 커지면 다음 충전까지 커패시터가 방전하는 시간이 길어지므로 V_r은 커진다.

출제자가 노린 함정

①에서 R이 커지면 저항 양단 전압이 커질 것이라고 단순하게 생각하기 쉽다. 그러나 이 회로의 리플은 커패시터의 방전 정도로 결정되며, R이 커질수록 방전전류가 줄고 시정수 RC가 커져 리플은 오히려 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

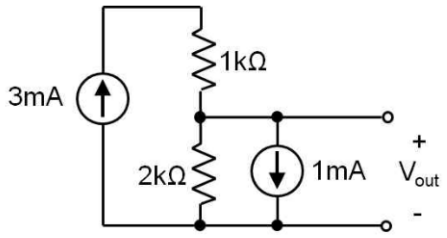
평활 커패시터의 리플 문제에서는 먼저 정류 방식에 따른 충전 간격을 확인한 뒤 $V_r \approx I_L T/C$를 세운다. 이어서 $I_L \approx V_m/R$를 대입하면 V_r은 V_m과 T에 비례하고 R과 C에 반비례한다고 판단할 수 있다.

암기 포인트

반파 정류 커패시터 평활회로에서는 $V_r \approx V_m T/(RC)$이다. 즉 $R \cdot C$가 클수록 리플은 작고, $V_m \cdot T$가 클수록 리플은 크다.

NoteBase

12. 그림의 회로의 출력 전압 V_{out}으로 가장 적절한 것은?



① 2 V
② 3 V
③ 4 V
④ 6 V

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 중간 노드에 키르히호프의 전류 법칙(KCL)을 적용한 뒤 옴의 법칙으로 출력 전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 전류원은 아래 노드에서 위 노드로 3*mA*를 공급하고, 가운데 전류원은 출력의 위쪽 노드에서 아래쪽 노드로 1*mA*를 흘린다. 저항은 위쪽이 1*k*Ω, 아래쪽이 2*k*Ω이다.
구해야 할 값: 위쪽 단자를 +, 아래쪽 단자를 −로 한 V_{out}이다.
주의할 조건: 위쪽 노드에서 3*mA*가 갈 수 있는 경로는 1*k*Ω뿐이므로, 이 전류 전부가 중간 노드로 들어온다.

사용할 공식

키르히호프의 전류 법칙은 한 노드로 들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합이 같다는 원리이다.

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

옴의 법칙은 다음과 같다.

$$V = IR$$

중간 노드에서 갈라지는 전류를 먼저 구한 뒤, 출력 양단에 직접 연결된 2*k*Ω 저항의 전압을 계산해야 하므로 두 식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. $1k\Omega$ 저항을 통해 중간 노드로 들어오는 전류는 $3mA$이다.
2. 중간 노드에서 아래로 흐르는 $1mA$ 전류원을 제외하면, $2k\Omega$ 저항에 흐르는 전류는 다음과 같다.
$I_{2k} = 3mA - 1mA = 2mA$
3. 출력 전압은 $2k\Omega$ 저항의 위쪽 전위에서 아래쪽 전위를 뺀 값이다. 전류가 위에서 아래로 흐르므로 표시된 극성과 일치한다.
$V_{\text{out}} = I_{2k}R = (2mA)(2k\Omega) = 4V$

선지 판단

① X — $2V$는 $1mA$만 $2k\Omega$ 저항에 흐른다고 잘못 본 값이다. 실제 저항 전류는 $3mA - 1mA = 2mA$이므로 올바른 출력 전압은 $4V$이다.
② X — $3V$는 $3mA$와 $1k\Omega$의 전압강하를 출력 전압으로 혼동한 값이다. 출력은 $2k\Omega$ 저항 양단에서 측정하므로 올바르게는 $4V$이다.
③ O — $2k\Omega$ 저항에 $2mA$가 흐르므로 $V_{\text{out}} = (2mA)(2k\Omega) = 4V$이다.
④ X — $6V$는 들어온 $3mA$가 모두 $2k\Omega$ 저항으로 흐른다고 잘못 계산한 값이다. 가운데 전류원으로 $1mA$가 빠져나가므로 올바른 출력 전압은 $4V$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 $2k\Omega$ 저항 전류를 곧바로 $1mA$ 또는 $3mA$로 두는 것이다. 중간 노드에서는 $3mA$가 들어오고 전류원으로 $1mA$가 나가므로, 남은 $2mA$만 저항으로 흐른다. 또한 $1k\Omega$의 전압강하 $3V$는 출력 단자 사이의 전압이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

전류원이 여러 갈래로 연결된 회로에서는 먼저 출력 노드의 유입 전류와 유출 전류를 KCL로 정리한다. 그다음 출력 단자에 직접 걸린 저항의 전류에 옴의 법칙을 적용하고, 표시된 +/ − 극성과 전류 방향이 일치하는지 확인한다.

암기 포인트

노드에서는 전류가 보존된다. 이 회로는 $3mA$ 유입 $- 1mA$ 유출 $= 2mA$, 따라서 $V_{\text{out}} = (2mA)(2k\Omega) = 4V$이다.

NoteBase

13. 정현파 교류회로에서 어떤 커패시터에 실효전압(effective voltage) 20 V가 인가되었을 때 100 mA의 실효전류(effective current)가 흐른다. 이 커패시터의 유효전력(real power) P를 가장 올바르게 계산한 것은?
① P = −100 W
② P = 0 W
③ P = 100 W
④ P = 200 W

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 커패시터에서 전압과 전류의 위상차가 90 °라는 성질을 이용해 유효전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 실효전압 $V_{rms} = 20V$, 실효전류 $I_{rms} = 100mA = 0.1A$이다.
구해야 할 값: 커패시터가 실제로 소비하는 평균전력인 유효전력 P이다.
주의할 조건: 이상적인 커패시터에서는 전류가 전압보다 90 ° 앞서므로 역률이 0이다.

사용할 공식

교류회로의 유효전력은
$P = V_{rms} I_{rms} \cos\phi$
로 계산한다. 실효전압과 실효전류의 곱만으로는 피상전력이 되며, 유효전력을 구하려면 전압과 전류의 위상차에 따른 역률 $\cos\phi$를 반드시 곱해야 한다.

계산 과정

1. 전류의 단위를 바꾸면 $100mA = 0.1A$이다.
2. 커패시터의 위상차는 $\phi = 90\,^\circ$이므로 $\cos\phi = 0$이다.
3. 따라서
$P = (20V)(0.1A)\cos 90\,^\circ = 0W$
이다. 참고로 실효전압과 실효전류의 곱은 $2VA$이지만, 이는 피상전력이며 유효전력이 아니다.

NoteBase

선지 판단

① X — $P = -100W$는 위상차와 역률을 반영한 계산 결과가 아니다. 올바르게는 $P = 0W$이다.
② O — 커패시터에서는 $\cos 90^\circ = 0$이므로 유효전력은 $P = 0W$이다.
③ X — $P = 100W$는 주어진 실효전압·실효전류 및 커패시터의 역률로부터 나올 수 없다. 올바르게는 $P = 0W$이다.
④ X — $P = 200W$는 전압과 전류의 위상차를 고려하지 않은 값이다. 올바르게는 $P = 0W$이다.
계산 결과가 $0W$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

커패시터에 전류가 흐른다는 사실만 보고 전력을 계속 소비한다고 판단하기 쉽다. 그러나 이상적인 커패시터는 한 주기 동안 에너지를 저장했다가 전원으로 돌려주므로 평균 유효전력은 0이다. 또한 VI는 피상전력이고, 유효전력은 $VI\cos\phi$라는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

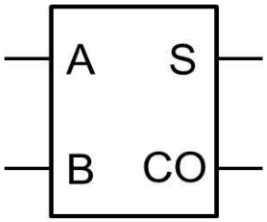
교류 소자의 유효전력 문제에서는 먼저 전압과 전류의 위상차를 확인하고, $P = V_{rms} I_{rms} \cos\phi$에 대입한 뒤 전류 단위와 전력 단위를 검산한다.

암기 포인트

이상적인 커패시터는 전류가 전압보다 90° 앞서며, 역률과 유효전력은 모두 0이다.

NoteBase

14. 아래 반가산기(Half Adder)에 A = 1, B = 0이 입력되었을 때의 출력으로 가장 적절한 것은?



① S = 0, CO = 0
② S = 1, CO = 0
③ S = 0, CO = 1
④ S = 1, CO = 1

정답 2번

출제 포인트

반가산기에서 합 출력 S는 배타적 논리합(XOR), 자리올림 출력 CO는 논리곱(AND)으로 구한다.

조건 정리

주어진 입력은 $A = 1$, $B = 0$이다. 구해야 할 값은 합 출력 S와 자리올림 출력 CO이다.

사용할 공식

$S = A \oplus B$

$CO = A \cdot B$

반가산기는 두 입력 비트의 덧셈을 수행하므로 서로 다른 입력일 때 합이 1이 되는 XOR를 S에 사용하고, 두 입력이 모두 1일 때만 발생하는 자리올림을 AND로 CO에 나타낸다.

계산 과정

$S = 1 \oplus 0 = 1$이다.

$CO = 1 \cdot 0 = 0$이다.

따라서 출력은 $S = 1$, $CO = 0$이다.

선지 판단

① X — $CO = 0$은 맞지만 $S = 0$이 틀렸다. 올바르게는 $S = 1$, $CO = 0$이다.

② O — XOR 결과가 $S = 1$이고 AND 결과가 $CO = 0$이므로 계산 결과와 일치한다.

③ X — $S = 0$, $CO = 1$이 모두 틀렸다. 올바르게는 $S = 1$, $CO = 0$이다.

④ X — $S = 1$은 맞지만 $CO = 1$이 틀렸다. 입력 중 하나가 0이므로 올바르게는 $CO = 0$이다.

NoteBase

오답 포인트

합 출력과 자리올림 출력의 논리식을 뒤섞는 것이 핵심 함정이다. 입력이 1과 0처럼 서로 다르면 XOR인 S만 1이고, AND인 CO는 0이다.

다시 나오면 이렇게 판단

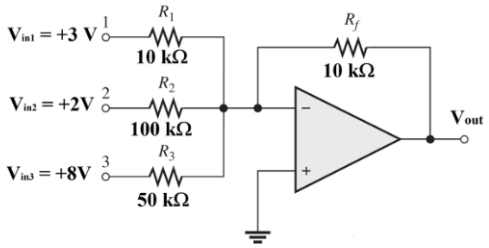
반가산기 문제에서는 먼저 $S = A \oplus B$, $CO = A \cdot B$를 적고 각 입력을 대입한다. 두 입력이 서로 다르면 $S = 1$, 두 입력이 모두 1일 때만 $CO = 1$이 된다.

암기 포인트

반가산기는 합은 XOR, 자리올림은 AND이다.

NoteBase

15. 다음 연산증폭기 회로에서 각 입력전압(V_{in1}, V_{in2}, V_{in3})에 따른 출력 전압 V_{out}을 가장 올바르게 구한 것은?



① −13 V
② −6.5 V
③ −5.4 V
④ −4.8 V

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 반전 가산 증폭기에서 각 입력전압이 만드는 전류를 합산하여 출력전압 V_{out}을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_{in1} = +3V$, $R_1 = 10k\Omega$, $V_{in2} = +2V$, $R_2 = 100k\Omega$, $V_{in3} = +8V$, $R_3 = 50k\Omega$, $R_f = 10k\Omega$ 이다.
구해야 할 값: 출력전압 V_{out}이다.
주의할 조건: 비반전 입력이 접지되어 있고 음의 피드백이 걸려 있으므로 반전 입력 노드는 가상접지 상태인 $0V$로 본다. 또한 반전 증폭기이므로 출력 부호는 입력과 반대이다.

사용할 공식

반전 가산 증폭기의 출력은
$V_{out} = -R_f\left(\frac{V_{in1}}{R_1} + \frac{V_{in2}}{R_2} + \frac{V_{in3}}{R_3}\right)$
이다. 반전 입력 노드가 가상접지이므로 각 입력 저항에 흐르는 전류가 V_{in}/R이고, 이 전류들의 합이 피드백 저항 R_f을 통해 흐르기 때문에 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

각 입력의 가중치를 계산하면 $R_f/R_1 = 1$, $R_f/R_2 = 0.1$, $R_f/R_3 = 0.2$이다.
따라서
$V_{out} = -(1 \times 3 + 0.1 \times 2 + 0.2 \times 8)V$
$= -(3 + 0.2 + 1.6)V = -4.8V$
가 된다.

선지 판단

① X — $-13V$는 세 입력전압을 저항에 따른 가중치 없이 단순히 더한 값에 음의 부호를 붙인 것이다. 저항이 서로 다르므로 올바른 출력은 $-4.8V$이다.
② X — $-6.5V$는 가중합 계산 결과와 일치하지 않는다. 각 입력에 R_f/R_i를 곱하면 올바른 출력은 $-4.8V$이다.
③ X — $-5.4V$는 가중합 계산 결과와 일치하지 않는다. 세 입력의 출력 기여분은 각각 $-3V$, $-0.2V$, $-1.6V$이므로 올바른 합은 $-4.8V$이다.
④ O — 반전 가산 공식에 주어진 전압과 저항을 대입한 결과가 $-4.8V$이므로 옳다.

오답 포인트

①처럼 입력전압을 그대로 합하면 각 입력 저항이 서로 다르다는 점을 놓치게 된다. 각 입력의 출력 기여도는 입력전압 자체가 아니라 $-R_f V_{in}/R_i$이며, 마지막에 반전 부호도 반드시 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

비반전 입력의 접지와 음의 피드백을 확인한 뒤, 각 입력별로 $-R_f V_{in}/R_i$를 계산하고 그 결과를 모두 더한다. 입력 저항이 다르면 전압을 단순 합산하지 않고 R_f/R_i의 가중치를 각각 적용한다.

암기 포인트

반전 가산 증폭기는 '각 입력에 R_f/R_i를 곱해 더하고 전체에 음의 부호를 붙이는 회로'이다.

NoteBase

16. 면적은 S이고 두 개의 금속판 사이의 거리가 d인 평행판 커패시터가 있다. 두 금속판 간 전압이 5 V일 때 이 커패시터에 저장된 에너지는 K [J]이었다. 동일한 면적의 금속판 사이의 거리를 2배인 2d로 변경하고, 평행판 커패시터의 두 금속판 간 전압을 10 V로 변경한 경우에 저장된 에너지로 가장 적절한 것은? (단, 두 금속판 사이의 물질은 변화가 없이 동일하다고 가정한다)

① 0.5K
② 1K
③ 2K
④ 4K

정답 3번

출제 포인트

평행판 커패시터에서 판 사이 거리와 전압이 함께 변할 때, 정전용량과 저장 에너지의 변화 비율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 판 사이 거리는 d, 전압은 $5V$, 저장 에너지는 K이다.
변경된 값: 판 사이 거리는 $2d$, 전압은 $10V$이다.
주의할 조건: 금속판의 면적과 판 사이 물질은 같으므로 S와 유전율 ε은 변하지 않는다.

사용할 공식

평행판 커패시터의 정전용량과 저장 에너지는 각각
$C = \frac{\varepsilon S}{d}$
$U = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{\varepsilon S V^2}{2d}$
이다. 금속판의 면적과 판 사이 물질이 일정하므로 저장 에너지는 $U \propto V^2/d$로 비교할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

처음 에너지를 $U_1 = K$, 변경 후 에너지를 U_2라 하면
$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \frac{d_1}{d_2}$
이다. 주어진 값을 대입하면
$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{10}{5}\right)^2 \frac{d}{2d} = 4 \times \frac{1}{2} = 2$
이므로
$U_2 = 2U_1 = 2K$
이다.

선지 판단

① X — $0.5K$는 전압을 처음과 같은 $5V$로 둔 채 판 사이 거리만 2배로 늘렸을 때의 값이다. 이 문제에서는 전압도 $10V$로 변하므로 올바른 값은 $2K$이다.
② X — $1K$는 전압의 2배 증가와 거리의 2배 증가가 서로 상쇄된다고 잘못 판단한 값이다. 에너지는 전압이 아니라 전압의 제곱에 비례하므로 올바른 값은 $2K$이다.
③ O — 전압이 2배가 되어 에너지가 4배가 되고, 거리가 2배가 되어 정전용량과 에너지가 다시 절반이 되므로 최종 에너지는 $4 \times \frac{1}{2}K = 2K$이다.
④ X — $4K$는 전압이 2배가 된 효과만 반영하고 판 사이 거리가 2배가 되어 정전용량이 절반으로 감소하는 효과를 빠뜨린 값이다. 두 변화를 모두 반영하면 $2K$이다.

오답 포인트

전압이 2배가 되면 에너지가 2배가 아니라 4배가 된다는 점이 핵심 함정이다. 또한 판 사이 거리가 2배가 되면 정전용량이 절반이 되므로, 전압 변화와 거리 변화를 모두 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

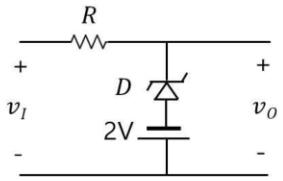
금속판 면적과 유전체가 일정한 평행판 커패시터에서는 $U \propto V^2/d$를 세운 뒤, 전압 변화율은 제곱하고 거리 변화율은 역수로 곱하여 에너지 비를 판단한다.

암기 포인트

평행판 커패시터는 $C \propto 1/d$, 저장 에너지는 $U \propto V^2/d$이다.

NoteBase

17. 아래 회로에 사용된 다이오드는 역방향 항복 전압이 5 V이고 순방향 turn-on 전압은 0.7 V인 제너(Zener) 다이오드이다. v_O에 전달될 수 있는 전압의 범위로 가장 적절한 것은?



① $1.3\ \mathrm{V} < v_O < 7\ \mathrm{V}$
② $-2.7\ \mathrm{V} < v_O < 3\ \mathrm{V}$
③ $-1.3\ \mathrm{V} < v_O < 3\ \mathrm{V}$
④ $-2.7\ \mathrm{V} < v_O < 7\ \mathrm{V}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 바이어스된 제너 다이오드 리미터에서 순방향 도통 전압과 역방향 항복전압을 각각 적용하여 출력전압의 하한과 상한을 구하는 문제이다.

조건 정리

그림의 $2V$ 전원은 아래쪽 긴 선이 양극이고 그 단자가 기준선에 연결되어 있으므로, 전원의 위쪽 단자 전압은 $-2V$이다. 이 노드는 다이오드의 애노드이고, 출력 v_o 쪽은 캐소드이다. 제너 항복전압은 $V_Z = 5V$, 순방향 도통 전압은 $V_F = 0.7V$이다. 저항 R은 도통 시 전류를 제한하며 클램프 전압 자체는 정하지 않는다.

사용할 공식

캐소드 전압을 V_K, 애노드 전압을 V_A라 하면 역방향 항복 경계는 $V_K - V_A = V_Z$이고, 순방향 도통 경계는 $V_A - V_K = V_F$이다. 이 다이오드는 출력이 커질 때 역방향 항복하고 출력이 작아질 때 순방향 도통하므로 두 경계가 각각 출력의 상한과 하한이 된다.

계산 과정

1. 애노드 전압은 $V_A = -2V$이다.
2. 역방향 항복 경계는 $v_o - (-2V) = 5V$이므로 상한은 $v_o = 3V$이다.
3. 순방향 도통 경계는 $(-2V) - v_o = 0.7V$이므로 하한은 $v_o = -2.7V$이다.
4. 따라서 전달 가능한 출력전압 범위는 $-2.7V < v_o < 3V$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $-1.3V < v_o < 7V$는 전원의 위쪽 단자를 $+2V$로 잘못 본 범위이다. 올바르게는 $-2.7V < v_o < 3V$이다.
② O — 순방향 도통에 따른 하한이 $-2.7V$, 제너 항복에 따른 상한이 $3V$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — 상한 $3V$는 맞지만 하한의 $-1.3V$가 틀리다. 애노드가 $-2V$이므로 올바른 하한은 $-2.7V$이며, 전체 범위는 $-2.7V < v_o < 3V$이다.
④ X — 하한 $-2.7V$는 맞지만 상한의 $7V$가 틀리다. 제너 항복 조건은 $v_o - (-2V) = 5V$이므로 올바른 상한은 $3V$이며, 전체 범위는 $-2.7V < v_o < 3V$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 $2V$ 전원의 긴 선이 아래쪽이라는 점이다. 아래쪽 양극이 $0V$에 연결되어 있으므로 위쪽 단자는 $+2V$가 아니라 $-2V$이다. 또한 출력이 높을 때는 $5V$의 제너 항복을, 출력이 낮을 때는 $0.7V$의 순방향 도통을 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

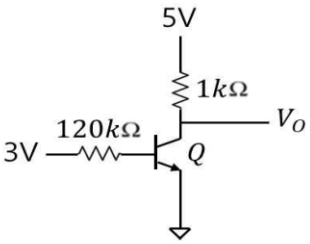
먼저 전원 기호의 긴 선을 기준으로 다이오드 기준 노드의 전압을 정한다. 다음으로 애노드와 캐소드를 구분한 뒤 $V_K - V_A = V_Z$에서 상한을, $V_A - V_K = V_F$에서 하한을 계산한다.

암기 포인트

제너 리미터는 '역방향 항복이 상한, 순방향 도통이 하한'이며, 두 값 모두 바이어스 전원의 실제 부호를 포함해 계산한다.

NoteBase

18. 아래 회로에서 V_O값으로 가장 적절한 것은?
(단, $V_{BE} = 0.6\ \mathrm{V}$, $\beta_{DC} = 100$)



① 1 V
② 2 V
③ 3 V
④ 4 V

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 베이스 저항으로 베이스 전류를 구한 뒤, 트랜지스터의 직류 전류 이득을 적용하여 컬렉터 전압 V_O를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 베이스 전원 $3V$, 베이스 저항 $120k\Omega$, $V_{BE} = 0.6V$, $\beta_{DC} = 100$, 컬렉터 전원 $5V$, 컬렉터 저항 $1k\Omega$이다.
구해야 할 값: 컬렉터 단자의 출력 전압 V_O이다.
주의할 조건: 계산한 컬렉터 전압이 베이스 전압보다 높아 트랜지스터가 능동 영역에 있는지도 확인한다.

사용할 공식

$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$
$I_C = \beta_{DC} I_B$
$V_O = V_{CC} - I_C R_C$
이미터가 접지된 NPN 트랜지스터이므로 베이스 저항 양단의 전압으로 I_B를 구하고, 능동 영역에서 $I_C = \beta_{DC} I_B$를 적용한 다음 컬렉터 저항의 전압 강하를 $5V$에서 뺀다.

NoteBase

계산 과정

1. 베이스 전류는
$I_B = \frac{3 - 0.6}{120k\Omega} = 20\mu A$
이다.
2. 컬렉터 전류는
$I_C = 100 \times 20\mu A = 2mA$
이다.
3. 컬렉터 저항의 전압 강하는
$I_C R_C = (2mA)(1k\Omega) = 2V$
이므로
$V_O = 5 - 2 = 3V$
이다.
4. $V_O = 3V$가 베이스 전압 $0.6V$보다 높으므로 컬렉터-베이스 접합은 역바이어스되고, 능동 영역을 가정한 계산이 타당하다.

선지 판단

① X: $1V$는 계산값과 다르다. 틀린 값 $1V$ → 올바르게는 $3V$이다.
② X: $2V$는 컬렉터 저항에서의 전압 강하이지 출력 전압이 아니다. 틀린 값 $2V$ → 올바르게는 $3V$이다.
③ O: $5V$에서 컬렉터 저항의 전압 강하 $2V$를 빼면 $V_O = 3V$가 된다.
④ X: $4V$는 계산값과 다르다. 틀린 값 $4V$ → 올바르게는 $3V$이다.

오답 포인트

②의 $2V$는 출력 전압이 아니라 컬렉터 저항의 전압 강하이다. 출력은 전원 전압에서 저항의 전압 강하를 뺀 값이므로 $V_O = 5 - 2 = 3V$이다. 또한 베이스 전류를 구할 때 $3V$ 전체가 아니라 $V_{BE} = 0.6V$를 뺀 $2.4V$를 저항 양단 전압으로 사용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

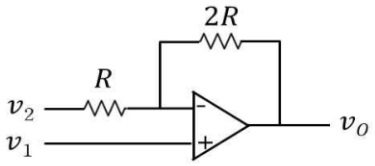
이미터 접지 바이어스 회로에서는 I_B 계산 → $I_C = \beta I_B$ 계산 → $V_C = V_{CC} - I_C R_C$ 계산 → 능동 영역 조건 검산의 순서로 판단한다.

암기 포인트

베이스 쪽은 $I_B = (V_{BB} - V_{BE})/R_B$, 컬렉터 쪽은 $V_O = V_{CC} - I_C R_C$이다.

NoteBase

19. 아래 회로의 입력 v_1, v_2와 출력 v_O사이의 관계로 가장 적절한 것은? (단, op-amp는 이상적이다)



① $v_O = \frac{2}{3}v_1 - v_2$

② $v_O = v_1 - \frac{2}{3}v_2$

③ $v_O = 2v_1 - 3v_2$

④ $v_O = 3v_1 - 2v_2$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적 op-amp의 가상 단락과 입력 전류가 0이라는 성질을 이용하여 반전 입력 노드에 키르히호프 전류 법칙(KCL)을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 비반전 입력 전압은 v_1, 반전 입력으로 들어오는 전압은 v_2, 입력 저항은 R, 피드백 저항은 $2R$이다.
구해야 할 값: 출력 전압 v_O와 두 입력 전압의 관계이다.
주의할 조건: 이상적 op-amp가 음의 피드백 상태이므로 $v_- = v_+ = v_1$이고, 두 입력 단자로 흐르는 전류는 0이다.

사용할 공식

반전 입력 노드에서 KCL을 적용하면
$\frac{v_2 - v_1}{R} + \frac{v_O - v_1}{2R} = 0$
이다. op-amp 입력으로는 전류가 흐르지 않으므로, 입력 저항과 피드백 저항을 통해 드나드는 전류의 합이 0이 되어 이 식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 가상 단락에 의해 반전 입력 노드의 전압을 v_1로 둔다.
2. KCL 식의 양변에 $2R$을 곱하면 $2(v_2 - v_1) + (v_O - v_1) = 0$이다.
3. 항을 정리하면 $2v_2 - 3v_1 + v_O = 0$이므로
$v_O = 3v_1 - 2v_2$
이다.

선지 판단

① X — $v_O = \frac{2}{3}v_1 - v_2$는 KCL 계산 결과와 계수가 다르다. 올바르게는 $v_O = 3v_1 - 2v_2$이다.
② X — $v_O = v_1 - \frac{2}{3}v_2$는 v_1과 v_2의 계수를 잘못 구한 식이다. 올바르게는 $v_O = 3v_1 - 2v_2$이다.
③ X — $v_O = 2v_1 - 3v_2$는 두 입력 전압의 계수를 서로 잘못 배치한 식이다. 올바르게는 $v_O = 3v_1 - 2v_2$이다.
④ O — 반전 입력 노드에서 KCL을 적용해 얻은 $v_O = 3v_1 - 2v_2$와 정확히 일치한다.

오답 포인트

피드백 저항이 입력 저항의 2배라는 사실만 보고 v_2의 반전 이득 -2만 구한 뒤, 비반전 입력 v_1의 계수를 1로 두기 쉽다. 그러나 반전 입력 노드의 기준 전압이 0이 아니라 v_1이므로, KCL을 전개하면 v_1의 계수는 $1 + 2R/R = 3$이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

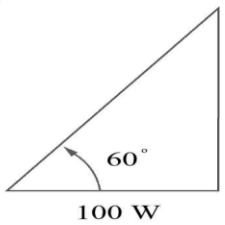
이상적 op-amp의 음의 피드백 회로에서는 먼저 $v_- = v_+$로 입력 노드 전압을 정하고, op-amp 입력 전류를 0으로 둔 뒤 그 노드에 KCL을 적용하여 출력식을 정리한다.

암기 포인트

비반전 기준 전압이 v_1이고 저항비가 $R_f/R = 2$이면 $v_O = (1 + 2)v_1 - 2v_2 = 3v_1 - 2v_2$이다.

NoteBase

20. 아래 전력 삼각도(power triangle)에서 무효전력(reactive power) Q를 가장 올바르게 표현한 것은?



① $100\tan(60^o)\ VAR$

② $-100\tan(60^o)\ VAR$

③ $\frac{100}{\cos(60^o)}\ VAR$

④ $-\frac{100}{\cos(60^o)}\ VAR$

정답 1번

출제 포인트

전력 삼각도에서 유효전력 P, 무효전력 Q, 위상각 ϕ의 관계인 $Q = P\tan\phi$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 유효전력 $P = 100\text{W}$, 위상각 $\phi = 60\,^\circ$이다.
구해야 할 값: 수직변에 해당하는 무효전력 Q이다.
주의할 조건: 도식에서 Q가 수평축 위쪽에 있으므로 무효전력의 부호는 양수이다. 별도의 단위 변환은 필요하지 않다.

사용할 공식

$\tan\phi = \frac{Q}{P}$
따라서 $Q = P\tan\phi$이다.
전력 삼각도에서 각 ϕ에 대해 밑변은 유효전력 P, 높이는 무효전력 Q이므로 탄젠트 관계를 사용한다.

계산 과정

$Q = 100\tan(60\,^\circ) = 100\sqrt{3}\text{VAR} \approx 173.2\text{VAR}$
따라서 무효전력의 올바른 표현은 $100\tan(60\,^\circ)\text{VAR}$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — $Q = P\tan\phi$에 $P = 100\text{W}$, $\phi = 60^\circ$를 대입한 양의 무효전력 표현이다.

② X — 크기는 맞지만 도식의 무효전력 축이 위쪽이므로 음의 부호가 잘못되었다. 올바르게는 $100\tan(60^\circ)\text{VAR}$이다.

③ X — $100/\cos(60^\circ)$는 $S = P/\cos\phi$로 구하는 피상전력의 크기이며, 무효전력 Q가 아니다. 이 값은 $S = 200\text{VA}$이고, 무효전력은 $Q = 100\tan(60^\circ)\text{VAR}$이다.

④ X — $-100/\cos(60^\circ)$는 무효전력 공식이 아니며 부호도 도식과 반대이다. 올바르게는 $Q = 100\tan(60^\circ)\text{VAR}$이다.

오답 포인트

③과 ④는 $P/\cos\phi$를 사용해 피상전력 S를 구하는 식을 무효전력 식으로 착각하게 만든다. 또한 ②와 ④는 수직변이 위쪽인 도식에서 Q의 부호를 음수로 잘못 판단하게 만든다.

다시 나오면 이렇게 판단

전력 삼각도의 밑변이 P, 수직변이 Q, 빗변이 S임을 먼저 확인한다. 밑변과 수직변의 관계에는 $\tan\phi = Q/P$를 적용하고, 수직변의 방향으로 Q의 부호를 결정한다.

암기 포인트

무효전력은 $Q = P\tan\phi$, 피상전력은 $S = P/\cos\phi$이다.

NoteBase

21. 어떤 시간 함수 $f(t)$를 라플라스 변환하였더니 $F(s)=\dfrac{3s+6}{s^2+5s+4}$이었다. 이 경우 $t \geq 0$인 구간에서 $f(t)$를 나타낸 것으로 가장 적절한 것은?

① $e^{-t}+2e^{-4t}$

② $e^{-t}+3e^{-4t}$

③ $2e^{-t}+e^{-4t}$

④ $3e^{-t}+e^{-4t}$

정답 1번

출제 포인트

분모를 일차식의 곱으로 인수분해한 뒤 부분분수로 분해하여 역라플라스 변환을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 함수: $F(s)=\frac{3s+6}{s^2+5s+4}$

구해야 할 값: $t \geq 0$에서의 원래 함수 $f(t)$

분모의 인수분해: $s^2+5s+4=(s+1)(s+4)$

사용할 공식

$\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{s+a}\right\}=e^{-at}$

분모가 서로 다른 두 일차인수 $s+1$, $s+4$의 곱이므로 $F(s)$를 $\frac{A}{s+1}+\frac{B}{s+4}$로 부분분수 분해한 뒤 각 항에 역라플라스 변환 공식을 적용한다.

계산 과정

1. 부분분수의 계수를 둔다.

$\frac{3s+6}{(s+1)(s+4)}=\frac{A}{s+1}+\frac{B}{s+4}$

2. 분자를 비교한다.

$3s+6=A(s+4)+B(s+1)=(A+B)s+(4A+B)$

따라서 $A+B=3$, $4A+B=6$이고, 두 식의 차를 구하면 $3A=3$이므로 $A=1$, $B=2$이다.

3. 역라플라스 변환을 적용한다.

$F(s)=\frac{1}{s+1}+\frac{2}{s+4} \quad \Longrightarrow \quad f(t)=e^{-t}+2e^{-4t}$

NoteBase

선지 판단

① O: $e^{-t}+2e^{-4t}$의 라플라스 변환은 $\frac{1}{s+1}+\frac{2}{s+4}=\frac{3s+6}{(s+1)(s+4)}$이므로 계산 결과와 일치한다.
② X: $e^{-t}+3e^{-4t}$를 변환하면 분자가 $4s+7$이 되어 주어진 $3s+6$과 다르다. 틀린 계수 $3e^{-4t}$는 $2e^{-4t}$로 고쳐야 한다.
③ X: $2e^{-t}+e^{-4t}$를 변환하면 분자가 $3s+9$이 되어 상수항이 일치하지 않는다. 두 계수를 뒤바꾼 것이므로 $e^{-t}+2e^{-4t}$로 고쳐야 한다.
④ X: $3e^{-t}+e^{-4t}$를 변환하면 분자가 $4s+13$이 되어 주어진 분자와 다르다. $3e^{-t}+e^{-4t}$는 $e^{-t}+2e^{-4t}$로 고쳐야 한다.
계산 결과 $f(t)=e^{-t}+2e^{-4t}$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

분모의 근 -1, -4만 보고 지수항을 정한 뒤 부분분수의 계수를 추측하면 ②~④처럼 계수가 틀리기 쉽다. 특히 ③은 A와 B를 서로 바꾼 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

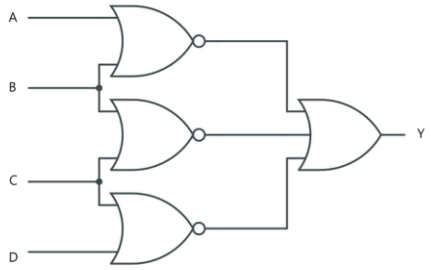
유리함수의 역라플라스 변환은 분모 인수분해 → 부분분수 계수 결정 → $1/(s+a)\leftrightarrow e^{-at}$ 적용 → 원래 분자로 재결합하여 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

분모의 $s+a$는 e^{-at}를 만들고, 지수항 앞의 계수는 부분분수 분해로 결정된다.

NoteBase

22. 다음 그림과 같은 논리회로에 대해 출력 Y에 대한 카르노맵을 네가지 입력 A, B, C, D에 대하여 구성하고자 한다. 카르노맵의 (가), (나), (다)에 들어갈 것을 순서대로 나타낸 것 중 가장 적절한 것은?



CD \ AB	00	01	11	10
00				
01		(가)	(나)	
11		(다)		
10				

① (가): 0, (나): 0, (다): 0
② (가): 0, (나): 0, (다): 1
③ (가): 1, (나): 0, (다): 0
④ (가): 1, (나): 1, (다): 0

정답 1번

출제 포인트

NOR 게이트 3개의 출력을 OR한 논리식을 세우고, 카르노맵의 지정된 세 칸에 해당하는 입력을 대입해 출력값을 구하는 문제이다.

조건 정리

왼쪽의 각 게이트는 출력에 반전 표시가 있는 NOR 게이트이다. 위에서부터 입력은 각각 A, B, B, C, C, D이고, 세 출력은 마지막 OR 게이트로 들어간다.
카르노맵의 열은 $AB = 00, 01, 11, 10$, 행은 $CD = 00, 01, 11, 10$의 그레이 코드 순서이다.
(가)는 $AB = 01$, $CD = 01$, (나)는 $AB = 11$, $CD = 01$, (다)는 $AB = 01$, $CD = 11$에 해당한다.

NoteBase

사용할 공식

NOR 게이트의 출력은 두 입력의 OR를 반전한 값이므로 전체 출력은
$Y = \overline{A+B} + \overline{B+C} + \overline{C+D}$
이다. 마지막 게이트가 OR 게이트이므로 세 NOR 출력을 더하는 논리식을 사용한다.

계산 과정

1. (가): $(A, B, C, D) = (0, 1, 0, 1)$이므로 $Y = \overline{0+1} + \overline{1+0} + \overline{0+1} = 0 + 0 + 0 = 0$이다.
2. (나): $(A, B, C, D) = (1, 1, 0, 1)$이므로 $Y = \overline{1+1} + \overline{1+0} + \overline{0+1} = 0 + 0 + 0 = 0$이다.
3. (다): $(A, B, C, D) = (0, 1, 1, 1)$이므로 $Y = \overline{0+1} + \overline{1+1} + \overline{1+1} = 0 + 0 + 0 = 0$이다.

따라서 ((가),(나),(다))=(0,0,0)이다.

선지 판단

① O: (가), (나), (다)를 계산하면 모두 0이므로 (0, 0, 0)이 맞다.
② X: (다)를 1로 제시한 부분이 틀렸다. (다)에서는 세 NOR 게이트에 모두 하나 이상의 1이 입력되므로 세 출력이 모두 0이고, 올바른 값은 (0, 0, 0)이다.
③ X: (가)를 1로 제시한 부분이 틀렸다. (가)에서도 각 NOR 입력쌍에 하나의 1이 포함되어 전체 출력은 0이므로, 올바른 값은 (0, 0, 0)이다.
④ X: (가)와 (나)를 1로 제시한 부분이 틀렸다. 두 칸 모두 세 NOR 출력이 전부 0이므로, 올바른 값은 (0, 0, 0)이다.

오답 포인트

게이트의 출력단에 있는 작은 원은 반전을 뜻한다. 이를 OR 게이트로만 읽으면 NOR 출력값을 반대로 판단하기 쉽다. 또한 카르노맵의 행과 열은 이진수 순서가 아니라 00,01,11,10의 그레이 코드 순서라는 점에 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 게이트의 종류와 반전 표시를 확인해 전체 논리식을 세운다. 다음으로 카르노맵의 열에서 A, B, 행에서 C, D를 읽고, 지정된 칸마다 입력값을 논리식에 대입한다.

암기 포인트

출력의 작은 원은 반전이고, OR 출력에 작은 원이 붙으면 NOR이다. 카르노맵의 인접 순서는
$00 \rightarrow 01 \rightarrow 11 \rightarrow 10$이다.

NoteBase

23. 공통소스 MOSFET 증폭기(Common-Source Amplifier)에 대한 설명 중 가장 적절한 것은?
① 출력 신호는 입력 신호와 위상이 같다.
② 입력은 드레인(Drain) 단자에 인가된다.
③ 전압 이득이 거의 없다.
④ 입력 신호를 증폭하며 위상이 반전된다.

정답 4번

출제 포인트

공통소스 MOSFET 증폭기의 입력·출력 단자와 전압 증폭 시 위상 반전 특성을 묻는 문제이다.

핵심 개념

공통소스 증폭기는 소스 단자를 입력과 출력의 공통 기준으로 두고, 게이트에 입력을 가하여 드레인에서 출력을 얻는 전압 증폭 회로이다. 게이트 전압이 증가하면 드레인 전류가 증가하고 드레인 저항의 전압 강하가 커져 드레인 출력 전압은 감소한다. 따라서 출력은 입력보다 증폭되면서 위상이 180° 반전된다.

선지별 해설

① X — '출력 신호는 입력 신호와 위상이 같다'가 틀리다. 공통소스 증폭기의 출력 신호는 입력 신호와 위상이 180° 반전된다.
② X — '입력은 드레인 단자에 인가된다'가 틀리다. 입력은 게이트 단자에 인가되고 출력은 드레인 단자에서 얻는다.
③ X — '전압 이득이 거의 없다'가 틀리다. 공통소스 회로는 전압 증폭에 사용되며 일반적으로 전압 이득의 크기가 1보다 클 수 있다. 다만 전압 이득의 부호는 위상 반전을 나타내는 음수이다.
④ O — 게이트에 인가된 입력 신호를 전압 증폭하며, 드레인에서 얻는 출력 신호의 위상은 입력과 반전된다.

오답 포인트

'공통소스'라는 명칭 때문에 소스가 입력 단자라고 오해하거나, 증폭 여부만 보고 위상 관계를 놓치기 쉽다. 이 회로에서 소스는 공통 기준 단자이고, 입력은 게이트, 출력은 드레인이며, 핵심 표지는 위상 반전이다.

다시 나오면 이렇게 판단

공통소스가 나오면 먼저 게이트 입력·드레인 출력 구조를 확인한다. 이어서 게이트 전압 증가 → 드레인 전류 증가 → 드레인 출력 전압 감소의 흐름을 적용하면 전압 증폭과 180° 위상 반전을 판단할 수 있다.

암기 포인트

공통소스는 게이트 입력, 드레인 출력, 전압 증폭, 위상 반전이다.

NoteBase

24. RLC 병렬 공진회로에서 더 낮은 공진 주파수를 얻으려 할 때, 커패시터(capacitor)의 커패시턴스(capacitance)를 어떻게 변화시키는 것이 가장 적절한가?
① 증가해야한다.
② 감소해야한다.
③ 무관하다.
④ 인덕턴스로 대체되어야한다.

정답 1번

출제 포인트

병렬 RLC 공진회로의 공진 주파수 f_0와 커패시턴스 C의 관계를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 인덕턴스 L은 그대로 두고 커패시터의 커패시턴스 C를 변화시킨다.
구해야 할 것: 공진 주파수 f_0를 더 낮추는 C의 변화 방향이다.
주의할 조건: 공진 주파수는 LC의 제곱근에 반비례한다.

사용할 공식

이상적인 병렬 RLC 회로의 공진 주파수는
$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
이다. 공진 시 인덕터와 커패시터의 서셉턴스가 서로 상쇄되므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

L이 일정할 때 C를 증가시키면 LC가 증가하고, 분모의 $\sqrt{LC}$도 증가한다. 따라서 f_0는 감소한다. 즉, 더 낮은 공진 주파수를 얻으려면 C를 증가시켜야 한다.

선지 판단

① O — 커패시턴스 C를 증가시키면 $\sqrt{LC}$가 커져 공진 주파수 f_0가 낮아진다.
② X — '감소해야 한다'가 틀렸다. 올바르게는 커패시턴스 C를 증가시켜야 한다. C를 감소시키면 공진 주파수는 오히려 높아진다.
③ X — '무관하다'가 틀렸다. 올바르게는 공진 주파수가 C의 제곱근에 반비례하므로 커패시턴스의 변화가 공진 주파수에 영향을 준다.
④ X — '인덕턴스로 대체되어야 한다'가 틀렸다. 올바르게는 커패시터를 유지하면서 그 커패시턴스 C를 증가시켜야 한다. 커패시터를 인덕터로 대체하면 원래의 병렬 RLC 공진 조건을 유지할 수 없다.

NoteBase

오답 포인트

주파수를 낮춘다는 말만 보고 소자값도 감소시킨다고 생각하기 쉽다. 그러나 C는 공진 주파수 공식의 분모 안에 있으므로 C가 증가할수록 f_0는 감소한다.

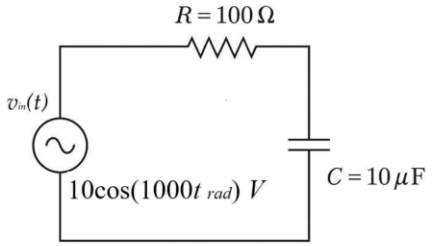
다시 나오면 이렇게 판단

공진 주파수 문제에서는 먼저 $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$를 세운 뒤, 낮은 주파수에는 큰 L 또는 큰 C가 대응한다는 반비례 관계로 판단한다.

암기 포인트

공진 주파수를 낮추려면 LC를 크게 한다. L이 고정이면 C를 증가시킨다.

25. 아래 그림은 R = 100 Ω, C = 10 μF으로 구성된 직렬 RC 회로를 보이고 있다. 입력 전압은 $v_{in}(t) = 10\cos(\omega t)$ V이다. 이 회로의 임피던스의 크기 |Z|와 전류의 위상각 ϕ를 가장 적절하게 나타낸 것은? (단, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\tan^{-1}(1) = 45^\circ$, $\omega = 1000$ rad/s, t : 단위 s)



① |Z| = 141 Ω, ϕ = −45°
② |Z| = 141 Ω, ϕ = 45°
③ |Z| = 173 Ω, ϕ = −45°
④ |Z| = 173 Ω, ϕ = 45°

정답 2번

출제 포인트

직렬 RC 회로의 합성 임피던스 크기와 위상을 구한 뒤, 전류의 위상은 임피던스 위상의 부호가 반대임을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R = 100\Omega$, $C = 10\mu F = 10^{-5}F$, $\omega = 1000rad/s$이다.
구해야 할 값: 임피던스의 크기 $|Z|$와 입력 전압을 기준으로 한 전류의 위상각 ϕ이다.
주의할 조건: 커패시터의 임피던스는 음의 허수 성분을 가지며, 전류의 위상은 $I = V/Z$에서 구한다.

사용할 공식

커패시터의 리액턴스 크기는 $X_C = 1/(\omega C)$이고, 직렬 RC 회로의 임피던스는 $Z = R - jX_C$이다. 따라서 $|Z| = \sqrt{R^2 + X_C^2}$, $\angle Z = -\tan^{-1}(X_C/R)$이다. 전류는 $I = V/Z$이므로 $\angle I = \angle V - \angle Z$이다. 직렬 회로에서는 저항과 커패시터의 임피던스를 복소수로 더하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 커패시터의 리액턴스 크기를 구하면 $X_C = 1/(1000 \times 10^{-5}) = 100\Omega$이다.
2. 합성 임피던스는 $Z = 100 - j100\Omega$이다.
3. 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{100^2 + 100^2} = 100\sqrt{2} \approx 141\Omega$이다.
4. 임피던스의 위상은 $\angle Z = -\tan^{-1}(100/100) = -45^\circ$이다.
5. 입력 전압 $10\cos(1000t)V$의 위상을 0°로 두면 전류의 위상은 $\phi = 0^\circ - (-45^\circ) = 45^\circ$이다.

선지 판단

① X — $|Z| = 141\Omega$는 맞지만 '$\phi = -45^\circ$'가 틀렸다. -45°는 임피던스의 위상이며, 전류의 위상은 올바르게는 $\phi = 45^\circ$이다.
② O — 계산 결과 $|Z| = 141\Omega$, $\phi = 45^\circ$이므로 두 값이 모두 맞다.
③ X — '$|Z| = 173\Omega$, $\phi = -45^\circ$'가 모두 틀렸다. 올바르게는 $|Z| = 141\Omega$, $\phi = 45^\circ$이다.
④ X — $\phi = 45^\circ$는 맞지만 '$|Z| = 173\Omega$'가 틀렸다. 올바르게는 $|Z| = 100\sqrt{2} \approx 141\Omega$이다.
따라서 정답은 2번이다.

오답 포인트

①처럼 임피던스의 위상 -45°를 전류의 위상으로 그대로 쓰기 쉽다. 커패시터가 포함된 직렬 RC 회로에서 임피던스는 음의 위상을 갖지만, 전류는 전압보다 앞서므로 전류의 위상은 양수이다. 또한 $|Z|$는 $R + X_C$가 아니라 직교하는 두 성분의 제곱합의 제곱근으로 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $X_C = 1/(\omega C)$를 구하고, $Z = R - jX_C$에서 크기와 임피던스 위상을 계산한 다음, $I = V/Z$를 이용해 전류 위상의 부호를 반대로 바꾸어 판단한다.

암기 포인트

직렬 RC 회로에서는 $Z = R - jX_C$이고, 전류는 전압보다 앞선다. 즉 임피던스 위상이 음수이면 전류 위상은 양수이다.

NoteBase