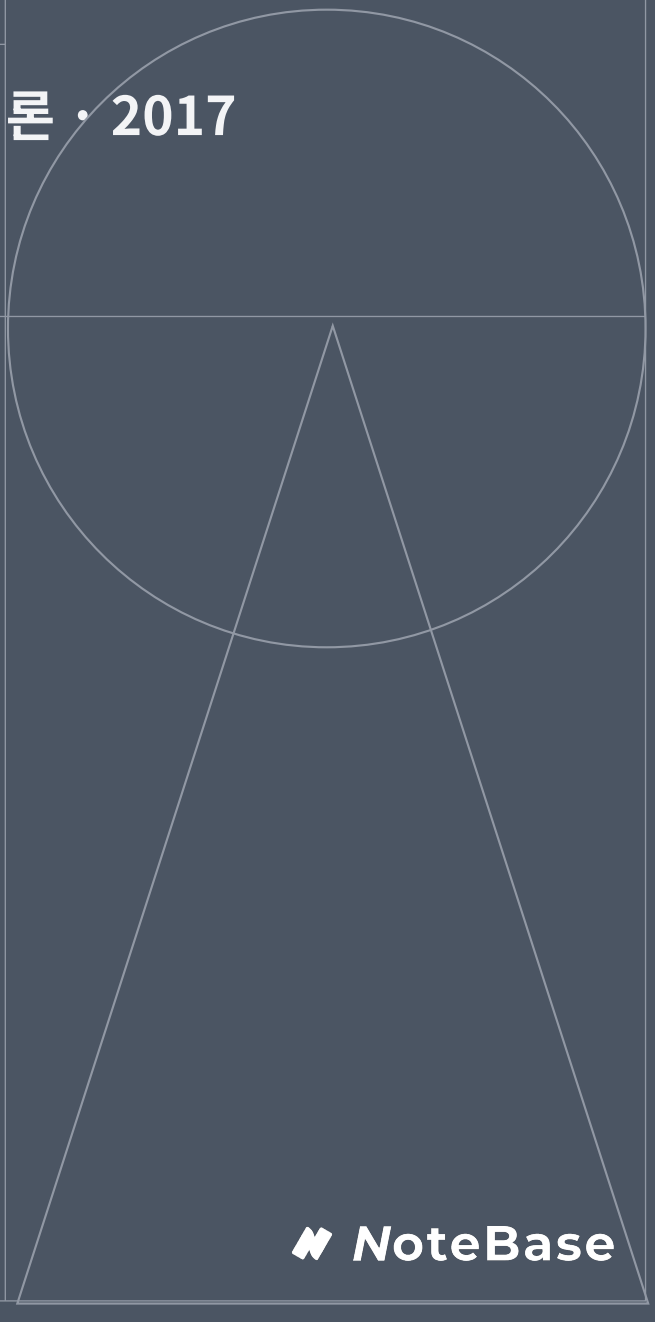
# 기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2017



NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2017

**공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2017**

**문 1. 직렬 RLC 공진 회로에 대한 설명으로 옳은 것은?**

① 공진 주파수에서 임피던스가 최솟값을 가지며, 커패시터에 의한 리액턴스와 인덕터에 의한 리액턴스의 값이 같다.

② 공진 주파수에서 임피던스가 최솟값을 가지며, 커패시터에 의한 리액턴스와 인덕터에 의한 리액턴스의 값이 다르다.

③ 공진 주파수에서 임피던스가 최댓값을 가지며, 커패시터에 의한 리액턴스와 인덕터에 의한 리액턴스의 값이 같다.

④ 공진 주파수에서 임피던스가 최댓값을 가지며, 커패시터에 의한 리액턴스와 인덕터에 의한 리액턴스의 값이 다르다.

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 직렬 RLC 공진 회로의 공진 조건과 공진 시 임피던스 변화를 묻는 문제이다.

**핵심 개념**

직렬 RLC 공진은 유도 리액턴스와 용량 리액턴스가 같아져 전체 리액턴스가 0이 되는 상태이다. 이때 회로의 임피던스는 저항 성분만 남아 최소가 된다. 직렬 공진에서의 핵심 대비는 리액턴스 상쇄와 임피던스 최소이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① O
공진 주파수에서는 $X_L = X_C$가 되어 유도성 리액턴스와 용량성 리액턴스가 서로 상쇄된다. 따라서 직렬 회로의 전체 임피던스는 저항 $R$만 남아 최소가 되므로 옳다.

② X
틀린 부분은 "커패시터에 의한 리액턴스와 인덕터에 의한 리액턴스의 값이 다르다"는 표현이다. 공진에서는 두 리액턴스의 크기가 같아야 한다. 올바르게는 "공진 주파수에서 임피던스가 최소값을 가지며, 커패시터와 인덕터의 리액턴스 크기는 같다"이다.

③ X
틀린 부분은 "임피던스가 최댓값을 가지며"라는 표현이다. 직렬 RLC 공진에서는 임피던스가 최대가 아니라 최소가 된다. 올바르게는 "공진 주파수에서 임피던스가 최소값을 가지며, 커패시터와 인덕터의 리액턴스 크기는 같다"이다.

④ X
틀린 부분은 "임피던스가 최댓값"과 "리액턴스의 값이 다르다"는 표현이다. 직렬 공진에서는 임피던스가 최소이고 $X_L = X_C$이다. 올바르게는 "공진 주파수에서 임피던스가 최소값을 가지며, 커패시터와 인덕터의 리액턴스 크기는 같다"이다.

### 오답 포인트

직렬 공진과 병렬 공진의 임피던스 거동을 뒤섞으면 ③, ④처럼 임피던스가 최대라고 착각하기 쉽다. 또한 공진이라는 말은 단순히 특정 주파수만 떠올리기 쉬워서, 실제 판단 기준인 $X_L = X_C$를 놓치면 ②도 헷갈리게 된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

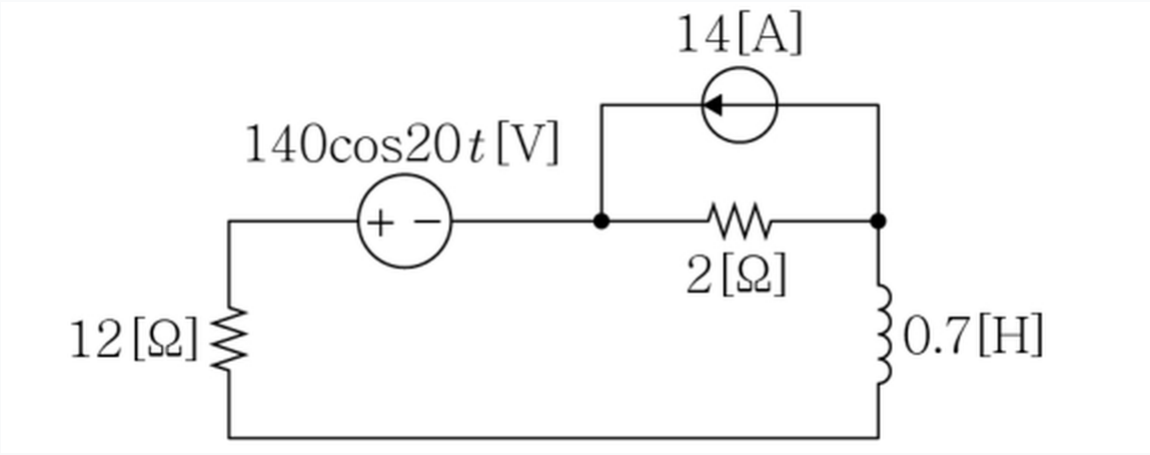
직렬 RLC 공진이 나오면 먼저 $X_L = X_C$인지 확인하고, 그 결과 전체 리액턴스가 0이 되어 임피던스가 최소가 된다고 연결해서 판단한다. 문제에서 임피던스 최대라고 하면 병렬 공진과 혼동한 진술일 가능성이 크다.

### 암기 포인트

직렬 공진은 $X_L = X_C$, 리액턴스 상쇄, 임피던스 최소이다.

NoteBase

**문 2. 다음 회로의 2[Ω] 저항에서 소모되는 평균전력[W]은?**




① 238

② 288

③ 338

④ 388

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 중첩의 원리를 이용해 직류 전원과 정현파 전원이 각각 만드는 2Ω 저항의 평균전력을 구한 뒤 합산하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 전압원은 $v(t) = 140\cos 20tV$, 전류원은 14A, 저항은 12Ω과 2Ω, 인덕터는 $L = 0.7H$이다.
구해야 할 값: 2Ω 저항에서 소모되는 평균전력이다.
주의할 조건: 평균전력은 저항에서만 소모되고, 직류 성분과 교류 성분의 전력은 따로 구해 더할 수 있다.

**사용할 공식**

저항의 평균전력은 $P = I_{rms}^2 R$이다.
직류와 교류가 함께 있으면 $P_{total} = P_{dc} + P_{ac}$로 계산된다.
이 공식을 쓰는 이유: 회로가 선형이므로 직류 전류원과 교류 전압원이 2Ω 저항에 만드는 전류를 중첩할 수 있고, 정현파 성분의 한 주기 평균은 0이므로 교차항은 평균전력에 남지 않는다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 직류 전류원만 남기면 전압원은 단락, 인덕터는 정상상태에서 단락이 된다. 따라서 12Ω과 2Ω이 병렬이므로 등가저항은 $R_{eq} = 12 \parallel 2 = \frac{12 \times 2}{12 + 2} = \frac{12}{7}\Omega$이다.
2. 전류원 14A가 만드는 노드전압은 $V = 14 \times \frac{12}{7} = 24V$이다. 따라서 2Ω 저항의 직류전류는 $I_{dc} = \frac{24}{2} = 12A$이고, 직류 전력은 $P_{dc} = 12^2 \times 2 = 288W$이다.
3. 교류 전압원만 남기면 전류원은 개방된다. 이때 회로는 12Ω, 2Ω, $j\omega L = j \times 20 \times 0.7 = j14$가 직렬이므로 전체 임피던스는 $Z = 14 + j14$이다.
4. 전압원 실효값은 $\frac{140}{\sqrt{2}}V$이고, 전류 실효값은 $I_{ac} = \frac{140/\sqrt{2}}{|14 + j14|} = \frac{140/\sqrt{2}}{14\sqrt{2}} = 5A$이다.
5. 2Ω 저항의 교류 평균전력은 $P_{ac} = 5^2 \times 2 = 50W$이다.
6. 최종 평균전력은 $P = 288 + 50 = 338W$이다.

### 선지 판단

1번 X: 238W는 실제 계산값 338W보다 100W 작다. 직류 성분과 교류 성분을 함께 보지 못했거나, 한 성분의 전력을 누락한 값이다. 올바르게는 2Ω 저항의 평균전력은 338W이다.
2번 X: 288W는 직류 전류원만 고려했을 때의 전력이다. 교류 전압원이 만드는 50W를 빠뜨린 값이다. 올바르게는 2Ω 저항의 평균전력은 338W이다.
3번 O: 직류 성분에서 288W, 교류 성분에서 50W가 나오므로 합은 338W이다.
4번 X: 388W는 실제 계산값 338W보다 50W 크다. 교류 전력을 중복해서 더했거나 실효값 처리를 잘못한 값이다. 올바르게는 2Ω 저항의 평균전력은 338W이다.

### 오답 포인트

가장 흔한 실수는 288W를 바로 정답으로 고르는 것이다. 이는 직류 전류원 해석까지만 하고, 교류 전압원만 남겼을 때 전류원의 개방과 인덕터의 리액턴스 $j14$를 반영하지 않은 경우이다. 또 140V를 실효값으로 착각하면 교류 전력이 과대 계산된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

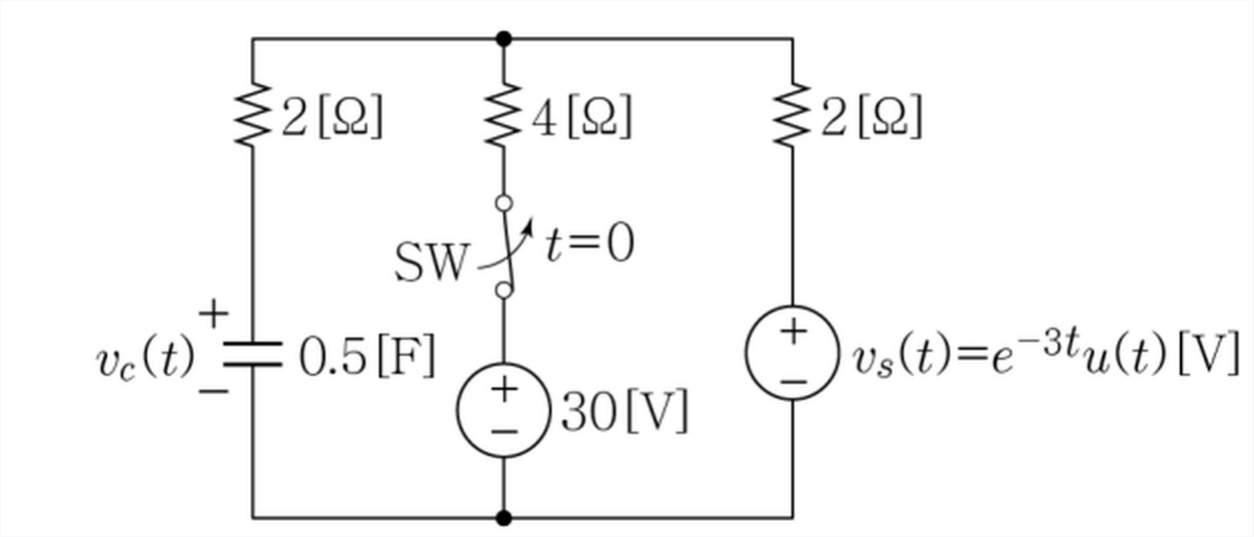
서로 다른 종류의 독립전원이 함께 있으면 먼저 중첩으로 직류와 교류를 분리한다. 직류에서는 인덕터를 단락, 교류 정상상태에서는 $j\omega L$로 바꾸고, 각 경우의 2Ω 저항 전력을 구해 마지막에 평균전력을 합산하면 된다.

### 암기 포인트

평균전력은 저항에서만 소모되며, 직류와 정현파가 함께 있으면 $P = I_{dc}^2 R + I_{ac,\,rms}^2 R$로 정리된다.

NoteBase

**문 3. 다음 회로에서 $t < 0$일 때 스위치(SW)는 오랫동안 닫혀있었다. $t = 0$일 때 스위치를 개방할 경우, $t \geq 0$일 때 $v_c(t)$는? (단, $u(t)$는 $t < 0$일 때는 0, $t \geq 0$일 때는 1의 값을 갖는 단위계단함수(unit step function)이다.)**




① $-0.4e^{-3t} + 10.4e^{-t/2}$ [V]

② $-0.2e^{-3t} + 10.2e^{-t/2}$ [V]

③ $10.4e^{-3t} - 0.4e^{-t/2}$ [V]

④ $10.2e^{-3t} - 0.2e^{-t/2}$ [V]

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 $t < 0$ 정상상태에서 초기 커패시터 전압을 구한 뒤, $t \geq 0$에서 스위치 개방 후의 1차 RC 미분방정식을 풀어 $v_c(t)$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값은 저항 2Ω, 4Ω, 2Ω, 커패시터 0.5$F$, 전압원 $v_s(t) = e^{-3t}u(t)$이다.
$t < 0$에서는 스위치가 오래 닫혀 있고 $u(t) = 0$이므로 오른쪽 전압원은 0 V이다.
$t \geq 0$에서는 스위치가 열려 가운데 가지가 제거되고, 왼쪽 2Ω와 오른쪽 2Ω가 커패시터와 전압원 사이의 직렬 4Ω가 된다.

NoteBase

### 사용할 공식

정상상태에서는 커패시터 전류가 0이므로 $v_c(0^-)$는 직류 노드전압으로 구한다.
스위치 개방 후에는
$C\frac{dv_c}{dt} = \frac{v_s - v_c}{R_{eq}}$
를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치가 열린 뒤 회로가 전압원 $v_s(t)$, 등가저항 $R_{eq} = 4\Omega$, 커패시터 $C = 0.5F$로 이루어진 1차 회로로 단순화되기 때문이다.

### 계산 과정

$t < 0$ 정상상태에서는 커패시터가 개방회로이므로 왼쪽 가지 전류가 0이고, 커패시터 윗단 전압은 상단 노드전압과 같다.
이때 오른쪽 전압원은 0 V이므로 상단 노드전압 $V$에 대해
$\frac{V-30}{4} + \frac{V}{2} = 0$
이고, 정리하면 $3V = 30$이므로 $V = 10$이다. 따라서
$v_c(0^-) = v_c(0^+) = 10$
이다.
$t \geq 0$에서는 가운데 가지가 끊어지므로
$0.5\frac{dv_c}{dt} = \frac{e^{-3t} - v_c}{4}$
이고,
$\frac{dv_c}{dt} + \frac{1}{2}v_c = \frac{1}{2}e^{-3t}$
가 된다.
특수해를 $v_p = Ae^{-3t}$로 두면
$(-3A + \frac{1}{2}A)e^{-3t} = \frac{1}{2}e^{-3t}$
이므로 $A = -0.2$이다. 자연응답은 $v_h = Be^{-t/2}$이므로
$v_c(t) = -0.2e^{-3t} + Be^{-t/2}$
이다.
초기조건 $v_c(0^+) = 10$을 대입하면 $-0.2 + B = 10$이어서 $B = 10.2$이다. 따라서
$v_c(t) = -0.2e^{-3t} + 10.2e^{-t/2}$
이다.

NoteBase

### 선지 판단

1번: X. 미분방정식의 강제응답 $Ae^{-3t}$ 계수는 $A=-0.2$여야 하는데 $-0.4$로 두 배 크게 잡은 식이다. 이 식은 $t=0$에서 값은 10이지만 초기기울기가 회로식의 $\dot{v}_c(0^+)=(1-10)/2=-4.5$와 맞지 않는다. 올바르게는 $v_c(t)=-0.2e^{-3t}+10.2e^{-t/2}$이다.
2번: O. $v_c(0^+)=10$, 자연응답 $e^{-t/2}$, 강제응답 $-0.2e^{-3t}$를 모두 만족하는 식이다. 회로 미분방정식과 초기조건을 동시에 만족하므로 정답이다.
3번: X. $e^{-3t}$ 항은 입력 $e^{-3t}$에 대한 강제응답인데 계수가 10.4가 될 수 없다. 특수해 계수는 반드시 $-0.2$가 되어야 한다. 올바르게는 $v_c(t)=-0.2e^{-3t}+10.2e^{-t/2}$이다.
4번: X. 강제응답과 자연응답의 계수와 부호가 모두 어긋난 식이다. 특히 $t=0$에서 초기기울기가 $-30.5$가 되어 회로식과 전혀 맞지 않는다. 올바르게는 $v_c(t)=-0.2e^{-3t}+10.2e^{-t/2}$이다.

### 오답 포인트

오래 닫힌 스위치의 정상상태에서 커패시터를 개방회로로 보지 못하거나, $u(t)$ 때문에 $t<0$에서 오른쪽 전압원이 0 V라는 점을 놓치면 초기조건부터 틀린다. 또 스위치 개방 후 두 개의 2Ω를 직렬 4Ω로 보지 못하면 시정수와 특수해 계수가 모두 어긋난다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

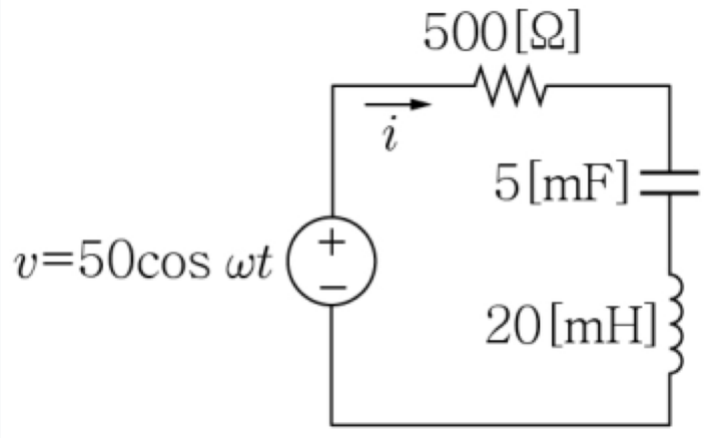
스위치-커패시터 문제는 먼저 $t<0$ 장시간 정상상태에서 $v_c(0^-)$를 구하고, 연속조건으로 $v_c(0^+)$를 옮긴다. 그다음 $t\geq 0$의 등가회로를 다시 그려 $R_{eq}C$와 입력함수를 확인한 뒤 1차 미분방정식의 자연응답과 강제응답을 합치면 된다.

### 암기 포인트

커패시터는 정상상태에서 개방회로이고 전압은 순간적으로 변하지 않는다. 따라서 스위치 문제는 $v_c(0^-)=v_c(0^+)$, 자연응답은 $e^{-t/(R_{eq}C)}$로 정리된다.

NoteBase

**문 4. 다음 회로에서 전압 $v[V]$와 전류 $i[A]$가 동상(in-phase)일 때, 전압 $v$의 각주파수 (angular frequency) $\omega$[rad/s]는?**




① 10

② 50

③ 100

④ 200

**정답 3번**

**출제 포인트**

직렬 RLC 회로에서 전압과 전류가 동상이 되는 공진 조건 $X_L = X_C$를 이용해 각주파수 $\omega$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값은 저항 $R = 500\Omega$, 인덕턴스 $L = 20mH = 0.02H$, 커패시턴스 $C = 5mF = 0.005F$이다.
구해야 할 값은 전압 $v$와 전류 $i$가 동상일 때의 각주파수 $\omega$이다.
직렬 회로에서 동상이라는 것은 전체 리액턴스가 0이어서 유도 리액턴스와 용량 리액턴스가 같다는 뜻이다.

**사용할 공식**

직렬 RLC 회로의 동상 조건은 $X_L = X_C$이다.
$\omega L = \frac{1}{\omega C}$
이를 정리하면
$\omega^2 = \frac{1}{LC}, \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 전압과 전류가 동상이라고 주어져 공진 상태를 바로 적용할 수 있기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 공진 조건 $\omega^2 = \frac{1}{LC}$에 $L = 0.02H, C = 0.005F$를 대입한다.
2. $LC = 0.02 \times 0.005 = 0.0001$
3. $\omega^2 = \frac{1}{0.0001} = 10000$
4. $\omega = \sqrt{10000} = 100rad/s$

따라서 각주파수는 $100rad/s$이다.

### 선지별 해설

① X

$\omega = 10rad/s$이면 $X_L = \omega L = 10 \times 0.02 = 0.2\Omega$, $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{10 \times 0.005} = 20\Omega$이어서 $X_L \neq X_C$이다. 틀린 값은 10이고, 올바르게는 $\omega = 100rad/s$이다.

② X

$\omega = 50rad/s$이면 $X_L = 1\Omega$, $X_C = 4\Omega$이어서 동상이 아니다. 틀린 값은 50이고, 올바르게는 $\omega = 100rad/s$이다.

③ O

$\omega = 100rad/s$이면 $X_L = 100 \times 0.02 = 2\Omega$, $X_C = \frac{1}{100 \times 0.005} = 2\Omega$가 되어 두 리액턴스가 같아진다. 전체 리액턴스가 0이므로 전압과 전류는 동상이다.

④ X

$\omega = 200rad/s$이면 $X_L = 4\Omega$, $X_C = 1\Omega$이어서 유도성 성분이 남는다. 틀린 값은 200이고, 올바르게는 $\omega = 100rad/s$이다.

### 오답 포인트

동상이라는 말을 저항값 $500\Omega$와 연결해 계산하려는 실수가 잦다. 이 문항의 핵심은 저항이 아니라 $X_L$와 $X_C$의 상쇄 조건이다. 또 $\omega^2 = \frac{1}{LC}$에서 제곱근을 빠뜨리거나 $mH$, $mF$를 그대로 두면 오답으로 이어진다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

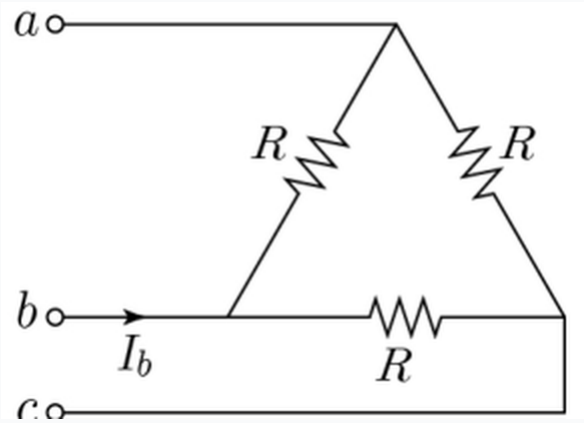
직렬 RLC 회로에서 동상, 역률 1, 공진이라는 표현이 나오면 먼저 $X_L = X_C$를 세운다. 그다음 $L$과 $C$를 기본 단위로 바꾼 뒤 $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$를 적용해 값을 판단한다.

### 암기 포인트

직렬 RLC 공진 조건은 $X_L = X_C$, 즉 $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$이다.

NoteBase

**문 5. 다음 회로의 b, c 양단에 $240[V]$ 전압을 인가 시 전류 $I_b$가 $12[A]$였다면, 저항 $R[\Omega]$은?**




① 22

② 30

③ 32

④ 42

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 $b$-$c$ 단자에서 본 등가저항을 구한 뒤 $V = IR$로 각 저항 $R$ 값을 역산하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: $V_{bc} = 240V$, $I_b = 12A$
구해야 할 값: 각 변의 저항 $R$
주의할 조건: $a$ 단자는 외부와 개방되어 있어도 위 꼭짓점 노드는 살아 있으므로, $b$-$c$ 사이에는 아래쪽 $R$ 한 갈래와 위쪽 $R + R = 2R$ 한 갈래가 병렬로 존재한다.

**사용할 공식**

전체 등가저항은 $R_{eq} = \frac{V}{I}$ 이다.
이 회로는 $R$ 과 $2R$ 의 병렬이므로
$R_{eq} = R \parallel 2R = \frac{R \cdot 2R}{R + 2R} = \frac{2R}{3}$
이 공식을 쓰는 이유는 $b$-$c$ 사이 전류가 두 갈래로만 나뉘고, 한 갈래는 저항 $R$ 하나, 다른 갈래는 직렬 저항 $2R$ 이기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 단자 $b$-$c$ 에서 본 전체 등가저항은 $R_{eq} = \frac{240}{12} = 20\Omega$ 이다.
2. 회로 합성으로는 $R_{eq} = R \parallel 2R = \frac{2R}{3}$ 이다.
3. 따라서 $\frac{2R}{3} = 20$ 이고, $R = 30\Omega$ 이다.

### 선지별 해설

① X: 22는 $\frac{2R}{3} = 20$ 을 만족하지 않는 값이다. 보기의 숫자는 전체 등가저항이 아니라 각 저항 $R$ 값이어야 하므로, 올바르게는 $R = 30\Omega$ 이다.
② O: $R_{eq} = 20\Omega$, $R_{eq} = \frac{2R}{3}$ 이므로 $R = 30\Omega$ 이다. 회로의 직렬·병렬 판단과 계산이 모두 맞다.
③ X: 32를 대입하면 $R_{eq} = \frac{2R}{3} = \frac{64}{3}\Omega$ 가 되어 주어진 $20\Omega$ 와 맞지 않는다. 틀린 값 32 대신 올바른 값은 $30\Omega$ 이다.
④ X: 42를 대입하면 $R_{eq} = 28\Omega$ 가 되어 조건과 어긋난다. 이 값은 $b$-$c$ 사이의 두 경로를 병렬이 아닌 다른 형태로 오판할 때 고르기 쉬우며, 올바르게는 $R = 30\Omega$ 이다.

### 오답 포인트

가장 흔한 함정은 $240/12 = 20\Omega$ 를 바로 $R$ 로 착각하는 것이다. $20\Omega$ 는 전체 등가저항이다. 또 아래 변의 $R$ 과 위로 돌아가는 $2R$ 이 같은 두 단자 $b$, $c$ 사이에 연결되어 있다는 점을 놓치면 병렬 판단을 틀리기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

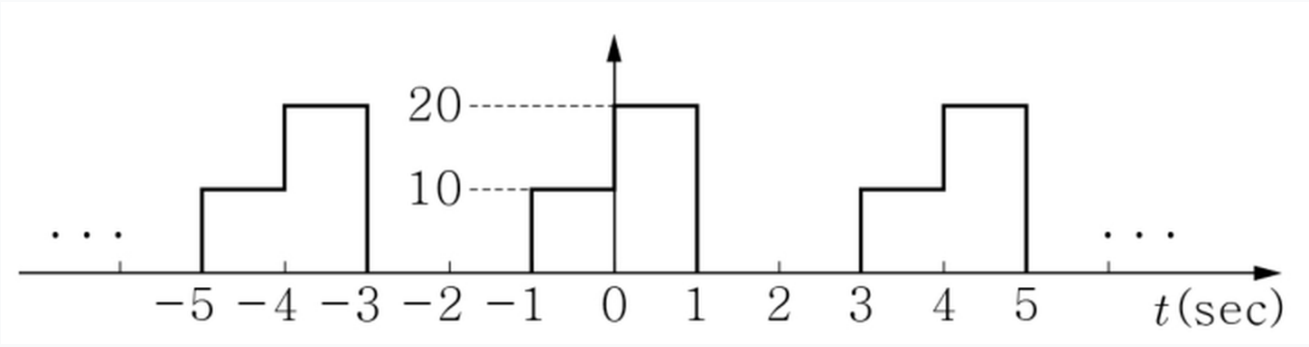
단자 두 점이 주어지면 먼저 그 두 점 사이의 전류 경로를 모두 찾고, 각 경로가 직렬인지 병렬인지부터 정리한다. 그다음 $R_{eq} = V/I$ 로 전체 저항을 구한 뒤, 합성식에 대입해 미지 저항을 역산하면 된다.

### 암기 포인트

$b$-$c$ 사이에 직접 경로 $R$ 과 우회 경로 $2R$ 이 보이면 등가저항은 $R \parallel 2R = \frac{2R}{3}$ 이다.

NoteBase

**문 6. 다음 그림과 같은 주기함수 파형의 실효값은?**




① $\frac{\sqrt{3}}{2}$

② $5\sqrt{5}$

③ $10\sqrt{2}$

④ 125

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 주기 계단파의 실효값 $V_{\text{rms}}$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

한 주기를 $-1 \le t < 3$으로 잡으면 주기 $T = 4s$이다.

주어진 값은 $v(t) = 10$이 1초, $v(t) = 20$이 1초, $v(t) = 0$이 2초이다.

구해야 할 값은 이 주기파의 실효값이다.

**사용할 공식**

실효값은

$V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_T v^2(t)dt} = \sqrt{\frac{\sum v_i^2 \Delta t_i}{T}}$

이다.

이 파형은 각 구간에서 값이 일정한 계단파이므로 구간별 $v_i^2 \Delta t_i$를 더해 계산하면 된다.

NoteBase

### 계산 과정

한 주기에서 제곱값의 시간합은 $10^2 \cdot 1 + 20^2 \cdot 1 + 0^2 \cdot 2 = 100 + 400 = 500$이다.
따라서 평균제곱값은 $\frac{500}{4} = 125$이다.
그러므로 실효값은
V_rms=√(125)=55
이다.

### 선지별 해설

① X
- 제시값 (3)/(2)는 이 계단파의 제곱평균제곱근 계산 결과와 맞지 않는다. 틀린 값 (3)/(2) → 올바르게는 55이다.

② O
- 한 주기에서 10이 1초, 20이 1초, 0이 2초이므로 실효값은 (10^2·1+20^2·1+0^2·2)/(4)=55이다.

③ X
- 102는 20 구간만 반영하고 10 구간 1초를 빠뜨릴 때 나오는 오답값이다. 틀린 값 102 → 올바르게는 55이다.

④ X
- 125는 실효값이 아니라 평균제곱값 $V_{\text{rms}}^2$이다. 제곱근을 한 번 더 취해야 한다. 틀린 값 125 → 올바르게는 55이다.

### 오답 포인트

실효값을 평균값으로 착각하거나, 평균제곱값까지만 구하고 제곱근을 빼먹기 쉽다. 또한 0이 아닌 각 구간의 지속시간을 모두 반영하지 않으면 ③과 같은 오답이 나온다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

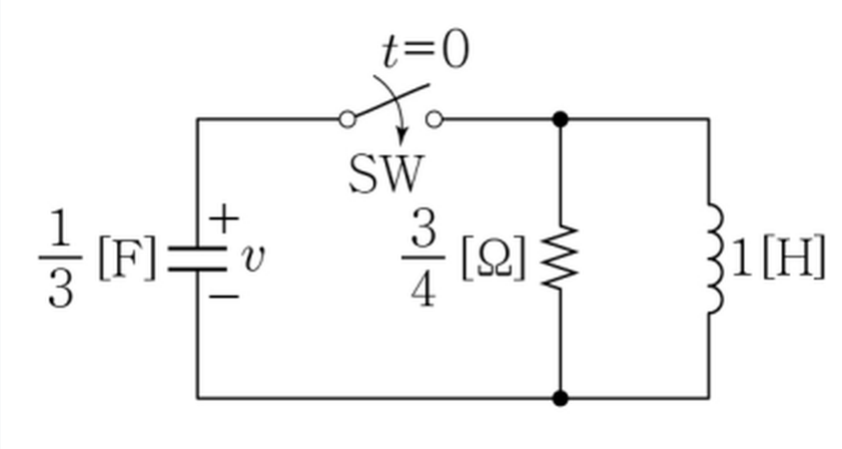
주기파 실효값 문제는 먼저 한 주기와 각 구간의 지속시간을 정리한 뒤, $\sqrt{\frac{\sum v_i^2 \Delta t_i}{T}}$로 계산하면 된다. 값이 0인 구간도 전체 주기 $T$에는 반드시 포함된다.

### 암기 포인트

실효값은 값을 제곱해 시간평균한 뒤 마지막에 제곱근을 취한 값이다.

NoteBase

**문 7. 다음 회로에서 $t < 0$에서 스위치(SW)가 오랫동안 개방되어 있었고 전압 $v$의 초기값 $v(0^-) = 2[V]$이다. $t = 0$에서 스위치(SW)가 연결될 경우 $t \geq 0$에서 전압 $v(t)$는?**




① $-e^{-t} + 3e^{-3t}$

② $-e^{-t} - 3e^{-3t}$

③ $e^{-t} + 3e^{-3t}$

④ $e^{-t} - 3e^{-3t}$

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 스위치 연결 후 병렬 RLC 자연응답에서 초기 커패시터 전압과 초기 인덕터 전류를 이용해 $v(t)$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: $C = \frac{1}{3}F, R = \frac{3}{4}\Omega, L = 1H, v(0^-) = 2V$이다.
구해야 할 값: $t \geq 0$에서 전압 $v(t)$이다.
주의할 조건: 커패시터 전압은 연속이므로 $v(0^+) = 2V$이고, 스위치가 오래 열려 있었으므로 인덕터 전류는 $i_L(0^-) = i_L(0^+) = 0$이다.

NoteBase

### 사용할 공식

병렬 RLC 자연응답에서는 KCL로 $i_C + i_R + i_L = 0$을 세운다. 즉
$\frac{1}{3}\frac{dv}{dt} + \frac{4}{3}v + i_L = 0$
이고 이를 한 번 미분하면
$\frac{1}{3}\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{4}{3}\frac{dv}{dt} + v = 0$
이므로
$\frac{d^2v}{dt^2} + 4\frac{dv}{dt} + 3v = 0$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치가 닫힌 뒤 커패시터, 저항, 인덕터가 모두 같은 두 단자에 병렬로 연결된 자연응답 회로이기 때문이다.

### 계산 과정

1. 특성방정식은 $s^2 + 4s + 3 = 0$이므로 근은 $s = -1,\ -3$이다.
2. 따라서 $v(t) = Ae^{-t} + Be^{-3t}$이다.
3. 초기조건 $v(0^+) = 2$를 대입하면 $A + B = 2$이다.
4. $t = 0^+$에서 KCL을 쓰면 $\frac{1}{3}v'(0^+) + \frac{4}{3}v(0^+) + i_L(0^+) = 0$이고, $v(0^+) = 2$, $i_L(0^+) = 0$이므로 $v'(0^+) = -8$이다.
5. $v'(t) = -Ae^{-t} - 3Be^{-3t}$이므로 $-A - 3B = -8$, 즉 $A + 3B = 8$이다.
6. 연립하면 $B = 3$, $A = -1$이어서 $v(t) = -e^{-t} + 3e^{-3t}$이다.

### 선지별 해설

① O: 계산 결과가 바로 $v(t) = -e^{-t} + 3e^{-3t}$이므로 옳다.
② X: $-3e^{-3t}$의 부호가 틀렸다. 올바르게는 $+3e^{-3t}$이어야 하므로 $v(t) = -e^{-t} + 3e^{-3t}$이다.
③ X: $e^{-t}$의 부호가 틀렸다. 올바르게는 첫 항이 $-e^{-t}$이어야 하므로 $v(t) = -e^{-t} + 3e^{-3t}$이다.
④ X: 두 항의 부호가 모두 틀렸다. 올바르게는 $-e^{-t} + 3e^{-3t}$이다.

### 오답 포인트

이 문항의 함정은 초기조건을 하나만 쓰고 계수를 정하는 데 있다. $v(0^+) = 2$만 쓰면 계수 두 개를 정할 수 없고, 반드시 $i_L(0^+) = 0$까지 이용해 $v'(0^+) = -8$을 구해야 한다. 오답식들은 대체로 첫 항 또는 둘째 항의 부호를 잘못 잡은 경우이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

병렬 RLC 자연응답은 먼저 $v(0^+)$와 $i_L(0^+)$ 같은 저장에너지 초기조건을 정리하고, KCL로 미분방정식을 만든 뒤 특성근과 초기조건 두 개로 계수를 정하면 된다.

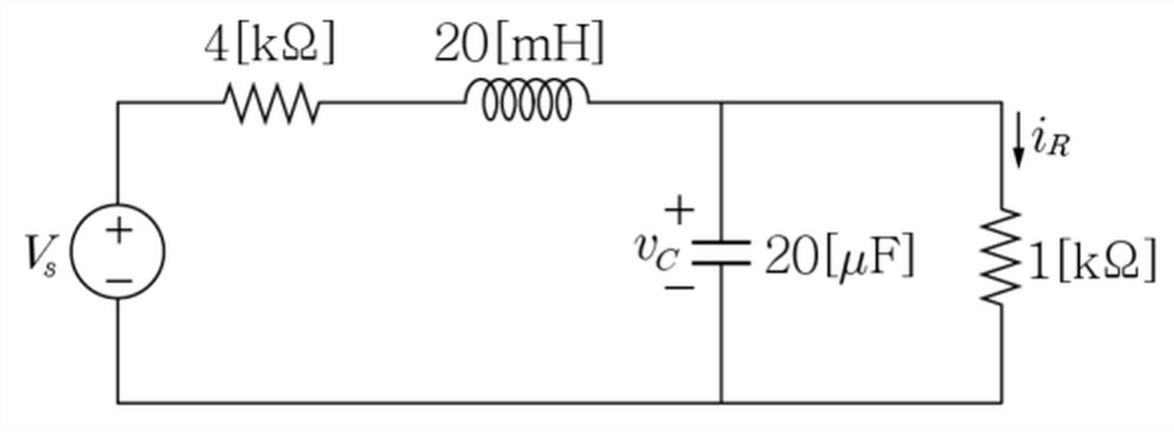
NoteBase

**암기 포인트**

병렬 RLC 자연응답은 KCL, 특성근, 저장소자 초기조건 두 개로 끝난다.

NoteBase

**문 8. 다음 회로에서 $V_s$가 직류 10[V]이고 충분한 시간이 흘렀을 때, $v_C$ 및 $i_R$는?**




① 1[V], 1[mA]

② 1[V], 2[mA]

③ 2[V], 1[mA]

④ 2[V], 2[mA]

**정답 4번**

**출제 포인트**

충분한 시간이 흐른 직류 정상상태에서 인덕터는 단락, 커패시터는 개방으로 바뀐다고 보고 $v_C$와 $i_R$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

- 전원은 직류 $V_s = 10V$이다.
- 충분한 시간이 흐른 뒤이므로 인덕터 $20mH$는 단락, 커패시터 $20\mu F$는 개방이다.
- 따라서 회로는 $4k\Omega$와 $1k\Omega$가 직렬인 회로로 단순화된다.
- $v_C$는 $1k\Omega$ 양단 전압과 같고, $i_R$는 $1k\Omega$를 지나는 전류이다.

**사용할 공식**

$i_R = \frac{V_s}{4k\Omega + 1k\Omega}$

$v_C = i_R \cdot 1k\Omega$

이 공식을 쓰는 이유는 정상상태에서 인덕터가 도선처럼, 커패시터가 끊어진 가지처럼 동작하므로 남는 회로가 저항 직렬회로이기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 정상상태 치환을 하면 인덕터는 단락, 커패시터는 개방이다.
2. 등가회로의 전체 저항은 $4k\Omega + 1k\Omega = 5k\Omega$이다.
3. 따라서 저항 전류는 $i_R = \frac{10V}{5k\Omega} = 2mA$ 이다.
4. 커패시터 전압은 $1k\Omega$ 저항과 병렬인 노드 전압이므로 $v_C = i_R \cdot 1k\Omega = 2mA \times 1k\Omega = 2V$ 이다.

### 선지별 해설

① X: $v_C = 1V$, $i_R = 1mA$라고 본 값이다. 실제로는 전체 저항이 $5k\Omega$이므로 $i_R = 2mA$이고, 따라서 $v_C = 2V$이다. 틀린 표현은 "$1V$, $1mA$"이고, 올바르게는 "$2V$, $2mA$"이다.
② X: $i_R = 2mA$는 맞지만 $v_C = 1V$가 틀리다. $1k\Omega$ 저항 양단 전압은 $2mA \times 1k\Omega = 2V$이므로 올바르게는 "$2V$, $2mA$"이다.
③ X: $v_C = 2V$는 맞지만 $i_R = 1mA$가 틀리다. 직렬회로 전류는 $10V/5k\Omega = 2mA$이므로 올바르게는 "$2V$, $2mA$"이다.
④ O: 정상상태에서 $i_R = 2mA$, $v_C = 2V$가 된다. 두 값이 모두 계산 결과와 일치한다.

### 오답 포인트

인덕터와 커패시터의 정상상태 등가를 반대로 외우면 오답이 된다. 또 $v_C$를 커패시터 고유의 별도 값으로 보지 말고, 병렬인 $1k\Omega$ 양단 전압과 같은 노드 전압으로 봐야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

직류에서 충분한 시간이 흐른 회로는 먼저 인덕터를 단락, 커패시터를 개방으로 치환한 뒤 남은 저항회로에서 전류와 노드 전압을 계산하면 된다.

### 암기 포인트

직류 정상상태는 인덕터 단락, 커패시터 개방이다.

NoteBase

**문 9. 어느 코일에 직류전압 90[V]를 가하면 270[W]의 전력을 소비하고, 교류전압 200[V]를 가하면 480[W]의 전력을 소비한다고 할 때, 코일의 저항 [Ω] 및 리액턴스 [Ω]는?**

① 20, 8.33

② 20, 40

③ 30, 40

④ 30, 8.33

**정답 3번**

### 출제 포인트

이 문제는 직류에서 구한 코일의 저항과 교류 유효전력식을 이용해 리액턴스를 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 직류전압 $90V$, 직류소비전력 $270W$, 교류전압 $200V$, 교류소비전력 $480W$이다.
구해야 할 값: 코일의 저항 $R$과 리액턴스 $X$이다.
주의할 조건: 직류 정상상태에서는 유도 리액턴스가 0이므로 저항만 남고, 교류 유효전력은 저항 성분에서만 소비된다.

### 사용할 공식

직류에서는 $P = \frac{V^2}{R}$이므로 $R = \frac{V^2}{P}$이다.
교류에서는 $P = I^2R, Z = \frac{V}{I}, Z = \sqrt{R^2 + X^2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 코일은 저항 $R$과 리액턴스 $X$를 함께 가지며, 직류 조건으로 저항을 먼저 확정한 뒤 교류 조건에서 임피던스와 리액턴스를 분리할 수 있기 때문이다.

### 계산 과정

1. 직류 조건에서 저항을 구한다.
$R = \frac{V^2}{P} = \frac{90^2}{270} = 30\Omega$
2. 교류 조건에서 전류와 임피던스를 구한다.
$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{480}{30}} = 4A$
$Z = \frac{V}{I} = \frac{200}{4} = 50\Omega$
3. 임피던스와 저항으로 리액턴스를 구한다.
$X = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{50^2 - 30^2} = \sqrt{1600} = 40\Omega$
따라서 코일의 저항은 30Ω, 리액턴스는 40Ω이다.

NoteBase

### 선지 판단

1번 X: 저항을 20Ω로 두면 직류전력이 $\frac{90^2}{20} = 405W$가 되어 주어진 $270W$와 맞지 않는다. 틀린 값은 저항 20이며, 올바르게는 30Ω, 40Ω이다.
2번 X: 리액턴스 40Ω는 맞지만 저항 20Ω가 직류 조건과 맞지 않는다. 틀린 값은 저항 20이며, 올바르게는 저항이 30Ω이다.
3번 O: 직류 조건에서 $R = 30\Omega$, 교류 조건에서 $Z = 50\Omega$가 되므로 $X = 40\Omega$가 된다. 계산 결과와 정확히 일치한다.
4번 X: 저항 30Ω는 맞지만 리액턴스 8.33Ω이면 $Z = \sqrt{30^2 + 8.33^2} \approx 31.1\Omega$가 되어 교류전력 $480W$ 조건을 만족하지 못한다. 틀린 값은 리액턴스 8.33이며, 올바르게는 리액턴스가 40Ω이다.

### 오답 포인트

교류에서 소비전력이 주어졌다고 해서 $P = \frac{V^2}{Z}$로 바로 두면 틀린다. 유효전력은 저항에서만 소비되므로 먼저 직류 조건으로 $R$을 구하고, 교류에서는 $P = I^2R$로 전류를 구한 뒤 $Z$와 $X$를 찾아야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

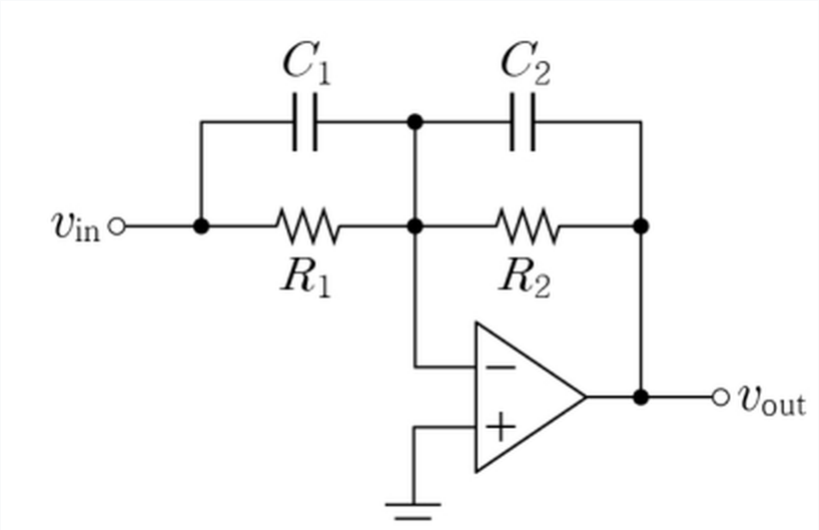
코일의 직류·교류 비교 문제는 직류 조건으로 저항 $R$을 먼저 확정하고, 교류 유효전력식으로 전류 또는 임피던스를 구한 뒤, 마지막에 $Z^2 = R^2 + X^2$로 리액턴스를 판단하는 순서로 풀면 된다.

### 암기 포인트

직류에서는 저항만 보이고, 교류 유효전력은 $I^2R$, 리액턴스는 $Z^2 = R^2 + X^2$로 정리된다.

NoteBase

**문 10. 다음과 같이 이상적인 연산증폭기를 사용하여 필터(filter) 회로를 구현하고자 한다. 이 회로구조에서 $C_1$, $C_2$, $R_1$, $R_2$ 값을 변경하더라도 상대적으로 얻기 어려운 필터 특성은?**




① 저역통과필터(low-pass-filter) 특성

② 고역통과필터(high-pass-filter) 특성

③ 대역통과필터(band-pass-filter) 특성

④ 전대역통과필터(all-pass-filter) 특성

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 이상적 반전 증폭기에서 입력 임피던스와 피드백 임피던스를 각각 병렬 $RC$망으로 두었을 때의 전달함수 $H(s) = -\frac{Z_f}{Z_{in}} = -\frac{R_2}{R_1}\frac{1+sR_1C_1}{1+sR_2C_2}$를 보고 어떤 필터 특성이 가능한지 판단하는 문제이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X
저역통과는 저주파 이득이 크고 고주파 이득이 작으면 되므로 이 구조에서도 $\frac{R_2}{R_1} > \frac{C_1}{C_2}$가 되게 잡으면 저주파 쪽이 더 크게 남는 저역통과형 응답을 만들 수 있다.
틀린 표현 → 저역통과는 불가능하다.
올바르게는 저역통과형 특성은 얻을 수 있다.

② X
고역통과는 저주파 이득보다 고주파 이득이 크게 되면 되므로 $\frac{R_2}{R_1} < \frac{C_1}{C_2}$가 되게 잡으면 고주파 쪽 이득이 상대적으로 커지는 고역통과형 응답을 만들 수 있다.
틀린 표현 → 고역통과는 불가능하다.
올바르게는 고역통과형 특성은 얻을 수 있다.

③ O
이 회로의 전달함수는 1차 영점 1개와 1차 극점 1개만 가지므로 양 끝 주파수에서 이득이 각각 $|H(0)| = \frac{R_2}{R_1}$, $|H(\infty)| = \frac{C_1}{C_2}$로 모두 0이 아닌 유한값이 된다. 따라서 저주파와 고주파를 둘 다 감쇠시키고 중간 대역만 통과시키는 대역통과 특성은 상대적으로 얻기 어렵다.

④ X
전달함수의 분자와 분모 시정수를 같게 두면 $R_1C_1 = R_2C_2$가 되어 주파수에 따른 크기 변화가 사라진다. 특히 $R_1 = R_2, C_1 = C_2$이면 $H(s) = -1$이 되어 전대역통과형으로 볼 수 있다.
틀린 표현 → 전대역통과는 이 구조에서 어렵다.
올바르게는 시정수를 맞추면 전대역통과형 특성은 만들 수 있다.

### 오답 포인트

대역통과인지 여부를 저주파와 고주파의 극한값으로 확인하지 않고, 커패시터가 두 개 있다는 이유만으로 중간 대역 필터를 떠올리면 오답이 된다. 이 구조는 극점과 영점이 하나씩인 1차 비율형 전달함수이므로 양 끝 이득이 동시에 0으로 가기 어렵다는 점이 핵심이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

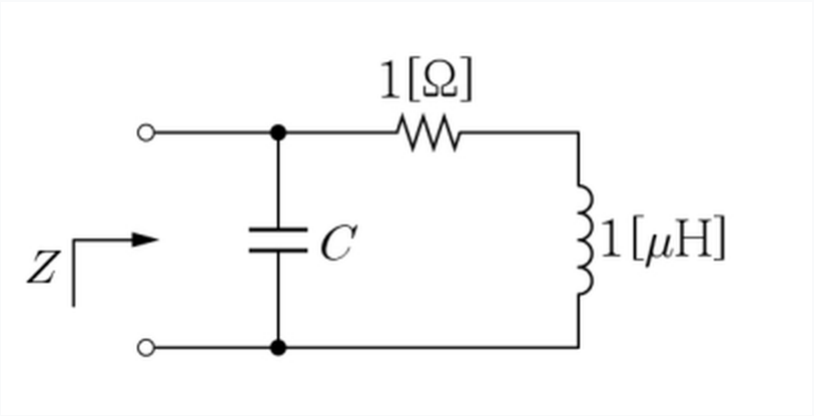
반전 증폭기 회로가 보이면 먼저 $H(s) = -Z_f/Z_{in}$를 쓴다. 그다음 $\omega \to 0$과 $\omega \to \infty$에서 이득이 각각 어떻게 되는지 보면 저역통과형, 고역통과형, 전대역통과형 가능 여부와 대역통과형의 어려움을 빠르게 가를 수 있다.

### 암기 포인트

병렬 $RC$ 대 병렬 $RC$의 반전 증폭기는 $H(s) = -\frac{R_2}{R_1}\frac{1+sR_1C_1}{1+sR_2C_2}$ 꼴이므로 양 끝 이득이 남고, 그래서 대역통과가 가장 불리하다.

NoteBase

**문 11. 다음 회로에서 $\omega = 1$[Mrad/sec]일 때 등가임피던스 $Z$가 2[Ω]이 되기 위한 $C$는?**




① $\frac{1}{2\pi}[\mu F]$
② $\frac{1}{4\pi}[\mu F]$
③ $1[\mu F]$
④ $0.5[\mu F]$

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 병렬회로의 어드미턴스를 이용해 등가임피던스가 2Ω가 되도록 하는 커패시턴스를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값:
- 각주파수는 $\omega = 1 \times 10^6 rad/s$이다.
- 저항은 $R = 1\Omega$이다.
- 인덕턴스는 $L = 1\mu H$이므로 $\omega L = 1\Omega$이다.
- 커패시터는 입력단에 병렬로 연결되어 있다.

구해야 할 값:
- 등가임피던스 $Z$가 2Ω가 되게 하는 $C$이다.

주의할 조건:
- 병렬회로이므로 임피던스보다 어드미턴스를 먼저 합하는 편이 빠르다.
- 문제에서 준 것은 주파수 $f$가 아니라 각주파수 $\omega$이다.

NoteBase

**사용할 공식**

$Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R + j\omega L} + j\omega C$

$\frac{1}{1+j} = \frac{1-j}{2} = \frac{1}{2} - j\frac{1}{2}$

이 공식을 쓰는 이유:

입력단에서 보면 커패시터 가지와 $R-L$ 직렬 가지가 병렬이므로 각 가지의 어드미턴스를 더하면 전체 어드미턴스를 바로 구할 수 있다.

**계산 과정**

1. $R-L$ 직렬 가지의 임피던스는 $Z_{RL} = 1 + j\omega L = 1 + j\Omega$이다.
2. 따라서 그 어드미턴스는

$Y_{RL} = \frac{1}{1+j} = \frac{1-j}{2} = \frac{1}{2} - j\frac{1}{2}$

이다.

3. 커패시터 어드미턴스는 $Y_C = j\omega C$이므로 전체 어드미턴스는

$Y = Y_{RL} + Y_C = \frac{1}{2} + j\left(\omega C - \frac{1}{2}\right)$

이다.

4. 등가임피던스 $Z$가 $2\Omega$라는 것은 전체 어드미턴스가 $\frac{1}{2}S$인 순저항 상태라는 뜻이므로 허수부가 0이어야 한다.
5. 따라서

$\omega C - \frac{1}{2} = 0$

$C = \frac{1}{2\omega} = \frac{1}{2 \times 10^6} F = 0.5 \times 10^{-6} F = 0.5\mu F$

이다.

NoteBase

**기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2017**

**선지 판단**

① X
- $\frac{1}{2\pi}\mu F$는 약 $0.159\mu F$로 계산 결과 $0.5\mu F$와 다르다.
- 틀린 표현은 값 자체이다. 올바르게는 $0.5\mu F$이다.
- 이 값은 문제에서 준 $\omega$를 일반 주파수처럼 다루어 $2\pi$를 잘못 끼워 넣을 때 나오기 쉽다.

② X
- $\frac{1}{4\pi}\mu F$는 약 $0.0796\mu F$로 계산 결과와 다르다.
- 틀린 표현은 값 자체이다. 올바르게는 $0.5\mu F$이다.
- 각주파수 처리와 계수 $\frac{1}{2}$를 함께 잘못 다루면 나오는 오답이다.

③ X
- $1\mu F$는 $\omega C = 1$로 둘 때의 값이지만, 실제로는 전체 어드미턴스의 허수부를 0으로 만들어야 하므로 $\omega C = \frac{1}{2}$가 되어야 한다.
- 틀린 표현은 값 자체이다. 올바르게는 $0.5\mu F$이다.

④ O
- 계산 결과 $C = 0.5\mu F$이므로 옳다.

**오답 포인트**

직렬 $R-L$ 가지를 임피던스로만 붙잡고 계산하면 식이 길어지고 실수가 늘어난다. 핵심 함정은 $\frac{1}{1+j} = \frac{1-j}{2}$를 놓치거나, $\omega$를 $f$로 착각해 $2\pi$를 잘못 넣는 데 있다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

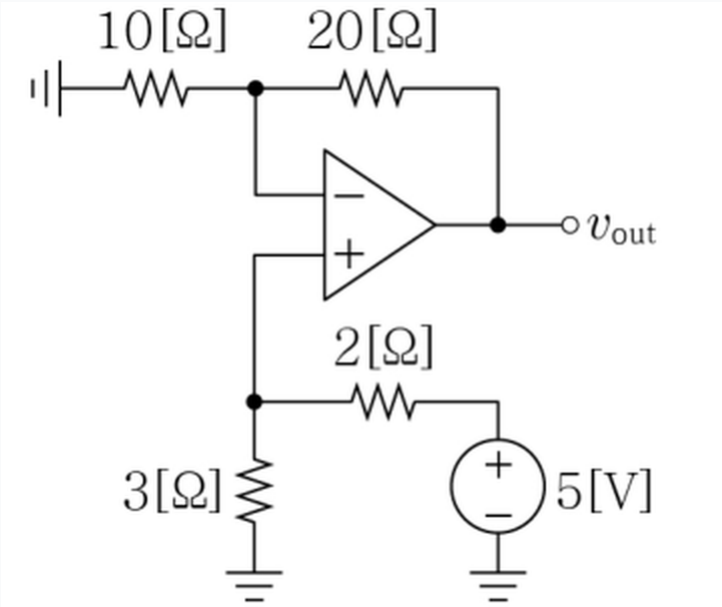
병렬회로에서 등가임피던스 조건이 주어지면 먼저 각 가지를 어드미턴스로 바꾼다. 그다음 실수부와 허수부를 분리해 순저항 조건이면 허수부를 0으로 맞추고, 마지막에 $\omega$와 $f$를 다시 구분해 단위를 검산한다.

**암기 포인트**

병렬 $R-L-C$ 문제는 $Z$보다 $Y$가 빠르다. $\frac{1}{1+j} = \frac{1-j}{2}$, 순저항 조건은 전체 어드미턴스의 허수부가 0이다.

NoteBase

**문 12. 다음의 이상적인 연산증폭기 회로에서 $v_{out}$[V]은?**




① 2

② 4

③ 6

④ 9

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 이상적인 연산증폭기에서 비반전 증폭기 관계와 분압을 이용해 $v_{out}$을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

- 비반전 입력은 2Ω와 3Ω로 이루어진 분압회로에 연결되어 있다.
- 반전 입력은 출력과 20Ω, 접지와 10Ω로 연결된 음귀환 회로이다.
- 이상적인 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고, 음귀환이 걸리면 $V_- = V_+$이다.

NoteBase

**사용할 공식**

비반전 입력 전압은
$V_+ = 5 \times \frac{3}{2+3} = 3V$
이다.

비반전 증폭기의 출력전압은
$V_{out} = \left(1 + \frac{20}{10}\right) V_+ = 3 \times 3 = 9V$
이다.

이 공식을 쓰는 이유는 +단자에 기준전압이 들어가고, −단자는 출력의 분압이 되므로 전형적인 비반전 증폭기 구조이기 때문이다.

**계산 과정**

1. +단자 전압을 분압으로 구하면 $V_+ = 5 \times \frac{3}{5} = 3V$이다.
2. 이상적인 연산증폭기와 음귀환 조건에서 $V_- = V_+ = 3V$이다.
3. −단자는 출력 $V_{out}$이 20Ω와 10Ω로 분압된 값이므로 $V_- = V_{out} \times \frac{10}{20+10}$이다.
4. 따라서 $3 = V_{out} \times \frac{10}{30}$이고, $V_{out} = 9V$이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X
- $v_{out} = 2V$라면 반전 입력 전압은 $V_- = 2 \times \frac{10}{30} = \frac{2}{3}V$가 된다. 이는 $V_+ = 3V$와 같지 않아 이상적인 음귀환 조건을 만족하지 못한다.
- 틀린 표현은 '출력전압이 2V이다'이며, 올바르게는 '출력전압은 9V이다'이다.

② X
- $v_{out} = 4V$라면 반전 입력 전압은 $V_- = 4 \times \frac{10}{30} = \frac{4}{3}V$가 된다. 역시 $V_+ = 3V$와 일치하지 않는다.
- 틀린 표현은 '출력전압이 4V이다'이며, 올바르게는 '출력전압은 9V이다'이다.

③ X
- $v_{out} = 6V$라면 반전 입력 전압은 $V_- = 6 \times \frac{10}{30} = 2V$가 된다. 이상적인 연산증폭기에서는 $V_- = V_+$이어야 하므로 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 '출력전압이 6V이다'이며, 올바르게는 '출력전압은 9V이다'이다.

④ O
- $v_{out} = 9V$라면 반전 입력 전압은 $V_- = 9 \times \frac{10}{30} = 3V$가 된다. 이는 분압으로 구한 $V_+ = 3V$와 같아 이상적인 음귀환 조건을 만족한다.
- 따라서 ④가 옳다.

### 오답 포인트

비반전 입력의 분압값 $3V$를 먼저 구하지 않고 바로 출력을 추정하면 오답이 나온다. 또 −단자의 10Ω, 20Ω를 단순 직렬저항으로만 보거나, 비반전 증폭기 이득 $1 + \frac{R_f}{R_g}$에서 1을 빠뜨리면 6V 이하의 오답으로 흐르기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

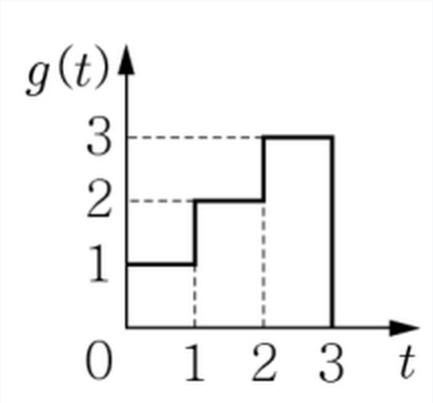
연산증폭기 계산형 문제는 먼저 +단자 전압을 구하고, 다음에 이상적인 음귀환 조건 $V_- = V_+$을 세운 뒤, 마지막으로 피드백 저항비로 출력전압을 역산하는 순서로 판단한다.

### 암기 포인트

이상적인 비반전 증폭기는 $V_{out} = \left(1 + \frac{R_f}{R_g}\right)V_+$이고, 음귀환이 걸리면 항상 $V_- = V_+$이다.

NoteBase

**문 13. 다음 그림과 같은 함수를 라플라스 변환한 $G(s)$는?**




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

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

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

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

**정답 3번**

**출제 포인트**

계단형 파형을 단위계단함수의 합과 차로 표현한 뒤 시간지연 라플라스 변환 $\mathcal{L}\{u(t-a)\}=e^{-as}/s$를 적용하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 함수는 $0 \le t < 1$에서 1, $1 \le t < 2$에서 2, $2 \le t < 3$에서 3, $t \ge 3$에서 0이다.
구해야 할 값은 $G(s)=\mathcal{L}\{g(t)\}$ 이다.
주의할 점은 처음 높이 1을 포함해야 하고, $t=3$에서 3만큼 한 번에 내려가 0이 된다는 점이다.

**사용할 공식**

그래프를 단위계단함수로 쓰면 $g(t)=u(t)+u(t-1)+u(t-2)-3u(t-3)$ 이다.
따라서 $G(s)=\frac{1}{s}+\frac{e^{-s}}{s}+\frac{e^{-2s}}{s}-\frac{3e^{-3s}}{s}=\frac{1}{s}(1+e^{-s}+e^{-2s}-3e^{-3s})$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 그림이 구간마다 높이가 일정한 계단형 함수이므로 각 점프를 단위계단함수의 증가량으로 바로 표현할 수 있기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

1. $t=0$에서 높이 1로 시작하므로 기본항은 $u(t)$ 이다.
2. $t=1$에서 1만큼 증가하고 $t=2$에서 다시 1만큼 증가하므로 $+u(t-1)+u(t-2)$ 를 더한다.
3. $t=3$에서 3에서 0으로 내려가므로 $-3u(t-3)$ 를 더한다.
4. 각 항의 라플라스 변환을 취하면 $G(s)=\frac{1}{s}(1+e^{-s}+e^{-2s}-3e^{-3s})$ 이고, 이는 ③과 같다.

### 선지별 해설

① X: 계수열 $1,\ -2,\ 3,\ -4$는 각 점프의 크기를 잘못 잡은 식이다. 이 함수는 $t=1,\ 2$에서 각각 1씩 증가하고 $t=3$에서 3만큼 감소한다. 올바르게는 $\frac{1}{s}(1+e^{-s}+e^{-2s}-3e^{-3s})$ 이다.
② X: $\frac{1}{s}e^{-s}$부터 시작한 것은 $0\le t<1$ 구간의 기본값 1을 빠뜨린 식이다. 처음 높이 1이 반드시 포함되어야 하므로 올바르게는 $\frac{1}{s}(1+e^{-s}+e^{-2s}-3e^{-3s})$ 이다.
③ O: 그래프를 $u(t)+u(t-1)+u(t-2)-3u(t-3)$ 로 표현하면 라플라스 변환이 바로 $\frac{1}{s}(1+e^{-s}+e^{-2s}-3e^{-3s})$ 가 된다. 따라서 정답식과 정확히 일치한다.
④ X: $2e^{-s}-3e^{-2s}+4e^{-3s}$는 초기값 1을 누락했고 증가량과 감소량의 부호도 맞지 않는다. 특히 $t=3$ 에서는 4가 아니라 3만큼 감소해야 한다. 올바르게는 $\frac{1}{s}(1+e^{-s}+e^{-2s}-3e^{-3s})$ 이다.

### 오답 포인트

이 문항의 함정은 구간값 자체를 그대로 옮기지 않고, 높이의 변화량으로 단위계단함수를 써야 한다는 점이다. 특히 처음 높이 1을 빼먹거나, $t=3$에서 3만큼 내려가는 부분을 $-u(t-3)$ 또는 $-4u(t-3)$처럼 잘못 쓰기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

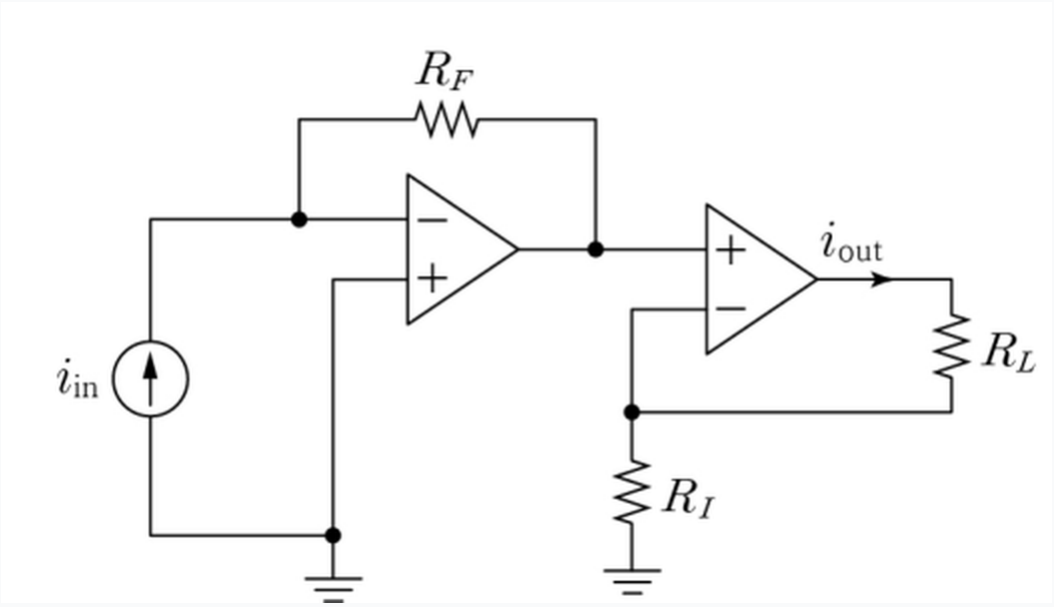
계단형 함수가 나오면 각 구간의 높이를 바로 적지 말고 변화 시점마다 얼마만큼 올라가고 내려가는지를 먼저 본다. 그 뒤 $u(t-a)$의 계수를 변화량으로 적고 $\mathcal{L}\{u(t-a)\}=e^{-as}/s$를 적용하면 된다.

### 암기 포인트

계단함수는 절대높이가 아니라 점프량으로 쓴다. 이 문제는 $1,\ +1,\ +1,\ -3$의 변화량만 잡으면 끝난다.

NoteBase

**문 14. 다음의 이상적인 연산증폭기를 이용한 회로에서 $\frac{i_{out}}{i_{in}}$은?**




① $-\frac{R_F}{R_I}$
② $-\frac{R_F}{R_L+R_I}$
③ $-\left(1+\frac{R_F}{R_I}\right)$
④ $\frac{R_I+R_F}{R_L}$

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 1단 트랜스임피던스 증폭기와 2단 전류 구동 구조를 이용해 $\frac{i_{out}}{i_{in}}$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

- 1단 연산증폭기는 +단자가 접지된 이상적 반전형 구조이다.
- 입력 전류 $i_{in}$은 1단의 가상접지 노드로 들어간다.
- 2단 연산증폭기는 +단자 전압과 −단자 전압을 같게 만든다.
- 2단의 −단자 노드는 $R_L$과 $R_I$ 사이의 노드이다.

NoteBase

**기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2017**

### 사용할 공식

$v_1 = -i_{in}R_F$

$v_- = v_+ = v_1, \quad i_{out} = \frac{v_1}{R_l}$

따라서

$\frac{i_{out}}{i_{in}} = -\frac{R_F}{R_l}$

이 공식을 쓰는 이유:

1단은 전류를 전압으로 바꾸고, 2단은 −단자 전압을 $v_1$로 강제하여 $R_l$에 흐르는 전류를 그대로 출력전류로 만들기 때문이다.

### 계산 과정

1. 1단은 가상접지이므로 입력 전류 $i_{in}$이 그대로 $R_F$를 흐른다. 따라서 1단 출력은 $v_1 = -i_{in}R_F$이다.
2. 2단은 이상적 연산증폭기이므로 $v_- = v_+ = v_1$이다. 따라서 $R_l$ 상단 전압도 $v_1$이다.
3. $R_l$ 전류는 $\frac{v_1}{R_l}$이고, 연산증폭기 입력전류는 0이므로 같은 전류가 $R_L$을 통해 흘러 $i_{out}$이 된다.
4. 따라서 $i_{out} = \frac{v_1}{R_l} = \frac{-i_{in}R_F}{R_l}$이므로 $\frac{i_{out}}{i_{in}} = -\frac{R_F}{R_l}$이다.

### 선지별 해설

① O: 계산 결과 $\frac{i_{out}}{i_{in}} = -\frac{R_F}{R_l}$가 되어 맞다. 1단이 반전형이어서 부호가 음수이고, 2단에서는 $R_L$이 아니라 $R_l$가 출력전류 크기를 정한다.

② X: $-\frac{R_F}{R_L + R_l}$는 $R_L$과 $R_l$를 단순 직렬로 본 값이다. 이상적 연산증폭기는 −단자 전압을 $v_1$로 고정하므로 $R_L$은 전류비 식에 남지 않는다. 틀린 표현은 '분모가 $R_L + R_l$'이고, 올바르게는 '분모가 $R_l$'이다.

③ X: $-\left(1 + \frac{R_F}{R_l}\right)$는 전류비를 전압이득처럼 잘못 처리한 값이다. 2단을 비반전 증폭기로 보더라도 그 전압이득은 $1 + \frac{R_L}{R_l}$ 형태이며, 이 문제는 전압비가 아니라 전류비를 묻는다. 틀린 표현은 '$1 + \frac{R_F}{R_l}$'이고, 올바르게는 '$\frac{i_{out}}{i_{in}} = -\frac{R_F}{R_l}$'이다.

④ X: $\frac{R_l + R_F}{R_L}$는 1단과 2단 저항을 임의로 섞은 식이다. 출력전류는 $R_L$ 자체가 아니라 −단자 전압 $v_1$와 $R_l$로 결정된다. 틀린 표현은 '분모가 $R_L$'이고, 올바르게는 '출력전류비는 $R_L$와 무관한 $-\frac{R_F}{R_l}$'이다.

### 오답 포인트

2단에서 $R_L$이 피드백 경로에 있으므로 최종 식에 반드시 들어간다고 착각하기 쉽다. 그러나 이상적 연산증폭기는 −단자 전압을 +단자 전압과 같게 맞추고, 그 결과 출력전류는 $R_l$에 흐르는 전류와 같아진다. 또한 1단이 반전형이므로 최종 부호가 음수라는 점도 자주 놓친다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

연산증폭기 다단 회로는 각 단의 역할을 먼저 분리해서 본다. 1단에서 입력 전류를 전압으로 바꾸고, 2단에서는 가상단락 $v_- = v_+$로 기준 노드 전압을 정한 뒤 어느 저항 전류가 곧 출력전류인지 확인하면 된다.

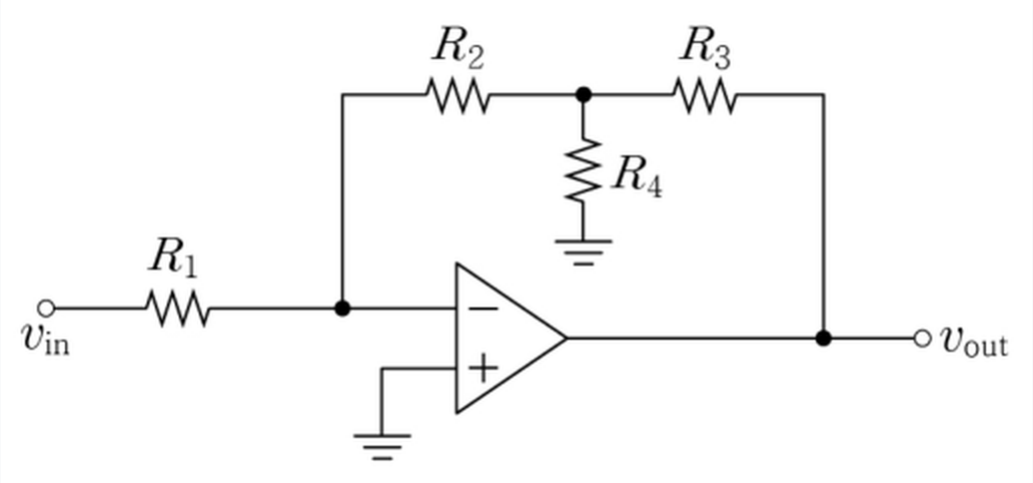
NoteBase

**암기 포인트**

트랜스임피던스 1단은 $v = -iR$, 전류 출력 2단은 $i = \frac{v}{R_l}$이므로 $\frac{i_{out}}{i_{in}} = -\frac{R_F}{R_l}$이다.

NoteBase

**문 15. 다음의 이상적인 연산증폭기를 이용한 회로에서 $v_{in} = 2[V]$일 때, $v_{out}$ [V]은? (단, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1[k\Omega]$이다.)**




① -6

② -3

③ 3

④ 6

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 이상적 연산증폭기의 가상접지 조건과 각 노드의 KCL을 이용해 $v_{out}$을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: $v_{in} = 2[V], R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1[k\Omega]$이다.
구해야 할 값: $v_{out}$이다.
주의할 조건: 이상적 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고, +단자가 접지되어 있으므로 −단자 전압도 0[V]이다.

**사용할 공식**

가상접지와 KCL을 사용한다.

$$\frac{v_{in} - 0}{R_1} = \frac{0 - v_B}{R_2}$$

$$\frac{v_B - 0}{R_2} + \frac{v_B - v_{out}}{R_3} + \frac{v_B - 0}{R_4} = 0$$

이 공식을 쓰는 이유는 연산증폭기 입력단에는 전류가 들어가지 않으므로 각 노드에서 전류의 합이 0이 되어야 하기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

1. +단자가 접지이므로 −단자 전압은 가상접지에 의해 0[V]이다.
2. −단자 노드에서 KCL을 적용하면

$\frac{2-0}{R} = \frac{0-v_B}{R}$

이므로 $v_B = -2[V]$이다.

3. 위쪽 노드 $v_B$에서 KCL을 적용하면

$\frac{v_B}{R} + \frac{v_B - v_{out}}{R} + \frac{v_B}{R} = 0$

$3v_B - v_{out} = 0$

따라서 $v_{out} = 3v_B = 3 \times (-2) = -6[V]$이다.

### 선지별 해설

① O

계산 결과가 $v_{out} = -6[V]$이므로 옳다.

② X

-3[V]는 $R_4$로 흐르는 전류를 빼먹고 $v_B$와 출력 사이만 단순 반전증폭기처럼 처리하면 나오는 값이다.

틀린 표현은 출력이 $-3[V]$라는 판단이다. 올바르게는 위쪽 노드에서 $R_2, R_3, R_4$ 세 저항을 모두 고려해야 하므로 $v_{out} = -6[V]$이다.

③ X

3[V]는 부호를 반대로 보거나 비반전처럼 착각하면 나오는 값이다.

틀린 표현은 출력의 부호가 양수라는 판단이다. 올바르게는 입력이 −단자로 들어가므로 출력은 음수 방향으로 형성되어 $v_{out} = -6[V]$이다.

④ X

6[V]는 $R_4$의 영향은 반영하면서도 입력이 −단자에 연결된 사실을 놓쳐 부호를 반대로 쓰면 나오는 값이다.

틀린 표현은 출력이 $+6[V]$라는 판단이다. 올바르게는 가상접지와 KCL을 적용하면 $v_{out} = -6[V]$이다.

### 오답 포인트

가장 흔한 실수는 이 회로를 단순 반전증폭기로 보고 $R_4$ 가지를 무시하는 경우이다. 또 입력이 −단자에 연결된 회로라는 점을 놓치면 부호를 반대로 써서 3번이나 4번으로 흐르기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

이상적 연산증폭기 회로는 먼저 $V_- = V_+$와 입력전류 0을 적고, 그다음 입력 노드와 중간 노드에 KCL을 차례로 적용하면 된다. 회로에 가지가 하나 더 보이면 단순 반전증폭기 공식으로 바로 가지 않고 모든 저항 전류를 다시 세어야 한다.

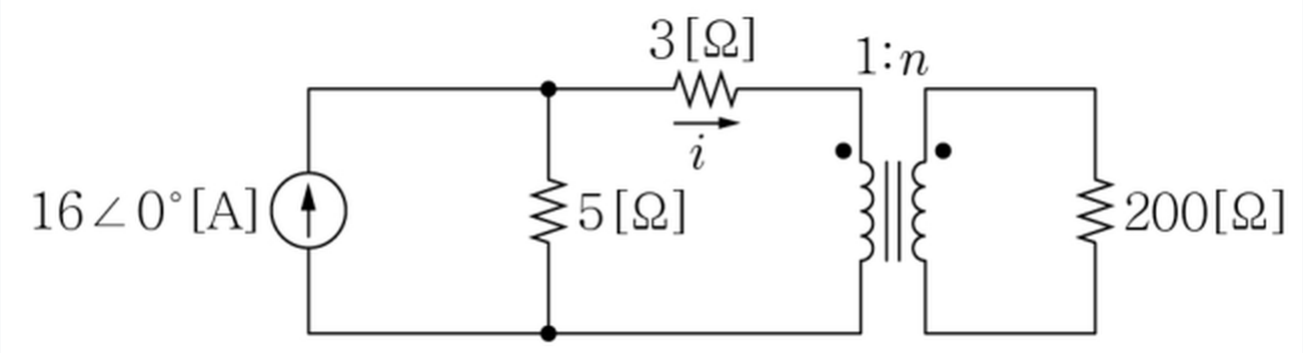
NoteBase

**암기 포인트**

이상적 연산증폭기 계산은 가상접지 확인 후 각 노드 KCL 순서로 정리하면 된다. 중간 노드에 접지 저항이 추가되면 단순 $-R_f/R_{in}$ 공식만으로 처리되지 않는다.

NoteBase

**문 16. 다음 회로에서 200[Ω] 저항 부하에 최대 전력(maximum power)을 전달할 수 있는 이상적인 변압기(ideal transformer)의 턴 비(turn ratio) $n$과, 그때 저항 3[Ω]에 흐르는 전류 $i$는?**




① $n=2,\ i=5\angle 0^\circ[\mathrm{A}]$

② $n=2,\ i=3\angle 0^\circ[\mathrm{A}]$

③ $n=5,\ i=3\angle 0^\circ[\mathrm{A}]$

④ $n=5,\ i=5\angle 0^\circ[\mathrm{A}]$

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 이상적 변압기의 반사저항과 최대전력전달 조건을 이용해 턴비 $n$와 전류 $i$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값:
- 전류원은 $16\angle 0^\circ A$이다.
- 병렬 저항은 5Ω이다.
- 1차측 직렬 저항은 3Ω이다.
- 2차측 부하는 200Ω이다.
- 변압기 턴비는 $1:n$이다.

구해야 할 값:
- 최대 전력이 전달되도록 하는 $n$
- 그때 3Ω 저항에 흐르는 전류 $i$

주의할 조건:
- 200Ω는 1차측에서 $\frac{200}{n^2}\Omega$로 반사된다.
- 최대 전력은 반사된 부하에 대해 성립한다.

NoteBase

### 사용할 공식

이상적 변압기에서 2차 부하 $R_L$의 1차 환산값은
$R_L' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L = \frac{1}{n^2} \cdot 200 = \frac{200}{n^2}\Omega$
이다.
또한 전류원 $16\angle 0^\circ A$와 병렬 $5\Omega$를 1차측 가지에서 보면 테브난 등가는 $V_{th} = 16 \times 5 = 80\angle 0^\circ V$, $R_{th} = 5\Omega$이다.
따라서 반사부하 $R_L'$는 소스 저항 $5\Omega$와 직렬 저항 $3\Omega$의 합, 즉 $8\Omega$와 최대전력전달 조건을 만족할 때 최대 전력을 받는다.

### 계산 과정

1. $200\Omega$를 1차측으로 환산하면 $R_L' = \frac{200}{n^2}\Omega$이다.
2. 좌측 회로의 테브난 등가는 $80\angle 0^\circ V$와 $5\Omega$이다.
3. 반사부하 $R_L'$ 앞에는 $3\Omega$가 직렬로 있으므로, 반사부하가 최대 전력을 받으려면
$R_L' = R_{th} + 3 = 5 + 3 = 8\Omega$
이어야 한다.
4. 따라서
$\frac{200}{n^2} = 8 \Rightarrow n^2 = 25 \Rightarrow n = 5$
이다.
5. 이때 전체 직렬 저항은 $5 + 3 + 8 = 16\Omega$이므로
$i = \frac{80\angle 0^\circ}{16} = 5\angle 0^\circ A$
이다.

### 선지별 해설

① X: $n = 2$이면 반사부하는 $R_L' = \frac{200}{2^2} = 50\Omega$이다. 최대전력 조건 $R_L' = 8\Omega$를 만족하지 못한다. 이때 전류도 $i = \frac{80}{5+3+50} = \frac{80}{58}\angle 0^\circ A$이므로 $5\angle 0^\circ A$가 아니다. 틀린 표현은 "$n = 2, i = 5\angle 0^\circ A$"이고, 올바르게는 "$n = 5, i = 5\angle 0^\circ A$"이다.
② X: $n = 2$라는 점에서 이미 최대전력 조건을 만족하지 못한다. 또한 $i = 3\angle 0^\circ A$도 계산값이 아니다. 틀린 표현은 "$n = 2, i = 3\angle 0^\circ A$"이고, 올바르게는 "$n = 5, i = 5\angle 0^\circ A$"이다.
③ X: $n = 5$는 맞다. 그러나 $n = 5$이면 $R_L' = 8\Omega$이고 전체 저항은 $16\Omega$이므로 $i = \frac{80}{16} = 5\angle 0^\circ A$이다. 틀린 표현은 "$i = 3\angle 0^\circ A$"이고, 올바르게는 "$i = 5\angle 0^\circ A$"이다.
④ O: $n = 5$이면 반사부하가 $8\Omega$가 되어 최대전력전달 조건을 만족한다. 이때 $i = 5\angle 0^\circ A$가 되어 보기와 일치한다.

NoteBase

### 오답 포인트

최대전력전달 대상을 200Ω 자체로 보지 않고, 먼저 1차측 반사저항 $R_L'$로 바꿔서 판단해야 한다는 점이 핵심이다. 또한 3Ω를 부하 쪽 직렬저항으로 두고, 소스가 보는 내부저항 5Ω와 함께 8Ω를 맞춰야 하는데, 이를 빼먹으면 $n$을 잘못 구하게 된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

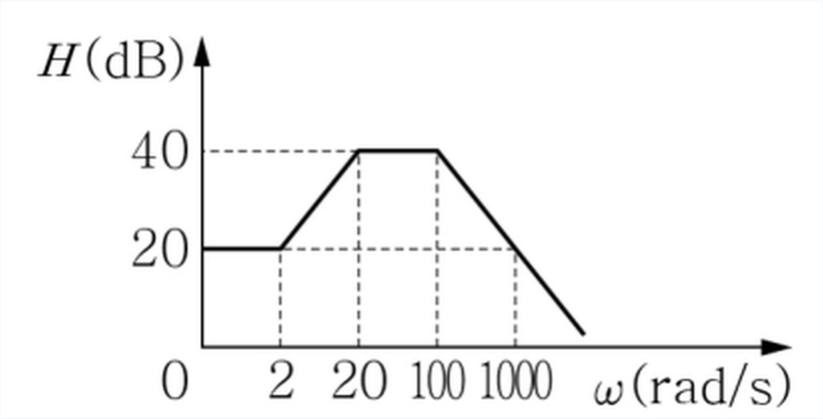
변압기 최대전력 문제는 2차 부하를 먼저 1차로 환산하고, 그 환산부하가 어떤 저항과 매칭되어야 하는지 본다. 그다음 테브난 등가로 바꿔 전체 직렬저항을 합쳐 전류를 계산하면 된다.

### 암기 포인트

이상적 변압기 부하 환산은 $R' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R$이고, 최대전력은 환산부하와 소스측 유효저항을 같게 두는 방식으로 판단한다.

NoteBase

**문 17. 다음 그림의 크기 보드선도(Magnitude Bode plot)를 가지는 전달함수 $H(w)$는?**




① $\frac{10^3(1+j\omega)}{(20+j\omega)(100+j\omega)}$
② $\frac{10^2(2+j\omega)}{(20+j\omega)(100+j\omega)}$
③ $\frac{20(1+j\omega)}{(10+j\omega)(100+j\omega)}$
④ $\frac{10^4(2+j\omega)}{(20+j\omega)(100+j\omega)}$

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 보드선도의 기울기 변화로 영점과 극점의 위치를 읽고, 저주파 이득으로 상수배를 결정할 수 있는지를 묻는다.

**선지별 해설**

1번 X: 분자의 $1+j\omega$는 절점이 $\omega=1$인 영점을 뜻하므로 상승 시작점이 $\omega=1$이어야 한다. 그림은 $\omega=2$에서부터 기울기가 $+20dB/dec$로 바뀌므로 맞지 않는다. 틀린 표현은 분자의 $1+j\omega$이고, 올바르게는 $2+j\omega$이다.
2번 X: 분자의 $2+j\omega$와 분모의 $(20+j\omega)(100+j\omega)$는 절점 위치만 보면 그림과 맞는다. 그러나 저주파 이득은 $|H(0)|=10^2\times 2/(20\cdot 100)=0.1$이므로 $20\log_{10}0.1=-20dB$가 되어 시작 레벨 20 dB와 맞지 않는다. 틀린 표현은 상수배 $10^2$이고, 올바르게는 $10^4$이다.
3번 X: 분모의 $10+j\omega$는 $\omega=10$에서 첫 극점을 만든다. 그림은 $\omega=20$에서 상승이 멈추고 평탄해지므로 첫 극점은 $\omega=20$이어야 한다. 틀린 표현은 분모의 $10+j\omega$이고, 올바르게는 $20+j\omega$이다.
4번 O: $\omega=2$에서 영점 하나가 생겨 기울기가 $+20dB/dec$ 증가하고, $\omega=20$와 $\omega=100$에서 극점 두 개가 차례로 들어와 기울기가 0, $-20dB/dec$로 바뀐다. 또 $|H(0)|=10^4\times 2/(20\cdot 100)=10$이므로 시작 크기 20 dB와도 일치한다.

NoteBase

### 오답 포인트

절점 위치만 맞추고 상수배를 확인하지 않으면 2번에 끌리기 쉽다. 또한 $a + j\omega$의 절점은 $\omega = a$이므로 $1 + j\omega$, $2 + j\omega$, $10 + j\omega$, $20 + j\omega$를 각각 다른 절점으로 바로 읽어야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

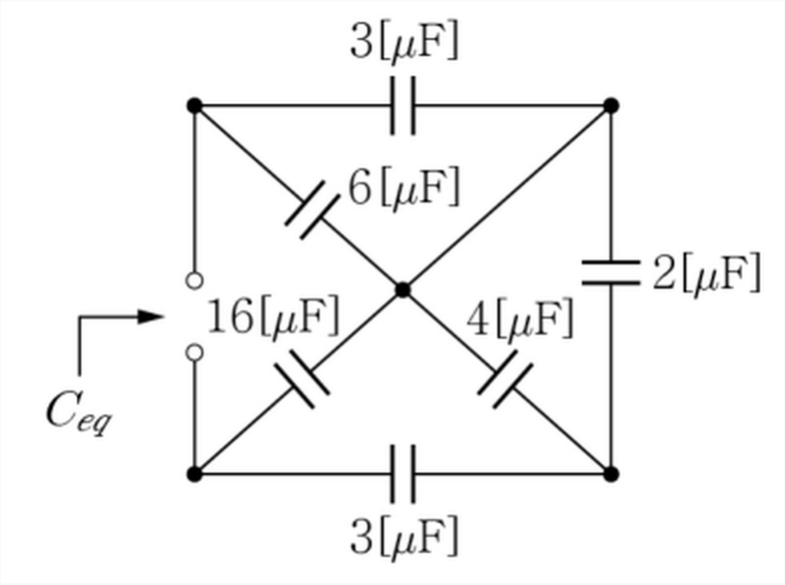
먼저 평탄한 저주파 구간에서 $20\log_{10}|H(0)|$를 읽어 시작 높이를 정한다. 그다음 각 절점에서 기울기가 몇 $dB/dec$ 변하는지 세어 영점과 극점의 개수를 잡는다. 마지막에 후보식을 $\omega = 0$에 대입해 그래프의 높이까지 다시 맞는지 확인한다.

### 암기 포인트

보드선도에서는 $a + j\omega \leftrightarrow \omega = a$, 영점 1개는 $+20dB/dec$, 극점 1개는 $-20dB/dec$, 시작 높이는 $20\log_{10}|H(0)|$로 정해진다.

NoteBase

**문 18. 다음 회로의 등가 커패시턴스 $C_{eq}$ [$\mu F$]은?**




① 1

② 3

③ 6

④ 8

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 도선으로 같은 노드를 먼저 묶은 뒤 병렬·직렬 결합으로 등가 커패시턴스 $C_{eq}$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

왼쪽 위 단자를 A, 왼쪽 아래 단자를 B로 두면 중앙점과 오른쪽 위 꼭짓점은 도선으로 직접 연결되어 같은 노드 C이다.
A-C 사이에는 3$\mu F$와 6$\mu F$가 병렬이다.
C-오른쪽 아래 노드 D 사이에는 2$\mu F$와 4$\mu F$가 병렬이다.
B-C 사이에는 직접 16$\mu F$가 있고, B-D 사이에는 3$\mu F$가 있다.

**사용할 공식**

병렬 연결은 $C_p = C_1 + C_2$, 직렬 연결은 $C_s = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 같은 두 노드에 걸린 커패시터는 병렬로 합쳐지고, 중간 분기 없이 한 경로로만 이어진 두 커패시터는 직렬로 합쳐지기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

1. $A-C$ 구간은 $3\mu F$와 $6\mu F$의 병렬이므로 $9\mu F$이다.
2. $C-D$ 구간은 $2\mu F$와 $4\mu F$의 병렬이므로 $6\mu F$이다.
3. $C-D=6\mu F$와 $D-B=3\mu F$는 직렬이므로 $\frac{6\times 3}{6+3}=2\mu F$이다.
4. 이 $2\mu F$는 B-C의 직접 가지 $16\mu F$와 병렬이므로 B-C 전체는 $18\mu F$이다.
5. 최종적으로 A-C의 $9\mu F$와 C-B의 $18\mu F$가 직렬이므로 $C_{eq}=\frac{9\times 18}{9+18}=6\mu F$이다.

### 선지 판단

1번 $1\mu F$: X. 중앙점과 오른쪽 위 꼭짓점이 같은 노드라는 사실을 놓치고 여러 가지를 과도하게 직렬 처리하면 나올 수 있는 값이다. 전체 등가 커패시턴스는 $1\mu F$가 아니라 $6\mu F$이다.
2번 $3\mu F$: X. 오른쪽 아래를 거치는 아래쪽 경로의 일부 직렬 결과나 한 구간 값만 보고 전체값으로 착각하면 나올 수 있다. 전체 등가 커패시턴스는 $3\mu F$가 아니라 $6\mu F$이다.
3번 $6\mu F$: O. A-C를 $9\mu F$, C-B를 $18\mu F$로 줄인 뒤 직렬 계산하면 $C_{eq}=6\mu F$가 된다.
4번 $8\mu F$: X. 병렬로 묶인 가지들을 끝까지 정리하지 않고 중간 합성값을 바로 더하면 나올 수 있는 값이다. 전체 등가 커패시턴스는 $8\mu F$가 아니라 $6\mu F$이다.

### 오답 포인트

가장 큰 함정은 중앙점과 오른쪽 위 꼭짓점 사이에 커패시터가 없고 도선만 있다는 점을 놓치는 것이다. 이 두 점을 다른 노드로 보면 병렬 관계가 직렬 관계로 잘못 바뀌어 전체 값이 틀어진다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

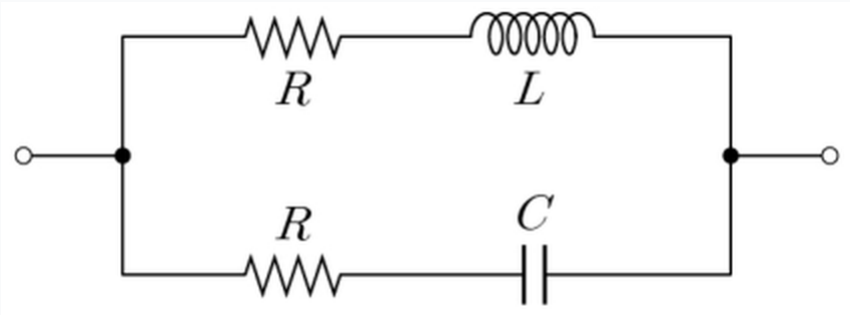
회로의 등가 커패시턴스 문제는 먼저 도선으로 완전히 연결된 점을 같은 노드로 묶고, 그다음 같은 두 노드 사이의 소자는 병렬, 분기 없는 한 줄 연결은 직렬 순서로 줄이면 된다.

### 암기 포인트

도선으로 이어진 점은 같은 노드이고, 노드 정리가 끝나야 병렬·직렬 판단이 정확해진다.

NoteBase

**문 19. 다음과 같은 RLC 회로가 정저항 회로가 되기 위한 $R[\Omega]$은? (단, $L = 4[\text{mH}],\ C = 0.1[\mu\text{F}]$)**




① 200

② 400

③ $4 \times 10^4$

④ $16 \times 10^4$

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 두 직렬 가지가 병렬로 연결된 회로의 합성임피던스가 주파수와 무관한 순저항이 되도록 하는 조건을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: $L = 4 \times 10^{-3}H, C = 0.1 \times 10^{-6}F$이다.
회로 해석: 위 가지는 $R + j\omega L$, 아래 가지는 $R - \frac{j}{\omega C}$의 직렬임피던스이다.
구해야 할 값: 전체 병렬회로가 정저항 회로가 되게 하는 $R$이다.

**사용할 공식**

전체 임피던스는
$Z = \frac{(R + j\omega L)\left(R - \frac{j}{\omega C}\right)}{(R + j\omega L) + \left(R - \frac{j}{\omega C}\right)}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 두 직렬가지가 병렬로 연결되어 있으므로 병렬합성 공식으로 전체 임피던스를 구한 뒤, 그 값이 순저항이 되도록 조건을 맞춰야 하기 때문이다.

NoteBase

**계산 과정**

분모는 $2R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$이다.

분자는

$(R + j\omega L)\left(R - \frac{j}{\omega C}\right) = R^2 + \frac{L}{C} + jR\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$

이다.

정저항 회로가 되려면 분자가 분모의 실수배가 되어야 하므로

$R^2 + \frac{L}{C} = 2R^2$

가 되어야 한다.

따라서

$R^2 = \frac{L}{C}$

이고,

$R = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{4 \times 10^{-3}}{0.1 \times 10^{-6}}} = \sqrt{4 \times 10^4} = 200$

이다.

**선지 판단**

1번 O: 계산 결과 $R = 200$이므로 맞다.

2번 X: 400은 계산값과 다르다. 틀린 표현은 저항값을 400으로 본 점이다. 올바르게는 $R = 200$이다.

3번 X: $4 \times 10^4$는 $R$이 아니라 $R^2 = \frac{L}{C}$ 값이다. 틀린 표현은 제곱을 풀지 않은 점이다. 올바르게는 $R = \sqrt{4 \times 10^4} = 200$이다.

4번 X: $16 \times 10^4$는 계산 과정 어디에서도 나오지 않는 값이다. 틀린 표현은 $\frac{L}{C}$를 잘못 계산한 점이다. 올바르게는 $\frac{L}{C} = 4 \times 10^4$이고, 따라서 $R = 200$이다.

**오답 포인트**

정저항 조건을 단순히 공진조건 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$로만 보면 틀린다. 이 문항은 특정 주파수에서 리액턴스가 상쇄되는지를 묻는 문제가 아니라, 합성임피던스가 순저항형이 되도록 $R$과 $L/C$의 관계를 찾는 문제이다. 또한 $R^2 = \frac{L}{C}$에서 제곱근을 빼먹으면 3번 같은 오답으로 이어진다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

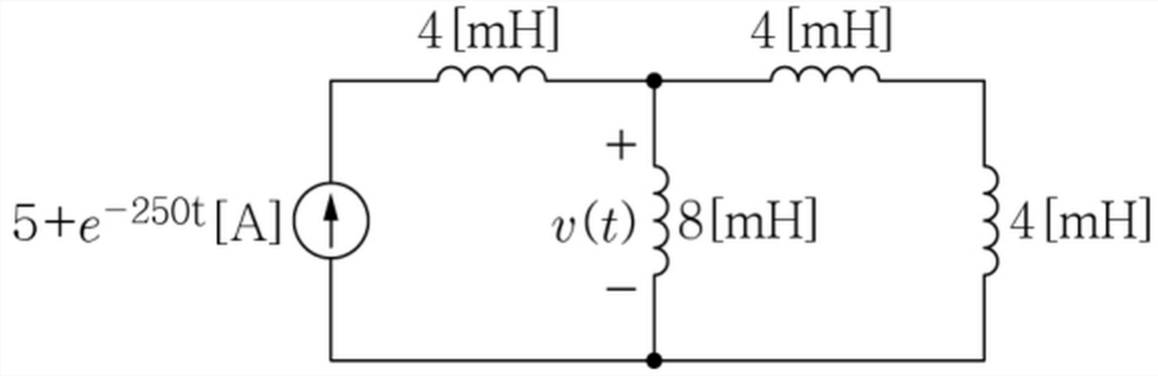
병렬 RLC 계산형은 각 가지 임피던스를 먼저 쓰고, 병렬합성식으로 정리한 뒤, 분자가 분모의 실수배가 되는 조건을 찾아 순저항 여부를 판단한다. 마지막에는 $R$인지 $R^2$인지까지 확인해야 한다.

**암기 포인트**

이 회로의 정저항 조건은 $R^2 = \frac{L}{C}$, 따라서 $R = \sqrt{\frac{L}{C}}$이다.

NoteBase

**문 20. 다음 회로에서 $v(t)$ [V]는?**




① $-2e^{-250t}$

② $-e^{-250t}$

③ $e^{-250t}$

④ $2e^{-250t}$

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 병렬 인덕턴스를 등가 인덕턴스로 바꾼 뒤 $v = L\frac{di}{dt}$를 적용해 중앙 $8mH$ 인덕터의 전압 $v(t)$를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 전류원 전류는 $i(t) = 5 + e^{-250t}[A]$이다.
왼쪽 위의 $4mH$ 인덕터는 전류원과 직렬이므로 노드로 들어가는 전류는 그대로 $i(t)$이다.
가운데 가지는 $8mH$, 오른쪽 가지는 $4mH$+$4mH$=$8mH$이므로 두 가지는 서로 병렬이다.
구해야 할 값은 위쪽이 +, 아래쪽이 −인 중앙 $8mH$ 인덕터의 전압 $v(t)$이다.

**사용할 공식**

병렬 부분의 등가 인덕턴스는 $L_{eq} = 8 \parallel 8 = \frac{8 \cdot 8}{8+8} = 4[mH]$이다.
따라서 병렬망 전체 전압이 곧 중앙 $8mH$ 인덕터 전압이므로
$v(t) = L_{eq}\frac{di(t)}{dt}$
가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 전류원에서 들어온 전류 $i(t)$가 병렬 인덕터망 전체로 흘러 들어가고, 그 병렬망 양단 전압이 문제에서 묻는 $v(t)$와 같기 때문이다.

NoteBase

### 계산 과정

1. 오른쪽 가지의 직렬 인덕턴스를 구하면 $4 + 4 = 8[mH]$이다.
2. 가운데 $8mH$와 오른쪽 $8mH$가 병렬이므로 등가 인덕턴스는 $4[mH] = 0.004[H]$이다.
3. 전류를 미분하면
$\frac{di(t)}{dt} = \frac{d}{dt}(5 + e^{-250t}) = -250e^{-250t}$
이다.
4. 따라서
$v(t) = 0.004 \times (-250)e^{-250t} = -e^{-250t}[V]$
가 된다.

### 선지별 해설

① X
계산 결과는 $-e^{-250t}$이므로 $-2e^{-250t}$는 크기가 2배 크다. 틀린 표현은 계수 $-2$이다. 올바르게는 $-1$이므로 $-e^{-250t}$가 된다. 이 값은 병렬망을 $8mH$로 잘못 보고 $0.008 \times (-250) = -2$로 계산할 때 나오기 쉽다.

② O
병렬 등가 인덕턴스가 $4mH$이고 $\frac{di}{dt} = -250e^{-250t}$이므로 $v(t) = 0.004 \times (-250)e^{-250t} = -e^{-250t}$가 된다. 선택지 ②가 계산 결과와 일치한다.

③ X
$e^{-250t}$는 부호가 틀렸다. 틀린 표현은 양의 부호이다. 올바르게는 $\frac{di}{dt}$가 음수이므로 전압도 $-e^{-250t}$가 된다. 이 값은 미분 뒤의 음수를 놓칠 때 나온다.

④ X
$2e^{-250t}$는 부호와 크기가 모두 틀렸다. 틀린 표현은 양의 부호와 계수 2이다. 올바르게는 $-e^{-250t}$이다. 이 값은 병렬 등가를 $8mH$로 잘못 잡고 동시에 부호까지 반대로 둘 때 나온다.

### 오답 포인트

가운데 $8mH$ 한 개만 보고 전압을 바로 구하거나, 오른쪽 $4mH$+$4mH$를 $8mH$로 만든 뒤 병렬 등가를 다시 $4mH$로 줄이지 않으면 계수 2 오답이 나온다. 또 $e^{-250t}$를 미분할 때 $-250e^{-250t}$의 음수를 놓치면 ③처럼 부호 오답이 나온다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

인덕터 회로의 전압을 묻는 계산형은 먼저 직렬·병렬 인덕턴스를 등가화하고, 그 등가 인덕턴스 양단이 문제에서 묻는 전압과 같은지 확인한 뒤, 마지막에 $v = L\frac{di}{dt}$와 미분 부호를 점검하면 된다.

NoteBase

### 암기 포인트

인덕터 전압은 $v = L\frac{di}{dt}$이고, 같은 값의 인덕터 두 개 병렬은 절반이 된다. 이 문제에서는 $8 \parallel 8 = 4[mH]$, $\frac{d}{dt}e^{-250t} = -250e^{-250t}$만 잡으면 된다.

NoteBase