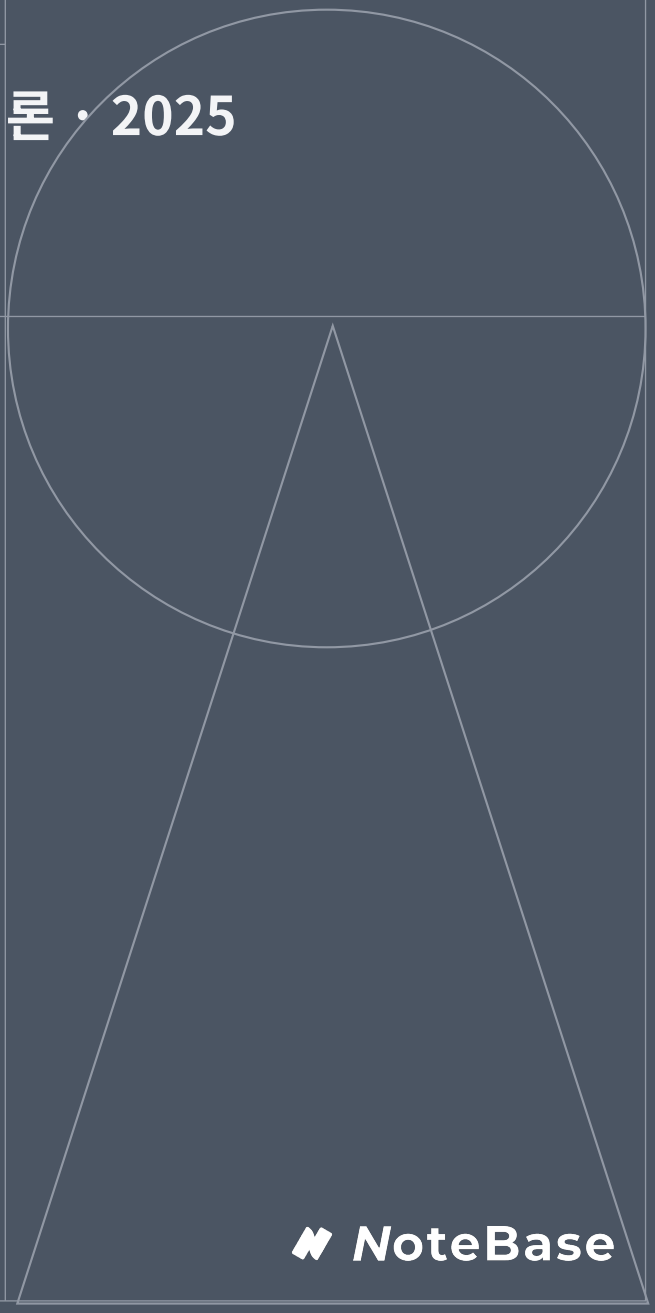
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2025

공무원/서울시/7급 · 회로이론 · 2025

문 1. $i(t) = 4t$[A]**인 전류가 어떤 도선에** $0 \le t \le a$[s] **동안 흘렀다. 도선의 단면적을 통과한 전하의 총량이** 32[C]**일 때, 전류가 흐른 시간** a[s]**는?**

① 1

② 2

③ 4

④ 8

정답 3번

출제 포인트

전류와 전하의 관계를 묻는 문제다. 전류가 시간에 따라 변하는 함수 $i(t) = 4t$로 주어졌으므로, 전하는 단순히 전류에 시간을 곱하는 것이 아니라 전류를 시간에 대해 적분해서 구해야 한다는 점이 핵심이다.

조건 정리

전류 $i(t) = 4t$[A], 전류가 흐른 구간 $0 \le t \le a$[s], 도선 단면을 통과한 전하의 총량 $Q = 32$[C]. 구하는 값은 시간 a[s].

사용할 공식

전류는 단위 시간당 통과한 전하량이므로 $i = \frac{dq}{dt}$이다. 따라서 일정 구간 동안 통과한 전하의 총량은 전류를 시간에 대해 적분한 값이다: $Q = \int_0^a i(t)dt$

계산 과정

주어진 전류를 대입해 적분한다. $Q = \int_0^a 4t dt = [2t^2]_0^a = 2a^2$ 전하의 총량이 32 C이므로 $2a^2 = 32$ 양변을 2로 나누면 $a^2 = 16$, 따라서 $a = 4$[s]이다. (시간은 양수이므로 $a = -4$는 버린다.)

NoteBase

선지 판단

① 1 → X: $a=1$이면 $Q=2\cdot 1^2=2$[C]로 32 C에 한참 못 미친다.
② 2 → X: $a=2$이면 $Q=2\cdot 2^2=8$[C]로 부족하다.
③ 4 → O: $a=4$이면 $Q=2\cdot 4^2=2\cdot 16=32$[C]로 조건과 정확히 일치한다.
④ 8 → X: $a=8$이면 $Q=2\cdot 8^2=128$[C]로 너무 크다.

오답 포인트

전류가 시간에 따라 변하는데도 $Q=i\times t$로 잘못 계산하는 실수가 가장 흔하다. 만약 단순히 곱셈으로 $4a\times a=32$나 $4a=32$처럼 처리하면 엉뚱한 값(2 또는 8)이 나와 오답 선지로 빠지게 된다. 적분에서 $2t^2$의 계수 2를 빠뜨리고 $t^2=32$로 풀면 무리수가 나와 당황하기 쉬우니, $\int 4t\,dt=2t^2$임을 정확히 기억해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전류가 t에 대한 함수(상수가 아님)로 주어지고 전하량을 묻거나 그 반대로 묻는 문제가 나오면, 무조건 $Q=\int i\,dt$ 또는 $i=\frac{dq}{dt}$로 접근한다. 그래프로 i-t가 주어지면 전하량은 그래프 아래 넓이와 같다는 점도 함께 떠올리면 빠르게 풀 수 있다.

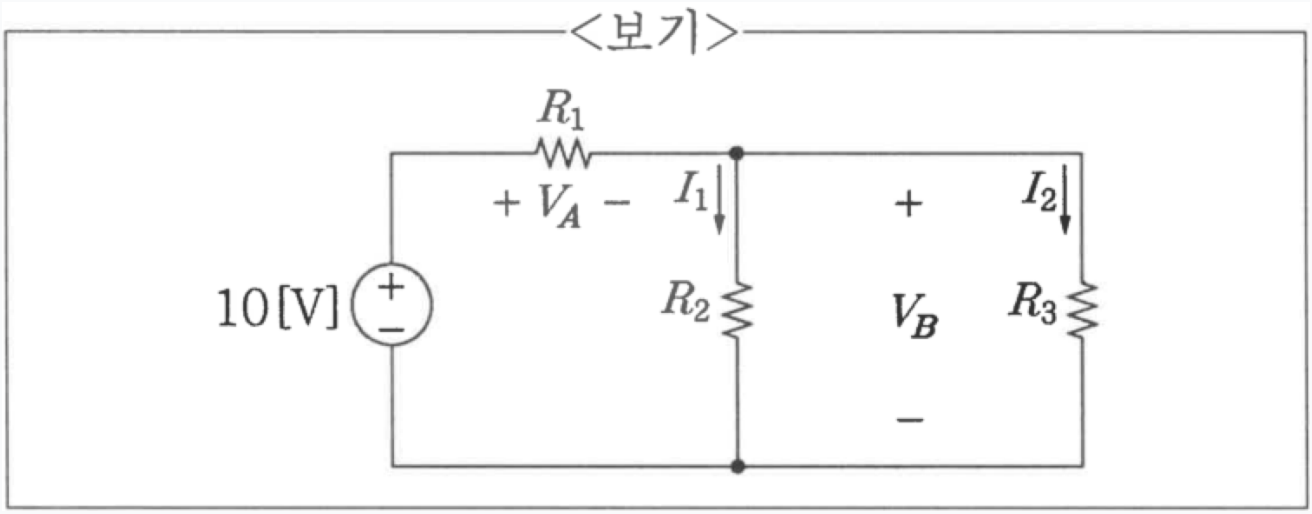
암기 포인트

전류는 전하의 시간 변화율 $i=\frac{dq}{dt}$, 거꾸로 전하는 전류의 시간 적분 $Q=\int i\,dt$. 전류가 일정할 때만 $Q=It$가 성립하고, 전류가 변하면 반드시 적분(또는 그래프 면적)으로 구한다.

NoteBase

문 2. <보기>의 회로에서 전압 V_A와 전압 V_B의 비율이 1 : 1이고, I_2[A] = 2I_1[A]일 때, $(R_2 + R_3)/R_1$은?

<보기>



① $\frac{1}{3}$

② $\frac{1}{2}$

③ 3

④ $\frac{9}{2}$

정답 4번

출제 포인트

전원에 직렬로 연결된 R_1에는 분기 전류의 합이 흐르고, 분기 노드 뒤의 R_2와 R_3는 같은 두 노드 사이에 병렬로 걸려 전압이 같다는 점을 이용해 저항비를 구하는 문제다. KVL(전원전압=각 전압의 합)과 KCL(R_1 전류=두 가지 전류의 합)을 함께 써야 한다.

조건 정리

전원 10 V, R_1에 걸리는 전압이 V_A, 병렬부(R_2, R_3)에 걸리는 전압이 V_B. 주어진 조건은 $V_A : V_B = 1 : 1$ 즉 $V_A = V_B$, 그리고 $I_2 = 2I_1$. I_1은 R_2를 지나는 전류, I_2는 R_3를 지나는 전류다.

사용할 공식

KVL: $10 = V_A + V_B$ (전원이 R_1과 병렬부에 차례로 걸림). 옴의 법칙: $V_A = R_1I_1 + R_1I_2 = R_1(I_1 + I_2)$, $V_B = R_2I_1$, $V_B = R_3I_2$. KCL: R_1을 흐르는 전류는 $I_1 + I_2$.

NoteBase

계산 과정

1) $V_A = V_B$이고 $V_A + V_B = 10$이므로 $V_A = V_B = 5\text{V}$.
2) $I_2 = 2I_1$이므로 R_1 전류는 $I_1 + I_2 = 3I_1$. 따라서 $V_A = R_1(3I_1) = 5$ 에서 $R_1 = \frac{5}{3I_1}$.
3) $V_B = R_2 I_1 = 5$ 에서 $R_2 = \frac{5}{I_1}$.
4) $V_B = R_3 I_2 = R_3(2I_1) = 5$ 에서 $R_3 = \frac{5}{2I_1}$.
5) $R_2 + R_3 = \frac{5}{I_1} + \frac{5}{2I_1} = \frac{15}{2I_1}$.
6) $\frac{R_2 + R_3}{R_1} = \frac{15/(2I_1)}{5/(3I_1)} = \frac{15}{2I_1} \cdot \frac{3I_1}{5} = \frac{9}{2}$.

선지 판단

① $\frac{1}{3}$: X. 분모·분자를 뒤집거나 전류 합($3I_1$) 대신 I_1만 쓴 오류 값이다.
② $\frac{1}{2}$: X. $R_3 = \frac{5}{2I_1}$만 단독으로 비를 잡았을 때 나오는 함정 값이다.
③ 3: X. $I_2 = 2I_1$ 조건을 빼고 $I_1 = I_2$로 잘못 두면 나오는 값이다.
④ $\frac{9}{2}$: O. $V_A = V_B = 5\text{V}$, 전류 합 $3I_1$을 정확히 반영해 $R_1 = \frac{5}{3I_1}$, $R_2 + R_3 = \frac{15}{2I_1}$로 계산하면 정확히 $\frac{9}{2}$.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 R_1에 흐르는 전류를 I_1 하나로 보는 것이다. R_1은 분기 이전(직렬)이므로 $I_1 + I_2 = 3I_1$이 흘러야 한다. 또 R_2와 R_3가 같은 두 노드 사이의 병렬이라 전압 V_B가 동일하다는 점을 놓치면 R_3 식에서 I_2 대신 I_1을 대입해 답이 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬-병렬 혼합에서 '전압비 1:1'은 곧 전원전압을 절반씩 나눠 갖는다는 뜻($V_A = V_B = 5\text{V}$)으로 즉시 환산한다. 그다음 직렬 가지 저항(R_1)에는 항상 분기 전류의 합을, 병렬 가지 저항(R_2, R_3)에는 각자의 전류를 대입해 $R = V/I$로 각 저항을 I_1으로 표현하면, I_1이 약분되어 비만 깔끔히 남는다.

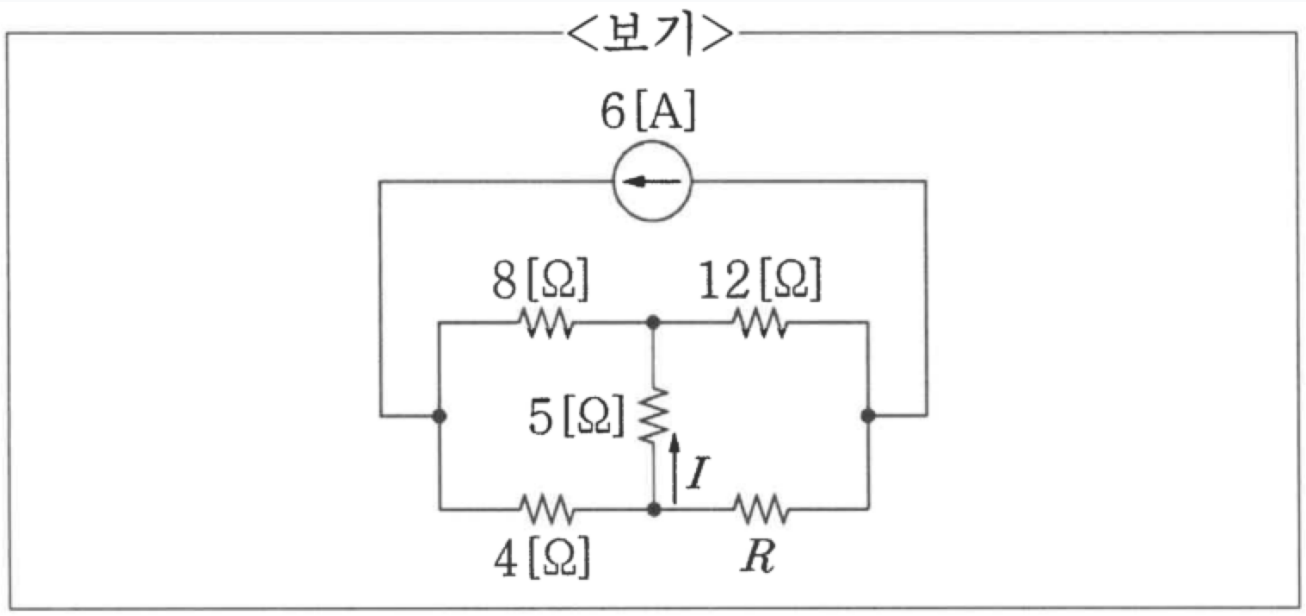
암기 포인트

병렬부 두 저항은 전압이 같고($R_2 I_1 = R_3 I_2 \rightarrow$ 전류 큰 쪽 저항이 작다), 직렬 저항 전류는 합산. 전압을 절반(5 V)으로 고정한 뒤 $R_1 = \frac{5}{3I_1}$, $R_2 = \frac{5}{I_1}$, $R_3 = \frac{5}{2I_1}$을 외워두면 $\frac{R_2 + R_3}{R_1} = \frac{9}{2}$가 바로 나온다.

NoteBase

문 3. <보기>의 회로에서 전류 I가 0[A]일 때, 저항 R에서 소비하는 전력[W]은?

<보기>



① 24

② 48

③ 96

④ 192

정답 3번

출제 포인트

가운데 5[Ω]에 흐르는 전류 I가 0[A]라는 조건은 '휘트스톤 브리지가 평형(balanced) 상태'라는 뜻이다. 이 한 줄을 잡으면 복잡해 보이는 회로가 단순한 직렬·병렬 회로로 풀린다. 브리지 평형 조건으로 미지 저항 R을 먼저 구하고, 그다음 6[A]가 두 가지로 어떻게 나뉘는지 전류 분배로 R에 흐르는 전류를 구해 $P = I^2R$로 마무리한다.

조건 정리

전류원 6[A]가 양쪽 노드로 전류를 공급한다.
위쪽 가지(arm): 8[Ω]과 12[Ω]이 직렬.
아래쪽 가지(arm): 4[Ω]과 R이 직렬.
두 가지의 중간점을 잇는 다리(bridge)에 5[Ω]이 있고, 여기 흐르는 전류가 I이다.
주어진 조건: $I = 0$[A] (즉 브리지 평형).

NoteBase

사용할 공식

브리지 평형 조건(마주 보는 변의 비가 같음): $\frac{8}{12} = \frac{4}{R}$.
전류 분배(병렬 두 가지): 어떤 가지에 흐르는 전류는 '상대편 가지 저항'에 비례한다 —
I_아래=I_전체×R_위R_위+R_아래.
전력: $P = I^2R$.

계산 과정

1) $I = 0$이므로 브리지 평형. 평형 조건 $\frac{8}{12} = \frac{4}{R}$에서 $R = \frac{4 \times 12}{8} = 6[\Omega]$.
2) 평형이면 5[Ω] 다리에는 전류가 흐르지 않으므로, 회로는 위 가지와 아래 가지의 단순 병렬로 본다.
위 가지 저항 $= 8 + 12 = 20[\Omega]$, 아래 가지 저항 $= 4 + R = 4 + 6 = 10[\Omega]$.
3) 전류 분배로 아래 가지(=R이 있는 쪽) 전류: I_아래=6×(20)/(20+10)=6×(20)/(30)=4 [A].
4) R에서 소비하는 전력: P=I_아래^2 R=4^2×6=16×6=96 [W].

선지 판단

① 24[W] → X. R을 잘못 구했거나 전류를 절반(=어림 2[A] 부근)으로 보았을 때 나오는 함정 값이다.
② 48[W] → X. 전류 분배 비율을 거꾸로 적용하거나 중간 단계 값을 그대로 곱했을 때 생기는 오답이다.
③ 96[W] → O. $R = 6[\Omega]$, 아래 가지 전류 4[A], $P = 4^2 \times 6 = 96[\mathrm{W}]$로 정확히 일치한다.
④ 192[W] → X. 96의 두 배로, 전류를 $4\sqrt{2}$처럼 부풀리거나 두 가지 전력을 모두 더하는 착각에서 나온다.

오답 포인트

전류 분배에서 비율을 반대로 쓰는 실수가 가장 많다. 아래 가지(저항 10[Ω])에 더 큰 전류 4[A]가 흐르는 이유는 '저항이 작은 쪽으로 전류가 더 많이 간다'는 원리 때문이다. 공식에서 분자에 '상대편(위) 가지 저항 20'이 오는 것을 헷갈리지 말 것. 또 평형이라고 해서 6[A]가 4[A]+2[A]가 아니라 정확히 $20 : 10 = 2 : 1$ 비율로 나뉘어 4[A]와 2[A]가 된다는 점을 확인한다.

다시 나오면 이렇게 판단

'가운데(다리) 저항에 흐르는 전류가 0이다' 또는 '검류계가 0을 가리킨다'는 말이 보이면 무조건 브리지 평형부터 떠올린다. 평형이면 (1) 다리 저항은 무시(전류 0)하고, (2) 마주 보는 변의 곱이 같다는 조건 $8 \times R = 12 \times 4$로 미지 저항을 구한 뒤, (3) 남은 두 가지의 직렬·병렬 + 전류 분배로 풀면 끝난다. 다리 저항 5[Ω] 값은 평형일 때 답에 전혀 영향을 주지 않는다는 점이 핵심 함정이다.

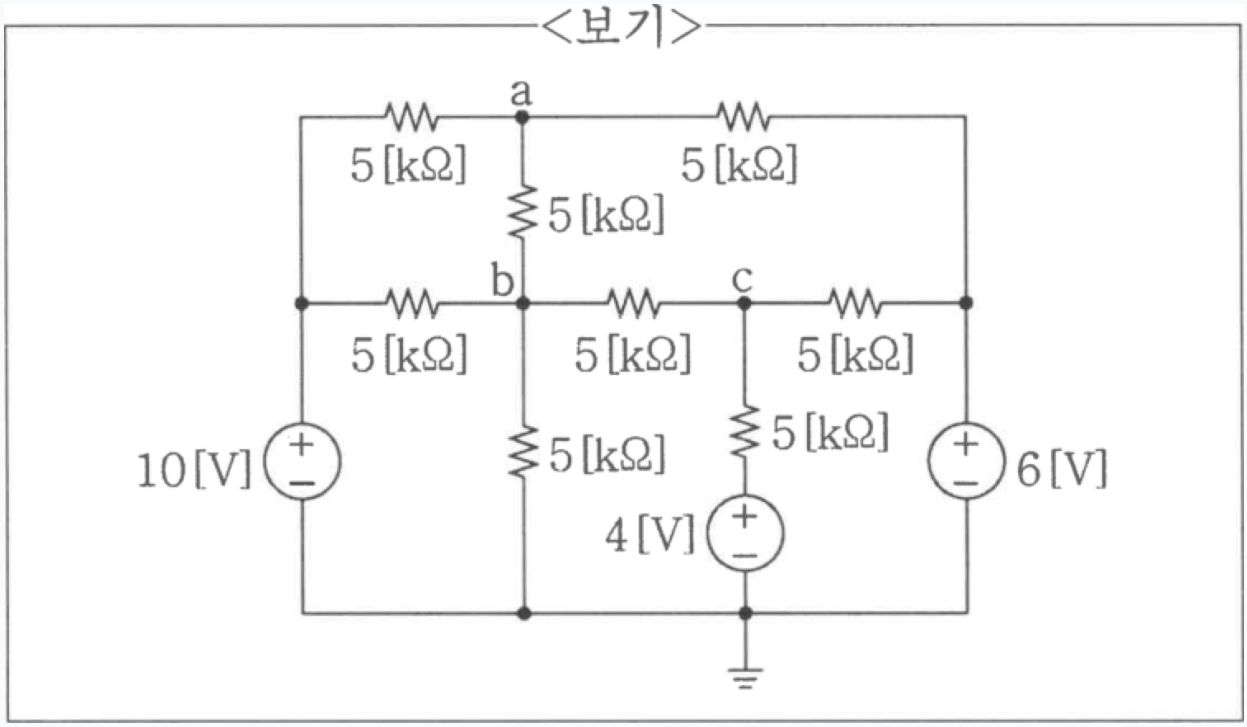
암기 포인트

휘트스톤 브리지 평형 조건: 마주 보는 변 저항의 곱이 같다 — $8 \times R = 12 \times 4 \Rightarrow R = 6[\Omega]$. 평형이면 다리 전류 0, 다리 저항 무시. 전류 분배는 '상대편 저항에 비례', 전력은 $P = I^2R$. 이 문제 핵심 숫자: $R = 6[\Omega]$, 아래 가지 전류 4[A], $P = 96[\mathrm{W}]$.

NoteBase

문 4. <보기> 회로의 절점(node) a, b, c에서의 전압 V_a, V_b, V_c의 합[V]은?

<보기>



① 10

② 13

③ 18

④ 20

정답 3번

출제 포인트

여러 전압원이 섞인 저항 회로에서 미지 절점 전압을 구하는 절점 해석(노드 해석, KCL) 문제다. 핵심은 (1) 전압원이 직접 물린 마디는 그 전압이 곧바로 정해진다는 점, (2) 모르는 절점 a, b, c에 대해서만 키르히호프 전류법칙(KCL)으로 식을 세운다는 점이다. 모든 저항이 5kΩ로 같으므로 컨덕턴스 $G = \frac{1}{5}$가 모든 항에 공통으로 곱해져 약분된다.

조건 정리

모든 저항은 5kΩ로 동일하다. 바닥 도선을 기준(접지, 0[V])으로 잡으면 전압원이 고정하는 마디는 다음과 같다. 왼쪽 세로 도선 = 10[V](10[V] 전압원의 +단), 오른쪽 세로 도선 = 6[V](6[V] 전압원의 +단), c 아래 5kΩ 끝의 마디 d = 4[V](4[V] 전압원의 +단). 미지 절점은 a, b, c 세 개다. 연결 관계: a는 10[V]도선·6[V]도선·b와 각각 5kΩ으로, b는 10[V]도선·a·c·접지(0[V])와 각각 5kΩ으로, c는 6[V]도선·b·d(4[V])와 각각 5kΩ으로 연결된다.

NoteBase

사용할 공식

절점 해석은 각 절점에서 빠져나가는 전류의 합이 0이라는 KCL을 쓴다. 한 절점 전압 V와 이웃 마디 전압 V_k 사이 저항이 같으면 $\sum(V - V_k) = 0$ 형태가 된다. 모든 저항이 같아 컨덕턴스가 약분되므로 "(자기 전압) 곱하기 (연결된 가지 수) = (이웃 전압들의 합)" 으로 쉽게 정리된다.

계산 과정

절점 a: $(V_a - 10) + (V_a - 6) + (V_a - V_b) = 0 \rightarrow 3V_a - V_b = 16$.
절점 b: $(V_b - 10) + (V_b - V_a) + (V_b - V_c) + (V_b - 0) = 0 \rightarrow 4V_b - V_a - V_c = 10$.
절점 c: $(V_c - 6) + (V_c - V_b) + (V_c - 4) = 0 \rightarrow 3V_c - V_b = 10$.
첫 식에서 $V_a = \frac{16 + V_b}{3}$, 셋째 식에서 $V_c = \frac{10 + V_b}{3}$을 둘째 식에 대입하면 $4V_b - \frac{16 + V_b}{3} - \frac{10 + V_b}{3} = 10$, 양변에 3을 곱해 $12V_b - (16 + V_b) - (10 + V_b) = 30$, 즉 $10V_b = 56$, $V_b = 5.6$[V]. 따라서 $V_a = \frac{16 + 5.6}{3} = 7.2$[V], $V_c = \frac{10 + 5.6}{3} = 5.2$[V]. 합은 $V_a + V_b + V_c = 7.2 + 5.6 + 5.2 = 18$[V].

선지 판단

① 10[V]: X. 어느 한 마디 전압을 합으로 착각하거나 4[V]·6[V] 등을 잘못 더한 값으로, 세 절점 전압의 합과 맞지 않는다.
② 13[V]: X. 일부 절점만 더하거나 한 식의 부호를 틀렸을 때 나오는 함정 값이다.
③ 18[V]: O. $V_a = 7.2$, $V_b = 5.6$, $V_c = 5.2$의 합이 정확히 18[V]다.
④ 20[V]: X. 접지로 빠지는 b의 5kΩ 가지나 4[V]원을 빠뜨리고 식을 세우면 전압이 커져 나오는 값이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 (1) 절점 b에 접지로 내려가는 5kΩ 가지를 빼먹어 b 식을 "3개 가지"로 잘못 세우는 것, (2) c 아래 마디 d를 절점으로 두고 미지수를 늘리는 것이다. d는 4[V] 전압원의 +단이라 곧바로 4[V]로 고정되므로 미지수가 아니다. 또 좌·우 세로 도선을 미지 절점으로 착각하면 안 된다 — 각각 10[V], 6[V] 전압원이 직접 물려 값이 정해져 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

전압원이 한쪽 끝이 접지에 물려 있으면 반대쪽 마디 전압은 그 자리에서 확정(여기서는 10[V], 6[V], 4[V])이다. 먼저 이런 고정 마디를 표시해 미지수를 진짜 모르는 절점(a, b, c)만 남긴다. 모든 저항이 같으면 컨덕턴스가 약분되어 "자기 전압 곱하기 가지 수 = 이웃 전압 합" 꼴이 되니, 각 절점의 연결 가지 수만 정확히 세면 식 세우기가 빨라진다. 마지막에 묻는 것이 "합"인지 개별 값인지 확인한다.

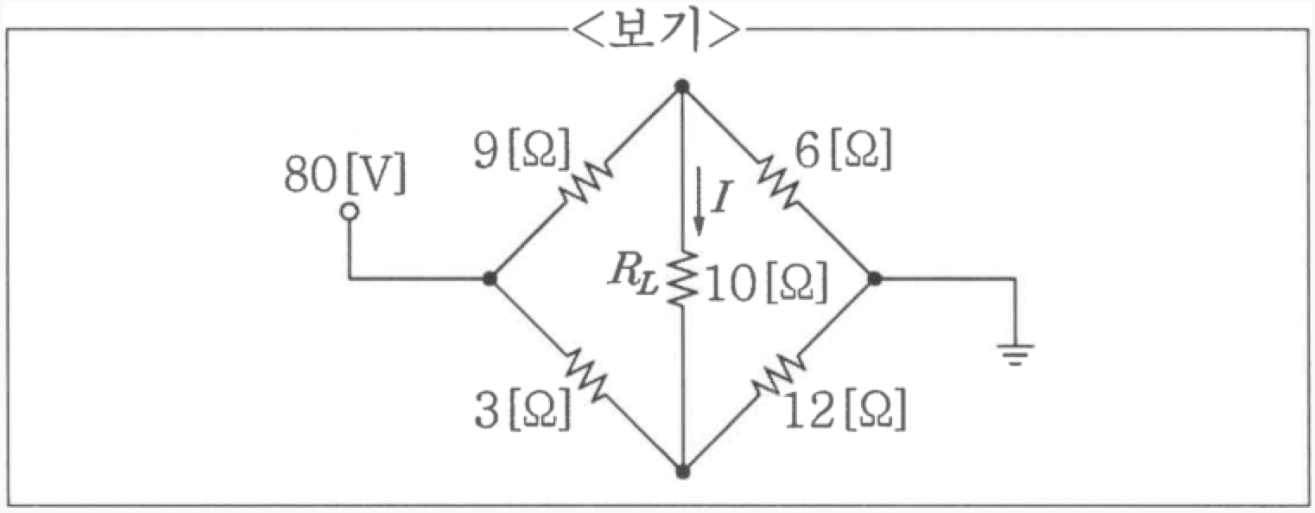
암기 포인트

접지에 한 단자가 물린 전압원의 반대 마디 = 그 전압원 값으로 고정(미지수 아님). 저항이 전부 같은 절점식: (연결 가지 수)×(자기 전압) = (이웃 전압들의 합). 이 문제 답: $V_a = 7.2$, $V_b = 5.6$, $V_c = 5.2$, 합 18[V].

NoteBase

문 5. <보기>의 회로에서 부하저항 R_L에 흐르는 전류 I의 크기[A]는?

<보기>



① 2

② 3.2

③ 3.9

④ 5

정답 1번

출제 포인트

휘트스톤 브리지 형태의 회로에서 가운데 다리(부하저항 R_L)에 흐르는 전류를 구하는 문제다. 가운데 가지를 잘라낸 뒤 테브난 등가회로(개방전압 + 등가저항)로 바꾸면 한 번의 나눗셈으로 답이 나온다.

조건 정리

전원 80[V]가 왼쪽 노드(A)와 오른쪽 접지 노드(B) 사이에 걸린다. 위쪽 다리: A→윗노드(T) 사이 9[Ω], T→B 사이 6[Ω]. 아래쪽 다리: A→아랫노드(D) 사이 3[Ω], D→B 사이 12[Ω]. 부하저항 $R_L = 10[\Omega]$는 윗노드 T와 아랫노드 D 사이에 연결되고, 이 가지를 흐르는 전류가 I다.

사용할 공식

테브난 정리. 개방전압 V_{th}는 R_L을 떼어낸 상태에서 T, D 두 점 사이의 전압이고, 각 노드 전압은 분압법칙 V=V_source·(R_a래)/(R_위+R_아래)로 구한다. 등가저항 R_{th}는 전원을 단락시킨 뒤 T, D에서 본 합성저항이며, 직렬·병렬로 분리되어 $R_{th} = (9 \| 6) + (3 \| 12)$가 된다. 마지막으로 $I = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_L}$.

NoteBase

계산 과정

1) R_L을 떼고 두 분압을 구한다. T 노드: $V_T = 80 \cdot \frac{6}{9+6} = 32$[V]. D 노드: $V_D = 80 \cdot \frac{12}{3+12} = 64$[V].
2) 개방전압: $V_{th} = V_T - V_D = 32 - 64 = -32$[V] → 크기 32[V].
3) 전원을 단락(A와 B를 한 점으로)시키면 T에서는 9와 6이 병렬, D에서는 3과 12가 병렬이고 둘이 직렬로 이어진다. $9 \| 6 = \frac{9 \cdot 6}{9+6} = 3.6[\Omega]$, $3 \| 12 = \frac{3 \cdot 12}{3+12} = 2.4[\Omega]$, $R_{th} = 3.6 + 2.4 = 6[\Omega]$.
4) 전류: $I = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{32}{6+10} = \frac{32}{16} = 2$[A]. 문제는 전류의 '크기'를 물었으므로 부호와 무관하게 $|I| = 2$[A].

선지 판단

① 2 → O. 테브난 등가 $\frac{32}{16} = 2$[A]로 정확히 일치한다.
② 3.2 → X. R_L 양단 32[V]를 그대로 $R_L = 10$으로 나눠 32/10 = 3.2로 계산한 함정. R_{th}를 더하지 않아 틀렸다.
③ 3.9 → X. 어느 정형 공식으로도 나오지 않는 값으로, 저항을 잘못 묶었을 때 나오는 근삿값이다.
④ 5 → X. 전체 전원전류나 다른 가지 전류를 R_L 전류로 착각한 값이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 V_{th}(32[V])를 구한 뒤 등가저항 R_{th}를 빼먹고 R_L로만 나눠 3.2[A](②)로 답하는 것이다. R_L에 실제로 걸리는 전압은 32[V]가 아니라 $I \cdot R_L = 2 \cdot 10 = 20$[V]임에 주의한다. 또 9·6·3·12를 단순 직병렬로만 묶어 브리지의 가운데 가지를 무시하면 답이 어긋난다.

다시 나오면 이렇게 판단

가운데에 한 개의 저항이 다리처럼 걸친 브리지형 회로에서 그 저항의 전류를 물으면, 곧바로 그 저항을 떼어내고 (1) 양쪽 노드의 분압으로 개방전압, (2) 전원 단락 후 좌우 병렬을 직렬로 합친 R_{th}, (3) $I = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_L}$ 순서로 푼다. 노드법(미지수 2개 연립)으로 풀어도 같은 답이 나온다.

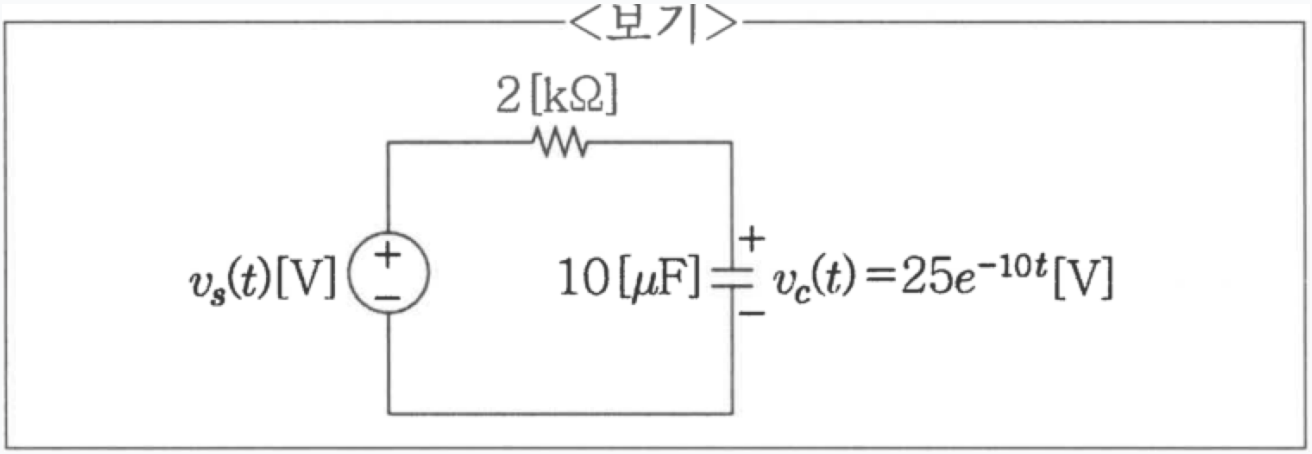
암기 포인트

테브난 3단계: 개방전압 → 단락 후 등가저항 → $I = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_L}$. 병렬 합성은 곱÷합: $9 \| 6 = 3.6$, $3 \| 12 = 2.4$, 합쳐 $R_{th} = 6$. 분압은 '구하려는 쪽 저항÷전체 저항'을 전원에 곱한다.

NoteBase

문 6. <보기>의 회로에서 전압 $v_s(t)$[V]는?

<보기>



① $20e^{-10t}$

② $25e^{-10t}$

③ $30e^{-10t}$

④ $20e^{-5t}$

정답 1번

출제 포인트

전원 $v_s(t)$에 저항 R과 커패시터 C가 직렬로 연결된 RC 회로다. 커패시터 전압 $v_c(t)$가 주어졌을 때 전원 전압을 구하는 문제로, 핵심은 직렬 회로에서 흐르는 전류가 하나라는 점과 커패시터 전류식 $i = C\frac{dv_c}{dt}$를 이용해 저항 전압을 구한 뒤 KVL로 합치는 것이다.

조건 정리

저항 $R = 2\text{k}\Omega = 2{,}000\Omega$
커패시터 $C = 10\mu\text{F} = 10 \times 10^{-6}\text{F}$
커패시터 전압 $v_c(t) = 25e^{-10t}$[V]
R과 C가 직렬이므로 같은 전류 $i(t)$가 흐른다.

사용할 공식

커패시터 전류: $i(t) = C\frac{dv_c(t)}{dt}$
저항 전압: $v_R(t) = i(t) \cdot R$
KVL(전원 = 저항전압 + 커패시터전압): $v_s(t) = v_R(t) + v_c(t)$

NoteBase

계산 과정

1) 커패시터 전류를 구한다.
$\frac{dv_c}{dt} = \frac{d}{dt}(25e^{-10t}) = -250e^{-10t}$
$i(t) = C\frac{dv_c}{dt} = 10 \times 10^{-6} \times (-250e^{-10t}) = -2.5 \times 10^{-3}e^{-10t}$[A]
2) 저항 전압을 구한다.
$v_R(t) = i \cdot R = (-2.5 \times 10^{-3}e^{-10t}) \times 2{,}000 = -5e^{-10t}$[V]
3) KVL로 전원 전압을 구한다.
$v_s(t) = v_R(t) + v_c(t) = -5e^{-10t} + 25e^{-10t} = 20e^{-10t}$[V]

선지 판단

① $20e^{-10t}$ → O. KVL 계산 결과와 일치한다.
② $25e^{-10t}$ → X. 저항 전압 $-5e^{-10t}$를 더하지 않고 커패시터 전압을 그대로 전원 전압으로 본 오답이다.
③ $30e^{-10t}$ → X. 저항 전압의 부호를 잘못 보아 $+5e^{-10t}$로 더한 오답이다(전류 미분의 음부호를 놓침).
④ $20e^{-5t}$ → X. 크기 20은 맞지만 지수가 $-5t$로 바뀌어 틀렸다. 직렬 회로에서 전원·저항·커패시터의 시간 의존성(지수)은 모두 같은 $-10t$여야 한다.

오답 포인트

커패시터 전류는 전압이 아니라 전압의 미분에 비례한다($i = C\frac{dv_c}{dt}$). 미분하면서 지수 -10이 앞으로 내려와 음부호가 생기는데, 이를 놓치면 저항 전압의 부호가 +가 되어 ③(30)을 고르게 된다. 또 v_c만 보고 ②(25)를 답으로 쓰면 저항에 걸리는 전압을 빠뜨린 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 RC에서 한쪽 소자 전압이 e^{-at} 꼴로 주어지면, 다른 모든 소자 전압과 전원 전압도 같은 e^{-at} 꼴이다. 따라서 지수가 다른 선지(여기선 ④의 $-5t$)는 먼저 제거한다. 그다음 $i = C\frac{dv_c}{dt}$로 저항 전압을 구해 v_c에 더하면 전원 전압이 나온다. 시정수 $\tau = RC$와 주어진 지수가 달라도, 이 문제는 전원이 강제하는 응답이므로 KVL로 곧장 풀면 된다.

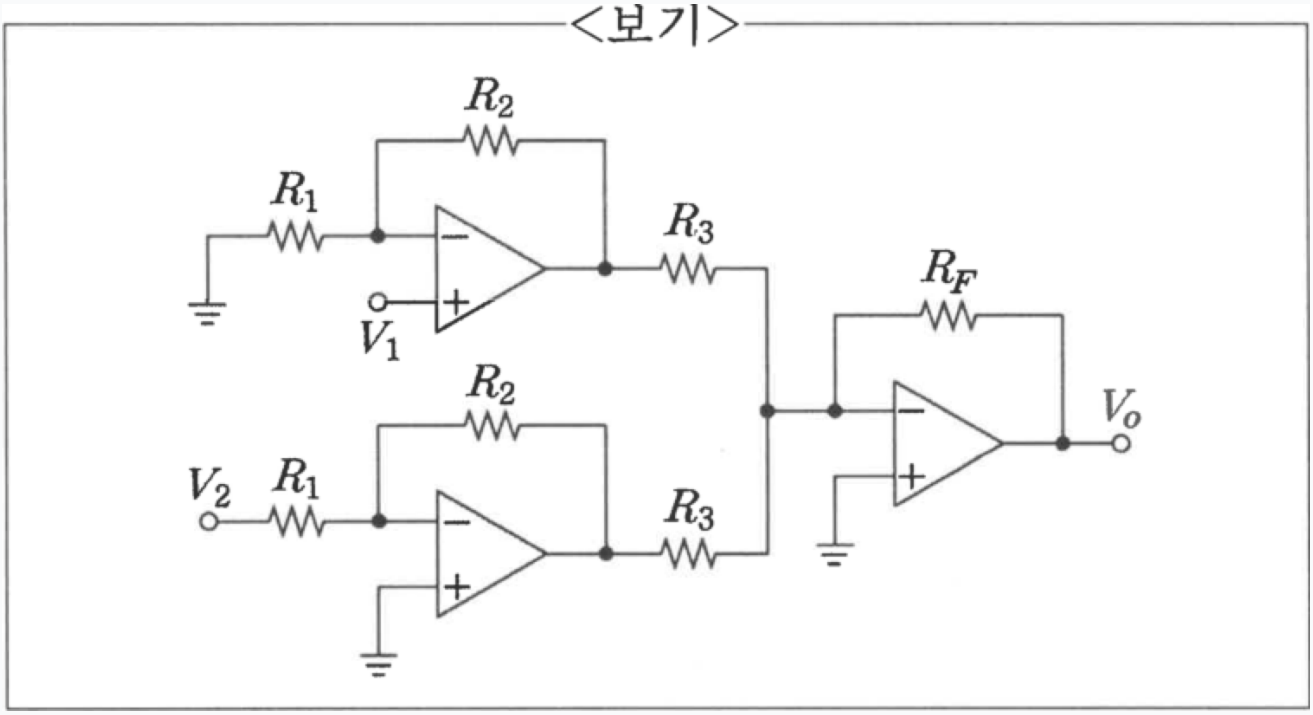
암기 포인트

직렬 회로 KVL: $v_s = v_R + v_c$, 같은 전류 i 공유.
커패시터: $i = C\frac{dv_c}{dt}$ (전류는 전압의 변화율에 비례).
지수 함수 미분: $\frac{d}{dt}e^{-at} = -ae^{-at}$ (계수 $-a$가 앞으로 나옴).
단위 환산: $2\text{k}\Omega = 2{,}000\Omega$, $10\mu\text{F} = 10 \times 10^{-6}\text{F}$.

NoteBase

문 7. <보기>의 연산증폭기 회로에서 $V_1 = 2[V]$, $V_2 = 6[V]$, $R_1 = 10[k\Omega]$, $R_2 = 40[k\Omega]$, $R_3 = 20[k\Omega]$, $R_F = 30[k\Omega]$일 때, 출력전압 $V_o[V]$는? (단, 각 연산증폭기의 출력 포화 전압은 $\pm 15[V]$이고, 이외의 성질은 이상적이다.)

<보기>



① -21

② -7.5

③ 7.5

④ 21

정답 3번

출제 포인트

연산증폭기 3단 종속 회로의 최종 출력을 구하는 문제다. 핵심은 각 단의 이득을 정확히 분류(비반전/반전/반전 가산)하는 것과, 중간 단의 출력이 포화전압 $\pm 15[V]$를 넘으면 그 값에서 잘린다는 출력 포화 조건을 적용하는 것이다. 포화를 무시하면 21 V가 나와 함정 선지 4번에 빠진다.

조건 정리

$V_1 = 2[V]$, $V_2 = 6[V]$, $R_1 = 10[k\Omega]$, $R_2 = 40[k\Omega]$, $R_3 = 20[k\Omega]$, $R_F = 30[k\Omega]$. 각 OP-Amp 포화전압 $\pm 15[V]$, 그 외는 이상적. 위쪽 단은 V1이 (+)단자에 들어가는 비반전 증폭기, 아래쪽 단은 V2가 R1을 거쳐 (-)단자에 들어가고 (+)단자가 접지된 반전 증폭기, 마지막 단은 두 출력을 각각 R3로 받아 (-)단자에서 합치는 반전 가산기다.

NoteBase

사용할 공식

비반전 증폭기 출력: $V_{out} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_{in}$. 반전 증폭기 출력: $V_{out} = -\frac{R_2}{R_1}V_{in}$. 반전 가산기 출력(입력저항이 둘 다 R3): $V_o = -\frac{R_F}{R_3}(V_a + V_b)$. 포화 조건: 어느 단이든 이론 출력이 $+15$를 넘으면 $+15$, -15보다 작으면 -15로 고정.

계산 과정

1단계, 위쪽(비반전): $V_a = \left(1 + \frac{40}{10}\right) \times 2 = 5 \times 2 = 10[\mathrm{V}]$. 절댓값 $10 < 15$ 이므로 포화 없음, 그대로 10 V.
2단계, 아래쪽(반전): $V_b' = -\frac{40}{10} \times 6 = -4 \times 6 = -24[\mathrm{V}]$. 이론값 -24 V는 포화전압 -15 V를 넘으므로 출력이 $-15[\mathrm{V}]$로 잘린다($V_b = -15$).
3단계, 가산기: $V_o = -\frac{R_F}{R_3}(V_a + V_b) = -\frac{30}{20}(10 + (-15)) = -1.5 \times (-5) = 7.5[\mathrm{V}]$. 절댓값 $7.5 < 15$ 이므로 최종 출력도 포화 없이 7.5 V.

선지 판단

① -21 (X): 부호와 크기가 모두 틀렸다. 포화를 적용하면 최종값은 양수 7.5 V다.
② -7.5 (X): 크기는 맞지만 부호가 반대다. 가산기 입력 합이 음수(-5)라 두 번의 음의 곱으로 출력은 양수가 된다.
③ 7.5 (O): 아래쪽 단 출력이 -15 V로 포화된 뒤 $V_o = -1.5 \times (10 - 15) = 7.5[\mathrm{V}]$. 정답.
④ 21 (X): 포화를 무시하고 -24 V를 그대로 대입한 $-1.5 \times (10 - 24) = 21[\mathrm{V}]$이다. 단서의 출력 포화 조건을 빠뜨린 함정 답이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 아래쪽 반전 증폭기의 이론 출력 -24 V를 그대로 가산기에 넣어 21 V(4번)를 고르는 것이다. "출력 포화 전압 $\pm 15[\mathrm{V}]$"라는 단서가 바로 이 단을 잘라내라는 신호다. 또 가산기의 마이너스 부호 처리에서 부호를 한 번 빠뜨리면 -7.5 V(2번)가 나오므로 부호 두 번을 끝까지 따라가야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

다단 OP-Amp에 포화전압 단서가 붙으면, 각 단의 이론 출력을 구할 때마다 그 값이 포화 범위 안인지 즉시 확인한다. 범위를 넘으면 다음 단으로 넘기기 전에 포화값(±포화전압)으로 바꿔 대입한다. (+)단자 입력이면 비반전(1+R2/R1), (-)단자 입력이고 (+)가 접지면 반전(-R2/R1), 여러 입력이 한 (-)노드로 모이면 반전 가산기(-RF/R3로 합)로 단번에 분류한다.

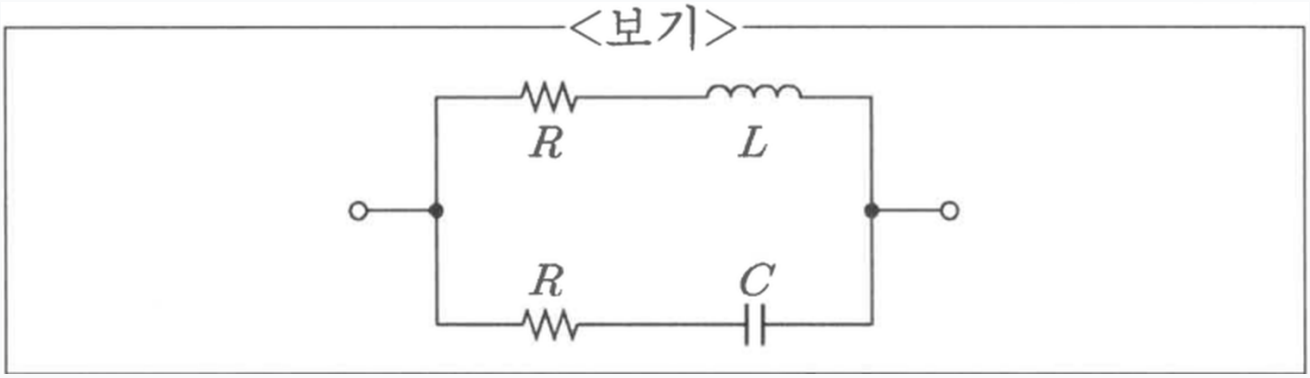
암기 포인트

비반전 이득 $1 + \frac{R_2}{R_1}$, 반전 이득 $-\frac{R_2}{R_1}$, 반전 가산기 $V_o = -\frac{R_F}{R_3}\sum V_{in}$. 포화전압 단서가 있으면 "중간 단도 잘린다"가 핵심: 이 문제는 아래쪽 -24 V가 -15 V로 포화되어 21 V가 아니라 7.5 V가 된다.

NoteBase

문 8. <보기>의 회로에서 $L = 4[\mathrm{mH}]$, $C = 0.1[\mu\mathrm{F}]$일 때, 정저항 회로가 되기 위한 조건을 만족하는 저항 $R[\Omega]$은?

<보기>



① 4×10^{-4}

② 2×10^{-2}

③ 2×10^{2}

④ 4×10^{4}

정답 3번

출제 포인트

직렬 RL 가지와 직렬 RC 가지가 병렬로 연결되고 두 가지의 저항이 같을 때, 합성 임피던스가 주파수와 무관하게 순저항이 되도록 하는 R의 조건을 묻는 문제다. 정저항 회로(주파수에 관계없이 임피던스가 일정한 저항값을 갖는 회로)의 핵심 공식 $R = \sqrt{L/C}$를 알고 있으면 바로 풀린다.

조건 정리

위 가지: R과 L의 직렬 $\rightarrow Z_1 = R + j\omega L$
아래 가지: R과 C의 직렬 $\rightarrow Z_2 = R + \frac{1}{j\omega C}$
두 가지가 양 단자 사이에 병렬
주어진 값: $L = 4[\mathrm{mH}] = 4 \times 10^{-3}[\mathrm{H}]$, $C = 0.1[\mu\mathrm{F}] = 0.1 \times 10^{-6}[\mathrm{F}] = 10^{-7}[\mathrm{F}]$

사용할 공식

정저항 회로 조건: $R = \sqrt{\frac{L}{C}}$
유도: 병렬 합성 임피던스 $Z = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$에서 분자 $(R + j\omega L)\left(R + \frac{1}{j\omega C}\right) = \left(R^2 + \frac{L}{C}\right) + jR\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$이고, $R^2 = \frac{L}{C}$로 두면 Z의 허수부가 모든 ω에서 사라져 $Z = R$인 순저항이 된다.

NoteBase

계산 과정

$\frac{L}{C} = \frac{4 \times 10^{-3}}{0.1 \times 10^{-6}} = \frac{4 \times 10^{-3}}{10^{-7}} = 4 \times 10^{4}$
$R = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{4 \times 10^{4}} = 2 \times 10^{2} = 200[\Omega]$

선지 판단

① 4×10^{-4} → X. 어느 공식과도 맞지 않는 함정 값으로, 단위·지수 계산을 흐트러뜨리려는 오답이다.
② 2×10^{-2} → X. 역시 근거 공식이 없는 함정 값이다.
③ 2×10^{2} → O. $R = \sqrt{L/C} = \sqrt{4 \times 10^{4}} = 2 \times 10^{2} = 200[\Omega]$로 정저항 조건을 만족한다.
④ 4×10^{4} → X. 이는 L/C의 값 그 자체(제곱근을 씌우기 전)다. 마지막에 √를 빼먹으면 나오는 대표적 함정 → 올바른 답은 $\sqrt{4 \times 10^{4}} = 2 \times 10^{2}$.

오답 포인트

가장 많이 걸리는 함정은 ④번이다. $L/C = 4 \times 10^{4}$까지 정확히 계산해 놓고 마지막 제곱근을 빼먹으면 그대로 ④로 직행한다. $R = \sqrt{L/C}$이지 $R = L/C$가 아님을 끝까지 기억해야 한다. 또 하나, μF는 10^{-6}이고 0.1μF는 10^{-7}[F]이다 — 0.1을 빠뜨리거나 mH(10^{-3}) 환산을 틀리면 지수가 어긋나 ①②로 빠진다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로가 'RL 직렬 가지'와 'RC 직렬 가지'의 병렬이고 두 가지의 R이 같으며 '정저항 회로'를 물으면, 회로 해석을 길게 할 필요 없이 곧장 $R = \sqrt{L/C}$에 값을 대입한다. 단위만 H, F로 통일하고 √를 잊지 않으면 끝이다.

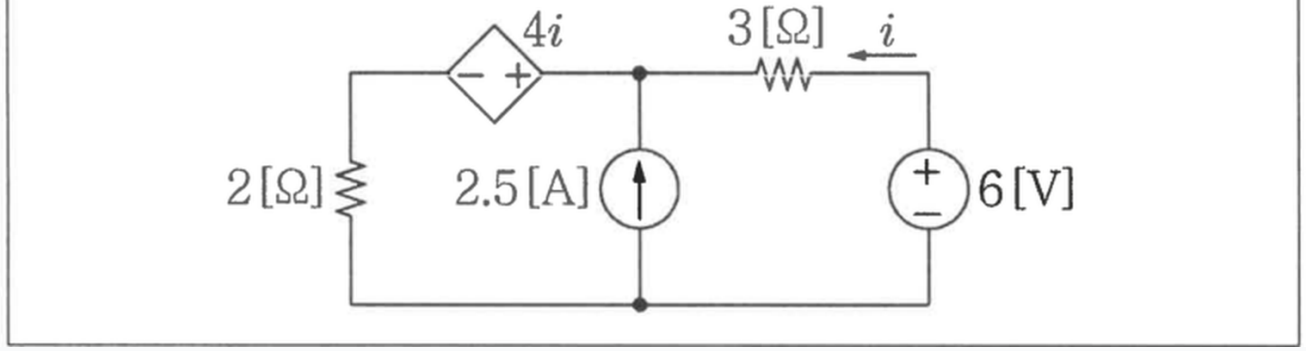
암기 포인트

정저항 회로 조건: $R = \sqrt{\frac{L}{C}}$ (양 가지의 저항이 같을 때, 임피던스가 주파수와 무관하게 순저항 R이 됨). 단위 환산: mH = 10^{-3}H, μF = 10^{-6}F.

NoteBase

문 9. <보기>의 회로에서 저항 3[Ω]에 흐르는 전류 $i[A]$는?

<보기>



① $-\frac{1}{9}$

② $\frac{1}{9}$

③ $\frac{7}{9}$

④ $\frac{11}{9}$

정답 2번

출제 포인트

종속전원(여기서는 종속전압원 $4i$)이 들어 있는 회로에서 특정 저항에 흐르는 전류를 구하는 문제다. 핵심은 (1) 종속전원의 제어변수 i가 바로 우리가 구하려는 3Ω 전류라는 점, (2) 종속전압원의 극성(− 왼쪽, + 오른쪽)과 그림에 표시된 i의 방향(왼쪽 화살표, 6[V]쪽에서 가운데 마디로 들어오는 방향)을 정확히 읽는 것이다. 이 두 가지만 정확히 잡으면 마디해석(노드 방정식) 한두 줄로 풀린다.

조건 정리

아래쪽 도선을 기준마디(0[V])로 둔다. 마디는 세 개다.

· 마디 L(좌상단): 2Ω 위쪽 + 종속전압원의 − 단자.

· 마디 A(가운데 위): 종속전압원의 + 단자 + 2.5[A] 전류원 위쪽 + 3Ω 왼쪽.

· 마디 B(우상단): 3Ω 오른쪽 + 6[V] 전원의 + 단자 → $V_B = 6$.

전류원 2.5[A]는 화살표가 위(기준마디→A)이므로 마디 A로 2.5[A]가 흘러 들어온다. 구하는 i는 화살표가 왼쪽(B→A)이므로 3Ω를 B에서 A로 흐르는 전류다.

NoteBase

사용할 공식

옴의 법칙으로 i를 마디전압으로 표현: $i = \frac{V_B - V_A}{3}$.
종속전압원 관계(+단자 − −단자 = 전원값): $V_A - V_L = 4i$.
키르히호프 전류법칙(KCL): 한 마디(또는 종속전원을 감싼 슈퍼노드)로 들어오는 전류의 합 = 나가는 전류의 합.

계산 과정

종속전압원이 마디 L과 A를 직접 잇고 있으므로 두 마디를 묶어 슈퍼노드로 본다. 슈퍼노드에서 나가는 전류를 모두 더해 0으로 둔다.
· 2Ω로 L→기준마디: $\frac{V_L}{2}$
· 3Ω로 A→B: $\frac{V_A - V_B}{3}$
· 전류원으로 들어오는 2.5[A]는 나가는 쪽으로 -2.5
$\frac{V_L}{2} + \frac{V_A - 6}{3} - 2.5 = 0$
여기에 $i = \frac{6 - V_A}{3}$ 와 $V_A - V_L = 4i$ 를 연립한다. 두 식에서 $V_A = 4i + V_L$, $V_A = 6 - 3i$ 이므로 $V_L = 6 - 7i$.
이것을 KCL식에 넣으면
$\frac{6 - 7i}{2} + \frac{(6 - 3i) - 6}{3} - 2.5 = 0$
$3 - \frac{7}{2}i - i - 2.5 = 0 \Rightarrow 0.5 - \frac{9}{2}i = 0 \Rightarrow i = \frac{1}{9}$[A]
참고로 $V_A = 6 - 3 \cdot \frac{1}{9} = \frac{17}{3} \approx 5.67$[V], $V_L \approx 5.22$[V]로 모든 식이 모순 없이 맞아떨어진다.

선지 판단

① $-\frac{1}{9}$: X → 부호 반대. 종속전압원 극성(−왼쪽/+오른쪽)이나 i의 화살표 방향(왼쪽)을 거꾸로 잡으면 이 값이 나온다. 그림 그대로 읽으면 $+\frac{1}{9}$다.
② $\frac{1}{9}$: O → 슈퍼노드 KCL과 종속전원 관계식을 연립한 결과 $i = \frac{1}{9}$[A]. 정답.
③ $\frac{7}{9}$: X → 종속전원을 무시($4i$ 항을 빼고)하거나 종속전원을 독립전원처럼 취급해 i와의 연립을 놓치면 분자가 커져 나오는 함정값.
④ $\frac{11}{9}$: X → 전류원 2.5[A]의 분배나 부호 처리를 잘못해 KCL 계수를 틀리게 잡았을 때 나오는 값.

오답 포인트

이 문제의 거의 모든 오답은 '부호'에서 갈린다. 첫째, 종속전압원의 극성은 −가 왼쪽(마디 L), +가 오른쪽(마디 A)이므로 $V_A - V_L = 4i$이다(반대로 쓰면 ①). 둘째, i의 화살표는 왼쪽 방향이라 $i = \frac{V_B - V_A}{3}$로 둬야 한다(B→A). 셋째, 종속전원의 제어변수 i와 구하는 전류가 같은 양이라는 점을 놓치고 $4i$를 상수처럼 두면 ③·④로 샌다.

다시 나오면 이렇게 판단

종속전원이 보이면 먼저 '제어변수가 회로의 어느 전류·전압인지'를 표시하고, 그 변수를 마디전압으로 한 줄 식($i = \frac{V_B - V_A}{3}$)으로 묶어 둔다. 종속전압원이 두 마디를 직접 연결하면 망설이지 말고 슈퍼노드로 묶어 KCL 한 식 + 전원관계식 한 식을 세운다. 전원 극성의 +/−와 전류 화살표 방향을 회로에 직접 적어 넣고, 마지막에 구한 마디전압을 원식에 대입해 값이 모두 맞는지 검산하면 부호 실수를 잡을 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

종속전압원 관계식은 항상 '(+단자 전압) − (−단자 전압) = 전원값'. 전류원은 화살표 방향으로 그 마디에 전류를 '밀어 넣는다'(들어오는 전류 = +). 슈퍼노드 = 전압원으로 직접 연결된 두 마디를 한 덩어리로 묶어 외부로 나가는 전류만 KCL. 이 문제의 결론: $i = \frac{1}{9}$[A].

문 10. 어떤 회로의 전압 $v(t)$[V]와 전류 $i(t)$[A]의 순싯값이 <보기>와 같을 때, 두 파형에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>

$v(t) = 20\cos(120\pi t - 15^\circ)$[V]

$i(t) = 10\sin(120\pi t + 15^\circ)$[A]

① 두 파형의 위상차는 $\frac{\pi}{6}$[rad]이다.

② 전압파형 $v(t)$의 실효값은 $\frac{20}{\sqrt{2}}$[V]이다.

③ 전류파형 $i(t)$의 주파수는 60[Hz]이다.

④ 전류파형 $i(t)$의 평균값은 $\frac{20}{\pi}$[A]이다.

정답 1번

출제 포인트

정현파의 위상차, 실횻값, 주파수, 평균값 네 가지 기본량을 한 문제에서 모두 묻는다. 발문이 "가장 옳지 않은 것"이므로 틀린 선지 하나를 찾는 문제다. 핵심은 sin과 cos가 섞여 있을 때 한쪽으로 통일한 뒤 위상차를 계산하는 것이다.

조건 정리

전압 $v(t) = 20\cos(120\pi t - 15^\circ)$[V], 전류 $i(t) = 10\sin(120\pi t + 15^\circ)$[A]. 각주파수는 $\omega = 120\pi$[rad/s]로 둘이 같다. 전압 진폭 $V_m = 20$, 전류 진폭 $I_m = 10$.

사용할 공식

위상 통일: $\sin\theta = \cos(\theta - 90^\circ)$. 실횻값: $V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$. 주파수: $f = \frac{\omega}{2\pi}$. 정현파의 (전파정류) 평균값: $I_{avg} = \frac{2I_m}{\pi}$.

계산 과정

① 위상차: 두 식을 cos로 통일한다.
$i(t) = 10\sin(120\pi t + 15^\circ) = 10\cos(120\pi t + 15^\circ - 90^\circ) = 10\cos(120\pi t - 75^\circ)$. 전압의 위상은 -15°, 전류의 위상은 -75°이므로 위상차는 $-15^\circ - (-75^\circ) = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$[rad]. → 선지의 $\frac{\pi}{6}$와 다르다.
② 실횻값: $V_{rms} = \frac{20}{\sqrt{2}}$[V]. 맞다.
③ 주파수: $f = \frac{120\pi}{2\pi} = 60$[Hz]. 맞다.
④ 평균값: $I_{avg} = \frac{2 \times 10}{\pi} = \frac{20}{\pi}$[A]. 맞다.

NoteBase

선지 판단

① X: 위상차는 $\frac{\pi}{6}$가 아니라 $\frac{\pi}{3}$[rad](=60°)이다. sin을 cos로 바꾸면 전류 위상이 $-75\,^\circ$가 되어 전압 $-15\,^\circ$와의 차가 60°다. → 틀린 표현 $\frac{\pi}{6}$ → 올바른 표현 $\frac{\pi}{3}$.
② O: 전압 진폭이 20이므로 실횻값은 $\frac{20}{\sqrt{2}}$[V]가 맞다.
③ O: $\omega = 120\pi$에서 $f = \frac{\omega}{2\pi} = 60$[Hz]로 맞다.
④ O: 정현파의 평균값(전파정류 기준)은 $\frac{2I_m}{\pi} = \frac{20}{\pi}$[A]로 맞다.

오답 포인트

위상차를 구할 때 cos와 sin을 통일하지 않고 그냥 두 식의 각도($-15\,^\circ$와 $+15\,^\circ$)를 빼서 30°(=$\frac{\pi}{6}$)로 계산하는 것이 출제자가 노린 함정이다. sin은 cos보다 90° 늦으므로 반드시 한쪽 함수로 맞춘 뒤 빼야 한다. 또 평균값을 한 주기 평균(=0)으로 착각하면 ④를 틀렸다고 오판한다.

다시 나오면 이렇게 판단

정현파 위상차 문제는 첫 단계로 무조건 sin·cos를 한 함수로 통일한다($\sin = \cos - 90\,^\circ$). 통일 후 두 위상각의 차의 절댓값이 위상차다. 평균값을 물으면 $\frac{2}{\pi}$배(전파정류), 실횻값은 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배, 주파수는 $\frac{\omega}{2\pi}$로 기계적으로 처리한다.

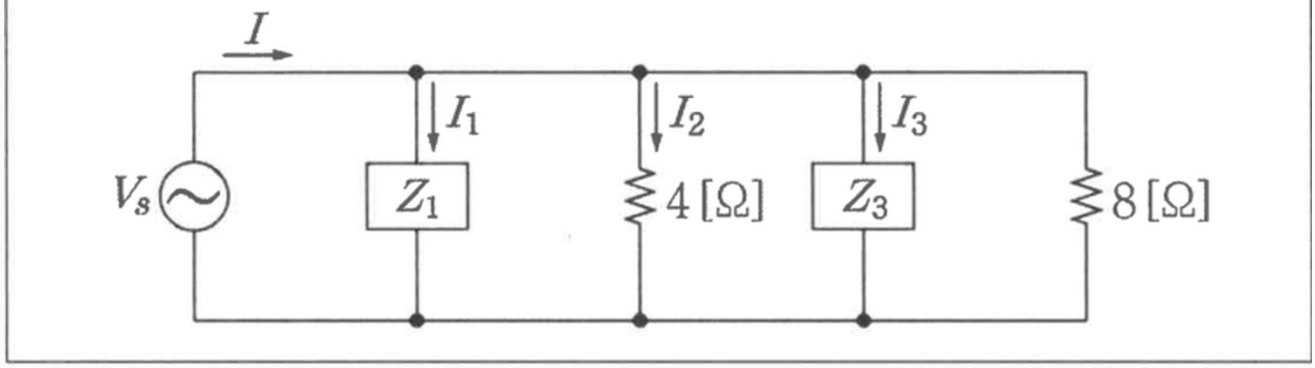
암기 포인트

정현파 핵심 4가지: 실횻값=진폭$\div\sqrt{2}$, 평균값=진폭$\times\frac{2}{\pi}$(전파), 주파수 $f = \frac{\omega}{2\pi}$, 위상차는 sin↔cos 통일 후 각도차. 이 문제에서 $\omega = 120\pi \Rightarrow f = 60$[Hz], 위상차=60°=$\frac{\pi}{3}$.

NoteBase

문 11. <보기>에서 $\vec{I}_1 = 10e^{-j60^\circ}$ [A], $\vec{I}_2 = 4$[A], $\vec{I}_3 = 4e^{j60^\circ}$ [A]일 때, 이 회로의 유효전력[W]과 무효전력[Var]은?

<보기>



① 유효전력[W]: 208, 무효전력[Var]: $-48\sqrt{3}$

② 유효전력[W]: 208, 무효전력[Var]: $48\sqrt{3}$

③ 유효전력[W]: 224, 무효전력[Var]: $-32\sqrt{3}$

④ 유효전력[W]: 224, 무효전력[Var]: $32\sqrt{3}$

정답 2번

출제 포인트

여러 가지 부하가 같은 전원 V_s에 병렬로 연결된 회로에서, 회로 전체의 유효전력(P)과 무효전력(Q)을 복소전력 $S = V_s \cdot I^*$로 한 번에 구하는 문제다. 핵심은 (1) 순저항 가지로 전원전압을 먼저 확정하고, (2) 모든 가지 전류를 더해 전체 전류 I를 구한 뒤, (3) 복소전력의 실수부=P, 허수부=Q로 읽는 것이다.

조건 정리

네 가지가 모두 전원 V_s에 병렬: 가지1은 Z_1(전류 $\vec{I}_1 = 10e^{-j60^\circ}$ A), 가지2는 4Ω 순저항(전류 $\vec{I}_2 = 4$ A), 가지3은 Z_3(전류 $\vec{I}_3 = 4e^{j60^\circ}$ A), 가지4는 8Ω 순저항이다. Z_1, Z_3의 값은 몰라도 가지 전류가 주어졌으므로 전부 계산할 수 있다.

사용할 공식

복소전력 $S = V_s \cdot I^* = P + jQ$ (여기서 I^*는 전체 전류의 켤레복소수). 옴의 법칙 $V = IR$. 병렬이므로 KCL로 $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$. 지수형 $e^{j\theta} = \cos\theta + j\sin\theta$.

NoteBase

계산 과정

1) 전원전압 확정: 가지2는 순저항 4Ω이고 전류가 $I_2 = 4\angle 0^\circ$ A이므로 $V_s = I_2 \times 4 = 16\angle 0^\circ$ V.
2) 8Ω 가지 전류: $I_4 = V_s/8 = 16/8 = 2\angle 0^\circ$ A.
3) 각 전류를 직각좌표로: $I_1 = 10\angle -60^\circ = 5 - j5\sqrt{3}$, $I_2 = 4$, $I_3 = 4\angle 60^\circ = 2 + j2\sqrt{3}$, $I_4 = 2$.
4) 전체 전류(KCL): 실수부 $5 + 4 + 2 + 2 = 13$, 허수부 $-5\sqrt{3} + 0 + 2\sqrt{3} + 0 = -3\sqrt{3}$. 따라서 $I = 13 - j3\sqrt{3}$ A.
5) 복소전력: $S = V_s \cdot I^* = 16 \times (13 + j3\sqrt{3}) = 208 + j48\sqrt{3}$.
6) 실수부 $P = 208$ W, 허수부 $Q = +48\sqrt{3}$ Var.

선지 판단

① 208, $-48\sqrt{3}$ → X. P는 맞지만 Q 부호가 반대다. I^*를 취할 때 부호를 잘못 다루거나 $I_1 \cdot I_3$의 허수부 합을 양수로 착각한 결과다.
② 208, $+48\sqrt{3}$ → O. $V_s = 16$ V, $I = 13 - j3\sqrt{3}$에서 $S = 208 + j48\sqrt{3}$로 정확히 일치한다.
③ 224, $-32\sqrt{3}$ → X. P=224는 8Ω 가지를 빼먹는 등 전류 실수부를 잘못 더한 값이고 Q 부호·크기도 틀렸다.
④ 224, $+32\sqrt{3}$ → X. P=224 자체가 $16 \times 13 = 208$과 어긋나며, Q 크기도 $48\sqrt{3}$이 아니다.

오답 포인트

이 문제에서 가장 많이 틀리는 지점은 두 가지다. 첫째, 8Ω 가지의 전류 $I_4 = 2$ A를 빼먹어 전체 전류 실수부를 11로 잘못 잡고 P를 다르게 계산하는 것. 둘째, 무효전력의 부호다. $S = V_s I^*$에서 전류의 켤레를 취하므로 I의 허수부가 $-3\sqrt{3}$(지상)이면 켤레는 $+3\sqrt{3}$이 되어 $Q = +48\sqrt{3}$(유도성)이 된다. 켤레를 빠뜨리면 부호가 뒤집혀 ①을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 회로의 전체 P, Q는 (1) 순저항 가지로 V_s부터 확정 → (2) 빠짐없이 모든 가지 전류를 더해 전체 I → (3) $S = V_s I^*$의 실수부=P, 허수부=Q 순서로 푼다. 전류 허수부가 음수(지상, 유도성)면 켤레를 취해 Q는 양수가 됨을 기억하면 부호 함정을 피한다.

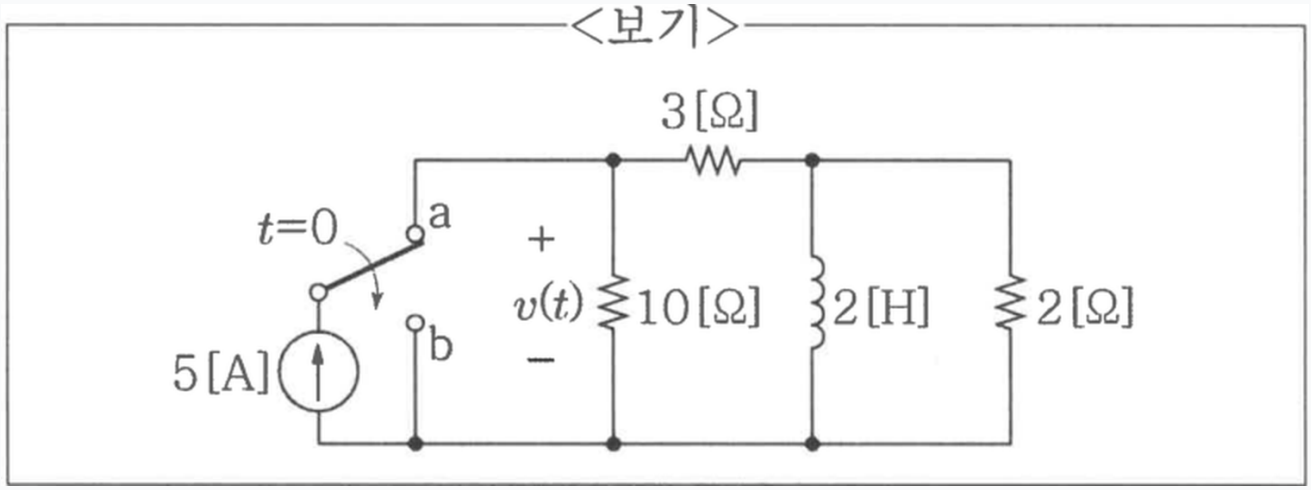
암기 포인트

복소전력은 반드시 전류의 켤레를 쓴다: $S = VI^* = P + jQ$. 유효전력 P = 실수부(저항이 소비), 무효전력 Q = 허수부(유도성이면 +, 용량성이면 −). 순저항 가지는 전류와 전압이 동상이므로 전원전압을 잡는 기준점으로 쓰면 편하다.

NoteBase

문 12. <보기>의 회로에서 $t<0$일 때 스위치는 오랫동안 a에서 닫혀 있었고, $t=0$에 스위치는 즉각 a에서 b로 이동하였다. $t\geq 0$에서 전압 $v(t)[V]$는?

<보기>



① $-\frac{200}{39}e^{-\frac{13}{15}t}$

② $-\frac{260}{39}e^{-\frac{13}{15}t}$

③ $-\frac{200}{39}e^{-\frac{15}{13}t}$

④ $\frac{200}{39}e^{-\frac{13}{15}t}$

정답 1번

출제 포인트

스위치 전환으로 생기는 무전원(source-free) RL 1차 회로의 과도응답을 묻는 문제다. (1) t<0의 직류 정상상태에서 인덕터 전류 $i_L(0^-)$를 구하고, (2) t≥0에서 전원이 끊긴 회로의 시정수 $\tau = L/R_{eq}$를 구한 뒤, (3) $t=0^+$에서의 전압을 계산해 $v(t)=v(0^+)e^{-t/\tau}$ 형태로 맞춘다.

조건 정리

전류원 5[A], 직렬 3[Ω], 그리고 병렬로 묶인 10[Ω]·2[H]·2[Ω]. $v(t)$는 10[Ω] 양단 전압이다. 10[Ω]이 있는 마디를 A, 인덕터·2[Ω]이 있는 마디를 B라 하면, A와 B 사이에 3[Ω]이 있다. t<0: 스위치 a(닫힘, 오래 유지) → 직류 정상상태(인덕터=단락). t≥0: 스위치 b로 이동 → 전류원 분리(무전원 회로).

사용할 공식

직류 정상상태에서 인덕터는 단락($v_L = L\frac{di}{dt} = 0$). 인덕터 전류는 연속이므로 $i_L(0^+) = i_L(0^-)$. 1차 RL 시정수 $\tau = \frac{L}{R_{eq}}$ (R_{eq}=인덕터에서 본 등가저항). 자연응답 $x(t) = x(0^+)e^{-t/\tau}$.

NoteBase

계산 과정

[1단계] t<0 정상상태: 인덕터가 단락이라 마디 B가 접지에 단락되고, 그러면 2[Ω]에는 전압이 0이라 전류가 흐르지 않는다. A에서 본 저항은 $10 \| 3 = \frac{30}{13}[\Omega]$이므로 $V_A = 5 \cdot \frac{30}{13} = \frac{150}{13}[V]$. 인덕터 전류(=3[Ω] 가지 전류) $i_L(0^-) = \frac{V_A}{3} = \frac{50}{13}[A]$.
[2단계] t≥0 시정수: 전류원이 끊겨 무전원이 된다. 인덕터에서 본 저항은 $R_{eq} = 2 \| (3+10) = 2 \| 13 = \frac{26}{15}[\Omega]$. 따라서 $\tau = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{2}{26/15} = \frac{15}{13}[s]$, 지수는 $e^{-t/\tau} = e^{-\frac{13}{15}t}$.
[3단계] $t = 0^+$ 전압: 인덕터 전류 $i_L(0^+) = \frac{50}{13}[A]$가 마디 B에서 빠져나간다. 마디방정식 $\frac{V_A}{10} + \frac{V_A - V_B}{3} = 0$, $\frac{V_B}{2} + \frac{V_B - V_A}{3} + i_L = 0$를 풀면 $v(0^+) = V_A = -\frac{200}{39}[V]$. 정리하면 $v(t) = -\frac{200}{39}e^{-\frac{13}{15}t}[V]$.

선지 판단

① $-\frac{200}{39}e^{-\frac{13}{15}t} \rightarrow$ O. 초기값 $-\frac{200}{39}$, 지수 $-\frac{13}{15}t$가 모두 일치하는 정답.
② $-\frac{260}{39}e^{-\frac{13}{15}t} \rightarrow$ X. 지수는 맞지만 초기 전압이 틀렸다. $-\frac{260}{39}$는 인덕터 전류 분배를 잘못 잡았을 때 나오는 값으로, 올바른 마디해석값은 $-\frac{200}{39}$이다.
③ $-\frac{200}{39}e^{-\frac{15}{13}t} \rightarrow$ X. 초기값은 맞지만 지수를 $-\frac{15}{13}t$로 뒤집었다. 시정수 $\tau = \frac{15}{13}$는 맞지만 지수는 $-t/\tau = -\frac{13}{15}t$여야 한다($\tau$와 $1/\tau$ 혼동).
④ $+\frac{200}{39}e^{-\frac{13}{15}t} \rightarrow$ X. 크기와 지수는 맞지만 부호가 틀렸다. 무전원 응답에서 $v(0^+)$는 음(−)이므로 +부호는 오답이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 ③처럼 시정수 $\tau = \frac{15}{13}$를 그대로 지수에 넣어 $e^{-\frac{15}{13}t}$로 쓰는 것이다. 지수에는 $-t/\tau$, 즉 τ의 역수가 들어간다. 또 R_{eq}를 구할 때 인덕터를 제거하고 보는 저항이 $2 \| (3+10)$임을 놓치고 엉뚱하게 $2 \| 3$ 등으로 잡으면 시정수가 어긋난다.

다시 나오면 이렇게 판단

스위치 전환형 1차 회로는 항상 세 가지를 순서대로 구한다: ① 인덕터 전류(또는 커패시터 전압)의 초기값은 t<0 직류 정상상태(L=단락, C=개방)에서, ② 시정수 τ는 t≥0 회로에서 에너지소자가 본 등가저항으로(전원은 죽이고), ③ 지수는 반드시 $e^{-t/\tau}$. 선지에서 분모·분자가 $\frac{15}{13}$와 $\frac{13}{15}$로 갈리면 둘 중 $-t/\tau$ 쪽(역수)이 정답이다.

암기 포인트

직류 정상상태: 인덕터=단락(전류 통과), 커패시터=개방(전류 차단). 전류·전압 연속: $i_L(0^+) = i_L(0^-)$, $v_C(0^+) = v_C(0^-)$. RL 시정수 $\tau = \frac{L}{R_{eq}}$, 자연응답 $x(t) = x(0^+)e^{-t/\tau}$. 두 저항 병렬 $R_1 \| R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$.

문 13. <보기>의 함수 $F(s)$에 대한 라플라스 역변환 $f(t)=\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$는? (단, $u(t)$는 단위 계단 함수이다.)

<보기>
$F(s)=\frac{1}{(s+1)^2 s}$

① $(1-e^{-t}-te^{-t})u(t)$
② $(1+e^{-t}-te^{-t})u(t)$
③ $(1-e^{-t}+te^{-t})u(t)$
④ $(1+e^{-t}+te^{-t})u(t)$

정답 1번

출제 포인트

분모에 s와 중근 $(s+1)^2$이 섞여 있는 라플라스 함수를 부분분수로 분해해 역변환하는 문제다. 핵심은 중근 항의 부분분수 계수를 빠뜨리지 않고 모두 구하는 것이다. 중근이 있으면 $\frac{1}{(s+1)^2}$ 항과 $\frac{1}{(s+1)}$ 항이 동시에 나온다는 점을 알면 선지 형태만 봐도 후보를 좁힐 수 있다.

조건 정리

주어진 함수는 $F(s)=\frac{1}{(s+1)^2 s}$ 이고, 구할 것은 $f(t)=\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$ 이다. 극점은 $s=0$(단극점)과 $s=-1$(중근, 2중극점)이다. $u(t)$는 단위 계단 함수로, $t\geq 0$에서만 정의된다는 의미다.

사용할 공식

부분분수 전개: $\frac{1}{s(s+1)^2}=\frac{A}{s}+\frac{B}{s+1}+\frac{C}{(s+1)^2}$. 기본 역변환쌍: $\mathcal{L}^{-1}\{\frac{1}{s}\}=1$, $\mathcal{L}^{-1}\{\frac{1}{s+a}\}=e^{-at}$, $\mathcal{L}^{-1}\{\frac{1}{(s+a)^2}\}=te^{-at}$.

계산 과정

계수 A는 양변에 s를 곱하고 $s=0$을 대입: $A=\frac{1}{(s+1)^2}\Big|_{s=0}=1$.
계수 C는 양변에 $(s+1)^2$을 곱하고 $s=-1$을 대입: $C=\frac{1}{s}\Big|_{s=-1}=-1$.
계수 B는 중근이므로 $(s+1)^2$을 곱한 식을 한 번 미분 후 $s=-1$ 대입: $B=\frac{d}{ds}\left(\frac{1}{s}\right)\Big|_{s=-1}=-\frac{1}{s^2}\Big|_{s=-1}=-1$.
따라서 $F(s)=\frac{1}{s}-\frac{1}{s+1}-\frac{1}{(s+1)^2}$.
각 항을 역변환하면 $f(t)=(1-e^{-t}-te^{-t})u(t)$.

NoteBase

선지 판단

① $(1-e^{-t}-te^{-t})u(t)$ → O. 부분분수 계수 $A=1,\ B=-1,\ C=-1$을 그대로 역변환한 결과와 정확히 일치한다.
② $(1+e^{-t}-te^{-t})u(t)$ → X. e^{-t} 항 부호가 틀렸다. B는 -1이므로 $-e^{-t}$가 맞다(틀린 표현 $+e^{-t}$ → 올바른 표현 $-e^{-t}$).
③ $(1-e^{-t}+te^{-t})u(t)$ → X. te^{-t} 항 부호가 틀렸다. C는 -1이므로 $-te^{-t}$가 맞다(틀린 표현 $+te^{-t}$ → 올바른 표현 $-te^{-t}$).
④ $(1+e^{-t}+te^{-t})u(t)$ → X. e^{-t}와 te^{-t} 두 항 부호가 모두 틀렸다. 올바른 부호는 둘 다 음수다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 중근 항의 계수 B를 빼먹고 $F(s)=\frac{1}{s}-\frac{1}{(s+1)^2}$로만 분해해 $(1-te^{-t})u(t)$ 같은 식을 만드는 것이다. 중근 $(s+1)^2$은 반드시 $\frac{B}{s+1}+\frac{C}{(s+1)^2}$ 두 항으로 쪼개야 한다. 또 부호 검산을 안 하면 ②·③처럼 한 항만 부호가 틀린 함정에 걸린다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지 형태가 모두 $1\pm e^{-t}\pm te^{-t}$ 꼴이면, 빠른 검산법으로 초기값 정리를 쓴다. $t=0$일 때 $f(0)=1-1-0=0$ 이어야 하는데, 초기값 정리 $f(0^+)=\lim_{s\to\infty}sF(s)=\lim_{s\to\infty}\frac{1}{(s+1)^2}=0$ 과 일치한다. $t=0$ 대입 시 $1+e^0=2$가 되는 ②④는 즉시 제거된다. 남은 ①③ 중 te^{-t} 부호만 맞추면 ①.

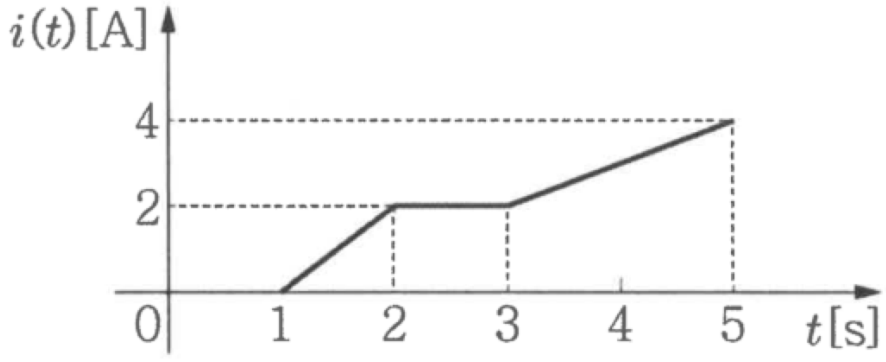
암기 포인트

중근 역변환쌍: $\frac{1}{(s+a)^2}\leftrightarrow te^{-at}$. 분모에 단극점 s와 중근 $(s+1)^2$이 있으면 부분분수는 항이 3개($\frac{A}{s},\frac{B}{s+1},\frac{C}{(s+1)^2}$). 중근 계수 B는 미분 대입으로 구한다. 검산은 $t=0$에서 $f(0)=0$ 확인.

NoteBase

문 14. 2[H]의 인덕턴스를 가지는 인덕터에 <보기>와 같은 전류 $i(t)$[A]를 흘렸을 때, 인덕터에 유기되는 전압 v_L[V]에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>



① 패러데이 법칙에 의하면 한 인덕터에서 자속쇄교수가 변하면 그 시간적 변화율에 비례하는 기전력이 회로에 유기된다.

② $v_L = 4[V](1 < t < 2)$

③ $v_L = 0[V](2 < t < 3)$

④ $v_L = 1[V](3 < t < 5)$

정답 4번

출제 포인트

인덕터의 전압-전류 관계 $v_L = L\frac{di}{dt}$를 그래프로 준 문제다. 인덕터 전압은 전류의 '크기'가 아니라 '기울기(시간 변화율)'에 비례하므로, 각 구간에서 i(t) 그래프의 기울기만 정확히 읽어 $L = 2$[H]를 곱하면 된다. '가장 옳지 않은 것'을 고르는 문제이므로 값이 틀린 선지 하나를 찾는다.

조건 정리

인덕턴스 $L = 2$[H]. 전류 그래프: $0 < t < 1$에서 $i = 0$, $1 < t < 2$에서 0에서 2까지 직선 상승, $2 < t < 3$에서 $i = 2$로 일정, $3 < t < 5$에서 2에서 4까지 직선 상승.

사용할 공식

인덕터에 유기되는 전압 $v_L = L\frac{di}{dt}$. 여기서 $\frac{di}{dt}$는 해당 구간 i(t) 직선의 기울기다.

NoteBase

계산 과정

구간 $1 < t < 2$: 기울기 $\frac{2-0}{2-1} = 2$[A/s], $v_L = 2 \times 2 = 4$[V].
구간 $2 < t < 3$: 전류 일정이므로 기울기 0, $v_L = 2 \times 0 = 0$[V].
구간 $3 < t < 5$: 기울기 $\frac{4-2}{5-3} = 1$[A/s], $v_L = 2 \times 1 = 2$[V].

선지 판단

① O: 패러데이 법칙에 따라 자속(쇄교수)이 변하면 그 시간적 변화율에 비례하는 기전력이 유기된다 — 인덕터 전압 식 $v_L = L\frac{di}{dt}$의 물리적 근거로 옳다.
② O: $1 < t < 2$에서 기울기 2, $v_L = 2 \times 2 = 4$[V]로 옳다.
③ O: $2 < t < 3$에서 전류가 일정해 기울기 0, $v_L = 0$[V]로 옳다.
④ X: $3 < t < 5$에서 기울기는 $\frac{4-2}{5-3} = 1$[A/s]이지만 여기에 $L = 2$를 곱해야 하므로 $v_L = 2 \times 1 = 2$[V]다. '1[V]' → '2[V]'가 옳은 표현이므로 가장 옳지 않다.

오답 포인트

④에서 전류의 기울기(1A/s)만 보고 $v_L = 1$[V]로 착각하기 쉽다. 기울기에 반드시 $L = 2$[H]를 곱해야 한다. 또 '옳지 않은 것'을 묻는 문제이므로 옳게 계산된 ②③을 답으로 고르지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

인덕터 전압 문제는 i(t) 그래프에서 각 직선 구간의 기울기를 먼저 구하고 L을 곱한다. 전류가 평평한 구간은 항상 $v_L = 0$, 기울기가 가파른 구간일수록 전압이 크다. 발문이 '옳지 않은 것'이면 계산값과 선지 수치를 한 구간씩 대조해 어긋나는 하나를 찾는다.

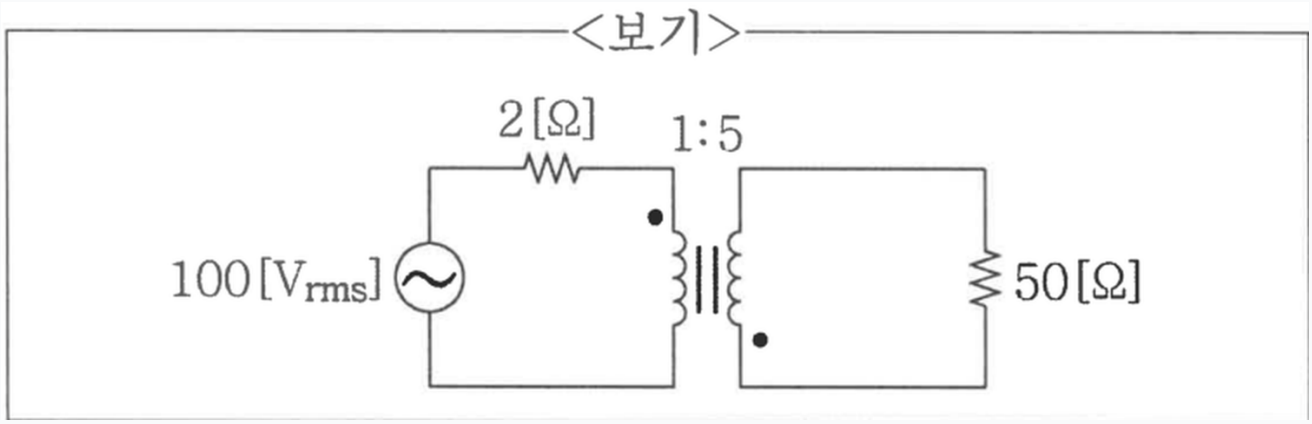
암기 포인트

인덕터: $v_L = L\frac{di}{dt}$ (전압은 전류 변화율에 비례). 커패시터와 짝: $i_C = C\frac{dv}{dt}$. 전류 일정 → 인덕터 전압 0. 이 문제: $L = 2$, 기울기 2/0/1 → v_L = 4/0/2[V].

NoteBase

문 15. <보기>의 이상적인 변압기에서 2차측에 연결된 저항 50[Ω]이 소비하는 평균 전력[W]은?

<보기>



① 125

② 625

③ 1,250

④ 2,500

정답 3번

출제 포인트

이상 변압기의 임피던스 반사(임피던스 변환)를 이용해 2차측 부하가 소비하는 전력을 구하는 문제다. 권선비 1 : 5일 때 2차측 저항을 1차측으로 환산하면 회로가 단순한 직렬 저항 회로가 되고, 이상 변압기는 손실이 없으므로 1차측에서 환산 저항에 전달된 전력이 곧 실제 2차측 저항이 소비하는 전력이 된다는 점이 핵심이다.

조건 정리

전원: 100[Vrms] 정현파.
1차측 직렬 저항: 2[Ω].
변압기 권선비(1차:2차): 1 : 5, 즉 $N_1 : N_2 = 1 : 5$.
2차측 부하 저항: 50[Ω].
변압기는 이상적(손실 0, 자화전류 0).

사용할 공식

임피던스 반사: R_반사 = ≤ft((N_1)/(N_2))^2 R_2
옴의 법칙: I = (V)/(R_총)
저항 소비 전력: $P = I^2R = \frac{V^2}{R}$

NoteBase

계산 과정

1) 2차측 저항을 1차측으로 환산한다.
R_반사 = ≤ft((N_1)/(N_2))^2 R_2 = ≤ft((1)/(5))^2 × 50 = (50)/(25) = 2 [Ω]
2) 1차측은 100[Vrms] 전원에 직렬 저항 2[Ω]과 환산 저항 2[Ω]이 직렬이므로 총 저항은 4[Ω]이다.
I_1 = (V)/(R_총) = (100)/(2+2) = 25 [A]
3) 이상 변압기는 손실이 없으므로 환산 저항이 받는 전력이 곧 실제 50[Ω]이 소비하는 전력이다.
P = I_1^2 R_반사 = 25^2 × 2 = 625 × 2 = 1,250 [W]
검산: 변압기 1차 권선 양단 전압 = I_1 × R_반사 = 25 × 2 = 50 [V], 2차 전압 $= 50 \times 5 = 250[V]$, $P = \frac{V_2^2}{R_2} = \frac{250^2}{50} = 1{,}250[W]$로 동일하다.

선지 판단

① 125 → X. 어떤 환산에서도 나오지 않는 값으로, 전류나 전력 계산 단계를 한 자리 잘못 잡았을 때 나오는 함정이다.
② 625 → X. $I_1^2 = 25^2 = 625$에서 환산 저항 2[Ω]를 곱하는 것을 빠뜨린 값이다.
③ 1,250 → O. R_반사=2 Ω, $I_1 = 25A$, P=I_1^2 R_반사=1,250 [W]로 정답이다.
④ 2,500 → X. 환산 저항을 50/25 = 2가 아니라 잘못 계산하거나 전류를 50A로 두는 등 배수를 한 번 더 곱했을 때 나오는 값이다.

오답 포인트

권선비 방향을 거꾸로 잡아 $(N_2/N_1)^2 = 25$를 곱해 환산 저항을 50 × 25로 키우면 1차 전류와 전력이 완전히 틀어진다. 환산은 항상 $(N_1/N_2)^2$로 2차 저항을 1차로 끌어온다. 또 $I_1^2 = 625$를 그대로 전력으로 적으면 ②에 걸리니, 환산 저항 2[Ω]를 반드시 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상 변압기 문제는 (1) 2차 저항을 $(N_1/N_2)^2$로 1차에 환산 → (2) 1차측 직렬 회로로 단순화해 1차 전류 계산 → (3) 손실이 없으니 환산 저항이 받는 전력 I_1^2 R_반사이 곧 실제 2차 저항 소비 전력, 순서로 풀면 된다.
1차/2차 어느 쪽에서 계산해도 답이 같아야 하므로 한쪽으로 검산하면 실수를 잡을 수 있다.

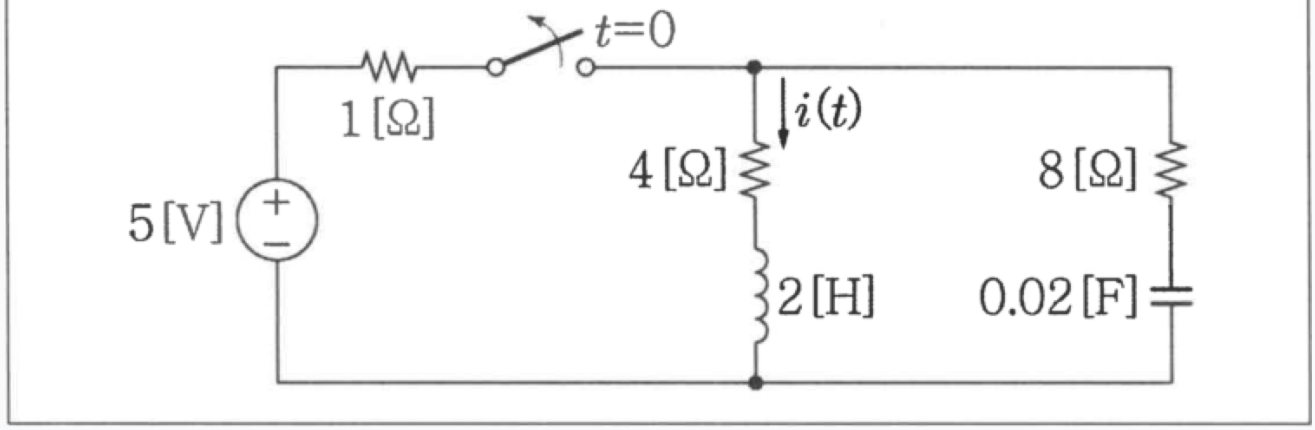
암기 포인트

이상 변압기 임피던스 반사: R_반사=(N_1/N_2)^2 R_2 (2차를 1차로 끌어올 때 권선비 제곱). 권선비 1 : 5면 2차 50[Ω]은 1차에서 2[Ω]. 이상 변압기는 손실 0이라 1차 환산 저항이 받는 전력 = 2차 부하 소비 전력.

NoteBase

문 16. <보기>의 회로에서 $t<0$일 때 스위치는 오랫동안 닫혀 있었고, $t=0$에 스위치가 개방되었다. $t\geq 0$에서 전류 $i(t)[A]$는?

<보기>



① $e^{-3t}\left[\cos(4t)+\frac{1}{4}\sin(4t)\right]$

② $e^{-3t}\left[\cos(4t)-\frac{1}{4}\sin(4t)\right]$

③ $e^{-4t}\left[\cos(3t)+\frac{1}{4}\sin(3t)\right]$

④ $e^{-4t}\left[\cos(3t)-\frac{1}{4}\sin(3t)\right]$

정답 2번

출제 포인트

스위치가 열리면서 전원이 분리되고, 남은 회로가 직렬 RLC 자유응답(과소감쇠)으로 동작하는 과도현상 문제다. 핵심은 두 가지다. 첫째 t<0 정상상태에서 인덕터 전류 $i_L(0^-)$와 커패시터 전압 $v_C(0^-)$를 구해 초기조건으로 쓴다(인덕터 전류·커패시터 전압은 연속). 둘째 스위치가 열린 t≥0 회로에서 전원이 빠지므로 4Ω+2H 가지와 8Ω+0.02F 가지가 하나의 직렬 RLC 폐회로가 된다. 감쇠계수 α와 감쇠진동수 ω_d로 지수·삼각 형태가 정해지고, 마지막에 sin 항의 부호(초기 기울기)가 선지를 가른다.

NoteBase

조건 정리

전원 5 V, 직렬 1Ω+스위치, 마디 A에서 두 가지로 분기.
가지1: 4Ω + 2H(여기에 i(t)가 아래로 흐름).
가지2: 8Ω + 0.02F.
t<0: 스위치 오래 닫힘(직류 정상상태) → 인덕터는 단락, 커패시터는 개방.
인덕터 전류 $i_L(0^-) = \frac{5}{1+4} = 1\text{A}$ (커패시터 가지엔 전류 없음).
커패시터 전압 = 마디 A 전압 = 4Ω 양단 전압 = $4 \times 1 = 4\text{V}$.
t=0: 스위치 개방 → 5 V 전원과 1Ω이 떨어져 나감.
t≥0: 4Ω·2H·0.02F·8Ω이 한 폐루프(직렬 RLC).

사용할 공식

직렬 RLC 자유응답: $R = 4 + 8 = 12\Omega,\ L = 2\text{H},\ C = 0.02\text{F}$.
감쇠계수 $\alpha = \frac{R}{2L}$, 공진각주파수 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, 감쇠진동수 $\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$.
과소감쇠($\alpha < \omega_0$) 일반해: $i(t) = e^{-\alpha t}[A\cos(\omega_d t) + B\sin(\omega_d t)]$.
초기조건 두 개: $i(0^+) = i_L(0^-)$(인덕터 전류 연속), 그리고 $L\frac{di}{dt}|_{0^+} = v_L(0^+)$로 초기 기울기 결정.

계산 과정

1) 상수: $\alpha = \frac{12}{2\times 2} = 3$, $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{2\times 0.02}} = \frac{1}{\sqrt{0.04}} = 5$, $\omega_d = \sqrt{5^2 - 3^2} = \sqrt{16} = 4$. → 형태는 $e^{-3t}[A\cos 4t + B\sin 4t]$.
2) 첫째 초기조건: $i(0) = i_L(0^-) = 1 \Rightarrow A = 1$.
3) 초기 기울기: t≥0 폐루프에서 마디 A 전압을 두 가지로 두 번 쓰면 $L\frac{di}{dt} = -12i + v_C$. t=0에서 $i = 1,\ v_C = 4$ 이므로 $\frac{di}{dt}|_0 = \frac{-12(1)+4}{2} = -4$.
4) 일반해 미분의 t=0 값: $\frac{di}{dt}|_0 = -\alpha A + \omega_d B = -3(1) + 4B$. 이를 -4와 같게 두면 $-3 + 4B = -4 \Rightarrow B = -\frac{1}{4}$.
5) 따라서 $i(t) = e^{-3t}[\cos(4t) - \frac{1}{4}\sin(4t)]$.

선지 판단

① e^-3t[4t+14 4t]: X. 지수·진동수($\alpha = 3,\ \omega_d = 4$)는 맞지만 sin 부호가 +이다. 초기 기울기가 $-4 < 0$ 이려면 B=-14이어야 하므로 +는 틀린 표현 → 올바른 표현은 -14 4t.
② e^-3t[4t-14 4t]: O. α=3, _d=4, A=1, B=-14가 모두 일치. 정답.
③ e^-4t[3t+14 3t]: X. 지수와 진동수가 뒤바뀌었다. $\alpha = 4,\ \omega_d = 3$은 틀린 값 → 올바른 값은 $\alpha = 3,\ \omega_d = 4$(즉 e^{-3t}와 $\cos 4t$).
④ e^-4t[3t-14 3t]: X. ③과 같은 이유로 지수·진동수가 뒤바뀌어 틀림 → $e^{-3t},\ 4t$가 맞다.

NoteBase

오답 포인트

첫째, R에 1Ω을 포함시키는 실수. 스위치가 t=0에 열리면 5 V 전원과 1Ω이 통째로 분리되므로 t≥0 루프 저항은 $4+8=12\Omega$이지 13Ω이 아니다. 둘째, α와 ω_d를 서로 바꿔 쓰는 실수(③·④처럼 $e^{-4t}\cos 3t$)인데, $\alpha=\frac{R}{2L}=3$, $\omega_d=4$로 확실히 구분해야 한다. 셋째, sin 항 부호를 초기 기울기 없이 +로 찍는 실수. $v_C(0)=4<12$라 $i(0)=12$라 $\frac{di}{dt}|_0<0$이므로 부호는 −가 되어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

스위치 개폐 RLC는 순서를 고정한다. (1) t<0 직류 정상상태에서 인덕터=단락, 커패시터=개방으로 $i_L(0^-)$, $v_C(0^-)$를 구한다. (2) t≥0 회로를 다시 그려 전원·분리된 소자를 빼고 남는 R·L·C를 확정해 α, ω_0, ω_d를 계산 → 지수와 진동수 두 자리를 먼저 채운다(여기서 ③·④ 탈락). (3) $i(0)$로 cos 계수 A, 초기 기울기 $\frac{di}{dt}|_0$로 sin 계수 B의 부호를 정한다(여기서 ① 탈락). 진동수가 같은 두 선지가 남으면 부호 결정용 초기 기울기 계산이 사실상 정답을 가른다.

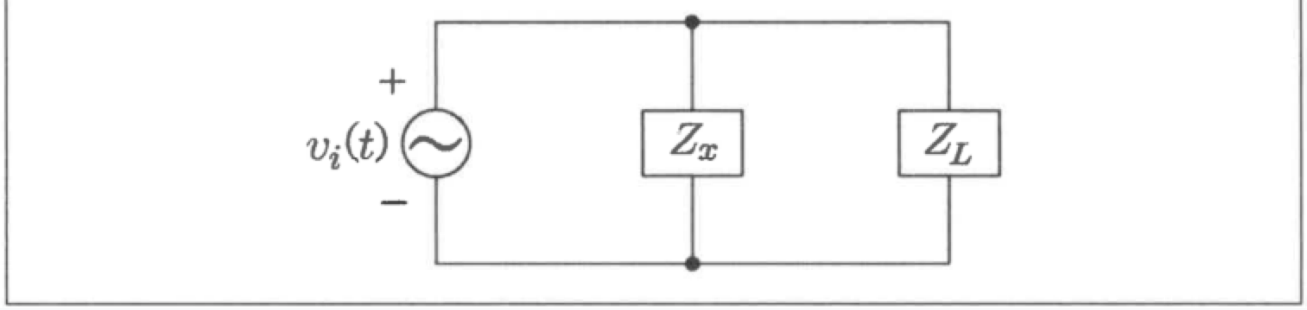
암기 포인트

직렬 RLC 자유응답 3종 세트: $\alpha=\frac{R}{2L}$, $\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$, $\omega_d=\sqrt{\omega_0^2-\alpha^2}$. 과소감쇠해 $i(t)=e^{-\alpha t}[A\cos\omega_d t+B\sin\omega_d t]$에서 $A=i(0)$, $B=\frac{1}{\omega_d}(\frac{di}{dt}|_0+\alpha A)$. 연속 법칙: 인덕터 전류와 커패시터 전압은 스위칭 순간에도 끊기지 않는다. 이 문제 값: α=3, _0=5, _d=4, A=1, B=-14.

NoteBase

문 17. <보기>의 회로에서 역률을 1로 개선하기 위한 리액턴스 소자 Z_x의 종류와 값은? (단, $\omega = 100$[rad/s], $Z_L = 5 - j5$[Ω]이다.)

<보기>



① Z_x의 종류: 커패시터, Z_x의 값: 0.001[F]

② Z_x의 종류: 커패시터, Z_x의 값: 0.1[F]

③ Z_x의 종류: 인덕터, Z_x의 값: 0.001[H]

④ Z_x의 종류: 인덕터, Z_x의 값: 0.1[H]

정답 4번

출제 포인트

병렬로 연결된 보상 소자로 부하의 무효분(허수부)을 상쇄해 역률을 1로 만드는 문제다. 핵심은 부하 $Z_L = 5 - j5$[Ω]의 부호: 허수부가 음수이므로 이 부하는 용량성(커패시터 성질)이다. 따라서 이를 상쇄하려면 유도성 소자, 즉 인덕터가 필요하다. 병렬 보상이므로 임피던스가 아니라 어드미턴스(서셉턴스)로 푸는 것이 빠르다.

조건 정리

각주파수 $\omega = 100$[rad/s], 부하 $Z_L = 5 - j5$[Ω], 보상 소자 Z_x는 Z_L과 병렬 연결. 목표는 전원에서 본 합성 임피던스의 허수부를 0으로 만들어 역률 1 달성.

사용할 공식

부하 어드미턴스 $Y_L = \frac{1}{Z_L}$. 병렬이므로 전체 어드미턴스 $Y = Y_L + Y_x$. 역률 1 조건은 $\mathrm{Im}(Y) = 0$. 인덕터의 어드미턴스는 $Y_L\text{-element} = \frac{1}{j\omega L} = -j\frac{1}{\omega L}$ (서셉턴스 음수=유도성). 커패시터는 $Y = j\omega C$ (서셉턴스 양수=용량성).

NoteBase

계산 과정

먼저 부하 어드미턴스를 구한다. $Y_L = \frac{1}{5-j5} = \frac{5+j5}{5^2+5^2} = \frac{5+j5}{50} = 0.1 + j0.1[\mathrm{S}]$. 부하의 서셉턴스가 $+j0.1$(양수=용량성)이므로, 이를 상쇄하려면 보상 소자가 $-j0.1$의 서셉턴스를 가져야 한다. 음의 서셉턴스는 인덕터다. 인덕터 조건: $-\frac{1}{\omega L} = -0.1 \Rightarrow \frac{1}{\omega L} = 0.1 \Rightarrow \omega L = 10$. 따라서 $L = \frac{10}{\omega} = \frac{10}{100} = 0.1[\mathrm{H}]$. 검산: 인덕터를 넣으면 $Y = (0.1 + j0.1) + (-j0.1) = 0.1[\mathrm{S}]$로 순저항이 되어 합성 임피던스가 10 Ω(허수부 0), 역률 1이 된다.

선지 판단

① 커패시터 0.001[F] → 틀림: 부하가 이미 용량성(허수부 음)인데 커패시터를 더하면 용량성이 커져 역률이 더 나빠진다. 소자 종류 자체가 반대.
② 커패시터 0.1[F] → 틀림: 마찬가지로 종류가 반대. 커패시터는 양의 서셉턴스라 음의 서셉턴스 $-j0.1$을 만들 수 없다.
③ 인덕터 0.001[H] → 틀림: 종류는 맞지만 값이 틀림. 이 값이면 서셉턴스가 $-\frac{1}{\omega L} = -\frac{1}{100 \times 0.001} = -10[\mathrm{S}]$로, 필요한 -0.1을 100배 과보상해 오히려 강한 유도성이 된다.
④ 인덕터 0.1[H] → 맞음: 서셉턴스가 $-\frac{1}{100 \times 0.1} = -0.1[\mathrm{S}]$로 부하의 $+0.1$을 정확히 상쇄해 역률이 1이 된다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 $Z_L = 5 - j5$의 부호를 보고 '리액턴스가 음수니까 인덕터로 보충'이 아니라 '용량성 부하'임을 놓치는 것이다. 허수부가 음수인 임피던스는 커패시터(용량성)이고, 이를 상쇄하는 보상 소자는 그 반대인 인덕터다. 또 하나는 직렬처럼 임피던스끼리 더하려는 습관인데, 여기서는 병렬이므로 반드시 어드미턴스($1/Z$)로 합쳐야 값이 맞는다. 직렬로 착각하면 $\omega L = 5$, $L = 0.05[\mathrm{H}]$ 같은 엉뚱한 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 역률 보상은 (1) 부하 임피던스의 허수부 부호로 종류 결정: 허수부 음(용량성)이면 인덕터로, 허수부 양(유도성)이면 커패시터로 보상. (2) $Y_L = 1/Z_L$을 구해 서셉턴스를 읽고, 그 부호의 반대 값을 만드는 소자 값을 ωL 또는 ωC로 역산. 이 문제처럼 $Y_L = 0.1 + j0.1$이 나오면 인덕터 서셉턴스 $-1/(\omega L) = -0.1$에서 $L = 10/\omega$로 바로 푼다.

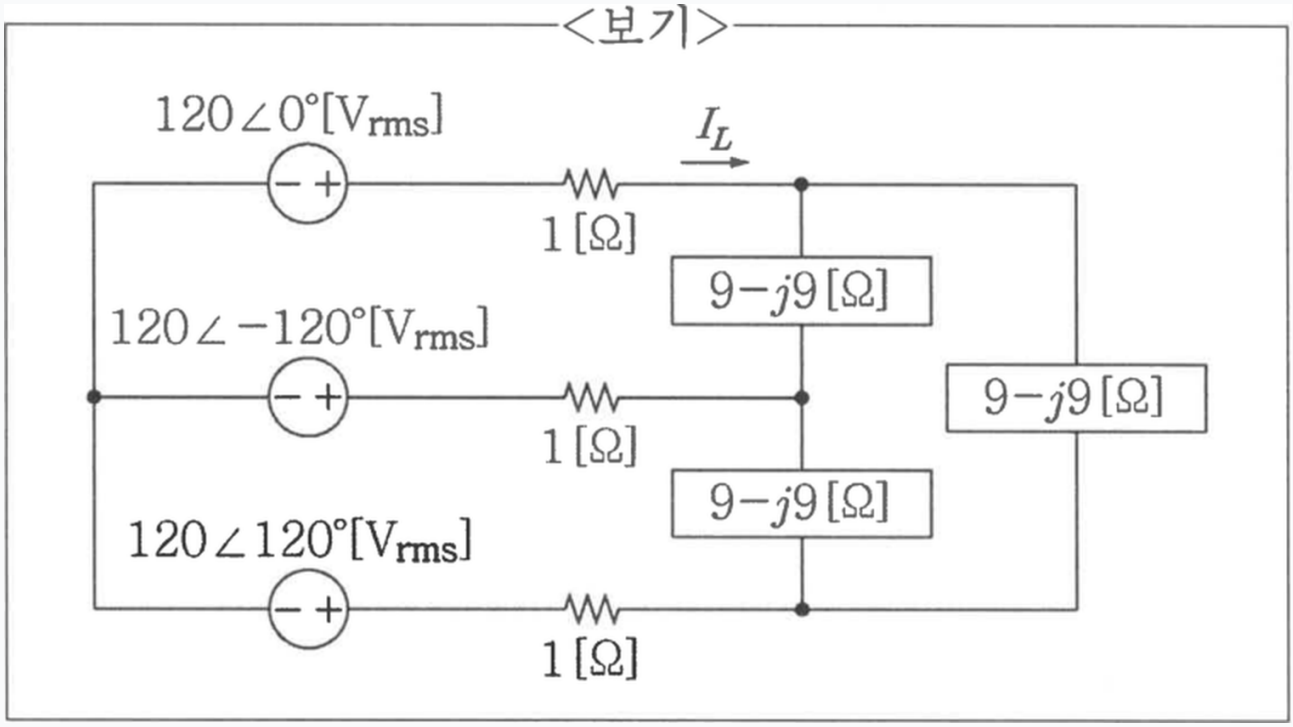
암기 포인트

병렬 보상은 어드미턴스로 푼다: $Y_L = 1/Z_L$, $\mathrm{Im}(Y) = 0$이 역률 1 조건. 인덕터 서셉턴스 $-1/(\omega L)$(음), 커패시터 서셉턴스 $+\omega C$(양). $Z_L = 5 - j5$는 용량성 → 인덕터로 보상, $L = 10/\omega = 0.1[\mathrm{H}]$.

NoteBase

문 18. <보기>의 회로에서 선전류(I_L)의 크기[A]는?

<보기>



① 12

② 24

③ 36

④ 48

정답 2번

출제 포인트

Y결선 전원 + 선로 임피던스 + Δ결선 부하로 이루어진 평형 3상 회로에서 선전류 크기를 구하는 문제다. 핵심은 Δ부하를 Y부하로 변환한 뒤 한 상(1상)만 떼어 단상 등가회로로 푸는 것이다. 평형 3상이므로 세 상의 전류 크기는 모두 같고, 한 상만 계산하면 된다.

조건 정리

전원: 평형 3상 Y결선, 상전압(선간이 아니라 상전압) $120\angle 0^\circ$, $120\angle -120^\circ$, $120\angle 120^\circ$ [Vrms]. 선로 임피던스: 각 선마다 1Ω. 부하: $9-j9$[Ω] 세 개가 세 선 사이를 잇는 Δ결선. 구할 값: 윗선의 선전류 I_L의 크기[A].

사용할 공식

Δ→Y 변환(평형): $Z_Y = \frac{Z_\Delta}{3}$. 1상 등가 임피던스: Z=Z_선+Z_Y. 선전류: I_L=V_상Z. 복소수 크기: $|a+jb| = \sqrt{a^2+b^2}$.

NoteBase

계산 과정

1) Δ부하를 Y로 변환한다. $Z_Y = \frac{9-j9}{3} = 3-j3[\Omega]$. 2) 한 상의 등가 임피던스는 선로 임피던스와 직렬이다. $Z = 1 + (3-j3) = 4-j3[\Omega]$. 3) 그 크기는 $|Z| = \sqrt{4^2+3^2} = \sqrt{25} = 5[\Omega]$. 4) 평형이므로 1상 단상 등가에서 선전류는 상전압을 1상 임피던스로 나눈다. $|I_L| = \frac{120}{5} = 24[\mathrm{A}]$.

선지 판단

① 12 [A] (X): 24의 절반. $Z_Y = 3-j3$을 두 배(또는 |Z|를 10으로) 잘못 잡으면 나온다. 틀린 값.
② 24 [A] (O): $Z_Y = \frac{9-j9}{3} = 3-j3$, $Z = 4-j3$에서 $|Z| = 5$, $|I_L| = 120/5 = 24$. 정답.
③ 36 [A] (X): 24의 1.5배. 변환·합성 단계에서 계수를 틀리면 나오는 함정값.
④ 48 [A] (X): 24의 두 배. Δ부하에서 선전류가 상전류의 $\sqrt{3}$배라는 규칙을 엉뚱하게 적용하거나, Z_Y 대신 더 작은 값을 쓰면 나온다.

오답 포인트

첫째, Δ부하를 Y로 바꿀 때 반드시 3으로 나눠야 한다($Z_Y = Z_\Delta/3$). 변환을 빼고 $9-j9$를 선로와 그대로 직렬로 두면 $|1+(9-j9)| = |10-j9| \approx 13.45$가 되어 답이 어긋난다. 둘째, 임피던스 크기는 실수부와 허수부를 따로 더하면 안 되고 $\sqrt{4^2+3^2} = 5$처럼 제곱합의 제곱근으로 구한다(4+3=7로 계산하면 틀린다). 셋째, 여기서 묻는 것은 선전류이고 부하가 Y로 변환되었으므로 $\sqrt{3}$을 추가로 곱하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

평형 3상이면 무조건 '1상 단상 등가회로'로 환원한다. 순서는 (1) 부하가 Δ면 $Z_\Delta/3$으로 Y화 (2) 선로 임피던스와 직렬 합성 (3) 상전압 ÷ 1상 임피던스 = 선전류. 주어진 전압이 상전압인지 선간전압인지 먼저 확인하고(여기선 각 전원에 적힌 120[Vrms]가 상전압), $9-j9$처럼 실수부=|허수부|면 $|Z|$가 $\sqrt{2}$배 관계로 깔끔하게 떨어지는지 점검한다.

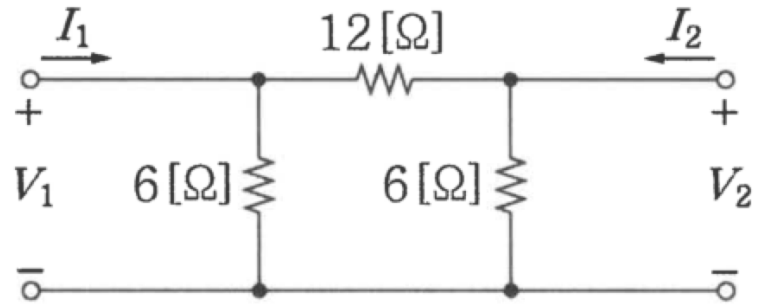
암기 포인트

Δ→Y는 3으로 나눈다($Z_Y = Z_\Delta/3$). 3-4-5 직각삼각형: $|4-j3| = 5$는 시험 단골이니 외워둔다. 평형 3상 선전류 =V_상Z_선+Z_Y, 본 문제는 120/5 = 24[A].

NoteBase

문 19. <보기>의 회로에서 2-포트 회로망의 z-파라미터 중 z_{11}과 z_{12}의 값[Ω]은?

<보기>



① z_{11}[Ω]: 1.5, z_{12}[Ω]: 4.5

② z_{11}[Ω]: 2, z_{12}[Ω]: 4

③ z_{11}[Ω]: 4, z_{12}[Ω]: 2

④ z_{11}[Ω]: 4.5, z_{12}[Ω]: 1.5

정답 4번

출제 포인트

Π(파이)형 2-포트 회로의 z-파라미터(임피던스 파라미터) 중 z_{11}과 z_{12}를 정의식대로 구하는 문제다. z-파라미터는 $V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2$, $V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$로 정의되며, 각 파라미터는 한쪽 포트를 '개방(open)'시켜 그 단자 전류를 0으로 만든 상태에서 구한다는 것이 핵심이다.

조건 정리

회로는 입력 단자(V_1, I_1)와 출력 단자(V_2, I_2) 사이가 다음으로 구성된다. 입력 노드에 6Ω 병렬(shunt) 저항, 두 노드를 잇는 위쪽 직렬(series) 저항 12Ω, 출력 노드에 6Ω 병렬 저항이 연결된 Π형 구조다. 좌우가 6Ω으로 대칭이다.

사용할 공식

$z_{11} = \frac{V_1}{I_1}\big|_{I_2=0}$: 출력 포트 개방 후 입력에서 본 등가 저항. $z_{12} = \frac{V_1}{I_2}\big|_{I_1=0}$: 입력 포트 개방 후 출력에 전류 I_2를 넣었을 때 입력 전압. 병렬 합성 $R_a \parallel R_b = \frac{R_aR_b}{R_a+R_b}$, 직렬은 단순 합.

NoteBase

계산 과정

[z_{11}] 출력 개방($I_2 = 0$)이면 입력에서 본 회로는 '왼쪽 6Ω'과 '12Ω + 오른쪽 6Ω = 18Ω'이 병렬이다.
$z_{11} = 6 \parallel 18 = \frac{6 \times 18}{6 + 18} = \frac{108}{24} = 4.5[\Omega]$.
[z_{12}] 입력 개방($I_1 = 0$)이면 I_2가 출력 노드로 들어가 '오른쪽 6Ω'과 '12Ω + 왼쪽 6Ω = 18Ω'으로 나뉜다. 출력 노드 전압은 $V_2' = I_2(6 \parallel 18) = 4.5I_2$. 12Ω 가지로 흐르는 전류는 $\frac{V_2'}{18} = \frac{4.5I_2}{18} = 0.25I_2$이고, 이 전류가 왼쪽 6Ω에 걸려 입력 전압이 된다. $V_1 = 0.25I_2 \times 6 = 1.5I_2$이므로 $z_{12} = 1.5[\Omega]$.

선지 판단

① $z_{11} = 1.5,\ z_{12} = 4.5 \rightarrow$ X. z_{11}과 z_{12} 값이 서로 뒤바뀐 함정 선지(계산값은 맞지만 위치가 반대).
② $z_{11} = 2,\ z_{12} = 4 \rightarrow$ X. 병렬·직렬 합성을 잘못한 값으로 분압 관계가 맞지 않는다.
③ $z_{11} = 4,\ z_{12} = 2 \rightarrow$ X. 12Ω을 빼고 6과 6만 병렬로 보는 등 직렬 가지 합성을 누락한 오답.
④ $z_{11} = 4.5,\ z_{12} = 1.5 \rightarrow$ O. $z_{11} = 6 \parallel 18 = 4.5, z_{12} = 1.5$로 계산 결과와 정확히 일치한다.

오답 포인트

가장 빠지기 쉬운 함정은 ①번이다. $z_{11} = 4.5, z_{12} = 1.5$를 옳게 구하고도 표의 $z_{11} \cdot z_{12}$ 칸 위치를 반대로 읽으면 ①을 고른다. z_{11}은 '입력에서 본 등가저항'이라 항상 z_{12}(전달·결합 항)보다 크다는 감각으로 자리 배치를 확인해야 한다. 또 개방시킬 포트를 헷갈려 직렬 12Ω을 빼먹으면 ③처럼 $6 \parallel 6 = 3$ 계열 오답으로 샌다.

다시 나오면 이렇게 판단

Π형(양끝 병렬 + 가운데 직렬) z-파라미터는 '구하려는 포트는 살리고 반대 포트는 개방'으로 접근한다. z_{11}은 출력 개방 후 입력 등가저항(6과 18의 병렬), z_{12}는 입력 개방 후 출력→입력으로의 분압을 따라가면 된다. 좌우 대칭이라 $z_{11} = z_{22}$, 상반정리(reciprocity)로 $z_{12} = z_{21}$임도 검산에 쓸 수 있다.

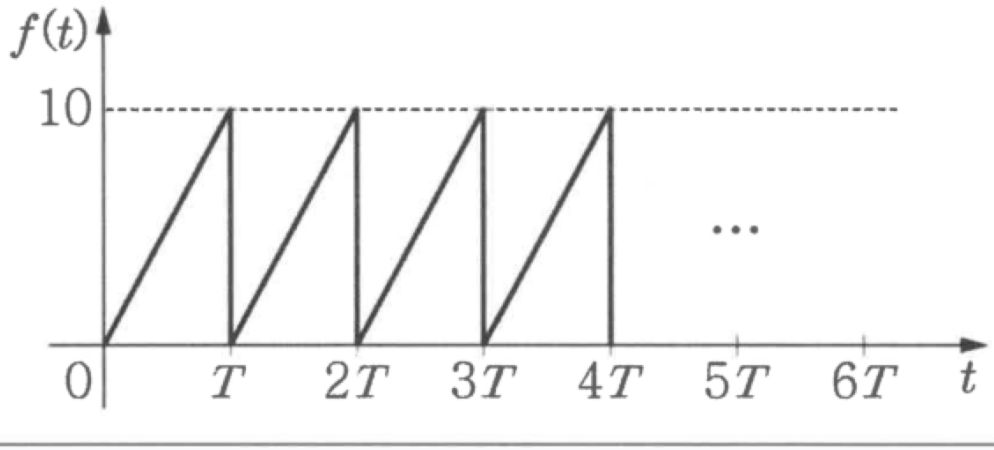
암기 포인트

z-파라미터는 '전류원 + 개방(open)'으로 측정한다(반대로 y-파라미터는 '전압원 + 단락(short)'). z_{11}=출력 개방 시 입력 등가저항, z_{12}=입력 개방 시 V_1/I_2. 이 회로 정답은 $z_{11} = 6 \parallel 18 = 4.5\Omega, z_{12} = 1.5\Omega$.

NoteBase

문 20. <보기>의 주기함수 $f(t)$를 라플라스 변환한 것은?

<보기>



① $\frac{10}{s}\left(\frac{e^{-Ts}}{T}-\frac{1}{1-e^{-Ts}}\right)$
② $\frac{10}{Ts}\left(\frac{1}{s}-\frac{e^{-Ts}}{1-e^{-Ts}}\right)$
③ $\frac{10}{T}\left(\frac{1}{s^2}-\frac{e^{-Ts}}{1-e^{-Ts}}\right)$
④ $\frac{10}{s}\left(\frac{1}{Ts}-\frac{e^{-Ts}}{1-e^{-Ts}}\right)$

정답 4번

출제 포인트

주기함수의 라플라스 변환 공식을 톱니파(ramp가 반복되는 sawtooth)에 적용하는 문제다. 핵심은 두 가지다. (1) 주기 T로 반복되는 함수는 $F(s)=\frac{F_1(s)}{1-e^{-Ts}}$로 변환된다는 것, 여기서 $F_1(s)$는 한 주기(0부터 T까지)만 떼어낸 함수의 라플라스 변환이다. (2) 한 주기를 정확히 떼어내려면 시간이동(time shift) 항 e^{-Ts}가 붙는다는 것이다.

조건 정리

그래프는 0에서 시작해 $t=T$에서 값 10까지 직선으로 올라간 뒤 0으로 뚝 떨어지고, 이 모양이 T마다 반복되는 톱니파다. 따라서 한 주기 동안의 함수는 기울기가 $10/T$인 직선, 즉 $f_1(t)=\frac{10}{T}t \quad (0\le t<T)$ 이다.

사용할 공식

주기함수 라플라스: $F(s)=\frac{1}{1-e^{-Ts}}\int_0^T f(t)e^{-st}dt=\frac{F_1(s)}{1-e^{-Ts}}$. 램프(ramp)의 라플라스: $\mathcal{L}\{t\}=\frac{1}{s^2}$. 시간이동 정리: $\mathcal{L}\{g(t-T)u(t-T)\}=e^{-Ts}G(s)$.

NoteBase

계산 과정

한 주기 $f_1(t)$는 무한히 올라가는 램프 $\frac{10}{T}t$에서, $t=T$ 이후 부분을 잘라내는 항을 빼서 만든다.
$f_1(t)=\frac{10}{T}t-10u(t-T)-\frac{10}{T}(t-T)u(t-T)$ 이를 변환하면 $F_1(s)=\frac{10}{T}\cdot\frac{1}{s^2}-\frac{10}{s}e^{-Ts}-\frac{10}{T}\cdot\frac{1}{s^2}e^{-Ts}$.
여기에 주기 인자 $\frac{1}{1-e^{-Ts}}$를 곱하고 $\frac{10}{s}$로 묶어 정리하면 $F(s)=\frac{10}{s}\left(\frac{1}{Ts}-\frac{e^{-Ts}}{1-e^{-Ts}}\right)$가 되어 4번과 정확히 일치한다.

선지 판단

① $\frac{10}{s}\left(\frac{e^{-Ts}}{T}-\frac{1}{1-e^{-Ts}}\right)$: X. 첫 항이 s에 대한 차원이 맞지 않고(분모에 s가 더 필요), 두 번째 항의 분자가 e^{-Ts}가 아니라 1이라 주기인자 구조가 깨진다.
② $\frac{10}{Ts}\left(\frac{1}{s}-\frac{e^{-Ts}}{1-e^{-Ts}}\right)$: X. 4번과 비교하면 안쪽 첫 항이 $\frac{1}{Ts}$가 아니라 $\frac{1}{s}$로 되어 있어 $\frac{10(T-1)}{Ts(e^{Ts}-1)}$만큼 차이가 난다.
③ $\frac{10}{T}\left(\frac{1}{s^2}-\frac{e^{-Ts}}{1-e^{-Ts}}\right)$: X. 두 항의 차원이 서로 달라(앞은 $1/s^2$, 뒤는 무차원) 더할 수 없으며, 직접 빼보면 $\frac{10(T-s)}{Ts(e^{Ts}-1)}$만큼 어긋난다.
④ $\frac{10}{s}\left(\frac{1}{Ts}-\frac{e^{-Ts}}{1-e^{-Ts}}\right)$: O. 위 계산 과정에서 유도한 결과와 항·계수가 모두 일치한다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 한 주기를 떼어낼 때 시간이동 항을 빠뜨리거나 잘못 붙이는 것이다. 톱니파의 한 주기는 단순한 램프가 아니라 $t=T$에서 값 10을 가지므로, 끝에서 '값 10을 통째로 잘라내는 항'($-10u(t-T)$)과 '램프를 잘라내는 항'이 동시에 필요하다. 이 둘을 합쳐 변환하면 안쪽 첫 항이 $\frac{1}{Ts}$가 되는데, 이를 $\frac{1}{s}$(2번)나 $\frac{1}{s^2}$(3번)로 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

주기파형이 보이면 무조건 $F(s)=\frac{F_1(s)}{1-e^{-Ts}}$ 구조를 먼저 떠올리고, 분모에 $1-e^{-Ts}$가 있는 선지부터 살린다(1번은 분모 구조부터 어긋나므로 탈락). 그다음 한 주기가 램프(기울기 직선)이므로 $\frac{1}{s^2}$에서 출발하되, 톱니파라 $\frac{10}{s}$로 한 번 묶이면서 안쪽이 $\frac{1}{Ts}$ 형태가 되는지 차원으로 확인한다. 안쪽 두 항의 s 차수가 맞지 않는 선지(2·3번)는 더할 수 없으니 바로 버린다.

암기 포인트

주기함수 라플라스의 핵심 공식 $F(s)=\frac{1}{1-e^{-Ts}}\int_0^T f(t)e^{-st}dt$를 외운다. 톱니파(0에서 M까지 기울기 직선이 반복, 주기 T)의 결과는 $F(s)=\frac{M}{s}\left(\frac{1}{Ts}-\frac{e^{-Ts}}{1-e^{-Ts}}\right)$임을 기억하면, 이 문제처럼 $M=10$일 때 곧바로 4번을 고를 수 있다.

NoteBase