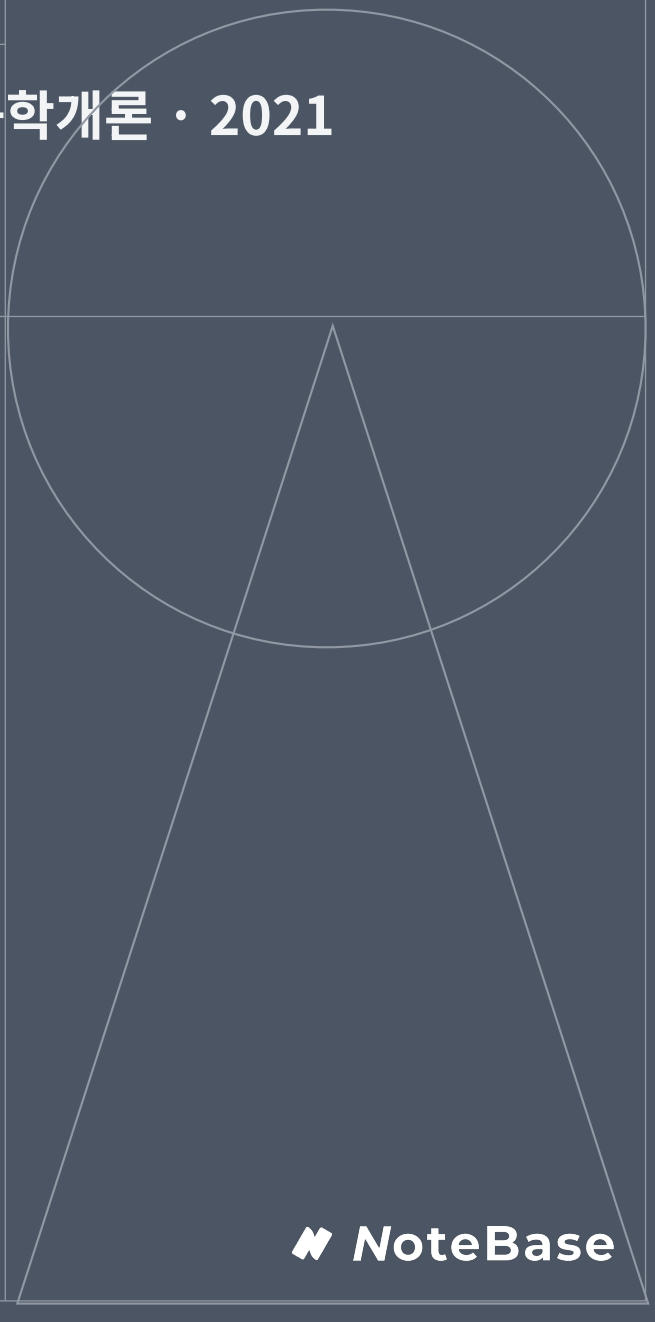
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2021



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2021

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2021

문 1. 인덕턴스가 각각 $L_1 = 20[\mu H]$, $L_2 = 80[\mu H]$인 두 코일이 있다. 결합 계수가 0.9이고 그들의 자기장은 서로를 상쇄시키도록 두 인덕터를 직렬로 연결했을 때, 총 인덕턴스 L의 값[μH]은?

① 28

② 64

③ 136

④ 172

정답 1번

간단한 해설

두 코일의 자기장이 서로 상쇄되는 직렬 연결에서는 자기 인덕턴스의 합에서 **상호 인덕턴스의 두 배를 뺀다**. 상호 인덕턴스가 36 μH이므로 총 인덕턴스는 28 μH이다.

계산 과정

상호 인덕턴스 계산: $L_1 = 20\mu$H, $L_2 = 80\mu$H이고 결합 계수는 $k = 0.9$이다. 상호 인덕턴스 M은 한 코일의 전류 변화가 다른 코일에 유도 전압을 만드는 정도를 나타내며, $M = k\sqrt{L_1 L_2}$로 구한다. 두 인덕턴스를 모두 μH 단위로 대입하면 $M = 0.9\sqrt{20 \cdot 80} = 36\mu$H이다.

직렬 연결의 부호: 두 코일에는 같은 전류가 흐른다. 자기장이 서로 상쇄되도록 연결했으므로 각 코일의 상호 유도 성분은 자기 유도 성분을 줄이는 방향으로 작용한다. 두 코일에서 각각 M만큼의 성분이 빠지므로, 총 인덕턴스는 **감극 직렬 연결**의 식 $L = L_1 + L_2 - 2M$을 적용한다.

총 인덕턴스 계산: $L = 20 + 80 - 2 \cdot 36 = 28\mu$H이다. 자기 인덕턴스의 합 100 μH에서 상호 유도에 따른 감소분 72 μH를 뺀 값이며, ①의 28에 해당한다.

NoteBase

문 2. 100[Ω]의 저항과 100[μF]의 커패시터가 직렬로 연결되어 있는 회로에 교류전압 $v_s(t) = 100\cos(100t + 10^\circ)$을 입력으로 가할 때 얻어지는 역률의 값은?

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

정답 4번

간단한 해설

직렬 RC 회로의 역률은 **저항과 전체 임피던스 크기의 비**이다. 이 회로에서는 저항과 용량성 리액턴스가 모두 100 Ω이므로 역률은 $\frac{1}{\sqrt{2}}$이다.

계산 과정

입력 조건: 정현파 정상상태에서 저항은 R = 100 Ω이고, 커패시턴스는 $C = 100\mu\text{F} = 10^{-4}\text{F}$이다. 전압식의 100t에서 **각주파수**는 $\omega = 100\text{rad/s}$임을 읽는다.

용량성 리액턴스: 커패시터의 교류 전류에 대한 방해 정도의 크기는 $X_C = \frac{1}{\omega C}$이다. 따라서 $X_C = \frac{1}{100 \cdot 10^{-4}} = 100\Omega$으로, 저항과 크기가 같다.

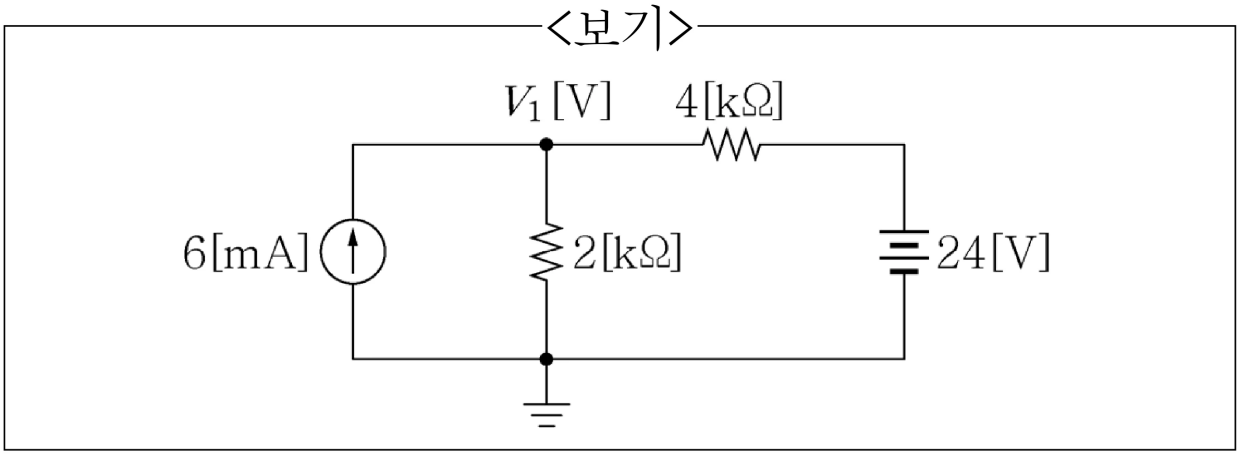
전체 임피던스: 직렬 회로에서는 각 소자의 임피던스를 더하므로 $Z = R - jX_C = 100 - j100\Omega$이다. 여기서 j는 허수 단위이며, 음의 허수부는 용량성 특성을 나타낸다. 저항 성분과 리액턴스 성분은 위상이 90° 다르므로 **크기는 제곱합의 제곱근**으로 구한다. 따라서 $|Z| = \sqrt{100^2 + 100^2} = 100\sqrt{2}\Omega$이다.

역률: 정현파 정상상태에서 역률은 유효전력과 피상전력의 비이며, 전압과 전류의 위상차를 ϕ라 하면 $\cos\phi = \frac{R}{|Z|}$이다. 따라서 $\cos\phi = \frac{100}{100\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0.707$로, ④의 값과 일치한다. 역률에는 단위가 없다. 이 회로는 전류가 전압보다 45° 앞서는 진상 회로이다. 입력 전압의 초기 위상 10°는 시간 기준에 대한 위상일 뿐이므로, **전압과 전류 사이의 위상차**와 역률에는 영향을 주지 않는다.

NoteBase

문 3. <보기> 회로에서 V_1의 값[V]은?

<보기>



① 0

② 8

③ 12

④ 16

정답 4번

간단한 해설

접점에 **들어오는 전류와 나가는 전류의 합은 같다**. 오른쪽 전압원 위쪽이 접지보다 24 V 높으므로, 두 저항의 전류에 이 관계를 적용하면 $V_1 = 16$ V가 된다.

NoteBase

계산 과정

전압 기준: 아래쪽 접지는 0 V이다. 오른쪽 24 V 전압원은 긴 선으로 표시된 위쪽이 양극이므로, 4 kΩ 저항의 오른쪽 접점 전압은 +24 V이다. 구하려는 V_1은 위쪽 중앙 접점의 접지에 대한 전압이다.

저항 전류: 두 저항 모두 위쪽 중앙 접점에서 나가는 방향을 전류의 기준 방향으로 잡는다. 옴의 법칙에 따라 2 kΩ 저항의 전류는 $\frac{V_1}{2}$, 4 kΩ 저항의 전류는 $\frac{V_1-24}{4}$이다. 여기서 전압을 V, 저항을 kΩ 단위로 대입하므로 전류의 단위는 mA이다. 오른쪽 저항에는 **두 접점의 전압 차**를 사용해야 한다.

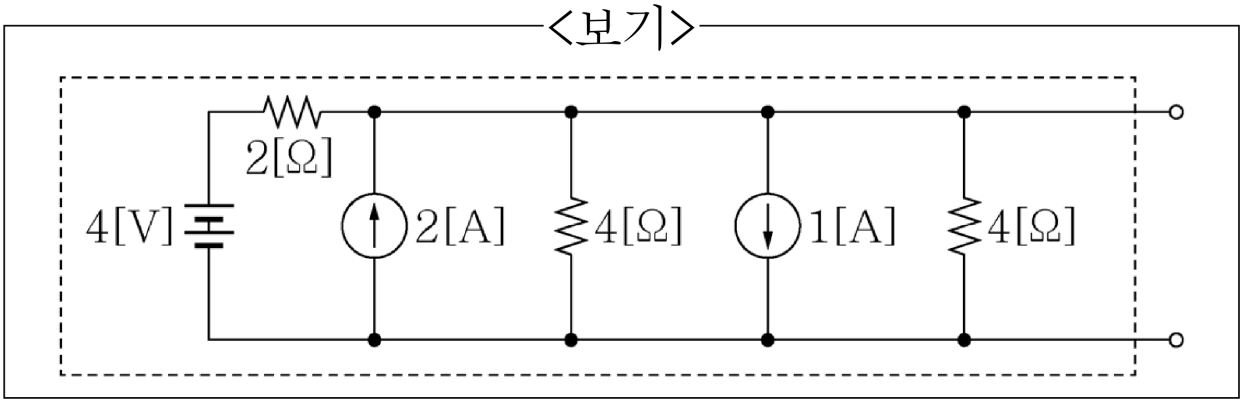
접점 방정식: 6 mA 전류원의 화살표는 위쪽 중앙 접점으로 향한다. 키르히호프의 전류 법칙에 따라 저항으로 나가는 전류의 합을 유입 전류와 같게 놓으면 $\frac{V_1}{2}+\frac{V_1-24}{4}=6$이다. 양변에 4를 곱하면 $2V_1+V_1-24=24$, 따라서 $3V_1=48$이 된다.

계산 결과: $V_1=16$ V이며, 이는 ④의 16 V에 해당한다.

NoteBase

문 4. <보기> 점선 안의 선형회로와 등가회로인 테브난 (Thévenin) 회로(1개의 전압원과 1개의 저항의 직렬 연결)의 테브난전압 V_{th} [V]와 테브난저항 R_{th} [Ω]의 값은?

<보기>



① V_{th}: 3, R_{th}: 1

② V_{th}: 6, R_{th}: 4

③ V_{th}: 3, R_{th}: 4

④ V_{th}: 6, R_{th}: 1

정답 1번

간단한 해설

테브난전압은 출력 단자의 **개방전압**이므로, 위쪽 노드에 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $V_{th} = 3\text{V}$이다.
테브난저항은 **독립전압원을 단락하고 독립전류원을 개방**한 뒤 구하며, $2\,\Omega \cdot 4\,\Omega \cdot 4\,\Omega$의 병렬합인 $1\,\Omega$이다.

NoteBase

계산 과정

테브난전압: 오른쪽 두 단자를 개방한 상태에서 아래쪽 단자를 기준으로 한 위쪽 단자의 전압을 V라 두면, 이 전압이 V_{th}이다. 왼쪽 4 V 전압원은 위쪽이 양극이므로 2 Ω 저항의 왼쪽 전위는 4 V이다. 2 A 전류원은 위쪽 노드로 전류를 공급하고, 1 A 전류원은 아래쪽으로 전류를 내보낸다.

위쪽 노드에서 **나가는 전류를 양의 방향**으로 잡는다. 전압을 V, 저항을 Ω 단위로 대입하면 각 전류는 A 단위이므로, 키르히호프 전류법칙에 따라 $\frac{V-4}{2}+\frac{V}{4}+\frac{V}{4}+1-2=0$이다. 정리하면 $V-3=0$이므로 개방전압은 $V_{th}=3\text{V}$이다.

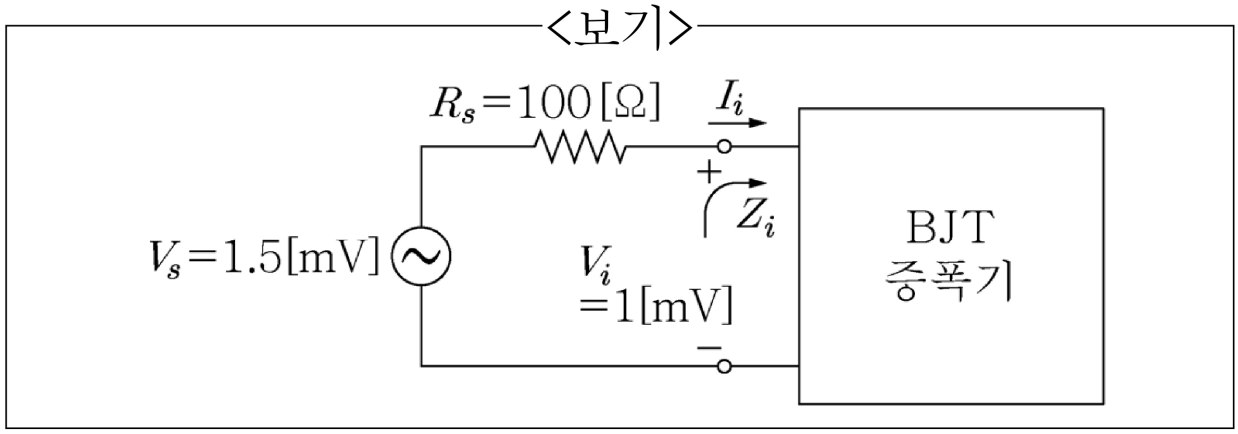
테브난저항: 회로의 독립전원을 0으로 만든 뒤 출력 단자에서 본 저항을 구한다. **4 V 전압원은 단락하고 두 전류원은 개방**하므로, 2 Ω 저항과 두 개의 4 Ω 저항이 모두 같은 위·아래 노드 사이에 병렬로 연결된다. 따라서 $R_{th}=\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\frac{1}{4}\right)^{-1}=1\Omega$이다.

따라서 $V_{th}=3\text{V}$, $R_{th}=1\Omega$이며, 이 값의 쌍은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 5. <보기>와 같은 회로에서 입력 임피던스 Z_i의 값은?

<보기>



① 100[Ω]

② 200[Ω]

③ 1[kΩ]

④ 2[kΩ]

정답 2번

간단한 해설

전원전압과 입력전압의 차이인 0.5 mV가 100 Ω의 소스 저항에 걸리므로 입력전류는 5 μA이다. 입력 임피던스는 **입력전압을 입력전류로 나눈 값**이므로 200 Ω이다.

계산 과정

회로에서 소스 저항 R_s는 100 Ω, 전원전압 V_s는 1.5 mV, 증폭기 입력단 전압 V_i는 1 mV이다. 소스 저항과 증폭기 입력단이 직렬로 연결되어 있으므로, 소스 저항에 걸리는 전압은 **전원전압에서 입력전압을 뺀 값**이다. 따라서 소스 저항의 전압은 1.5 − 1 = 0.5 mV이다.

소스 저항을 흐르는 전류가 그대로 증폭기의 입력전류 I_i가 된다. 옴의 법칙을 적용하면 $I_i = \frac{V_s - V_i}{R_s}$이므로, $I_i = \frac{0.5\mathrm{mV}}{100\Omega} = 5\mu\mathrm{A}$이다.

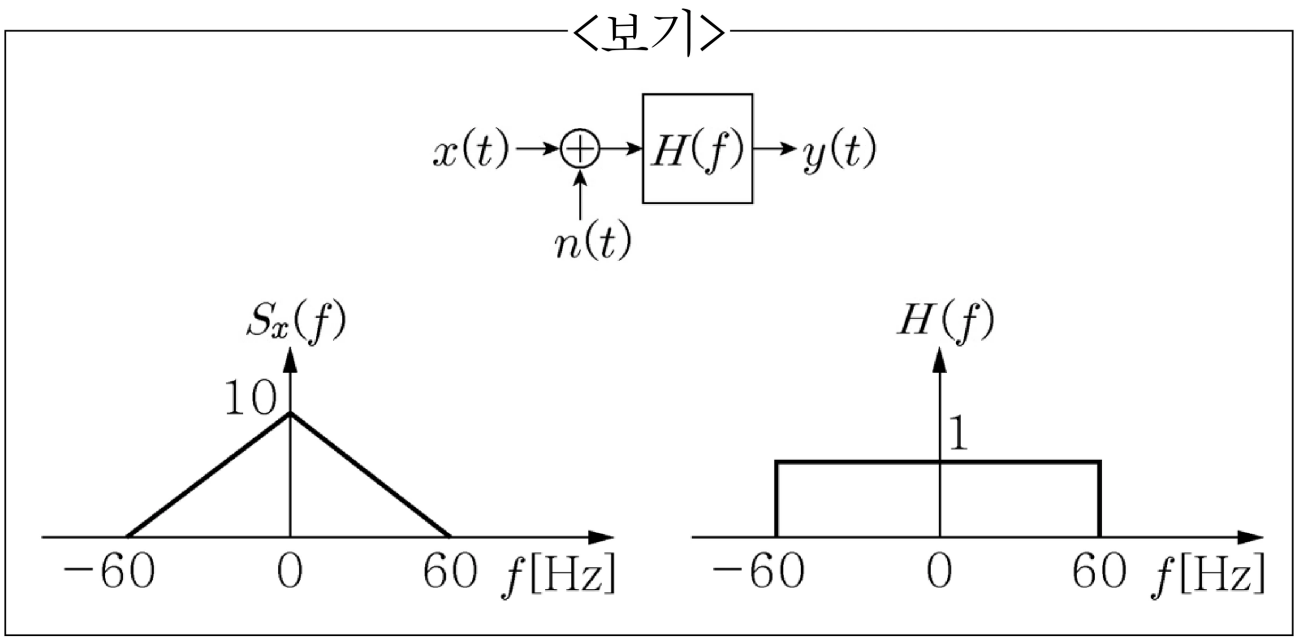
입력 임피던스 Z_i는 증폭기 입력단에서 본 전압과 전류의 비이다. 소스 저항까지 포함한 전체 회로의 값이 아니므로, 분자에는 **증폭기 입력단에 걸린 1 mV**를 사용한다. 따라서 $Z_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{1\mathrm{mV}}{5\mu\mathrm{A}} = 200\Omega$이다.

계산한 입력 임피던스 200 Ω은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. <보기>와 같이 입력신호 $x(t)$의 전력스펙트럼밀도 $S_x(f)$와 선형 시불변(LTI) 필터 $H(f)$의 주파수 응답이 주어졌을 때, 필터 출력 신호 $y(t)$의 신호 대 잡음비(SNR)는? (단, $n(t)$는 전력스펙트럼밀도(power spectral density)의 크기가 주파수에 상관없이 4[W/Hz]인 백색잡음이다.)

<보기>



① 1.25

② 2

③ 1.5

④ 1

정답 1번

간단한 해설

필터의 통과대역에서 **전력스펙트럼밀도 그래프의 면적**을 구하면 출력 신호 전력은 600 W, 출력 잡음 전력은 480 W이다. 따라서 출력 신호 대 잡음비는 SNR $= \frac{600}{480} = 1.25$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 필터의 전력 전달 관계: LTI 필터를 통과한 전력스펙트럼밀도는 입력 전력스펙트럼밀도에 $|H(f)|^2$를 곱한 값이다. 그림에서 -60≤ f≤60 Hz의 통과대역은 이득이 1이고, 그 밖은 이득이 0이다. 따라서 신호와 잡음 모두 **−60 Hz부터 60 Hz까지의 성분만 그대로 통과**하며, 통과대역의 전체 폭은 120 Hz이다.

2. 출력 신호 전력: 평균 전력은 전력스펙트럼밀도를 주파수에 대해 적분한 값, 즉 그래프 아래의 면적이다. $S_x(f)$는 −60 Hz부터 60 Hz까지 밑변이 120 Hz이고 높이가 10 W/Hz인 삼각형이다. 이 삼각형 전체가 필터를 통과하므로 출력 신호 전력은 $P_s = \frac{1}{2} \cdot 120 \cdot 10 = 600\text{W}$이다.

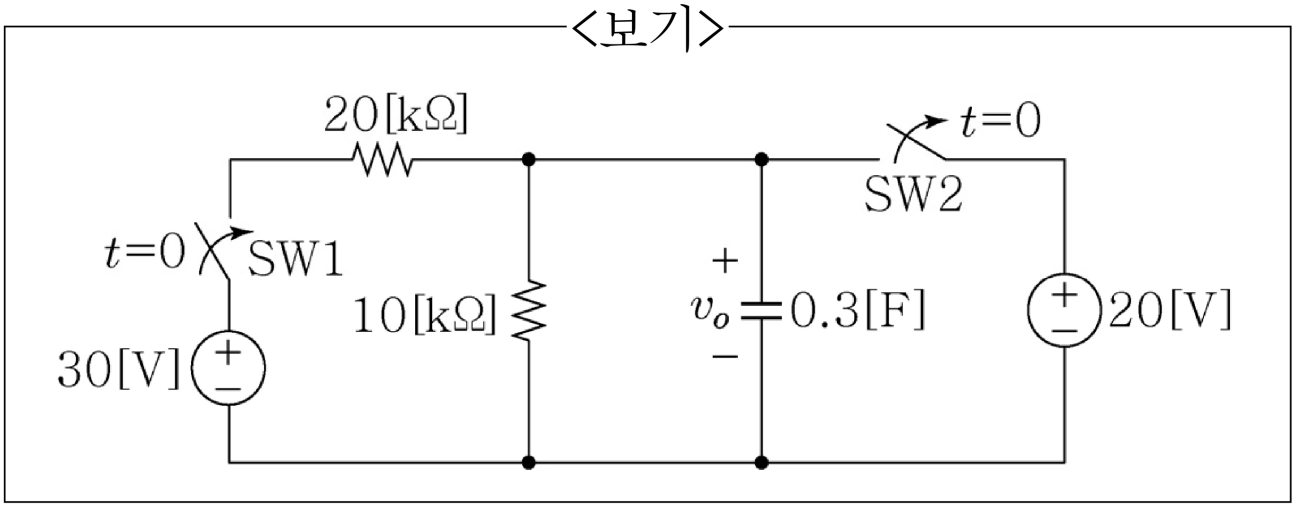
3. 출력 잡음 전력: 백색잡음의 전력스펙트럼밀도는 모든 주파수에서 4 W/Hz이지만, 필터 출력에서는 통과대역 안에서만 남는다. 따라서 출력 잡음의 전력스펙트럼밀도 그래프는 **폭 120 Hz, 높이 4 W/Hz인 직사각형**이며, 출력 잡음 전력은 $P_n = 4 \cdot 120 = 480\text{W}$이다.

4. 출력 신호 대 잡음비: SNR은 출력 신호 전력을 출력 잡음 전력으로 나눈 비이다. $\text{SNR} = \frac{P_s}{P_n} = \frac{600}{480} = 1.25$ 이므로 ①의 1.25에 해당한다. 두 전력의 단위가 상쇄되므로 이 값에는 단위가 없으며, dB로 환산한 값이 아니다.

NoteBase

문 7. <보기> 회로에서 스위치1(SW1)은 오랫동안 열려있다가 $t = 0$에서 닫히고, 스위치2(SW2)는 오랫동안 닫혀있다가 $t = 0$에서 열린다. $t > 0$일 때 커패시터 양단의 전압 $v_o(t)$[V]를 나타낸 식으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① $v_o(t) = 10e^{-t/2000}$

② $v_o(t) = 10(e^{-t/2000} + 1)$

③ $v_o(t) = 20(e^{-t/2000} + 1)$

④ $v_o(t) = 10(e^{-t/200} + 1)$

정답 2번

간단한 해설

커패시터 전압은 **20 V에서 출발해 10 V로 수렴**하며, 시정수는 2000초이다. 최종값 10 V에 초기 전압과의 차이 10 V가 지수적으로 감소하는 항을 더하면 $v_o(t) = 10(1 + e^{-t/2000})$ V가 된다.

NoteBase

계산 과정

초기 전압: $t<0$에서는 SW1이 열려 있어 30 V 전원은 회로에서 분리되고, SW2가 닫혀 있어 커패시터가 20 V 전원에 직접 연결된다. 따라서 위쪽 단자를 양으로 한 전압은 $v_o(0^-)=20$ V이다. 스위칭 후에도 **커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로** $v_o(0^+)=20$ V이다.

최종 전압: $t>0$에서는 SW1이 닫히고 SW2가 열려 20 V 전원이 분리된다. 충분한 시간이 지난 직류 정상상태에서는 **커패시터에 전류가 흐르지 않으므로 개방회로로 취급**한다. 30 V 전원에 연결된 20 kΩ과 10 kΩ의 전압분배로 $v_o(\infty)=30\cdot\frac{10}{20+10}=10$ V이다.

시정수: 스위칭 후 회로에서 커패시터가 바라보는 등가저항을 구한다. 독립 전압원인 30 V 전원을 단락하면 **20 kΩ과 10 kΩ이 병렬**로 연결된다. 따라서 $R_{\text{th}}=\frac{20\cdot10}{20+10}=\frac{20}{3}$ kΩ이다. 이를 Ω으로 바꾸어 정전용량 0.3 F와 곱하면 $\tau=R_{\text{th}}C=\frac{20000}{3}\cdot0.3=2000$초이다. 시정수는 전압과 최종값의 차이가 감소하는 속도를 결정한다.

시간에 따른 전압: 저항과 하나의 커패시터로 이루어진 1차 RC 회로에서는 초기 전압과 최종 전압의 차이가 $e^{-t/\tau}$에 비례하여 감소한다. 초기 차이가 $20-10=10$ V이므로 $v_o(t)=10+10e^{-t/2000}$ V이다. 이를 묶으면 $v_o(t)=10(e^{-t/2000}+1)$ V이며, ②의 식과 일치한다. 여기서 t의 단위는 초이다.

NoteBase

문 8. $R = 4[\Omega]$, $L = 20[\mathrm{mH}]$, $C = 2[\mu\mathrm{F}]$**로 구성된 RLC 직렬 회로에서 공진현상이 일어났다. 이때** L**과** C **에서의 전압 확대율** Q**는?**

① 10

② 25

③ 50

④ 100

정답 2번

간단한 해설

직렬 공진에서는 전압 확대율이 $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$이다. 주어진 값을 대입하면 **전압 확대율은 25**이며, 코일과 커패시터 각각의 전압 크기는 전원 전압의 25배이다.

계산 과정

공진 조건: RLC 직렬 회로가 공진하면 유도 리액턴스와 용량 리액턴스의 크기가 같아 $X_L = X_C$가 된다. 두 소자의 전압은 위상이 반대여서 서로 상쇄되므로 **회로 전체의 임피던스는 저항 R**이 된다. 전원 전압의 크기를 V, 전류의 크기를 I라 하면 $V = IR$이다.

전압 확대율: 직렬 회로에서는 모든 소자에 같은 전류가 흐르므로 $V_L = IX_L$, $V_C = IX_C$이다. 따라서 공진 시 $Q = \frac{V_L}{V} = \frac{V_C}{V} = \frac{X_L}{R}$이다. 공진 각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이므로 $X_L = \omega_0 L = \sqrt{\frac{L}{C}}$이고, 이를 대입하면 $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$를 얻는다.

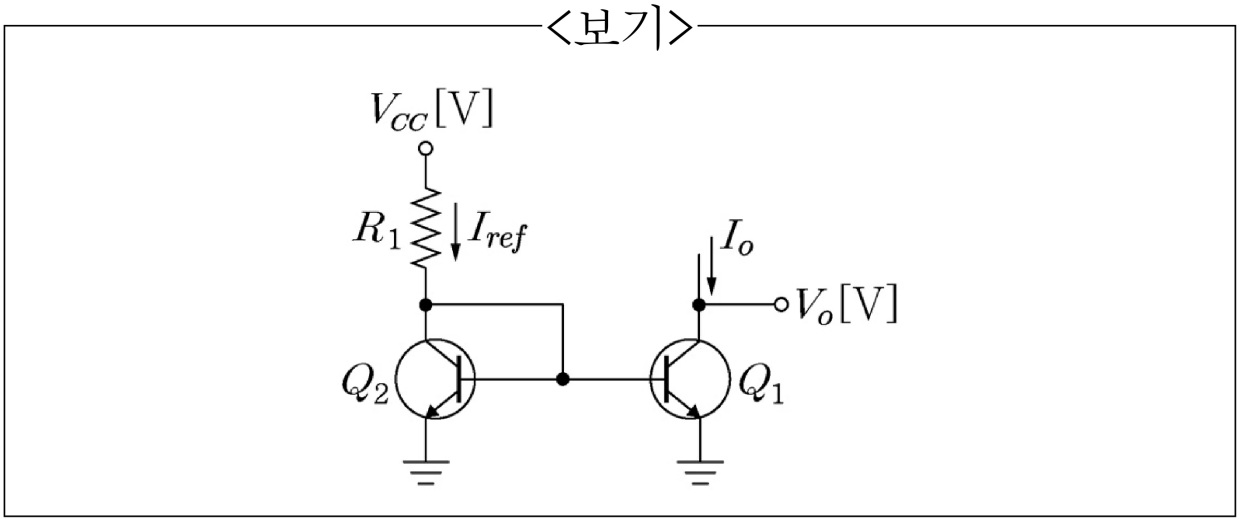
단위 환산과 리액턴스 계산: **L은 H, C는 F로 환산**하여 대입한다. 20 mH = 0.02 H, 2 μF = 0.000002 F이므로 $X_L = \sqrt{\frac{0.02}{0.000002}} = 100\Omega$이다. 이 값은 공진 시 코일과 커패시터 각각의 리액턴스 크기이다.

전압 확대율 계산: $Q = \frac{100}{4} = 25$이다. 전압 확대율은 전압끼리의 비이므로 단위가 없으며, 두 소자 각각의 전압 크기가 전원 전압의 25배임을 뜻한다. 이는 ②의 25에 해당한다.

NoteBase

문 9. <보기>의 전류거울회로에서 TR Q_1, Q_2는 동일한 소자이다. 전류증폭율 $\beta_o = 140$이고, 출력저항 $r_o = \infty$(무한대), $V_{BE} = 0.7[V]$, $V_o > V_{BE}$, $R_1 = 50[k\Omega]$로 주어진 경우, $I_o = 0.4[mA]$가 되기 위한 V_{CC}의 값 [V]은?

<보기>



① 10.4

② 12.2

③ 20.7

④ 15

정답 3번

간단한 해설

동일한 두 트랜지스터의 베이스·이미터 전압이 같으므로 컬렉터 전류도 같다. **베이스 전류를 무시하는 근사**에서는 저항의 전압 강하가 20 V이므로, 여기에 베이스·이미터 전압 0.7 V를 더한 전원 전압은 20.7 V이다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 Q_2의 베이스와 컬렉터는 연결되어 있고, 두 트랜지스터의 베이스는 서로 연결되며 이미터는 접지되어 있다. 따라서 두 소자의 V_{BE}가 같다. $V_o > V_{BE}$이므로 출력 소자 Q_1은 활성 영역에서 동작하며, 동일한 소자이고 $r_o = \infty$이므로 컬렉터 전압 차이에 따른 전류 변화는 없다. 이에 따라 $I_{C1} = I_{C2} = I_o = 0.4\text{mA}$이다.

저항을 흐르는 기준 전류 I_{ref}는 Q_2의 컬렉터 전류와 **두 소자의 베이스 전류를 모두 공급**한다. 각 베이스 전류가 I_o/β_o이므로, 접속점의 전류 관계는 $I_{\text{ref}} = I_o\left(1 + \frac{2}{\beta_o}\right)$이다. 주어진 전류증폭률을 반영하면 $I_{\text{ref}} = 0.4\left(1 + \frac{2}{140}\right)\text{mA}$, 즉 약 0.4057 mA이다.

저항 아래 접속점의 전압은 접지에 대해 0.7 V이다. 따라서 옴의 법칙에 의해 $V_{CC} = R_1 I_{\text{ref}} + V_{BE}$이다. mA와 kΩ의 곱은 V이므로, 베이스 전류까지 포함한 계산값은 $V_{CC} = 50 \cdot 0.4\left(1 + \frac{2}{140}\right) + 0.7 \approx 20.99\text{V}$이다.

베이스 전류 합계는 출력 전류의 $\frac{2}{140} \times 100 \approx 1.43\%$이다. 이를 무시하여 $I_{\text{ref}} \approx I_o$로 놓으면 저항의 전압 강하는 50 kΩ × 0.4 mA = 20 V이고, 전원 전압은 20 + 0.7 = 20.7 V이다. 선택지 ③의 20.7 V는 **베이스 전류를 무시한 근삿값**이며, 베이스 전류를 포함한 약 20.99 V에도 가장 가까운 선택지이다.

NoteBase

문 10. 폐루프제어계통의 특성방정식이
$s^3 + 3Ks^2 + (K+1)s + 6 = 0$
일 때, 이 계통이 안정하게 되기 위한 K의 범위로 가장 옳은 것은?

① K > −2

② K > −1

③ K > 0

④ K > 1

정답 4번

간단한 해설

루스 판별법에서 **첫 열의 모든 원소가 양수**여야 안정하다. 이 조건을 적용하면 $K > 0$과 $(K-1)(K+2) > 0$을 동시에 만족해야 하므로 안정 범위는 $K > 1$이다.

계산 과정

폐루프제어계통이 안정하려면 특성방정식의 모든 근의 실수부가 음수여야 한다. 루스 판별법은 근을 직접 구하지 않고 계수로 이 조건을 확인하는 방법이다. 주어진 식은 최고차항의 계수가 1이므로, **루스 배열 첫 열의 모든 원소가 양수**가 되는 K의 범위를 구한다.

루스 배열의 처음 두 행은 s^3행에 $1, K+1$을, s^2행에 $3K, 6$을 놓는다. 이에 따라 s^1행의 첫 원소는 $\frac{3K(K+1)-6}{3K}$이고, s^0행의 첫 원소는 6이다. 즉 첫 열은 위에서부터 $1, 3K, \frac{3K(K+1)-6}{3K}, 6$이다.

첫 열의 1과 6은 이미 양수이다. $3K > 0$에서 $K > 0$을 얻는다. 이때 **분모가 양수**이므로 나머지 분수도 양수가 되려면 분자가 양수여야 한다. 따라서 $3K(K+1) - 6 > 0$이고, 이를 정리하면 $K^2 + K - 2 > 0$, 즉 $(K-1)(K+2) > 0$이다.

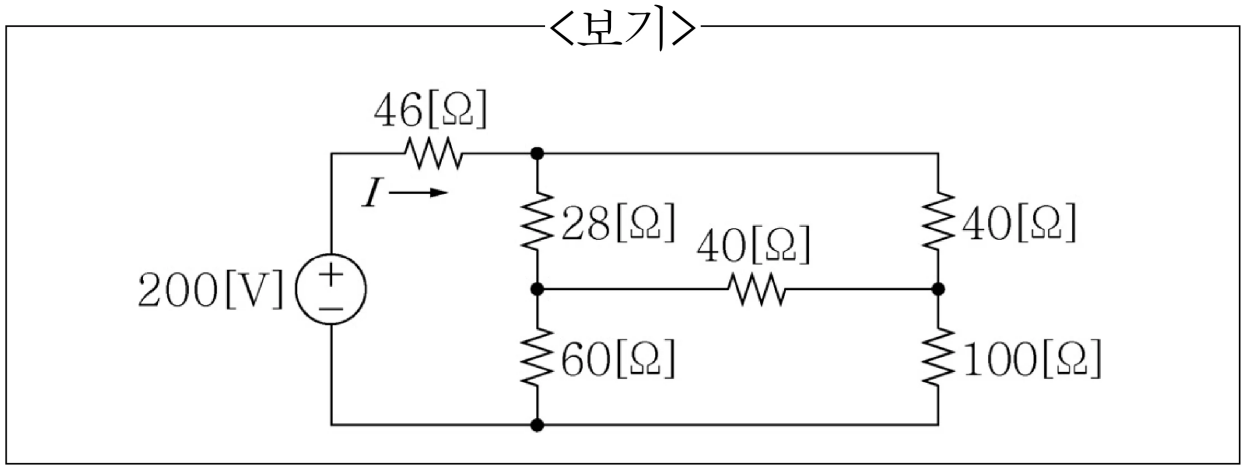
곱이 양수가 되는 범위는 $K < -2$ 또는 $K > 1$이다. 여기에 앞서 구한 $K > 0$을 함께 적용하면 $K > 1$만 남는다. 경계인 K = 1에서는 특성방정식이 $(s+3)(s^2+2) = 0$이 되어 허수축 위의 근을 가지므로 안정 범위에 포함하지 않는다.

따라서 안정 범위 $K > 1$은 ④의 조건과 일치한다.

NoteBase

문 11. <보기>에서 전류 /의 값 [A]은?

<보기>



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

브리지 회로의 아래쪽 세 저항을 **Δ-Y 변환**하면, 46 Ω 오른쪽 회로의 합성저항은 54 Ω이 된다. 전체 저항은 100 Ω이므로 전류는 $I = \frac{200}{100} = 2\text{A}$이다.

NoteBase

계산 과정

회로 구조: 전류 I는 분기되기 전의 46 Ω 저항을 흐르므로 전원이 공급하는 전체 전류이다. 가운데 가로 방향의 40 Ω 저항이 두 중간 접점을 연결하므로, 원래 회로에서 28 Ω과 60 Ω을 바로 직렬로 합칠 수는 없다.

Δ-Y 변환: 왼쪽 중간 접점, 오른쪽 중간 접점, 아래쪽 공통 접점을 잇는 40 Ω·100 Ω·60 Ω은 삼각형을 이룬다. 이를 세 접점에서 새 중심점으로 연결되는 Y형 저항으로 바꾸면 외부에서 본 전압·전류 관계가 유지된다. 각 접점 쪽 Y 저항은 **그 접점에 이어진 두 Δ 저항의 곱을 세 Δ 저항의 합으로 나눈 값**이다. 분모는 40 + 100 + 60 = 200 Ω이다.
왼쪽 중간 접점 쪽: $R_L = \frac{60 \cdot 40}{200} = 12\Omega$.
오른쪽 중간 접점 쪽: $R_R = \frac{40 \cdot 100}{200} = 20\Omega$.
아래쪽 공통 접점 쪽: $R_D = \frac{60 \cdot 100}{200} = 30\Omega$.

변환 후 직병렬 합성: 위쪽 접점에서 새 중심점까지 왼쪽 경로는 28 + 12 = 40 Ω, 오른쪽 경로는 40 + 20 = 60 Ω의 직렬저항이다. 두 경로는 **같은 두 접점 사이에 연결되므로 병렬**이며, 합성저항은 $R_P = \frac{40 \cdot 60}{40 + 60} = 24\Omega$이다.

전체 저항: 새 중심점에서 아래쪽 공통 접점까지의 30 Ω은 위에서 구한 24 Ω과 직렬이다. 따라서 46 Ω 오른쪽 회로의 합성저항은 24 + 30 = 54 Ω이고, 전원이 보는 전체 저항은 46 + 54 = 100 Ω이다.

전체 전류: 옴의 법칙 $I = \frac{V}{R}$에 전원 전압 200 V와 전체 저항 100 Ω을 대입하면 $I = \frac{200}{100} = 2\text{A}$이다. 전류는 그림의 화살표 방향으로 흐르며, 이 값은 ②의 2 A에 해당한다.

NoteBase

문 12. <보기> F(s)의 역변환 f(t)로 옳은 것은?

<보기>
$F(s) = \frac{5s^2 + 8s + 2}{(s+1)(s+2)(s+3)}$

① $[-e^{-t} - 2e^{-2t} + 3e^{-3t}]u(t)$
② $[-0.5e^{-t} - 3e^{-2t} + 12.5e^{-3t}]u(t)$
③ $[-0.5e^{-t} - 6e^{-2t} + 11.5e^{-3t}]u(t)$
④ $[-0.5e^{-t} - 2e^{-2t} + 5e^{-3t}]u(t)$

정답 3번

간단한 해설

분모의 서로 다른 일차인수에 따라 **부분분수로 분해**하면 계수는 각각 −0.5, −6, 11.5이다. 각 항을 역라플라스 변환하면 $f(t) = [-0.5e^{-t} - 6e^{-2t} + 11.5e^{-3t}]u(t)$가 된다.

계산 과정

부분분수 분해: 분자의 차수가 분모보다 낮고 분모가 서로 다른 일차인수의 곱이므로 $F(s) = \frac{A}{s+1} + \frac{B}{s+2} + \frac{C}{s+3}$으로 놓는다. A, B, C는 각 지수함수에 곱해질 계수이다. 양변에 해당 분모 인수를 곱한 뒤 **그 인수가 0이 되는 값을 대입**하면 나머지 두 항이 사라져 해당 계수를 구할 수 있다.

A 계산: 양변에 $s+1$을 곱하고 $s=-1$을 대입한다. $A = \frac{5-8+2}{1 \cdot 2} = -\frac{1}{2}$이다.

B 계산: 양변에 $s+2$를 곱하고 $s=-2$를 대입한다. $B = \frac{20-16+2}{(-1) \cdot 1} = -6$이다.

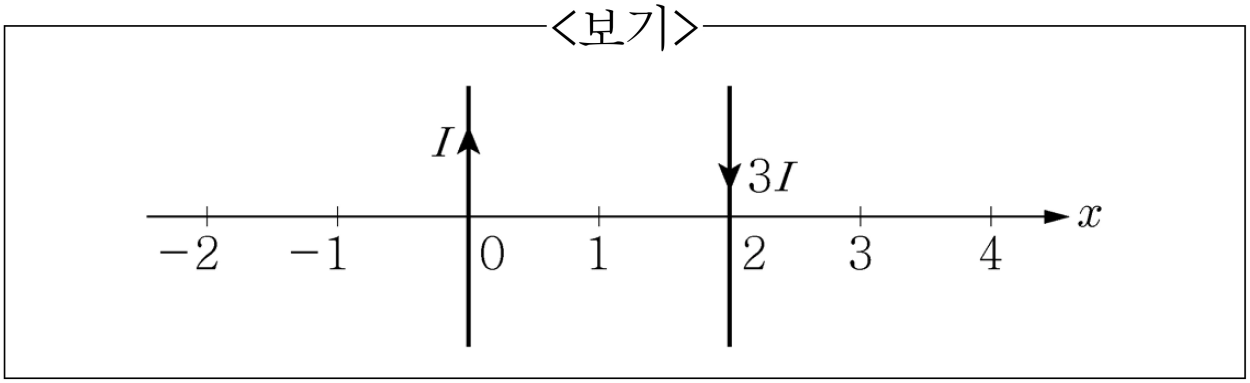
C 계산: 양변에 $s+3$을 곱하고 $s=-3$을 대입한다. $C = \frac{45-24+2}{(-2) \cdot (-1)} = \frac{23}{2}$이다.

역변환: 선지의 $u(t)$는 단위계단함수이며, 신호가 음의 시간에서 0인 형태를 나타낸다. 이때 $\frac{1}{s+a}$의 역라플라스 변환은 $e^{-at}u(t)$이다. **역라플라스 변환의 선형성**에 따라 각 항을 변환해 더하면
$f(t) = [-0.5e^{-t} - 6e^{-2t} + 11.5e^{-3t}]u(t)$이며, 이는 ③의 식과 일치한다.

NoteBase

문 13. x 좌표 0과 2에서 x축에 수직으로 놓인 두 개의 무한 직선 도선에 각각 I, 3I의 전류가 <보기>와 같이 반대 방향으로 흐른다. 자계의 세기가 0인 지점의 x 좌표로 가장 옳은 것은?

<보기>



① -1

② $\frac{2}{3}$

③ $\frac{1}{3}$

④ 3

정답 1번

간단한 해설

반대 방향의 전류가 만드는 자계는 두 도선 사이에서 같은 방향이므로, 상쇄점은 **전류가 작은 I 도선의 바깥쪽**에 있다. 자계 크기는 전류에 비례하고 거리에 반비례하므로, 두 도선까지의 거리가 1:3이 되는 x = -1에서 상쇄된다.

NoteBase

계산 과정

무한 직선 도선에서 수직 거리 r만큼 떨어진 점의 자계 크기는 $H = \frac{I}{2\pi r}$이다. 즉, 자계 크기는 **전류에 비례하고 거리에 반비례**한다. 두 도선이 만드는 자계를 방향까지 고려하여 더한 값이 0이 되는 위치를 구한다.

자계 방향: 그림에서 x = 0의 전류 I는 위쪽, x = 2의 전류 3I는 아래쪽으로 흐른다. 오른손 엄지를 전류 방향으로 향하면 감아쥔 손가락이 자계 방향을 나타낸다. $0 < x < 2$에서는 두 자계가 모두 지면 안쪽을 향하므로 상쇄되지 않는다. 두 도선 바깥쪽에서는 두 자계의 방향이 반대이다.

상쇄 영역: $x > 2$에서는 전류가 큰 3I 도선이 더 가까우므로 그 도선의 자계가 항상 더 크다. 따라서 상쇄점은 **I 도선의 왼쪽**인 $x < 0$에 있어야 한다. 이 영역에서는 I 도선의 자계가 지면 바깥쪽, 3I 도선의 자계가 지면 안쪽을 향한다.

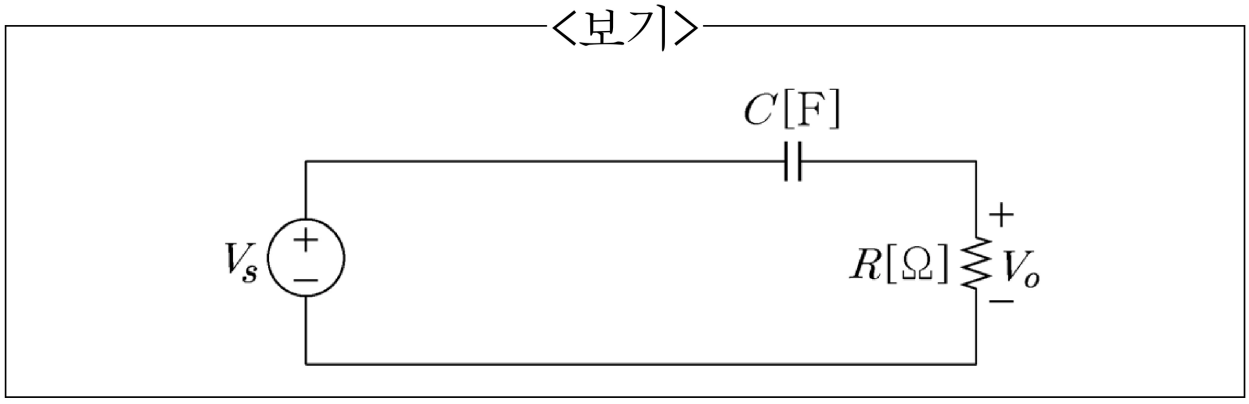
거리와 크기 조건: $x < 0$인 점에서 x = 0의 도선까지 거리는 −x, x = 2의 도선까지 거리는 2 − x이다. 두 자계의 크기를 같게 놓으면 $\frac{I}{2\pi(-x)} = \frac{3I}{2\pi(2-x)}$이다. 공통 인자를 약분하면 $\frac{1}{-x} = \frac{3}{2-x}$이고, 이를 풀면 $2 - x = -3x$에서 x = -1을 얻는다.

결과 확인: x = -1에서 두 도선까지의 거리는 각각 1과 3이다. 3I 도선은 전류가 3배이지만 거리도 3배이므로 두 자계의 크기는 같고 방향은 반대이다. 따라서 자계가 0인 지점의 x 좌표는 -1이며, ①에 해당한다.

NoteBase

문 14. <보기> 회로의 출력 V_o에 대해서, 이 회로의 차단 주파수(f_c) 값[Hz]은? (단, $RC = \frac{1}{10\pi}$이다.)

<보기>



① 2

② 5

③ 10

④ 20

정답 2번

간단한 해설

출력을 저항 양단에서 얻는 RC 고역통과 회로의 차단 주파수는 $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$이다. 주어진 RC 값을 대입하면 **차단 주파수는 5 Hz**이다.

계산 과정

회로에서 R은 저항, C는 커패시터의 정전용량이며, 출력 V_o는 **저항 R 양단의 전압**이다. 주파수가 높아질수록 커패시터의 리액턴스가 작아져 입력 전압이 저항에 더 많이 걸리므로, 이 회로는 고역통과 회로이다. 높은 주파수에서 전압 이득은 1에 가까워진다.

차단 주파수는 전압 이득의 크기가 통과대역 값의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$이 되는 주파수이다. 이 직렬 RC 회로에서는 **커패시터 리액턴스의 크기와 저항이 같을 때** 이 조건을 만족한다. 따라서 $\frac{1}{2\pi f_c C} = R$이고, 이를 정리하면 $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$이다.

주어진 $RC = \frac{1}{10\pi}$를 대입하면 $f_c = \frac{1}{2\pi \cdot \frac{1}{10\pi}} = 5\text{Hz}$이다. RC의 단위는 초이므로, 그 역수로 구한 주파수의 단위는 Hz이다.

차단 주파수는 5 Hz이므로 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 4비트 8421 BCD 코드 중에서 입력값(ABCD)이 10진수로 홀수일 때만 출력(Y)이 1인 회로를 설계하고자 한다. 간략화된 부울함수로 가장 옳은 것은? (단, A가 MSB, D가 LSB이다.)

① $Y = \overline{D} + C$

② $Y = D$

③ $Y = AB$

④ $Y = A + \overline{B}$

정답 2번

간단한 해설

8421 BCD에서 A·B·C의 가중치 8·4·2는 모두 짝수이므로, 홀수 여부는 **가중치가 1인 최하위 비트 D**로 결정된다. 홀수일 때만 D가 1이므로 출력은 $Y = D$이다.

계산 과정

입력 조건: A·B·C·D는 각각 0 또는 1이며, A가 최상위 비트, D가 최하위 비트이다. 8421 BCD가 나타내는 10진수 값을 n이라 하면 $n = 8A + 4B + 2C + D$이다. 유효한 입력은 10진수 0~9에 대응하는 0000~1001이며, 1010~1111은 이 문제의 BCD 입력 범위에 포함되지 않는다.

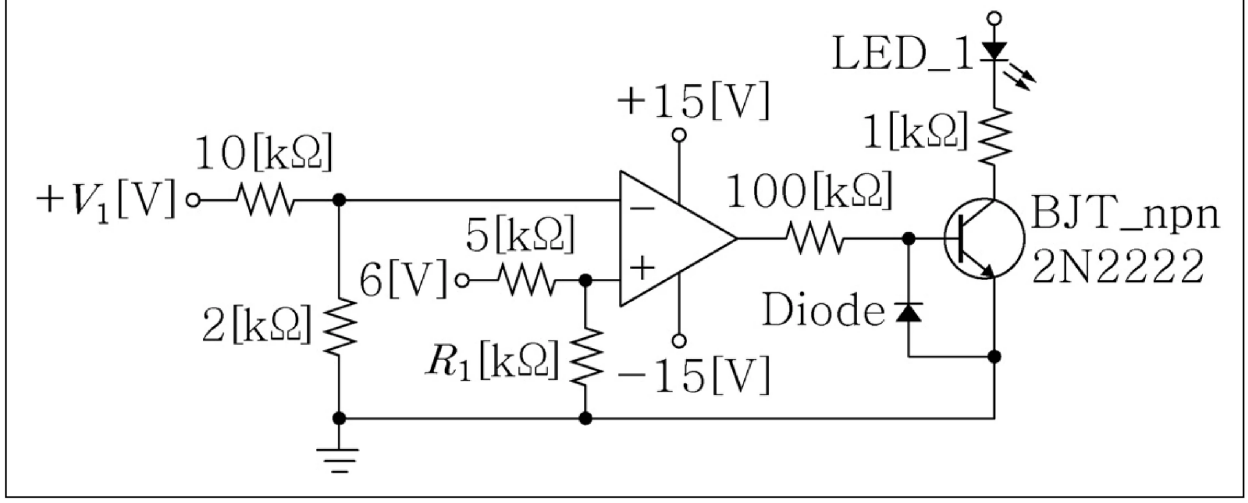
홀수 조건 적용: $n = 2(4A + 2B + C) + D$로 묶으면 앞 항은 항상 짝수이다. 따라서 **D가 0이면 짝수, 1이면 홀수**이다. 실제로 홀수 1·3·5·7·9의 코드는 각각 0001·0011·0101·0111·1001로 모두 D가 1이고, 짝수 0·2·4·6·8의 코드에서는 D가 0이다.

출력 함수 도출: 홀수 입력에서만 Y가 1이어야 하므로, 유효한 BCD 입력에서 D가 1이면 Y도 1, D가 0이면 Y도 0으로 두면 된다. A·B·C와 무관하게 D를 그대로 출력하는 $Y = D$가 간략화된 부울함수이며, ②의 식과 일치한다.

NoteBase

문 16. <보기>의 이상적인 연산증폭기 회로에서 LED_1이 켜지기(on) 위한 전압 V_1[V]과 R_1[kΩ]의 값으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① V_1: 40, R_1: 1

② V_1: 30, R_1: 5

③ V_1: 20, R_1: 1

④ V_1: 10, R_1: 5

정답 4번

간단한 해설

LED를 켜려면 비교기의 **비반전 입력 전압이 반전 입력 전압보다 높아야** 한다. $V_1 = 10\text{V}$, $R_1 = 5\text{k}\Omega$이면 두 입력 전압은 각각 3 V와 $\frac{5}{3}$V이므로, 출력이 양의 포화 상태가 되어 npn 트랜지스터가 도통한다.

NoteBase

계산 과정

동작 조건: 연산증폭기 출력에서 입력으로 돌아가는 되먹임 경로가 없으므로 이 회로는 **두 입력 전압을 비교하는 비교기**로 동작한다. 비반전 입력 전압을 V_+, 반전 입력 전압을 V_-라 하면, $V_+ > V_-$일 때 출력은 +15 V로 포화된다. 이때 100 kΩ 저항을 통해 npn 트랜지스터에 베이스 전류가 공급되어 LED를 켜는 상태가 된다. 두 입력 전압이 같다고 놓는 가상 단락 조건은 적용하지 않는다.

반전 입력 전압: 이상적인 연산증폭기의 **입력 전류는 0**이므로, 왼쪽의 10 kΩ과 2 kΩ은 단순한 직렬 분압 회로를 이룬다. 반전 입력은 2 kΩ 저항의 윗단에 연결되어 있으므로 $V_- = \frac{2}{10+2} V_1 = \frac{V_1}{6}$이다.

비반전 입력 전압: 6 V 전원에 연결된 5 kΩ과 R_1도 같은 방식으로 분압한다. 비반전 입력은 R_1의 윗단에 연결되어 있으므로 $V_+ = 6\text{V} \cdot \frac{R_1}{5\text{k}\Omega + R_1}$이다. 따라서 접지 쪽 저항인 R_1이 커지면 비반전 입력 전압이 높아진다.

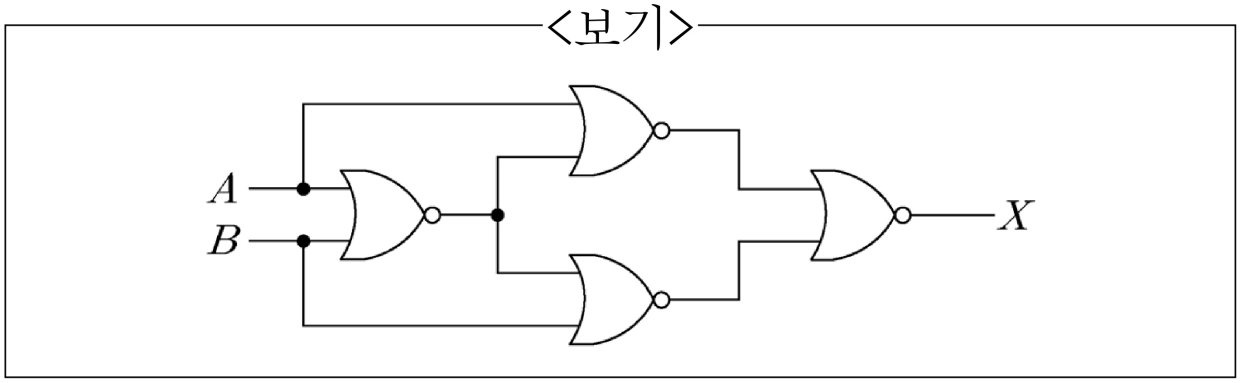
$R_1 = 1\text{k}\Omega$인 경우: $V_+ = 6 \cdot \frac{1}{5+1} = 1\text{V}$이다. LED를 켜려면 $\frac{V_1}{6} < 1\text{V}$, 즉 $V_1 < 6\text{V}$여야 한다. ①의 40 V와 ③의 20 V는 모두 이 조건을 만족하지 않는다.

$R_1 = 5\text{k}\Omega$인 경우: $V_+ = 6 \cdot \frac{5}{5+5} = 3\text{V}$이므로 점등 조건은 $V_1 < 18\text{V}$이다. ②의 30 V는 이 조건을 만족하지 않지만 ④의 10 V는 만족한다. ④에서는 $V_- = \frac{10}{6} = \frac{5}{3}\text{V}$로 3 V보다 낮아 **출력이 양의 포화 상태**가 된다. 따라서 LED를 켜는 조합은 ④의 $V_1 = 10\text{V}, R_1 = 5\text{k}\Omega$이다.

NoteBase

문 17. <보기> 논리회로의 기능은?

<보기>



① OR

② XOR (exclusive OR)

③ NAND

④ XNOR (exclusive NOR)

정답 4번

간단한 해설

회로의 출력은 두 입력 A, B가 **같으면 1, 다르면 0**이 된다. 이는 XOR의 출력을 반전한 **XNOR**의 기능이다.

도식 해설

회로의 네 게이트는 모두 OR 기호의 출력에 작은 원이 붙은 **NOR 게이트**이다. NOR는 두 입력을 OR 연산한 뒤 반전하므로, 두 입력이 모두 0일 때만 1을 출력한다. 왼쪽 게이트의 출력을 C라 두면 $C = \overline{A + B}$이다. 여기서 +는 OR, 곱은 AND, 윗줄은 NOT을 뜻한다.

가운데 위쪽 게이트에는 A와 C가 입력된다. 그 출력을 D라 두고 C를 대입하여 드모르간 법칙으로 정리하면 $D = \overline{A + C} = \overline{A} \cdot B$이다. 즉, A가 0이고 B가 1일 때만 D가 1이 된다.

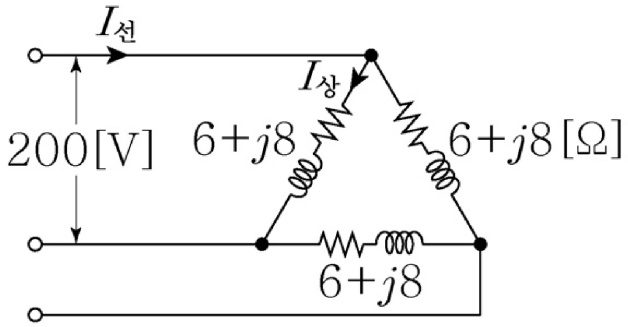
가운데 아래쪽 게이트에는 B와 C가 입력된다. 그 출력을 E라 두면 같은 방법으로 $E = \overline{B + C} = A \cdot \overline{B}$이다. 즉, A가 1이고 B가 0일 때만 E가 1이 된다. 따라서 D와 E 중 하나가 1인 경우는 **A와 B가 서로 다를 때**이다.

마지막 NOR 게이트는 D와 E의 OR 결과를 반전한다. 따라서 $X = \overline{D + E} = A \cdot B + \overline{A} \cdot \overline{B}$이며, A와 B가 모두 0이거나 모두 1이면 X는 1, 서로 다르면 X는 0이다. 이처럼 **입력이 같을 때 1**을 출력하는 기능이 ④ XNOR이다. 반대로 XOR는 입력이 다를 때 1을 출력한다.

NoteBase

문 18. <보기> 회로에서 한 상의 임피던스가 $Z = 6 + j8$ [Ω]인 평형 △부하에 대칭인 선간전압 200[V]를 인가하였을 때, 상전류 I_p[A]와 선전류 I_l[A] 값은?

<보기>



① I_p: $20\sqrt{3}$, I_l: 20

② I_p: 20, I_l: $20\sqrt{3}$

③ I_p: 20, I_l: $\frac{20}{\sqrt{3}}$

④ I_p: $\frac{20}{\sqrt{3}}$, I_l: 20

정답 2번

간단한 해설

△결선에서는 **상전압과 선간전압이 같으므로** 각 상에 200 V가 걸린다. 임피던스의 크기가 10 Ω이므로 상전류는 20 A이고, 평형 △부하의 선전류는 상전류의 $\sqrt{3}$배인 $20\sqrt{3}$ A이다.

NoteBase

계산 과정

1. 상전압 확인: 상전압은 한 상의 부하 양단 전압이고, 선간전압은 두 선 사이의 전압이다. 그림의 △결선에서는 각 상의 임피던스가 두 선 사이에 직접 연결되므로 **상전압이 선간전압과 같다**. 따라서 상전압 V_p는 200 V이다.

2. 임피던스의 크기: $Z = 6 + j8\,\Omega$에서 저항 성분은 6 Ω, 유도성 리액턴스는 8 Ω이다. 두 성분은 복소평면에서 서로 직교하므로 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10\Omega$이다.

3. 상전류 계산: 상전류 I_p는 각 상의 임피던스를 흐르는 전류의 크기이다. 교류 옴의 법칙에 따라 **상전압을 임피던스의 크기로 나누면** 상전류의 크기를 얻는다. 따라서 $I_p = \frac{V_p}{|Z|} = \frac{200}{10} = 20\text{A}$이다.

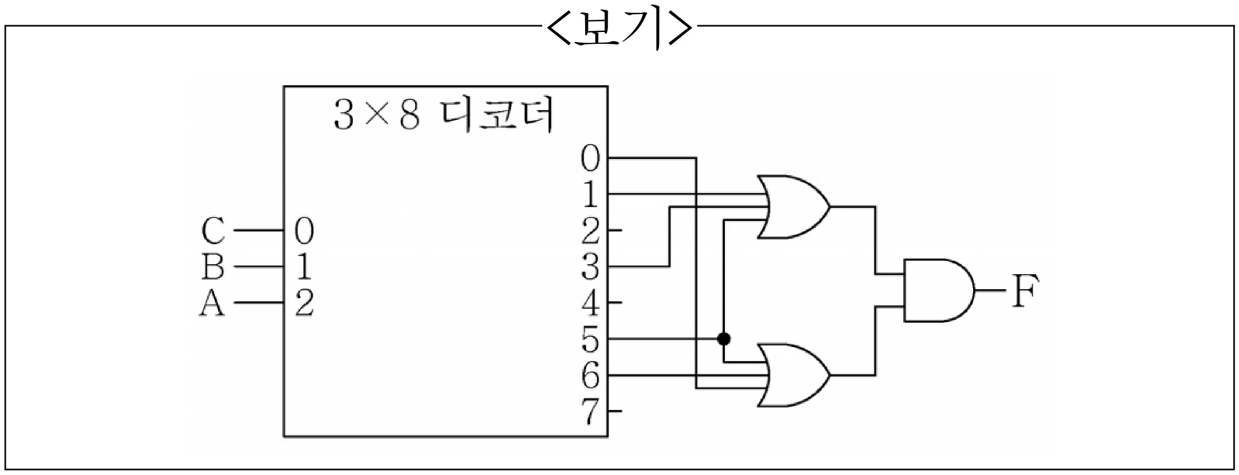
4. 선전류 계산: 선전류 I_l는 전원에서 부하로 이어지는 선을 흐르는 전류의 크기이다. △결선의 한 접점에서 선전류는 인접한 두 상전류의 페이저 차이다. 평형 부하에서는 두 상전류의 크기가 같고 위상차가 120°이므로, 그 차의 크기는 상전류의 $\sqrt{3}$배가 된다. 따라서 $I_l = \sqrt{3} I_p = 20\sqrt{3}\text{A}$이다.

상전류 20 A, 선전류 $20\sqrt{3}$ A의 조합은 ②와 일치한다.

NoteBase

문 19. <보기> 디지털 논리회로의 3bit 입력 ABC(최상위 비트는 A, 최하위비트는 C)에 대한 출력 F의 값으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 입력 A=0, B=0, C=0일 때, F=1

② 입력 A=1, B=0, C=1일 때, F=1

③ 입력 A=1, B=1, C=0일 때, F=1

④ 입력 A=1, B=1, C=1일 때, F=1

정답 2번

간단한 해설

디코더의 **5번 출력이 두 OR 게이트에 공통으로 연결**되어 있다. 입력 ABC가 101이면 5번 출력이 1이 되어 두 OR 게이트의 출력이 모두 1이고, 마지막 AND 게이트의 출력 F도 1이 된다.

NoteBase

선지별 해설

3×8 디코더는 입력 ABC를 이진수로 읽었을 때 그 값에 해당하는 번호의 출력만 1이고 나머지 출력은 0이다. 그림에서 위쪽 OR 게이트에는 1·3·5번 출력이, 아래쪽 OR 게이트에는 0·5·6번 출력이 연결되어 있다. OR 게이트는 입력 중 하나라도 1이면 1을 출력하고, 마지막 AND 게이트는 **두 OR 게이트의 출력이 모두 1일 때만** F=1을 출력한다.

① X: ABC=000이면 디코더의 0번 출력만 1이다. 0번 출력은 아래쪽 OR 게이트에만 연결되어 있으므로 위쪽 출력은 0, 아래쪽 출력은 1이다. 따라서 **F=0**이며, 선지의 F=1을 F=0으로 고쳐야 한다.

② O: ABC=101이면 디코더의 5번 출력만 1이다. **5번 출력은 위쪽과 아래쪽 OR 게이트에 모두 연결**되어 있으므로 두 OR 게이트의 출력이 모두 1이 된다. 따라서 마지막 AND 게이트의 출력은 F=1이다.

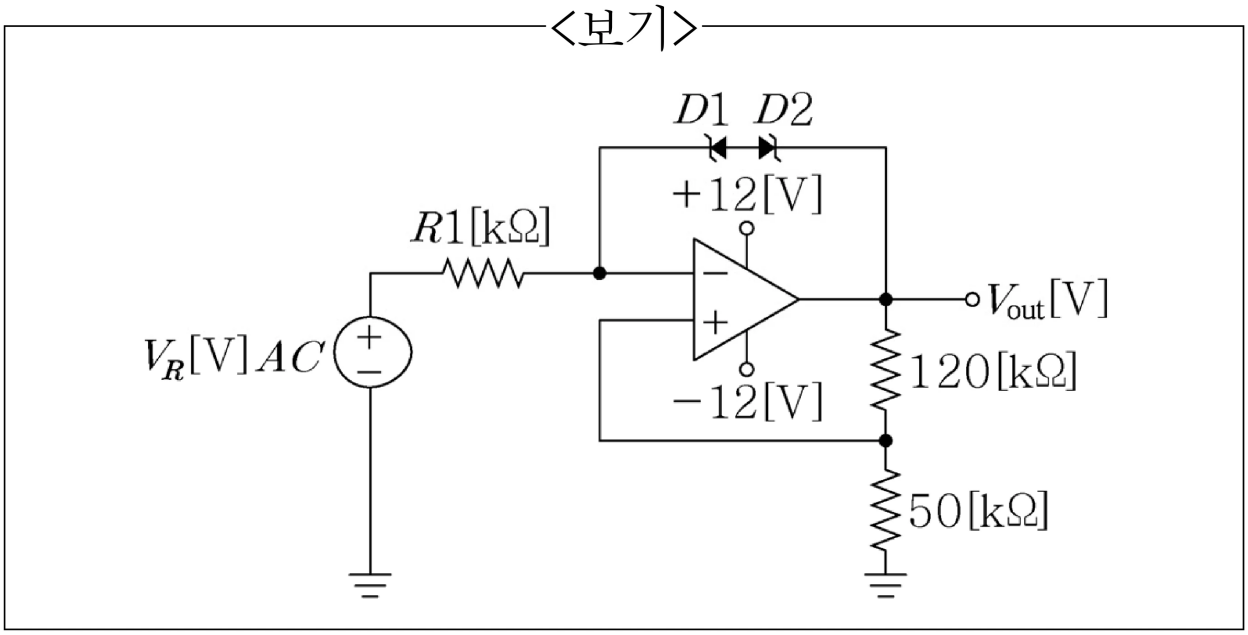
③ X: ABC=110이면 디코더의 6번 출력만 1이다. 6번 출력은 아래쪽 OR 게이트에만 연결되어 있으므로 위쪽 출력은 0, 아래쪽 출력은 1이다. AND 게이트의 입력이 모두 1인 것은 아니므로 **F=0**이다. 선지의 F=1을 F=0으로 고쳐야 한다.

④ X: ABC=111이면 디코더의 7번 출력만 1이다. **7번 출력은 어느 OR 게이트에도 연결되어 있지 않다**. 두 OR 게이트에 연결된 디코더 출력은 모두 0이므로 두 OR 게이트의 출력도 모두 0이고, F=0이다. 선지의 F=1을 F=0으로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 20. <보기>의 출력제한 비교기 회로에서 출력 V_{out}의 최소, 최대 전압값[V]으로 제일 근삿값을 나타낸 것은? (단, 제너다이오드 $D1$, $D2$는 동일소자로 제너전압은 4.7[V], 순방향커트인 전압은 0.7[V]이고, V_R는 진폭 5[V]의 정현파이다.)

<보기>



① 최소: −2.72, 최대: +2.72

② 최소: −5.40, 최대: +5.40

③ 최소: −7.65, 최대: +7.65

④ 최소: −8.72, 최대: +8.72

정답 3번

간단한 해설

역직렬 제너다이오드에서는 한쪽이 제너 항복하고 다른 쪽이 순방향 도통하므로 두 소자 양단의 제한 전압은 **4.7 + 0.7 = 5.4 V**이다. 이 전압은 출력과 반전 입력 사이에 걸리며, 비반전 입력의 분압까지 반영하면 출력의 최소·최대값은 각각 −7.65 V, +7.65 V이다.

NoteBase

계산 과정

비반전 입력의 분압: 연산증폭기의 입력 전류를 무시하면 출력에 연결된 120 kΩ과 접지 쪽 50 kΩ이 분압기를 이룬다. 따라서 비반전 입력 전압은 $V_+ = \frac{50}{120+50} V_{out} = \frac{5}{17} V_{out}$이다. 분자에는 **접지 쪽 저항 50 kΩ**이 들어간다.

다이오드의 제한 전압: D1과 D2는 서로 반대 방향으로 직렬 연결되어 있다. 전류가 흐를 때 한 소자는 역방향 제너 항복 상태, 다른 소자는 순방향 도통 상태가 되므로 두 소자에 걸리는 전압의 크기는 4.7 + 0.7 = 5.4 V이다. 다이오드 쌍은 **출력과 반전 입력 사이**에 있으므로 $|V_{out} - V_-| = 5.4\text{V}$이다.

출력 제한값 계산: 다이오드가 도통하여 출력이 제한되는 구간에서는 음귀환이 작용한다. 이상적인 연산증폭기로 보면 두 입력 전압이 거의 같으므로 $V_- = V_+ = \frac{5}{17} V_{out}$이다. 따라서 $V_{out} - V_- = \frac{12}{17} V_{out}$이고, 출력 제한값의 크기는 $|V_{out}| = \frac{17}{12} \cdot 5.4 = 7.65\text{V}$이다. 5.4 V는 출력 자체의 크기가 아니라 두 노드 사이의 전압차이므로 분압 관계를 반영해야 한다.

최소·최대값 확인: 두 제너다이오드가 동일하므로 양·음 방향의 제한값은 대칭이다. 이때 비반전 입력 전압은 $V_+ = \pm\frac{5}{17} \cdot 7.65 = \pm 2.25\text{V}$이다. 입력 정현파의 진폭 5 V는 양쪽 전환 문턱값을 모두 넘으므로 두 출력 상태가 나타나며, 출력 제한값 ±7.65 V는 전원 전압 ±12 V의 범위 안에 있다. 따라서 최소 −7.65 V, 최대 +7.65 V로 ③의 값과 일치한다.

NoteBase