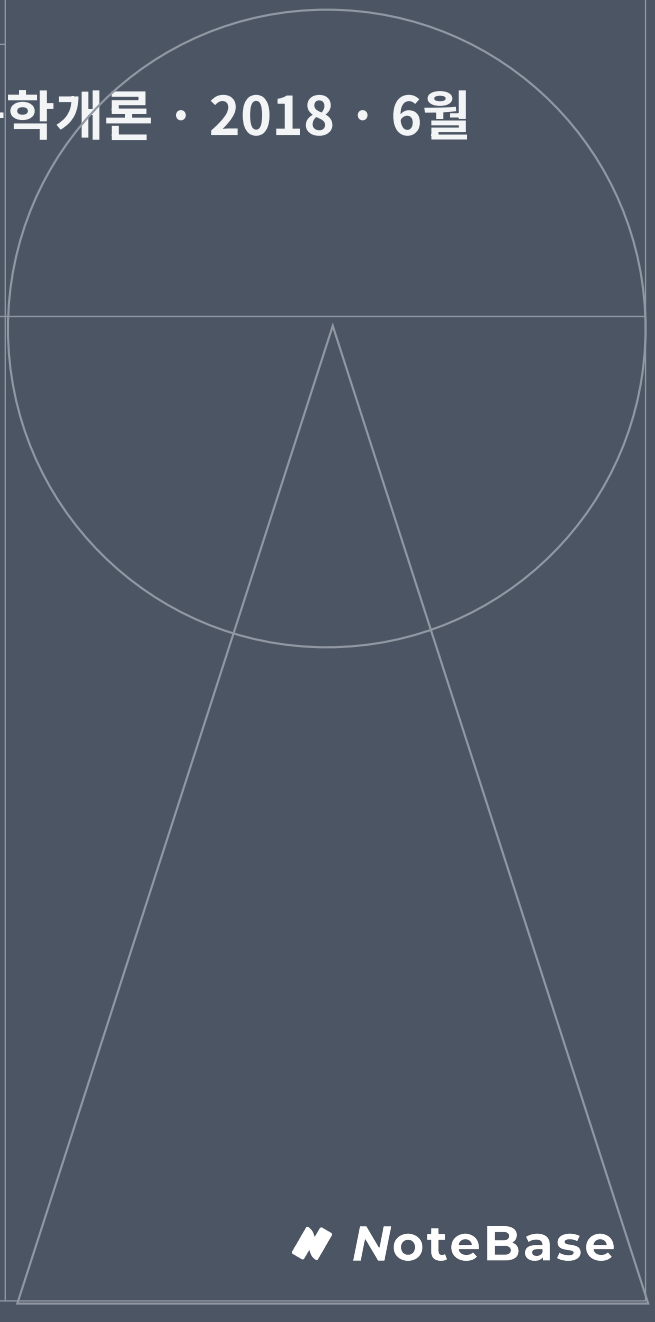
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2018 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2018 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2018 · 6월

문 1. 반도체 소자에 전압을 가하면 전계에 의하여 전류가 흐르게 되는데, 이때 발생하는 전류로 가장 옳은 것은?

① 이온 전류(ionic current)

② 확산 전류(diffusion current)

③ 드리프트 전류(drift current)

④ 전자기 유도 전류(electromagnetically induced current)

정답 3번

간단한 해설

반도체의 전자와 정공이 **전계의 작용으로 이동**하여 생기는 전류를 드리프트 전류라고 한다. 문제에서 전압을 가해 형성된 전계가 전류의 원인이라고 제시한 것이 판단 기준이다.

공통 해설

드리프트 전류는 **전계에 의해 전하 운반자가 이동**하면서 생기는 전류이다. 반도체에서 전하 운반자는 전자와 정공이며, 전압을 가하여 내부에 전계가 형성되면 이들의 운동에 일정한 방향의 평균 이동이 생긴다. 문제는 바로 이 전계에 의한 전류의 명칭을 묻고 있으므로 드리프트 전류에 해당한다.

전자는 음전하를 띠므로 전계와 반대 방향으로 이동하고, 양전하처럼 거동하는 정공은 전계 방향으로 이동한다. 전류의 방향은 양전하의 이동 방향을 기준으로 정하므로, **전자와 정공의 이동 방향은 반대여도** 두 운반자가 만드는 드리프트 전류의 방향은 모두 전계 방향이다.

NoteBase

문 2. 3×10^{-4}[C] 및 2×10^{-5}[C]의 전하량을 갖는 두 전하가 3차원 진공 공간에서 각각 (2, 2, 3) (3, 0, 4) 위치에 놓여 있을 때, 전기력 F의 값은? (단, $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}$이다.)

① 1.5 [N]

② 3 [N]

③ 6 [N]

④ 9 [N]

정답 4번

간단한 해설

쿨롱 법칙에서 전기력은 **두 전하 사이 거리의 제곱에 반비례**한다. 좌표 차로 구한 $r^2 = 6\text{m}^2$을 적용하면 전기력의 크기는 9 N이다.

계산 과정

두 전하량을 $q_1 = 3 \times 10^{-4}\text{C}$, $q_2 = 2 \times 10^{-5}\text{C}$라 하자. 진공 중 두 점전하 사이 전기력의 크기는 쿨롱 법칙 $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$으로 구한다. 여기서 r은 두 전하 사이의 거리이며, 분모에는 **거리의 제곱**이 들어간다.

거리 계산: 위치 좌표의 단위는 SI 단위인 m로 해석한다. (2, 2, 3)에서 (3, 0, 4)로의 좌표 차는 $(1, -2, 1)$이므로, 세 방향의 차를 각각 제곱하여 더하면 $r^2 = 1^2 + (-2)^2 + 1^2 = 6\text{m}^2$이다. 거리 자체는 $r = \sqrt{6}\,\text{m}$이지만, 쿨롱 법칙에는 제곱값 6을 바로 사용한다.

비례상수 계산: 주어진 $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}$를 사용하면 $4\pi\varepsilon_0 = \frac{1}{9} \times 10^{-9}$이다. 따라서 SI 단위계에서 쿨롱 법칙의 비례상수는 $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9$이다.

전기력 계산: 전하량의 곱은 $|q_1 q_2| = 6 \times 10^{-9}\text{C}^2$이다. 이를 대입하면 $F = \frac{(9 \times 10^9)(6 \times 10^{-9})}{6} = 9\text{N}$이다. 따라서 전기력의 크기는 9 N으로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 어떤 선형 시스템의 입력 $R(s)$와 출력 $Y(s)$사이의 전달함수 $G(s)=\frac{Y(s)}{R(s)}$가 <보기>와 같다. $R(s)=\frac{1}{s}$일 때, $\lim_{t\to\infty}y(t)$의 값은?

<보기>

$G(s)=\frac{100}{s^2+10s+100}$

① 0

② 1

③ 2

④ 3

정답 2번

간단한 해설

이 시스템은 안정하므로 **최종값 정리**를 적용할 수 있다. 단위 계단 입력에 대한 출력의 최종값은 직류 이득 $G(0)=\frac{100}{100}=1$이다.

계산 과정

입력과 출력의 관계: $R(s)=\frac{1}{s}$는 크기가 1인 단위 계단 입력의 라플라스 변환이다. 전달함수의 정의에 따라 $Y(s)=G(s)R(s)$이므로, 출력은 $Y(s)=\frac{100}{s(s^2+10s+100)}$이다.

최종값 정리의 적용 조건: $sY(s)$의 모든 극점이 **복소평면의 좌반평면**에 있으면 $\lim_{t\to\infty}y(t)=\lim_{s\to0}sY(s)$를 적용할 수 있다. 여기서는 $sY(s)=\frac{100}{s^2+10s+100}$이고, 분모의 근은 $s=-5\pm j5\sqrt{3}$이다. 두 극점의 실수부가 모두 음수이므로 과도응답이 감쇠하여 최종값이 존재한다. 여기서 j는 허수단위이다.

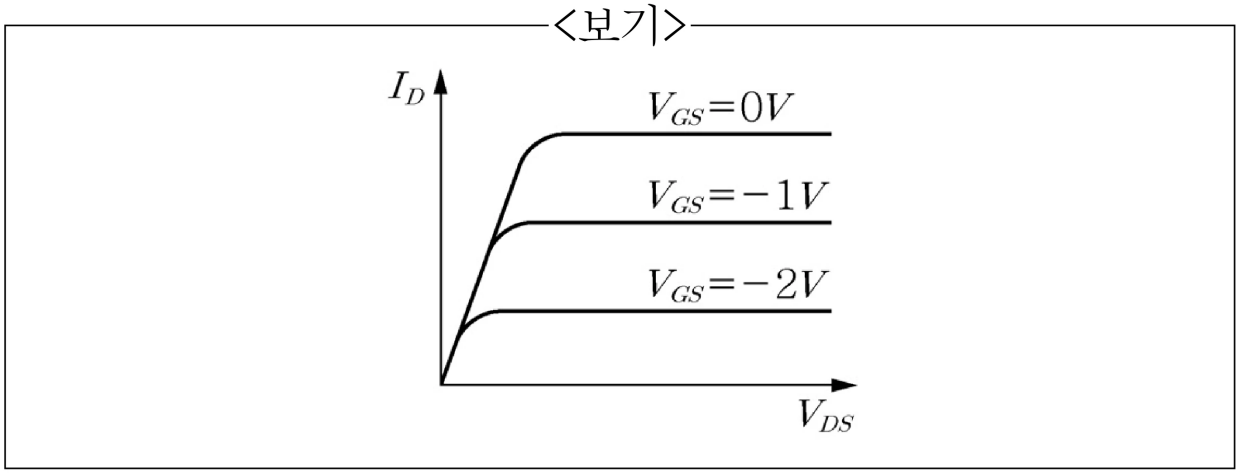
최종값 계산: 단위 계단 입력의 $\frac{1}{s}$가 최종값 정리의 s와 상쇄되므로, 출력의 최종값은 전달함수에 s = 0을 대입한 **직류 이득**과 같다. 따라서 $\lim_{s\to0}sY(s)=\frac{100}{0^2+10\cdot0+100}=1$이다.

출력의 최종값은 1이며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. <보기>와 같은 드레인-소스 전압 대 드레인 전류 특성을 갖는 소자로 가장 옳은 것은?

<보기>



① n-channel JFET

② p-channel JFET

③ p-channel 공핍형 MOS FET

④ n-channel 증가형 MOS FET

정답 1번

간단한 해설

게이트-소스 전압이 0 V일 때도 전류가 흐르고, **게이트 전압이 음의 방향으로 커질수록 드레인 전류가 감소**한다. 이는 음의 게이트 전압으로 채널을 좁히는 n-channel JFET의 특성이다.

NoteBase

도식 해설

그래프의 가로축은 드레인-소스 전압 V_{DS}, 세로축은 드레인 전류 I_D이다. V_{GS} = 0V에서도 양의 드레인 전압을 가하면 전류가 흐르므로, 게이트 전압을 따로 가하지 않아도 전류 통로인 채널이 존재한다. 또한 같은 드레인 전압에서 게이트-소스 전압이 0 V, −1 V, −2 V로 낮아질수록 전류가 작아진다.

n-channel JFET은 n형 채널과 게이트 사이의 PN 접합을 이용하여 전류를 조절한다. 게이트를 소스보다 음전위로 만들면 접합의 역방향 바이어스가 커지고, **공핍층이 넓어져 전류가 흐를 채널이 좁아진다**. 따라서 음의 게이트 전압이 커질수록 드레인 전류가 감소한다. 각 곡선이 수평에 가까워지는 부분은 채널의 핀치오프로 전류가 거의 일정해지는 포화 영역이며, 전류가 완전히 끊어진 상태는 아니다. 이러한 곡선에 해당하는 선지의 소자는 n-channel JFET이다.

p-channel JFET은 전류를 줄이는 게이트 전압의 극성이 반대이다.

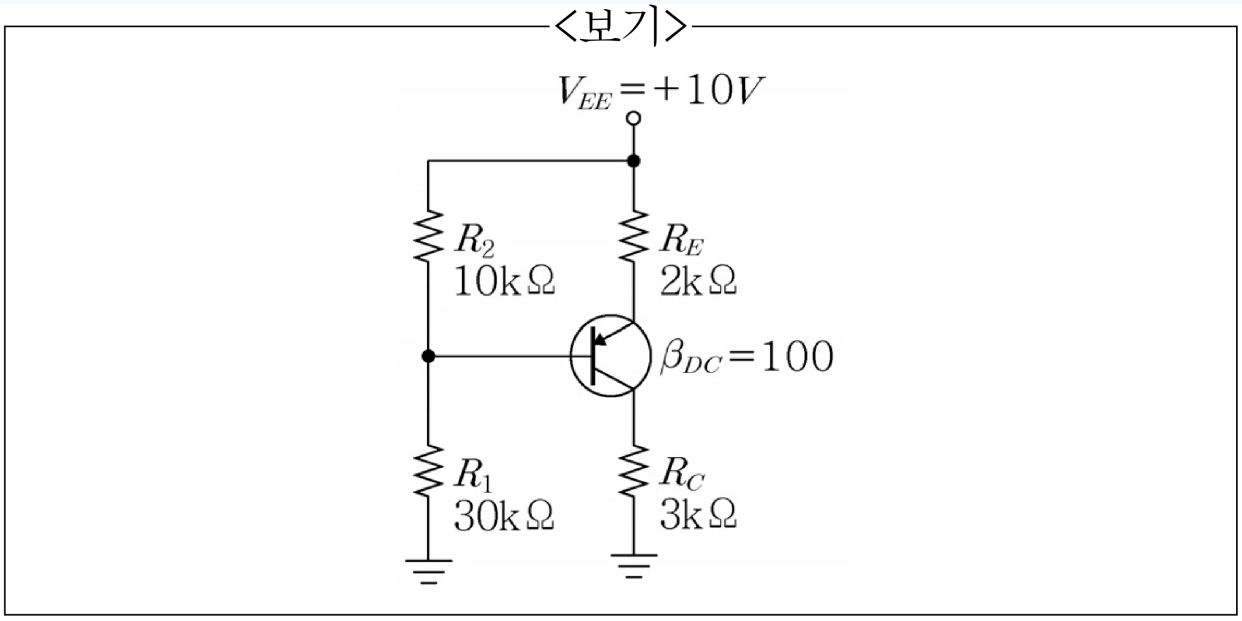
p-channel 공핍형 MOS FET은 게이트를 소스보다 음전위로 만들면 채널의 정공이 늘어 전류의 크기가 증가한다. 따라서 두 p-channel 후보는 음의 게이트 전압에서 전류가 감소하는 그림과 맞지 않는다.

n-channel 증가형 MOS FET은 **게이트-소스 전압이 0 V이면 채널이 형성되지 않아** 정상적인 드레인 전류가 흐르지 않으므로, 0 V에서 이미 전류가 흐르는 그림과 구별된다.

NoteBase

문 5. <보기>의 실리콘 pnp 트랜지스터 전압분배 바이어스 회로에서 V_{EC}의 값은?

<보기>



① 8.2[V]

② 7.5[V]

③ 5.5[V]

④ 2.7[V]

정답 3번

간단한 해설

pnp 트랜지스터의 이미터 전압은 베이스보다 **약 0.7 V 높다**. 전압분배 바이어스의 근사 계산으로 이미터 전압은 약 8.2 V, 컬렉터 전압은 약 2.7 V이므로, 그 차인 V_{EC}는 **약 5.5 V**이다.

NoteBase

계산 과정

근사 조건: 접지를 0 V로 두고 각 단자의 전압을 구한다. 실리콘 pnp 트랜지스터의 순방향 이미터–베이스 전압은 $V_{EB} \approx 0.7\text{V}$로 둔다. 분압기의 등가 저항은 $R_1 \parallel R_2 = 7.5\text{k}\Omega$이고, $\beta_{DC} R_E = 200\text{k}\Omega$보다 충분히 작으므로 **베이스 전류에 의한 분압 전압의 변화를 무시**하는 근사를 쓴다. 또한 전류 이득이 100이므로 컬렉터 전류와 이미터 전류를 거의 같게 본다.

베이스 전압: 전원과 베이스 사이에는 10 kΩ, 베이스와 접지 사이에는 30 kΩ이 연결되어 있다. 따라서 베이스 전압은 접지 쪽 저항에 걸리는 분압 전압으로, $V_B \approx 10 \cdot \frac{30}{10+30} = 7.5\text{V}$이다.

이미터 전압과 전류: pnp 트랜지스터에서는 **이미터가 베이스보다 높은 전위**에 있어야 이미터–베이스 접합이 순방향 바이어스된다. 따라서 $V_E \approx V_B + 0.7 = 8.2\text{V}$이다. 이미터 저항에는 전원과 이미터의 전위차인 $10 - 8.2 = 1.8\text{ V}$가 걸리므로, $I_E \approx \frac{1.8\text{V}}{2\text{k}\Omega} = 0.9\text{mA}$이다.

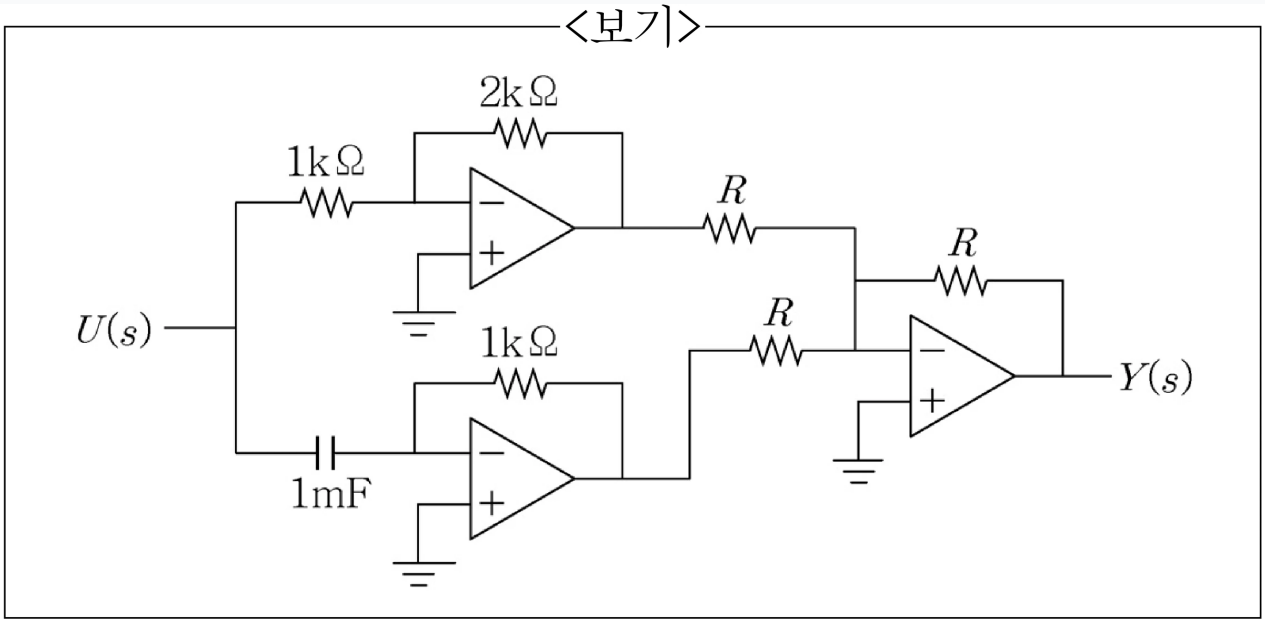
컬렉터 전압: $I_C = \frac{\beta_{DC}}{\beta_{DC}+1} I_E \approx I_E$이므로 컬렉터 전류는 약 0.9 mA이다. 컬렉터 저항의 아래쪽이 접지이므로 $V_C \approx I_C R_C = 0.9\text{mA} \cdot 3\text{k}\Omega = 2.7\text{V}$이다. 베이스 전압이 컬렉터 전압보다 높아 컬렉터–베이스 접합은 역방향 바이어스되므로, 이 계산은 활성 영역의 조건에도 맞는다.

이미터–컬렉터 전압: 구하는 값은 **이미터 전압에서 컬렉터 전압을 뺀 값**이다. 따라서 $V_{EC} = V_E - V_C \approx 8.2 - 2.7 = 5.5\text{V}$이며, 이는 ③의 5.5 V에 해당한다.

NoteBase

문 6. <보기>의 이상적인 연산증폭기(op-amp) 회로에서 전달함수 $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$는?

<보기>



① $G(s) = 0.5 + 0.5s$

② $G(s) = 1 + s$

③ $G(s) = 1 + 2s$

④ $G(s) = 2 + s$

정답 4번

간단한 해설

위쪽 경로의 이득은 -2, 아래쪽 경로의 이득은 $-s$이다. 마지막 합산기가 두 출력을 **반전하여 더하므로** 전체 전달함수는 $G(s) = 2 + s$가 된다.

NoteBase

계산 과정

회로 조건: 전달함수는 **초기조건을 0으로 두고** 구한다. 각 이상적인 연산증폭기는 음의 되먹임으로 동작하며, 입력 단자로 흐르는 전류는 0이다. 비반전 입력이 접지되어 있으므로 반전 입력도 전위가 0인 가상 접지가 된다. 위쪽과 아래쪽 회로의 출력을 각각 $V_1(s)$, $V_2(s)$로 둔다.

위쪽 반전 증폭기: 입력 저항은 1 kΩ, 피드백 저항은 2 kΩ이다. 반전 입력으로 전류가 들어가지 않으므로 입력 저항의 전류가 피드백 저항으로 흐른다. 따라서 전압 이득은 두 저항의 비에 음의 부호를 붙인 $\frac{V_1(s)}{U(s)} = -\frac{2}{1} = -2$이고, $V_1(s) = -2U(s)$이다.

아래쪽 반전 미분기: 입력 소자가 커패시터이므로 그 임피던스는 $Z_C = \frac{1}{sC}$이다. 피드백 저항을 R_d라 하면 이득은 $\frac{V_2(s)}{U(s)} = -\frac{R_d}{Z_C} = -R_dCs$이다. 여기서 1 kΩ = 1000 Ω, 1 mF = 0.001 F이므로 시정수는 $1000 \times 0.001 =$ 1초이다. 따라서 $V_2(s) = -sU(s)$이며, **입력의 미분 성분을 반전**하여 출력한다.

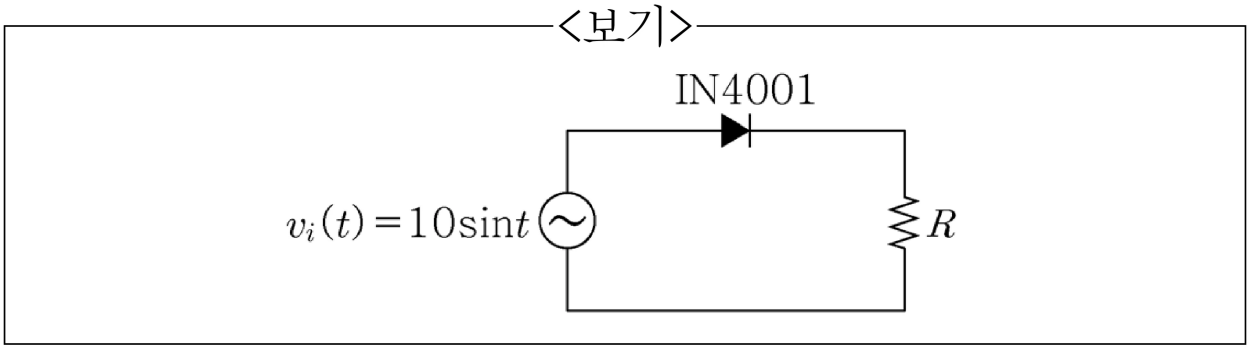
마지막 반전 합산기: 두 입력 저항과 피드백 저항이 모두 R이므로 각 입력에 대한 이득은 -1이다. 가상 접지인 합산점에서 전류 법칙을 적용하면 $\frac{V_1(s)}{R} + \frac{V_2(s)}{R} = -\frac{Y(s)}{R}$이다. 따라서 두 출력을 **같은 비중으로 더한 뒤 반전**하여 $Y(s) = -V_1(s) - V_2(s)$를 얻는다.

전체 전달함수: 앞의 두 출력을 대입하면 $Y(s) = 2U(s) + sU(s)$이다. 그러므로 $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} = 2 + s$이며, 선택지 ④의 식과 일치한다.

NoteBase

문 7. <보기>의 회로에 교류전압원 $v_s(t) = 10\sin t$ [V]가 인가될 때 저항 양단의 평균전압을 구한 것으로 가장 옳은 것은? (단, 회로의 다이오드는 실리콘다이오드이다.)

<보기>



① 약 2.9[V]

② 약 3.2[V]

③ 약 6.4[V]

④ 약 7[V]

정답 1번

간단한 해설

다이오드가 양의 반주기에서만 전류를 흘리는 **반파 정류** 회로이므로, 출력이 0인 구간까지 포함해 한 주기 평균을 구한다. 실리콘 다이오드의 **약 0.7 V 전압 강하**를 고려하면 평균전압은 약 2.84 V로, 제시된 값 중 2.9 V에 가장 가깝다.

NoteBase

계산 과정

회로와 출력 파형: 그림에서 다이오드의 캐소드 막대가 저항 쪽에 있으므로, 전원 위쪽이 양전위일 때 전류가 저항으로 흐른다. 반대로 음의 반주기에는 다이오드가 역방향으로 차단되어 저항 전류와 전압이 모두 0이 된다. 저항 위쪽을 +로 잡은 출력전압을 $v_R(t)$라 하며, 실리콘 다이오드는 도통할 때 약 0.7 V가 걸리는 정전압 강하 모형으로 계산한다. 입력 첨두값은 10 V이므로 출력 첨두값은 10 − 0.7 = 9.3 V이다.

도통 구간: 입력전압이 0.7 V를 넘어야 다이오드가 도통한다. 따라서 도통 중에는 $v_R(t) = 10\sin t - 0.7$이고, 나머지 구간에는 출력이 0이다. 한 주기에서 도통 시작각을 α라 하면 $\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{0.7}{10}\right) \approx 0.0701$ rad이다. 도통 구간은 $\alpha < t < \pi - \alpha$로, 양의 반주기보다 조금 짧다.

평균전압 계산: 평균은 도통 구간만의 평균이 아니라 **출력이 0인 구간을 포함한 한 주기 평균**이다. 주어진 입력의 주기는 2π이므로 $V_{\text{avg}} = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi-\alpha}(10\sin t - 0.7)dt$이다. 이를 적분하면 $V_{\text{avg}} = \frac{20\cos\alpha - 0.7(\pi - 2\alpha)}{2\pi}$이며, α를 대입하면 약 2.84 V가 된다.

선택지 대응: 계산한 평균전압 약 2.84 V에 가장 가까운 값은 ①의 약 2.9 V이다. 9.3 V는 출력의 첨두값이므로 한 주기 평균전압과 구별해야 한다.

NoteBase

문 8. <보기> 진리표의 출력 Y에 해당하는 논리식으로 가장 옳은 것은?

<보기>

입력	A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	B	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	C	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
	D	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
출력	Y	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0

① $\overline{A}C + A\overline{BC}$

② $\overline{A}D + A\overline{B}C$

③ $\overline{A}D + A\overline{BC}$

④ $A\overline{D} + A\overline{BC}$

정답 3번

간단한 해설

출력이 1인 조건은 **A = 0이고 D = 1**이거나 **A = 1이고 B = C = 0**인 경우이다. 두 조건을 OR로 묶으면 $Y = \overline{A}D + A\overline{BC}$이다.

NoteBase

계산 과정

진리표의 각 열은 입력 A, B, C, D의 한 조합과 그때의 출력 Y를 나타낸다. 논리식에서 윗줄은 NOT, 변수의 곱은 AND, +는 OR를 뜻한다. 출력이 1이 되는 입력 조건을 곱항으로 나타낸 뒤 OR로 결합한다.

A = 0인 경우: 표의 왼쪽 8개 열에서 Y는 0, 1을 번갈아 나타내므로 D와 같다. B와 C의 값이 달라져도 이 관계가 유지된다. 따라서 **B와 C는 이 경우의 출력에 영향을 주지 않으며**, 출력이 1인 조건은 A = 0, D = 1이다. 이를 곱항으로 쓰면 $\overline{A}D$이다.

A = 1인 경우: 표의 오른쪽 8개 열에서는 B = C = 0인 첫 두 열에서만 Y = 1이다. 두 열은 D가 각각 0과 1인 경우이므로 **D의 값과 무관하게** 출력이 1이다. B 또는 C가 1인 나머지 열에서는 Y = 0이므로, 이 경우의 곱항은 $A\overline{BC}$이다.

두 조건의 결합: A는 0 또는 1이므로 앞의 두 경우가 모든 입력을 포함한다. 두 곱항 중 하나라도 1이면 출력이 1이 되어야 하므로 OR로 결합한다. 따라서 $Y = \overline{A}D + A\overline{BC}$이며, 이는 ③의 논리식과 일치한다.

NoteBase

문 9. 시스템의 전달함수 $H(s) = \frac{3s+5}{s^2+3s+2}$ (ROC: $-2 < \mathrm{Re}\{s\} < -1$)로 주어질 때, 임펄스 응답 $h(t)$는? (단, 여기서 ROC(Region Of Convergence)는 수렴영역을 말하고, $H(s)$는 $h(t)$의 라플라스(Laplace) 변환 값($H(s) = \mathcal{L}\{h(t)\}$)을 나타낸다.)

① $h(t) = e^{-2t}u(t) - 2e^{-t}u(-t)$

② $h(t) = e^{-2t}u(t) + 2e^{-t}u(-t)$

③ $h(t) = e^{-2t}u(-t) - 2e^{-t}u(-t)$

④ $h(t) = e^{-2t}u(-t) + 2e^{-t}u(-t)$

정답 1번

간단한 해설

수렴영역이 두 극점 사이에 있으므로 $s = -2$에 대응하는 항은 **우측 신호**, $s = -1$에 대응하는 항은 **좌측 신호**로 역변환한다. 좌측 지수신호의 라플라스 변환에는 음의 부호가 붙으므로, $\frac{2}{s+1}$의 역변환은 $-2e^{-t}u(-t)$이다.

계산 과정

수렴영역이 주어져 있으므로 양측 라플라스 역변환을 적용한다. $u(t)$는 단위계단함수로, $u(t)$가 곱해진 항은 양의 시간 쪽에, $u(-t)$가 곱해진 항은 음의 시간 쪽에 존재한다. 같은 유리함수라도 **수렴영역에 따라 시간 방향이 달라진다**.

1. 부분분수 분해: 분모는 $s^2 + 3s + 2 = (s+1)(s+2)$이다. 따라서 $H(s) = \frac{1}{s+2} + \frac{2}{s+1}$로 분해된다. 두 항을 통분하면 분자가 $(s+1) + 2(s+2) = 3s + 5$가 되어 주어진 전달함수와 일치한다.

2. 극점 $s = -2$에 대응하는 항: 주어진 수렴영역은 이 극점의 **오른쪽**에 있으므로 $\frac{1}{s+2}$는 우측 신호로 역변환한다. $e^{-2t}u(t)$의 변환은 $\frac{1}{s+2}$이고, 적분이 수렴하는 조건은 $\mathrm{Re}\{s\} > -2$이다.

3. 극점 $s = -1$에 대응하는 항: 주어진 수렴영역은 이 극점의 **왼쪽**에 있으므로 $\frac{2}{s+1}$는 좌측 신호로 역변환한다. 음의 시간 구간에서 적분하면 $\int_{-\infty}^{0} e^{-(s+1)t}dt = -\frac{1}{s+1}$이며, 수렴 조건은 $\mathrm{Re}\{s\} < -1$이다. 따라서 $e^{-t}u(-t)$의 변환에는 음의 부호가 붙고, 주어진 변환항 $\frac{2}{s+1}$를 얻으려면 시간함수에 −2를 곱해야 한다. 이 항의 역변환은 $-2e^{-t}u(-t)$이다.

4. 두 항의 합: 선형성에 따라 $h(t) = e^{-2t}u(t) - 2e^{-t}u(-t)$이다. 두 항의 수렴영역을 교차시키면 $-2 < \mathrm{Re}\{s\} < -1$이 되어 주어진 조건을 만족하며, 이 식은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 10. 부울함수 $Y = (A \oplus B)(\overline{A} + \overline{B})$를 간략히 했을 때 가장 옳은 것은?

① $A \oplus B$

② $\overline{A \oplus B}$

③ $\overline{A} + \overline{B}$

④ $A + B$

정답 1번

간단한 해설

배타적 논리합은 **두 입력이 서로 다를 때만 1**이다. 이때 $\overline{A} + \overline{B}$도 반드시 1이므로, 이를 곱해도 출력은 바뀌지 않아 $Y = A \oplus B$로 간략화된다.

계산 과정

1. 배타적 논리합 전개: A와 B는 0 또는 1인 논리값이며, +는 OR, 곱은 AND, 윗줄은 NOT을 뜻한다. 배타적 논리합은 두 입력이 서로 다를 때만 1이므로 $A \oplus B = A\overline{B} + \overline{A}B$이다. 첫 항은 A = 1, B = 0인 경우를, 둘째 항은 A = 0, B = 1인 경우를 나타낸다.

2. 각 항에 곱하기: 전개한 두 항에 $\overline{A} + \overline{B}$를 각각 곱한다. 부울대수에서 **한 변수와 그 부정의 곱은 0**이고, 같은 논리값을 두 번 곱해도 그 값은 그대로이다. 따라서 $(A\overline{B})(\overline{A} + \overline{B}) = A\overline{B}$이고, $(\overline{A}B)(\overline{A} + \overline{B}) = \overline{A}B$이다. 각 식에서 서로 부정 관계인 변수를 함께 포함하는 항은 0이 되고, 나머지 항만 남는다.

3. 결과 대응: 두 결과를 OR로 합하면 $Y = A\overline{B} + \overline{A}B$이다. 이는 다시 $A \oplus B$이므로 간략화한 부울함수는 ①의 식과 같다.

NoteBase

문 11. 전력계통의 전원선, 통신선, 신호선 등의 도체를 통하여 과도 이상 전압이 침입하면 전기기기, 전자부품의 파손이 발생한다. 이를 예방하기 위하여 전류변화를 억제하거나 최소화하는 장비로 가장 옳은 것은?

① 접지

② 서지보호기

③ 퓨즈(fuse)

④ 누전차단기

정답 2번

간단한 해설

선로를 통해 들어오는 과도 과전압에는 **서지보호기**를 사용한다. 서지 전류를 우회시켜 기기에 걸리는 전압을 제한하므로 전자부품의 손상을 줄인다.

공통 해설

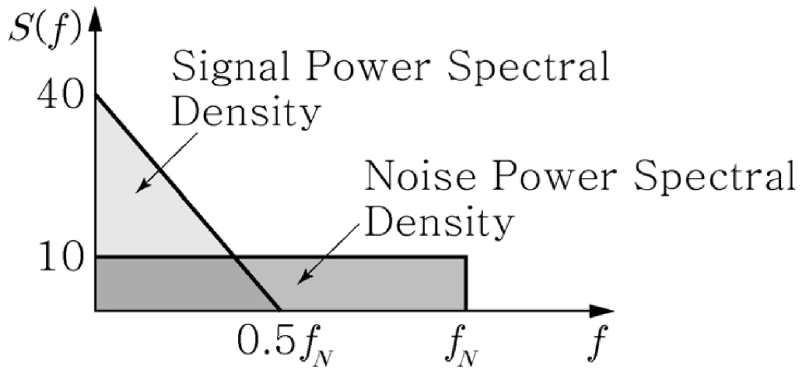
서지보호기(SPD)는 전원선·통신선·신호선 등에 유입되는 **과도 과전압을 제한하고 서지 전류를 우회시키는** 보호 장치이다. 여기서 과도 과전압은 선로의 전압이 짧은 시간 동안 급격히 높아지는 현상이다.

보호 소자는 이러한 과전압이 발생하면 전류가 흐를 수 있는 우회 경로를 형성하여, 서지 전류가 보호 대상 기기에 집중되지 않도록 한다. 이때 기기에 걸리는 전압이 제한되어 절연 파괴나 전자부품의 손상을 줄인다. 따라서 문제에서 제시한 선로 유입 과도 과전압에 대한 보호 기능은 서지보호기의 기능에 해당한다.

NoteBase

문 12. 신호(signal)와 잡음(noise)의 전력 밀도 스펙트럼(Power spectral density)이 <보기>와 같이 주어질 때, 신호 대 잡음비(SNR) (㉠)를 구하고, 차단 주파수 $f_c = 0.5f_N$로 주어지는 이상적인 저역통과필터(ideal low-pass filter)를 통과하였을 때의 신호 대 잡음비 (㉡)를 구한 것으로 가장 옳은 것은? (단, $\log_{10} 2 = 0.3$으로 한다.)

<보기>



① ㉠: −10[dB], ㉡: 3[dB]

② ㉠: −10[dB], ㉡: 5[dB]

③ ㉠: 0[dB], ㉡: 5[dB]

④ ㉠: 0[dB], ㉡: 3[dB]

정답 4번

간단한 해설

신호와 잡음의 전력은 전력 밀도 스펙트럼의 **면적**으로 구하며, 필터를 통과하기 전에는 두 면적이 같아 SNR이 0 dB이다. 필터를 통과하면 **신호 전력은 그대로이고 잡음 전력만 절반**이 되어 SNR이 3 dB로 높아진다.

NoteBase

계산 과정

전력 밀도 스펙트럼을 주파수에 대해 적분하면 전력이 되므로, 그림에서는 각 스펙트럼 아래의 면적을 구한다. 신호 전력을 P_S, 잡음 전력을 P_N이라 하면 전력비의 데시벨 표현은 $\mathrm{SNR}_{\mathrm{dB}} = 10\log_{10}\frac{P_S}{P_N}$이다.

㉠ 필터 통과 전: 신호 스펙트럼은 밑변이 $0.5f_N$, 높이가 40인 삼각형이므로 $P_S = \frac{1}{2}\cdot 0.5f_N \cdot 40 = 10f_N$이다. 잡음 스펙트럼은 밑변이 f_N, 높이가 10인 직사각형이므로 $P_N = 10f_N$이다. 따라서 **신호 전력과 잡음 전력이 같아** $10\log_{10}\frac{10f_N}{10f_N} = 10\log_{10} 1 = 0$이므로 SNR은 0 dB이다.

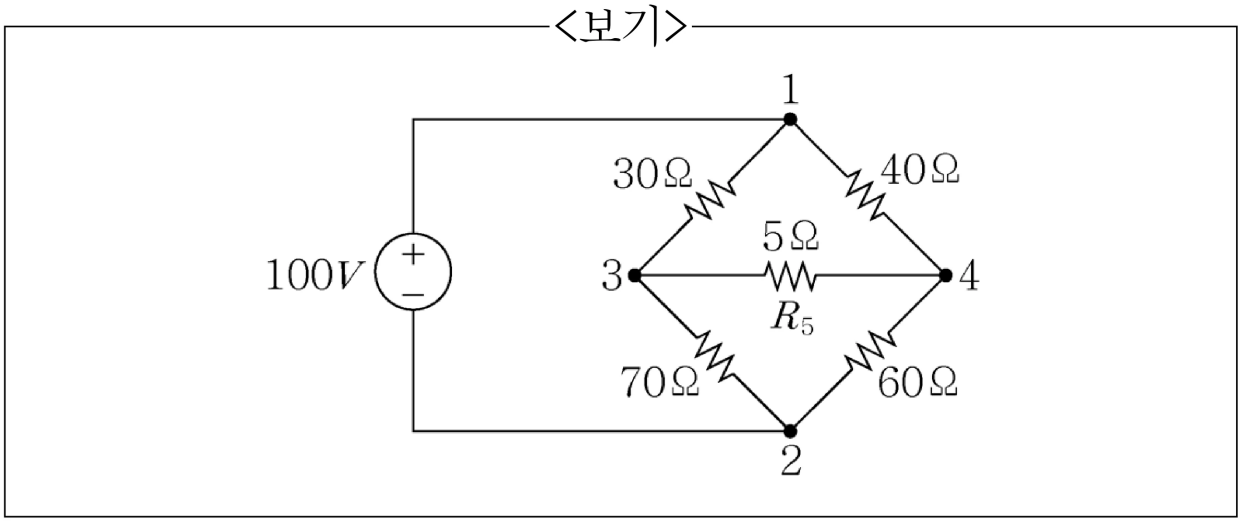
㉡ 필터 통과 후: 이상적인 저역통과필터는 차단 주파수 $f_c = 0.5f_N$까지의 성분을 통과시킨다. 신호는 원래 이 범위 안에 있으므로 전력이 $P_{S,\,\mathrm{out}} = 10f_N$으로 유지된다. 잡음은 $0 \le f \le 0.5f_N$의 직사각형 부분만 남으므로 $P_{N,\,\mathrm{out}} = 10 \cdot 0.5f_N = 5f_N$이다. 즉, **잡음 전력만 절반으로 줄어** 출력 전력비는 $\frac{10f_N}{5f_N} = 2$가 된다. 주어진 $\log_{10} 2 = 0.3$을 적용하면 $10\log_{10} 2 = 10 \cdot 0.3 = 3$이므로 SNR은 3 dB이다.

㉠은 0 dB, ㉡은 3 dB이므로 두 값을 함께 제시한 ④와 일치한다.

NoteBase

문 13. <보기>의 회로에서 $R_5 = 5\Omega$에 흐르는 전류는?

<보기>



① 0.2[A]

② 0[A]

③ $\frac{1}{3}$ [A]

④ 1[A]

정답 1번

간단한 해설

두 중간 접점 사이를 테브난 등가회로로 바꾸면 **등가전압은 10 V, 등가저항은 45 Ω**이다. 여기에 5 Ω을 연결하므로 전류는 $\frac{10}{45+5} = 0.2\text{A}$이다.

NoteBase

계산 과정

회로 조건과 풀이 방법: 접점 2의 전위를 0 V로 두면 전원 극성에 따라 접점 1은 100 V이다. R_5에 흐르는 전류는 접점 3과 4 사이의 전위차로 결정된다. 이 두 접점에서 나머지 회로를 바라본 테브난 등가전압과 등가저항을 구한 뒤, 5 Ω을 다시 연결한다.

등가전압: 먼저 R_5를 떼어 내어 접점 3과 4 사이를 개방한다. 이때 왼쪽의 30 Ω과 70 Ω, 오른쪽의 40 Ω과 60 Ω은 각각 직렬이므로 전압분배를 적용할 수 있다. 접점 2를 기준으로 $V_3 = 100 \cdot \frac{70}{30+70} = 70\text{V}$, $V_4 = 100 \cdot \frac{60}{40+60} = 60\text{V}$이다. 따라서 개방된 두 접점 사이의 등가전압은 $V_{\text{th}} = V_3 - V_4 = 10\text{V}$이며, 접점 3 쪽이 양극이다.

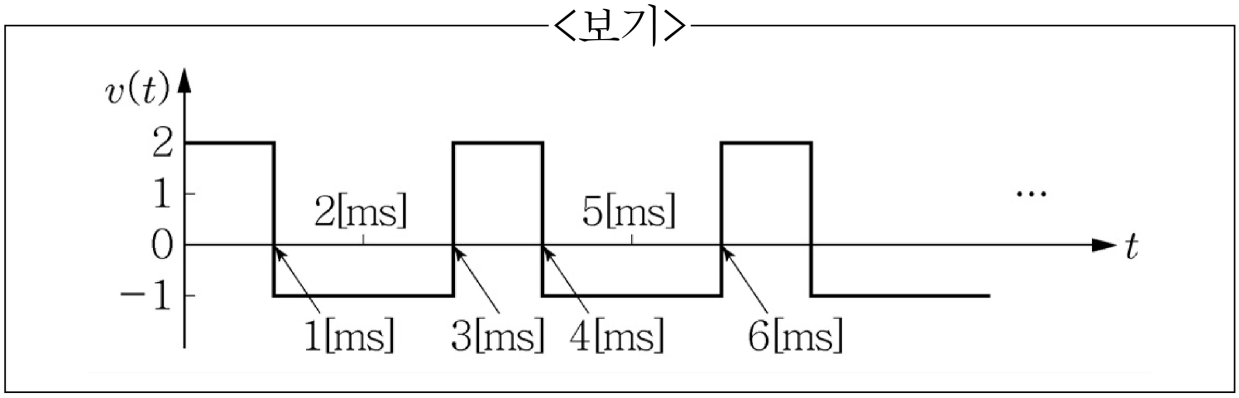
등가저항: R_5를 떼어 낸 상태에서 **이상적인 전압원을 단락**하면 접점 1과 2가 같은 접점이 된다. 접점 3 쪽의 30 Ω과 70 Ω은 병렬이므로 $R_{\text{L}} = \frac{30 \cdot 70}{30+70} = 21\Omega$이다. 접점 4 쪽의 40 Ω과 60 Ω도 병렬이므로 $R_{\text{R}} = \frac{40 \cdot 60}{40+60} = 24\Omega$이다. 접점 3에서 4로 가는 경로에서는 이 두 등가저항이 직렬이므로 $R_{\text{th}} = 21 + 24 = 45\Omega$이다.

부하 전류: 5 Ω을 다시 연결하면 등가전압 10 V에 등가저항 45 Ω과 부하 5 Ω이 직렬로 연결된다. 따라서 옴의 법칙에 의해 $I_5 = \frac{V_{\text{th}}}{R_{\text{th}} + R_5} = \frac{10}{45+5} = 0.2\text{A}$이다. 전류는 접점 3에서 4로 흐르며, 크기 0.2 A는 ①에 해당한다.

NoteBase

문 14. <보기> 주기신호 $v(t)$의 실횻값은?

<보기>



① 0

② 1

③ $\sqrt{2}$

④ 2

정답 3번

간단한 해설

실횻값은 신호를 **제곱하여 시간 평균을 구한 뒤 제곱근을 취한 값**이다. 한 주기에서 2가 1 ms, −1이 2 ms 동안 유지되므로 제곱의 평균은 2이고, 실횻값은 $\sqrt{2}$이다.

계산 과정

주기와 구간: 그래프에서 0–1 ms에는 신호가 2이고, 1–3 ms에는 −1이다. 이 모양이 3–6 ms에도 반복되므로 한 주기 T는 3 ms이다.

실횻값의 의미: 실횻값은 **각 순간의 신호를 제곱한 값의 시간 평균**에 제곱근을 취하여 구한다. 따라서 음의 구간도 제곱하면 양수로 기여하며, 신호 자체의 평균과는 구별된다.

제곱의 시간 평균: 각 구간에서 신호가 일정하므로 제곱값에 지속 시간을 곱하여 더한 뒤 전체 주기로 나눈다. 시간을 모두 ms로 통일하면 $\overline{v^2} = \frac{2^2 \cdot 1 + (-1)^2 \cdot 2}{3} = 2$이다. 이 2는 신호 자체의 평균이 아니라 제곱값의 한 주기 평균이다.

실횻값 계산: 위 평균에 제곱근을 취하면 $V_{\text{rms}} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{2}$이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 내부 임피던스 $Z_g = 0.3 - j5[\Omega]$인 발전기에 임피던스가 $Z_l = 1.7 + j3[\Omega]$인 선로를 연결하여 부하에 전력을 공급하고자 한다. 이때 부하에 최대전력이 전송되기 위한 부하 임피던스 $Z_0[\Omega]$ 값으로 가장 옳은 것은?

① $2 + j2$

② $2 - j2$

③ 2

④ -2

정답 1번

간단한 해설

부하에 최대전력을 전달하려면 부하 임피던스를 발전기 내부 임피던스와 선로 임피던스의 합에 대한 **켤레복소수**로 맞춘다. 합성 임피던스가 $2 - j2\Omega$이므로 부하 임피던스는 $2 + j2\Omega$이다.

계산 과정

부하에서 전원 쪽을 바라본 등가 임피던스: 발전기 내부 임피던스와 선로 임피던스는 직렬이므로 $Z_{th} = Z_g + Z_l$이다. 저항 성분은 $0.3 + 1.7 = 2\ \Omega$, 리액턴스 성분은 $-5 + 3 = -2\ \Omega$이므로 $Z_{th} = 2 - j2\Omega$이다. 최대전력 조건에는 발전기 내부 임피던스뿐 아니라 **선로 임피던스까지 포함**한다.

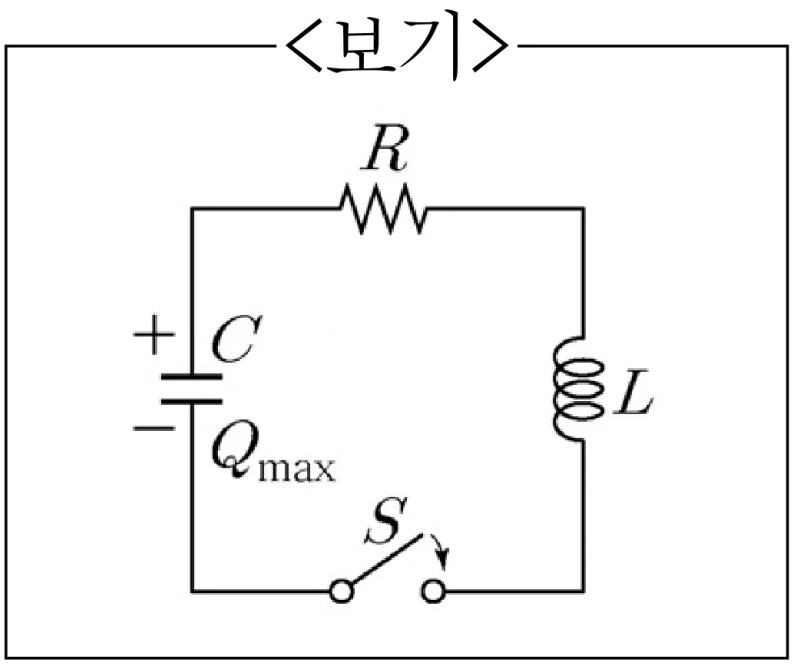
최대전력 전달 조건: 교류 정상상태에서 부하의 저항과 리액턴스를 모두 조절할 수 있으면, 부하 임피던스는 전원 쪽 등가 임피던스의 켤레복소수인 $Z_0 = Z_{th}^*$로 정한다. 별표는 허수부의 부호를 바꾸는 켤레복소수를 뜻한다. **리액턴스는 크기가 같고 부호가 반대**여야 직렬 회로의 전체 리액턴스가 0이 되어, 같은 부하 저항에서 전류가 가장 커진다. 이 상태에서 부하 저항을 전원 쪽 등가 저항과 같게 하면 부하가 소비하는 평균전력이 최대가 된다.

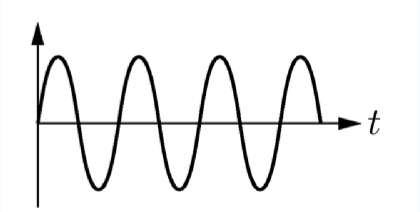
부하 임피던스 계산: 등가 저항이 $2\ \Omega$이고 등가 리액턴스가 $-2\ \Omega$이므로, 부하 저항은 $2\ \Omega$, 부하 리액턴스는 $+2\ \Omega$으로 맞춘다. 따라서 $Z_0 = (2 - j2)^* = 2 + j2\Omega$이며, 이는 ①의 값과 일치한다.

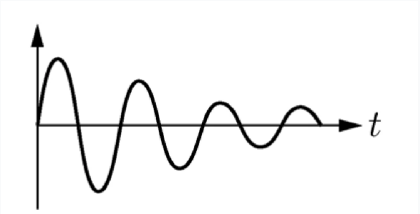
NoteBase

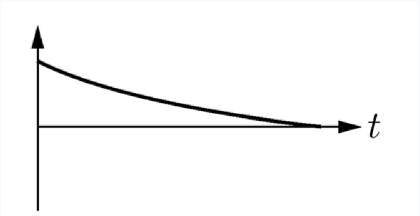
문 16. <보기>와 같은 직렬 R-L-C 회로에서 $R = 200[\Omega]$, $L = 1[\mathrm{mH}]$, $C = 1.0[\mathrm{nF}]$으로 주어질 때, 커패시터 C에 전하가 충전된 상태에서 스위치 S를 OFF에서 ON하는 순간 회로에 흐르는 전류 $I(t)$에 대한 파형으로 가장 옳은 것은?

<보기>

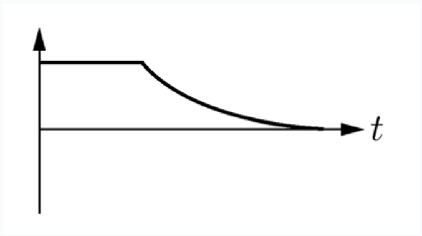


① 

② 

③ 

NoteBase

④ 

정답 2번

간단한 해설

주어진 소자값에서는 감쇠계수가 고유 각주파수보다 작은 **부족감쇠** 상태이므로 전류는 진폭이 점차 줄어들면서 진동한다. 인덕터 전류는 순간적으로 바뀔 수 없으므로 스위치를 닫은 직후에도 **전류는 0에서 시작**한다.

계산 과정

초기 조건: 스위치가 열려 있을 때 회로 전류는 0이고 커패시터에만 전하가 저장되어 있다. 스위치를 닫아도 **인덕터 전류는 연속**이어야 하므로 $I(0^+) = I(0^-) = 0$이다. 이후 커패시터가 방전되면서 전류가 흐르기 시작한다.

감쇠계수 계산: 직렬 R-L-C 회로의 감쇠계수는 $\alpha = \frac{R}{2L}$이며 전류 진폭이 줄어드는 속도를 나타낸다. $L = 10^{-3}\text{H}$이므로 $\alpha = \frac{200}{2 \cdot 10^{-3}} = 10^5 \text{s}^{-1}$이다.

고유 각주파수와 비교: 저항에 의한 감쇠가 없을 때의 고유 각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다. $C = 10^{-9}\text{F}$를 대입하면 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{10^{-3} \cdot 10^{-9}}}$, 즉 $\omega_0 = 10^6 \text{rad/s}$이다. 따라서 $\alpha < \omega_0$이므로 **진동하면서 감쇠하는 부족감쇠** 응답이 나타난다.

전류 파형: 커패시터의 전기장 에너지와 인덕터의 자기장 에너지가 서로 전환되면서 전류의 방향이 반복해서 바뀐다. 동시에 저항에서 에너지가 열로 소모되므로 진폭은 점점 작아진다. 초기 전류가 0인 부족감쇠 전류는 $I(t) = Ae^{-\alpha t}\sin(\omega_d t)$ 형태이다. 여기서 A는 초기 충전량에 따라 정해지는 상수이고, $\omega_d = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$는 감쇠된 진동의 각주파수이다.

선택지 연결: ①은 진폭이 일정하여 저항에 의한 에너지 손실을 반영하지 못한다. ③과 ④는 시작 전류가 0이 아니고 진동도 하지 않아 초기 조건과 부족감쇠 조건에 맞지 않는다. **0에서 시작하여 양·음으로 진동하면서 진폭이 줄어드는 파형**은 ②이다.

NoteBase

문 17. 입력신호 $x(t)$가 이상적인 적분기를 통과할 때, 입력의 전력 밀도 스펙트럼 $S_x(w)$와 출력의 전력 밀도 스펙트럼 $S_y(w)$의 관계식으로 가장 옳은 것은?

① $S_y(w) = \left|\frac{1}{jw}\right| S_x(w)$
② $S_y(w) = \left|\frac{1}{jw}\right|^2 S_x(w)$
③ $S_y(w) = |w|^2 S_x(w)$
④ $S_y(w) = |jw|^2 S_x(w)$

정답 2번

간단한 해설

전력 밀도 스펙트럼에는 **주파수 응답 크기의 제곱**이 곱해진다. 이상적인 적분기의 주파수 응답은 $H(w) = \frac{1}{jw}$이므로, 출력은 $S_y(w) = \left|\frac{1}{jw}\right|^2 S_x(w)$로 주어진다.

공통 해설

전력 밀도 스펙트럼은 신호의 평균 전력이 주파수별로 어떻게 분포하는지를 나타낸다. 선형 시불변 시스템에서 입출력의 전력 밀도 스펙트럼이 존재하면 $S_y(w) = |H(w)|^2 S_x(w)$이다. 주파수 응답의 크기는 진폭의 배율이고, 전력은 진폭의 제곱에 비례하므로 **진폭 이득을 제곱한 전력 이득**을 적용한다.

이상적인 적분기는 입력을 시간에 대해 적분하는 시스템이다. 초기조건에 의한 별도 응답을 제외하면, 적분은 주파수 영역에서 jw로 나누는 것에 해당하므로 $H(w) = \frac{1}{jw}$이다. 여기서 w는 각주파수이고 j는 허수 단위이며, $w \neq 0$인 주파수 성분을 다룬다.

따라서 적분기의 전력 이득은 $\left|\frac{1}{jw}\right|^2 = \frac{1}{w^2}$이고, 입출력 관계는 $S_y(w) = \left|\frac{1}{jw}\right|^2 S_x(w)$이다. 크기만 한 번 곱하면 전력에 필요한 제곱이 빠진다. 또한 $|w|^2$과 $|jw|^2$는 모두 w^2이므로, 이를 곱하는 식은 적분기에 필요한 **각주파수 제곱의 역수**와 반대 관계이다.

NoteBase

문 18. 10kHz로 샘플링(sampling) 된 1000개의 이산신호(discrete signal)에 대해 2000-point 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform; DFT)을 수행하는 경우, 10번째(㉠), 500번째(㉡) DFT계수에 해당하는 주파수는?

① ㉠: 10[Hz], ㉡: 500[Hz]

② ㉠: 50[Hz], ㉡: 500[Hz]

③ ㉠: 100[Hz], ㉡: 5,000[Hz]

④ ㉠: 50[Hz], ㉡: 2,500[Hz]

정답 4번

간단한 해설

DFT 계수의 주파수 간격은 **변환 길이 2000**을 기준으로 계산하므로 $\Delta f = \frac{10{,}000}{2000} = 5\text{Hz}$이다. 계수 번호에 이 간격을 곱하면 ㉠은 50 Hz, ㉡은 2500 Hz이다.

계산 과정

주어진 샘플링 주파수는 $f_s = 10{,}000\text{Hz}$, DFT 길이는 N = 2000이다. DFT는 샘플링 주파수에 해당하는 주파수 구간을 N등분한 지점의 성분을 구하므로, 주파수 인덱스 k에 해당하는 주파수는 $f_k = \frac{kf_s}{N}$이다. 이 문항에서 10번째와 500번째 계수는 각각 k = 10, k = 500으로 계산한다.

주파수 간격: $\Delta f = \frac{f_s}{N} = \frac{10{,}000}{2000} = 5\text{Hz}$이다. 이는 계수 번호가 1 증가할 때 대응 주파수가 5 Hz씩 증가한다는 뜻이다. 원래 신호가 1000개여도 2000-point DFT를 수행하므로, 나머지 1000개를 0으로 채우는 영 채움으로 변환 길이를 맞춘다. 따라서 간격을 구할 때는 **원래 신호 개수 1000이 아니라 변환 길이 2000**을 분모로 사용한다.

㉠ 10번째 계수: k = 10이므로 $f_{10} = 10 \cdot \Delta f$이다. 따라서 $10 \times 5 = 50$ Hz이다.

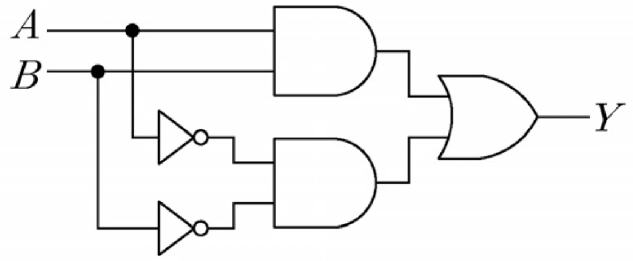
㉡ 500번째 계수: k = 500이므로 $f_{500} = 500 \cdot \Delta f$이다. 따라서 $500 \times 5 = 2500$ Hz이다.

㉠ 50 Hz, ㉡ 2500 Hz의 조합은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 19. <보기>의 논리회로에서 출력 Y는?

<보기>



① $A + B$

② AB

③ $A \oplus B$

④ $\overline{A \oplus B}$

정답 4번

간단한 해설

회로의 출력은 **두 입력이 같을 때만 1**이 된다. 이는 배타적 논리합(XOR)을 반전한 XNOR이므로 $Y = \overline{A \oplus B}$이다.

계산 과정

위쪽 AND 게이트: 입력 A와 B가 그대로 들어가므로 출력은 AB이다. 여기서 곱은 논리곱을 뜻하며, **A와 B가 모두 1일 때만** 이 경로의 출력이 1이 된다.

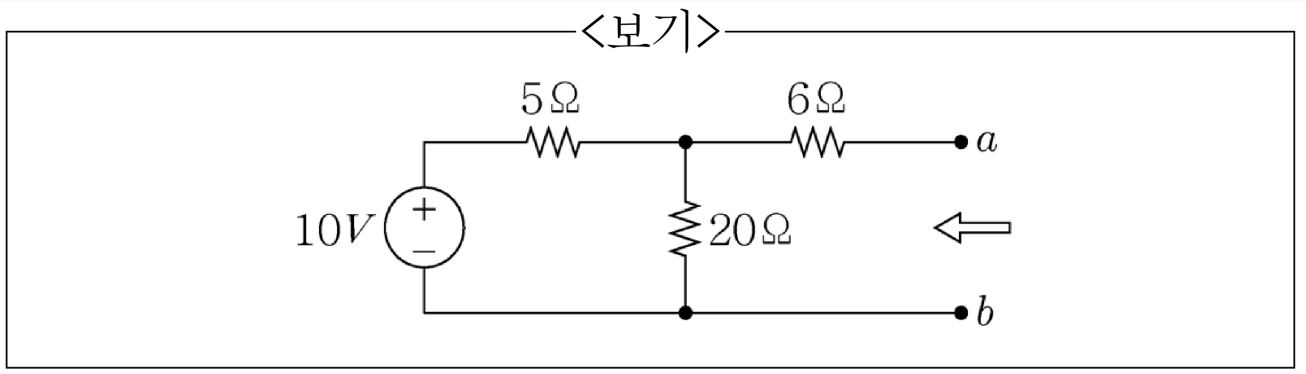
아래쪽 AND 게이트: A와 B가 각각 NOT 게이트를 거치므로 입력은 $\overline{A}$와 $\overline{B}$이다. 따라서 출력은 $\overline{AB}$이며, **원래 입력 A와 B가 모두 0일 때만** 이 경로의 출력이 1이 된다.

마지막 OR 게이트: 두 경로의 출력을 논리합하므로 $Y = AB + \overline{AB}$이다. 여기서 +는 논리합을 뜻한다. 따라서 입력이 (0, 0) 또는 (1, 1)이면 Y는 1이고, (0, 1) 또는 (1, 0)이면 Y는 0이다. XOR은 두 입력이 다를 때 1이므로, 이 회로는 **XOR의 출력을 반전한 XNOR**이다. 따라서 $Y = \overline{A \oplus B}$로, ④의 식과 일치한다.

NoteBase

문 20. <보기>의 회로에서 a-b에서 바라본 테브난(Thevenin) 등가저항(㉠)과 전압(㉡)은?

<보기>



① ㉠ 10[Ω] ㉡ 10[V]

② ㉠ 10[Ω] ㉡ 8[V]

③ ㉠ 8[Ω] ㉡ 10[V]

④ ㉠ 8[Ω] ㉡ 8[V]

정답 2번

간단한 해설

테브난 등가저항은 **10 V 전압원을 단락**한 뒤 구하므로, 5 Ω과 20 Ω의 병렬저항에 6 Ω을 더한 10 Ω이다. 테브난 전압은 **a-b 개방전압**이며, 6 Ω에는 전류가 흐르지 않아 20 Ω에 걸리는 전압인 8 V와 같다.

계산 과정

테브난 등가회로는 a-b에서 본 원래 회로를 하나의 전압원과 직렬저항으로 나타낸 것이다. 등가저항은 독립 전원을 제거한 회로에서 구하고, 등가전압은 단자를 개방한 원래 회로에서 구한다.

㉠ 등가저항: 독립 전압원을 0 V로 만들면 **전압원 자리는 단락**된다. 이때 5 Ω과 20 Ω은 같은 두 노드 사이에 연결되어 병렬이 되고, 그 병렬저항은 a에서 바라볼 때 6 Ω과 직렬이다. 따라서 $R_{\mathrm{Th}} = 6 + \frac{5 \cdot 20}{5 + 20} = 10\Omega$이다.

㉡ 등가전압: 전압원을 그대로 두고 a-b를 개방한 상태의 전압을 구한다. a 쪽으로 이어지는 경로가 열려 있으므로 **6 Ω의 전류와 전압강하는 모두 0**이다. 따라서 a의 전위는 5 Ω·20 Ω·6 Ω이 만나는 접점의 전위와 같다. 10 V 전압원에 5 Ω과 20 Ω이 직렬로 연결되어 있으므로, b를 기준으로 한 a의 전압은 전압분배에 따라 $V_{\mathrm{Th}} = 10 \cdot \frac{20}{5 + 20} = 8\mathrm{V}$이다. 전압원의 위쪽이 양극이므로 a가 b보다 8 V 높다.

따라서 ㉠은 10 Ω, ㉡은 8 V이며, 이 조합은 ②에 해당한다.

NoteBase