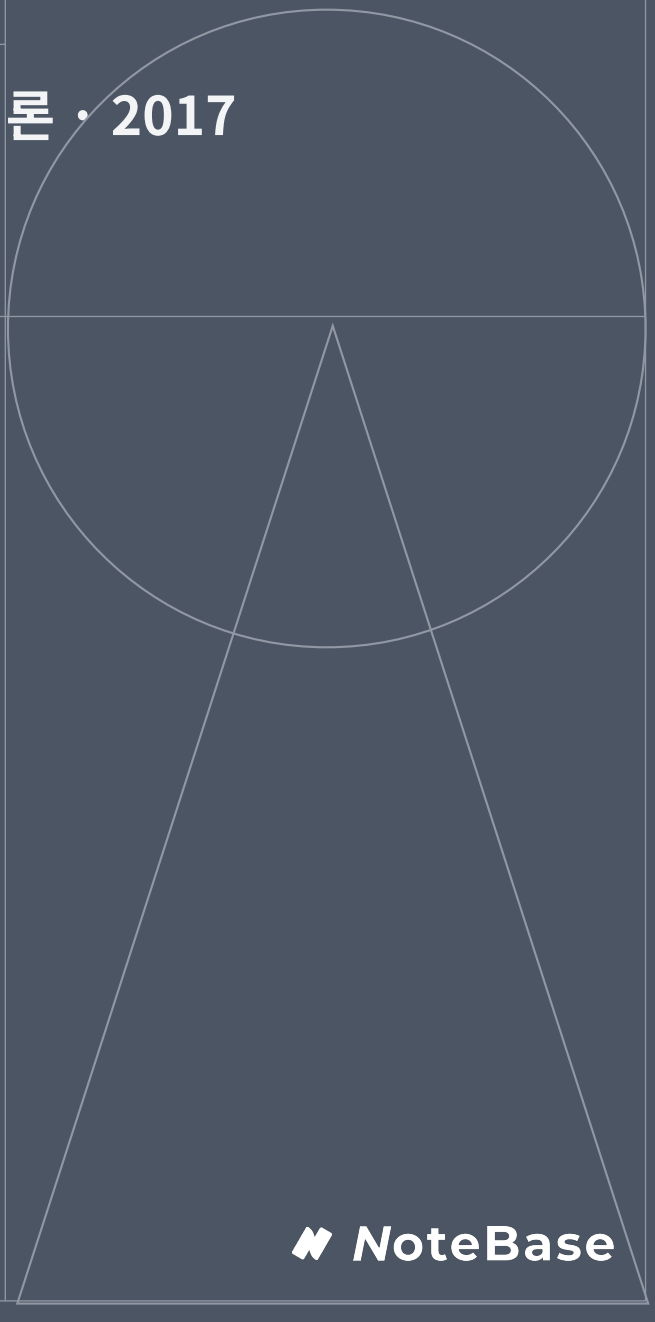
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2017

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2017

문 1. 일정한 기전력이 가해지고 있는 회로의 저항값을 2배로 하면 소비전력은 몇 배가 되는가?

① $\frac{1}{8}$

② $\frac{1}{4}$

③ $\frac{1}{2}$

④ 2

정답 3번

간단한 해설

기전력이 일정하면 소비전력은 **저항에 반비례**한다. 따라서 저항이 2배가 되면 소비전력은 기존의 1/2배가 된다.

계산 과정

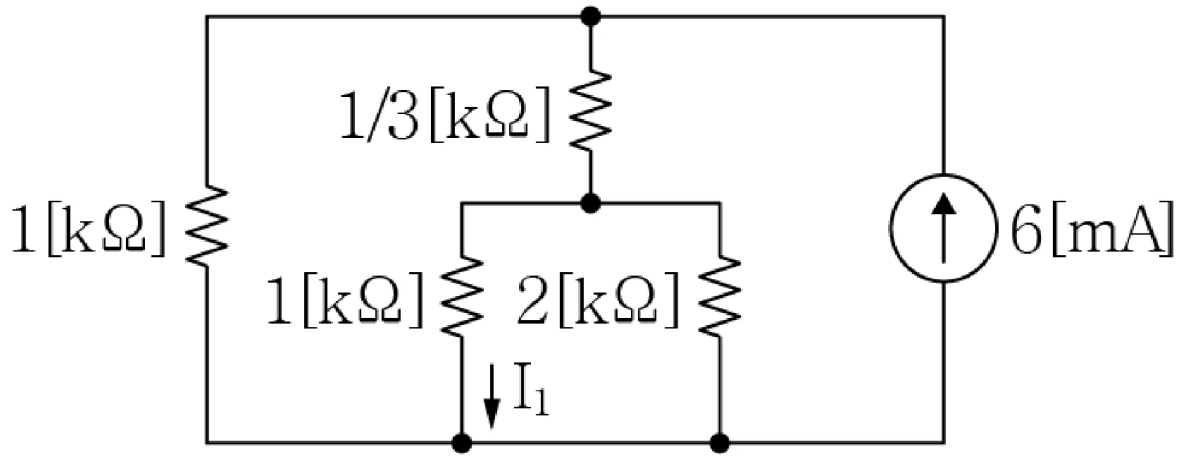
변경 전 기전력을 E, 저항을 R, 전류를 I, 소비전력을 P라 하자. 옴의 법칙에 따라 $I = \frac{E}{R}$이고, 전력은 $P = EI$이므로 $P = \frac{E^2}{R}$이다. 이 문제에서는 **기전력 E가 일정**하므로 저항이 커질수록 전류와 소비전력이 감소한다.

변경 후 저항은 $R' = 2R$이다. 같은 기전력을 가하므로 변경 후 소비전력은 $P' = \frac{E^2}{2R} = \frac{P}{2}$가 된다.

소비전력의 변화 배율은 $\frac{P'}{P} = \frac{1}{2}$이다. 따라서 소비전력은 기존의 1/2배가 되며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 다음 회로에서 저항에 흐르는 전류 I_1[mA]은?



① 0.5

② 1

③ 2

④ 4

정답 3번

간단한 해설

가운데 가지의 합성저항은 왼쪽 가지와 같은 1 kΩ이므로, 6 mA가 **각각 3 mA씩 나뉜다**. 이 중 아래쪽 1 kΩ 저항에는 2 kΩ 저항보다 두 배의 전류가 흘러, I_1은 아래 방향으로 2 mA이다.

NoteBase

계산 과정

1. 아래쪽 병렬저항: 가운데 아래의 1 kΩ과 2 kΩ은 **양 끝이 각각 같은 두 접점에 연결**되어 있으므로 병렬이다. 병렬 합성저항은 $R_{\mathrm{p}} = \frac{1 \cdot 2}{1+2} = \frac{2}{3}\mathrm{k\Omega}$이다.

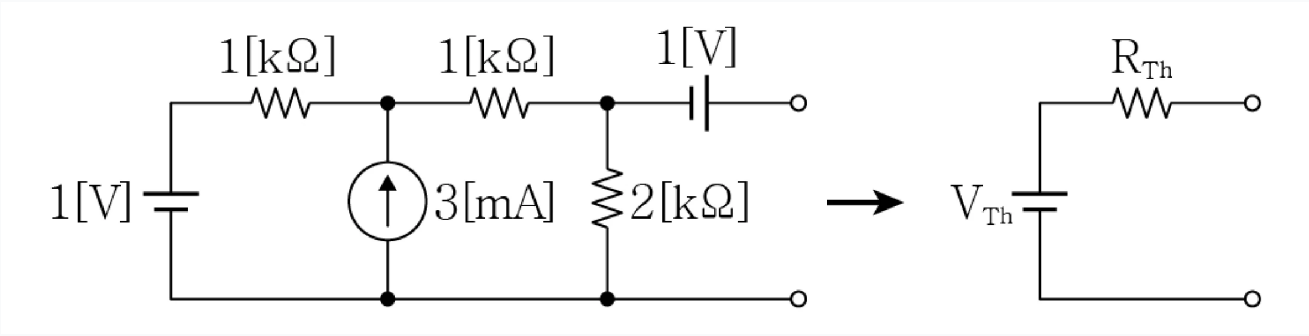
2. 가운데 가지의 합성저항: 위쪽의 $\frac{1}{3}\mathrm{k\Omega}$ 저항은 아래쪽 병렬저항 전체와 직렬이다. 따라서 위아래 공통 접점 사이에서 본 가운데 가지의 저항은 $R_{\mathrm{c}} = \frac{1}{3} + \frac{2}{3} = 1\mathrm{k\Omega}$이다.

3. 가운데 가지로 흐르는 전류: 왼쪽 1 kΩ 가지와 가운데 합성저항 1 kΩ 가지는 전류원에 병렬로 연결되어 있다. **같은 전압이 걸리는 두 가지의 저항이 같으므로** 전류원의 6 mA는 똑같이 나뉜다. 가운데 가지의 전류는 $I_{\mathrm{c}} = \frac{6}{2} = 3\mathrm{mA}$이며, 이 전류가 위쪽 저항을 지나 아래쪽 병렬저항으로 들어간다.

4. 구하는 전류: 아래쪽 1 kΩ과 2 kΩ에는 같은 전압이 걸리므로 전류는 **저항에 반비례**하여 나뉜다. 1 kΩ 저항의 전류는 $I_1 = I_{\mathrm{c}}\frac{2}{1+2} = 3 \cdot \frac{2}{3} = 2\mathrm{mA}$이다. 전류원에서 위쪽 접점으로 공급된 전류가 저항을 거쳐 아래쪽 접점으로 흐르므로, 표시된 아래 방향의 전류는 2 mA이며 ③에 해당한다.

NoteBase

문 3. 다음 회로를 테브난 등가회로로 변환하면 등가 저항 R_{Th} [kΩ]은?



① 0.5

② 1

③ 2

④ 3

정답 2번

간단한 해설

독립 전압원은 단락하고 독립 전류원은 개방하면, 두 1 kΩ 저항의 직렬 경로와 2 kΩ 저항이 **병렬**로 연결된다. 두 경로의 저항이 각각 2 kΩ이므로 등가 저항은 **1 kΩ**이다.

계산 과정

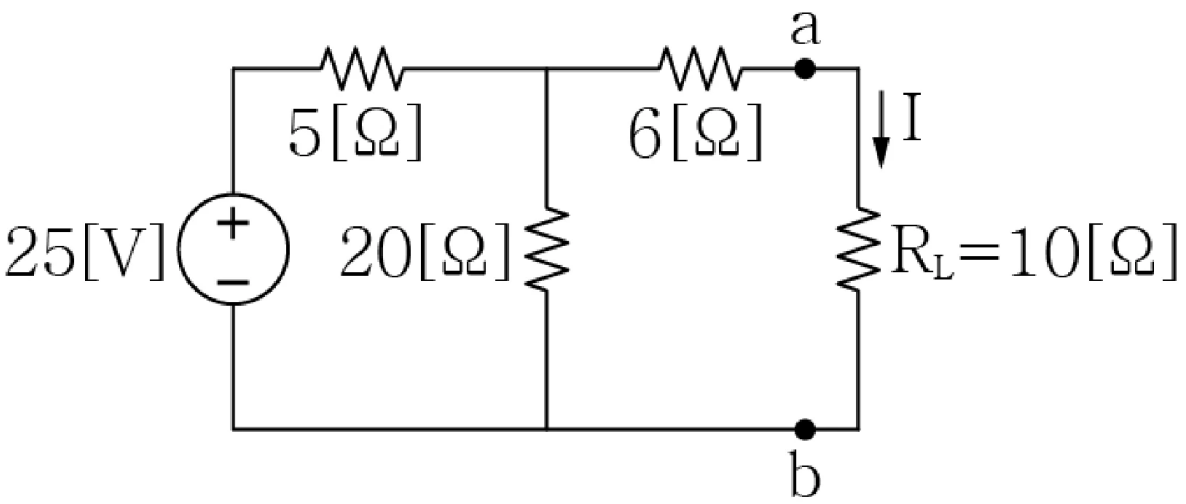
1. 독립 전원 제거: 테브난 등가 저항은 독립 전원의 값을 0으로 만든 뒤 출력의 두 단자에서 회로 안쪽을 바라본 저항이다. 따라서 왼쪽과 출력 쪽의 1 V 전압원은 모두 **단락**하고, 가운데 3 mA 전류원은 **개방**한다. 전압원은 전압이 0인 도선으로, 전류원은 전류가 0인 끊어진 가지로 바뀐다.

2. 직렬 경로 확인: 전류원 가지가 개방되면 위쪽 두 1 kΩ 저항의 접속점에는 다른 전류 경로가 없다. 따라서 두 저항에는 같은 전류가 흐르므로 직렬이며, 합성 저항은 1 + 1 = 2 kΩ이다. 왼쪽 전압원을 단락했으므로 이 직렬 경로는 출력의 위쪽 단자와 아래쪽 단자를 잇는다.

3. 병렬 합성: 세로의 2 kΩ 저항도 출력의 같은 두 단자에 연결되므로, 앞에서 구한 2 kΩ 경로와 **병렬**이다. 병렬 저항은 각 가지의 컨덕턴스, 즉 저항의 역수를 더해 구한다. 두 저항값을 곱한 뒤 합으로 나누면 $R_{Th} = \frac{2 \cdot 2}{2+2}\text{k}\Omega = 1\text{k}\Omega$이다. 이는 ②의 1 kΩ에 해당한다.

NoteBase

문 4. 다음 회로에서 부하저항 $R_L = 10[\Omega]$에 흐르는 전류 $I[A]$는?



① 1

② 1.25

③ 1.75

④ 2

정답 1번

간단한 해설

6Ω 저항과 부하저항 10Ω은 **직렬**이므로 같은 전류가 흐른다. 이 16Ω 가지에 걸리는 전압은 16V이므로,
부하전류는 $I = \frac{16}{16} = 1$A이다.

NoteBase

계산 과정

1. 회로의 연결 관계: 6Ω 저항과 부하저항 10Ω 사이에는 전류가 나뉘는 분기점이 없으므로 두 저항은 직렬이고, 합성저항은 6 + 10 = 16Ω이다. 이 16Ω 가지는 20Ω 저항과 병렬로 연결되어 있다. 아래쪽 b점을 기준 전위 0V로 잡고, 5Ω·6Ω·20Ω이 만나는 접점의 전위를 V로 둔다. 전압원의 위쪽은 양극이므로 그 전위는 25V이다.

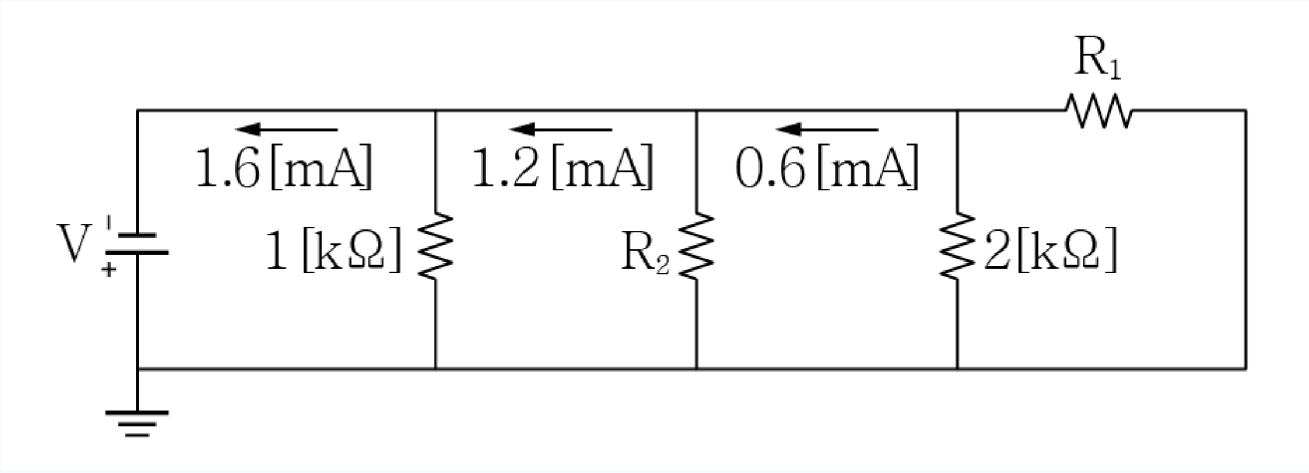
2. 접점의 전류 관계: 5Ω 저항을 통해 접점으로 들어오는 전류는 $\frac{25-V}{5}$이고, 접점에서 아래쪽으로 나가는 전류는 20Ω 가지의 $\frac{V}{20}$과 16Ω 가지의 $\frac{V}{16}$이다. **들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합이 같다**는 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $\frac{25-V}{5}=\frac{V}{20}+\frac{V}{16}$이다.

3. 가지 전압 계산: 위 식의 양변에 80을 곱하면 $16(25-V)=4V+5V$이다. 정리하면 $400=25V$이므로 접점 전위는 16V이다. 이는 **6Ω과 10Ω을 합친 가지 전체에 걸리는 전압**이며, 부하저항 10Ω에만 걸리는 전압이 아니다.

4. 부하전류 계산: 6Ω 저항과 부하저항에는 같은 전류가 흐르므로, 가지 전체의 전압을 직렬 합성저항으로 나눈다. $I=\frac{16}{6+10}=1\text{A}$이다. 양수이므로 전류는 그림의 화살표처럼 a점에서 b점으로 흐르며, 계산값 1A는 ①의 1에 해당한다.

NoteBase

문 5. 다음 회로에서 저항 R_1의 저항값 [kΩ]은?



① 0.2

② 0.6

③ 1

④ 1.2

정답 3번

간단한 해설

각 저항은 **같은 두 노드에 연결된 병렬회로**이므로 양단 전압이 같다. 공통 전압 0.4 V와 R_1의 전류 0.4 mA에 옴의 법칙을 적용하면 $R_1 = 1\text{k}\Omega$이다.

계산 과정

1 kΩ 가지의 전류와 공통 전압: 1 kΩ 저항의 위쪽 접속점에서 왼쪽으로 나가는 전류는 1.6 mA, 오른쪽에서 들어오는 전류는 1.2 mA이다. 키르히호프의 전류 법칙에 따라 나머지 1.6 − 1.2 = 0.4 mA는 1 kΩ 저항을 통해 아래에서 위로 흐른다. 옴의 법칙으로 이 저항 양단의 전압 크기는 $U = IR = 0.4\text{mA} \cdot 1\text{k}\Omega = 0.4\text{V}$이다. 아래쪽 노드의 전위가 위쪽보다 0.4 V 높다. R_1도 오른쪽 도선을 통해 아래쪽 노드에 연결되므로, **모든 저항의 양단 전압 크기는 0.4 V**로 같다.

R_1의 전류: 2 kΩ 저항에는 $I_{2\text{k}\Omega} = \frac{0.4\text{V}}{2\text{k}\Omega} = 0.2\text{mA}$가 아래에서 위로 흐른다. 그림의 0.6 mA는 **2 kΩ 가지와 R_1 가지의 전류가 합쳐진 값**이다. 따라서 R_1을 통해 오른쪽에서 왼쪽으로 흐르는 전류는 $I_1 = 0.6 - 0.2 = 0.4\text{mA}$이다.

R_1의 저항값: 저항값은 양단 전압의 크기를 흐르는 전류의 크기로 나누어 구한다. $R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{0.4\text{V}}{0.4\text{mA}} = 1\text{k}\Omega$이므로 ③의 1 kΩ에 해당한다.

NoteBase

문 6. R-L-C 직렬회로에서 $R = 20[\Omega]$, $L = 32[\text{mH}]$, $C = 0.8[\mu\text{F}]$일 때, 선택도 Q는?

① 0.00025

② 1.44

③ 5

④ 10

정답 4번

간단한 해설

R-L-C 직렬회로의 선택도는 $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$로 구한다. L과 C를 H와 F로 환산해 대입하면 **Q는 10**이며, 단위가 없는 값이다.

계산 과정

선택도 관계: R-L-C 직렬회로의 선택도 Q는 **공진 시 코일의 유도 리액턴스를 저항으로 나눈 값**이다. 공진 각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이므로, $Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$를 적용한다.

단위 환산: R = 20 Ω이고, **L과 C를 각각 H와 F로 환산**하면 $L = 32 \cdot 10^{-3}\text{H}$, $C = 0.8 \cdot 10^{-6}\text{F}$이다.

리액턴스 계산: 먼저 $\frac{L}{C} = \frac{32 \cdot 10^{-3}}{0.8 \cdot 10^{-6}} = 40000\Omega^2$이다. 따라서 $\sqrt{\frac{L}{C}} = 200\Omega$이며, 이는 공진 시 코일의 유도 리액턴스이다.

선택도 계산: $Q = \frac{200}{20} = 10$이다. 리액턴스와 저항의 단위가 모두 Ω이므로 Q에는 단위가 없으며, 계산값 10은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 7. 내부저항 0.1[Ω], 전원전압 10[V]인 전원이 있다. 부하 R_L에서 소비되는 최대전력[W]은?

① 100

② 250

③ 500

④ 1000

정답 2번

간단한 해설

부하전력은 **부하저항이 내부저항과 같을 때** 최대가 된다. 부하저항을 0.1 Ω으로 두면 최대전력은 $P_{\max} = \frac{10^2}{4 \cdot 0.1} = 250\text{W}$이다.

계산 과정

전원전압을 E = 10 V, 내부저항을 r = 0.1 Ω이라 하자. 내부저항과 부하저항 R_L은 직렬이므로 전류는 $I = \frac{E}{r + R_L}$이다. 부하에서 소비되는 전력은 $P_L = I^2 R_L = \frac{E^2 R_L}{(r + R_L)^2}$로 구한다.

최대전력 전달 조건은 **부하저항과 내부저항이 같은 것**이다. 부하저항을 줄이면 전류는 증가하지만 부하에 걸리는 전압은 감소하므로, 부하저항을 무조건 작게 한다고 부하전력이 커지지는 않는다. $R_L = r = 0.1\Omega$일 때 전류는 $I = \frac{10}{0.1 + 0.1} = 50\text{A}$이다.

이 전류가 부하저항 0.1 Ω에 흐르므로 최대 부하전력은 $P_{\max} = 50^2 \cdot 0.1 = 250\text{W}$이다. 이는 ②의 250 W와 일치한다.

NoteBase

문 8. $100\sin(3\omega t + \frac{2\pi}{3})$ **[V]인 교류전압의 실효값은 약 몇 [V]인가?**

① 70.7

② 100

③ 141

④ 212

정답 1번

간단한 해설

정현파 전압의 실효값은 **최대값의** $1/\sqrt{2}$**배**이다. 주어진 전압의 최대값은 100 V이므로 실효값은 약 70.7 V이며, 각주파수와 초기위상은 이 값에 영향을 주지 않는다.

계산 과정

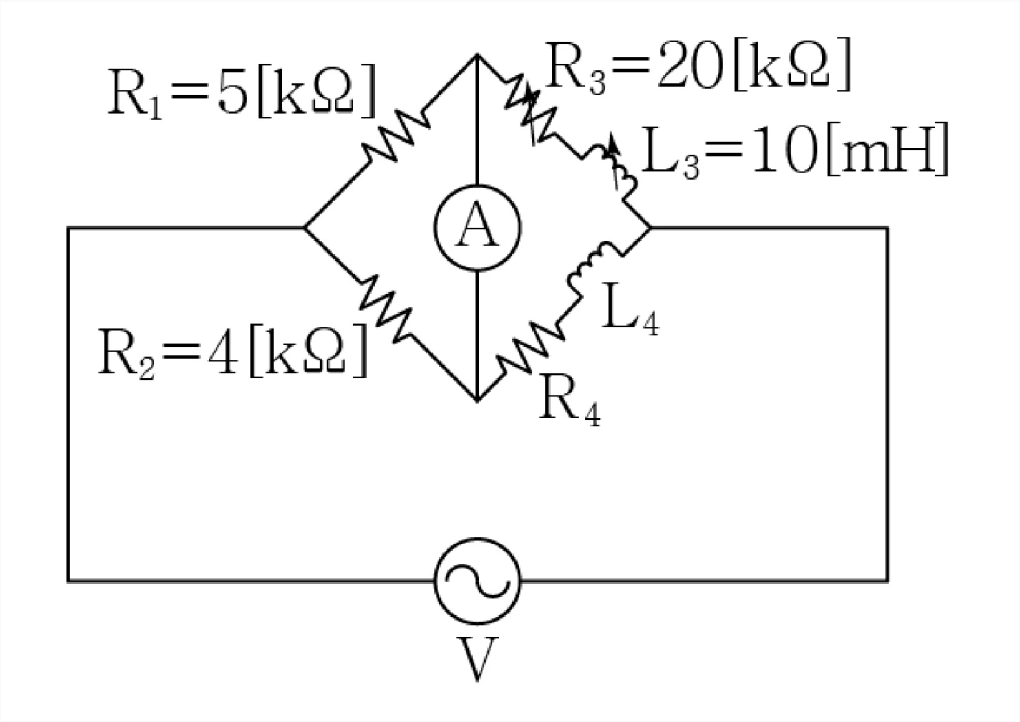
주어진 전압은 $v(t) = 100\sin(3\omega t + \frac{2\pi}{3})$ V인 정현파이다. 사인함수 앞의 계수가 **최대값**이므로 $V_m = 100$ V이다. 3ω는 각주파수이고, $\frac{2\pi}{3}$은 초기위상으로, 최대값을 바꾸는 계수가 아니다.

실효값은 같은 저항에서 같은 시간 동안 동일한 열을 발생시키는 직류전압의 크기이며, 순간전압을 제곱한 값의 한 주기 평균에 제곱근을 취해 구한다. **정현파를 제곱한 값의 한 주기 평균**은 최대값 제곱의 1/2이므로 $V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$이다. 주파수나 초기위상이 달라져도 한 주기 전체의 제곱평균은 달라지지 않는다.

최대값을 대입하면 $V_{\text{rms}} = \frac{100}{\sqrt{2}} \approx 70.7$ V이다. 이는 ①의 70.7 V에 해당한다.

NoteBase

문 9. 다음 그림의 인덕턴스 브리지에서 L_4 [mH] 값은? (단, 전류계 Ⓐ에 흐르는 전류는 0 [A]이다.)



① 2

② 4

③ 8

④ 16

정답 3번

간단한 해설

전류계에 전류가 흐르지 않으면 브리지가 **평형**이므로, 오른쪽 두 인덕턴스의 비는 왼쪽 두 저항의 비와 같다.
따라서 $L_4 = \frac{R_2}{R_1} L_3$이므로 구하는 인덕턴스는 8 mH이다.

NoteBase

계산 과정

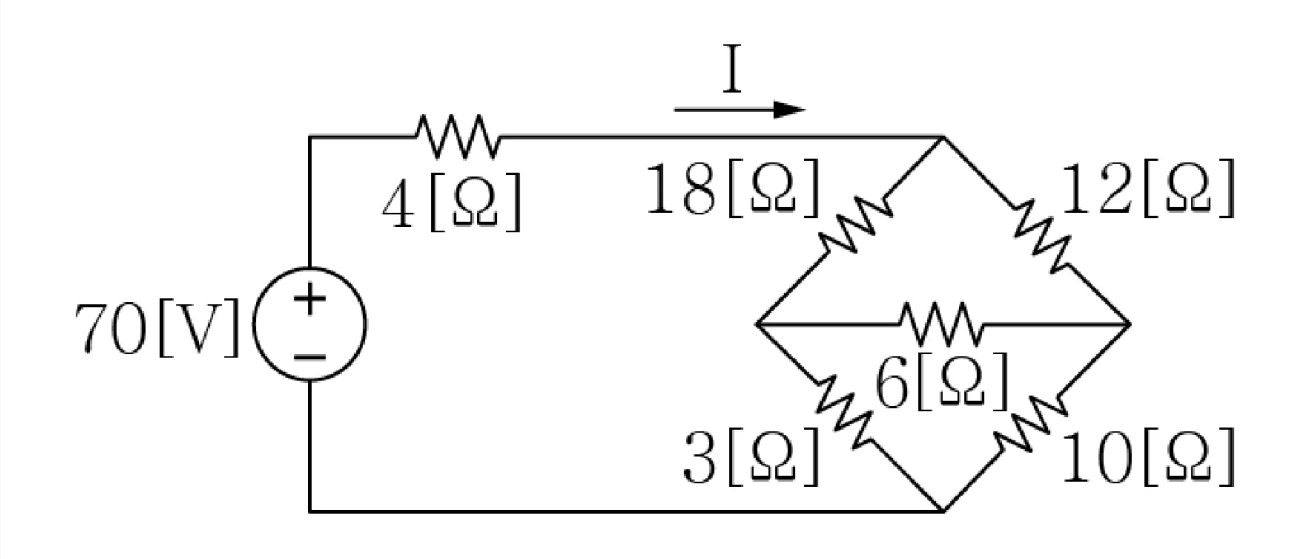
1. 평형 조건: 전류계의 전류가 0 A이므로 위쪽과 아래쪽 접점은 **전위가 같다**. 따라서 왼쪽 위 저항과 왼쪽 아래 저항에 걸리는 전압이 같고, 오른쪽 위 가지와 오른쪽 아래 가지에 걸리는 전압도 같다. 위쪽 경로의 전류를 I_{u}, 아래쪽 경로의 전류를 I_{d}라 하면 $I_{\mathrm{u}}R_1 = I_{\mathrm{d}}R_2$이다.

2. 인덕턴스 관계: 오른쪽 위·아래 가지는 각각 저항과 인덕터가 직렬로 연결되어 있다. 그 임피던스를 $Z_3 = R_3 + j\omega L_3, Z_4 = R_4 + j\omega L_4$라 하자. 여기서 j는 허수 단위, ω는 교류 전원의 각주파수이다. 두 가지의 전압이 같으므로 $I_{\mathrm{u}}Z_3 = I_{\mathrm{d}}Z_4$이다. 앞의 저항 전압 관계와 함께 적용하면 $R_1Z_4 = R_2Z_3$이 된다. 이 식의 **유도성 성분끼리 비교**하면 $R_1\omega L_4 = R_2\omega L_3$이므로 $L_4 = \frac{R_2}{R_1}L_3$이다.

3. 수치 대입: 그림에서 R_1은 5 kΩ, R_2는 4 kΩ, L_3은 10 mH이다. 두 저항은 단위가 같으므로 저항비를 그대로 대입하면 $L_4 = \frac{4}{5}\cdot 10 = 8\mathrm{mH}$이다. 이 값은 ③의 8에 해당한다.

NoteBase

문 10. 다음 회로에서 전류 I[A] 값은?



① 2.5

② 5

③ 7.5

④ 10

정답 2번

간단한 해설

위쪽 삼각형을 **Δ–Y 변환**하면 브리지 부분의 합성저항은 10 Ω이다. 여기에 직렬로 연결된 4 Ω을 더하면 전체 저항은 14 Ω이므로, 70 V 전원이 공급하는 전류는 **5 A**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 회로의 연결 확인: 마름모의 위쪽 꼭짓점을 A, 왼쪽을 B, 오른쪽을 C, 아래쪽을 D라 하자. A–B는 18 Ω, A–C는 12 Ω, B–C는 6 Ω이며, B–D는 3 Ω, C–D는 10 Ω이다. 가운데 6 Ω이 두 가지를 연결하므로, 원래 회로의 18 Ω과 3 Ω 등을 곧바로 직렬로 합칠 수 없다. **A–B–C의 삼각형을 Y형으로 변환**하여 연결을 단순하게 만든다.

2. Δ–Y 변환: 새 중심점을 O라 하면, 각 꼭짓점과 O 사이의 저항은 그 꼭짓점에 접한 두 Δ 저항의 곱을 Δ 저항 세 개의 합으로 나눈 값이다. 분모는 18 + 12 + 6 = 36 Ω이다. 따라서 변환한 저항은 다음과 같다.
$R_{AO} = \frac{18 \cdot 12}{36} = 6\Omega$
$R_{BO} = \frac{18 \cdot 6}{36} = 3\Omega$
$R_{CO} = \frac{12 \cdot 6}{36} = 2\Omega$

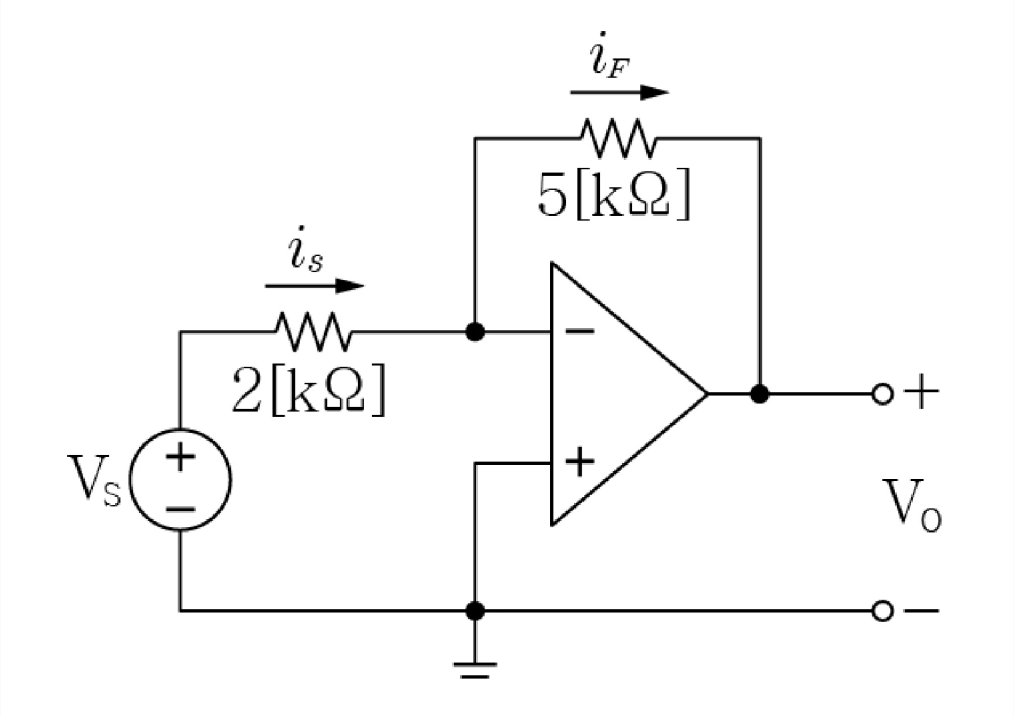
3. 변환 후의 직렬·병렬 합성: O에서 B를 거쳐 D로 가는 경로는 3 + 3 = 6 Ω이고, O에서 C를 거쳐 D로 가는 경로는 2 + 10 = 12 Ω이다. 두 경로는 **양 끝이 O와 D로 같으므로 병렬**이다. 이 부분의 합성저항은 $R_{OD} = \frac{6 \cdot 12}{6 + 12} = 4\Omega$이다.

4. 전체 저항: A–O의 6 Ω은 O–D의 합성저항 4 Ω과 직렬이므로, 브리지 부분의 합성저항은 6 + 4 = 10 Ω이다. 전원 쪽의 4 Ω도 이 부분과 직렬이므로 전체 저항은 4 + 10 = 14 Ω이다.

5. 전류 계산: 그림의 I는 분기 전 도선에 흐르는 **전원 전체 전류**이다. 전체 저항에 전원전압 70 V가 걸리므로 옴의 법칙을 적용하면 $I = \frac{70}{14} = 5\text{A}$이다. 따라서 구한 전류 5 A는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 다음 반전 연산 증폭기회로에서 입력저항 2[kΩ], 피드백 저항 5[kΩ]에 흐르는 전류 i_s, i_F [mA]는? (단, $V_s = 2[V]$)



① $i_s = 1[mA], i_F = 1[mA]$

② $i_s = 1[mA], i_F = 2[mA]$

③ $i_s = 2[mA], i_F = 1[mA]$

④ $i_s = 2[mA], i_F = 2[mA]$

정답 1번

간단한 해설

음의 피드백이 걸린 이상적인 연산 증폭기에서는 반전 입력점이 **가상 접지**가 되어 입력저항에 2 V가 걸린다. 입력단으로 전류가 흐르지 않으므로 입력저항과 피드백 저항의 전류는 모두 1 mA이다.

NoteBase

계산 과정

1. 반전 입력점의 전위: 이 회로는 출력이 5 kΩ 저항을 통해 반전 입력단으로 되돌아가는 음의 피드백 회로이다. 이상적인 연산 증폭기가 선형 동작한다고 보면 두 입력단의 전위가 같아진다. 비반전 입력단이 접지되어 있으므로 반전 입력점도 0 V인 **가상 접지**가 된다. 이는 실제로 접지선에 연결되었다는 뜻은 아니다.

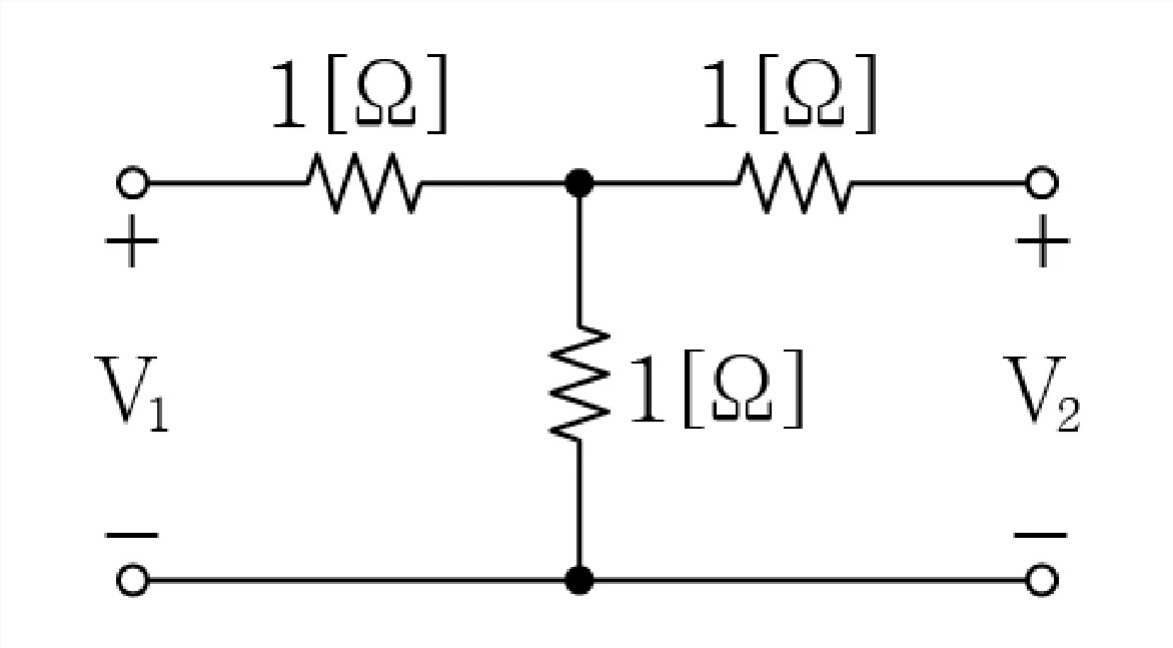
2. 입력저항의 전류: 2 kΩ 저항의 왼쪽 전위는 전원에 의해 2 V이고, 오른쪽 반전 입력점은 0 V이다. 따라서 그림의 오른쪽 화살표를 기준으로 옴의 법칙을 적용하면 $i_s = \frac{2\text{V} - 0\text{V}}{2\text{k}\Omega} = 1\text{mA}$이다. V를 kΩ으로 나누면 전류 단위는 mA가 된다.

3. 피드백 저항의 전류: 이상적인 연산 증폭기는 **입력단으로 전류가 흐르지 않는다**. 따라서 반전 입력점으로 들어온 전류는 모두 5 kΩ 피드백 저항을 통해 출력 쪽으로 흐른다. 키르히호프 전류법칙에 따라 $i_F = i_s = 1\text{mA}$이다. 두 저항의 크기가 달라도 이 접속점에서 전류가 입력단으로 분기되지 않으므로 두 전류는 같다.

따라서 $i_s = 1\text{mA}$, $i_F = 1\text{mA}$이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 다음 4단자 회로망(two port network)의 Y 파라미터 중 $Y_{11}[\Omega^{-1}]$은?



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

정답 2번

간단한 해설

Y_{11}은 **출력 단자를 단락했을 때의 입력 어드미턴스**이다. 이때 입력에서 본 저항은 $\frac{3}{2}\Omega$이므로, 그 역수인 $\frac{2}{3}\Omega^{-1}$이 된다.

NoteBase

계산 과정

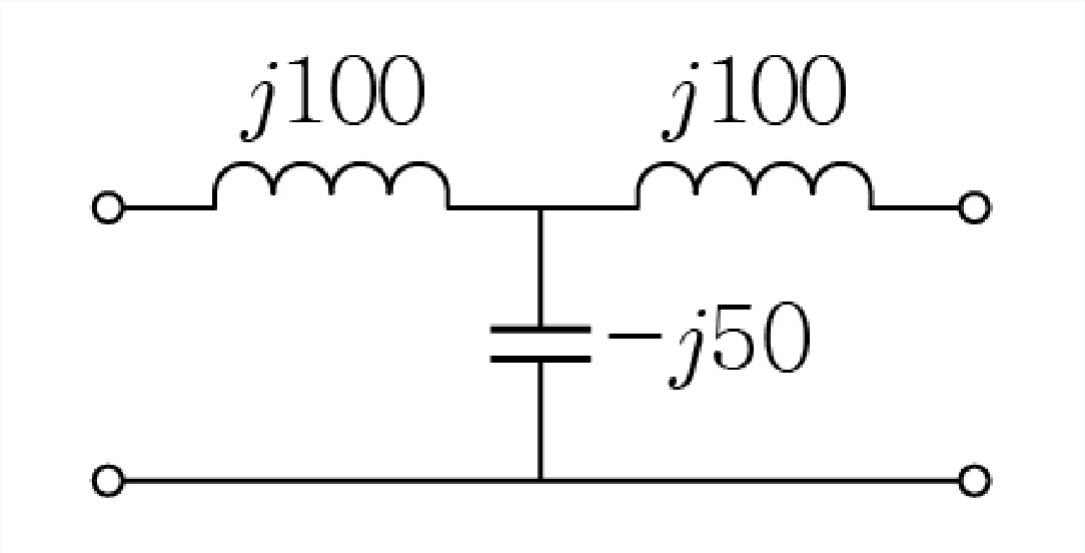
1. 단락 조건 적용: 입력 단자로 들어가는 전류를 I_1이라 하면 Y 파라미터의 관계식은 $I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2$이다. 따라서 Y_{11}은 **출력 전압을 0으로 만든 상태**에서의 전류와 전압의 비 $\frac{I_1}{V_1}$이다. 출력 단자를 단락하면 $V_2 = 0$이 된다.

2. 입력에서 본 합성저항 계산: 출력 단자를 단락하면 오른쪽 1 Ω 저항의 오른쪽 끝이 아래쪽 공통선에 연결된다. 따라서 중앙의 세로 1 Ω 저항과 오른쪽 1 Ω 저항은 **같은 두 노드에 연결된 병렬**이다. 이 병렬 합성저항은 $R_p = \frac{1 \cdot 1}{1+1} = \frac{1}{2}\Omega$이다. 여기에 왼쪽 1 Ω 저항이 직렬로 연결되므로 입력저항은 $R_{\text{in}} = 1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}\Omega$이다.

3. 어드미턴스로 변환: 단락 조건에서 입력 전류는 $I_1 = \frac{V_1}{R_{\text{in}}}$이므로, $Y_{11} = \frac{I_1}{V_1} = \frac{1}{R_{\text{in}}}$이다. 따라서 $Y_{11} = \frac{1}{3/2} = \frac{2}{3}\Omega^{-1}$이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 다음과 같은 T형 회로에서 4단자 정수 중 C값은?



① -2

② -1

③ 0

④ $j\frac{1}{50}$

정답 4번

간단한 해설

4단자 정수 C는 **출력 단자를 개방했을 때 입력 전류를 출력 전압으로 나눈 값**이다. 이때 출력 전압은 중앙 커패시터의 전압과 같으므로 $C = \frac{1}{-j50} = j\frac{1}{50}$S이다.

NoteBase

계산 과정

1. C의 정의: 입력 전류를 I_1, 출력 전압을 V_2, 부하 쪽으로 나가는 출력 전류를 I_2라 하면 4단자 정수의 관계식은 $I_1 = CV_2 + DI_2$이다. 따라서 **출력 단자를 개방**하여 $I_2 = 0$으로 두면 $C = \frac{I_1}{V_2}\Big|_{I_2=0}$으로 구할 수 있다.

2. 개방 상태의 회로: 그림에서 양쪽 직렬 가지의 임피던스는 각각 j100 Ω이고, 중앙 병렬 가지의 임피던스는 −j50 Ω이다. 출력이 개방되면 오른쪽 j100 Ω에는 전류가 흐르지 않아 전압 강하가 없다. 그러므로 **출력 전압은 중앙 커패시터 양단 전압과 같다**. 또한 입력 전류는 모두 중앙 커패시터로 흐르므로 $I_1 = \frac{V_2}{-j50}$이다. 왼쪽 j100 Ω은 입력 전압에는 영향을 주지만, 이 조건에서 입력 전류와 출력 전압의 비에는 영향을 주지 않는다.

3. C 계산: 앞의 전류식을 정의에 대입하면 $C = \frac{1}{-j50}$이다. $j^2 = -1$이므로 분자와 분모에 j를 곱하면 $\frac{1}{-j50} = \frac{j}{50}$이 된다. 따라서 $C = j\frac{1}{50}$S이며, ④의 값과 일치한다. C는 전류를 전압으로 나눈 양이므로 단위는 어드미턴스의 단위인 S이다.

NoteBase

문 14. $F(s) = \frac{2(s+2)}{s(s^2+3s+4)}$**일 때,** $F(s)$**의 역 라플라스 변환 (inverse Laplace transform)된 함수** $f(t)$**의 최종값은?**

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

정답 4번

간단한 해설

최종값 정리를 적용하여 $sF(s)$의 $s \to 0$ 극한을 구하면 된다. 분자와 분모에 0을 대입하면 $\frac{2 \cdot 2}{4} = 1$이므로 함수의 최종값은 1이다.

계산 과정

최종값 정리: 최종값은 시간이 충분히 지난 뒤 함수가 수렴하는 값인 $\lim_{t\to\infty} f(t)$이다. $sF(s)$의 모든 극점이 복소평면의 좌반평면에 있으면 $\lim_{t\to\infty} f(t) = \lim_{s\to 0} sF(s)$로 계산할 수 있으므로, 역 라플라스 변환을 직접 구할 필요가 없다.

적용 조건 확인: 주어진 식에 s를 곱하면 $sF(s) = \frac{2(s+2)}{s^2+3s+4}$이다. 그 극점은 $s^2 + 3s + 4 = 0$의 근인 $s = \frac{-3 \pm j\sqrt{7}}{2}$이며, 여기서 j는 허수 단위이다. 두 극점 모두 **실수부가 음수**이므로 시간에 따른 과도 성분이 감쇠하여 최종값 정리를 적용할 수 있다.

최종값 계산: $s \to 0$일 때 분모는 4로 0이 아니므로, 약분한 식에 0을 대입한다. $\lim_{s\to 0} sF(s) = \frac{2(0+2)}{0^2+3\cdot 0+4} = 1$이다. 따라서 함수의 최종값은 1이며, 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. $F(s)=\frac{2}{s(s+2)}$**의 역 라플라스 변환(inverse Laplace transform)을 바르게 표현한 식은? (단,** $u(t)$**는 단위 계단 함수(unit step function)이다.)**

① $f(t)=(2+e^{-2t})u(t)$

② $f(t)=(2-e^{-2t})u(t)$

③ $f(t)=(1+e^{-2t})u(t)$

④ $f(t)=(1-e^{-2t})u(t)$

정답 4번

간단한 해설

주어진 식을 **부분분수로 분해**하면 $F(s)=\frac{1}{s}-\frac{1}{s+2}$이다. 각 항을 역변환하면 $f(t)=(1-e^{-2t})u(t)$가 된다.

계산 과정

부분분수 설정: 분모가 서로 다른 일차 인수 s와 $s+2$의 곱이므로, 기본 라플라스 변환쌍을 적용할 수 있도록 $\frac{2}{s(s+2)}=\frac{A}{s}+\frac{B}{s+2}$로 나눈다.

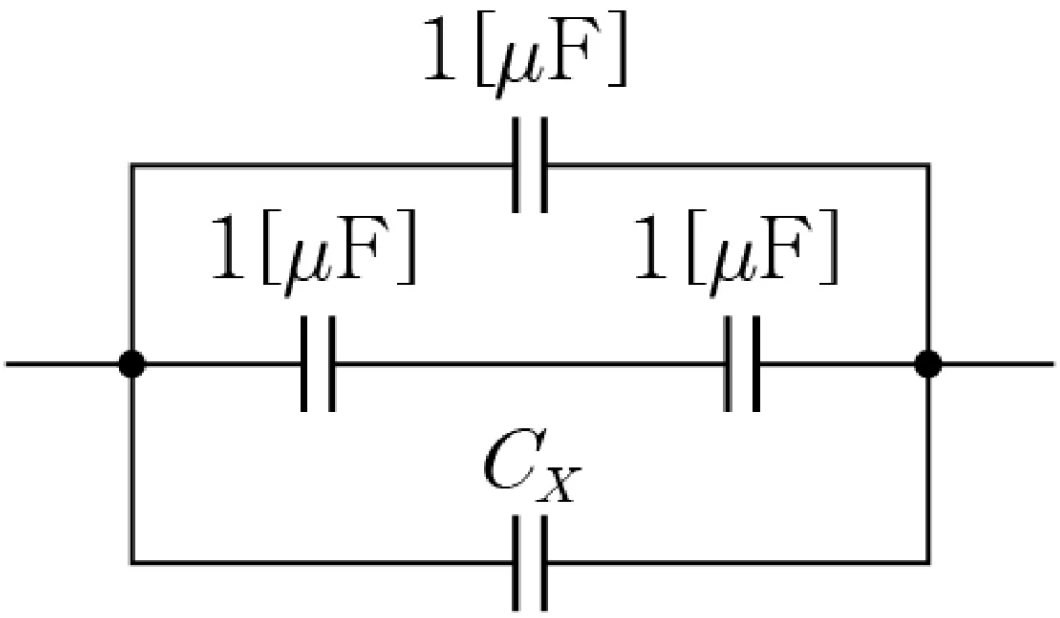
계수 결정: 양변에 $s(s+2)$를 곱하면 $2=A(s+2)+Bs$이다. 여기에 $s=0$을 대입하면 $2=2A$이므로 $A=1$이고, $s=-2$를 대입하면 $2=-2B$이므로 $B=-1$이다. 따라서 $F(s)=\frac{1}{s}-\frac{1}{s+2}$이며, 두 번째 항의 계수는 **−1**이다.

항별 역변환: 단위 계단 함수가 붙은 기본 변환쌍은 $u(t)\leftrightarrow\frac{1}{s}$, $e^{-2t}u(t)\leftrightarrow\frac{1}{s+2}$이다. 역 라플라스 변환의 **선형성**에 따라 두 항을 각각 역변환한 뒤, 원래의 계수와 부호를 그대로 적용한다. 여기서 $u(t)$는 이 신호가 $t<0$에서 0임을 나타낸다.

결과: $f(t)=u(t)-e^{-2t}u(t)=(1-e^{-2t})u(t)$이며, ④의 식과 일치한다.

NoteBase

문 16. 다음과 같이 연결된 커패시터를 1[kV]로 충전하였더니 2[J]의 에너지가 충전되었다면, 커패시터 C_X의 정전용량 [μF]은?



① 1

② 1.5

③ 2

④ 2.5

정답 4번

간단한 해설

저장 에너지와 충전 전압으로 구한 전체 합성 정전용량은 **4 μF**이다. 가운데 직렬 가지의 0.5 μF와 위쪽 가지의 1 μF를 빼면, 아래쪽 커패시터의 정전용량은 2.5 μF이다.

NoteBase

계산 과정

① 회로의 연결과 가운데 가지: 위쪽의 1 μF, 가운데의 직렬 연결 부분, 아래쪽의 C_X는 모두 같은 두 단자에 연결되어 **서로 병렬**이다. 가운데 가지의 1 μF 커패시터 두 개는 직렬이므로 전하량의 크기가 같고, 두 전압의 합이 가지 전압이 된다. 따라서 가운데 가지의 합성 정전용량 C_m은 $C_m = \frac{1 \cdot 1}{1+1} = 0.5\mu$F이다.

② 저장 에너지로 전체 정전용량 구하기: 전체 합성 정전용량을 C_{eq}, 두 단자 사이의 전압을 V, 저장 에너지를 W라 하면 $W = \frac{1}{2} C_{\text{eq}} V^2$이다. 이 식에는 **회로 전체의 합성 정전용량**을 넣는다. V = 1 kV = 1000 V, W = 2 J이므로 $C_{\text{eq}} = \frac{2W}{V^2}$에 대입하면 $C_{\text{eq}} = \frac{2 \cdot 2}{1000^2}$F이다. 이는 $4 \cdot 10^{-6}$F, 즉 4 μF이다.

③ 미지의 정전용량 구하기: 병렬 연결에서는 각 가지에 같은 전압이 걸리고 전체 전하량은 각 가지 전하량의 합이므로, 합성 정전용량은 각 가지 정전용량의 합이다. 정전용량을 모두 μF 단위로 나타내면 $4 = 1 + 0.5 + C_X$이고, $C_X = 4 - 1 - 0.5 = 2.5$이다. 따라서 구하는 정전용량은 2.5 μF이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 자속이 반대 방향이 되도록 직렬 접속한 두 코일의 인덕턴스가 5[mH], 20[mH]이다. 이 두 코일에 10[A]의 전류를 흘려주었을 때, 코일에 저장되는 에너지는 몇 [J]인가? (단, 결합계수 k=0.25)

① 1

② 1.5

③ 2

④ 3

정답 1번

간단한 해설

두 코일의 자속이 반대 방향이므로 **상호 인덕턴스의 두 배를 빼서** 합성 인덕턴스를 구한다. 합성 인덕턴스는 20 mH이고, 전류가 10 A일 때 저장 에너지는 1 J이다.

계산 과정

상호 인덕턴스 M은 두 코일의 자기적 결합 정도를 나타내며, 결합계수 k와 자기 인덕턴스 L_1, L_2로부터 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$로 구한다. 주어진 값을 대입하면 $M = 0.25\sqrt{5 \cdot 20} = 2.5\text{mH}$이다.

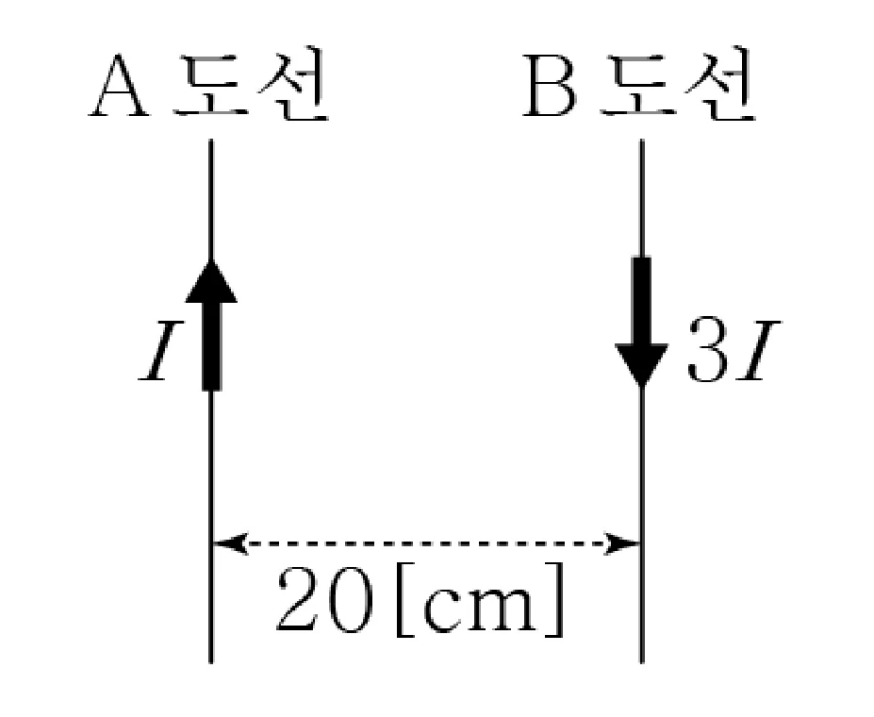
직렬 접속에서는 두 코일에 같은 전류가 흐른다. 자속이 반대 방향으로 작용하는 **차동 접속**이므로 합성 인덕턴스는 $L = L_1 + L_2 - 2M$이다. 따라서 $L = 5 + 20 - 2 \times 2.5 = 20$ mH이며, 에너지 계산에 사용할 단위로 바꾸면 0.020 H이다.

인덕턴스가 일정한 코일에 전류 I가 흐를 때 저장되는 자기 에너지는 $W = \frac{1}{2}LI^2$이다. 여기서 L은 두 코일 전체의 합성 인덕턴스이므로, $W = \frac{1}{2} \cdot 0.020 \cdot 10^2 = 1\text{J}$이다.

두 코일에 저장되는 전체 에너지는 1 J이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림처럼 두 개의 평행하고 무한히 긴 도선에 반대방향의 전류가 흐르고 있다. 자계의 세기가 0[V/m]인 지점은?



① A도선으로부터 왼쪽 10[cm] 지점

② A도선으로부터 오른쪽 5[cm] 지점

③ A도선으로부터 오른쪽 10[cm] 지점

④ B도선으로부터 오른쪽 10[cm] 지점

정답 1번

간단한 해설

반대 방향의 전류가 흐르면 두 도선 사이의 자계는 같은 방향이고, 바깥쪽에서는 서로 반대 방향이다. 자계의 크기는 $H = \frac{I}{2\pi r}$이므로, 전류가 작은 **A도선의 왼쪽 10 cm**에서 두 자계가 상쇄된다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 A도선에는 위쪽으로 I, B도선에는 아래쪽으로 3I의 전류가 흐르며, 두 도선의 간격은 20 cm이다.

상쇄되는 영역: 오른손 엄지손가락을 전류 방향으로 향하게 하면 나머지 손가락이 감기는 방향이 자계의 방향이다. 두 도선 사이에서는 두 자계가 모두 종이면 안쪽을 향하므로 상쇄되지 않는다. 바깥쪽에서는 두 자계의 방향이 반대이다. B도선의 오른쪽에서는 B도선이 전류도 더 크고 거리도 더 가까워 B도선의 자계가 항상 더 크다. 따라서 상쇄점은 **전류가 작은 A도선의 왼쪽**에서 찾는다.

거리와 자계의 관계: 무한히 긴 직선 도선에서 거리 r인 점의 자계 크기는 $H = \frac{I}{2\pi r}$이며, 전류를 A, 거리를 m로 넣으면 단위는 A/m이다. A도선 왼쪽 상쇄점에서 A도선까지의 거리를 x m라 하면, B도선까지의 거리는 $x + 0.20$ m이다. 이 점에서는 두 자계의 방향이 반대이므로 **크기가 같아야** 합성 자계가 0이 된다.

상쇄 조건을 적용하면 $\frac{I}{2\pi x} = \frac{3I}{2\pi(x + 0.20)}$이다. 공통 인자를 소거하여 정리하면 $x + 0.20 = 3x$, $2x = 0.20$ 이므로 $x = 0.10$ m, 즉 10 cm이다. 이때 B도선까지의 거리는 30 cm로 A도선까지 거리의 3배이므로, 전류가 3배인 B도선의 자계와 A도선의 자계가 같은 크기가 된다.

따라서 자계가 0인 곳은 A도선으로부터 왼쪽 10 cm 지점이며, ①에 해당한다.

NoteBase

문 19. 내·외 도체의 반경이 각각 a, b이고 길이 L인 동축케이블의 정전용량[F]은?

① $C = \frac{2\pi\varepsilon L}{\ln(b/a)}$
② $C = \frac{4\pi\varepsilon L}{\ln(b/a)}$
③ $C = \frac{2\pi\varepsilon L}{\ln(a/b)}$
④ $C = \frac{4\pi\varepsilon L}{\ln(a/b)}$

정답 1번

간단한 해설

동축케이블의 정전용량은 $C = \frac{2\pi\varepsilon L}{\ln(b/a)}$이다. 로그에는 **외도체 반경을 내도체 반경으로 나눈 비**가 들어가므로, $b > a$일 때 분모가 양수가 된다.

공통 해설

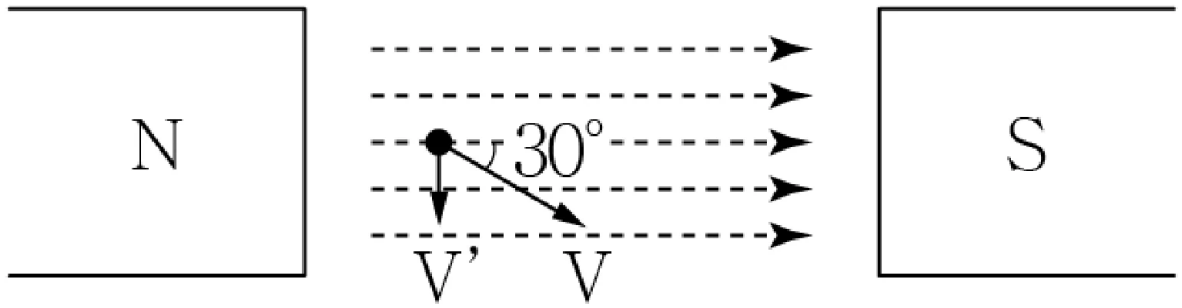
도체 사이가 유전율 ε[F/m]인 균일한 유전체로 채워져 있고 끝부분의 전계 영향을 무시하면, 길이 L[m]인 동축케이블의 정전용량은 $C = \frac{2\pi\varepsilon L}{\ln(b/a)}$[F]이다. 여기서 a는 내도체의 바깥 반경, b는 외도체의 안쪽 반경이며 $b > a$이다.

이 관계는 도체 사이 전계의 **원통 대칭**에서 나온다. 반경 r, 길이 L인 원통형 가우스 면의 옆면 넓이는 $2\pi rL$이므로, 전계는 반경에 반비례한다. 이 전계를 a에서 b까지 적분하여 두 도체 사이의 전위차를 구하면 $\ln(b/a)$가 나타나며, 정전용량 식의 분자에는 $2\pi\varepsilon L$이 들어간다.

따라서 분자의 계수는 4π가 아니라 2π이다. 또한 $\ln(a/b) = -\ln(b/a)$이므로 로그의 비를 뒤집으면 정전용량이 음수가 된다. 이 동축케이블의 정전용량은 **양수**여야 하므로 분모는 $\ln(b/a)$로 쓴다.

NoteBase

문 20. 다음 그림과 같이 자속밀도 1.5[T]인 자계 속에서 자계의 방향과 직각으로 놓여진 도체(길이 50[cm])가 자계와 30° 방향으로 10[m/s]의 속도로 운동한다면 도체에 유도되는 기전력[V]은?



① 3.5

② 3.75

③ 4

④ 4.25

정답 2번

간단한 해설

유도기전력에는 **자계에 수직인 속도 성분**만 기여한다. 자계와 운동 방향 사이의 각도가 30°이므로 $e = Blv\sin 30^\circ$를 적용하면 3.75 V이다.

계산 과정

주어진 자속밀도는 B = 1.5 T, 도체의 길이는 l = 50 cm = 0.5 m, 운동 속력은 v = 10 m/s이다. 도체는 자계와 직각으로 놓여 있으며, 그림의 30°는 자계 방향과 운동 방향 사이의 각도이다.

자계에 평행한 운동 성분은 자속을 가로지르지 않으므로 유도기전력에 기여하지 않는다. 그림의 아래쪽 화살표 V′가 나타내는 **자계에 수직인 속도 성분**은 $v_\perp = v\sin 30^\circ$이며, $v_\perp = 10 \times \frac{1}{2} = 5\text{m/s}$이다.

이 배치에서 도체 양 끝에 생기는 유도기전력의 크기는 $e = Blv_\perp$이다. 따라서 e = 1.5 × 0.5 × 5 = 3.75 V이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase