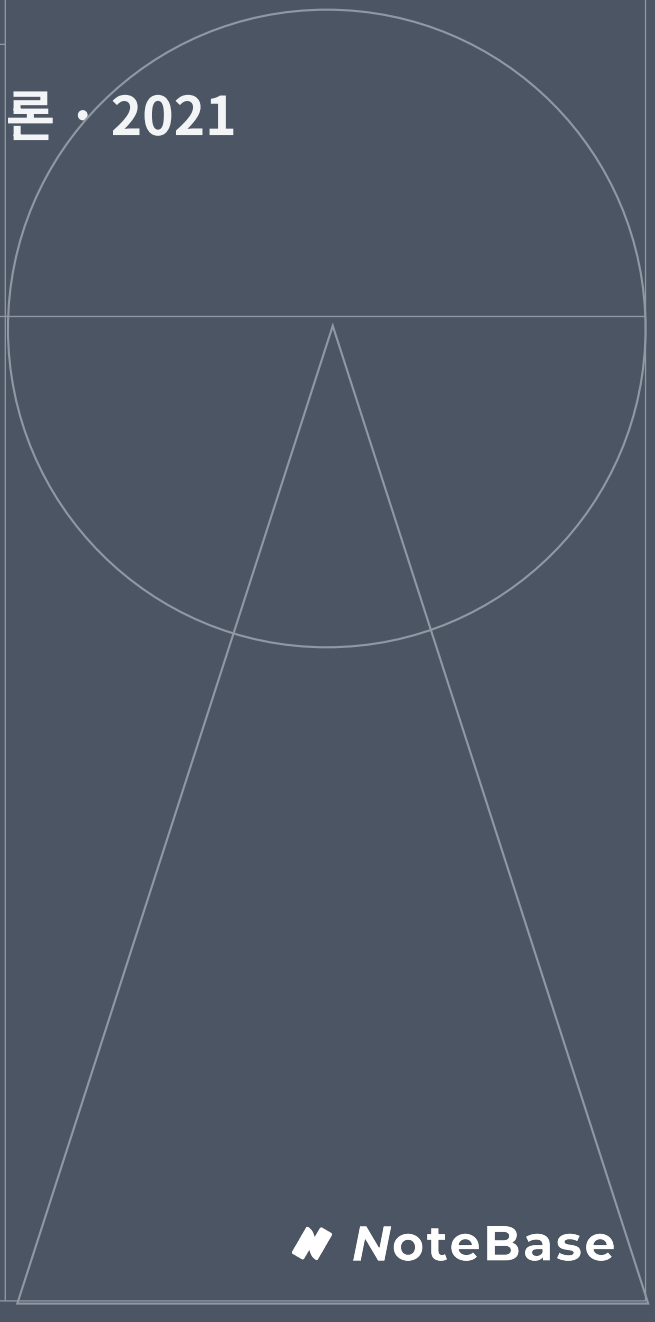
# 기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2021



NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2021

**공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2021**

**문 1. 전기회로 소자에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?**

① 저항소자는 에너지를 순수하게 소비만 하고 저장하지 않는다.

② 이상적인 독립전압원의 경우는 특정한 값의 전류만을 흐르게 한다.

③ 인덕터 소자로 흐르는 전류는 소자 양단에 걸리는 전압의 변화율에 비례하여 흐르게 된다.

④ 저항소자에 흐르는 전류는 전압에 반비례한다.

**정답 1번**

**간단한 해설**

저항소자는 전기에너지를 **열로 소비**하며, 회로에 다시 공급할 에너지로 저장하지 않는다.

**선지별 해설**

① O: 저항소자는 전류가 흐를 때 전기에너지를 **열로 변환하여 소비**한다. 저항값 R이 양수이면 소비 전력은 $p = Ri^2 \geq 0$이며, 이상적인 저항소자는 에너지를 저장하지 않는다.

② X: 이상적인 독립전압원이 정해 주는 것은 **전류가 아니라 양단 전압**이다. 흐르는 전류는 연결된 외부 회로에 따라 달라진다. 특정한 전류를 유지하는 소자는 이상적인 독립전류원이다.

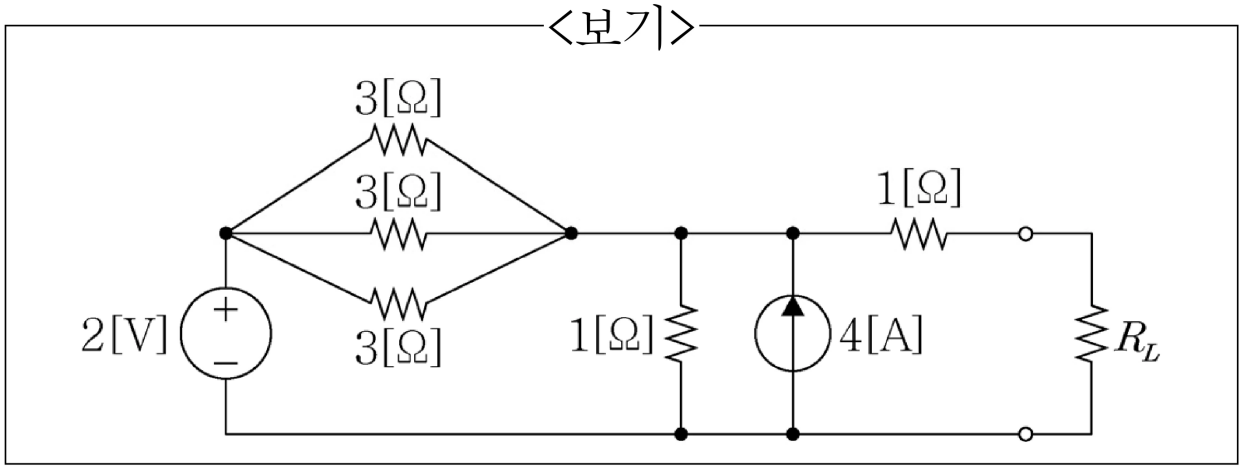
③ X: 인덕턴스 L이 일정한 이상적인 인덕터에서는 전류가 전압의 양의 기준 단자로 들어가는 방향을 기준으로 $v = L\frac{di}{dt}$가 성립한다. 즉, **전압이 전류의 변화율에 비례**한다. 전류가 전압의 변화율에 비례한다는 선지의 설명은 이 관계를 잘못 나타낸 것이다.

④ X: 옴의 법칙에 따라 저항소자의 전압과 전류는 $v = Ri$, 즉 $i = \frac{v}{R}$의 관계이다. 따라서 **저항값이 일정하면 전류는 전압에 정비례**하며, 전압이 일정하면 저항값에 반비례한다.

NoteBase

**문 2. <보기>의 회로에서 $R_L$ 부하에 최대 전력 전달이 되도록 저항값을 정하려 한다. 이때, $R_L$ 부하에서 소비되는 전력의 값[W]은?**

<보기>




① 0.8

② 1.2

③ 1.5

④ 3.0

**정답 3번**

**간단한 해설**

저항 부하에는 **부하저항과 테브난 등가저항이 같을 때** 최대 전력이 전달된다. 부하에서 본 등가전압은 3 V, 등가저항은 1.5 Ω이므로 최대 소비전력은 1.5 W이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 회로의 저항 정리: 왼쪽의 3 Ω 저항 세 개는 양 끝이 각각 같은 두 노드에 연결되어 있으므로 병렬이다. 이들의 합성저항을 $R_p$라 하면 $R_p = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)^{-1} = 1\Omega$이다. 이 저항을 이용해 부하 단자에서 본 테브난 등가전압과 등가저항을 구한다.

2. 테브난 등가전압: $R_L$을 떼어 내어 부하 단자를 개방한다. 이때 **오른쪽 직렬 1 Ω 저항에는 전류가 흐르지 않으므로** 그 저항의 전압강하는 0이다. 아래쪽 공통선을 기준으로 중앙 노드 전압을 $V$라 하면, 2 V 전압원 쪽 노드는 +2 V이고 4 A 전류원은 중앙 노드로 전류를 공급한다. 중앙에서 나가는 전류에 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $\frac{V-2}{1} + \frac{V}{1} = 4$이다. 따라서 $2V = 6$, $V = 3\text{V}$이며, 이것이 부하 개방전압인 $V_{\text{th}} = 3\text{V}$이다.

3. 테브난 등가저항: 부하를 분리한 상태에서 독립 **전압원은 단락하고 전류원은 개방**한다. 중앙 노드에서 아래쪽 공통선으로 이어지는 저항은 앞에서 합성한 1 Ω과 세로 1 Ω의 병렬이므로 $\frac{1 \cdot 1}{1+1} = 0.5\Omega$이다. 부하 단자에서 보면 오른쪽 1 Ω이 여기에 직렬로 연결되므로 $R_{\text{th}} = 1 + 0.5 = 1.5\Omega$이다.

4. 최대 소비전력: 이 직류 저항 회로의 부하전력은 $P_L = \frac{V_{\text{th}}^2 R_L}{(R_{\text{th}} + R_L)^2}$이며, $R_L = R_{\text{th}}$일 때 최대가 된다. 따라서 부하저항을 1.5 Ω으로 정하면 $P_{L,\,\max} = \frac{V_{\text{th}}^2}{4R_{\text{th}}} = \frac{3^2}{4 \cdot 1.5} = 1.5\text{W}$이다. 이는 ③의 1.5 W에 해당한다.

NoteBase

**문 3. 평판형 커패시터가 있다. 평판의 면적을 2배로, 두 평판 사이의 간격을 1/2로 줄였을 때의 정전용량은 원래의 정전용량보다 몇 배가 증가하는가?**

① 0.5배

② 1배

③ 2배

④ 4배

**정답 4번**

**간단한 해설**

평판형 커패시터의 정전용량은 **평판 면적에 비례하고 간격에 반비례**한다. 면적을 2배로 하고 간격을 1/2로 줄이면 두 효과가 곱해져 정전용량은 원래의 4배가 된다.

**계산 과정**

평판형 커패시터에서 평판 면적을 A, 두 평판 사이의 간격을 d, 사이 물질의 유전율을 $\varepsilon$이라 하면 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon A}{d}$이다. 가장자리 효과를 무시하는 평판형 커패시터의 관계식이며, 이 문제에서는 **유전율은 변하지 않는 조건**으로 면적과 간격의 변화만 반영한다.

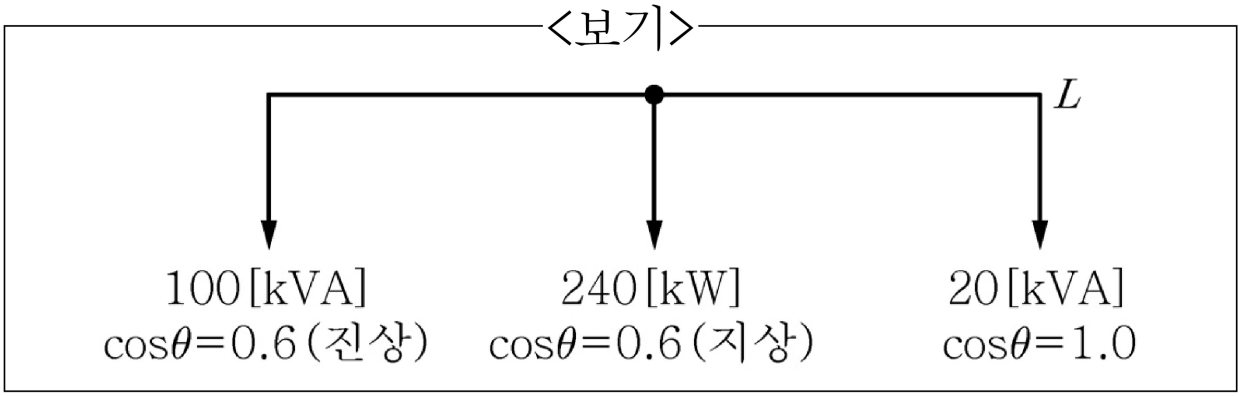
변경 후의 면적은 $A' = 2A$, 간격은 $d' = \frac{d}{2}$이다. 면적이 2배가 되면 정전용량도 2배가 되고, 간격이 절반이 되면 **간격의 역수는 2배**가 되어 정전용량이 다시 2배가 된다.

따라서 변경 후 정전용량은 $C' = \frac{\varepsilon(2A)}{d/2} = 4\frac{\varepsilon A}{d} = 4C$이다. 원래 정전용량에 대한 비는 $\frac{C'}{C} = 4$로, 단위가 없는 배율이다. 이는 ④의 4배에 해당한다.

NoteBase

**문 4. 모선 $L$에 <보기>와 같은 부하들이 병렬로 접속되어 있을 때, 합성 부하의 역률은?**

<보기>




① 0.8(진상, 앞섬)

② 0.8(지상, 뒤짐)

③ 0.6(진상, 앞섬)

④ 0.6(지상, 뒤짐)

**정답 2번**

**간단한 해설**

각 부하의 유효전력과 무효전력을 각각 합하면 320 kW와 240 kvar이고, 합성 피상전력은 400 kVA이다. 역률은 $\frac{320}{400} = 0.8$이며, **지상 무효전력이 남으므로** 전체 전류가 전압보다 뒤진다.

NoteBase

**계산 과정**

병렬 부하의 합성 역률은 **유효전력과 무효전력을 각각 합산**하여 구한다. 유효전력을 P(kW), 무효전력을 Q(kvar), 피상전력을 S(kVA)라 하면 $P = S\cos\theta$, $Q = S\sin\theta$이다. 지상 부하의 Q는 양수, 진상 부하의 Q는 음수로 둔다. 역률이 0.6인 두 부하는 모두 $|\sin\theta| = \sqrt{1 - 0.6^2} = 0.8$이다.

100 kVA 부하: 역률이 0.6이므로 $P_1 = 100 \cdot 0.6 = 60$ kW이다. **진상 부하**이므로 $Q_1 = -100 \cdot 0.8 = -80$ kvar이다.

240 kW 부하: 주어진 240 kW는 **유효전력**이다. 따라서 피상전력은 $S_2 = \frac{240}{0.6} = 400$ kVA이다. 지상 부하이므로 $Q_2 = 400 \cdot 0.8 = 320$ kvar이다.

20 kVA 부하: 역률이 1이므로 유효전력은 20 kW이고, 전압과 전류의 위상차가 없어 무효전력은 0 kvar이다.

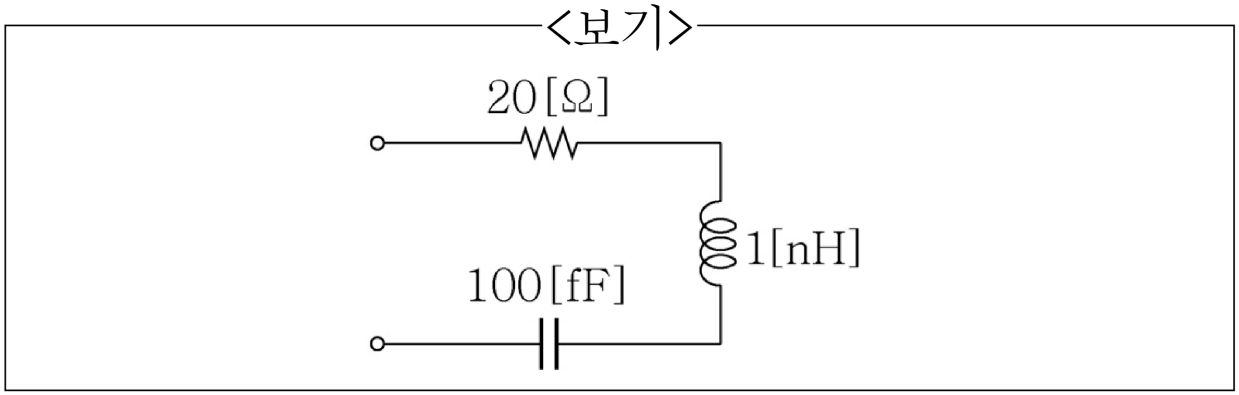
합성 전력: 유효전력은 P = 60 + 240 + 20 = 320 kW이고, 무효전력은 Q = −80 + 320 + 0 = 240 kvar이다. 진상 부하가 지상 무효전력의 일부를 상쇄하지만, **합성 무효전력은 양수**로 남는다. 합성 피상전력은 전력삼각형의 관계 $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$로 구하므로 $S = \sqrt{320^2 + 240^2} = 400$ kVA이다.

합성 역률: $\cos\theta = \frac{P}{S} = \frac{320}{400} = 0.8$이다. Q가 양수이므로 합성 부하는 지상이며, 전체 전류가 전압보다 뒤진다. 따라서 ②의 0.8(지상, 뒤짐)에 해당한다.

NoteBase

**문 5. <보기>의 $R, L, C$ 직렬 공진회로에서 전압 확대율($Q$)의 값은? [단, f(femto) = $10^{-15}$, n(nano)=$10^{-9}$이다.]**

<보기>




① 2

② 5

③ 10

④ 20

**정답 2번**

**간단한 해설**

직렬 공진에서는 회로 임피던스가 저항만 남으므로, **전압 확대율은 공진 시 리액턴스와 저항의 비**이다.

리액턴스의 크기가 100 Ω이므로 전압 확대율은 $Q = \frac{100}{20} = 5$이다.

NoteBase

**계산 과정**

주어진 값과 단위 변환: 그림에서 저항은 R = 20 Ω, 인덕턴스는 $L = 1\text{nH} = 10^{-9}\text{H}$, 정전용량은 $C = 100\text{fF} = 10^{-13}\text{F}$이다.

전압 확대율의 관계: 직렬 공진에서는 코일과 커패시터의 리액턴스 크기가 같고 부호가 반대여서 상쇄되므로, **회로 전체의 임피던스는 저항 R과 같다**. 전원 전압의 크기를 V, 전류의 크기를 I라 하면 V = IR이다. 코일 전압의 크기는 $V_L = IX_L$이므로 전압 확대율은 $Q = \frac{V_L}{V} = \frac{X_L}{R}$이다. 커패시터 전압의 크기도 코일 전압의 크기와 같다.

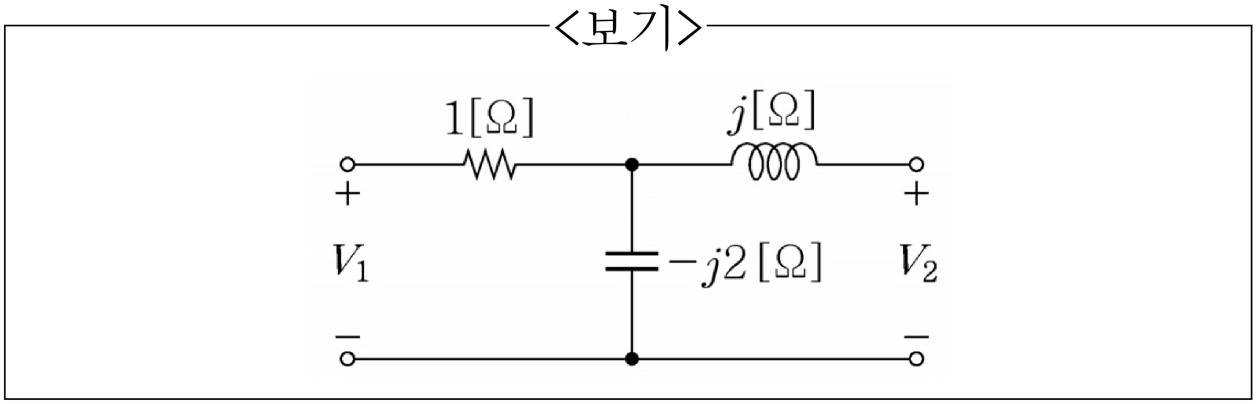
공진 시 리액턴스 계산: 공진 각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이므로, 코일의 리액턴스는 $X_L = \omega_0 L = \sqrt{\frac{L}{C}}$이다. 단위를 H와 F로 맞춘 값을 대입하면 $X_L = \sqrt{\frac{10^{-9}}{10^{-13}}} = 100\Omega$이다. 이 100 Ω은 **공진 시 각 반응성 소자의 리액턴스 크기**이며, 회로 전체의 임피던스가 아니다.

전압 확대율 계산: $Q = \frac{X_L}{R} = \frac{100}{20} = 5$이다. 따라서 코일과 커패시터 각각에 걸리는 전압의 크기는 전원 전압의 5배이고, 전압 확대율은 단위가 없는 값 5로 ②에 해당한다.

NoteBase

**문 6. <보기> 4단자 회로망(two port network)의 $Z$ 파라미터 중 $Z_{22}$의 값[Ω]은?**

<보기>




① $j$

② $j2$

③ $-j$

④ $-j2$

**정답 3번**

**간단한 해설**

$Z_{22}$는 **1번 포트를 개방**한 상태에서 2번 포트로 본 임피던스이다. 이때 1 Ω 저항에는 전류가 흐르지 않고, 코일과 커패시터의 임피던스가 직렬로 더해져 $Z_{22} = -j\Omega$가 된다.

**계산 과정**

개방 조건: 각 포트로 들어가는 전류를 $I_1$, $I_2$라 하면 Z 파라미터의 관계식은 $V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$이다. 따라서 $Z_{22} = \frac{V_2}{I_2}\Big|_{I_1=0}$이며, **1번 포트를 개방하여 전류를 0으로 둔 상태**에서 구한다.

전류 경로: 그림에서 1번 포트를 개방하면 왼쪽 1 Ω 저항 가지에는 전류가 흐르지 않는다. 2번 포트의 위쪽 단자로 들어온 전류는 오른쪽 코일을 지나 중앙 커패시터를 거쳐 아래쪽 공통선으로 돌아간다. 두 소자에 **같은 전류가 흐르므로 직렬 임피던스로 합산**한다.

임피던스 계산: 코일의 임피던스는 $j\Omega$, 커패시터의 임피던스는 $-2j\Omega$이다. 따라서 $Z_{22} = j + (-2j) = -j\Omega$이다. 허수부가 음수인 것은 합성 임피던스가 용량성임을 뜻하며, 계산값은 ③의 $-j$와 일치한다.

NoteBase

**문 7. 1 [μF]의 용량을 갖는 커패시터에 1 [V]의 직류 전압이 걸려 있을 때, 커패시터에 저장된 에너지의 값 [μJ]은?**

① 0.5

② 1

③ 2

④ 5

**정답 1번**

**간단한 해설**

커패시터의 저장 에너지는 $W = \frac{1}{2}CV^2$로, **전압의 제곱에 비례**한다. 용량 1 μF와 전압 1 V를 대입하면 저장 에너지는 0.5 μJ이다.

**계산 과정**

용량을 C, 양단 전압을 V, 저장 에너지를 W라 하면, 주어진 값은 C = 1 μF, V = 1 V이다. SI 단위로 바꾸면 $C = 10^{-6}$F이다.

용량이 일정한 커패시터는 전하량과 전압이 $Q = CV$의 관계를 갖는다. 충전하면서 전압이 0에서 V까지 전하량에 비례해 증가하므로, 저장 에너지는 **최종 전압과 전하량을 곱한 값의 절반**이다. 따라서 $W = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2$를 적용한다.

주어진 값을 대입하면 $W = \frac{1}{2} \cdot 10^{-6} \cdot 1^2$J이므로, $W = 0.5 \cdot 10^{-6}$J이다. 이는 커패시터에 전기장의 형태로 저장된 에너지이다.

$1\mu J = 10^{-6}$J이므로 저장 에너지는 0.5 μJ이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 8. 반지름 $a$ [m]인 구 내부에만 전하 $+Q$ [C]가 균일하게 분포하고 있을 때, 구 내·외부의 전계(electric field)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은? [단, 구 내·외부의 유전율(permittivity)은 동일하다.]**

① 구 중심으로부터 $r = a/4$ [m] 떨어진 지점에서의 전계의 크기와 $r = 2a$ [m] 떨어진 지점에서의 전계의 크기는 같다.

② 구 외부의 전계의 크기는 구 중심으로부터의 거리의 제곱에 반비례한다.

③ 전계의 크기로 표현되는 함수는 $r = a$ [m]에서 연속이다.

④ 구 내부의 전계의 크기는 구 중심으로부터의 거리에 반비례한다.

**정답 4번**

**간단한 해설**

구 내부에서는 전하가 균일하게 분포하므로 전계의 크기는 중심으로부터의 거리에 **반비례하지 않고 비례한다**. 반지름이 커질 때 포함되는 전하는 부피에 비례하여 늘어나므로, 전계는 $E(r) = \frac{Qr}{4\pi\varepsilon a^3}$이 된다.

**선지별 해설**

구 중심으로부터의 거리를 $r$, 구 내·외부의 동일한 유전율을 $\varepsilon$이라 하자. 전하 분포가 구대칭이므로 중심이 같은 구면에서 전계의 크기는 일정하고 방향은 바깥쪽이다. 가우스 법칙에 따라 $4\pi r^2 E(r) = \frac{Q_{\text{enc}}}{\varepsilon}$이며, $Q_{\text{enc}}$는 그 구면 안에 포함된 전하량이다.

① O: 내부의 $r < a$에서는 포함된 전하량이 부피의 비에 따라 $Q_{\text{enc}} = Q(\frac{r}{a})^3$이므로 $E(r) = \frac{Qr}{4\pi\varepsilon a^3}$이다. 외부의 $r > a$에서는 전하 $Q$가 모두 포함되어 $E(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}$이다. 두 위치에 각각 대입하면 $E(a/4) = \frac{Q}{16\pi\varepsilon a^2}$, $E(2a) = \frac{Q}{16\pi\varepsilon a^2}$로 **전계의 크기가 같다**.

② O: 구 외부에서는 가우스 구면의 반지름을 늘려도 **포함되는 전하량은 Q로 일정하다**. 따라서 $E(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}$이며, 전계의 크기는 중심으로부터의 거리의 제곱에 반비례한다.

③ O: 내부 전계식과 외부 전계식에 각각 $r = a$를 대입하면 모두 $\frac{Q}{4\pi\varepsilon a^2}$가 된다. 구 내·외부의 유전율이 같으므로 경계에서 **양쪽 전계의 극한값과 경계의 전계값이 일치**하여 전계의 크기를 나타내는 함수는 연속이다.

④ X: 구 내부의 전계는 $E(r) = \frac{Qr}{4\pi\varepsilon a^3}$이므로 중심으로부터의 거리에 **반비례가 아니라 비례**한다. 내부에서 포함되는 전하량은 거리의 세제곱에 비례하고 가우스 구면의 넓이는 거리의 제곱에 비례하므로, 전계는 거리에 비례하여 증가한다. 중심에서는 전계가 0이다.

NoteBase

**문 9. 길이 1[m]의 철심 ($\mu_s = 1000$) 자기회로에 1[mm]의 공극이 생겼다면 전체의 자기 저항은 약 몇 배가 되는가? (단, 각 부분의 단면적은 일정하다.)**

① 1/2배

② 2배

③ 4배

④ 10배

**정답 2번**

**간단한 해설**

공극의 투자율은 철심의 약 1/1000이므로, 길이가 철심의 1/1000인 1 mm 공극도 **기존 철심과 거의 같은 자기 저항**을 갖는다. 두 부분의 자기 저항을 더하면 전체는 공극이 생기기 전의 약 2배가 된다.

**계산 과정**

자기 저항은 자속의 흐름을 방해하는 정도로, 길이 $l$, 투자율 $\mu$, 단면적 $A$에 대해 $R_m = \frac{l}{\mu A}$이다. 철심의 비투자율이 $\mu_s = 1000$이므로 철심의 투자율은 $1000\mu_0$이고, 공극의 투자율은 공기의 투자율을 진공 투자율 $\mu_0$와 같다고 보아 계산한다. 단면적은 두 부분에서 같은 $A$로 두고 공극 가장자리에서 자속이 퍼지는 효과는 무시한다.

공극이 생기기 전: 철심의 길이가 1 m이므로 기존 자기 저항은 $R_{m0} = \frac{1}{1000\mu_0 A}$이다.

공극의 자기 저항: 1 mm = 0.001 m이므로 $R_g = \frac{0.001}{\mu_0 A}$이다. 기존 철심과 비교하면 $\frac{R_g}{R_{m0}} = 1000 \cdot 0.001 = 1$이다. 즉, 공극은 매우 짧지만 투자율이 작아 **기존 철심 전체에 해당하는 자기 저항**을 더한다.

전체 자기 저항: 철심과 공극은 같은 자속이 차례로 지나는 **직렬 자기회로**이므로 두 자기 저항을 더한다. 공극 1 mm는 철심 1 m에 비해 매우 짧아 철심 길이의 변화는 무시할 수 있으므로 R_전체≈ R_m0+R_g이다. 따라서 R_전체R_m0≈ 1+1=2로, 전체 자기 저항은 공극이 생기기 전의 약 2배이며 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 10. 진공 중에 직각좌표계로 표현된 전압함수가 $V = 4xyz^2$ [V]일 때, 공간상에 존재하는 체적전하밀도 [C/m$^3$]는?**

① $\rho = -2\varepsilon_0 xy$

② $\rho = -4\varepsilon_0 xy$

③ $\rho = -8\varepsilon_0 xy$

④ $\rho = -10\varepsilon_0 xy$

**정답 3번**

**간단한 해설**

체적전하밀도는 전압함수에 **푸아송 방정식** $\rho = -\varepsilon_0 \nabla^2 V$를 적용해 구한다. 각 좌표에 대한 2차 편미분의 합이 $8xy$이므로, $\rho = -8\varepsilon_0 xy$ [C/m$^3$]이다.

**계산 과정**

진공의 유전율을 $\varepsilon_0$, 체적전하밀도를 $\rho$라 하자. 전계와 전압의 관계 $\mathbf{E} = -\nabla V$를 가우스 법칙 $\nabla \cdot \mathbf{E} = \rho/\varepsilon_0$에 대입하면 **푸아송 방정식** $\rho = -\varepsilon_0 \nabla^2 V$를 얻는다. 여기서 $\nabla^2 V$는 직각좌표계에서 전압을 각 좌표로 두 번씩 편미분한 값들의 합이다.

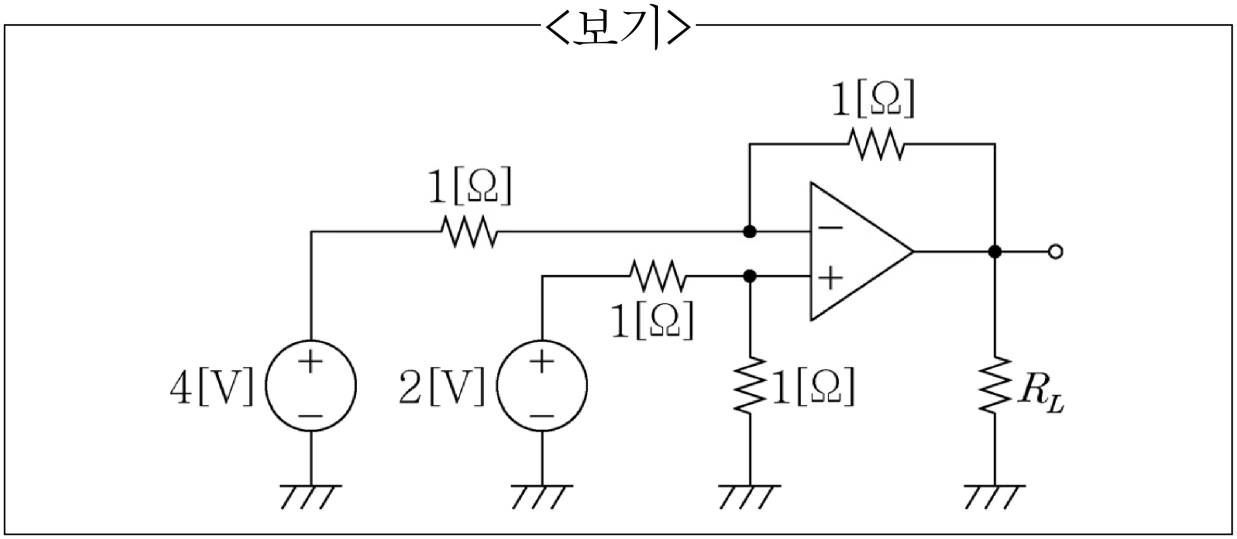
주어진 전압함수는 $V = 4xyz^2$이다. 한 좌표로 편미분할 때는 **나머지 좌표를 상수로 취급**한다. 전압은 x와 y에 각각 일차식이므로 $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = 0$, $\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0$이다. z에 대해서는 $\frac{\partial V}{\partial z} = 8xyz$, $\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 8xy$이므로, 2차 편미분의 합은 $\nabla^2 V = 8xy$이다.

이를 푸아송 방정식에 대입하면 $\rho = -\varepsilon_0(8xy) = -8\varepsilon_0 xy$ [C/m$^3$]이다. 이는 ③의 식과 일치한다.

NoteBase

**문 11. <보기>와 같이 이상적인 연산증폭기를 이용한 회로가 주어졌을 때, $R_L$에 걸리는 전압의 값[V]은?**

<보기>




① −2.0

② −1.5

③ 2.5

④ 3.0

**정답 1번**

**간단한 해설**

비반전 입력 전압은 두 1 Ω 저항의 분압으로 1 V가 되며, 음귀환에 의해 반전 입력도 1 V가 된다. 4 V 전원에서 흘러온 전류가 피드백 저항에 3 V의 전압 강하를 만들므로, 부하 전압은 **−2.0 V**이다.

NoteBase

**계산 과정**

입력 단자 전압을 각각 $V_+$, $V_-$, 접지 기준 출력 전압을 $V_o$라 두자. 출력이 1 Ω 저항을 거쳐 반전 입력으로 되돌아오는 음귀환 회로이다. 이상적인 연산증폭기가 선형 동작할 때 **두 입력 단자의 전압은 같고 입력 전류는 0**이므로, $V_- = V_+$를 적용한다.

비반전 입력 전압: 2 V 전원과 접지 사이에 1 Ω 저항 두 개가 연결되어 있다. 비반전 입력으로 전류가 흐르지 않으므로 두 저항에 같은 전류가 흐르고, 전압은 저항비에 따라 나뉜다. 따라서 $V_+ = 2 \cdot \frac{1}{1+1} = 1\text{V}$이며, 반전 입력 전압도 1 V이다.

피드백 저항의 전류: 4 V 전원에서 반전 입력 쪽으로 흐르는 전류는 $I = \frac{4-1}{1} = 3\text{A}$이다. 반전 입력으로는 전류가 들어가지 않으므로 **이 전류가 모두 피드백 저항으로 흐른다**. 따라서 반전 입력에서 출력 쪽으로 $3 \times 1 = 3$ V의 전압 강하가 생긴다.

부하 전압: 출력은 반전 입력보다 3 V 낮으므로 $V_o = 1 - 3 \cdot 1 = -2.0\text{V}$이다. $R_L$의 아래쪽 단자가 접지되어 있으므로 위쪽 단자의 접지 기준 전압이 곧 부하 전압이다. 따라서 부하 전압은 −2.0 V이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 12. 60[Hz]의 교류 발전기 회전자가 균일한 자속밀도 (magnetic flux density) 내에서 회전하고 있다. 회전자 코일의 면적이 100[$cm^2$], 감은 수가 100[회]일 때, 유도 기전력(induced electromotive force)의 최댓값이 377[V]가 되기 위한 자속밀도의 값[T]은? (단, 각속도는 377[rad/s]로 가정한다.)**

① 100

② 1

③ 0.01

④ $10^{-4}$

**정답 2번**

**간단한 해설**

회전 코일의 **유도 기전력 최댓값**은 $E_{max} = NBA\omega$이다. 코일 면적을 $0.01\text{m}^2$로 환산하여 대입하면 자속밀도는 1 T이다.

**계산 과정**

코일의 감은 수는 N = 100회, 각속도는 $\omega = 377\text{rad/s}$, 유도 기전력의 최댓값은 $E_{max} = 377\text{V}$이다. 자속밀도 B를 T 단위로 구하려면 코일 면적을 **제곱미터 단위로 환산**해야 한다. $1\text{cm}^2 = 10^{-4}\text{m}^2$이므로 $A = 100 \times 10^{-4} = 0.01\text{m}^2$이다.

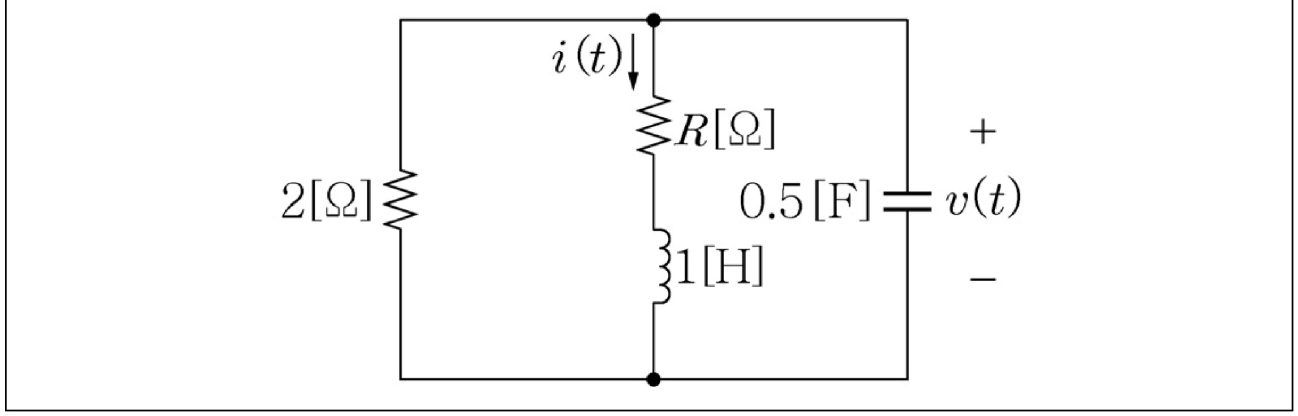
균일한 자기장 속에서 코일이 일정한 각속도로 회전하면 코일을 지나는 자속이 주기적으로 변한다. 코일 면의 법선과 자기장 사이의 각을 $\omega t$로 두면 한 회당 자속은 $\Phi = BA\cos(\omega t)$이다. 패러데이 법칙에 따라 유도 기전력은 쇄교자속의 시간 변화율로 결정되므로 $e = NBA\omega\sin(\omega t)$가 된다. 따라서 **최댓값**에 적용할 식은 $E_{max} = NBA\omega$이다.

자속밀도에 대해 정리하여 주어진 값을 대입하면 $B = \frac{E_{max}}{NA\omega}$이고, $B = \frac{377}{100 \times 0.01 \times 377} = 1\text{T}$이다. 따라서 필요한 자속밀도는 1 T이며, ②의 1에 해당한다.

NoteBase

**문 13. <보기>와 같은 회로에서 전류 $i(t)$에 관한 특성 방정식 (characteristic equation)이 $s^2 + 5s + 6 = 0$이라고 할 때, 저항 $R$의 값 [Ω]은? (단, $i(0) = I_0$ [A], $v(0) = V_0$ [V]이다.)**

<보기>




① 1

② 2

③ 3

④ 4

**정답 4번**

**간단한 해설**

회로의 전압·전류 관계를 정리하면 특성방정식은 $s^2 + (R + 1)s + (R + 2) = 0$이다. 주어진 식과 **같은 차수의 계수를 비교**하면 $R + 1 = 5$, $R + 2 = 6$이므로 저항은 4 Ω이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 회로의 연결과 변수: 2 Ω 저항, 저항 R과 1 H 코일의 직렬 가지, 0.5 F 커패시터가 **같은 두 노드 사이에 병렬로 연결**되어 있다. 따라서 각 가지의 위쪽에서 아래쪽으로 잰 전압은 모두 $v(t)$이다. 가운데 가지의 아래 방향 전류가 $i(t)$이며, 이하에서 v와 i는 시간함수를, 프라임은 시간에 대한 미분을 나타낸다.

2. 전압·전류 관계: 가운데 가지에 옴의 법칙과 코일의 전압 관계를 적용하면 $v = Ri + Li'$이다. L = 1 H이므로 $v = Ri + i'$이다. 위쪽 노드에서 아래 방향을 각 가지 전류의 양의 방향으로 잡으면, 외부 전원이 없으므로 전류의 합은 0이다. 2 Ω 저항 전류는 $\frac{v}{2}$, 커패시터 전류는 Cv'=12v'이므로 (v)/(2)+i+12v'=0이다.

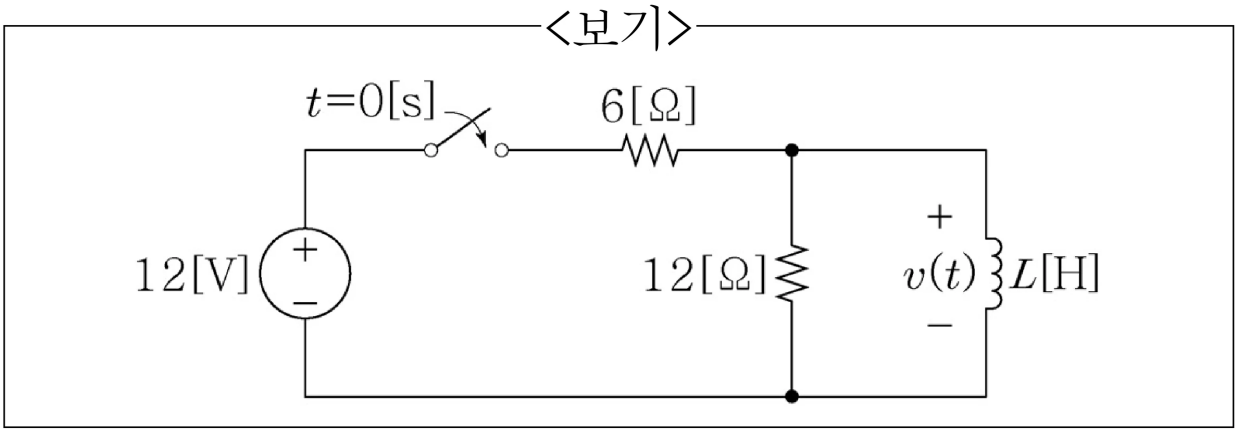
3. 특성방정식 도출: $v = Ri + i'$를 미분하면 $v' = Ri' + i''$이다. 이 두 관계를 노드 전류식에 대입하고 양변에 2를 곱하여 정리하면 $i'' + (R + 1)i' + (R + 2)i = 0$을 얻는다. 특성방정식은 이 동차 미분방정식에 지수형 해 $i(t) = Ke^{st}$를 대입하여 얻는 s에 관한 방정식이므로, $s^2 + (R + 1)s + (R + 2) = 0$이다.

4. 계수 비교와 저항값: 주어진 $s^2 + 5s + 6 = 0$과 비교하면 s의 계수에서 $R + 1 = 5$, 상수항에서 $R + 2 = 6$이 성립한다. 두 조건 모두 R = 4 Ω을 주므로 ④의 값과 일치한다. 주어진 $i(0) = I_0$, $v(0) = V_0$는 저장된 에너지에 따른 초기상태를 정하며, **회로 소자값으로 결정되는 특성방정식의 계수는 바꾸지 않는다**.

NoteBase

**문 14. <보기>와 같은 회로에서 스위치가 충분히 오랜 시간 동안 열려 있다가 $t = 0$ [s]에 닫혔다. $t > 0$ [s]일 때 $v(t) = 8e^{-2t}$ [V]라고 한다면, 코일 $L$의 값 [H]은?**

<보기>




① 2

② 4

③ 6

④ 8

**정답 1번**

**간단한 해설**

스위치를 닫은 뒤 코일에서 본 등가저항은 6 Ω과 12 Ω의 병렬값인 4 Ω이다. RL 회로의 **시정수**는 $\tau = L/R_{eq}$이고, $e^{-2t}$에서 시정수가 0.5 s이므로 코일의 인덕턴스는 2 H이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 초기·최종 상태: 스위치가 충분히 오래 열려 있었으므로 코일에 저장된 에너지가 소모되어 초기 전류는 0 A이다. 코일 전류는 순간적으로 변하지 않으므로 스위치를 닫은 직후에도 0 A이며, 이때 전압은 저항의 전압 분배로 $v(0^+) = 12 \cdot \frac{12}{6+12} = 8\text{V}$이다. 시간이 충분히 지나면 직류 정상상태의 이상적인 코일은 단락과 같아져 코일 전압은 0 V가 된다. 따라서 코일 전압은 초기값 8 V에서 0 V로 지수적으로 감소한다.

2. 등가저항: RL 회로의 감쇠 속도를 정하는 저항은 **스위치를 닫은 상태에서 코일 단자 쪽으로 바라본 저항**이다. 독립 전압원인 12 V 전원을 단락시키면 6 Ω과 12 Ω이 같은 두 노드 사이에 연결되므로 병렬이다. 따라서 $R_{\text{eq}} = \frac{6 \cdot 12}{6+12} = 4\Omega$이다.

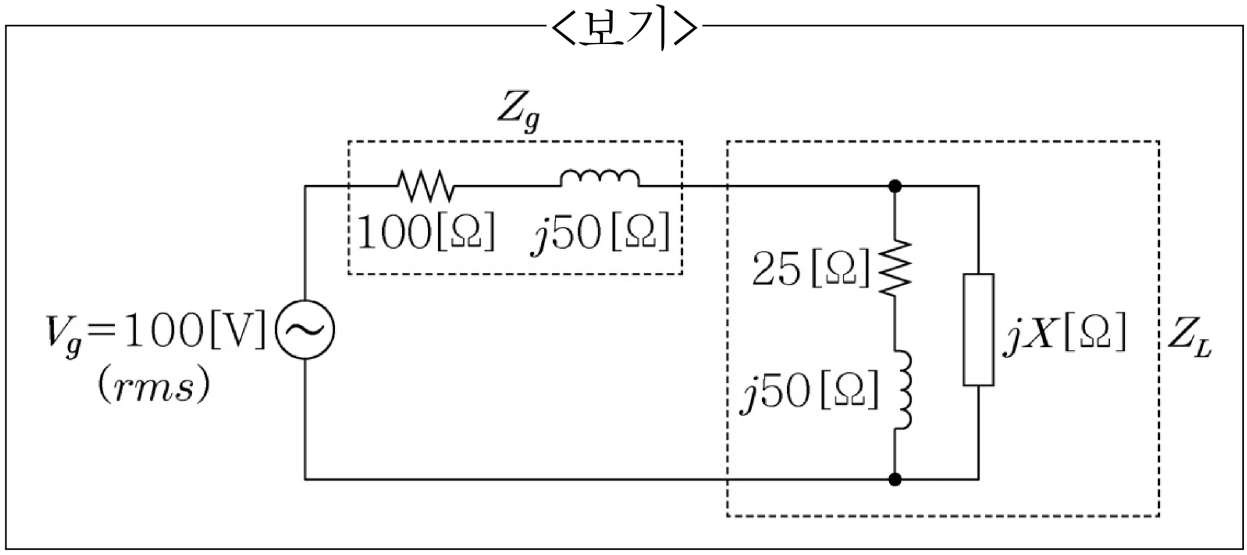
3. 시정수: 하나의 코일과 저항으로 이루어진 회로에서 전압의 과도 성분은 $e^{-t/\tau}$에 비례하며, $\tau = L/R_{\text{eq}}$이다. 주어진 $v(t) = 8e^{-2t}$ V의 지수와 비교하면 $\frac{1}{\tau} = 2\text{s}^{-1}$, 즉 $\tau = \frac{1}{2}\text{s}$이다. 이는 전압이 초기값의 $e^{-1}$배로 줄어드는 데 걸리는 시간이다.

4. 인덕턴스: $L = R_{\text{eq}}\tau = 4 \cdot \frac{1}{2} = 2\text{H}$이다. 따라서 코일의 값은 2 H로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 15. <보기>와 같은 회로에서 $Z_L$에 최대 전력이 전달되기 위한 X의 값[Ω]과 $Z_L$에 전달되는 최대 전력[W]을 순서대로 나열한 것은?**

<보기>




① 50, 25

② 50, 50

③ −50, 25

④ −50, 50

**정답 3번**

**간단한 해설**

교류 회로의 최대 전력 전달 조건은 전원과 부하 임피던스가 **서로 켤레복소수**가 되는 것이다. 병렬 부하 전체가 $100 - j50\Omega$이 되도록 하면 X = −50 Ω이고, 이때 부하에 전달되는 최대 전력은 25 W이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 최대 전력 전달 조건: 전원 임피던스는 $Z_g = 100 + j50\Omega$이다. 부하의 유효전력이 최대가 되려면 **저항 성분은 같고 리액턴스 성분은 부호가 반대**여야 하므로, 목표 부하 임피던스는 $Z_L = Z_g^* = 100 - j50\Omega$이다. 이 조건에서 전원과 부하의 리액턴스가 상쇄된다.

2. X 계산: 그림의 부하는 $25 + j50\Omega$인 가지와 $jX\Omega$인 가지의 병렬 연결이다. 병렬 회로에서는 **임피던스의 역수인 어드미턴스를 더한다**.
$\frac{1}{Z_L} = \frac{1}{25+j50} + \frac{1}{jX}$
첫 번째 가지의 어드미턴스는 $\frac{1}{25+j50} = \frac{1}{125} - j\frac{2}{125}$이고, 목표 부하의 어드미턴스는 $\frac{1}{100-j50} = \frac{1}{125} + j\frac{1}{250}$이다. 두 식의 실수부는 이미 같으므로 허수부를 맞추면 된다. $\frac{1}{jX} = -j\frac{1}{X}$이므로 $-\frac{2}{125} - \frac{1}{X} = \frac{1}{250}$이다. 이를 풀면 $\frac{1}{X} = -\frac{1}{50}$, 즉 X = −50 Ω이다. 음의 리액턴스이므로 해당 가지는 용량성이다.

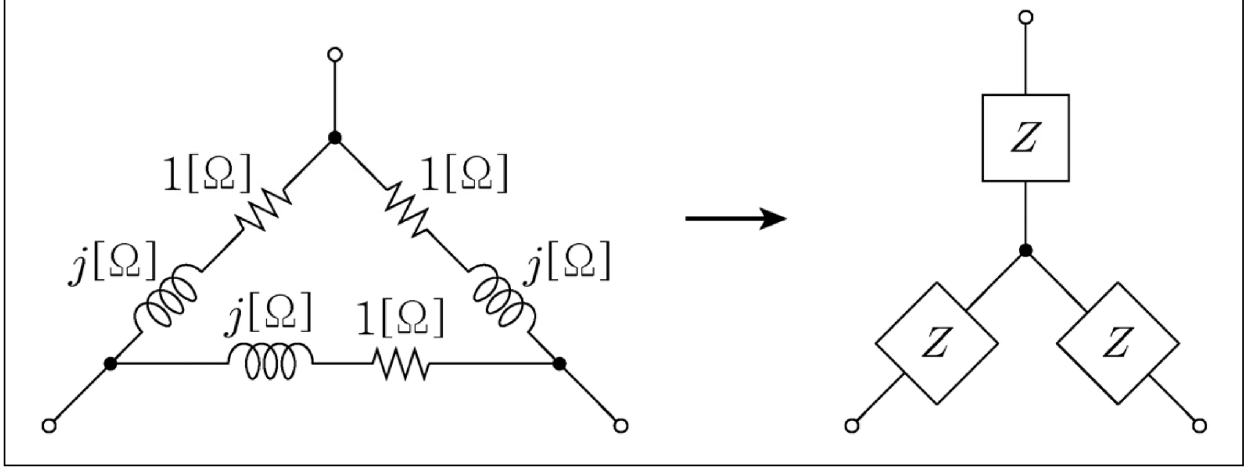
3. 최대 전력 계산: 켤레정합 상태에서 전체 직렬 임피던스는 $Z_g + Z_L = 200\Omega$이다. 전원 전압 100 V는 **실효값**이므로, 회로 전류의 실효값은 $I = \frac{100}{200} = 0.5\text{A}$이다. 부하 전체의 등가 저항 성분은 100 Ω이므로 전달되는 유효전력은 $P_L = I^2\text{Re}(Z_L)$에 따라 $P_L = 0.5^2 \cdot 100 = 25\text{W}$이다.

따라서 X = −50 Ω과 최대 전력 25 W의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

**문 16. <보기>의 회로와 같이 Δ결선을 Y결선으로 환산하였을 때, Z의 값[Ω]은?**

<보기>




① $1+j$

② 1/3+j1/3

③ 1/2+j1/2

④ $3+j3$

**정답 2번**

**간단한 해설**

Δ결선의 세 변이 모두 $(1+j)\Omega$으로 같으므로, Y결선의 각 가지 임피던스는 **Δ 한 변 임피던스의 1/3**이다. 따라서 $Z=\left(\frac{1}{3}+j\frac{1}{3}\right)\Omega$이다.

**계산 과정**

그림에서 Δ결선의 각 변에는 저항 1 Ω과 유도성 리액턴스 j Ω이 직렬로 연결되어 있다. 직렬 임피던스는 더하므로 각 변의 임피던스를 $Z_\Delta$라 하면 $Z_\Delta=(1+j)\Omega$이다. 세 변이 모두 같은 값을 갖는다.

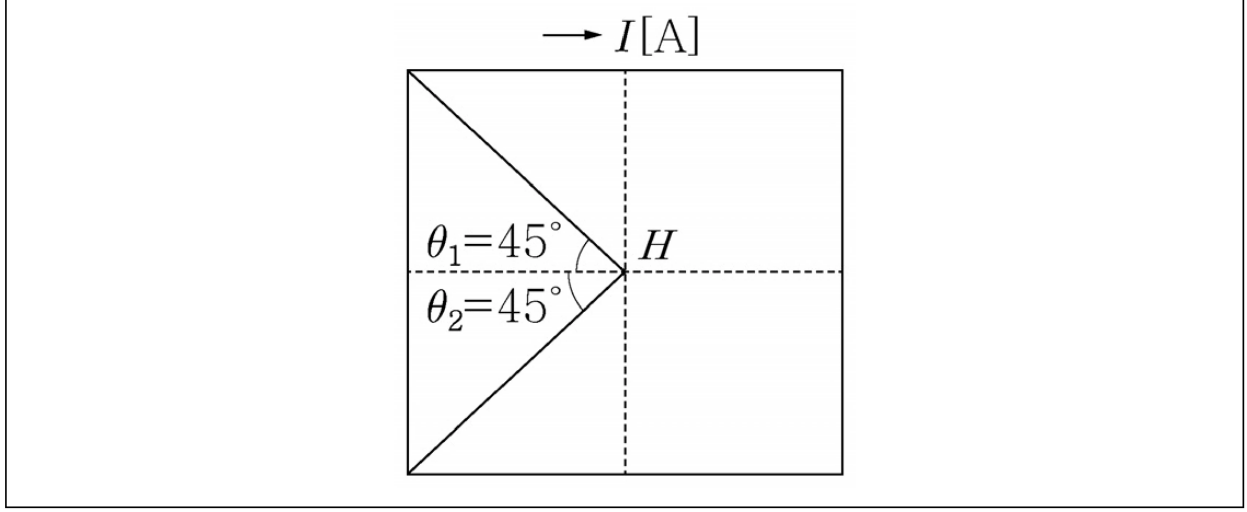
Δ결선을 외부 세 단자에서 같은 전압·전류 관계를 갖는 Y결선으로 환산할 때, Y의 한 가지 임피던스는 해당 단자에 접한 Δ 두 임피던스의 곱을 Δ 세 임피던스의 합으로 나눈 값이다. 이 회로는 **Δ 세 변의 임피던스가 같으므로** 분자는 $Z_\Delta^2$, 분모는 $3Z_\Delta$가 된다. 따라서 $Z=\frac{Z_\Delta^2}{3Z_\Delta}=\frac{Z_\Delta}{3}$이다.

각 변의 값을 대입하면 $Z=\frac{1+j}{3}\Omega$이다. 실수부와 허수부를 각각 3으로 나누면 $Z=\left(\frac{1}{3}+j\frac{1}{3}\right)\Omega$이므로 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 17. <보기>와 같은 한 변의 길이가 $d$[m]인 정사각형 도체에 전류 $I$[A]가 흐를 때, 정사각형 중심점에서 자계의 값[A/m]은?**

<보기>




① $H = \frac{\sqrt{2}}{\pi d} I$
② $H = \frac{2\sqrt{2}}{\pi d} I$
③ $H = \frac{3\sqrt{2}}{\pi d} I$
④ $H = \frac{4\sqrt{2}}{\pi d} I$

**정답 2번**

**간단한 해설**

정사각형 중심에서는 네 변이 만드는 자계가 **크기와 방향이 같아** 한 변의 자계에 4를 곱한다. 중심에서 각 변까지의 거리는 $d/2$, 양 끝각은 각각 45°이므로 전체 자계는 $H = \frac{2\sqrt{2}I}{\pi d}$ A/m이다.

NoteBase

**계산 과정**

중심에서 한 변까지의 수직거리를 $r$라 하면 $r = \frac{d}{2}$이다. 중심과 그 변의 양 끝을 이은 선이 수선과 이루는 각은 그림처럼 $\theta_1 = \theta_2 = 45\,^\circ$이다. 공식에 넣을 거리는 **중심에서 변까지의 수직거리**이다.

각 변은 유한 길이의 직선 도선이므로 비오-사바르 법칙을 적분한 식을 적용한다. 한 변이 만드는 자계의 크기를 $H_1$이라 하면 $H_1 = \frac{I}{4\pi r}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2)$이다. 여기서 두 각은 중심에서 도선에 내린 수선을 기준으로 잰 각이다.

$r = \frac{d}{2}$와 $\sin 45\,^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$를 대입하면 $H_1 = \frac{I}{2\pi d} \cdot \sqrt{2}$이다. 따라서 $H_1 = \frac{\sqrt{2}I}{2\pi d}$ A/m이며, 이는 정사각형 전체가 아니라 한 변이 만드는 자계이다.

그림의 전류는 시계 방향으로 흐르므로 오른손 법칙에 따라 네 변의 자계는 중심에서 모두 종이 안쪽을 향한다. 대칭성에 의해 크기도 같으므로 **네 변의 자계를 같은 방향으로 합산**한다. 전체 자계의 크기는 $H = 4H_1 = \frac{2\sqrt{2}I}{\pi d}$ A/m이며, ②의 식과 일치한다.

NoteBase

**문 18. 균일 평면파가 비자성체($\mu = \mu_0$)의 무손실 매질 속을 $+x$ 방향으로 진행하고 있다. 이 전자기파의 크기는 10[V/m]이며, 파장이 10[cm]이고 전파속도는 $1\times10^8$[m/s]이다. 파동의 주파수[Hz]와 해당 매질의 비유전율($\varepsilon_r$)은?**

① 파동주파수: $1\times10^9$, $\varepsilon_r$: 4

② 파동주파수: $2\times10^9$, $\varepsilon_r$: 4

③ 파동주파수: $1\times10^9$, $\varepsilon_r$: 9

④ 파동주파수: $2\times10^9$, $\varepsilon_r$: 9

**정답 3번**

### 간단한 해설

주파수는 **전파속도를 파장으로 나눈 값**이므로 $1 \times 10^9$Hz이다. 비자성체인 무손실 매질에서는 $v = c/\sqrt{\varepsilon_r}$ 이므로, 전파속도가 진공에서의 1/3이면 **비유전율은 9**이다.

### 계산 과정

주어진 전파속도는 $v = 1 \times 10^8$m/s이고, 파장은 단위를 바꾸면 10 cm = 0.1 m이다. 구할 값은 주파수 f와 비유전율 $\varepsilon_r$이다.

주파수: 파동이 한 주기 동안 한 파장만큼 진행하므로 $v = f\lambda$가 성립한다. 따라서 $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{1\times10^8}{0.1} = 1 \times 10^9$Hz 이다.

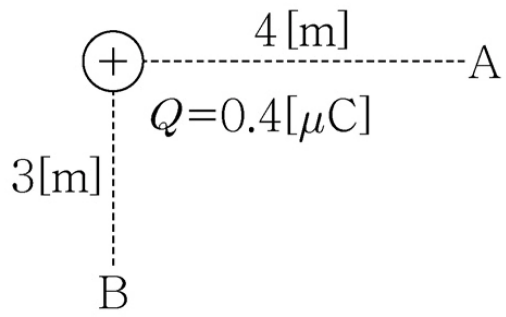
비유전율: 무손실 매질의 전파속도는 $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$이다. 여기서 $\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r$이며, **비자성체이므로** $\mu = \mu_0$이다.
진공에서의 전파속도를 $c \simeq 3 \times 10^8$m/s로 쓰면 $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}}$이다. 따라서 $\sqrt{\varepsilon_r} = \frac{c}{v} = 3$이고, $\varepsilon_r = 3^2 = 9$이다.
비유전율은 매질의 유전율을 진공의 유전율로 나눈 비이므로 단위가 없다.

주파수 $1 \times 10^9$Hz와 비유전율 9의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

**문 19. <보기>와 같은 진공 중에 점전하 $Q = 0.4[\mu C]$가 있을 때, 점전하로부터 오른쪽으로 4[m] 떨어진 점 A와 점전하로부터 아래쪽으로 3[m] 떨어진 점 B 사이의 전압차[V]는? (단, 비례상수 $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9$ 이다.)**

<보기>




① 100

② 300

③ 500

④ 1,000

**정답 2번**

**간단한 해설**

점전하가 만드는 전위는 **점전하로부터의 거리에 반비례**한다. A의 전위는 900 V, B의 전위는 1,200 V이므로 두 점 사이 전압차의 크기는 300 V이다.

NoteBase

**계산 과정**

진공 중 점전하가 만드는 전위는 무한히 먼 곳의 전위를 0으로 두면 $V = \frac{kQ}{r}$이다. 여기서 r은 **점전하에서 해당 점까지의 거리**이므로 A에는 4 m, B에는 3 m를 대입한다.

전하량은 쿨롱 단위로 바꾸어 $Q = 0.4 \times 10^{-6}$C로 쓴다. 따라서 두 점의 전위 계산에 공통으로 쓰이는 값은 $kQ = 9 \times 10^{9} \cdot 0.4 \times 10^{-6} = 3600$이다.

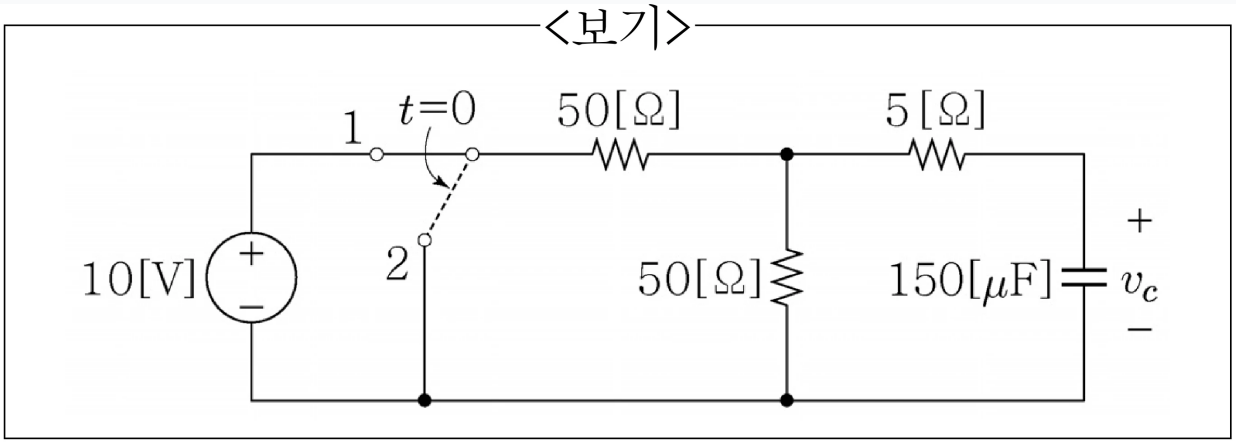
A의 전위는 $V_A = \frac{3600}{4} = 900$V이고, B의 전위는 $V_B = \frac{3600}{3} = 1200$V이다. 양전하에 더 가까운 B의 전위가 A보다 높다.

두 점 사이 전압차의 크기는 높은 전위에서 낮은 전위를 빼서 구한다. 따라서 $V_B - V_A = 1200 - 900 = 300$V이며, 이는 ②의 300 V에 해당한다.

NoteBase

**문 20. <보기>의 회로에서 스위치가 오랫동안 1에 있다가 t=0[s] 시점에 2로 전환되었을 때, t=0[s] 시점에 커패시터에 걸리는 전압 초기치 $v_c(0)$[V]와 t>0[s] 이후 $v_c(t)$가 전압 초기치의 $e^{-1}$만큼 감소하는 시점[msec]을 순서대로 나열한 것은?**

<보기>




① 5, 4.5

② 10, 2.5

③ 5, 3.0

④ 3, 2.5

**정답 1번**

**간단한 해설**

스위치 전환 전에는 두 50 Ω 저항의 분압으로 커패시터가 5 V까지 충전되고, **커패시터 전압은 전환 순간에도 연속**이다. 전환 후 방전 저항은 30 Ω이므로, 전압이 초기값의 $e^{-1}$배가 되는 시간은 **시정수**인 4.5 ms이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 전압 초기치: 스위치가 1에 오랫동안 있었으므로 직류 정상상태에서 커패시터에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 오른쪽 5 Ω 저항의 전압강하도 0이고, 커패시터 전압은 두 50 Ω 저항 사이의 접점 전압과 같다. 분압을 적용하면 $v_c(0^-) = 10 \cdot \frac{50}{50+50} = 5\text{V}$이다. **커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로** $v_c(0^+) = v_c(0^-) = 5\text{V}$이다.

2. 방전 저항: 스위치가 2로 옮겨지면 10 V 전원은 커패시터의 방전 회로에서 분리된다. 가로 방향의 50 Ω 저항과 세로 방향의 50 Ω 저항은 모두 중앙 접점과 아래쪽 공통선 사이에 연결되므로 **병렬**이다. 이 병렬저항에 오른쪽 5 Ω 저항이 직렬로 연결되므로, 커패시터에서 바라본 등가저항은 $R_{\text{eq}} = 5 + \frac{50 \cdot 50}{50+50} = 30\Omega$이다.

3. 시정수: 전원 없이 저항을 통해 방전하는 RC 회로의 시정수는 $\tau = R_{\text{eq}}C$이다. 정전용량은 $C = 150\mu\text{F} = 150 \cdot 10^{-6}\text{F}$이므로, $\tau = 30 \cdot 150 \cdot 10^{-6}\text{s}$이다. 이를 밀리초로 바꾸면 시정수는 0.0045 s = 4.5 ms이다.

4. 요구한 시점: 방전 후 최종 전압은 0 V이므로 커패시터 전압은 $v_c(t) = v_c(0^+)e^{-t/\tau}$로 감소한다. 전압이 초기값의 $e^{-1}$배가 되려면 $e^{-t/\tau} = e^{-1}$이어야 하므로 $t = \tau = 4.5\text{ms}$이다. 즉, 시정수는 **전압이 초기값의 약 36.8%로 줄어드는 데 걸리는 시간**이다.

따라서 전압 초기치와 요구한 시점은 각각 5 V, 4.5 ms로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase