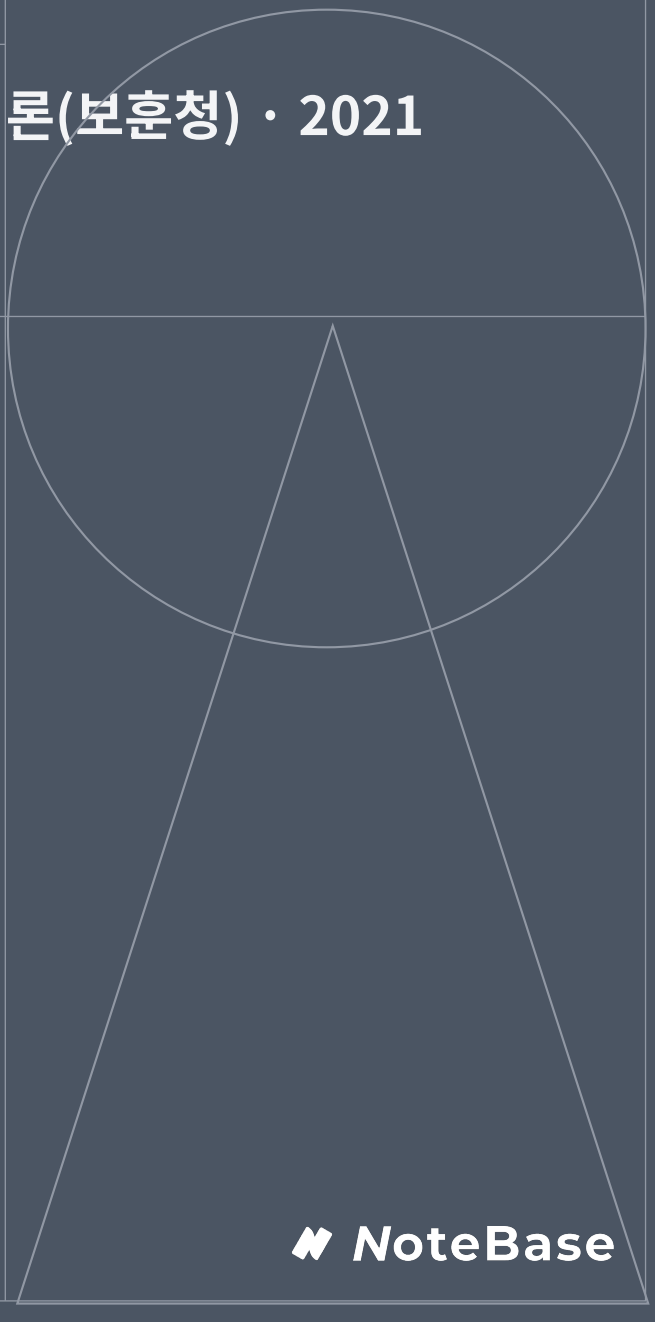
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론(보훈청) · 2021



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론(보훈청) · 2021

공무원/서울시/9급 · 전기이론(보훈청) · 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 **열에너지로 소비하며 저장하지 않는다**. 자기장에 에너지를 저장하는 인덕터나 전기장에 저장하는 커패시터와 구별된다.

선지별 해설

① O: 이상적인 저항소자는 전기에너지를 열에너지로 바꾸어 소비하며, 나중에 회로로 돌려줄 에너지를 저장하지 않는다. 저항값 R이 양수일 때 소비전력은 $p = Ri^2$이므로 전류 방향이 바뀌어도 에너지를 소비한다.

② X: 이상적인 독립전압원은 흐르는 전류를 특정 값으로 정하는 것이 아니라, 양단에 **지정된 전압을 유지**한다. 전류는 연결된 외부 회로에 따라 정해진다. 특정한 전류를 유지하는 소자는 이상적인 독립전류원이다.

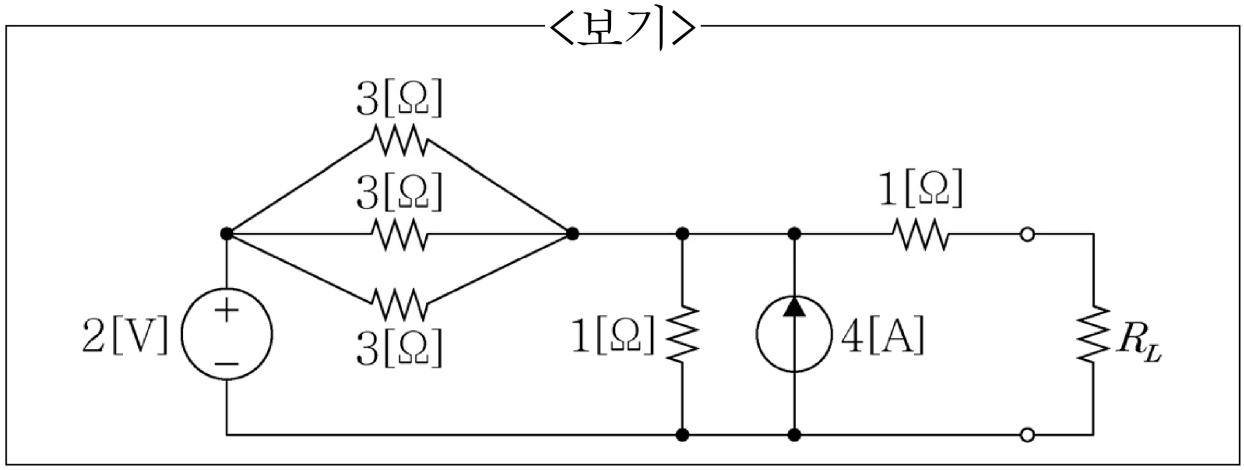
③ X: 인덕턴스 L이 일정한 이상적인 인덕터에서는 전류가 전압의 변화율에 비례하는 것이 아니라, **전압이 전류의 시간 변화율에 비례**한다. 전류가 들어가는 단자를 전압의 양의 기준으로 잡으면 $v = L\frac{di}{dt}$이다. 전류가 전압의 시간 변화율에 비례하는 관계 $i = C\frac{dv}{dt}$는 정전용량 C가 일정한 이상적인 커패시터에 적용된다.

④ X: 저항값 R이 일정하면 옴의 법칙 $i = \frac{v}{R}$에 따라 전류는 전압에 **비례**한다. 같은 저항에 걸리는 전압이 두 배가 되면 흐르는 전류도 두 배가 된다.

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

부하저항이 **테브난 등가저항과 같을 때** 부하에 최대 전력이 전달된다. 이 회로의 등가전압은 3 V, 등가저항은 1.5 Ω이므로 최대 부하전력은 1.5 W이다.

NoteBase

계산 과정

1. 회로 단순화: 왼쪽의 3 Ω 저항 세 개는 양 끝이 각각 같은 노드에 연결된 병렬회로이다. 이들의 합성저항을 R_p라 하면 $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 1$이므로 $R_p = 1\Omega$이다. 아래쪽 공통 도선을 기준전위 0 V로 잡으면 2 V 전압원의 위쪽 노드 전위는 +2 V이다.

2. 테브난 등가전압: 부하 R_L을 떼어 내고 단자 사이의 개방전압 V_{th}를 구한다. 중앙 위쪽 노드의 전위를 V라 하면, **개방된 오른쪽 1 Ω에는 전류가 흐르지 않아** 전압강하가 없으므로 $V_{\text{th}} = V$이다. 4 A 전류원이 이 노드로 전류를 공급하므로 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $\frac{V-2}{1} + \frac{V}{1} = 4$이다. 따라서 $2V = 6$, $V_{\text{th}} = 3\text{V}$이다.

3. 테브난 등가저항: 부하를 떼어 낸 상태에서 독립 **전압원은 단락하고 전류원은 개방**한다. 그러면 왼쪽 합성저항 1 Ω과 중앙의 세로 저항 1 Ω은 병렬이고, 오른쪽 1 Ω은 이 병렬회로와 직렬이다. 따라서 부하 단자에서 본 등가저항은 $R_{\text{th}} = 1 + \frac{1 \cdot 1}{1+1} = 1.5\Omega$이다.

4. 최대 전력 조건과 소비전력: 테브난 등가회로에서 부하전류는 $I_L = \frac{V_{\text{th}}}{R_{\text{th}} + R_L}$이고, 부하 소비전력은 $P_L = I_L^2 R_L$이다. 전원 쪽 등가전압과 등가저항이 일정한 저항회로에서는 **부하저항과 등가저항이 같을 때** 이 전력이 최대가 된다. 따라서 $R_L = R_{\text{th}} = 1.5\Omega$로 정하며, 이때 부하전류는 $I_L = \frac{3}{1.5 + 1.5} = 1\text{A}$이다. 부하 소비전력은 $P_L = 1^2 \cdot 1.5 = 1.5\text{W}$이다.

최대 전력이 전달될 때 부하에서 소비되는 전력은 1.5 W이며, 선택지 ③의 값과 일치한다.

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 평판 사이의 간격에 반비례**한다. 면적을 2배로 하고 간격을 절반으로 줄이면 두 변화가 각각 정전용량을 2배로 만들어, 최종 정전용량은 원래의 4배가 된다.

계산 과정

평판의 면적을 A, 두 평판 사이의 간격을 d, 유전체의 유전율을 ε이라 하면 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon A}{d}$이다. 이는 가장자리 효과를 무시하는 평판형 커패시터의 관계식이며, 이 문제에서는 유전체의 변화가 없으므로 유전율은 일정하게 둔다.

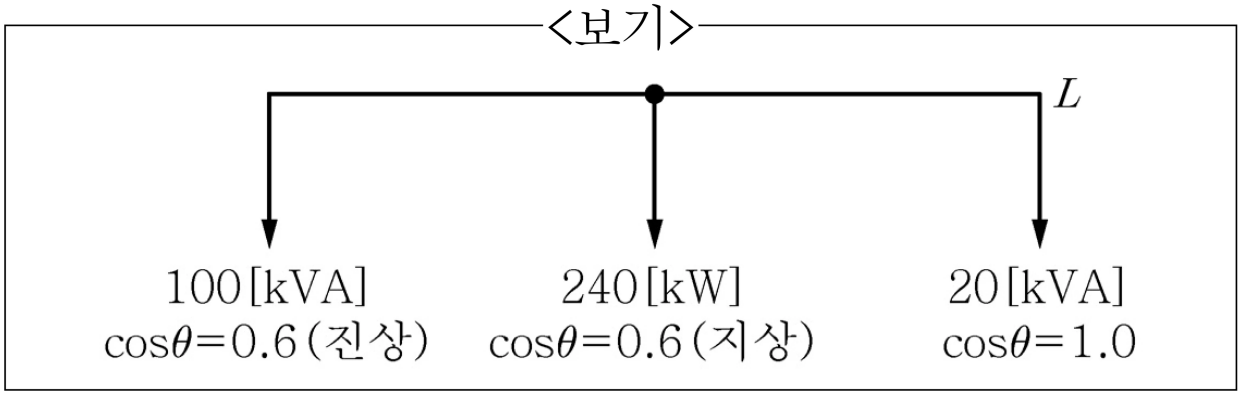
변경 후의 면적과 간격은 각각 $A' = 2A$, $d' = \frac{d}{2}$이다. 면적이 2배가 되면 정전용량도 2배가 되고, 간격이 절반이 되면 **분모가 절반으로 줄어** 정전용량이 다시 2배가 된다.

두 변화의 효과를 함께 적용하면 $\frac{C'}{C} = \frac{2}{\frac{1}{2}} = 4$이다. 따라서 변경 후 정전용량은 원래의 4배가 되며, ④의 4배에 해당한다.

NoteBase

문 4. 모선 L에 <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

병렬 부하는 **유효전력과 무효전력을 각각 합산**한다. 합계가 320 kW와 240 kvar이므로 피상전력은 400 kVA, 역률은 0.8이며, 무효전력이 지상 쪽으로 남아 **전류가 전압보다 뒤진다**.

NoteBase

계산 과정

유효전력을 P, 무효전력을 Q, 피상전력의 크기를 S, 전압과 전류의 위상차를 θ라 하면, 역률은 $\cos\theta = \frac{P}{S}$이다.
병렬 부하는 복소전력이 더해지므로 **P와 Q를 각각 합산**한 뒤 $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$로 전체 피상전력을 구한다.
여기서는 지상 부하의 Q를 양수, 진상 부하의 Q를 음수로 둔다.

왼쪽 부하: 100 kVA, 역률 0.6 진상이므로 유효전력은 100 × 0.6 = 60 kW이다. $|\sin\theta| = \sqrt{1 - 0.6^2} = 0.8$이므로 무효전력의 크기는 100 × 0.8 = 80 kvar이다. **진상 부하이므로 Q = −80 kvar**로 계산한다.

가운데 부하: 주어진 240 kW는 **유효전력**이다. 역률이 0.6이므로 피상전력은 $S = \frac{240}{0.6} = 400\text{kVA}$이다.
무효전력의 크기는 400 × 0.8 = 320 kvar이고, 지상 부하이므로 Q = +320 kvar이다.

오른쪽 부하: 20 kVA, 역률 1.0이므로 전압과 전류의 위상차가 0이다. 따라서 유효전력은 20 kW이고 무효전력은 0 kvar이다.

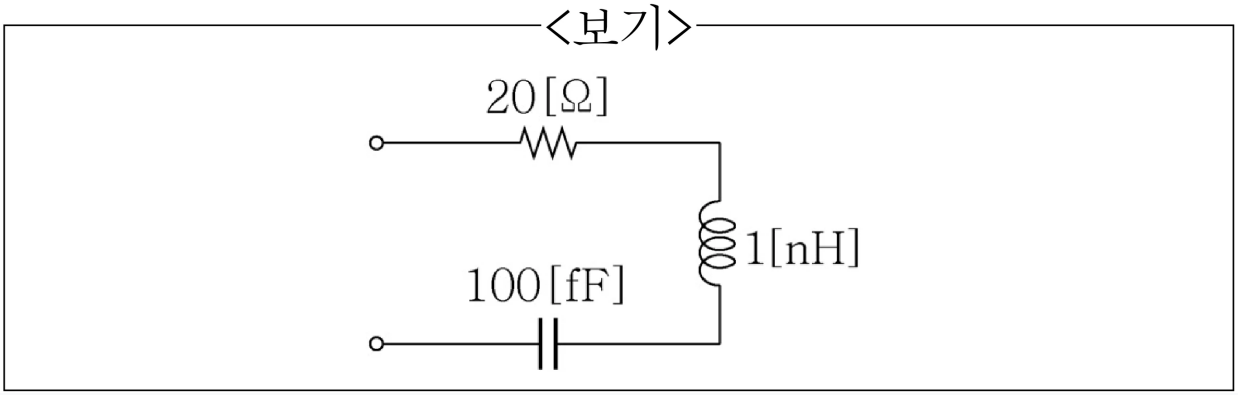
전체 전력: 유효전력은 60 + 240 + 20 = 320 kW, 무효전력은 −80 + 320 + 0 = 240 kvar이다. 진상 부하가 지상 무효전력의 일부를 상쇄하지만, **전체 무효전력은 양수**로 남는다.

합성 역률: 전체 피상전력은 $S = \sqrt{320^2 + 240^2} = 400\text{kVA}$이다. 따라서 $\cos\theta = \frac{320}{400} = 0.8$이며, Q가 양수이므로 합성 전류는 모선 전압보다 뒤진다. 합성 부하의 역률은 0.8(지상, 뒤짐)으로, ②에 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 전압 확대율이 $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$이다. 주어진 소자값의 단위를 H와 F로 맞추어 대입하면 **전압 확대율은 5배**이다.

계산 과정

회로도의 소자값은 R = 20 Ω, L = 1 nH, C = 100 fF이다. 접두어를 환산하면 $L = 10^{-9}$H, $C = 100 \cdot 10^{-15} = 10^{-13}$F이다.

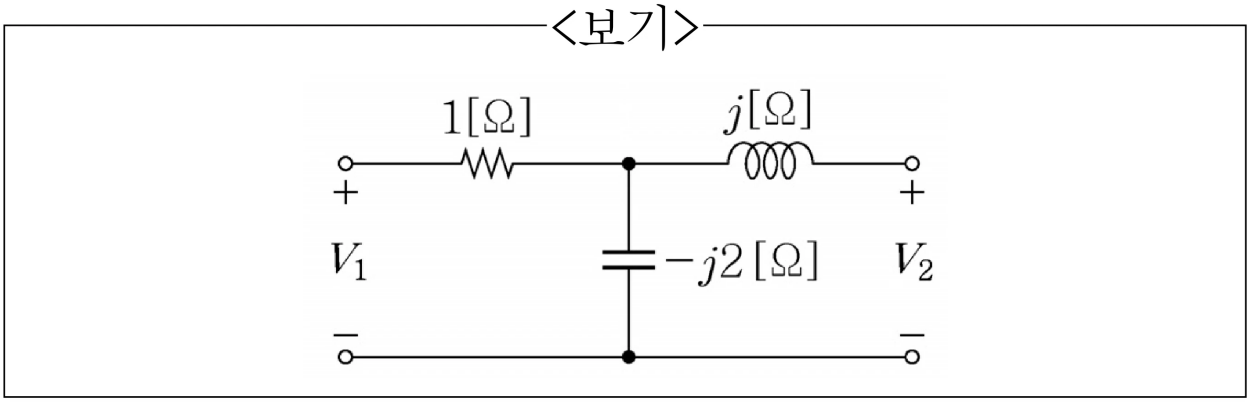
직렬 공진에서는 코일과 축전기의 리액턴스가 서로 상쇄되어 **회로의 임피던스가 저항 R과 같아진다**. 따라서 전원 전압의 크기를 V, 전류의 크기를 I라 하면 V = IR이다. 전압 확대율 Q는 공진 시 코일 또는 축전기 양단 전압의 크기를 전원 전압의 크기로 나눈 값이다. 코일 전압의 크기가 $V_L = I\omega_0 L$이므로 $Q = \frac{V_L}{V} = \frac{\omega_0 L}{R}$이다. 공진 각주파수 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$를 대입하면 $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$가 된다.

먼저 $\sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{10^{-9}}{10^{-13}}} = 100\Omega$이다. 이 값은 공진 시 코일과 축전기 각각의 리액턴스 크기이다. 이를 저항으로 나누면 $Q = \frac{100}{20} = 5$이다. Q는 전압의 비이므로 단위가 없으며, 코일과 축전기 각각의 양단 전압 크기가 전원 전압의 5배라는 뜻이다. 따라서 계산값은 ②의 5와 일치한다.

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 개방한 상태**에서 2번 포트로 본 임피던스이다. 이때 인덕터와 커패시터의 임피던스만 직렬로 더해져 −j Ω이 된다.

계산 과정

각 포트로 들어가는 전류를 I_1, I_2라 하면 Z 파라미터의 관계는 $V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$이다. 따라서 Z_{22}는 **1번 포트를 개방하여** $I_1 = 0$으로 만들었을 때의 전압·전류 비이며, $Z_{22} = \frac{V_2}{I_2}$로 구한다.

1번 포트를 개방하면 왼쪽 1 Ω 저항의 가지에는 전류가 흐르지 않는다. 2번 포트로 들어온 전류는 오른쪽 인덕터를 지난 뒤 중앙 커패시터를 거쳐 아래쪽 공통선으로 돌아간다. 따라서 2번 포트에서 보면 **인덕터와 커패시터가 직렬**로 연결된다.

그림에서 인덕터의 임피던스는 j Ω, 커패시터의 임피던스는 −2j Ω이다. 직렬 임피던스를 더하면 $Z_{22} = j + (-2j) = -j\Omega$이다. 유도성 리액턴스보다 용량성 리액턴스의 크기가 커서 음의 허수값이 나오며, 이는 ③의 −j에 해당한다.

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 에너지**는 $W = \frac{1}{2}CV^2$이다. 정전용량 1 μF와 전압 1 V를 대입하면 0.5 μJ가 된다.

계산 과정

정전용량 C = 1 μF, 양단 전압 V = 1 V인 커패시터의 저장 에너지 W를 구한다. 정전용량이 일정한 커패시터는 충전되는 동안 전하량에 비례하여 전압이 증가하므로, 저장 에너지는 **최종 전압과 전하량의 곱의 절반**이다. 전하량이 $Q = CV$이므로 $W = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2$를 적용한다.

단위를 F로 바꾸면 $C = 10^{-6}$F이다. 따라서 $W = \frac{1}{2} \cdot 10^{-6} \cdot 1^2$J이고, 계산하면 $W = 0.5 \times 10^{-6}$J이다.

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

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

④의 '거리에 반비례한다'는 **거리에 비례한다**로 고쳐야 한다. 구 내부에서는 반지름이 커질수록 그 안에 포함된 전하량이 거리의 세제곱에 비례하여 증가하므로, 전계의 크기는 거리와 함께 선형적으로 증가한다.

선지별 해설

구 내·외부의 공통 유전율을 ε, 구 중심으로부터의 거리를 r라 하자. 전하가 구의 부피 전체에 균일하게 분포하므로 구 내부에서 반지름 r인 구면이 감싸는 전하량은 $q(r) = Q(\frac{r}{a})^3$이다. 구대칭이므로 가우스 법칙은 $4\pi r^2 E(r) = \frac{q(r)}{\varepsilon}$로 쓸 수 있다. 따라서 내부에서는 $E(r) = \frac{Qr}{4\pi\varepsilon a^3}$이고, 외부에서는 전체 전하 Q를 감싸므로 $E(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}$이다. 전계의 크기 단위는 V/m이다.

① O: $r = \frac{a}{4}$는 구 내부이므로 내부 식에 대입하면 $E(\frac{a}{4}) = \frac{Q}{16\pi\varepsilon a^2}$이다. $r = 2a$는 구 외부이므로 외부 식에 대입하면 $E(2a) = \frac{Q}{16\pi\varepsilon a^2}$이다. 서로 다른 영역의 식을 적용하지만 두 지점의 전계 크기는 같다.

② O: 구 외부에서는 가우스 구면이 감싸는 전하량이 항상 Q로 일정하다. 따라서 $E(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}$에 따라 전계의 크기는 **거리의 제곱에 반비례**한다.

③ O: 내부 식과 외부 식에 각각 $r = a$를 대입하면 모두 $E(a) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon a^2}$가 된다. **구 내·외부의 유전율이 같으므로** 경계에 접근할 때 양쪽 전계의 크기가 같아 전계 함수는 연속이다.

④ X: 구 내부의 전계는 $E(r) = \frac{Qr}{4\pi\varepsilon a^3}$이므로 중심으로부터의 **거리에 비례**한다. 내부에서 감싸는 전하량은 거리의 세제곱에 비례하고 구면의 넓이는 거리의 제곱에 비례하므로, 두 양의 비로 정해지는 전계는 거리에 비례한다. 중심에서 전계는 0이고 표면까지 선형적으로 증가한다.

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

공극 1 mm의 자기 저항은 철심 1 m의 자기 저항과 거의 같다. 두 부분의 자기 저항은 **직렬로 더해지므로** 전체 자기 저항은 약 2배가 된다.

계산 과정

자기 저항은 자속이 흐르기 어려운 정도이며, 길이가 길수록 커지고 투자율과 단면적이 클수록 작아진다. 길이를 l, 투자율을 μ, 단면적을 A라 하면 $R = \frac{l}{\mu A}$이다. 철심의 비투자율은 $\mu_s = 1000$이므로 철심의 투자율은 $\mu_0\mu_s$, 공극의 투자율은 공기를 진공과 같게 보아 μ_0로 둔다.

공극이 생기기 전 철심 길이는 l = 1 m이므로 자기 저항은 $R_0 = \frac{l}{\mu_0\mu_s A}$이다. 공극 길이는 g = 1 mm = 0.001 m이며, 단면적이 같으므로 공극의 자기 저항은 $R_g = \frac{g}{\mu_0 A}$이다.

두 자기 저항의 비는 $\frac{R_g}{R_0} = \mu_s\frac{g}{l}$이다. 수치를 대입하면 $1000 \cdot \frac{0.001}{1} = 1$이므로, **공극의 자기 저항은 기존 철심의 자기 저항과 같다**. 공극은 짧지만 투자율도 철심의 1/1000이기 때문이다.

공극 길이가 철심 길이에 비해 매우 작으므로 공극 형성에 따른 철심 길이 변화는 무시한다. 자속이 철심과 공극을 차례로 통과하므로 **두 부분의 자기 저항을 더한다**. 따라서 R_전체≈ R_0+R_g이고, R_전체R_0≈1+1=2이다. 전체 자기 저항은 기존의 약 2배이며, ②의 2배에 해당한다.

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 전위에 **푸아송 방정식** $\rho = -\varepsilon_0 \nabla^2 V$를 적용해 구한다. 주어진 전위는 z에 대한 2차 편미분만 남으므로 $\rho = -8\varepsilon_0 xy$ C/m^{3}이다.

계산 과정

진공에서 ε_0는 진공의 유전율이고, 체적전하밀도 ρ는 단위 부피당 전하량이다. 전기장과 전위의 관계 $\mathbf{E} = -\nabla V$를 가우스 법칙 $\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$에 대입하면 **푸아송 방정식** $\rho = -\varepsilon_0 \nabla^2 V$를 얻는다. 직각좌표계에서 $\nabla^2 V$는 전위를 x, y, z에 대해 각각 두 번 편미분한 값의 합이다.

x, y 방향: $V = 4xyz^2$는 x와 y 각각에 대해서는 **1차식**이다. 편미분할 때 나머지 좌표는 상수로 취급하므로 $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = 0$, $\frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0$이다.

z 방향: $\frac{\partial V}{\partial z} = 8xyz$이고, 한 번 더 z로 편미분하면 $\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 8xy$이다. 따라서 세 방향의 2차 편미분을 더한 값은 $\nabla^2 V = 0 + 0 + 8xy = 8xy$이다.

체적전하밀도: $\rho = -\varepsilon_0 \cdot 8xy = -8\varepsilon_0 xy$ C/m^{3}이다. 이는 ③의 식과 일치한다.

NoteBase

문 11. 자기인덕턴스 L_1, L_2가 각각 20[mH], 5[mH]인 두 코일이 완전결합(이상결합)되었을 때 상호인덕턴스의 값[mH]은?

① 5

② 10

③ 20

④ 25

정답 2번

간단한 해설

완전결합에서는 **결합계수가 1**이므로 상호인덕턴스는 두 자기인덕턴스의 기하평균인 $M = \sqrt{L_1 L_2}$이다. 주어진 값으로 계산하면 10 mH이다.

계산 과정

두 코일의 자기인덕턴스는 각각 $L_1 = 20\text{mH}$, $L_2 = 5\text{mH}$이며, 구할 값은 상호인덕턴스 M이다. 완전결합은 한 코일에서 발생한 자속이 모두 다른 코일에도 쇄교하는 상태이므로 **결합계수 k = 1**이다.

상호인덕턴스와 자기인덕턴스의 관계는 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$이다. 결합계수는 두 코일 사이의 자기적 결합 정도를 나타내므로, 완전결합에서는 $M = \sqrt{L_1 L_2}$로 계산한다.

두 자기인덕턴스를 모두 mH 단위로 대입하면 $M = \sqrt{20 \cdot 5}\,\text{mH} = 10\text{mH}$이다. 같은 단위의 곱에 제곱근을 취하므로 결과의 단위도 mH이며, H로 환산할 필요가 없다. 따라서 상호인덕턴스는 10 mH로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 전위 5,000[V]의 위치에서 8,000[V]의 위치로 전하 $q=3\times10^{-9}$[C]을 이동시킬 때 필요한 일의 값[J]은?

① 9×10^{-6}
② 1×10^{-6}
③ 3×10^{-6}
④ 9×10^{-9}

정답 1번

간단한 해설

전하를 옮기는 데 필요한 일은 **전하량과 전위차의 곱**이다. 전위가 3,000 V 높아지므로 필요한 일은 9×10^{-6}J 이다.

계산 과정

필요한 일의 의미: 양전하를 높은 전위로 옮기면 전기적 위치에너지가 증가한다. 이때 외부에서 해 주어야 하는 일 W는 그 증가량이므로 $W=q(V_2-V_1)$이다. 여기서 q는 전하량, V_1은 출발점의 전위, V_2는 도착점의 전위이다.

전위차 계산: 출발점은 5,000 V, 도착점은 8,000 V이므로 $\Delta V=V_2-V_1=8{,}000-5{,}000=3{,}000$V이다. 일은 한 지점의 전위 자체가 아니라 **두 지점 사이의 전위차**로 계산한다.

일의 계산: 전하량 $q=3\times10^{-9}$C를 대입하면 $W=(3\times10^{-9})\times3{,}000=9\times10^{-6}$J이다. V는 J/C이므로 전하량 C를 곱하면 일의 단위 J가 된다. 양전하가 높은 전위로 이동하므로 외부에서 해 주는 일은 양수이며, 계산값은 ①의 9×10^{-6}J과 일치한다.

NoteBase

문 13. 도체의 성질에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 도체 내부전계의 세기는 0이다.

② 도체 내부의 전위는 표면 전위와 같다.

③ 도체 표면에서의 전하밀도는 곡률반경이 클수록 높다.

④ 도체 내부에 전하는 존재하지 않고 도체 표면에만 분포한다.

정답 3번

간단한 해설

도체 표면에서는 **곡률반경이 작은 뾰족한 부분**에 전하가 더 밀집한다. 따라서 ③의 '곡률반경이 클수록 높다'는 '곡률반경이 작을수록 높다'로 고쳐야 한다.

선지별 해설

이 문항은 자유전하의 이동이 멈춘 정전평형 상태의 도체를 전제로 한다.

① O: 도체 내부에 전계가 남아 있으면 자유전하가 힘을 받아 이동한다. 따라서 전하의 이동이 멈춘 정전평형 상태에서는 **도체 내부의 전계가 0**이어야 한다.

② O: 전위차는 두 지점 사이에서 전계를 따라 이동할 때의 전기적 일과 관련된다. 도체 내부의 전계가 0이므로 내부의 어느 두 점 사이에도 전위차가 없으며, 표면과 내부를 포함한 **도체 전체가 등전위**를 이룬다.

③ X: 곡률반경은 표면이 얼마나 급하게 휘어 있는지를 나타내며, 작을수록 뾰족하고 클수록 완만하다. 정전평형 상태의 도체에서는 **곡률반경이 작은 부분에 표면전하가 더 밀집**하여 표면전하밀도가 높다. 따라서 선지의 '곡률반경이 클수록 높다'는 관계가 반대이다.

④ O: 도체에 주어진 과잉전하는 서로 밀어내며 이동하여 표면에 분포한다. 정전평형 상태에서는 내부 전계가 0이므로 가우스 법칙에 따라 도체 물질 내부의 순전하밀도도 0이다. 여기서 내부에 전하가 없다는 말은 원자핵이나 전자가 없다는 뜻이 아니라, **양전하와 음전하가 상쇄되어 순전하가 없다는 뜻**이다.

NoteBase

문 14. 평균 반지름 20[cm], 권선수 628회, 공심의 단면적 250[cm^2]인 환상솔레노이드에 2[A]의 전류가 흐를 때 설명으로 가장 옳지 않은 것은? (단, π는 3.14로 한다.)

① 내부자계의 세기는 투자율 μ에 관계 없다.

② 외부자계의 세기는 0이다.

③ 자계는 내부에만 존재한다.

④ 내부자계의 세기는 2,000[AT/m]이다.

정답 4번

간단한 해설

환상솔레노이드의 내부자계는 $H = \frac{NI}{2\pi r}$로 구한다. 주어진 조건에서 내부자계의 세기는 **1,000 AT/m**이므로, ④의 2,000 AT/m는 잘못된 값이다.

선지별 해설

환상솔레노이드는 누설자계를 무시하는 이상적인 권선을 기준으로 판단한다. 자계의 세기를 H, 권선수를 N, 전류를 I, 평균 반지름을 r이라 한다.

① O: 내부의 원형 경로에 암페어의 주회 법칙을 적용하면 $H \cdot 2\pi r = NI$이므로 $H = \frac{NI}{2\pi r}$이다. 따라서 권선수·전류·반지름이 같으면 **자계의 세기 H는 투자율에 관계없이** 정해진다. 투자율 μ에 따라 달라지는 것은 $B = \mu H$로 구하는 자속밀도 B이다.

② O: 환상 권선 외부의 원형 경로가 둘러싸는 면을 통과하는 전류는 들어가는 전류와 나오는 전류가 상쇄되어 순전류가 0이다. 이상적인 권선의 대칭성과 암페어의 주회 법칙에 따라 **외부자계의 세기는 0**이다.

③ O: 환상솔레노이드의 내부에서는 각 권선이 만드는 자계가 합쳐져 도넛 모양의 환상 공간을 따라 원형 자계를 이룬다. 여기서 내부는 **권선으로 둘러싸인 환상 공간**을 뜻하며, 도넛의 중심 구멍을 뜻하지 않는다. 중심 구멍과 권선 바깥에서는 자계가 0이므로 자계는 내부에만 존재한다.

④ X: 평균 반지름 20 cm를 0.20 m로 바꾸면 **평균 자로의 길이**는 $l = 2\pi r = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.20 = 1.256\text{m}$이다. 권선수 628회에 전류 2 A가 흐르므로 기자력은 $NI = 628 \cdot 2 = 1{,}256\text{AT}$이다. 따라서 $H = \frac{NI}{l} = \frac{1{,}256}{1.256} = 1{,}000\text{AT/m}$이므로, 내부자계의 세기는 2,000 AT/m가 아니라 1,000 AT/m이다. 주어진 단면적 250 cm^2는 자속을 구할 때 쓰이며, 내부자계의 세기를 구하는 이 식에는 들어가지 않는다.

NoteBase

문 15. $e^{-at}\sin wt$ **함수의 라플라스 변환은?**

① $\frac{w}{(s+a)^2+w^2}$
② $\frac{s+a}{(s+a)^2+w^2}$
③ $\frac{w}{(s+a)+w}$
④ $\frac{s}{s^2+w^2}$

정답 1번

간단한 해설

$\sin wt$의 라플라스 변환에 **지수함수의 곱에 따른 이동 성질**을 적용하여 s를 $s+a$로 바꾼다. 따라서 변환식은 $\frac{w}{(s+a)^2+w^2}$이다.

계산 과정

t는 시간, w는 각주파수, a는 지수항의 계수이며 s는 라플라스 변환 변수이다. 먼저 사인함수의 기본 변환식은 $\mathcal{L}\{\sin wt\}=\frac{w}{s^2+w^2}$이다.

라플라스 변환에서는 시간함수에 e^{-st}를 곱하여 적분한다. 주어진 함수에는 e^{-at}가 곱해져 있으므로 지수항이 $e^{-st}e^{-at}=e^{-(s+a)t}$로 합쳐진다. 따라서 기본 변환식에서 **변수 전체를** s에서 $s+a$로 바꾸어야 한다. 실수 상수 a, w에 대해 이 적분은 $\mathrm{Re}(s+a)>0$인 범위에서 수렴한다.

이를 적용하면 $\mathcal{L}\{e^{-at}\sin wt\}=\frac{w}{(s+a)^2+w^2}$이다. 사인함수의 변환이므로 분자의 w는 그대로이고, 분모의 s^2가 $(s+a)^2$로 바뀐다. 이 식은 ①의 식과 일치한다.

NoteBase

문 16. 교류 파형의 최댓값을 V_m이라 할 때 실효값과 평균값에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 정현파의 실효값은 $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$이다.
② 구형파의 평균값은 $\frac{V_m}{2}$이다.
③ 삼각파의 평균값은 $\frac{V_m}{2}$이다.
④ 반파정류파의 실효값은 $\frac{V_m}{2}$이다.

정답 2번

간단한 해설

구형파는 양의 반주기 내내 전압이 최댓값으로 일정하므로, 이 구간의 **평균값은 최댓값과 같다**. 따라서 구형파의 평균값은 V_m이며, $\frac{V_m}{2}$가 아니다.

선지별 해설

실효값은 한 주기 동안의 전압을 제곱하여 평균한 뒤 제곱근을 취한 값으로, 같은 저항에서 동일한 평균 전력을 내는 직류 전압에 해당한다. 여기서 대칭 교류의 평균값은 양의 반주기에 대한 평균을 뜻한다. 양·음이 대칭인 교류를 부호 그대로 한 주기 평균하면 0이 되므로 이를 구분해야 한다.

① O: 정현파는 한 주기 동안 전압을 제곱한 값의 평균이 $\frac{V_m^2}{2}$이다. 실효값은 이 값의 제곱근이므로 $V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$이다.

② X: 구형파는 양의 반주기 동안 **전압이 계속 최댓값으로 유지**된다. 평균값은 이 구간에서 파형 아래의 넓이를 구간 길이로 나눈 값이므로, 높이가 V_m인 직사각형의 평균 높이는 V_m이다. 따라서 '평균값은 $\frac{V_m}{2}$'를 '평균값은 V_m'으로 고쳐야 한다.

③ O: 삼각파의 양의 반주기에서 파형 아래의 넓이는 같은 밑변과 높이를 가진 **직사각형 넓이의 절반**이다. 이 넓이를 반주기의 길이로 나누면 평균 높이가 되므로 평균값은 $\frac{V_m}{2}$이다.

④ O: 반파정류파는 정현파의 한쪽 반주기만 남고 나머지 반주기는 전압이 0인 파형이다. 따라서 **원래 한 주기 전체를 기준**으로 한 제곱평균은 정현파의 절반인 $\frac{V_m^2}{4}$이다. 실효값은 $V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{V_m^2}{4}} = \frac{V_m}{2}$이다.

NoteBase

문 17. 열전현상에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 이종 금속 M_1, M_2를 접합하여 폐회로를 만든 후 두 접합점의 압력을 다르게 하여 폐회로의 열기전력을 이용한 현상은 제벡효과(Seebeck effect)이다.
ㄴ. 제벡효과를 이용한 열전대는 용광로의 온도 측정 및 온도제어 등에 사용된다.
ㄷ. 이종 금속 A, B를 접속시켜 폐회로를 만들고 온도를 일정하게 유지하면서 전류를 흘리면 열의 발생 또는 흡수가 일어나는 현상은 펠티에효과(Peltier effect)이다.
ㄹ. 이종 금속 C, D에 온도차를 주고 고온에서 저온 쪽으로 전류를 흘리면 열의 발생 또는 흡수가 일어나는 현상은 톰슨효과(Thomson effect)이다.
ㅁ. 펠티에효과와 톰슨효과는 전류의 방향에 따라 발열 또는 흡수의 관계가 반대로 된다.

① ㄱ, ㄴ, ㄷ
② ㄴ, ㄷ, ㅁ
③ ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ

정답 2번

간단한 해설

제벡효과는 두 접합점의 **온도차**로 열기전력이 생기는 현상이다. 톰슨효과는 **온도차가 있는 한 종류의 금속 도체**에 전류를 흘릴 때 나타나므로, 이종 금속의 접합부에서 나타나는 펠티에효과와 구별한다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. X: 제벡효과는 서로 다른 두 금속을 접합한 회로에서 두 접합점의 **온도를 다르게 할 때** 열기전력이 발생하는 현상이다. '압력을 다르게 하여'는 '온도를 다르게 하여'로 고쳐야 한다.

ㄴ. O: 열전대는 서로 다른 두 금속을 접합한 온도 센서이다. 측정 접합점과 기준 접합점 사이의 온도차에 따라 생기는 **열기전력으로 온도를 측정**한다. 따라서 용광로의 온도 측정에 사용할 수 있고, 측정값을 온도제어 장치에 전달하여 온도제어에도 활용한다.

ㄷ. O: 펠티에효과는 서로 다른 두 금속의 **접합부에 전류를 흘릴 때** 열이 발생하거나 흡수되는 현상이다. 접합부의 온도를 일정하게 유지하더라도 이러한 열의 출입이 일어나며, 온도를 유지하려면 그만큼 외부와 열을 주고받아야 한다.

ㄹ. X: 톰슨효과는 **한 종류의 균질한 금속 도체**에 온도차가 있을 때 전류를 흘리면 도체 내부에서 열이 발생하거나 흡수되는 현상이다. 따라서 '이종 금속 C, D'를 조건으로 제시한 부분이 잘못되었다. 서로 다른 금속의 접합부에서 나타나는 펠티에효과와 달리, 톰슨효과는 온도차가 있는 도체 내부에서 나타난다.

ㅁ. O: 펠티에효과와 톰슨효과에 의한 열의 출입은 **전류의 방향을 바꾸면 발열과 흡열이 뒤바뀐다**. 예를 들어 같은 온도 조건에서 펠티에효과로 열을 흡수하던 접합부는 전류를 반대로 흘리면 열을 방출한다. 이와 달리 저항에 의한 줄열은 전류의 방향을 바꾸어도 계속 발열한다.

옳은 보기는 ㄴ, ㄷ, ㅁ이며, 이 조합은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 18. 3상 회로에서 한 상의 임피던스가 $3+j4[\Omega]$인 평형 Δ부하 조건에서 대칭인 선간전압 150[V]를 가할 때 3상 전력의 값[W]은?

① 270

② 1,350

③ 5,400

④ 8,100

정답 4번

간단한 해설

Δ결선에서는 **상전압과 선간전압이 같으므로** 각 상에 150 V가 걸린다. 상전류는 30 A이고 각 상의 유효전력이 2,700 W이므로, 세 상의 합은 8,100 W이다.

계산 과정

상전압: Δ결선의 각 상 부하는 두 선 사이에 직접 연결되므로 **상전압은 선간전압과 같다**. 따라서 각 상에 걸리는 전압의 실효값은 $V_{ph} = 150\text{V}$이다.

상전류: 한 상의 임피던스는 $Z = 3 + j4\Omega$이므로 저항 R은 3 Ω, 리액턴스는 4 Ω이다. 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\Omega$이다. 옴의 법칙을 적용하면 $I_{ph} = \frac{150}{5} = 30\text{A}$이며, 이는 **각 상의 부하에 흐르는 전류**의 실효값이다.

한 상의 유효전력: W 단위로 묻는 전력은 유효전력이며, 임피던스의 저항 성분에서 소비된다. 따라서 상전류와 저항을 이용하여 $P_{ph} = I_{ph}^2 R$로 계산한다. 수치를 대입하면 $P_{ph} = 30^2 \cdot 3 = 2{,}700\text{W}$이다.

3상 유효전력: 평형 부하에서는 각 상의 유효전력이 같으므로 한 상의 값에 3을 곱한다. 따라서 전체 전력은 $3 \times 2{,}700 = 8{,}100$ W이며, ④의 8,100 W에 해당한다.

NoteBase

문 19. 정격 1,000[W]의 전열기에 정격전압의 80[%]만 인가되면 전열기에서 소비되는 전력의 값[W]은?

① 480

② 560

③ 640

④ 800

정답 3번

간단한 해설

전열기의 저항을 일정하게 보면 소비전력은 **인가전압의 제곱에 비례**한다. 전압이 정격의 80%이면 전력은 정격의 64%가 되어 640 W를 소비한다.

계산 과정

정격전력 1,000 W는 정격전압을 인가했을 때 소비하는 전력이다. 정격전압을 V_n, 정격전력을 P_n, 실제 인가전압과 소비전력을 각각 V, P라 하자. 전열기를 **저항 R이 일정한 저항 부하**로 보면, 전력식 $P = VI$와 옴의 법칙 $I = \frac{V}{R}$에 따라 $P = \frac{V^2}{R}$가 성립한다.

정격 상태에서도 $P_n = \frac{V_n^2}{R}$이므로, 같은 저항에서 전력의 비는 $\frac{P}{P_n} = \left(\frac{V}{V_n}\right)^2$이다. 인가전압이 정격전압의 80%이므로 $\frac{V}{V_n} = 0.8$을 대입하면 $\frac{P}{P_n} = 0.8^2 = 0.64$이다. 즉, 실제 소비전력은 **정격전력의 64%**이다.

따라서 소비전력은 1,000 × 0.64 = 640 W이며, ③의 640에 해당한다.

NoteBase

문 20. $L = 4[H]$**의 값을 갖는 인덕턴스에** $i(t) = 10e^{-3t}[A]$**의 전류가 흐를 때, 인덕턴스** L**의 단자전압의 값** $[V]$**은?**

① $40e^{-3t}$

② $-40e^{-3t}$

③ $120e^{-3t}$

④ $-120e^{-3t}$

정답 4번

간단한 해설

인덕터의 단자전압은 **전류의 시간 변화율**에 인덕턴스를 곱한 값이다. 주어진 전류는 시간에 따라 감소하므로 단자전압은 $-120e^{-3t}$V이다.

계산 과정

인덕턴스는 $L = 4$H이고 전류는 $i(t) = 10e^{-3t}$A이다. 인덕턴스가 일정할 때 단자전압은 $v(t) = L\frac{di(t)}{dt}$로 구한다. 이때 전압은 **전류가 들어가는 단자를 (+)로 잡는 수동 부호 규약**을 따른다.

지수함수를 미분할 때는 지수의 미분값인 −3을 곱한다. 따라서 $\frac{di(t)}{dt} = -30e^{-3t}$A/s이다. 이 값은 전류의 시간 변화율이며, 음의 부호는 **전류가 감소하고 있음**을 뜻한다.

전류의 시간 변화율에 인덕턴스 4 H를 곱하면 $v(t) = 4 \cdot (-30e^{-3t})$V이다. 따라서 단자전압은 $-120e^{-3t}$V로, ④의 식과 일치한다.

NoteBase