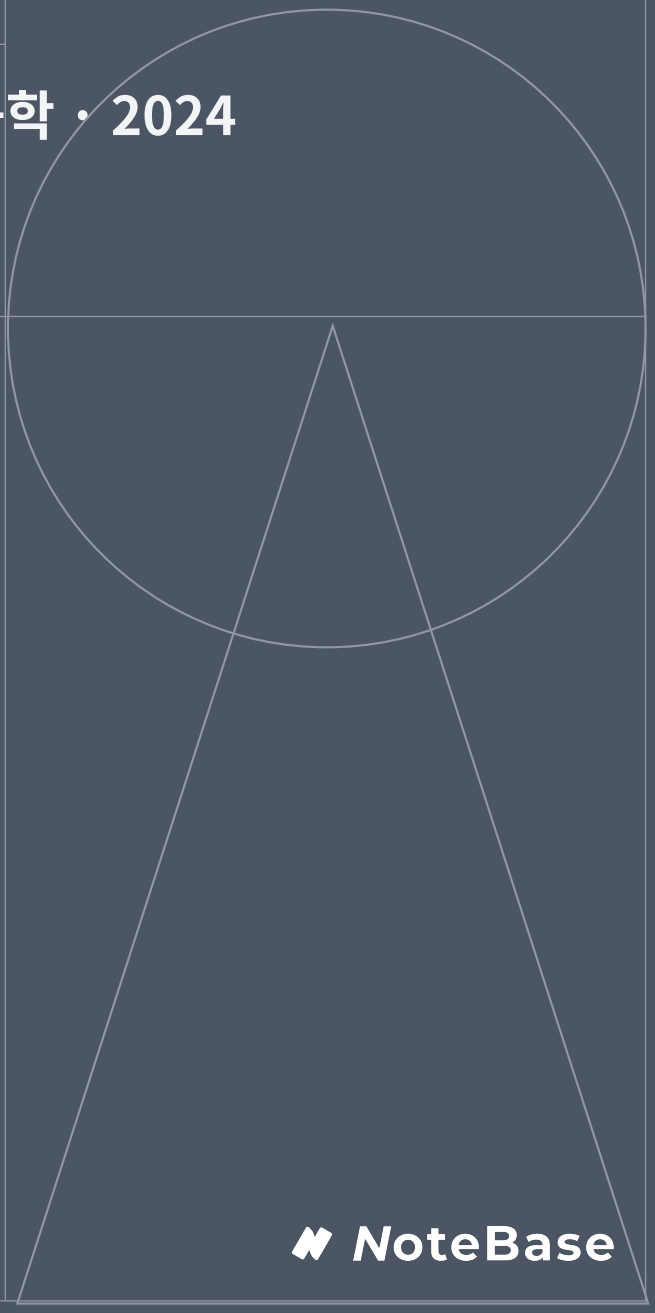
기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 전기공학 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 전기공학 · 2024

공무원/군무원/9급 · 전기공학 · 2024

1. 다음 중 전계 E와 전위 V에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
   ① 전계와 전위의 관계식은 $E = grad\ V$이다.
   ② 전위 분포가 $V = -9x + 6$ [V]로 주어졌을 때 전계의 세기는 $9i$ [V/m]이다.
   ③ 전계의 전기력선은 폐곡선을 이루지 않는다.
   ④ 전계의 방향은 전위가 감소하는 방향으로 향한다.

정답 1번

출제 포인트

전위의 공간 변화로부터 전계를 구하는 관계식과 전계의 기본 성질을 판단하는 문제이다. 특히 전계는 전위가 가장 빠르게 감소하는 방향을 향하므로 음의 부호가 필요하다.

조건 정리

주어진 전위 분포는 $V = -9x + 6[V]$이다. 구해야 할 값은 전위의 기울기로부터 얻는 전계의 방향과 세기이다. 문제는 '가장 적절하지 않은 것'을 묻고 있으므로 틀린 선지를 선택한다.

사용할 공식

전위와 전계의 관계는 다음과 같다.

$\mathbf{E} = -\mathrm{grad}\, V = -\nabla V$

전계가 전위가 감소하는 방향을 향하기 때문에 전위의 기울기에 음의 부호를 붙인다. 전위가 x만의 함수이면 $E_x = -\frac{dV}{dx}$이다.

계산 과정

1. 전위를 x에 대해 미분하면 $\frac{dV}{dx} = -9[V/m]$이다.
2. 전계는 전위 기울기의 음수이므로 $E_x = -(-9) = 9[V/m]$이다.
3. 따라서 $\mathbf{E} = 9\mathbf{i}[V/m]$이며, 전계는 전위가 감소하는 $+x$ 방향을 향한다.

NoteBase

선지 판단

① X — '$\mathbf{E} = \text{grad}\, V$'는 음의 부호가 빠진 표현이다. 올바르게는 $\mathbf{E} = -\text{grad}\, V = -\nabla V$이다.
② O — $V = -9x + 6[V]$에서 $E_x = -\frac{dV}{dx} = 9[V/m]$이므로 전계는 $9\mathbf{i}[V/m]$이다.
③ O — 정전계는 보존장이므로 전기력선이 폐곡선을 이루지 않는다. 전기력선은 높은 전위에서 낮은 전위로 이어진다.
④ O — $\mathbf{E} = -\nabla V$이므로 전계의 방향은 전위가 감소하는 방향이다.

오답 포인트

①의 $\text{grad}\, V$는 전위가 가장 빠르게 증가하는 방향을 나타내지만, 전계는 그 반대인 전위 감소 방향을 향한다.
②에서는 V의 미분값 -9을 그대로 전계로 쓰면 음의 부호를 두 번 확인하지 못하는 오류가 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

전위가 주어지면 먼저 $\mathbf{E} = -\nabla V$를 적고, 각 좌표로 미분한 뒤 앞의 음의 부호를 적용한다. 마지막으로 계산된 전계가 전위 감소 방향을 향하는지 검산한다.

암기 포인트

전계는 전위의 내리막 방향이다: $\mathbf{E} = -\nabla V$.

NoteBase

2. 다음 중 자성체에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
   ① 자계의 세기에 관계없이 급격히 자성을 잃는 점을 퀴리점(Curie point)이라 한다.
   ② 강자성체는 히스테리시스, 고투자율, 자기포화 특성이 있다.
   ③ 히스테리스 곡선에서 횡축과 만나는 점을 보자력이라 한다.
   ④ 강자성체의 히스테리시스 루프의 면적은 단위 면적당의 필요한 에너지이다.

정답 4번

출제 포인트

강자성체의 퀴리점, 히스테리시스, 보자력과 히스테리시스 손실의 의미를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

강자성체는 외부 자계에 강하게 자화되고, 외부 자계를 제거해도 자화가 일부 남아 히스테리시스 현상을 보이는 물질이다.
퀴리점은 강자성체가 가열되어 강자성을 잃는 임계온도이다.
보자력은 잔류자기를 0으로 만들기 위해 반대 방향으로 가해야 하는 자계의 세기이다.
$B-H$ 히스테리시스 루프의 면적은 단위 체적당 1주기 동안 열로 소모되는 히스테리시스 손실 에너지를 나타낸다.

선지별 해설

① O — 강자성체는 온도가 퀴리점에 이르면 강자성을 급격히 잃고 상자성 상태로 전이한다. 따라서 퀴리점을 강자성이 사라지는 임계온도로 설명한 것은 적절하다.
② O — 강자성체는 자계 변화에 대한 자속밀도의 경로가 일치하지 않는 히스테리시스를 보이며, 큰 투자율과 자기포화 특성을 가진다.
③ O — 보자력은 히스테리시스 곡선이 횡축인 자계 세기 H축과 만나는 지점의 값이다. 이 지점에서는 자속밀도 B가 0이 된다.
④ X — 틀린 표현은 '단위 면적당의 필요한 에너지'이다. 히스테리시스 루프의 면적은 자화에 필요한 단위 면적당 에너지가 아니라, 단위 체적당 1주기 동안 소모되는 히스테리시스 손실 에너지이다. 올바르게는 '강자성체의 $B-H$ 히스테리시스 루프 면적은 단위 체적당 1주기의 히스테리시스 손실 에너지를 나타낸다'이다.

NoteBase

오답 포인트

④의 '루프 면적'이라는 말만 보고 에너지라는 점에만 주목하면 단위와 물리적 의미를 놓치기 쉽다. 루프 면적은 단위 면적당 필요한 에너지가 아니라 단위 체적당 매 주기 소모되는 손실 에너지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

히스테리시스 곡선에서는 횡축 절편을 보자력, 종축 절편을 잔류자속밀도로 판단한다. 루프 면적을 묻는 경우에는 단위 체적당 1주기의 히스테리시스 손실 에너지인지 확인한다.

암기 포인트

퀴리점은 강자성 소멸 온도, 횡축 절편은 보자력, 루프 면적은 단위 체적·1주기 손실이다.

NoteBase

3. 부하 역률이 0.7인 선로의 저항 손실은 부하 역률이 0.9인 선로의 저항 손실에 비하여 약 몇 배인가?

① 1.23 ② 1.28

③ 1.65 ④ 2.04

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 동일한 유효전력과 전압에서 선로 전류가 역률에 반비례하고, 선로의 저항 손실이 전류의 제곱에 비례한다는 관계를 이용해 손실비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 비교할 부하 역률은 0.7과 0.9이다.
구해야 할 값: 역률 0.7일 때의 선로 저항 손실을 역률 0.9일 때의 선로 저항 손실로 나눈 비이다.
주의할 조건: 동일한 유효전력과 전압을 공급하고 선로 저항이 같다고 보며, 비교 순서를 뒤집지 않는다.

사용할 공식

선로 전류는 역률에 반비례하므로 $I \propto 1/\cos\phi$이고, 선로 저항 손실은 $P_L = I^2R$이다. 따라서
$\frac{P_{L,0.7}}{P_{L,0.9}} = \left(\frac{I_{0.7}}{I_{0.9}}\right)^2 = \left(\frac{0.9}{0.7}\right)^2$
이다. 이 공식을 쓰는 이유는 같은 유효전력을 전달할 때 역률이 낮아지면 필요한 전류가 커지고, 저항 손실은 그 전류의 제곱만큼 증가하기 때문이다.

계산 과정

1. 전류비를 구하면 $I_{0.7}/I_{0.9} = 0.9/0.7$이다.
2. 저항 손실은 전류의 제곱에 비례하므로 이 비를 제곱한다.
$\left(\frac{0.9}{0.7}\right)^2 = \frac{0.81}{0.49} \approx 1.653$
3. 따라서 역률 0.7인 선로의 저항 손실은 역률 0.9인 선로의 저항 손실의 약 1.65배이다.

선지 판단

① X — 1.23은 손실비 $(0.9/0.7)^2 \approx 1.65$와 일치하지 않는다. 올바르게는 약 1.65배이다.
② X — 1.28은 $0.9/0.7 \approx 1.28$로 전류비만 구하고 제곱하지 않은 값이다. 저항 손실비는 전류비를 제곱한 약 1.65배이다.
③ O — $(0.9/0.7)^2 \approx 1.653$이므로 약 1.65배가 맞다.
④ X — 2.04는 $1/0.7^2 \approx 2.04$로 역률 1을 기준으로 삼은 값이다. 이 문제의 기준은 역률 0.9이므로 올바르게는 약 1.65배이다.
계산 결과가 약 1.65이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

오답 포인트

저항 손실이 전류에 비례한다고 보고 전류비 1.28을 그대로 고르면 ②를 선택하게 된다. 저항 손실은 I^2R이므로 전류비를 반드시 제곱해야 한다. 또한 비교 기준은 역률 1이 아니라 문제에 제시된 역률 0.9이다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 전력과 전압에서 역률만 달라지는 문제는 먼저 $I \propto 1/\cos\phi$로 전류비를 구하고, 선로 저항 손실비는 그 전류비의 제곱으로 판단한다. 분자에는 손실을 구하려는 조건, 분모에는 비교 기준 조건을 둔다.

암기 포인트

동일 전력·동일 전압에서 선로 저항 손실은 역률의 제곱에 반비례한다: $P_L \propto 1/(\cos\phi)^2$.

NoteBase

4. 다음 중 애자에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
① 애자의 구비 조건으로는 절연 내력이 크고 누설 전류는 적어야 한다.
② 가공 송전선에 사용하는 애자련 중 전압 부담이 최소인 것은 전선에 가장 가까운 애자이다.
③ 섬락 사고 시 애자를 보호하고 애자련의 전압분담을 균일하게 하기 위해 아킹 혼을 설치한다.
④ 154 [kV] 송전 선로에 사용되는 현수애자는 1련 현수인 경우 약 9 ~ 11개의 현수애자를 직렬 연결하여 사용한다.

정답 2번

출제 포인트

애자의 구비 조건, 현수애자련의 전압분담, 아킹 혼의 기능, 송전전압에 따른 현수애자 사용 개수를 구분하는 문제이다. 특히 현수애자련에서는 전선에 가까운 애자일수록 전압 부담이 커진다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

애자는 전선을 지지하면서 전선과 지지물 사이를 전기적으로 절연하는 설비이다. 따라서 절연 내력이 크고 누설 전류가 작아야 한다.
현수애자련에서는 각 애자의 자체 정전용량뿐 아니라 철탑 등에 대한 대지 정전용량도 작용하므로 전압이 균일하게 분담되지 않는다. 전선에 가장 가까운 애자의 전압 부담이 가장 크고, 철탑·완금에 가까운 애자의 전압 부담이 가장 작다.

선지별 해설

① O — 애자는 정상 운전전압과 이상전압을 견딜 수 있도록 절연 내력이 커야 하며, 표면을 통한 누설 전류는 작아야 한다.
② X — 틀린 표현은 '전압 부담이 최소인 것은 전선에 가장 가까운 애자'이다. 실제로는 전선에 가장 가까운 애자의 전압 부담이 최대이고, 철탑·완금에 가장 가까운 애자의 전압 부담이 최소이다.
③ O — 아킹 혼은 섬락이 발생할 때 방전 경로를 애자 표면이 아닌 혼 사이에 형성하여 애자를 보호하며, 애자련의 전압분담을 개선하는 데에도 기여한다.
④ O — 154kV 송전선로의 1련 현수애자는 통상 약 9~11개의 현수애자를 직렬로 연결하여 구성한다.

NoteBase

오답 포인트

②는 전선에서 가까우면 전압 부담이 작을 것처럼 표현한 것이 함정이다. 현수애자련의 전압분포는 균일하지 않으며 전선측 애자에 가장 큰 전압이 걸린다.

다시 나오면 이렇게 판단

현수애자련의 전압분담을 물으면 '전선측 최대, 철탑측 최소'로 판단한다. 이어서 전압분담이 균일하지 않은 원인은 애자와 철탑 사이의 대지 정전용량이라는 점을 연결한다.

암기 포인트

현수애자 전압 부담은 전선측이 최대, 철탑측이 최소이다.

NoteBase

5. 총 설비용량 100 [kW], 수용률 80 [%], 부하율 70 [%]인 어느 수용가의 평균전력 [kW]의 값은?
① 56 ② 64
③ 70 ④ 80

정답 1번

출제 포인트

총 설비용량에 수용률을 적용해 최대전력을 구하고, 최대전력에 부하율을 적용해 평균전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 총 설비용량 100kW, 수용률 80%, 부하율 70%
구해야 할 값: 평균전력 (kW)
주의할 조건: 수용률과 부하율은 백분율이므로 각각 0.8과 0.7로 바꾸어 적용한다.

사용할 공식

최대전력=총 설비용량×수용률
평균전력=최대전력×부하율
수용률은 총 설비용량 중 실제로 동시에 사용되는 최대전력의 비율이고, 부하율은 최대전력에 대한 평균전력의 비율이므로 두 비율을 차례로 적용한다.

계산 과정

1. 최대전력은 $100kW \times 0.8 = 80kW$이다.
2. 평균전력은 $80kW \times 0.7 = 56kW$이다.
3. 따라서 평균전력은 $56kW$이다.

선지 판단

① O — 계산 결과가 $56kW$이므로 옳다.
② X — $64kW$는 부하율 70% 대신 수용률 80%를 한 번 더 적용한 값이다. ②의 '$64kW$'는 '$56kW$'로 고쳐야 한다.
③ X — $70kW$는 총 설비용량에 부하율만 적용하고 수용률을 누락한 값이다. ③의 '$70kW$'는 '$56kW$'로 고쳐야 한다.
④ X — $80kW$는 수용률만 적용해 구한 최대전력이며 평균전력이 아니다. ④의 '$80kW$'는 '$56kW$'로 고쳐야 한다.
계산 결과가 $56kW$이므로 정답은 1번이다.

NoteBase

오답 포인트

수용률을 적용한 80kW는 최대전력이다. 문제에서 평균전력을 묻고 있으므로 여기에 부하율 70%를 추가로 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

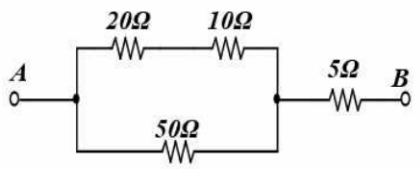
평균전력을 구할 때는 '총 설비용량 → 수용률 적용 → 최대전력 → 부하율 적용 → 평균전력'의 순서로 판단한다.

암기 포인트

평균전력은 총 설비용량×수용률×부하율이다.

NoteBase

6. 다음과 같은 회로에서 20[Ω]의 전압이 200[V]일 때, 5[Ω]에 흐르는 전류 $I_{5\Omega}$[A]와 단자전압 V_{AB}[V] 각각의 값은?



① $I_{5\Omega} = 8$ [A], $V_{AB} = 190$ [V]
② $I_{5\Omega} = 8$ [A], $V_{AB} = 380$ [V]
③ $I_{5\Omega} = 16$ [A], $V_{AB} = 190$ [V]
④ $I_{5\Omega} = 16$ [A], $V_{AB} = 380$ [V]

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직렬·병렬 회로의 전류와 전압 관계를 이용하여 5Ω 저항의 전류와 단자전압 V_{AB}를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 20Ω 저항의 전압은 200V이다.
구해야 할 값: $I_{5\Omega}$와 V_{AB}이다.
주의할 조건: 위쪽 가지의 20Ω와 10Ω는 직렬이고, 이 직렬 가지는 50Ω와 병렬이다. 병렬부를 지난 두 가지 전류가 합쳐져 5Ω 저항으로 흐른다.

사용할 공식

옴의 법칙은 $V = IR$이다. 직렬 회로에서는 전류가 같고, 병렬 회로에서는 각 가지의 전압이 같다. 접점에서 합쳐지는 전류에는 키르히호프의 전류 법칙 $I = I_1 + I_2$를 적용한다.
이 공식을 쓰는 이유: 20Ω의 전압으로 위쪽 가지 전류를 구할 수 있고, 위쪽 직렬 가지의 전체 전압이 곧 병렬부 전압이므로 아래쪽 가지 전류와 전체 전류를 차례로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 위쪽 가지의 전류는 I_상=(200 V)/(20 Ω)=10 A이다.
2. 위쪽 가지의 20Ω와 10Ω는 직렬이므로 병렬부 양단 전압은 V_병렬=10 A×(20+10) Ω=300 V이다.
3. 50Ω 가지에도 같은 300V가 걸리므로 $I_{50\Omega} = \frac{300V}{50\Omega} = 6A$이다.
4. 두 가지 전류가 합쳐져 5Ω 저항으로 흐르므로 $I_{5\Omega} = 10A + 6A = 16A$이다.
5. 5Ω 저항의 전압강하는 $V_5 = 16A \times 5\Omega = 80V$이다. 따라서 A에서 B까지의 전체 전압강하는 $V_{AB} = 300V + 80V = 380V$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $I_{5\Omega} = 8A$, $V_{AB} = 190V$라는 두 값이 모두 틀리다. 올바르게는 두 병렬 가지의 전류를 합하여 $I_{5\Omega} = 16A$이고, 병렬부와 5Ω의 전압강하를 더하여 $V_{AB} = 380V$이다.
② X — $V_{AB} = 380V$는 맞지만 $I_{5\Omega} = 8A$가 틀리다. 올바르게는 $10A + 6A = 16A$이다.
③ X — $I_{5\Omega} = 16A$는 맞지만 $V_{AB} = 190V$가 틀리다. 올바르게는 $300V + 80V = 380V$이다.
④ O — $I_{5\Omega} = 16A$, $V_{AB} = 380V$로 두 계산 결과가 모두 일치한다.

오답 포인트

20Ω 저항의 $200V$를 회로 전체 전압으로 보면 안 된다. 이 전압으로 먼저 위쪽 가지 전류를 구한 뒤, 직렬인 10Ω의 전압강하까지 더하여 병렬부 전압 $300V$를 구해야 한다. 또한 5Ω에는 한 가지 전류가 아니라 위쪽의 $10A$와 아래쪽의 $6A$가 합쳐져 흐른다.

다시 나오면 이렇게 판단

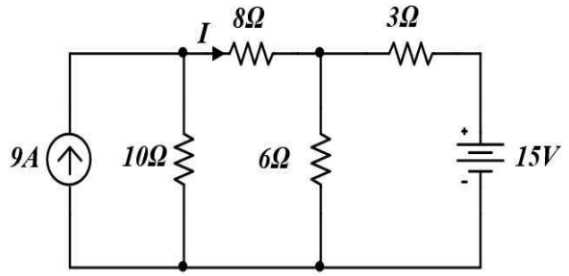
특정 저항의 전압이 주어진 혼합회로에서는 그 저항의 전류를 옴의 법칙으로 구하고, 직렬 구간의 전압을 복원한 다음, 병렬 가지 전류를 구해 접점에서 합산한다. 마지막으로 단자전압은 전류 방향에 따른 각 직렬 구간의 전압강하를 더해 판단한다.

암기 포인트

직렬은 전류가 같고, 병렬은 전압이 같으며, 접점에서는 전류가 합쳐진다. 단자전압은 전류 방향의 전압강하를 모두 더한 값이다.

NoteBase

7. 다음 회로 8[Ω]에 흐르는 전류 I[A]의 값은?



① 4 ② 5
③ 8 ④ 10

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 기준 노드에 대한 두 노드의 전압을 정하고 키르히호프의 전류 법칙(KCL)을 적용하여 8Ω 저항에 흐르는 전류 *I*를 구하는 문제이다.

조건 정리

아래 공통선을 기준 노드 $0V$로 둔다.
8Ω 저항의 왼쪽 노드 전압을 V_1, 오른쪽 노드 전압을 V_2로 둔다.
전압원의 위쪽이 +이므로 전압원 위쪽 노드는 $15V$이다.
전류원은 아래에서 위로 $9A$를 V_1 노드에 공급하며, 구하려는 전류의 기준 방향은 그림처럼 왼쪽에서 오른쪽이다.

사용할 공식

각 노드에서 유입 전류와 유출 전류의 합이 같다는 KCL을 사용한다.

$$\frac{V_1}{10}+\frac{V_1-V_2}{8}=9$$
$$\frac{V_2}{6}+\frac{V_2-V_1}{8}+\frac{V_2-15}{3}=0$$

각 가지 전류를 노드 전압차를 저항으로 나눈 값으로 나타낼 수 있으므로 이 식을 사용한다. 구하려는 전류는 $I=\frac{V_1-V_2}{8}$이다.

NoteBase

계산 과정

첫 번째 노드 방정식을 정리하면
$9V_1 - 5V_2 = 360$
이다. 두 번째 노드 방정식을 정리하면
$-V_1 + 5V_2 = 40$
이다. 두 식을 연립하면
$V_1 = 50V, \qquad V_2 = 18V$
이므로
$I = \frac{V_1 - V_2}{8} = \frac{50 - 18}{8} = 4A$
이다. 계산값이 양수이므로 실제 전류 방향도 그림의 화살표 방향과 같다.

선지 판단

① O — 계산 결과가 $4A$이므로 옳다.
② X — $5A$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $5A$를 $4A$로 고쳐야 한다.
③ X — $8A$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $8A$를 $4A$로 고쳐야 한다.
④ X — $10A$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $10A$를 $4A$로 고쳐야 한다.
따라서 정답은 ①이다.

오답 포인트

전압원의 위쪽 노드를 $+15V$가 아닌 $-15V$로 두거나, 8Ω 저항의 전류를 $(V_2 - V_1)/8$로 쓰면 부호와 값이 달라진다. 또한 $9A$는 회로 전체에 그대로 흐르는 전류가 아니라 V_1 노드에서 10Ω 가지와 8Ω 가지로 나뉘는 전류이다.

다시 나오면 이렇게 판단

공통선을 기준 노드로 정하고, 전압원의 극성으로 이미 아는 노드 전압을 먼저 표시한 뒤, 미지 노드마다 KCL 방정식을 세운다. 마지막에는 구하려는 가지의 화살표 방향에 맞추어 '출발 노드 전압 − 도착 노드 전압'을 저항으로 나눈다.

암기 포인트

노드 해석의 핵심은 '기준 노드 설정 → 전원 극성 반영 → 각 미지 노드에 KCL → 가지 전류 계산'이다.

NoteBase

8. 다음 중 정전용량에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?

① 반지름 r [m]인 도체구의 정전용량 [F]은 $4\pi\epsilon_0 r$이다.

② $\frac{1}{9}$ [nF]의 정전용량을 가진 도체구의 반지름 [m]은 1 [m]이다.

③ 동심 구형 커패시터의 내외 반지름을 각각 4배로 하면 정전용량은 $\frac{1}{4}$배가 된다.

④ 정전용량은 커패시터가 전하를 축적하는 능력으로 도체의 전위를 1 [V]로 하는 데 필요한 전하량을 말한다.

정답 3번

출제 포인트

고립 도체구와 동심 구형 커패시터의 정전용량 공식을 적용하고, 모든 반지름을 같은 비율로 확대할 때 정전용량이 어떻게 변하는지 판단하는 문제이다.

조건 정리

고립 도체구의 반지름은 r이고, 동심 구형 커패시터의 내반지름과 외반지름은 각각 a, b이다. 진공의 유전율은 ε_0이다. 정전용량은 전하량과 전위차의 비 $C = Q/V$로 정의된다.

사용할 공식

고립 도체구: $C = 4\pi\varepsilon_0 r$

동심 구형 커패시터: $C = 4\pi\varepsilon_0 \frac{ab}{b-a}$

정의식: $C = \frac{Q}{V}$

구형 도체의 정전용량은 반지름에 비례하고, 동심 구형 커패시터도 두 반지름을 같은 비율로 확대하면 전체 길이 비율만큼 정전용량이 커지므로 이 공식들을 사용한다.

계산 과정

① 고립 도체구는 $C = 4\pi\varepsilon_0 r$이다.

② $1/(4\pi\varepsilon_0) = 9 \times 10^9$을 이용하면 $r = \frac{C}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \times 10^9 \times \frac{1}{9} \times 10^{-9} = 1m$

이다.

③ a와 b를 모두 4배로 하면 $C' = 4\pi\varepsilon_0 \frac{(4a)(4b)}{4b-4a} = 4\left(4\pi\varepsilon_0 \frac{ab}{b-a}\right) = 4C$

가 된다. 따라서 정전용량은 1/4배가 아니라 4배가 된다.

NoteBase

선지 판단

① O — 반지름이 r인 고립 도체구의 정전용량은 $4\pi\varepsilon_0 r$이므로 옳다.
② O — $C = (1/9)nF$를 고립 도체구 공식에 대입하면 $r = 1m$이므로 옳다.
③ X — '정전용량은 1/4배가 된다'가 틀린 표현이다. 내반지름과 외반지름을 각각 4배로 하면 정전용량은 4배가 된다.
④ O — $C = Q/V$이므로 정전용량은 도체의 전위를 $1V$ 높이는 데 필요한 전하량과 수치적으로 같다. 단위 관계도 $1F = 1C/V$이다.

오답 포인트

③에서 반지름이 커지면 정전용량이 감소한다고 거꾸로 판단하기 쉽다. 동심 구형 커패시터 공식에서 분자는 반지름 두 개의 곱이어서 16배, 분모는 반지름의 차이여서 4배가 되므로 전체 정전용량은 4배가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

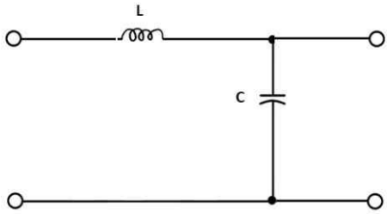
구형 커패시터의 모든 길이를 같은 비율 k로 확대하면 공식에 직접 대입하여 분자의 k^2과 분모의 k를 약분한다. 그 결과 정전용량은 길이 비율과 같은 k배가 된다.

암기 포인트

구형 도체의 정전용량은 크기에 비례한다. 모든 반지름을 k배로 하면 정전용량도 k배이다.

NoteBase

9. 다음 회로에서 4단자 정수 A, B, C, D 중 C의 값은?



① 1
② $1+j\omega(L+C)$
③ $j\omega L$
④ $j\omega C$

정답 4번

출제 포인트

직렬 임피던스와 병렬 어드미턴스가 차례로 연결된 회로의 전송행렬을 곱하여 4단자 정수 C를 구하는 문제이다.

조건 정리

직렬 인덕터의 임피던스는 $Z_L = j\omega L$이다.
병렬 커패시터의 어드미턴스는 $Y_C = j\omega C$이다.
구해야 하는 것은 커패시턴스 자체가 아니라 전체 회로 전송행렬의 왼쪽 아래 성분인 C-정수이다.

사용할 공식

직렬 임피던스 Z의 전송 파라미터는 $(A, B, C, D) = (1, Z, 0, 1)$이고, 병렬 어드미턴스 Y의 전송 파라미터는 $(A, B, C, D) = (1, 0, Y, 1)$이다. 입력에서 출력 방향으로 직렬 인덕터와 병렬 커패시터가 이어지므로 두 전송 파라미터를 이 순서대로 결합한다.

계산 과정

직렬 인덕터와 병렬 커패시터를 결합한 전체 전송 파라미터는 $(A, B, C, D) = (1 + Z_L Y_C, Z_L, Y_C, 1)$이다.
따라서 왼쪽 아래 성분은
$C = Y_C = j\omega C$
가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X — 1은 전체 전송행렬의 D-정수이다. 올바르게는 $C = j\omega C$이다.
② X — $1 + j\omega(L + C)$는 전송행렬의 어느 성분에도 해당하지 않으며, 단위가 다른 L과 C를 그대로 더할 수도 없다. 올바르게는 $C = j\omega C$이다.
③ X — $j\omega L$은 직렬 인덕터의 임피던스이므로 B-정수이다. 올바르게는 $C = j\omega C$이다.
④ O — 병렬 커패시터의 어드미턴스가 전송행렬의 C-정수가 되므로 $j\omega C$가 맞다.

오답 포인트

회로 소자의 기호 C와 4단자 정수 C가 같다는 점, 그리고 직렬 소자의 임피던스는 B-정수에, 병렬 소자의 어드미턴스는 C-정수에 대응한다는 점을 혼동하기 쉽다. 특히 ③의 $j\omega L$은 인덕터가 먼저 보인다는 이유로 고르기 쉬운 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

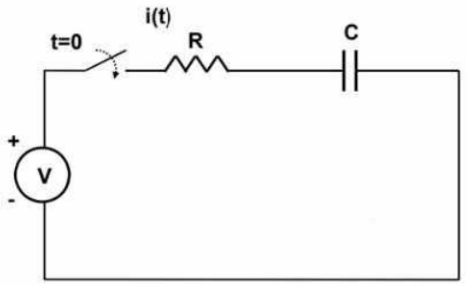
입력에서 출력 방향으로 각 소자의 전송행렬을 적고 연결 순서대로 곱한 뒤, 결과 행렬의 왼쪽 아래 성분을 읽으면 C-정수를 판단할 수 있다.

암기 포인트

직렬 Z는 B, 병렬 Y는 C에 들어가며, 커패시터의 어드미턴스는 $j\omega C$이다.

NoteBase

10. 다음 회로의 시정수와 과도현상이 사라지는 시간을 계산한 값은?
(단, $R = 10\,[\Omega]$, $C = 100\,[\mu F]$이다.)



① 1 [ms], 4 ~ 5 [ms]
② 0.5 [ms], 2 ~ 2.5 [ms]
③ 10 [ms], 30 [ms]
④ 2 [ms], 8 [ms]

정답 1번

출제 포인트

직렬 RC 회로의 시정수 $\tau = RC$와 과도현상이 사실상 사라지는 시간인 약 $4\tau \sim 5\tau$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R = 10\Omega, C = 100\mu F = 100 \times 10^{-6} F$이다.
구해야 할 값: 시정수 τ와 과도현상이 사실상 사라지는 시간이다.
주의할 조건: 전원 전압의 크기는 시정수에 영향을 주지 않으며, 저항과 정전용량의 곱으로 결정된다.

사용할 공식

직렬 RC 회로의 시정수는
$\tau = RC$
이다. 충전 또는 방전의 과도성분은 지수적으로 감소하므로, 과도현상이 사실상 사라지는 시간은 보통
$t \approx 4\tau \sim 5\tau$
로 본다.

NoteBase

계산 과정

1. 정전용량을 환산하면 $100\mu F = 100 \times 10^{-6} F$이다.
2. 시정수는
$\tau = RC = 10 \times 100 \times 10^{-6} = 1 \times 10^{-3} s = 1ms$
이다.
3. 과도현상이 사실상 사라지는 시간은
$t \approx 4\tau \sim 5\tau = 4ms \sim 5ms$
이다.

선지 판단

① O — 시정수 $1ms$, 과도현상 소멸 시간 $4 \sim 5ms$로 계산 결과와 모두 일치한다.
② X — '$0.5ms$, $2 \sim 2.5ms$'는 시정수와 소멸 시간을 각각 실제 값의 절반으로 잡은 것이다. 올바르게는 '$1ms$, $4 \sim 5ms$'이다.
③ X — '$10ms$, $30ms$'는 $C = 100\mu F$의 단위 환산과 $4\tau \sim 5\tau$ 기준에 맞지 않는다. 올바르게는 '$1ms$, $4 \sim 5ms$'이다.
④ X — '$2ms$, $8ms$'는 시정수를 실제 값의 두 배로 계산한 것이다. 올바르게는 '$1ms$, $4 \sim 5ms$'이다.

오답 포인트

핵심 함정은 μF를 F로 환산할 때 10^{-6}을 빠뜨리는 것과, '시정수' 자체와 '과도현상이 사실상 사라지는 시간'을 같은 값으로 보는 것이다. 이 문항에서는 먼저 $\tau = 1ms$를 구한 뒤 소멸 시간을 $4\tau \sim 5\tau$로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 정전용량의 단위를 F로 환산하고, $\tau = RC$를 계산한 다음, 과도현상 소멸 시간을 묻는 경우 $4\tau \sim 5\tau$를 적용한다. 마지막으로 $\Omega \cdot F = s$가 되는지 단위를 검산한다.

암기 포인트

RC 회로는 '시정수 $\tau = RC$, 사실상 정상상태는 약 $4\tau \sim 5\tau$'로 기억한다.

NoteBase

11. 다음 중 전력계통의 안정도 향상 대책으로 가장 적절한 것은?
① 송전계통의 전달 리액턴스를 증가시킨다.
② 고속 재폐로 방식을 채용한다.
③ 전원측 원동기용 조속기의 작동을 느리게 한다.
④ 고장을 줄이기 위하여 각 계통을 분리시킨다.

정답 2번

출제 포인트

전력계통의 안정도를 높이는 대책이 사고 후 동기 상태의 회복과 유지에 유리한지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

전력계통 안정도는 외란이 발생한 뒤에도 발전기들이 동기를 유지하고 계통이 정상 운전 상태로 회복하는 능력이다. 안정도를 높이려면 송전 리액턴스를 줄여 전달 능력을 키우고, 보호·재폐로와 조속기 동작을 빠르게 하여 사고의 영향과 지속 시간을 줄여야 한다.

선지별 해설

① X
틀린 표현은 '전달 리액턴스를 증가시킨다'이다. 전달 리액턴스가 커지면 송전 가능한 최대 전력이 감소하여 안정도가 낮아진다. 올바르게는 송전선의 병렬화나 직렬 보상 등으로 전달 리액턴스를 감소시킨다.

② O
고속 재폐로는 일시적인 고장으로 차단된 송전선을 빠르게 다시 투입하여 고장 지속 시간과 전력 전달 중단 시간을 줄이므로 과도 안정도 향상에 유리하다.

③ X
틀린 표현은 '조속기의 작동을 느리게 한다'이다. 조속기 응답이 느리면 발전기 속도와 주파수의 변동을 신속히 억제하기 어렵다. 올바르게는 조속기를 빠르게 동작시켜 원동기 출력을 신속히 조절한다.

④ X
틀린 표현은 '각 계통을 분리시킨다'이다. 계통을 상시 분리하면 계통 간 동기화력과 전력 융통 효과를 활용하기 어렵다. 올바르게는 계통을 적절히 연계하고, 고장 발생 시에는 보호장치로 고장 구간만 신속히 분리한다.

NoteBase

오답 포인트

①은 리액턴스가 클수록 전류가 제한되어 안전할 것처럼 보이지만, 안정도에서는 전달 리액턴스가 작을수록 최대 송전 전력이 커진다. ④도 고장 확산 방지와 계통 전체의 상시 분리를 혼동하게 만드는 표현이다.

다시 나오면 이렇게 판단

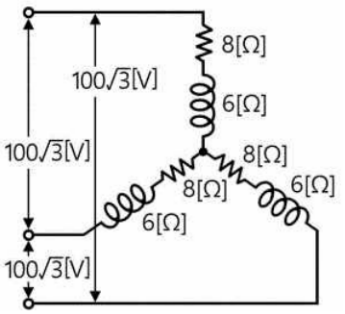
사고의 제거·복구 시간을 줄이는 대책, 전달 리액턴스를 줄이는 대책, 발전기와 원동기의 제어 응답을 빠르게 하는 대책은 안정도 향상 방향으로 판단한다. 반대로 고장 지속 시간을 늘리거나 계통 간 결합을 약화하는 대책은 안정도를 낮추는 방향으로 판단한다.

암기 포인트

안정도 향상의 핵심은 '리액턴스는 작게, 고장 제거·재폐로·제어는 빠르게'이다.

NoteBase

12. 다음 평형 3상 Y결선에 선간전압 $100\sqrt{3}$ [V]가 공급될 때 선전류 [A]의 값은?



① 5 ② 10
③ 15 ④ 20

정답 2번

출제 포인트

평형 3상 Y결선에서 선간전압을 상전압으로 바꾸고, 상임피던스의 크기로 나누어 선전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 선간전압은 $V_L = 100\sqrt{3}V$이다. 각 상의 저항과 유도성 리액턴스는 각각 $R = 8\Omega$, $X_L = 6\Omega$이므로 상임피던스는 $Z = 8 + j6\Omega$이다. 평형 Y결선에서는 $V_L = \sqrt{3}V_\phi$이고 선전류와 상전류가 같아 $I_L = I_\phi$이다.

사용할 공식

$V_\phi = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$
$|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2}$
$I_L = I_\phi = \frac{V_\phi}{|Z|}$
각 상에 동일한 직렬 $R-L$ 임피던스가 연결된 평형 Y부하이므로 위 관계를 사용한다.

계산 과정

1. 상전압은 $V_\phi = (100\sqrt{3})/\sqrt{3} = 100V$이다.
2. 상임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\Omega$이다.
3. 상전류의 크기는 $I_\phi = 100/10 = 10A$이다. Y결선에서는 $I_L = I_\phi$이므로 선전류는 $10A$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $5A$는 계산값 $10A$와 일치하지 않는다. 올바르게는 선전류가 $10A$이다.
② O — 상전압 $100V$를 임피던스 크기 10Ω로 나누면 선전류가 $10A$이므로 맞다.
③ X — $15A$는 계산값 $10A$와 일치하지 않는다. 올바르게는 선전류가 $10A$이다.
④ X — $20A$는 계산값 $10A$와 일치하지 않는다. 올바르게는 선전류가 $10A$이다.

오답 포인트

선간전압 $100\sqrt{3}V$를 상임피던스에 바로 나누면 안 된다. Y결선에서는 먼저 $\sqrt{3}$으로 나누어 상전압 $100V$를 구한다. 또한 직렬 $R-L$ 회로의 임피던스 크기는 $8+6=14\Omega$가 아니라 $\sqrt{8^2+6^2}=10\Omega$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

평형 Y결선 전류 문제는 선간전압을 $\sqrt{3}$으로 나누어 상전압을 구한 뒤, 상임피던스의 크기로 나누고 $I_L=I_\phi$를 적용한다.

암기 포인트

Y결선은 $V_L=\sqrt{3}V_\phi$, $I_L=I_\phi$이다. 직렬 $R-L$ 임피던스의 크기는 $|Z|=\sqrt{R^2+X_L^2}$이다.

NoteBase

13. 공기의 절연내력 E [V/m]을 넘지 않게 평판 콘덴서 전극 간 V [V]의 전위차를 가할 때 콘덴서의 단위 면적당 최대 용량으로 가장 적절한 것은?

① $\frac{\epsilon_0 E}{V}\,[F/m^2]$

② $\epsilon_0 EV\,[F/m^2]$

③ $\frac{\epsilon_0 V}{E}\,[F/m^2]$

④ $\frac{EV}{\epsilon_0}\,[F/m^2]$

정답 3번

출제 포인트

평행판 콘덴서의 단위 면적당 정전용량과 절연파괴를 피하기 위한 최소 극판 간격의 관계를 묻는 문제이다.

조건 정리

공기의 유전율은 ε_0, 절연내력은 $E[V/m]$, 극판 사이 전위차는 $V[V]$이다. 극판 간격을 d라 하면 전기장은 V/d이고, 절연파괴를 피하려면 $V/d \le E$이어야 한다. 따라서 최소 간격은 $d_{\min} = V/E$이다.

사용할 공식

평행판 콘덴서의 단위 면적당 정전용량은

$\frac{C}{A} = \frac{\varepsilon_0}{d}$

이다. 정전용량을 최대로 하려면 허용되는 최소 간격 $d_{\min} = V/E$를 사용한다.

계산 과정

최소 간격을 대입하면

$\left(\frac{C}{A}\right)_{\max} = \frac{\varepsilon_0}{V/E} = \frac{\varepsilon_0 E}{V}[F/m^2]$

이다. 따라서 제시된 식과 단위에 따른 물리적 계산 결과는 ①이다. 제공된 공식 답안 ③의 $\varepsilon_0 V/E$는 차원이 F이므로 문항의 요구 단위인 F/m^2와 일치하지 않는다.

NoteBase

선지 판단

① O — $d_{\min} = V/E$를 $C/A = \varepsilon_0/d$에 대입하면 $\varepsilon_0 E/V$가 된다. 다만 제공된 공식 답안은 ③으로 지정되어 있다.
② X — $\varepsilon_0 EV$는 전압 V를 나누지 않고 곱한 식이다. 올바르게는 $\varepsilon_0 E/V$이다.
③ X — E와 V의 분자·분모가 뒤바뀌었다. 또한 $\varepsilon_0 V/E$의 차원은 F이다. 올바르게는 $\varepsilon_0 E/V[F/m^2]$이다. 다만 이 선지는 제공된 공식 답안으로 지정되어 있다.
④ X — 유전율 ε_0은 분모가 아니라 분자에 있어야 한다. 올바르게는 $\varepsilon_0 E/V$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 절연 조건 $V/d \le E$에서 최소 간격을 구할 때 E와 V의 위치를 뒤집는 것이다. $d_{\min} = V/E$이고, 이를 다시 $C/A = \varepsilon_0/d$의 분모에 넣으면 최종식에서는 E/V가 된다. 이 계산 및 차원 검산 결과와 제공된 답안키 ③은 서로 일치하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $V/d \le E$에서 최소 간격을 구하고, 그 값을 $C/A = \varepsilon_0/d$에 대입한 뒤 단위가 F/m^2인지 검산한다.

암기 포인트

절연 한계에서 $d_{\min} = V/E$, 따라서 $(C/A)_{\max} = \varepsilon_0 E/V$이다.

NoteBase

14. 3상 평형부하가 있다고 하자. 선전류가 5[A]이고 부하의 총 소비전력이 4[kW]라면 이 부하의 등가 Y 회로에 대한 각 상의 저항[Ω]의 값은?

① 160 ② $\frac{160}{3}$

③ $160\sqrt{3}$ ④ $\frac{160}{\sqrt{3}}$

정답 2번

출제 포인트

평형 3상 Y 결선의 전력 관계와 상전류·선전류의 관계를 이용하여 각 상의 저항을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 선전류 $I_L = 5A$, 총 소비전력 $P = 4kW = 4000W$이다.
구해야 할 값: 등가 Y 회로의 각 상 저항 R이다.
주의할 조건: Y 결선에서는 상전류와 선전류가 같으므로 $I_{ph} = I_L = 5A$이다.

사용할 공식

평형 3상 부하의 총 유효전력은 등가 Y 회로의 각 상 저항을 이용하면
$P = 3I_{ph}^2R$
이다. 세 상의 저항과 전류가 같고, 전체 유효전력은 각 상의 저항에서 소비되는 전력 I_{ph}^2R의 3배이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. Y 결선이므로 상전류는 $I_{ph} = 5A$이다.
2. 총 소비전력을 W로 바꾸면 $4kW = 4000W$이다.
3. 전력식에 대입하면
$4000 = 3 \times 5^2 \times R$
$R = \frac{4000}{3 \times 25} = \frac{160}{3}\Omega$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 160Ω은 총 소비전력을 한 상의 전력처럼 보고 $R = P/I^2$로 계산하여 3상이라는 조건을 누락한 값이다. 올바른 각 상의 저항은 $\frac{160}{3}\Omega$이다.
② O — $P = 3I_{ph}^2R$에 $P = 4000W$, $I_{ph} = 5A$를 대입한 결과와 같은 $\frac{160}{3}\Omega$이다.
③ X — $160\sqrt{3}\Omega$은 계산 결과 $\frac{160}{3}\Omega$와 일치하지 않는다. 이 선지의 값을 올바르게 고치면 $\frac{160}{3}\Omega$이다.
④ X — $\frac{160}{\sqrt{3}}\Omega$은 Y 결선의 상전류 관계를 반영한 $P = 3I_{ph}^2R$로 계산한 값이 아니다. 이 선지의 값을 올바르게 고치면 $\frac{160}{3}\Omega$이다.
계산 결과 각 상의 저항은 $\frac{160}{3}\Omega$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

①처럼 총 3상 전력에 단상 공식 $P = I^2R$을 그대로 적용하면 상의 개수 3을 빠뜨리게 된다. 또한 Y 결선의 전압 관계에 쓰이는 $\sqrt{3}$을 저항 계산에 임의로 곱하거나 나누면 ③이나 ④와 같은 값이 나온다. 이 문항은 선전류가 주어졌으므로 Y 결선에서 $I_{ph} = I_L$임을 먼저 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

평형 3상 부하의 등가 저항을 구할 때는 먼저 결선에 따른 상전류를 정한 뒤, 총 유효전력 $P = 3I_{ph}^2R$에 대입하고 전력 단위를 W로 통일하여 계산한다.

암기 포인트

Y 결선은 $I_{ph} = I_L$, 등가 Y 회로의 각 상 저항에 소비되는 3상 유효전력은 $P = 3I_{ph}^2R$이다.

NoteBase

15. 어떤 C에 저장된 에너지가 전압 1[kV]가 인가되었을 때 0.5[J]이라면 C[μF]의 값은?

① 0.01 ② 0.1

③ 1 ④ 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 커패시터에 저장되는 에너지 공식으로 정전용량을 구하고, 전압과 정전용량의 단위를 정확히 환산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 저장 에너지 $W = 0.5J$, 전압 $V = 1kV = 10^3V$이다.
구해야 할 값: 정전용량 C를 μF 단위로 구한다.
주의할 조건: 에너지 공식에서 전압은 제곱되며, $1F = 10^6\mu F$이다.

사용할 공식

커패시터에 저장되는 에너지는
$W = \frac{1}{2}CV^2$
이므로 정전용량은
$C = \frac{2W}{V^2}$
이다. 커패시터의 저장 에너지, 전압, 정전용량 사이의 관계를 묻고 있으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

전압을 기본 단위로 바꾸면 $1kV = 10^3V$이다.
이를 공식에 대입하면
$C = \frac{2 \times 0.5}{(10^3)^2} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6}F$
이다. $10^{-6}F = 1\mu F$이므로 정전용량은 $1\mu F$이다.

선지 판단

① X — $0.01\mu F$는 계산 결과 $1\mu F$와 일치하지 않는다. 올바르게는 $0.01\mu F$가 아니라 $1\mu F$이다.
② X — $0.1\mu F$는 계산 결과보다 10배 작다. 올바르게는 $0.1\mu F$가 아니라 $1\mu F$이다.
③ O — 에너지 공식에 $W = 0.5J$, $V = 10^3V$를 대입하면 $C = 10^{-6}F = 1\mu F$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — $10\mu F$는 계산 결과보다 10배 크다. 올바르게는 $10\mu F$가 아니라 $1\mu F$이다.

NoteBase

오답 포인트

전압 $1kV$를 $10^{3}V$로 바꾼 뒤 반드시 제곱해야 한다. 또한 계산값 $10^{-6}F$는 $1\mu F$이며, F와 μF의 환산에서 소수점을 잘못 옮기면 ②나 ④를 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

커패시터 에너지 문제에서는 $W=\frac{1}{2}CV^{2}$에서 구하려는 문자를 정리하고, 전압을 V 단위로 환산한 뒤 계산하며, 마지막에 F를 μF로 변환한다.

암기 포인트

커패시터 에너지는 전압의 제곱에 비례한다: $W=\frac{1}{2}CV^{2}$. 또한 $1\mu F=10^{-6}F$이다.

NoteBase

16. 라플라스 함수의 역변환된 함수로 가장 적절한 것은?

$$F(s)=\frac{s+3}{s(s+1)(s+2)}$$

① $f(t)=\frac{3}{2}+2e^{-t}-\frac{1}{2}e^{-2t}$

② $f(t)=\frac{3}{2}+2e^{-t}-\frac{3}{2}e^{-2t}$

③ $f(t)=\frac{3}{2}-2e^{-t}-\frac{1}{2}e^{-2t}$

④ $f(t)=\frac{3}{2}-2e^{-t}+\frac{1}{2}e^{-2t}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 유리함수 $F(s)$를 부분분수로 분해한 뒤 각 항에 역라플라스 변환을 적용하여 $f(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 함수: $F(s)=\frac{s+3}{s(s+1)(s+2)}$

구해야 할 함수: $f(t)=\mathcal{L}^{-1}\{F(s)\}$

주의할 조건: 분모의 일차 인수 s, $s+1$, $s+2$에 대응하는 부분분수 계수의 부호를 정확히 계산해야 한다.

사용할 공식

$\frac{s+3}{s(s+1)(s+2)}=\frac{A}{s}+\frac{B}{s+1}+\frac{C}{s+2}$

$\mathcal{L}^{-1}\left\{\frac{1}{s+a}\right\}=e^{-at}$

분모가 서로 다른 일차 인수의 곱이므로 각 인수에 대응하는 부분분수로 분해할 수 있고, 각 항을 기본 역라플라스 변환식으로 바꿀 수 있다.

NoteBase

계산 과정

부분분수의 양변에 $s(s+1)(s+2)$를 곱하면

$s+3 = A(s+1)(s+2) + Bs(s+2) + Cs(s+1)$

이다.

$s=0$을 대입하면 $3=2A$이므로 $A=\frac{3}{2}$이다.

$s=-1$을 대입하면 $2=-B$이므로 $B=-2$이다.

$s=-2$를 대입하면 $1=2C$이므로 $C=\frac{1}{2}$이다.

따라서

$F(s) = \frac{3}{2s} - \frac{2}{s+1} + \frac{1}{2(s+2)}$

이고, 각 항을 역변환하면

$f(t) = \frac{3}{2} - 2e^{-t} + \frac{1}{2}e^{-2t}$

이다.

선지 판단

① X — e^{-t}의 계수를 $+2$, e^{-2t}의 계수를 $-\frac{1}{2}$로 쓴 부호 오류이다. 올바르게는 $f(t) = \frac{3}{2} - 2e^{-t} + \frac{1}{2}e^{-2t}$이다.

② X — e^{-t}의 계수와 e^{-2t}의 계수가 각각 $+2$, $-\frac{3}{2}$로 잘못되었다. 올바르게는 두 계수가 각각 -2, $+\frac{1}{2}$이다.

③ X — 분모의 $s+2$에 대응하는 시간함수는 e^{-2t}인데 e^{2t}로 쓰고 계수의 부호도 잘못 정하였다. 올바른 마지막 항은 $+\frac{1}{2}e^{-2t}$이다.

④ O — 부분분수 계수 $A=\frac{3}{2}, B=-2, C=\frac{1}{2}$를 모두 정확히 반영한 식이다. 계산 결과 $f(t) = \frac{3}{2} - 2e^{-t} + \frac{1}{2}e^{-2t}$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

①과 ②는 부분분수 계수의 부호나 크기를 잘못 계산하도록 유도하고, ③은 $s+2$를 e^{2t}로 바꾸는 지수 부호 오류를 유도한다. $s+a$는 반드시 감쇠항 e^{-at}에 대응한다.

다시 나오면 이렇게 판단

분모를 일차 인수별로 부분분수 분해하고, 각 인수를 0으로 만드는 값을 대입해 계수를 구한 다음, $1/(s+a)$를 e^{-at}로 역변환한다. 마지막에는 모든 계수의 부호와 지수의 부호를 각각 검산한다.

암기 포인트

$\frac{1}{s+a} \leftrightarrow e^{-at}$이며, $s+a$의 $+a$는 시간영역 지수에서 $-a$가 된다.

NoteBase

17. 교류 데브난 회로의 등가 전압이 V [V] 등가 임피던스 $6-j7$ [Ω]이고, 직렬연결된 외부 임피던스에 최대전력이 전달되도록 할 때 흐르는 전류가 10 [A]라면 등가 전압 [V]의 값은?

① 60 ② 120
③ 150 ④ 180

정답 2번

출제 포인트

교류 회로의 최대전력전달 조건인 임피던스의 켤레정합을 적용하여 등가 전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 등가 임피던스는 $Z_{th} = 6 - j7\Omega$이고, 최대전력전달 시 회로 전류는 $I = 10A$이다.
외부 임피던스에는 최대전력이 전달되므로 $Z_L = Z_{th}^* = 6 + j7\Omega$가 된다.
구해야 할 값은 등가 전압 V이다.

사용할 공식

교류 회로의 최대전력전달 조건은 $Z_L = Z_{th}^*$이다. 따라서 전체 임피던스는
$Z_{th} + Z_L = (6 - j7) + (6 + j7) = 12\Omega$
이고, 옴의 법칙 $V = I(Z_{th} + Z_L)$을 사용한다. 켤레정합이 이루어지면 두 리액턴스가 서로 상쇄되기 때문이다.

계산 과정

1. 외부 임피던스를 $Z_L = 6 + j7\Omega$로 정한다.
2. 전체 임피던스를 계산하면 $Z_{total} = 12\Omega$이다.
3. 등가 전압은
$V = IZ_{total} = 10A \times 12\Omega = 120V$
이다.

선지 판단

① X — $60V$는 저항의 한쪽 실수부 6Ω에만 $10A$를 곱한 값이다. 켤레정합 후 전체 저항은 12Ω이므로 올바른 값은 $120V$이다.
② O — 켤레정합 후 전체 임피던스가 12Ω이므로 $10A \times 12\Omega = 120V$가 된다.
③ X — $150V$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 전체 임피던스 12Ω를 적용한 올바른 값은 $120V$이다.
④ X — $180V$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 리액턴스는 켤레정합으로 상쇄되므로 올바른 값은 $120V$이다.

NoteBase

오답 포인트

최대전력전달 조건을 외부 임피던스가 등가 임피던스와 그대로 같다고 보는 것이 함정이다. 교류 회로에서는 외부 임피던스가 등가 임피던스의 켤레복소수이므로 $-j7$은 $+j7$로 바뀌며, 실수부 6Ω는 양쪽에 합쳐져 12Ω가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

교류 최대전력전달 문제에서는 먼저 부하를 등가 임피던스의 켤레복소수로 정하고, 두 임피던스를 합한 뒤 옴의 법칙으로 전압·전류를 계산한다.

암기 포인트

교류 최대전력전달은 $Z_L = Z_{th}^*$이며, 실수부는 더해지고 허수부는 상쇄된다.

NoteBase

18. 전달 함수 $G(s)=\frac{24}{(s+3)(s+4)}$으로 나타내는 제어 계통에서 직류이득의 값은?

① 2 ② 3

③ 4 ④ 24

정답 1번

출제 포인트

전달함수의 직류이득을 $s=0$에서의 전달함수 값으로 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 전달함수: $G(s)=\frac{24}{(s+3)(s+4)}$

구해야 할 값: 직류이득 K_{DC}

주의할 조건: 직류 입력은 주파수가 0인 성분이므로 $s=0$을 대입한다.

사용할 공식

$K_{DC}=G(0)$

직류는 시간에 따라 변하지 않는 입력이므로 전달함수에서 $s=0$일 때의 이득을 구한다.

계산 과정

$K_{DC}=G(0)=\frac{24}{(0+3)(0+4)}=\frac{24}{12}=2$

따라서 이 제어계의 직류이득은 2이다.

선지 판단

① O — 계산 결과 $G(0)=2$이므로 옳다.

② X — 3은 분모의 한 인수에 들어 있는 상수일 뿐 직류이득이 아니다. 틀린 값 3은 2로 고쳐야 한다.

③ X — 4도 분모의 한 인수에 들어 있는 상수일 뿐 직류이득이 아니다. 틀린 값 4는 2로 고쳐야 한다.

④ X — 24는 전달함수의 분자만 본 값이며 분모 (3)(4) = 12로 나누어야 한다. 틀린 값 24는 2로 고쳐야 한다.

오답 포인트

분자의 24나 분모 인수의 상수 3, 4를 그대로 고르는 것이 함정이다. 직류이득은 특정 계수 하나가 아니라 전달함수 전체에 $s=0$을 대입한 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류이득을 묻는 전달함수 문제에서는 먼저 $s=0$을 대입하고, 분자와 분모를 모두 계산한 뒤 비를 구한다.

NoteBase

암기 포인트

직류이득은 영주파수 이득, 즉 $K_{DC} = G(0)$이다.

19. 정격전압에서 100 [W]의 전력을 소비하는 저항이 있다. 이 저항에 정격 전압의 80 [%]를 인가할 경우, 저항의 소비전력 [W]의 값은?

① 64 ② 80

③ 100 ④ 125

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 저항이 일정할 때 소비전력이 전압의 제곱에 비례한다는 관계를 이용해 인가전압 변화에 따른 소비전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 정격전압에서의 소비전력은 $P_n = 100W$이다.
인가전압: 정격전압의 80%이므로 $V = 0.8V_n$이다.
구해야 할 값: 전압이 낮아졌을 때 같은 저항의 소비전력이다.
주의할 조건: 저항 R이 일정하므로 소비전력은 전압에 비례하는 것이 아니라 전압의 제곱에 비례한다.

사용할 공식

저항의 소비전력은 다음과 같다.
$P = VI = V\left(\frac{V}{R}\right) = \frac{V^2}{R}$
같은 저항에서는 R이 변하지 않으므로 다음 비례식이 성립한다.
$\frac{P}{P_n} = \left(\frac{V}{V_n}\right)^2$
이 공식을 쓰는 이유는 전압이 변하면 전류도 옴의 법칙 $I = V/R$에 따라 함께 변하기 때문이다.

계산 과정

인가전압의 비율을 소비전력의 비율로 바꾸면 다음과 같다.
$\frac{P}{P_n} = (0.8)^2 = 0.64$
따라서 소비전력은 다음과 같다.
$P = 0.64 \times 100W = 64W$

NoteBase

선지 판단

① O
- 계산 결과가 64W이므로 맞는 선지이다.

② X
- 80W는 전압이 80%가 되었을 때 전력을 단순히 80%로 계산한 값이다. '80W' → 올바르게는 '64W'이다.

③ X
- 100W는 전압 감소를 소비전력에 반영하지 않은 정격전력이다. '100W' → 올바르게는 '64W'이다.

④ X
- 125W는 정격전력 100을 0.8로 나눈 값으로, 전압 감소 시 전력이 감소한다는 관계와 맞지 않는다. '125W' → 올바르게는 '64W'이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 전압이 80%이므로 소비전력도 80%라고 보아 ②를 고르는 것이다. 저항이 일정하면 전압이 낮아질 때 전류도 같은 비율로 낮아지므로 소비전력에는 전압 비율을 두 번 곱한다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 저항에 인가되는 전압만 바뀌는 문제에서는 먼저 전압비를 구하고, 그 비율을 제곱한 뒤 정격전력에 곱한다. 즉 전압비가 k이면 전력비는 k^2이다.

암기 포인트

같은 저항에서는 $P \propto V^2$이다. 전압 80%는 전력 64%이다.

NoteBase

20. 다음 비정현파 전압 신호의 실횻값 [V]은?

$$v(t) = 10 + 4\sqrt{2}\sin(\omega t) + 3\sqrt{2}\sin(3\omega t)$$

① 5 ② $\sqrt{125}$
③ $\sqrt{150}$ ④ 17

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직류 성분과 서로 다른 주파수의 정현파 성분으로 이루어진 비정현파 전압의 실횻값을 구하는 문제이다.

조건 정리

직류 성분은 $10V$이다.
기본파 $4\sqrt{2}\sin(\omega t)$의 실횻값은 $4V$이다.
3고조파 $3\sqrt{2}\sin(3\omega t)$의 실횻값은 $3V$이다.
직류와 서로 다른 주파수의 정현파 성분은 서로 직교하므로 각 성분 실횻값의 제곱을 합한다.

사용할 공식

$V_{rms} = \sqrt{V_{DC}^2 + V_1^2 + V_3^2}$
서로 직교하는 직류·고조파 성분의 교차항은 한 주기 동안 평균하면 0이 되므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

각 성분의 실횻값을 대입하면
$V_{rms} = \sqrt{10^2 + 4^2 + 3^2} = \sqrt{100 + 16 + 9} = \sqrt{125}V$
따라서 비정현파 전압의 실횻값은 $\sqrt{125}V$이다.

선지 판단

① X — $5V$는 교류 성분만 합성한 $\sqrt{4^2 + 3^2}$의 값으로, 직류 성분 $10V$를 누락한 결과이다. 올바른 값은 $\sqrt{125}V$이다.
② O — 직류·기본파·3고조파의 실횻값 제곱합의 제곱근이 $\sqrt{125}V$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — $\sqrt{150}V$는 정현파 항의 최댓값 $4\sqrt{2}$, $3\sqrt{2}$를 실횻값으로 잘못 사용하여 $\sqrt{10^2 + (4\sqrt{2})^2 + (3\sqrt{2})^2}$로 계산한 결과이다. 정현파 성분은 각각 $4V$, $3V$로 바꾸어야 하므로 올바른 값은 $\sqrt{125}V$이다.
④ X — $17V$는 각 성분의 실횻값을 $10 + 4 + 3$처럼 단순 합산한 값이다. 서로 다른 주파수 성분은 제곱합의 제곱근으로 합성해야 하므로 올바른 값은 $\sqrt{125}V$이다.

NoteBase

오답 포인트

직류 성분을 빼고 교류 성분만 계산하면 ①이 되고, 정현파 항의 최댓값을 실횻값으로 착각하면 ③이 된다. 또한 성분별 실횻값을 단순히 더하면 ④가 된다. 핵심은 직류를 포함한 모든 직교 성분의 실횻값을 제곱합의 제곱근으로 합성하는 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

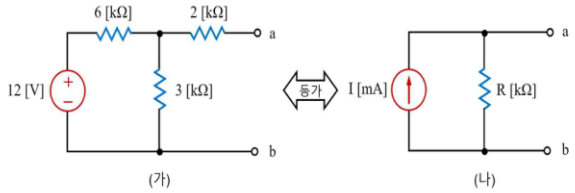
먼저 직류 성분을 분리하고, 각 $A\sqrt{2}\sin(n\omega t)$ 항의 실횻값을 A로 바꾼 뒤, 모든 직교 성분의 실횻값 제곱을 더하고 제곱근을 취한다.

암기 포인트

비정현파의 전체 실횻값은 '직류까지 포함한 성분별 실횻값의 제곱합의 제곱근'이다.

NoteBase

21. 다음 아래의 두 회로가 등가일 때, (나)회로에서 I [mA]와 R [kΩ]의 값은?



① I = 1 [mA], R = 4 [kΩ]
② I = 3 [mA], R = 4 [kΩ]
③ I = 1 [mA], R = 5 [kΩ]
④ I = 3 [mA], R = 5 [kΩ]

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전압원 회로를 노턴 등가회로로 변환하여 노턴 전류 I_N와 등가저항 R_N을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전압원 $12V$, 저항 $6k\Omega$, $3k\Omega$, $2k\Omega$이다.
구해야 할 값: a-b 단자에서 본 노턴 전류 I_N와 노턴 저항 R_N이다.
주의할 조건: a-b 단자가 개방되어 있으면 $2k\Omega$ 저항에는 전류가 흐르지 않는다. 등가저항을 구할 때 독립 전압원은 단락한다.

사용할 공식

개방단자 전압은 전압분배로 구한다.
$V_{th} = 12 \times \frac{3}{6+3} = 4V$
독립 전압원을 단락한 뒤 a-b에서 본 등가저항은
$R_N = R_{th} = 2 + (6 \parallel 3) = 2 + \frac{6 \times 3}{6+3} = 4k\Omega$
노턴 전류는
$I_N = \frac{V_{th}}{R_{th}}$
이다. 노턴 등가회로와 테브난 등가회로는 같은 단자 전압과 등가저항을 가져야 하므로 이 관계를 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. a-b 단자를 개방하면 $2k\Omega$에 전류가 흐르지 않으므로 a의 전압은 $6k\Omega$와 $3k\Omega$의 접속점 전압과 같다. 따라서 $V_{th} = 4V$이다.
2. $12V$ 전압원을 단락하면 $6k\Omega$와 $3k\Omega$가 병렬이 되어 $6 \parallel 3 = 2k\Omega$이다. 이것이 a 쪽의 $2k\Omega$와 직렬이므로 $R_N = 4k\Omega$이다.
3. 따라서 $I_N = 4V/(4k\Omega) = 1mA$이다. 이 전류는 그림 (나)의 화살표처럼 b에서 a로 흐를 때 a-b 개방전압을 양으로 만든다.

선지 판단

① O — 계산 결과 $I = 1mA$, $R = 4k\Omega$이므로 두 값이 모두 맞다.
② X — $R = 4k\Omega$은 맞지만 $I = 3mA$가 틀렸다. 올바르게는 $I = 1mA$이다. $12V$를 등가저항 $4k\Omega$로 바로 나누면 $3mA$가 나오지만, 노턴 전류 계산에 쓰는 단자 전압은 전압분배로 얻은 $V_{th} = 4V$이다.
③ X — $I = 1mA$는 맞지만 $R = 5k\Omega$가 틀렸다. 올바르게는 $R = 4k\Omega$이다. 전압원을 단락하면 $6k\Omega$와 $3k\Omega$는 병렬이고, 그 합성값 $2k\Omega$에 $2k\Omega$를 직렬로 더한다.
④ X — $I = 3mA$, $R = 5k\Omega$가 모두 틀렸다. 올바르게는 $I = 1mA$, $R = 4k\Omega$이다.
계산 결과 $I = 1mA$, $R = 4k\Omega$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

②와 ④의 $I = 3mA$는 원래 전압원 $12V$를 $R_N = 4k\Omega$로 바로 나누는 데서 생기는 오류이다. 먼저 a-b의 개방전압 $V_{th} = 4V$를 구해야 한다. ③과 ④의 $R = 5k\Omega$는 전압원을 단락한 뒤의 병렬·직렬 관계를 잘못 판단한 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

노턴 등가회로 문제는 먼저 단자 개방전압 V_{th}을 구하고, 독립 전압원을 단락하여 $R_{th} = R_N$을 구한 뒤, $I_N = V_{th}/R_{th}$로 계산한다. 마지막에는 $V_{th} = I_N R_N$과 전류원 화살표 방향을 함께 검산한다.

암기 포인트

노턴 변환의 핵심은 $R_N = R_{th}$, $I_N = V_{th}/R_{th}$, $V_{th} = I_N R_N$이다.

NoteBase

22. 최대 측정 전압이 10[V]인 전압계 2대(V_1, V_2)를 직렬로 이용하여 직류 12[V]의 전압을 측정하고자 한다. 전압계 V_1과 V_2의 내부 저항이 각각 6[kΩ]과 3[kΩ]이라 할 때, 전압계 V_1[V]의 지시값은?

① 4 ② 6
③ 7.5 ④ 8

정답 4번

출제 포인트

직렬로 연결된 두 전압계의 내부저항에 비례하여 전체 전압이 분배되는 원리를 이용해 전압계 V_1의 지시값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전체 전압은 $12V$, 전압계 V_1의 내부저항은 $R_1 = 6k\Omega$, 전압계 V_2의 내부저항은 $R_2 = 3k\Omega$이다.
구해야 할 값: 전압계 V_1의 지시값 V_1이다.
주의할 조건: 두 전압계가 직렬이므로 같은 전류가 흐르며, 각 전압계의 전압강하는 내부저항에 비례한다.

사용할 공식

직렬 전압 분배식은 다음과 같다.
$V_1 = V\frac{R_1}{R_1 + R_2}$
두 전압계에 같은 전류가 흐르므로 $V_1 = IR_1$, $V_2 = IR_2$가 되고, 따라서 내부저항의 비로 전압이 분배된다.

계산 과정

전체 내부저항은
$R_1 + R_2 = 6k\Omega + 3k\Omega = 9k\Omega$
이다. 전압 분배식을 적용하면
$V_1 = 12V \times \frac{6k\Omega}{9k\Omega} = 8V$
이다. 검산하면 $V_2 = 12V \times \frac{3}{9} = 4V$이고, $V_1 + V_2 = 8V + 4V = 12V$로 전체 전압과 일치한다.

NoteBase

선지 판단

① X — $4V$는 내부저항이 $3k\Omega$인 V_2의 지시값이다. V_1의 지시값으로 고치면 $8V$이다.
② X — $6V$는 두 전압계에 전압이 똑같이 나뉜다고 본 값이지만, 내부저항이 서로 달라 같은 전압이 걸리지 않는다. V_1의 지시값으로 고치면 $8V$이다.
③ X — $7.5V$는 내부저항 비 $6:3=2:1$을 정확히 적용한 값이 아니다. 전압 분배식으로 계산한 V_1의 지시값은 $8V$이다.
④ O — $V_1 = 12V \times \frac{6}{6+3} = 8V$이므로 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

①의 $4V$는 V_1과 V_2를 뒤바꾼 값이고, ②의 $6V$는 전체 전압을 단순히 절반으로 나눈 값이다. 직렬 연결에서는 전류가 같지만 전압은 내부저항에 비례하여 분배되므로, 저항이 큰 V_1에 더 큰 전압이 걸린다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 연결 여부를 확인한 뒤 전체 저항을 구하고, 구하려는 전압계의 내부저항을 분자로 둔 전압 분배식을 적용한다. 마지막에는 각 전압강하의 합이 전체 전압과 같은지 검산한다.

암기 포인트

직렬 회로에서는 전류가 같고, 전압은 저항에 비례하여 나뉜다. 즉 $V_1 : V_2 = R_1 : R_2$이다.

NoteBase

23. 반지름이 r이고, 길이가 L인 원통형 도체가 있다. 부피를 일정하게 유지하면서, 반지름을 r/3로 줄일 경우, 저항값의 변화로 가장 적절한 것은?
① 저항값은 변함이 없다.
② 저항값은 3배 증가한다.
③ 저항값은 9배 증가한다.
④ 저항값은 81배 증가한다.

정답 4번

출제 포인트

원통형 도체의 부피가 일정할 때 반지름 변화가 단면적과 길이를 함께 바꾸므로, 저항식 $R = \rho L/A$에 두 변화를 모두 반영하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 반지름은 r, 처음 길이는 L이다.
변화 조건: 반지름은 $r/3$이 되고 도체의 부피 $V = AL$은 일정하다.
구해야 할 값: 변화 후 저항 R'과 처음 저항 R의 비이다.
주의할 조건: 같은 도체이므로 비저항 ρ는 일정하며, 반지름이 아니라 단면적의 변화를 계산해야 한다.

사용할 공식

원통형 도체의 단면적과 저항은 각각

$$A = \pi r^2, \qquad R = \rho\frac{L}{A}$$

이다. 부피가 일정하므로 $AL = A'L'$도 성립한다. 반지름 변화로 단면적을 구하고, 부피 일정 조건으로 길이 변화를 구한 뒤 저항식에 대입한다.

NoteBase

계산 과정

1. 반지름이 1/3로 줄면 단면적은 제곱에 비례하므로

$$A' = \pi\left(\frac{r}{3}\right)^2 = \frac{A}{9}$$

이 된다.
2. 부피가 일정하므로

$$AL = A'L' = \frac{A}{9}L'$$

에서 $L' = 9L$이다.
3. 저항의 비는

$$\frac{R'}{R} = \frac{\rho L'/A'}{\rho L/A} = \frac{9L}{L} \cdot \frac{A}{A/9} = 9 \times 9 = 81$$

이다. 따라서 저항은 81배 증가한다.

선지 판단

① X — '저항값은 변함이 없다'는 틀리다. 반지름 감소로 단면적이 1/9이 되고 길이가 9배가 되므로, 올바르게는 저항값이 81배 증가한다.
② X — '3배 증가한다'는 틀리다. 반지름의 비만 저항의 비로 본 값이며, 올바르게는 단면적과 길이 변화를 모두 반영하여 81배 증가한다.
③ X — '9배 증가한다'는 틀리다. 단면적 감소에 따른 효과만 반영하고 부피 일정에 따른 길이의 9배 증가를 빠뜨린 값이며, 올바르게는 81배 증가한다.
④ O — 단면적이 1/9, 길이가 9배가 되므로 $R'/R = 9 \times 9 = 81$이다. 따라서 저항값은 81배 증가한다.

오답 포인트

반지름이 1/3이 되었다고 저항을 단순히 3배로 판단하거나, 단면적이 1/9이 된 효과만 보아 9배로 판단하기 쉽다. 이 문제의 핵심 함정은 '부피 일정' 조건 때문에 길이도 9배로 늘어난다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

부피가 일정한 원통형 도체 문제에서는 먼저 반지름으로 단면적의 비를 구하고, AL=일정으로 길이의 비를 구한 다음, $R = \rho L/A$에 두 비를 함께 대입한다.

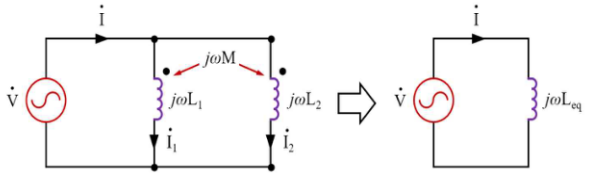
NoteBase

암기 포인트

부피와 비저항이 일정하면 $L = V/A$이므로 $R = \rho V/A^2$이다. 따라서 저항은 단면적의 제곱에 반비례하며, 반지름에 대해서는 $R \propto 1/r^4$이다.

NoteBase

24. 두 회로가 등가일 때, 자기결합 회로에 대한 등가 인덕턴스 L_{eq}로 가장 적절한 것은?



① $L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$

② $L_{eq} = L_1 + L_2 - 2M$

③ $L_{eq} = \dfrac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$

④ $L_{eq} = \dfrac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$

정답 3번

출제 포인트

점표시 극성으로 상호 인덕턴스 항의 부호를 정한 뒤, 병렬 결합 인덕터의 단자전압과 전체전류 관계에서 등가 인덕턴스 L_{eq}를 구하는 문제이다.

조건 정리

두 코일은 병렬이므로 단자전압 V가 서로 같다. 두 코일의 점 단자가 모두 위쪽이고 전류 I_1, I_2가 모두 점 단자로 들어가므로 상호 유도항은 각 전압식에서 양(+)의 부호를 갖는다. 전체전류는 $I = I_1 + I_2$이다.

사용할 공식

점 단자로 전류가 함께 들어가는 결합 코일의 전압식은 다음과 같다.

$V = j\omega(L_1 I_1 + M I_2)$

$V = j\omega(M I_1 + L_2 I_2)$

등가 인덕턴스는 동일한 단자전압에 대해 $V = j\omega L_{eq} I$를 만족하도록 정한다. 병렬 결선에서는 전압이 같고 전류가 합쳐지므로 이 식들을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

두 전압식을 행렬로 나타내면
bmatrixV/(jω)/(jω)bmatrix=bmatrixL_1&M&L_2bmatrixbmatrixI_1_2bmatrix
이다. 역행렬을 이용하여 두 전류를 더하면
$I = I_1 + I_2 = \frac{V}{j\omega}\frac{L_1 + L_2 - 2M}{L_1L_2 - M^2}$
을 얻는다. 이를 $I = V/(j\omega L_{eq})$와 비교하면
$L_{eq} = \frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$
이다.

선지 판단

① X — $L_1 + L_2 + 2M$은 직렬 가동 결합에서 사용하는 형태이며, 이 회로는 병렬 결선이다. 틀린 표현 $L_{eq} = L_1 + L_2 + 2M$은 $L_{eq} = (L_1L_2 - M^2)/(L_1 + L_2 - 2M)$으로 고쳐야 한다.
② X — $L_1 + L_2 - 2M$은 직렬 차동 결합에서 사용하는 형태이며, 병렬 등가식이 아니다. 틀린 표현 $L_{eq} = L_1 + L_2 - 2M$은 $L_{eq} = (L_1L_2 - M^2)/(L_1 + L_2 - 2M)$으로 고쳐야 한다.
③ O — 점 단자로 두 전류가 모두 들어가는 병렬 결합의 전압식을 풀면 분자는 $L_1L_2 - M^2$, 분모는 $L_1 + L_2 - 2M$이 된다.
④ X — 분모의 $+2M$은 현재 점표시와 전류 방향에 맞지 않는다. 틀린 분모 $L_1 + L_2 + 2M$은 $L_1 + L_2 - 2M$으로 고쳐야 하므로 올바른 식은 $L_{eq} = (L_1L_2 - M^2)/(L_1 + L_2 - 2M)$이다.

오답 포인트

①과 ②는 결합 인덕터의 직렬 등가식을 병렬 회로에 그대로 적용하도록 유도한 선지이다. 또한 ④는 점표시를 확인하지 않고 분모의 상호항 부호를 반대로 택하도록 만든 선지이다. 이 회로에서는 상호항이 전압식에서 양(+)이지만, 행렬을 풀어 전류를 합산한 최종 분모에는 $-2M$이 나타난다.

다시 나오면 이렇게 판단

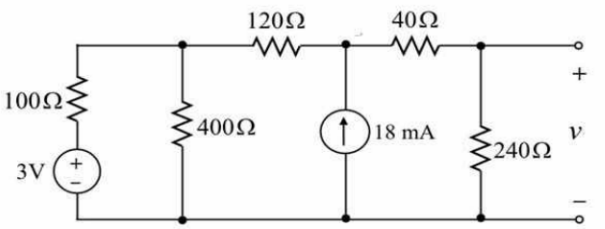
먼저 직렬인지 병렬인지 구분하고, 병렬이면 두 코일의 전압을 같게 둔다. 다음으로 각 전류가 점 단자에 들어가는지 나오는지에 따라 상호항의 부호를 정한 뒤, $I = I_1 + I_2$와 $V = j\omega L_{eq}I$를 비교한다.

암기 포인트

같은 쪽 점에 전류가 들어가는 병렬 결합은 $L_{eq} = (L_1L_2 - M^2)/(L_1 + L_2 - 2M)$이다.

NoteBase

25. 다음 회로의 출력전압 ν [V]의 값은?



① 1 ② 2
③ 3 ④ 4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 기준 노드에 대한 각 노드의 전압을 정하고 키르히호프의 전류 법칙(KCL)을 적용하여 출력전압 v를 구하는 문제이다.

조건 정리

아래쪽 공통선을 기준 노드로 둔다. 왼쪽 위 노드전압을 V_a, 전류원 위 노드전압을 V_b, 출력 노드전압을 v로 둔다. 전압원의 위쪽 단자가 +이므로 100Ω 저항 아래쪽 노드의 전압은 $+3V$이다. $18mA$ 전류원은 화살표가 위쪽이므로 기준 노드에서 V_b 노드로 전류를 공급한다.

사용할 공식

각 노드에서 KCL과 옴의 법칙 $I = (V_1 - V_2)/R$을 사용한다.

노드 V_a:
$\frac{V_a - 3}{100} + \frac{V_a}{400} + \frac{V_a - V_b}{120} = 0$

노드 V_b:
$\frac{V_b - V_a}{120} + \frac{V_b - v}{40} = 0.018$

출력 노드 v:
$\frac{v - V_b}{40} + \frac{v}{240} = 0$

저항들이 여러 노드를 연결한 비직렬·비병렬 회로이므로 각 노드에 들어오고 나가는 전류의 합을 세우는 노드전압법을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

출력 노드 식에서
$6(v - V_b) + v = 0 \quad \Rightarrow \quad V_b = \frac{7}{6}v$
이다.

V_b 노드 식에 $18mA = 0.018A$를 대입하고 정리하면
$V_a = 4V_b - 3v - 2.16 = \frac{5}{3}v - 2.16$
이다.

V_a 노드 식을 정리하면
$5V_a - 2V_b = 7.2$
이므로 앞의 두 관계를 대입하여
$5\left(\frac{5}{3}v - 2.16\right) - 2\left(\frac{7}{6}v\right) = 7.2$
$6v = 18 \quad \Rightarrow \quad v = 3V$
를 얻는다.

선지 판단

① X — 계산 결과는 $3V$이므로 $1V$는 일치하지 않는다. 틀린 값 $1V$는 $3V$로 고쳐야 한다.
② X — 계산 결과는 $3V$이므로 $2V$는 일치하지 않는다. 틀린 값 $2V$는 $3V$로 고쳐야 한다.
③ O — 노드전압 방정식을 풀면 출력 노드의 전압은 $v = 3V$이다.
④ X — 계산 결과는 $3V$이므로 $4V$는 일치하지 않는다. 틀린 값 $4V$는 $3V$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

전압원의 위쪽 단자를 $-3V$로 두거나, 위쪽을 향한 $18mA$ 전류원을 노드에서 빠져나가는 전류로 처리하면 부호가 바뀐다. 또한 $18mA$를 $0.018A$로 바꾸지 않고 저항값 Ω와 함께 사용하면 단위가 맞지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

기준 노드를 먼저 정하고, 독립 전압원의 극성으로 고정 노드전압을 표시한 뒤, 전류원 화살표의 방향을 반영하여 각 미지 노드에 KCL을 세운다. 마지막에는 계산된 전압의 단위와 방정식의 부호를 검산한다.

암기 포인트

노드전압법의 핵심은 '전압원은 극성, 전류원은 화살표, 저항 전류는 전압차를 저항으로 나눈 값'이다.

NoteBase