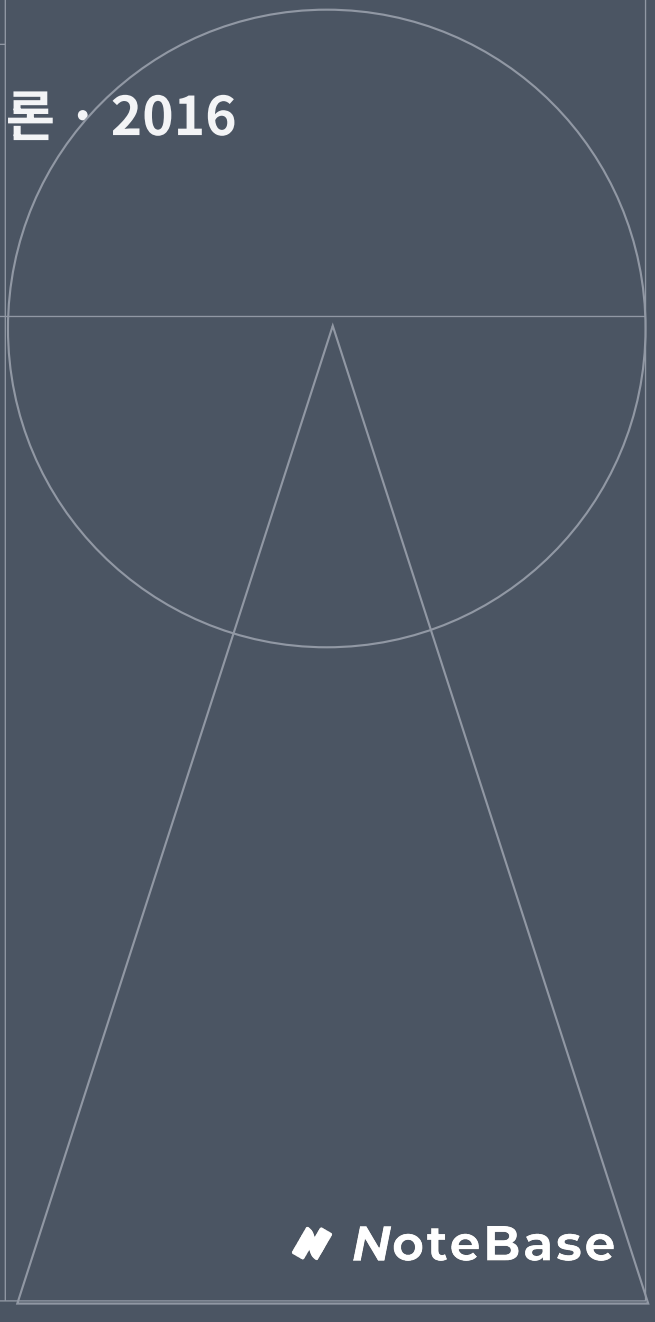
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2016



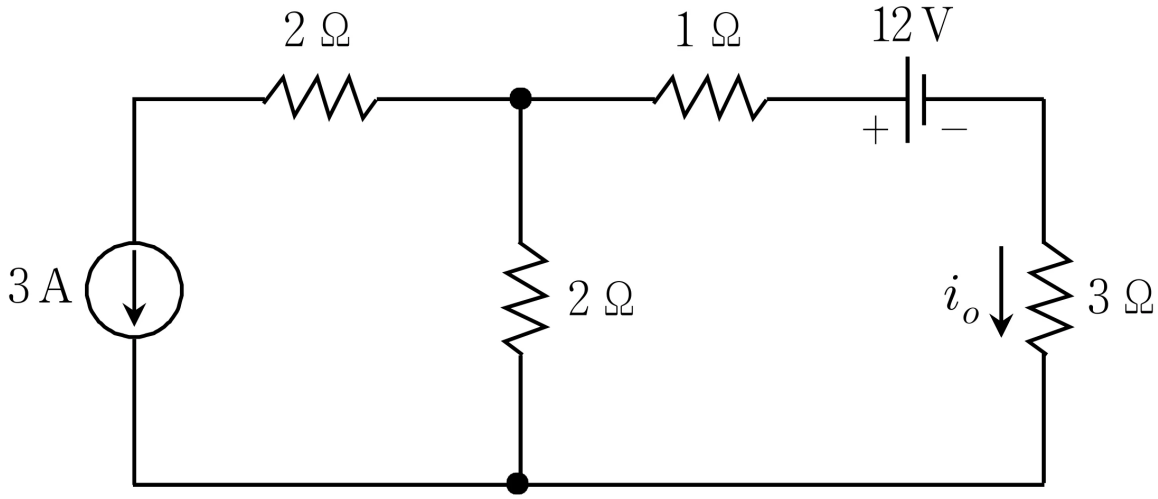
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2016

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2016

문 1. 다음 회로에서 3 Ω에 흐르는 전류 i_o[A]는?



① −3

② 3

③ −4

④ 4

정답 1번

간단한 해설

위쪽 중앙 노드에서 키르히호프 전류 법칙을 적용하면 이 노드의 전위는 0 V가 된다. 12 V 전원의 극성을 반영하면 $i_o = -3\text{A}$이며, 음수는 **표시된 화살표와 반대인 위쪽으로 3 A**가 흐른다는 뜻이다.

NoteBase

계산 과정

기준 설정과 왼쪽 가지: 아래쪽 공통 도선을 0 V로 잡고, 위쪽 중앙 노드의 전위를 V라 한다. 왼쪽 2 Ω 저항과 3 A 전류원 사이에는 분기점이 없으므로 두 소자의 전류는 같다. 전류원의 화살표가 아래쪽이므로 중앙 노드에서 왼쪽 가지로 **3 A가 나간다**.

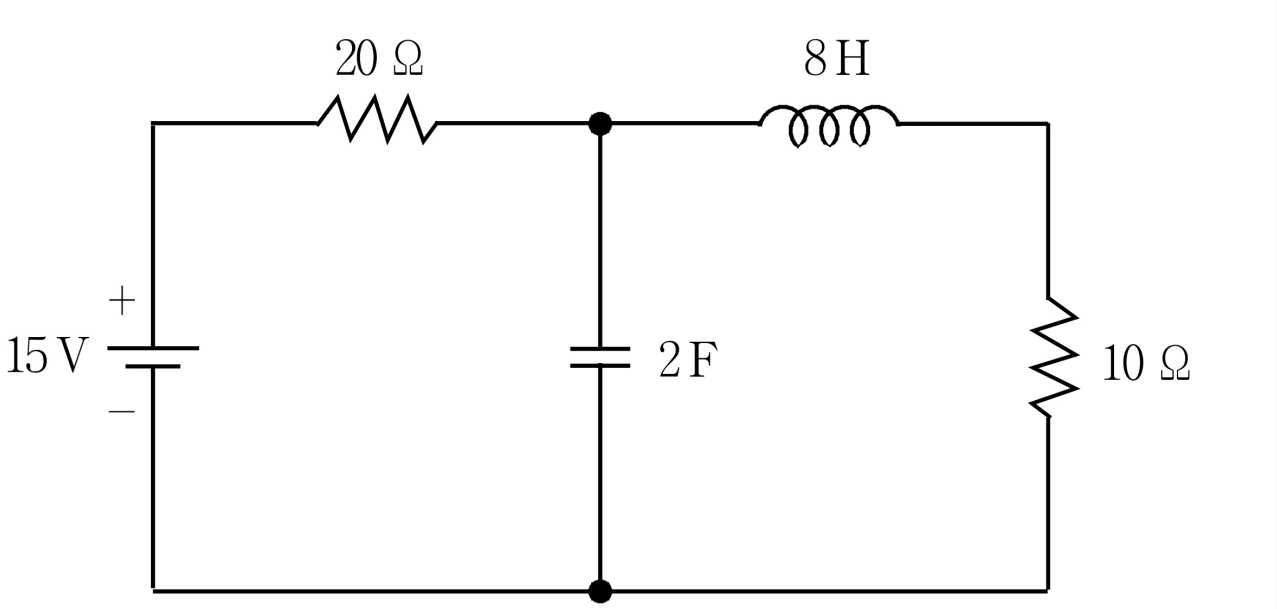
오른쪽 가지의 전류: 1 Ω 저항, 12 V 전원, 3 Ω 저항은 직렬이므로 모두 i_o가 흐른다. 중앙 노드에서 오른쪽 가지를 따라 아래쪽 도선으로 갈 때, 전원은 **+극에서 −극으로 지나므로 12 V의 전압 강하**가 생긴다. 저항의 전압 강하는 옴의 법칙에 따라 $(1+3)i_o = 4i_o$이므로, $V = 4i_o + 12$이다. 따라서 $i_o = \frac{V-12}{4}$이다. 여기서 전압은 V, 저항은 Ω, 전류는 A 단위로 계산한다.

중앙 노드의 전위 계산: 중앙의 2 Ω 저항을 통해 아래로 나가는 전류는 $\frac{V}{2}$이다. 키르히호프 전류 법칙에 따라 **노드에서 나가는 전류의 대수합은 0**이므로 $3 + \frac{V}{2} + \frac{V-12}{4} = 0$이다. 양변에 4를 곱하면 $12 + 2V + V - 12 = 0$이 되어 중앙 노드의 전위는 $V = 0$V이다. 따라서 중앙의 2 Ω 저항에는 전류가 흐르지 않는다.

요구 전류와 방향: 구한 전위를 오른쪽 가지의 식에 대입하면 $i_o = \frac{0-12}{4} = -3$A이다. 아래쪽을 양의 기준 방향으로 정했으므로 실제 전류는 위쪽으로 3 A이며, 이는 ①의 −3 A에 해당한다.

NoteBase

문 2. 다음 회로에서 정상상태에 도달하였을 때, 인덕터와 커패시터에 저장된 에너지[J]의 합은?



① 2.6

② 26

③ 260

④ 2,600

정답 2번

간단한 해설

직류 정상상태에서는 인덕터를 **단락**, 커패시터를 **개방**으로 취급한다. 이때 인덕터 전류는 0.5 A, 커패시터 전압은 5 V이므로 저장 에너지는 각각 1 J과 25 J이며, 합은 26 J이다.

NoteBase

계산 과정

정상상태의 등가회로: 15 V 직류 전원에서 정상상태에 도달하면 인덕터 전류와 커패시터 전압이 시간에 따라 변하지 않는다. 따라서 인덕터의 양단 전압은 0 V이므로 단락으로, 커패시터에 흐르는 전류는 0 A이므로 개방으로 취급한다. 이는 **저장 에너지가 0이라는 뜻은 아니다**.

인덕터 전류: 커패시터 가지가 개방되므로 전류는 20 Ω 저항, 인덕터, 10 Ω 저항을 차례로 흐른다. 두 저항의 합은 20 + 10 = 30 Ω이므로, 인덕터 전류는 $I_L = \frac{15}{30} = 0.5\text{A}$이다.

커패시터 전압: 커패시터는 인덕터와 10 Ω 저항을 직렬로 연결한 가지의 양 끝에 연결되어 있다. 인덕터의 전압이 0 V이므로 **커패시터 전압은 10 Ω 저항의 전압과 같다**. 따라서 $V_C = 0.5 \cdot 10 = 5\text{V}$이다.

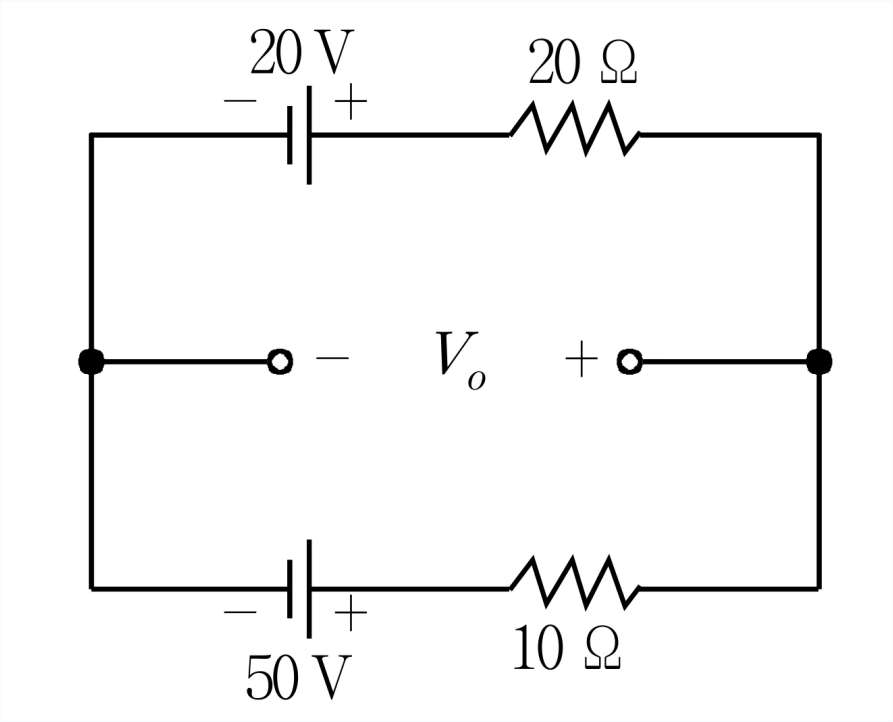
인덕터의 저장 에너지: 인덕턴스 L과 전류 I_L에 대해 자기장에 저장되는 에너지는 $W_L = \frac{1}{2} L I_L^2$이다. L = 8 H를 대입하면 $W_L = \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot (0.5)^2 = 1\text{J}$이다.

커패시터의 저장 에너지: 정전용량 C와 양단 전압 V_C에 대해 전기장에 저장되는 에너지는 $W_C = \frac{1}{2} C V_C^2$이다. C = 2 F를 대입하면 $W_C = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 5^2 = 25\text{J}$이다.

에너지의 합: 두 소자의 저장 에너지를 더하면 1 + 25 = 26 J이며, 선택지 ②의 26에 해당한다.

NoteBase

문 3. 다음 회로에서 전압 V_o[V]는?



① −60

② −40

③ 40

④ 60

정답 3번

간단한 해설

두 전원의 차전압 30 V에 의해 폐회로에 1 A가 흐른다. 아래쪽 가지에서 50 V 상승한 뒤 10 Ω 저항에서 10 V 하강하므로, 표시된 극성의 전압은 **오른쪽이 왼쪽보다 높은 40 V**이다.

NoteBase

계산 과정

전압의 기준: 가운데 두 단자는 서로 연결되지 않아 이 경로로는 전류가 흐르지 않는다. 전류는 위아래 가지가 이루는 폐회로를 따라 흐른다. 왼쪽 노드의 전위를 0 V로 두면, 표시된 극성이 왼쪽 −, 오른쪽 +이므로 V_o는 **오른쪽 전위에서 왼쪽 전위를 뺀 값**이다.

폐회로 전류: 두 전원 모두 오른쪽이 +극이지만, 폐회로를 한 바퀴 돌면 한 전원에서는 전압이 상승하고 다른 전원에서는 하강한다. 50 V 전원이 더 크므로 전류 방향을 아래쪽 가지에서는 왼쪽에서 오른쪽, 위쪽 가지에서는 오른쪽에서 왼쪽으로 잡는다. 이 방향으로 키르히호프 전압법칙을 적용하면 $50 - 10I - 20I - 20 = 0$이다. 두 저항에는 같은 전류가 흐르므로 전체 저항은 $10 + 20 = 30\ \Omega$이고, 전류는 $I = \frac{50-20}{10+20} = 1\text{A}$이다.

단자 전압: 왼쪽에서 아래쪽 가지를 따라 오른쪽으로 가면 50 V 전원을 −극에서 +극으로 지나므로 전위가 50 V 상승한다. 이어서 **전류 방향으로 저항을 지나므로 전위가 하강**하며, 그 크기는 $1 \times 10 = 10$ V이다. 따라서 $V_o = 50 - 10 = 40\text{V}$이다. 위쪽 가지로 확인해도 전류와 반대 방향으로 저항을 지나므로 $V_o = 20 + 20 = 40\text{V}$로 같다. 계산값 40 V는 ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 4. 히스테리시스 특성 곡선에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 히스테리시스 손실은 주파수에 비례한다.

② 곡선이 수직축과 만나는 점은 잔류자기를 나타낸다.

③ 자속밀도, 자기장의 세기에 대한 비선형 특성을 나타낸다.

④ 곡선으로 둘러싸인 면적이 클수록 히스테리시스 손실이 적다.

정답 4번

간단한 해설

히스테리시스 곡선이 둘러싸는 면적은 한 주기 동안 단위 부피에서 열로 소모되는 에너지를 나타낸다. 따라서 같은 부피와 주파수에서는 면적이 클수록 히스테리시스 손실이 **커진다**.

선지별 해설

① O: 같은 재료와 부피에서 매 주기 같은 히스테리시스 곡선을 그린다면, 한 주기당 손실 에너지는 일정하다. 주파수는 1초 동안 반복되는 주기의 수이므로, **단위 시간당 손실인 전력**은 주파수에 비례한다. 한 주기당 손실 에너지 자체가 주파수에 비례한다는 뜻은 아니다.

② O: 히스테리시스 곡선은 보통 수평축에 자기장의 세기 H, 수직축에 자속밀도 B를 놓는다. 수직축과 만나는 점은 H = 0인 상태에서도 남아 있는 **잔류자속밀도**를 나타내므로 잔류자기를 뜻한다. 반면 수평축과 만나는 점은 B를 0으로 만드는 데 필요한 반대 방향 자기장의 세기인 보자력에 대응한다.

③ O: 강자성체에서는 자기장의 세기 H를 증가시키거나 감소시킬 때 자속밀도 B가 일정한 비율로 변하지 않는다. 또한 같은 H에서도 **이전에 자화된 이력**에 따라 B가 달라져 폐곡선이 형성된다. 따라서 이 곡선은 B와 H 사이의 비선형 특성을 나타낸다.

④ X: 곡선이 둘러싸는 면적은 한 주기 동안 단위 부피에서 소모되는 에너지이다. 따라서 면적이 클수록 한 주기당 손실 에너지가 커지고, 같은 부피와 주파수에서는 손실 전력도 커진다. 선지의 '히스테리시스 손실이 적다'는 **'히스테리시스 손실이 크다'**로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 5. 이상적인 변압기에서 1차측 코일과 2차측 코일의 권선비가 $\frac{N_1}{N_2} = 10$일 때, 옳은 것은?

① 2차측 소비전력은 1차측 소비전력의 10배이다.

② 2차측 소비전력은 1차측 소비전력의 100배이다.

③ 1차측 소비전력은 2차측 소비전력의 100배이다.

④ 1차측 소비전력은 2차측 소비전력과 동일하다.

정답 4번

간단한 해설

이상적인 변압기는 **전력 손실이 없으므로** 1차측에서 입력받은 전력과 2차측으로 전달하는 전력이 같다.
권선비가 10이어도 전력이 10배나 100배로 변하는 것은 아니다.

공통 해설

이상적인 변압기는 코일의 저항에 의한 손실과 철심에서의 손실 등이 없는 변압기이다. 따라서 에너지 보존에 의해 **입력 유효전력과 출력 유효전력이 같다**. 1차측 입력 유효전력을 P_1, 2차측 출력 유효전력을 P_2라고 하면 $P_1 = P_2$이다. 이 문항의 1차측과 2차측 소비전력도 이 관계로 판단한다.

권선비는 전압의 크기를 바꾸는 비율이며, 전압이 낮아지는 쪽에서는 전류가 반대 비율로 커진다. 따라서 권선비가 10이라는 조건은 전력이 10배나 100배로 달라진다는 뜻이 아니다. 두 측의 전력은 동일하다.

NoteBase

문 6. 비투자율 100인 철심을 코어로 하고 단위길이당 권선수가 100회인 이상적인 솔레노이드의 자속밀도가 0.2 Wb/m^{2}일 때, 솔레노이드에 흐르는 전류[A]는?

① $\frac{20}{\pi}$
② $\frac{30}{\pi}$
③ $\frac{40}{\pi}$
④ $\frac{50}{\pi}$

정답 4번

간단한 해설

이상적인 솔레노이드에서는 **철심의 투자율을 반영한 관계**인 $B = \mu_0\mu_r nI$가 성립한다. 주어진 값을 대입하면 전류는 $\frac{50}{\pi}$A이다.

계산 과정

1. 적용 관계: 이상적인 솔레노이드 내부의 자계 세기는 $H = nI$이고, 자속밀도는 $B = \mu H$이다. 따라서 $B = \mu nI$가 성립한다. 여기서 I는 전류, μ는 철심의 투자율, n은 **단위길이당 권선수**로 100회/m이다. 주어진 자속밀도 B는 0.2 Wb/m^{2}이다.

2. 철심의 투자율: 비투자율은 철심의 투자율을 진공의 투자율로 나눈 값이므로 $\mu = \mu_0\mu_r$이다. $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$H/m와 비투자율 100을 적용하면 $\mu = 4\pi \times 10^{-5}$H/m이다. 비투자율 100 자체가 아니라 **진공의 투자율을 곱한 값**을 자속밀도 식에 넣는다.

3. 전류 계산: $I = \frac{B}{\mu n}$에 값을 대입한다. 먼저 $\mu n = 4\pi \times 10^{-3}$이므로, $I = \frac{0.2}{4\pi \times 10^{-3}} = \frac{50}{\pi}$A이다. 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 50 V, 250 W 니크롬선의 길이를 반으로 잘라서 20 V 전압에 연결하였을 때, 니크롬선의 소비전력[W]은?

① 80

② 100

③ 120

④ 140

정답 1번

간단한 해설

길이를 반으로 줄이면 단면적과 비저항이 같을 때 **저항도 절반**이 되어 5 Ω이 된다. 이 니크롬선에 20 V를 걸면 소비전력은 **80 W**이다.

계산 과정

1. 원래 니크롬선의 저항: 50 V에서 250 W를 소비하는 저항체이다. 전력 관계 $P = VI$에 옴의 법칙 $I = V/R$을 대입하면 $P = V^2/R$이므로, 원래 저항은 $R = \frac{50^2}{250} = 10\Omega$이다.

2. 절단 후의 저항: 도선의 저항은 $R = \rho\frac{l}{A}$이다. 여기서 ρ는 비저항, l은 길이, A는 단면적이다. 비저항의 온도에 따른 변화는 무시하고, 자르기 전후의 단면적은 같다고 본다. 따라서 **저항은 길이에 비례**하므로 길이가 절반인 한 조각의 저항은 $R\prime = \frac{10}{2} = 5\Omega$이다.

3. 20 V에서의 소비전력: 절단한 니크롬선에 걸리는 전압은 20 V이고 저항은 5 Ω이다. 따라서 $P\prime = \frac{20^2}{5} = 80\text{W}$이다. 계산한 소비전력 80 W는 ①에 해당한다.

NoteBase

문 8. 정전계 내의 도체에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 도체표면은 등전위면이다.

② 도체내부의 정전계 세기는 영이다.

③ 등전위면의 간격이 좁을수록 정전계 세기가 크게 된다.

④ 도체표면상에서 정전계 세기는 모든 점에서 표면의 접선방향으로 향한다.

정답 4번

간단한 해설

정전평형에서 도체표면의 전계는 **접선성분이 0**이며, 전계가 존재하면 표면에 수직인 법선방향을 향한다.
접선성분이 있으면 자유전하가 표면을 따라 이동하므로 정전평형을 유지할 수 없다.

선지별 해설

① O: 등전위면은 모든 점의 전위가 같은 면이다. 정전평형에서는 도체표면을 따라 자유전하를 이동시키는 전계성분이 없으므로 **표면의 어느 두 점 사이에도 전위차가 없다**. 따라서 도체표면은 등전위면이다.

② O: 도체에는 이동할 수 있는 자유전하가 있다. 내부에 전계가 남아 있으면 자유전하가 힘을 받아 이동한다. 전하가 재배치되어 더 이상 이동하지 않는 **정전평형에서는 내부 전계가 0**이 된다.

③ O: 전계의 세기는 거리에 따른 전위 변화의 크기를 나타낸다. **같은 전위차에 해당하는 등전위면 사이**를 비교하면, 간격이 좁을수록 같은 거리를 이동할 때 전위가 더 크게 변하므로 전계가 강하다. 이때 간격은 등전위면에 수직인 방향으로 잰다.

④ X: 도체표면 바로 바깥의 전계는 **접선방향이 아니라 법선방향**이다. 표면에 접선방향 전계가 있으면 자유전하가 표면을 따라 이동하므로 정전평형이 성립하지 않는다. 따라서 접선성분은 0이며, 전계가 존재하면 표면에 수직이다.

NoteBase

문 9. 단상 교류회로에서 80 kW의 유효전력이 역률 80%(지상)로 부하에 공급되고 있을 때, 옳은 것은?

① 무효전력은 50 kVar이다.

② 역률은 무효율보다 크다.

③ 피상전력은 100 $\sqrt{2}$ kVA이다.

④ 코일을 부하에 직렬로 추가하면 역률을 개선시킬 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

역률이 0.8이면 무효율은 $\sqrt{1-0.8^2}=0.6$이다. 따라서 **역률 0.8이 무효율 0.6보다 크다**.

선지별 해설

① X: 유효전력 P, 무효전력 Q, 피상전력 S는 전력삼각형에서 $S^2=P^2+Q^2$의 관계를 갖는다. 역률은 $\cos\varphi=\frac{P}{S}=0.8$이므로 $S=\frac{80}{0.8}=100$ kVA이다. 따라서 $Q=\sqrt{100^2-80^2}=60$ kVar이며, 무효전력은 50 kVar가 아니라 **60 kVar**이다.

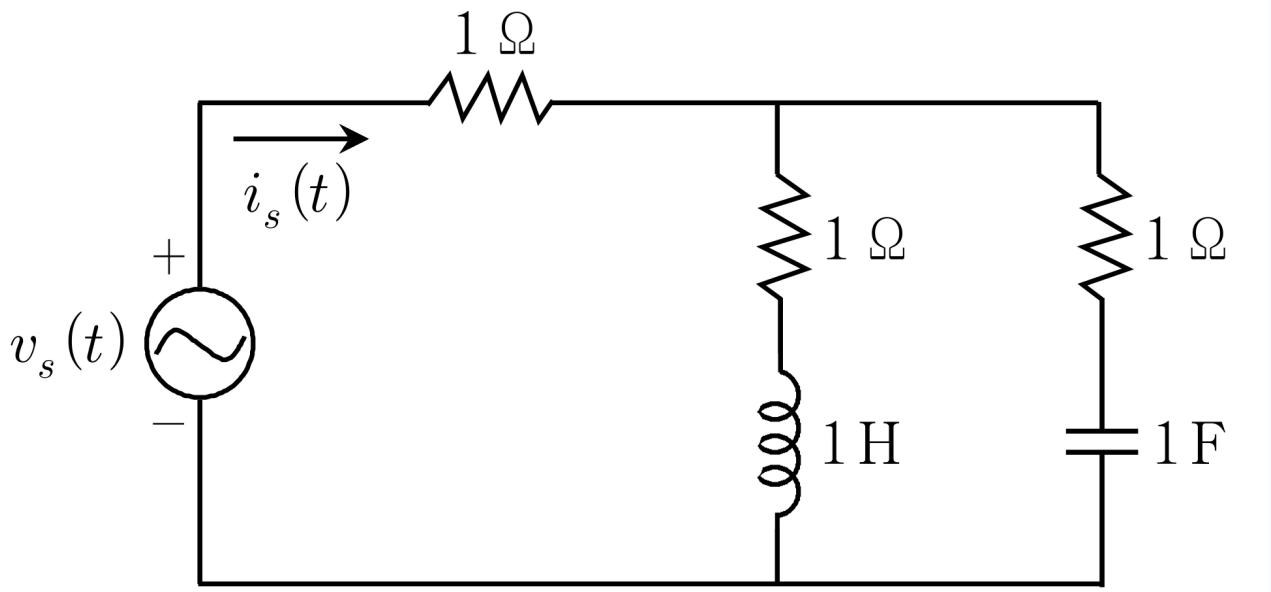
② O: 역률은 피상전력에 대한 유효전력의 비율이고, 무효율은 피상전력에 대한 무효전력의 비율이다. 무효율은 $\sin\varphi=\frac{Q}{S}=\frac{60}{100}=0.6$이다. **역률은 0.8, 무효율은 0.6**이므로 역률이 더 크다.

③ X: 피상전력은 유효전력을 역률로 나눈 값이므로 **100 kVA**이다. 전력삼각형으로 확인해도 $S=\sqrt{80^2+60^2}=100$ kVA이며, $100\sqrt{2}$ kVA가 아니다.

④ X: 지상 부하는 전류가 전압보다 위상이 늦는 유도성 부하이다. 여기에 코일을 직렬로 추가하면 유도성 리액턴스가 증가하여 전압과 전류의 위상차가 커지고 **역률이 낮아진다**. 지상 역률을 개선하려면 일반적으로 콘덴서를 부하에 병렬로 연결하여 유도성 무효전력을 보상한다.

NoteBase

문 10. 다음 회로에서 $v_s(t) = 20\cos(t)$ V의 전압을 인가했을 때, 전류 $i_s(t)$ [A]는?



① 10cos(t)

② 20cos(t)

③ 10cos(t-45°)

④ 20cos(t-45°)

정답 1번

간단한 해설

두 병렬 가지의 임피던스가 각각 $1 + j\,\Omega$과 $1 - j\,\Omega$이므로 병렬 합성값은 1 Ω이다. 앞쪽의 1 Ω을 더하면 전체 임피던스는 **허수부가 없는 2 Ω**이 되어 전류는 전압과 동상인 $i_s(t) = 10\cos(t)$ A이다.

NoteBase

계산 과정

1. 회로와 해석 조건: 전원 바로 뒤의 1 Ω 저항에, 저항 1 Ω·인덕터 1 H의 직렬 가지와 저항 1 Ω·커패시터 1 F의 직렬 가지가 병렬로 연결되어 있다. 정현파 정상상태에서 페이저법을 적용한다. 인가 전압이 $v_s(t) = 20\cos(t)$ V이므로 각주파수는 $\omega = 1$ rad/s이다. 전압의 최댓값을 기준으로 전원 페이저를 $V_s = 20\angle 0^\circ$ V로 놓으며, 전류도 같은 기준으로 구한다.

2. 두 가지의 임피던스: 허수단위 j를 사용하면 인덕터는 $Z_L = j\omega L = j\ \Omega$, 커패시터는 $Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j\ \Omega$이다. 각 가지에서 저항과 리액턴스는 직렬이므로 더한다. 따라서 저항·인덕터 가지는 $Z_{RL} = 1 + j\ \Omega$, 저항·커패시터 가지는 $Z_{RC} = 1 - j\ \Omega$이다. **유도성 리액턴스와 용량성 리액턴스의 부호가 반대**임에 유의한다.

3. 합성 임피던스: 두 가지는 양 끝 노드를 공유하는 병렬 연결이므로, 합성 임피던스는 두 임피던스의 곱을 합으로 나눈 값이다. $Z_p = \frac{(1+j)(1-j)}{(1+j)+(1-j)}\ \Omega$이며, $j^2 = -1$이므로 분자는 2, 분모도 2이다. 따라서 $Z_p = \frac{2}{2} = 1\ \Omega$이다. 여기에 전원 바로 뒤의 직렬 저항 1 Ω을 더하면 $Z_{\text{eq}} = 1 + 1 = 2\ \Omega$이다. 전체 임피던스의 **허수부가 0**이므로 전원 전압과 전원 전류 사이에는 위상차가 없다.

4. 전원 전류: 페이저에서 옴의 법칙을 적용하면 $I_s = \frac{V_s}{Z_{\text{eq}}} = \frac{20\angle 0^\circ}{2}$ A이므로 $I_s = 10\angle 0^\circ$ A이다. 이는 전류의 최댓값이 10 A이고 위상이 전원 전압과 같다는 뜻이다. 시간함수로 바꾸면 $i_s(t) = 10\cos(t)$ A로, ①의 식과 일치한다.

NoteBase

문 11. 커패시터만의 교류회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전압과 전류는 동일 주파수이다.

② 전류는 전압보다 위상이 $\frac{\pi}{2}$ 앞선다.

③ 전압과 전류의 실횻값의 비는 1이다.

④ 정전기에서 커패시터에 축적된 전하는 전압에 비례한다.

정답 3번

간단한 해설

전압과 전류의 실횻값의 비는 1로 고정되지 않고, **용량성 리액턴스**인 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$이다. 따라서 주파수 f와 정전용량 C에 따라 달라진다.

선지별 해설

① O: 이상적인 커패시터에서는 $i = C\frac{dv}{dt}$가 성립한다. 정현파 전압이 $v = V_m \sin \omega t$이면 전류는 $i = \omega C V_m \cos \omega t$이다. 두 파형의 각주파수가 모두 ω이므로 **전압과 전류의 주파수는 같다**. 여기서 C는 정전용량, V_m은 전압의 최댓값이며, 각주파수와 주파수 f의 관계는 $\omega = 2\pi f$이다.

② O: 전류는 전압의 변화율에 비례하므로, 전압이 0을 지나 증가할 때 양의 최댓값이고 전압이 양의 최댓값일 때 0이다. 따라서 전류 파형이 전압 파형보다 **1/4주기 앞서며**, 위상으로는 $\frac{\pi}{2}$, 즉 90° 앞선다.

③ X: 전압과 전류의 실횻값을 각각 V, I라고 하면 $I = \omega C V$이므로 $\frac{V}{I} = \frac{1}{\omega C} = X_C$이다. 이 비는 단위가 Ω인 용량성 리액턴스로, **주파수와 정전용량에 따라 달라진다**. 따라서 항상 1이라는 설명은 성립하지 않는다.

④ O: 정전용량이 일정한 커패시터에서 한쪽 극판에 축적된 전하의 크기 Q와 두 극판 사이 전압의 크기 V는 $Q = CV$의 관계를 갖는다. 따라서 **정전용량이 일정하면 전하는 전압에 비례한다**. 예를 들어 전압을 두 배로 하면 축적된 전하도 두 배가 된다.

NoteBase

문 12. $R-L-C$ **직렬회로에서** $R:X_L:X_C=1:2:1$**일 때, 역률은?**

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

정답 1번

간단한 해설

유도성·용량성 리액턴스는 서로 상쇄되므로 합성 리액턴스의 크기가 저항과 같다. 역률은 **저항을 임피던스의 크기로 나눈 값**이므로 $\frac{1}{\sqrt{2}}$이다.

계산 과정

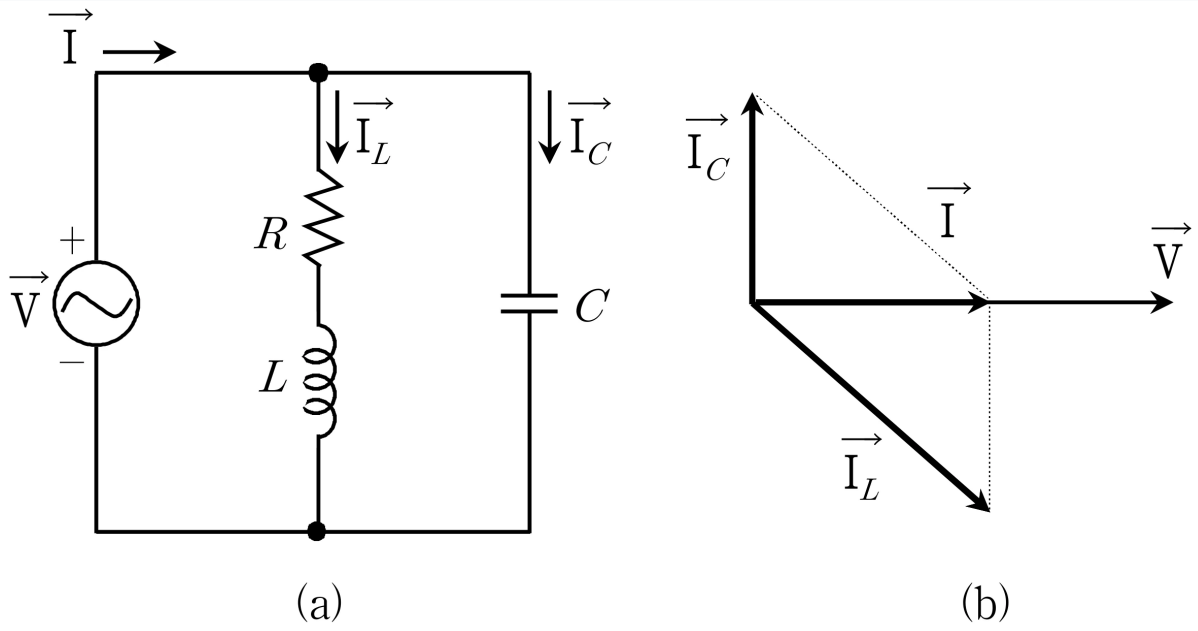
합성 리액턴스: 주어진 비에 따라 $R=r$, $X_L=2r$, $X_C=r$로 놓는다. 여기서 $r>0$이며 세 양의 단위는 모두 Ω이다. 코일과 커패시터의 리액턴스는 부호가 반대이므로 **더하지 않고 차를 구한다**. 따라서 합성 리액턴스는 $X=X_L-X_C=2r-r=r$이다.

임피던스의 크기: 저항 성분과 리액턴스 성분은 위상이 90° 다르므로 임피던스의 크기는 $|Z|=\sqrt{R^2+X^2}$이다. 위 값을 대입하면 $|Z|=\sqrt{r^2+r^2}=\sqrt{2}r$이며 단위는 Ω이다. 이는 회로 전체에서 전류의 흐름을 방해하는 정도를 나타낸다.

역률: 정현파 교류에서 역률은 전압과 전류의 위상차 ϕ에 대한 $\cos\phi$이다. 직렬회로에서는 저항과 임피던스 크기의 비로 구하므로 $\cos\phi=\frac{R}{|Z|}=\frac{r}{\sqrt{2}r}=\frac{1}{\sqrt{2}}$이다. 역률은 단위가 없는 값이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 그림 (b)는 그림 (a)의 회로에 흐르는 전류들에 대한 벡터도를 나타낸 것이다. 이러한 조건이 되기 위한 각주파수[rad/sec]는?



① $\sqrt{\frac{1}{LC}-\frac{R^2}{C^2}}$
② $\sqrt{\frac{1}{LC}-\frac{R^2}{L^2}}$
③ $\sqrt{\frac{1}{LC}-\frac{L^2}{R^2}}$
④ $\sqrt{\frac{1}{LC}-\frac{C^2}{R^2}}$

정답 2번

간단한 해설

전체 전류가 전압과 같은 방향이므로 **두 가지 전류의 무효 성분이 상쇄**되어야 한다. R–L 직렬 가지의 저항까지 반영하면 이 조건을 만족하는 각주파수는 $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}-\frac{R^2}{L^2}}$ rad/sec이다.

NoteBase

계산 과정

1. 벡터도의 조건: 그림 (a)는 R과 L을 직렬로 연결한 가지와 C 가지가 병렬인 회로이다. 그림 (b)에서 전체 전류 $\vec{I}$는 전압 $\vec{V}$와 같은 수평 방향이다. 따라서 **위쪽 용량성 전류와 아래쪽 유도성 전류 성분의 크기가 같아야** 한다. 이는 입력 전류와 전압의 위상차가 0인 병렬 공진 조건이다.

2. 가지 전류의 무효 성분: 전압을 위상 기준으로 잡고 그 크기를 V, 각주파수를 ω라 하자. j는 허수단위이다. R–L 가지의 임피던스는 $R + j\omega L$이므로 전류는 $\vec{I}_L = \frac{V}{R + j\omega L}$이다. 분모를 실수화하면 전압보다 90° 늦는 성분의 크기는 $\frac{V\omega L}{R^2 + (\omega L)^2}$이다. 이 가지에는 **R도 직렬로 포함**되므로 순수한 코일의 전류식만 적용할 수 없다. 한편 콘덴서 전류는 $\vec{I}_C = j\omega CV$로, 전압보다 90° 앞서며 크기는 ωCV이다.

3. 상쇄 조건의 정리: 두 무효 성분의 크기를 같게 놓으면 $\omega CV = \frac{V\omega L}{R^2 + (\omega L)^2}$이다. 전압이 0이 아니고 양의 각주파수를 구하므로 양변을 Vω로 나누어 $C = \frac{L}{R^2 + \omega^2 L^2}$를 얻는다. 이를 정리하면 $R^2 + \omega^2 L^2 = \frac{L}{C}$이다.

4. 각주파수 도출: 위 식에서 $\omega^2 = \frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}$이다. 따라서 양의 각주파수는 $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$ rad/sec이며, ②의 식에 해당한다. 이때 양의 실수 각주파수가 존재하려면 $R^2 < \frac{L}{C}$를 만족해야 한다.

NoteBase

문 14. 한 상의 임피던스가 $3+j4\Omega$인 평형 3상 Δ부하에 선간전압 200 V인 3상 대칭전압을 인가할 때, 3상 무효전력[Var]은?

① 600

② 14,400

③ 19,200

④ 30,000

정답 3번

간단한 해설

Δ결선에서는 **상전압이 선간전압과 같으므로** 각 상에 200 V가 걸린다. 한 상의 무효전력은 6,400 Var이며, 세 상을 합하면 19,200 Var이다.

계산 과정

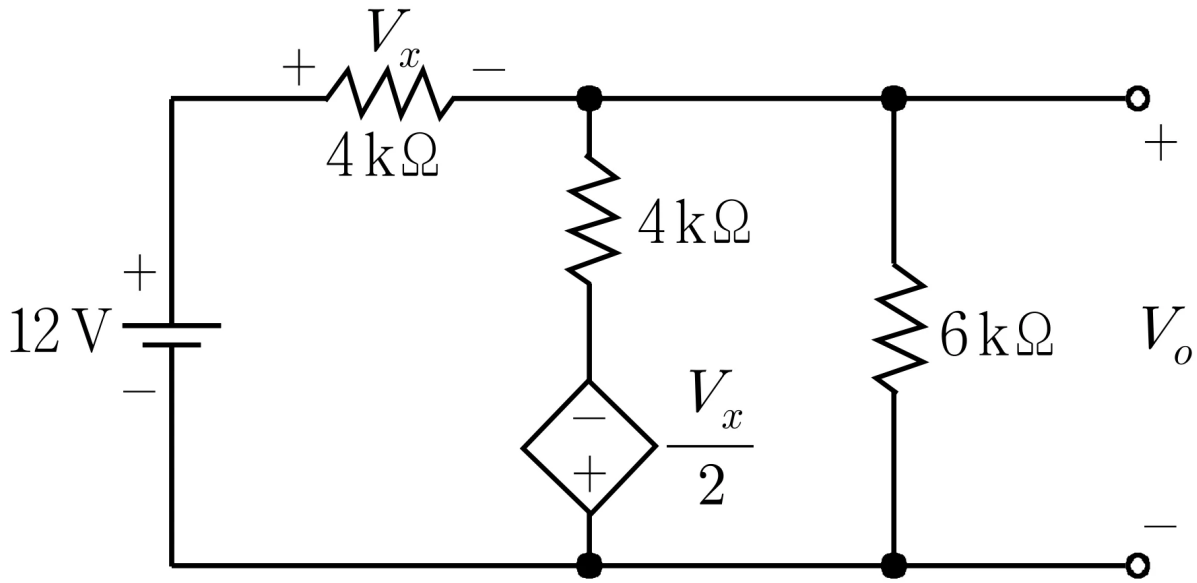
상전압: Δ결선은 각 상의 부하가 두 선 사이에 직접 연결되므로 **상전압과 선간전압이 같다**. 따라서 각 상에 걸리는 전압은 $V_\phi = 200\text{V}$이다.

상전류: 한 상의 임피던스 $Z = 3 + j4\Omega$에서 저항은 3 Ω, 유도성 리액턴스는 4 Ω이다. 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5\Omega$이므로, 각 상의 부하에 흐르는 전류는 $I_\phi = \frac{V_\phi}{|Z|} = \frac{200}{5} = 40\text{A}$이다.

무효전력: 리액턴스 X가 흡수하는 무효전력은 $Q_\phi = I_\phi^2 X$이므로, 한 상의 무효전력은 $Q_\phi = 40^2 \cdot 4 = 6{,}400\text{Var}$이다. 평형 부하에서는 **세 상의 무효전력이 같으므로** 전체 무효전력은 한 상 값의 3배이다. 따라서 $3 \times 6{,}400 = 19{,}200$ Var로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 다음 회로에서 전압 V_o[V]는?



① $\frac{6}{13}$

② $\frac{24}{13}$

③ $\frac{30}{13}$

④ $\frac{36}{13}$

정답 4번

간단한 해설

종속전압원은 아래쪽이 +극이므로, 아래 도선을 0 V로 잡으면 위쪽 단자 전위는 $-\frac{V_x}{2}$이다. 이 **종속전압원의 극성**을 반영하여 위쪽 노드의 전류식을 풀면 $V_o = \frac{36}{13}$ V이다.

NoteBase

계산 과정

기준 전위와 제어전압: 아래 공통 도선을 0 V로 두면, 12 V 전원의 위쪽 단자는 12 V이고 출력의 위쪽 노드 전위는 V_o이다. 왼쪽 4 kΩ 저항의 제어전압은 왼쪽이 +극, 오른쪽이 −극이므로 $V_x = 12 - V_o$이다.

종속전압원과 중앙 가지 전류: 중앙의 4 kΩ 저항과 종속전압원 사이의 전위를 V_b라 하자. 종속전압원은 **아래쪽이 +극, 위쪽이 −극**이므로 $0 - V_b = \frac{V_x}{2}$이다. 따라서 $V_b = -\frac{V_x}{2} = \frac{V_o - 12}{2}$이다. 전압은 V, 저항은 kΩ 단위로 대입하면 전류는 mA가 된다. 중앙 저항을 아래로 흐르는 전류는 $I_c = \frac{V_o - V_b}{4} = \frac{V_o + 12}{8}$ mA이다.

노드 전류식: 위쪽 노드에서는 **왼쪽에서 들어오는 전류가 중앙과 오른쪽으로 나가는 전류의 합**과 같다. 왼쪽 4 kΩ 저항의 전류는 $\frac{12 - V_o}{4}$ mA이고, 오른쪽 6 kΩ 저항의 전류는 $\frac{V_o}{6}$ mA이다. 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $\frac{12 - V_o}{4} = \frac{V_o + 12}{8} + \frac{V_o}{6}$이다.

전압 계산: 전류식의 양변에 24를 곱하면 $6(12 - V_o) = 3(V_o + 12) + 4V_o$이다. 이를 정리하면 $72 - 6V_o = 7V_o + 36$, $13V_o = 36$이므로 $V_o = \frac{36}{13}$ V이다. 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 평형 3상 Y결선 회로에서 a상 전압의 순시값이 $v_a = 100\sqrt{2}\sin(\omega t + \frac{\pi}{3})$V일 때, c상 전압의 순시값 v_c [V]은? (단, 상 순은 a, b, c이다)

① $100\sqrt{2}\sin(\omega t + \frac{5}{3}\pi)$
② $100\sqrt{2}\sin(\omega t + \frac{1}{3}\pi)$
③ $100\sqrt{2}\sin(\omega t - \pi)$
④ $100\sqrt{2}\sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi)$

정답 3번

간단한 해설

상 순이 a, b, c이면 c상은 a상보다 **240° 늦으며**, 이는 120° 앞서는 것과 같다. a상의 초기위상에서 240°를 빼면 $-\pi$가 되어, $v_c = 100\sqrt{2}\sin(\omega t - \pi)$ V이다.

계산 과정

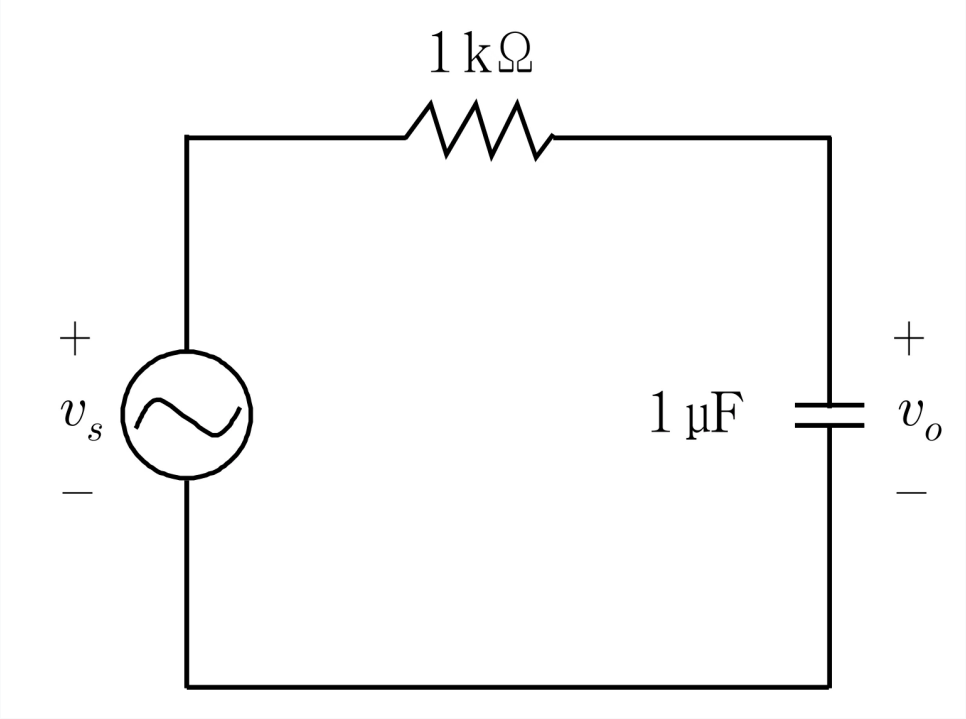
평형 3상에서는 각 상전압의 최댓값과 각주파수가 같고, 위상은 120°씩 차이 난다. 따라서 c상의 최댓값도 $100\sqrt{2}$ V이고 각주파수도 ω이다. 구하는 값은 Y결선의 **상전압**이므로 선간전압으로 환산할 필요가 없다.

상 순이 a, b, c이므로 b상은 a상보다 120° 늦고, c상은 b상보다 다시 120° 늦다. 따라서 c상은 **a상보다 240° 늦다**. a상의 초기위상을 $\theta_a = \frac{\pi}{3}$이라 하면, c상의 초기위상은 $\theta_c = \frac{\pi}{3} - \frac{4\pi}{3} = -\pi$이다.

c상의 최댓값과 초기위상을 사인파 식에 대입하면 $v_c = 100\sqrt{2}\sin(\omega t - \pi)$ V이다. 이는 ③의 식과 일치한다.

NoteBase

문 17. 다음 R-C 회로에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 입력 전압 v_s의 주파수는 10 Hz이다)



① 차단주파수는 $\frac{1000}{\pi}$ Hz이다.

② 이 회로는 고역 통과 필터이다.

③ 커패시터의 리액턴스는 $\frac{50}{\pi}$ kΩ이다.

④ 출력 전압 v_o에 대한 입력 전압 v_s의 비는 0.6이다.

정답 3번

간단한 해설

커패시터의 **리액턴스**는 주파수와 정전용량에 반비례한다. 주파수 10 Hz와 정전용량 1 μF를 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$에 대입하면 $\frac{50}{\pi}$ kΩ이다.

NoteBase

선지별 해설

그림에서 저항 R = 1 kΩ과 커패시터 C = 1 μF가 직렬로 연결되어 있고, 출력은 커패시터 양단의 전압이다. 단위를 바꾸면 $R = 10^3\,\Omega$, $C = 10^{-6}$ F이므로 시정수는 $RC = 10^{-3}$ s이다.

① X: 이 회로의 차단주파수는 $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$이다. 차단주파수에서는 커패시터 리액턴스의 크기가 저항과 같아지고, 출력 전압의 크기가 저주파 통과대역 값의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배가 된다. 주어진 시정수를 대입하면 $f_c = \frac{500}{\pi}$ Hz이므로, 선지의 값은 실제 값의 2배이다.

② X: 출력이 **커패시터 양단**에서 나오므로 저역 통과 필터이다. 주파수가 낮으면 커패시터 리액턴스가 커서 입력 전압의 대부분이 커패시터에 걸린다. 주파수가 높아지면 리액턴스가 작아져 커패시터에 걸리는 출력 전압이 감소한다.

③ O: 커패시터 리액턴스의 크기는 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$이다. 입력 주파수 f = 10 Hz와 정전용량 C = 1 μF를 대입하면 $X_C = \frac{50000}{\pi}\,\Omega$이다. 이를 kΩ으로 환산하면 $X_C = \frac{50}{\pi}$ kΩ이다. 커패시터의 임피던스는 $Z_C = -jX_C$이며, 여기서 리액턴스는 그 **크기**를 뜻한다.

④ X: 선지는 **출력에 대한 입력의 비**를 묻는다. 입력과 출력 전압의 크기를 각각 V_s, V_o라 하면, 직렬 회로에서 $V_s = I\sqrt{R^2 + X_C^2}$, $V_o = IX_C$이다. 저항 전압과 커패시터 전압의 위상이 90° 다르므로 입력 전압의 크기는 두 전압 크기의 단순한 합이 아니라 제곱합의 제곱근이다. 따라서 $\frac{V_s}{V_o} = \sqrt{1 + \left(\frac{R}{X_C}\right)^2}$이다. 주어진 값으로는 $\frac{R}{X_C} = \frac{\pi}{50}$이므로 입력과 출력의 크기 비는 약 1.002이다. 이 비는 1보다 크므로 0.6이 아니다.

NoteBase

문 18. 어떤 인덕터에 전류 $i = 3 + 10\sqrt{2}\sin 50t + 4\sqrt{2}\sin 100t$A가 흐르고 있을 때, 인덕터에 축적되는 자기 에너지가 125 J이다. 이 인덕터의 인덕턴스[H]는?

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

간단한 해설

축적 자기 에너지를 **한 주기 평균**으로 해석하면, 에너지 계산에는 전류의 실효값을 사용한다. 직류와 두 고조파의 실효값 제곱을 더하면 $I_{\text{rms}}^2 = 125\text{A}^2$이므로 인덕턴스는 2 H이다.

계산 과정

1. 에너지와 전류의 관계: 인덕턴스 L이 일정한 인덕터의 순간 축적 자기 에너지는 $w(t) = \frac{1}{2}Li^2(t)$이다. 이 문항의 125 J는 **한 주기 평균 축적 에너지**로 해석한다. 전류 실효값의 제곱은 전류 제곱의 주기 평균이므로, 평균 축적 에너지는 $\overline{W} = \frac{1}{2}LI_{\text{rms}}^2$이다.

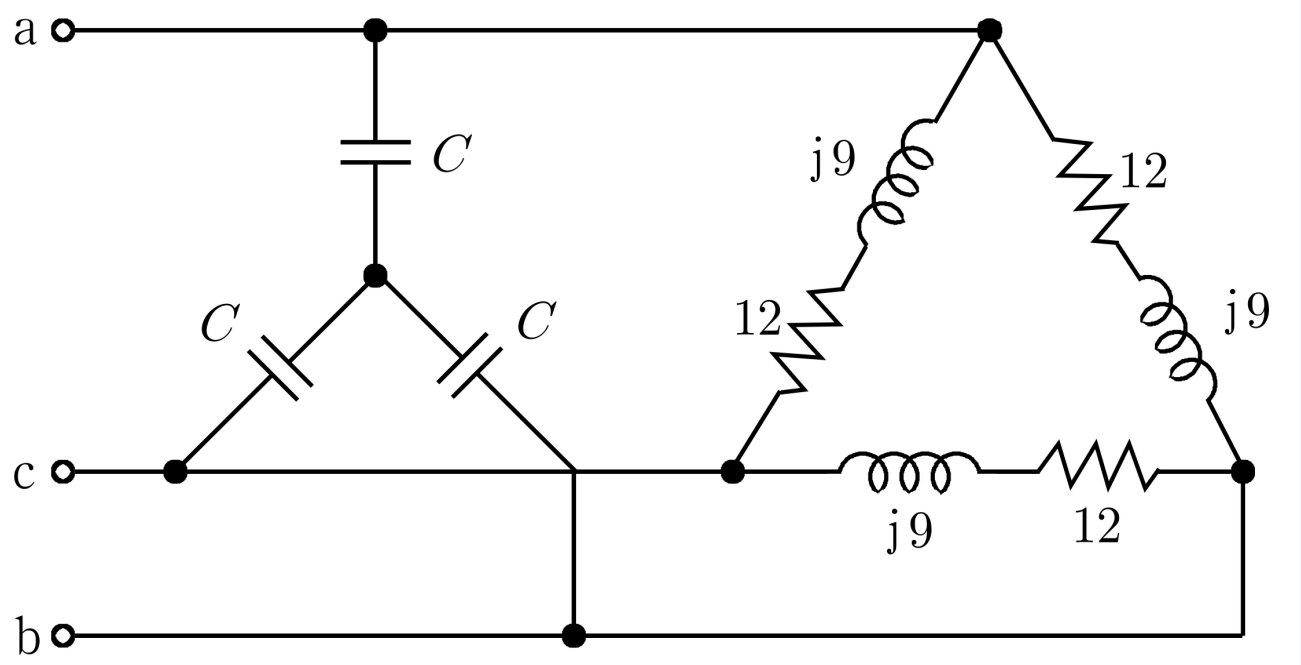
2. 성분별 실효값: 직류 성분의 실효값은 그대로 3 A이다. 정현파 성분의 실효값은 **최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값**이므로, 각주파수 50 rad/s인 성분은 $I_1 = \frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 10\text{A}$, 100 rad/s인 성분은 $I_2 = \frac{4\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 4\text{A}$이다.

3. 전체 전류의 제곱평균: 100 rad/s는 50 rad/s의 두 배이므로 두 정현파는 기본파와 제2고조파의 관계이다. 기본파의 한 주기 동안 각 정현파의 평균과 서로 다른 성분의 곱의 평균은 0이 된다. 따라서 전체 실효값은 성분별 실효값을 단순히 더하지 않고, **각 실효값의 제곱을 더한 뒤 제곱근**을 취한다. 여기서는 에너지에 필요한 제곱값만 구하면 된다. $I_{\text{rms}}^2 = 3^2 + 10^2 + 4^2 = 125\text{A}^2$이다.

4. 인덕턴스 계산: 평균 축적 에너지 125 J와 전류의 제곱평균을 대입하면 $L = \frac{2\overline{W}}{I_{\text{rms}}^2} = \frac{2 \cdot 125}{125} = 2\text{H}$이다. 이는 ②의 2 H에 해당한다.

NoteBase

문 19. 다음 회로와 같이 평형 3상 $R-L$ 부하에 커패시터 C를 설치하여 역률을 100%로 개선할 때, 커패시터의 리액턴스[Ω]는? (단, 선간전압은 200 V, 한 상의 부하는 $12+j9\Omega$이다)



① $\frac{20}{4}$

② $\frac{20}{3}$

③ $\frac{25}{4}$

④ $\frac{25}{3}$

정답 4번

간단한 해설

역률 100%는 부하의 **유도성 무효전력을 커패시터가 모두 상쇄**하는 상태이다. Δ결선 부하와 Y결선 커패시터의 상전압 차이를 반영하면, 커패시터의 리액턴스는 $X_C = \frac{25}{3}\Omega$이다.

NoteBase

계산 과정

접속과 상전압: 그림에서 R-L 부하는 Δ결선이고, 커패시터 3개는 Y결선이다. 선간전압이 200 V이므로 부하 한 상에는 200 V가 걸린다. 평형 Y결선에서는 상전압이 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배이므로, **커패시터 한 개에 걸리는 전압**은 $V_C = \frac{200}{\sqrt{3}}\text{V}$이다.

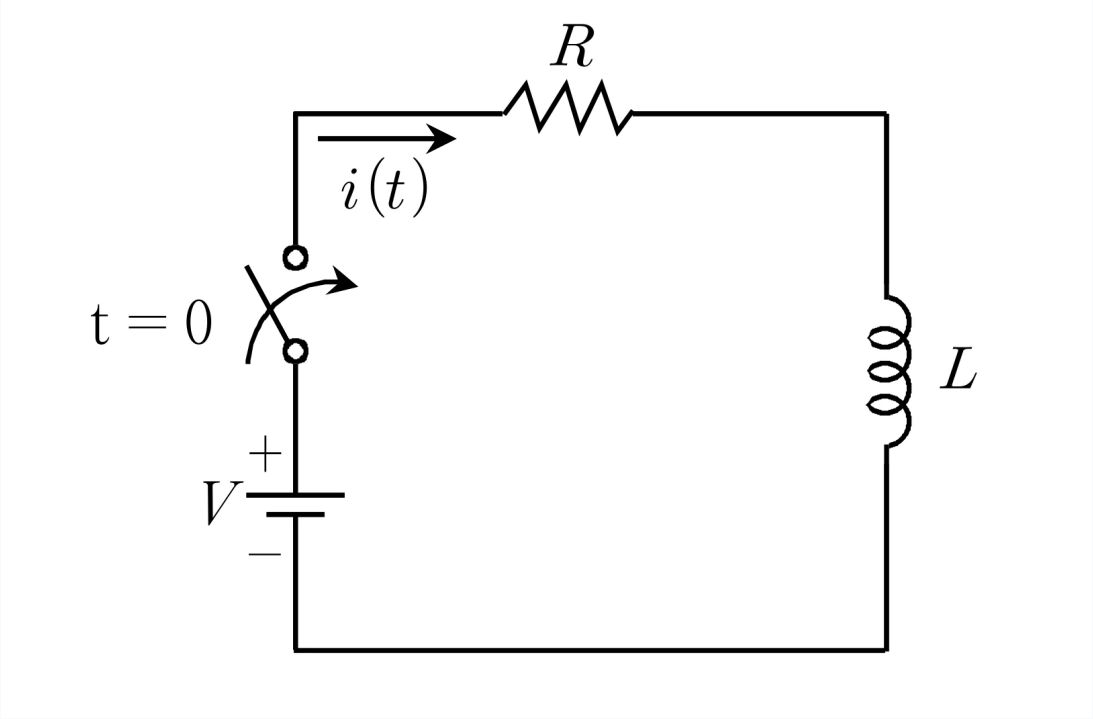
부하의 무효전력: 한 상의 저항은 12 Ω, 유도성 리액턴스는 9 Ω이다. 임피던스 크기의 제곱은 $|Z|^2 = 12^2 + 9^2 = 225\Omega^2$이다. 한 상의 전류 크기를 I_ϕ라 하면 $I_\phi^2 = \frac{200^2}{225}\text{A}^2$이다. 유도성 무효전력은 전류 크기의 제곱에 유도성 리액턴스를 곱한 값이므로, 3상 부하 전체의 무효전력은 $Q_L = 3 \cdot \frac{200^2}{225} \cdot 9 = 4800\text{var}$이다.

커패시터의 보상량: 커패시터 한 개의 리액턴스 크기를 X_C, 커패시터 3개가 공급하는 용량성 무효전력의 크기를 Q_C라 한다. 커패시터 한 개의 무효전력 크기는 $\frac{V_C^2}{X_C}$이므로, 전체 보상량은 $Q_C = \frac{3V_C^2}{X_C} = \frac{200^2}{X_C}$이다. 역률이 100%가 되려면 전원에서 공급하는 순무효전력이 0이어야 하므로 **두 무효전력의 크기가 같아야 한다**.

리액턴스 계산: $Q_C = Q_L$을 적용하면 $\frac{200^2}{X_C} = 4800$이다. 따라서 $X_C = \frac{40000}{4800} = \frac{25}{3}\Omega$이며, ④의 값에 해당한다.

NoteBase

문 20. 다음 $R-L$ 직렬회로에서 $t=0$일 때, 스위치를 닫은 후 $\frac{di(t)}{dt}$에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 인덕턴스에 비례한다.

② 인덕턴스에 반비례한다.

③ 저항과 인덕턴스의 곱에 비례한다.

④ 저항과 인덕턴스의 곱에 반비례한다.

정답 2번

간단한 해설

스위치를 닫은 직후에는 전류가 아직 0이므로 전원 전압이 모두 인덕터에 걸린다. 따라서 초기 전류 변화율은 $\frac{V}{L}$이며, 전원 전압이 일정하면 **인덕턴스에 반비례**한다.

NoteBase

공통 해설

그림은 직류 전원 V에 저항 R과 인덕턴스 L이 직렬로 연결된 회로이다. 스위치를 닫기 전에는 전류가 흐르지 않으며, 인덕터의 전류는 순간적으로 바뀔 수 없으므로 닫은 직후에도 $i(0^+) = 0$이다. 여기서 0^+는 스위치를 닫은 직후를 뜻한다.

스위치를 닫은 뒤 키르히호프 전압 법칙을 적용하면 $V = Ri(t) + L\frac{di(t)}{dt}$이다. 닫은 직후에는 **저항의 전압 강하가 0**이므로 전원 전압 V가 모두 인덕터에 걸린다. 따라서 초기 전류 변화율은 $\frac{di(t)}{dt}\Big|_{t=0^+} = \frac{V}{L}$이다. V를 볼트, L을 헨리로 나타내면 전류 변화율의 단위는 A/s이다.

같은 전원 전압에서 초기 전류 변화율은 L이 분모에 있으므로 인덕턴스에 반비례한다. L이 2배가 되면 초기 변화율은 절반이 된다. 이 초기값에는 R이 들어가지 않으므로 저항과 인덕턴스의 곱에 비례하거나 반비례하는 관계도 성립하지 않는다. 이 관계는 스위치를 닫은 직후의 초기 변화율에 관한 것이다.

NoteBase