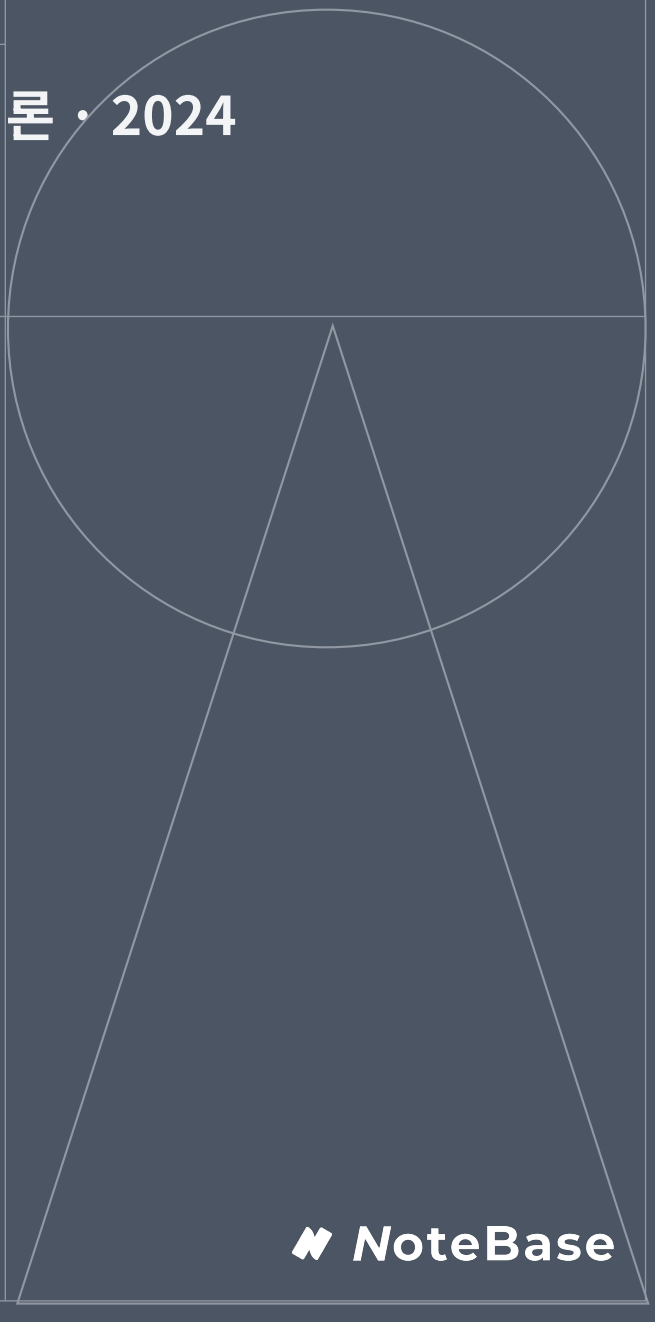
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2024



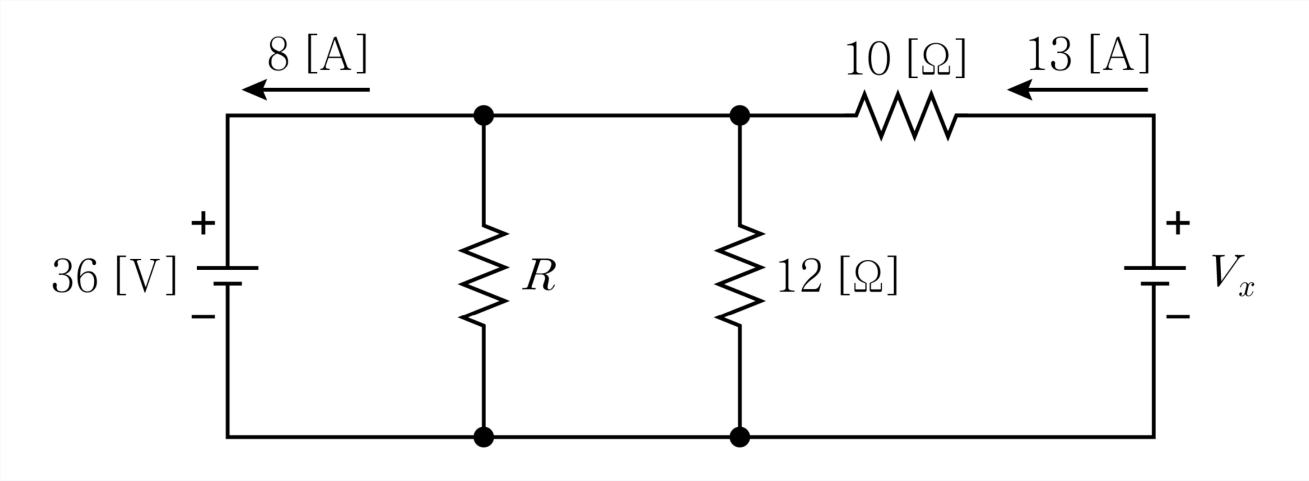
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2024

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2024

문 1. 그림의 회로에서 저항 R [Ω]과 전압원 V□ [V]는?



① R [Ω]: 12, V□ [V]: 94

② R [Ω]: 12, V□ [V]: 166

③ R [Ω]: 18, V□ [V]: 94

④ R [Ω]: 18, V□ [V]: 166

정답 4번

간단한 해설

R과 12 Ω 저항에는 **같은 36 V**가 걸리므로, 전류 분배를 적용하면 R = 18 Ω이다. 10 Ω 저항의 전류가 오른쪽에서 왼쪽으로 흐르므로 **오른쪽 전위가 130 V 더 높아** 전압원은 $V_x = 166\text{V}$이다.

NoteBase

계산 과정

공통 전압: 아래쪽 도선을 기준 전위 0 V로 잡는다. 36 V 전압원의 위쪽이 +이므로, R과 12 Ω 저항의 위쪽 공통 노드 전위는 36 V이다. 두 저항은 36 V 전압원과 **같은 두 노드에 병렬로 연결**되어 각각 36 V가 걸린다.

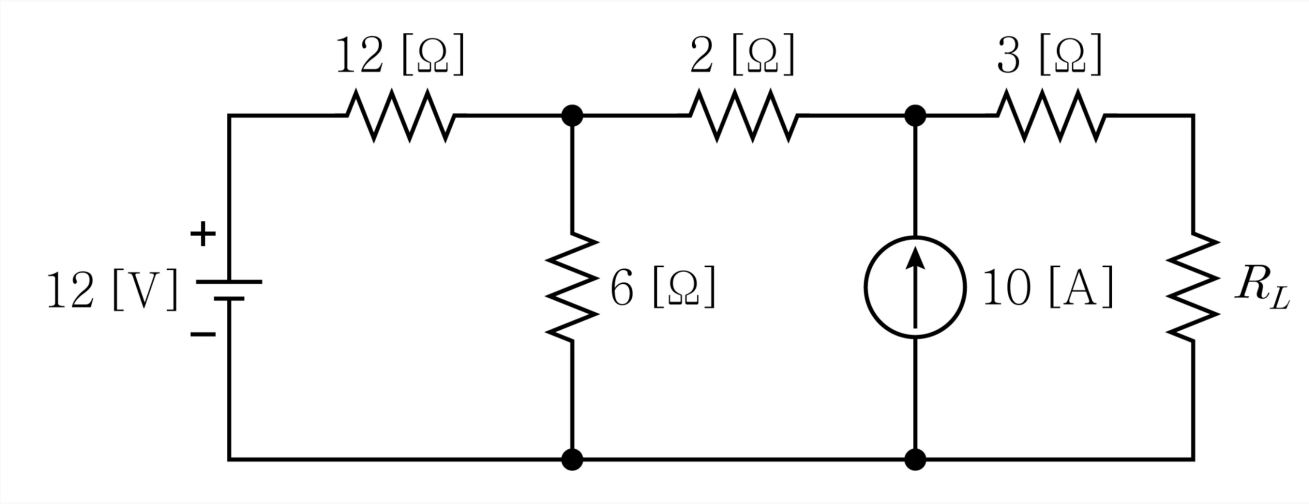
저항 R: 옴의 법칙으로 12 Ω 저항에 흐르는 전류는 $\frac{36}{12} = 3\text{A}$이며, 위에서 아래로 흐른다. 위쪽 공통 노드에는 오른쪽에서 13 A가 들어오고, 왼쪽으로 8 A가 나간다. 키르히호프 전류 법칙에 따라 들어오는 전류와 나가는 전류의 합이 같으므로, R에 흐르는 아래 방향 전류는 13 − 8 − 3 = 2 A이다. 따라서 $R = \frac{36}{2} = 18\Omega$이다.

전압원 V_x: 10 Ω 저항에는 오른쪽에서 왼쪽으로 13 A가 흐른다. 저항에서는 **전류 방향으로 전위가 낮아지므로**, 오른쪽 끝 전위가 왼쪽 끝보다 $13 \times 10 = 130$ V 높다. 왼쪽 끝은 36 V이고 오른쪽 전압원의 아래쪽은 0 V이므로, 그림의 극성에 따른 전압은 $V_x = 36 + 130 = 166\text{V}$이다.

구한 R = 18 Ω과 $V_x = 166\text{V}$의 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 2. 그림의 회로에서 부하저항 R_L이 최대전력을 소비하기 위한 R_L [Ω]은?



① 3

② 6

③ 9

④ 12

정답 3번

간단한 해설

부하에서 최대전력을 소비하려면 부하저항이 **부하 단자에서 본 테브난 등가저항과 같아야 한다**. 전압원을 단락하고 전류원을 개방하여 구한 등가저항이 9 Ω이므로 $R_L = 9\Omega$이다.

계산 과정

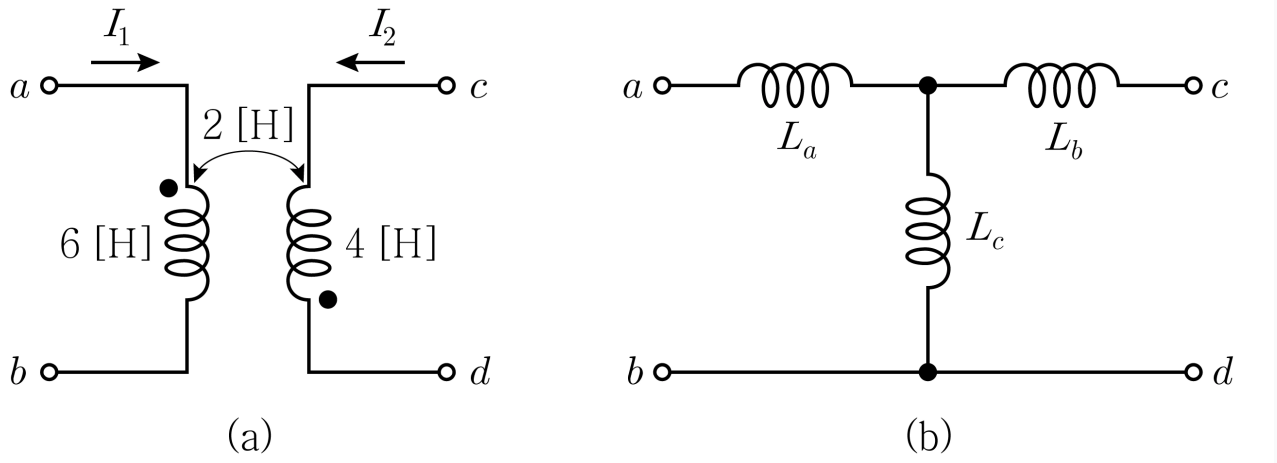
1. 최대전력 조건: 부하를 제외한 회로를 테브난 등가전압 V_{th}와 등가저항 R_{th}의 직렬회로로 나타낸다. 부하전력은 $P_L = \frac{V_{th}^2 R_L}{(R_{th}+R_L)^2}$이며, V_{th}와 R_{th}가 일정할 때 **부하저항과 등가저항이 같으면** 최대가 된다. 따라서 $R_L = R_{th}$를 적용한다.

2. 병렬 부분 계산: R_L을 떼어 내고, 독립전원을 0으로 만들어 부하 단자에서 회로 안쪽을 본 저항을 구한다. 이때 **12 V 전압원은 단락하고 10 A 전류원은 개방한다**. 전압원이 도선으로 바뀌면 12 Ω과 6 Ω은 같은 두 노드 사이에 연결되므로 병렬이다. 이 부분의 합성저항은 $R_p = \frac{12 \cdot 6}{12+6} = 4\Omega$이다.

3. 전체 등가저항과 부하저항: 전류원 가지가 개방되므로 부하의 위쪽 단자에서 아래쪽 단자까지는 3 Ω, 2 Ω, 앞에서 구한 4 Ω을 차례로 거친다. 이들은 직렬이므로 $R_{th} = 3 + 2 + 4 = 9\Omega$이다. 따라서 최대전력 조건을 만족하는 부하저항은 $R_L = 9\Omega$이며, ③의 9 Ω에 해당한다.

NoteBase

문 3. 그림 (a)의 선형 변압기를 그림 (b)와 같이 T형 등가회로로 나타내었을 때, L_a, L_b, L_c의 각 인덕턴스[H]는?



① L_a [H]: 4, L_b [H]: −2, L_c [H]: 6

② L_a [H]: 4, L_b [H]: 6, L_c [H]: −2

③ L_a [H]: 8, L_b [H]: −2, L_c [H]: 6

④ L_a [H]: 8, L_b [H]: 6, L_c [H]: −2

정답 4번

간단한 해설

두 전류가 점 표시 단자에 대해 서로 반대 방향이므로 **상호유도항의 부호는 음수**이다. T형 회로의 공통 가지는 $L_c = -2$H이고, 각 단자의 자기인덕턴스를 유지하도록 계산하면 $L_a = 8$H, $L_b = 6$H가 된다.

NoteBase

계산 과정

그림 (a)에서 왼쪽과 오른쪽 코일의 자기인덕턴스는 각각 $L_1 = 6\text{H}$, $L_2 = 4\text{H}$이고, 상호인덕턴스의 크기는 M = 2 H이다. I_1은 왼쪽 코일의 점 표시 단자로 들어가지만, I_2는 오른쪽 코일의 점 표시가 없는 단자로 들어간다. 따라서 두 단자전압을 각각 a에서 b, c에서 d 방향으로 잡으면 **상호유도항의 계수는 −M**이다.

공통 가지 L_c: 그림 (b)의 중앙 접점에서는 양쪽에서 들어온 전류가 합쳐지므로 아래로 흐르는 전류는 $I_1 + I_2$이다. 인덕터 전압은 $v = L\frac{di}{dt}$이므로, 공통 가지 전압에는 두 전류의 변화율이 각각 L_c를 계수로 하여 나타난다. 이 전압은 양쪽 단자전압에 공통으로 포함되므로, 원래 회로의 상호유도항과 같으려면 $L_c = -M = -2\text{H}$이어야 한다. 여기서 음수는 **상호유도 효과를 등가회로로 표현한 값**이다.

왼쪽 직렬 가지 L_a: 오른쪽 단자를 개방하여 $I_2 = 0$으로 두면 왼쪽에서 본 인덕턴스는 $L_a + L_c$이다. 이것이 원래 왼쪽 코일의 자기인덕턴스 6 H와 같아야 하므로 $L_a + L_c = 6$이다. 따라서 $L_a = 6 - (-2) = 8\text{H}$이다.

오른쪽 직렬 가지 L_b: 왼쪽 단자를 개방하여 $I_1 = 0$으로 두면 오른쪽에서 본 인덕턴스는 $L_b + L_c$이다. 이것이 원래 오른쪽 코일의 자기인덕턴스 4 H와 같아야 하므로 $L_b + L_c = 4$이다. 따라서 $L_b = 4 - (-2) = 6\text{H}$이다.

계산된 값은 $L_a = 8\text{H}$, $L_b = 6\text{H}$, $L_c = -2\text{H}$로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 정지해 있는 두 점전하 사이에 작용하는 정전기력에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 두 전하량의 곱에 비례한다.

② 주위 매질에 영향을 받지 않는다.

③ 두 전하 사이의 거리 제곱에 반비례한다.

④ 두 전하를 연결하는 직선을 따라 작용한다.

정답 2번

간단한 해설

정전기력은 **주위 매질의 유전율에 영향을 받는다**. 두 전하량과 거리가 같으면 유전율이 클수록 정전기력의 크기는 작아진다.

선지별 해설

균일하고 등방성인 매질에서 정지한 두 점전하 사이의 정전기력은 쿨롱의 법칙을 따른다. 그 크기는 $F = \frac{|q_1 q_2|}{4\pi\varepsilon r^2}$ 이다. 여기서 q_1, q_2는 두 전하량, r은 두 전하 사이의 거리, ε은 매질의 유전율이다.

① O: 매질과 거리가 같으면 정전기력의 크기는 **두 전하량의 곱의 절댓값에 비례**한다. 한쪽 전하량의 크기만 2배로 하면 힘의 크기도 2배가 된다.

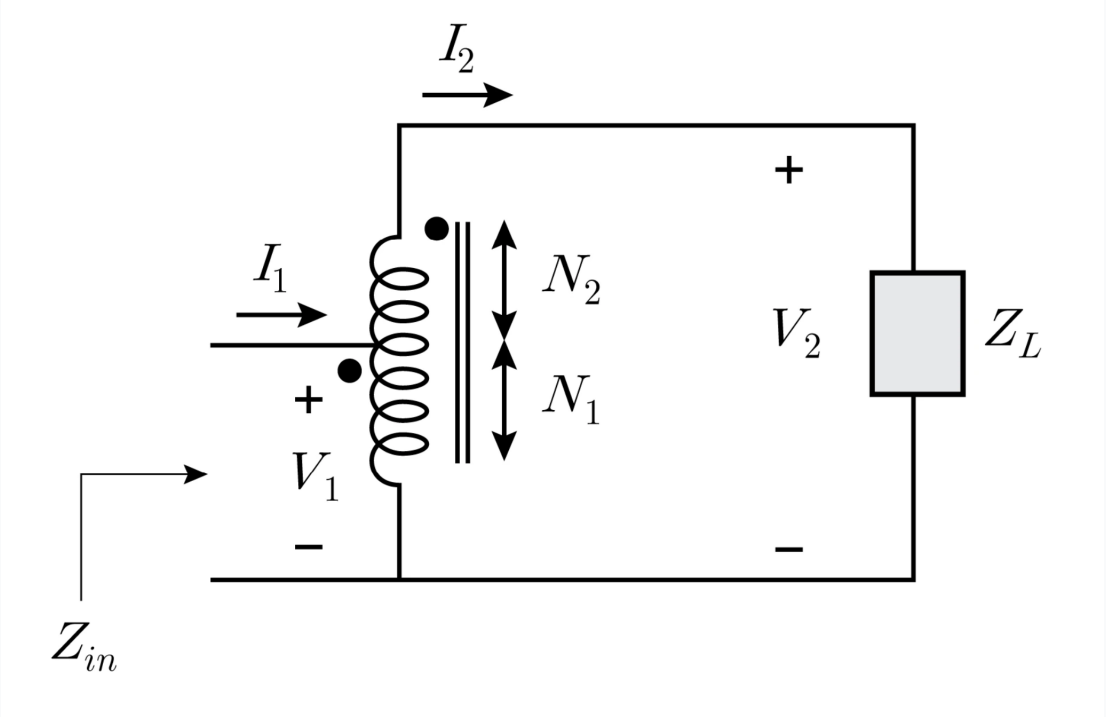
② X: 쿨롱의 법칙에는 매질의 유전율이 포함되므로 정전기력은 **주위 매질의 영향을 받는다**. 전하량과 거리가 일정할 때 힘의 크기는 유전율에 반비례하므로, 유전율이 큰 매질일수록 작아진다.

③ O: 전하량과 매질이 같으면 정전기력의 크기는 **거리의 제곱에 반비례**한다. 두 전하 사이의 거리가 2배가 되면 힘의 크기는 1/4이 된다.

④ O: 정전기력은 **두 점전하를 연결하는 직선 방향**으로 작용한다. 같은 부호의 전하끼리는 서로 밀어내고, 다른 부호의 전하끼리는 서로 끌어당긴다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 이상적인 단권변압기에서 Z_{in}과 Z_L 사이의 관계식은? (단, V_1은 1차측 전압, V_2는 2차측 전압, I_1은 1차측 전류, I_2는 2차측 전류, N_1은 1차측 권선수, $N_1 + N_2$는 2차측 권선수이다)



① $Z_{in} = Z_L\left(\frac{N_1}{N_1+N_2}\right)$
② $Z_{in} = Z_L\left(\frac{N_1}{N_1+N_2}\right)^2$
③ $Z_{in} = Z_L\left(\frac{N_2}{N_1+N_2}\right)$
④ $Z_{in} = Z_L\left(\frac{N_2}{N_1+N_2}\right)^2$

정답 2번

간단한 해설

부하는 전체 권선 $N_1 + N_2$에 연결되어 있으므로 1차측과 2차측의 권선수 비는 $\frac{N_1}{N_1+N_2}$이다. 입력측으로 환산한 임피던스에는 전압비와 역전류비가 함께 반영되어 **권선수 비의 제곱**이 곱해진다.

NoteBase

핵심 풀이

그림에서 입력 전압 V_1은 아래쪽 권선 N_1에 걸리고, 부하 전압 V_2는 **전체 권선** $N_1 + N_2$에 걸린다. 이상적인 변압기의 전압은 권선수에 비례하므로 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_1 + N_2}$이다.

이상적인 변압기는 손실이 없으므로 전압이 높아지는 비율만큼 출력 전류는 작아진다. 따라서 입출력 전류비는 전압비의 역수이며, $\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_1 + N_2}$이다. 여기서 I_1과 I_2는 각 포트로 들어가고 나오는 **입출력 전류**이며, 공통 권선 자체의 전류와 구별한다.

입력 임피던스와 부하 임피던스의 정의는 각각 $Z_{in} = \frac{V_1}{I_1}$, $Z_L = \frac{V_2}{I_2}$이다. 두 식의 비를 취하면 $\frac{Z_{in}}{Z_L} = \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{I_2}{I_1}$이므로, 같은 권선수 비가 두 번 곱해져 $Z_{in} = Z_L\left(\frac{N_1}{N_1 + N_2}\right)^2$이 된다. 이는 ②의 관계식과 일치한다.

권선수 비를 한 번만 곱하는 식은 **전류비의 변화까지 반영하지 않은** 식이다. 또한 N_2는 위쪽 추가 권선수이므로, 입력 전압이 걸리는 1차측 권선수 N_1 대신 분자에 넣을 수 없다.

NoteBase

문 6. 부하에 전압 $\dot{V} = 100 + j50$ [V]을 인가했을 때, $\dot{I} = 4 + j3$ [A]의 전류가 흐른다. 이 부하의 유효전력[W]과 무효전력[VAR]은? (단, 전압과 전류는 실횻값이다)

① 유효전력[W]: 250, 무효전력[VAR]: −500

② 유효전력[W]: 250, 무효전력[VAR]: 500

③ 유효전력[W]: 550, 무효전력[VAR]: −100

④ 유효전력[W]: 550, 무효전력[VAR]: 100

정답 3번

간단한 해설

실횻값 페이저의 복소전력은 전압에 **전류의 켤레복소수**를 곱해 구한다. 이때 $S = 550 - j100$ VA이므로 유효전력은 550 W, 무효전력은 −100 VAR이다.

계산 과정

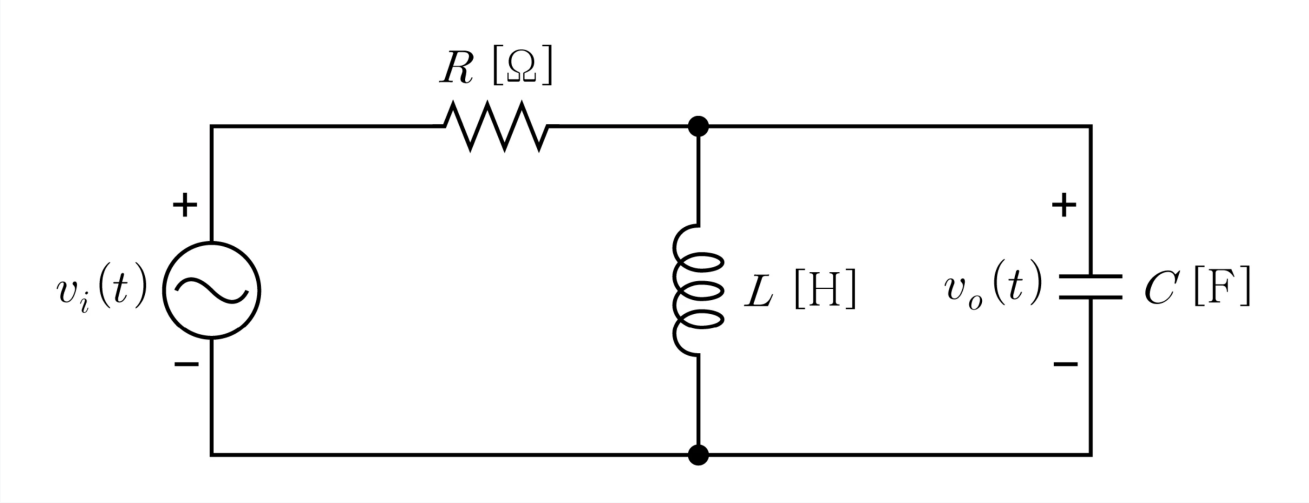
주어진 전압과 전류는 **실횻값**이므로 복소전력은 $S = \dot{V}\dot{I}^* = P + jQ$로 구하며, 1/2을 곱하지 않는다. 여기서 P는 유효전력, Q는 무효전력이고, 별표는 켤레복소수를 뜻한다. 전력은 전압과 전류의 위상차에 따라 결정되므로, 두 위상각을 더하지 않고 빼도록 전류의 켤레복소수를 곱한다.

전류의 켤레복소수는 $\dot{I}^* = 4 - j3$ A이다. 따라서 $S = (100 + j50)(4 - j3)$이고, $j^2 = -1$을 적용하면 $S = (400 + 150) + j(200 - 300)$ VA, 즉 $S = 550 - j100$ VA가 된다.

복소전력에서 **실수부는 유효전력, 허수부의 계수는 무효전력**이다. 따라서 P = 550 W, Q = −100 VAR이며, 이는 ③의 값과 일치한다. Q가 음수이므로 전류가 전압보다 앞서는 용량성 부하이다.

NoteBase

문 7. 그림의 회로에서 입력전압 $v_i(t)$와 출력전압 $v_o(t)$에 대한 전달함수는? (단, $t = 0$에서 인덕터의 초기전류는 0 [A]이고, 커패시터의 초기전압은 0 [V]이다.)



① $\frac{1}{RLCs^2 + LCs + 1}$
② $\frac{LCs}{RLCs^2 + LCs + 1}$
③ $\frac{Ls}{RLCs^2 + Ls + R}$
④ $\frac{1}{RLCs^2 + Ls + R}$

정답 3번

간단한 해설

출력전압은 **인덕터와 커패시터의 병렬 부분에 걸리는 전압**이다. 이 병렬 임피던스와 저항 R의 전압 분배를 적용하면 전달함수는 $H(s) = \frac{Ls}{RLCs^2 + Ls + R}$이다.

NoteBase

계산 과정

회로의 연결과 초기조건: 저항 R 뒤에서 인덕터 L과 커패시터 C가 같은 두 노드에 연결되어 있으므로 두 소자는 병렬이다. 출력전압은 이 병렬 부분의 양단 전압이다. R, L, C의 단위는 각각 Ω, H, F이다. 입력과 출력의 라플라스 변환을 각각 $V_i(s)$, $V_o(s)$라 하면, 구할 전달함수는 $H(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)}$이다.

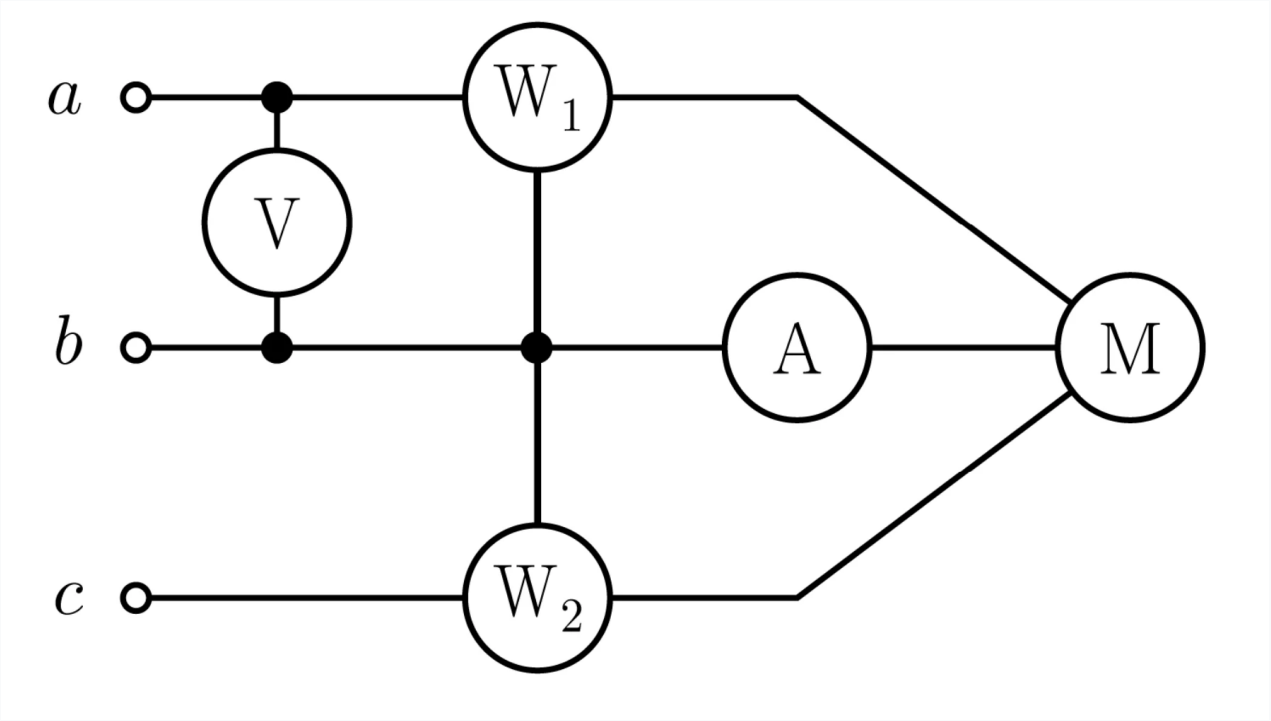
s 영역의 소자 표현: s는 라플라스 변환의 복소주파수 변수이다. **인덕터 초기전류와 커패시터 초기전압이 모두 0**이므로 초기 저장 에너지에 의한 항 없이 임피던스로 나타낼 수 있다. 인덕터의 임피던스는 $Z_L = sL$, 커패시터의 임피던스는 $Z_C = \frac{1}{sC}$이다.

병렬 임피던스: 병렬 소자는 전압이 같고 전류가 더해지므로 **임피던스의 역수인 어드미턴스를 더한다**. 병렬 등가 임피던스를 Z_p라 하면 $\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{sL} + sC$이다. 이를 정리하면 $Z_p = \frac{sL}{LCs^2 + 1}$이며, 이 값이 출력 부분 전체의 임피던스이다.

전압 분배와 전달함수: 저항 R과 등가 임피던스 Z_p는 직렬이고 출력은 Z_p 양단에서 얻으므로 $H(s) = \frac{Z_p}{R + Z_p}$이다. 분자와 분모에 $LCs^2 + 1$을 곱하면 $H(s) = \frac{Ls}{R(LCs^2 + 1) + Ls}$이다. 따라서 $H(s) = \frac{Ls}{RLCs^2 + Ls + R}$로, ③의 식과 일치한다. 입력전압에 대한 출력전압의 비이므로 전달함수는 무차원이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 평형 3상 회로로 운전되는 3상 유도전동기에서 전력계 W_1, W_2, 전압계 V, 전류계 A의 측정값이 각각 $W_1 = 2$ [kW], $W_2 = 2.2$ [kW], $V = 100$ [V], $A = 20\sqrt{3}$ [A]이다. 이 유도전동기의 역률은? (단, 전력계, 전압계, 전류계는 이상적이다)



① 0.7

② 0.8

③ 0.9

④ 1.0

정답 1번

간단한 해설

두 전력계의 측정값을 더한 유효전력은 4.2 kW이고, 선간전압과 선전류로 구한 피상전력은 6 kVA이다. 역률은 **피상전력에 대한 유효전력의 비**이므로 $\frac{4.2}{6} = 0.7$이다.

NoteBase

계산 과정

측정값의 의미: 그림에서 전압계는 a선과 b선 사이에 연결되어 있으므로 측정값 100 V는 **선간전압**이다.
전류계는 b선에 직렬로 연결되어 있으므로 측정값 $20\sqrt{3}$ A는 선전류이다. 이를 각각 V_L, I_L로 둔다.

유효전력: 그림의 전력계 연결은 2전력계법이다. 두 전력계 측정값의 합이 전동기에 공급되는 3상 전체 유효전력 P이므로 $P = W_1 + W_2$이다. 따라서 P = 2 + 2.2 = 4.2 kW = 4200 W이다.

피상전력: 평형 3상 회로의 전체 피상전력 S는 **선간전압과 선전류를 기준**으로 $S = \sqrt{3} V_L I_L$이다. 주어진 값을 대입하면 $S = \sqrt{3} \cdot 100 \cdot 20\sqrt{3} = 6000$VA로, 6 kVA이다.

역률: 역률은 전체 피상전력 중 유효전력이 차지하는 비율이다. 전력의 단위를 맞추어 계산하면 $\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{4200}{6000} = 0.7$이다. 역률에는 단위가 없으며, 이 값은 ①의 0.7에 해당한다.

NoteBase

문 9. 정상순(positive phase sequence)인 평형 3상 Δ결선에서 선전류와 상전류의 위상 관계는?

① 상전류가 $\frac{\pi}{3}$ [rad] 앞선다.

② 상전류가 $\frac{\pi}{3}$ [rad] 뒤진다.

③ 상전류가 $\frac{\pi}{6}$ [rad] 앞선다.

④ 상전류가 $\frac{\pi}{6}$ [rad] 뒤진다.

정답 3번

간단한 해설

정상순 평형 Δ결선에서 선전류는 상전류보다 $\frac{\pi}{6}$ rad 뒤지므로, **상전류가 선전류보다 앞선다**.

핵심 풀이

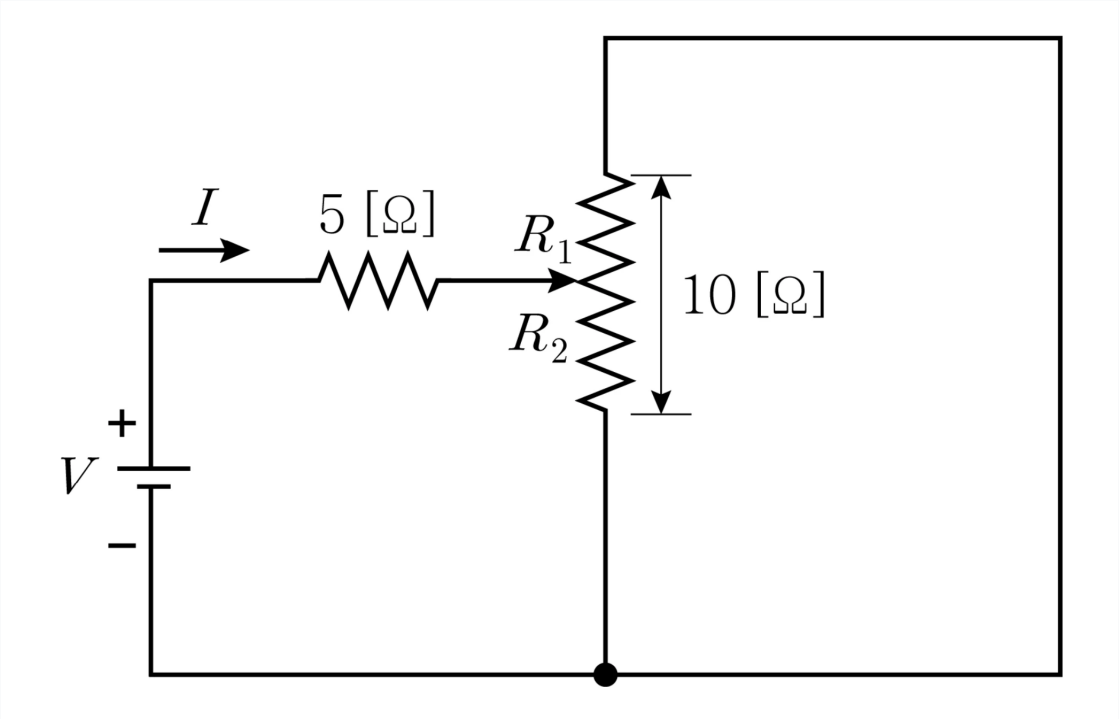
Δ결선의 상전류는 각 상의 가지에 흐르는 전류이고, 선전류는 전원선에 흐르는 전류이다. 상전류 I_{ab}의 방향을 A→B, I_{ca}의 방향을 C→A로 잡고 선전류 I_a가 A점으로 들어오도록 잡으면, 키르히호프 전류법칙에 따라 $I_a = I_{ab} - I_{ca}$이다. 따라서 선전류는 두 상전류의 **페이저 차**로 구한다.

정상순 A–B–C의 평형 상태에서 I_{ab}를 위상 기준으로 삼으면 $I_{ab} = I_p \angle 0$, $I_{ca} = I_p \angle \frac{2\pi}{3}$이다. 여기서 I_p는 상전류의 크기이다. 두 페이저의 차를 구하면 $I_a = \sqrt{3} I_p \angle(-\frac{\pi}{6})$이므로, 선전류는 대응하는 상전류보다 $\frac{\pi}{6}$ rad 뒤진다.

이를 상전류를 주어로 바꾸면 **상전류가 선전류보다** $\frac{\pi}{6}$ rad **앞선다**는 뜻이다. 위상차를 $\frac{\pi}{3}$ rad로 보거나, 상전류가 뒤진다고 보면 크기 또는 앞뒤 관계를 잘못 해석한 것이다.

NoteBase

문 10. 그림의 회로에서 전류 I가 최소가 되는 저항 R_2 [Ω]는? (단, 가변 저항에서 화살표는 10 [Ω]을 저항 R_1과 R_2로 분할한다)



① 0

② 5

③ 7.5

④ 10

정답 2번

간단한 해설

가변 저항의 위·아래 끝이 같은 도선에 연결되어 있으므로 R_1과 R_2는 **병렬**이다. 두 저항의 합이 10 Ω으로 일정할 때 병렬 합성저항은 **두 저항이 같을 때 최대**이므로, $R_2 = 5\Omega$에서 전체 전류가 최소가 된다.

NoteBase

계산 과정

회로 연결: 가변 저항의 위쪽 끝과 아래쪽 끝은 오른쪽 도선을 통해 같은 접점에 연결된다. 따라서 화살표 접점에서 전류가 두 갈래로 나뉘어 흐르며, R_1과 R_2는 **병렬로 연결**된다. 이 병렬 부분은 왼쪽의 5 Ω 저항과 직렬이다.

전류 최소 조건: 병렬 부분의 합성저항을 R_p, 전체 저항을 R_{eq}라 하면 $R_{eq} = 5\Omega + R_p$이다. 전원 전압 V가 일정하므로 $I = \frac{V}{R_{eq}}$에 따라 **전체 저항이 최대일 때 전류가 최소**가 된다. 따라서 변하지 않는 5 Ω 저항을 제외하고, 병렬 합성저항이 최대가 되는 분할 위치를 구한다.

병렬 합성저항의 최대값: 전체 가변 저항이 10 Ω이므로 $R_1 + R_2 = 10\Omega$이다. $R_2 = x\Omega$로 놓으면 $R_1 = (10 - x)\Omega$이고 $0 \leq x \leq 10$이다. 병렬 공식에 대입하면 $R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{x(10-x)}{10}\Omega$이다. 여기서 $x(10 - x) = 25 - (x - 5)^2$이고 제곱항은 0 이상이므로, x = 5일 때 분자가 최대 25가 된다. 이때 두 분할 저항이 각각 5 Ω으로 같아지고, 병렬 합성저항은 $R_p = \frac{25}{10}\Omega = 2.5\Omega$로 최대가 된다.

결과: 전체 저항의 최대값은 5 + 2.5 = 7.5 Ω이다. 따라서 전류가 최소가 되는 저항은 $R_2 = 5\Omega$이며, 선택지 ②의 5 Ω과 일치한다.

NoteBase

문 11. 정전용량이 같은 2개의 커패시터를 직렬로 연결할 때 합성용량은 C_1이고, 병렬로 연결할 때 합성용량은 C_2이다. 합성용량의 비 $\frac{C_2}{C_1}$는?

① $\frac{1}{4}$

② $\frac{1}{2}$

③ 2

④ 4

정답 4번

간단한 해설

같은 용량의 커패시터 2개를 연결하면 합성용량은 **직렬에서 한 개 용량의 절반**, **병렬에서 한 개 용량의 2배**가 된다. 따라서 병렬 합성용량은 직렬 합성용량의 4배이다.

계산 과정

각 커패시터의 정전용량을 C라 두면, 구할 값은 병렬 합성용량을 직렬 합성용량으로 나눈 $\frac{C_2}{C_1}$이다. 정전용량은 전하량 Q와 전압 V 사이의 관계 $Q = CV$로 정의되며, 단위는 F이다.

직렬 연결: 두 커패시터에 저장되는 **전하량의 크기는 같고 전압은 더해지므로** 합성용량의 역수가 각 용량의 역수의 합이 된다. 따라서 $\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C} + \frac{1}{C} = \frac{2}{C}$이고, $C_1 = \frac{C}{2}$이다. 즉, 직렬 합성용량은 한 개 용량의 절반이다.

병렬 연결: 두 커패시터에 걸리는 **전압은 같고 저장 전하량은 더해지므로** 정전용량을 그대로 합한다. 따라서 $C_2 = C + C = 2C$이다. 즉, 병렬 합성용량은 한 개 용량의 2배이다.

합성용량의 비는 $\frac{C_2}{C_1} = \frac{2C}{C/2} = 4$이다. 같은 단위의 용량끼리 나누므로 단위는 없으며, 이 값은 ④의 4에 해당한다.

NoteBase

문 12. 정전용량 2 [F]인 커패시터에 2 [C]의 전하가 저장되어 있다. 이 커패시터에 저장되는 에너지[J]는?

① 0.5

② 1

③ 1.5

④ 2

정답 2번

간단한 해설

커패시터의 저장 에너지는 **전하량과 최종 전압을 곱한 값의 절반**이다. 전압은 $V = \frac{Q}{C} = 1\text{V}$이므로 저장 에너지는 1 J이다.

계산 과정

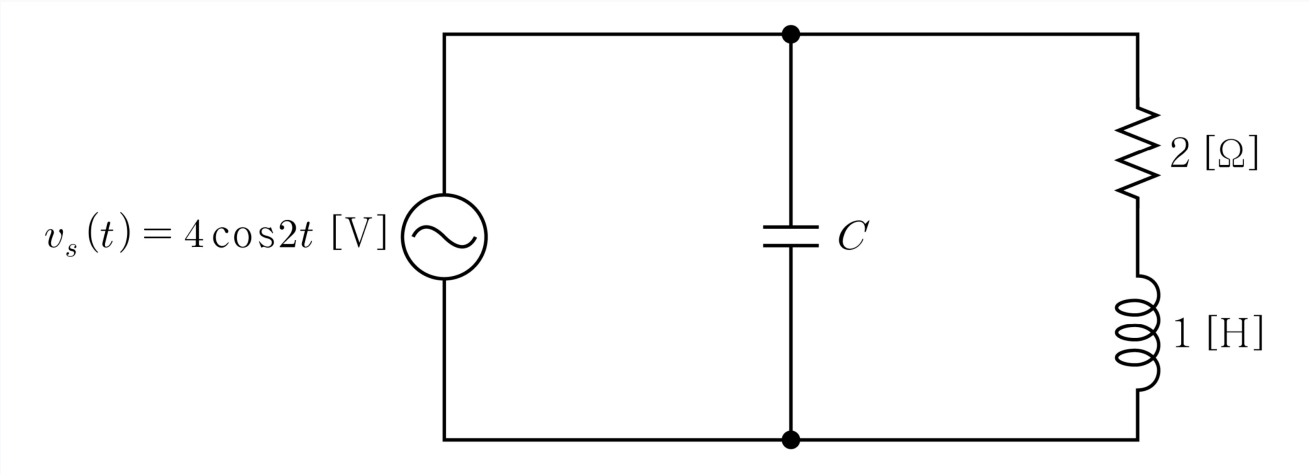
정전용량 C = 2 F, 저장된 전하량 Q = 2 C이다. 정전용량이 일정한 커패시터에서는 $V = \frac{Q}{C}$이므로 충전 중 전압이 전하량에 비례하여 증가한다. 따라서 전하를 0에서 Q까지 저장하는 데 필요한 에너지는 **최종 전압의 절반을 평균 전압으로 적용**하여 $W = \frac{1}{2}QV$로 구한다.

먼저 최종 전압을 구하면 $V = \frac{Q}{C} = \frac{2}{2} = 1\text{V}$이다. 이는 전하 2 C가 저장된 상태에서 커패시터 양단에 걸리는 전압이다.

저장 에너지는 $W = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1 = 1\text{J}$이다. 따라서 계산값 1 J는 ②의 1에 해당한다.

NoteBase

문 13. 그림의 회로에서 전원측에서 본 역률이 1일 때, 커패시턴스 C [F]는?



① $\frac{1}{8}$
② $\frac{1}{4}$
③ $\frac{1}{2}$
④ 1

정답 1번

간단한 해설

역률이 1이 되려면 **전체 어드미턴스의 허수부가 0**이어야 한다. 저항·인덕터 직렬 가지의 유도성 성분을 커패시터가 상쇄하도록 하면 $C = \frac{1}{8}$F이다.

NoteBase

계산 과정

1. 회로 조건: 커패시터는 2 Ω 저항과 1 H 인덕터의 직렬 가지에 병렬로 연결되어 있다. 전원 전압 $v_s(t) = 4\cos 2t$ V에서 각주파수는 ω = 2 rad/s이다. 정현파 정상상태에서 인덕터의 리액턴스는 $X_L = \omega L = 2 \cdot 1 = 2\Omega$이다.

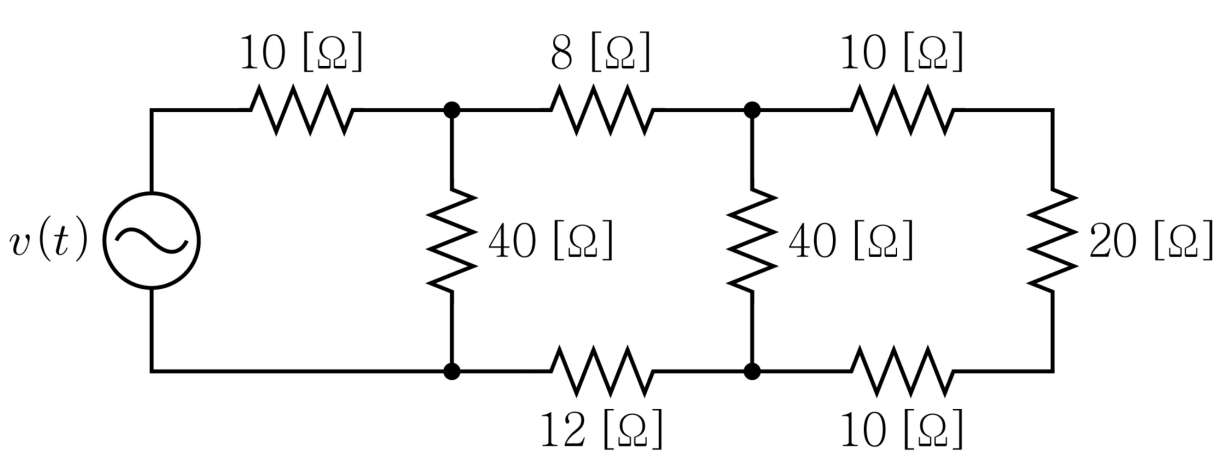
2. 저항·인덕터 가지: 직렬 임피던스는 $Z_{RL} = 2 + j2\Omega$이다. 여기서 j는 허수단위이다. **병렬 가지는 어드미턴스를 더하므로** 임피던스의 역수를 구한다. $Y_{RL} = \frac{1}{2+j2} = \frac{2-j2}{8}$S이므로, $Y_{RL} = \frac{1}{4} - j\frac{1}{4}$S이다. 허수부가 음수인 것은 이 가지의 전류가 전압보다 늦는 유도성 성분을 나타낸다.

3. 전체 어드미턴스: 커패시터 가지의 어드미턴스는 $Y_C = j\omega C = j2C$이고, 단위는 S이다. 두 가지의 어드미턴스를 더하면 $Y = \frac{1}{4} + j\left(2C - \frac{1}{4}\right)$S이다. 커패시터의 양의 허수 성분이 저항·인덕터 가지의 음의 허수 성분을 상쇄한다.

4. 역률 조건과 커패시턴스: 역률은 전원 전압과 전체 전류 사이 위상차의 코사인이다. 전류는 전압에 전체 어드미턴스를 곱한 값이므로, 역률이 1이 되려면 **전체 어드미턴스가 양의 실수**여야 한다. 실수부는 1/4 S로 양수이므로 허수부를 0으로 놓아 $2C - \frac{1}{4} = 0$을 얻는다. 따라서 $C = \frac{1}{8}$F이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 그림의 회로에서 전압 $v(t) = 5 + 3\cos(t + 45^\circ) + \cos(2t + 60^\circ)$ [V]일 때, 전원이 부하 전체에 공급하는 평균전력[W]은?



① 1

② 5

③ 10

④ 20

정답 1번

간단한 해설

순저항 회로의 평균전력은 **전압 제곱의 평균을 합성저항으로 나눈 값**이다. 직류 성분과 두 교류 성분을 반영한 전압 제곱 평균은 30 V^2이고 합성저항은 30 Ω이므로, 평균전력은 1 W이다.

NoteBase

계산 과정

1. 오른쪽 회로의 합성저항
맨 오른쪽의 위쪽 10 Ω, 세로 20 Ω, 아래쪽 10 Ω은 분기 없이 직렬로 연결되어 10 + 20 + 10 = 40 Ω이다. 이 경로와 가운데 세로 40 Ω은 **양 끝이 같은 두 접점에 연결된 병렬**이므로, 합성저항은 $\frac{40 \cdot 40}{40+40} = 20\Omega$이다.

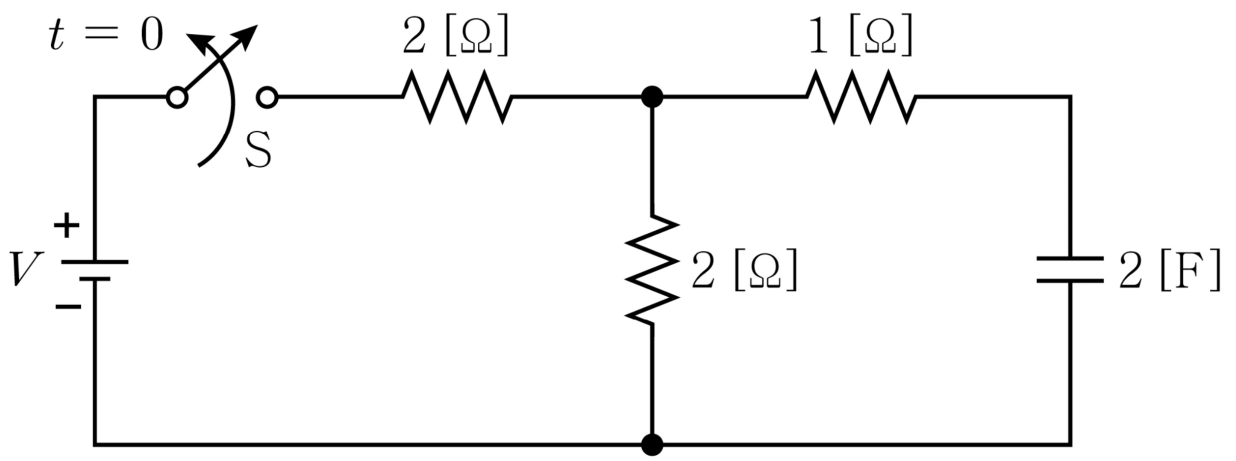
2. 전원에서 본 전체 합성저항
앞에서 구한 20 Ω은 위쪽 8 Ω 및 아래쪽 12 Ω과 직렬이므로 8 + 20 + 12 = 40 Ω이다. 이 40 Ω과 왼쪽 세로 40 Ω을 병렬로 합치면 20 Ω이고, 전원 바로 뒤의 10 Ω은 이 전체와 직렬이다. 따라서 전체 합성저항은 $R = 10 + 20 = 30\Omega$이다.

3. 전압 제곱의 평균
주어진 전압은 직류 5 V, 최대값 3 V인 각주파수 1 rad/s의 교류, 최대값 1 V인 각주파수 2 rad/s의 교류로 구성된다. 두 교류의 공통 주기는 2π초이다. 이 주기 동안 각 코사인의 평균과 서로 다른 주파수 성분의 곱의 평균은 0이므로, 제곱을 전개했을 때 교차항은 평균에 기여하지 않는다. 위상 45°와 60°도 각 성분의 제곱 평균에 영향을 주지 않는다. **직류는 전압의 제곱을 그대로, 교류는 최대값 제곱의 절반을 더한다**. 따라서 $\overline{v^2} = 5^2 + \frac{3^2}{2} + \frac{1^2}{2} = 30\text{V}^2$이다. 윗줄은 한 공통 주기 동안의 평균을 뜻하며, 이 값은 전체 전압 실효값의 제곱이다.

4. 평균전력
부하가 모두 저항이므로 순간전력은 $p(t) = \frac{v^2(t)}{R}$이다. 합성저항은 일정하므로 전원이 공급하는 평균전력은 $P = \frac{\overline{v^2}}{R} = \frac{30}{30} = 1\text{W}$이다. 이는 ①의 1 W에 해당한다.

NoteBase

문 15. 그림의 회로에서 스위치 S는 $t = 0$일 때 개방된다. 스위치 S가 닫혀 있을 때 회로의 시정수 τ_1 [sec]과 $t > 0$에서 스위치 S가 개방된 회로의 시정수 τ_2 [sec]는?



① τ_1 [sec]: 4, τ_2 [sec]: 4
② τ_1 [sec]: 4, τ_2 [sec]: 6
③ τ_1 [sec]: 6, τ_2 [sec]: 4
④ τ_1 [sec]: 6, τ_2 [sec]: 6

정답 2번

간단한 해설

RC 회로의 시정수는 **커패시터에서 본 등가저항과 정전용량의 곱**이다. 등가저항이 스위치를 닫으면 2 Ω, 열면 3 Ω이므로, 정전용량 2 F를 곱하면 각각 $\tau_1 = 4$s, $\tau_2 = 6$s이다.

NoteBase

계산 과정

이 회로는 커패시터가 하나인 1차 RC 회로이므로 시정수는 $\tau = R_{eq}C$이다. 여기서 C = 2 F이고, R_{eq}는 커패시터를 분리한 뒤 그 두 단자에서 회로 쪽을 바라본 등가저항이다. 등가저항을 구할 때는 **독립 전압원을 0 V로 만들어 단락**하고, 스위치는 구하려는 상태로 둔다.

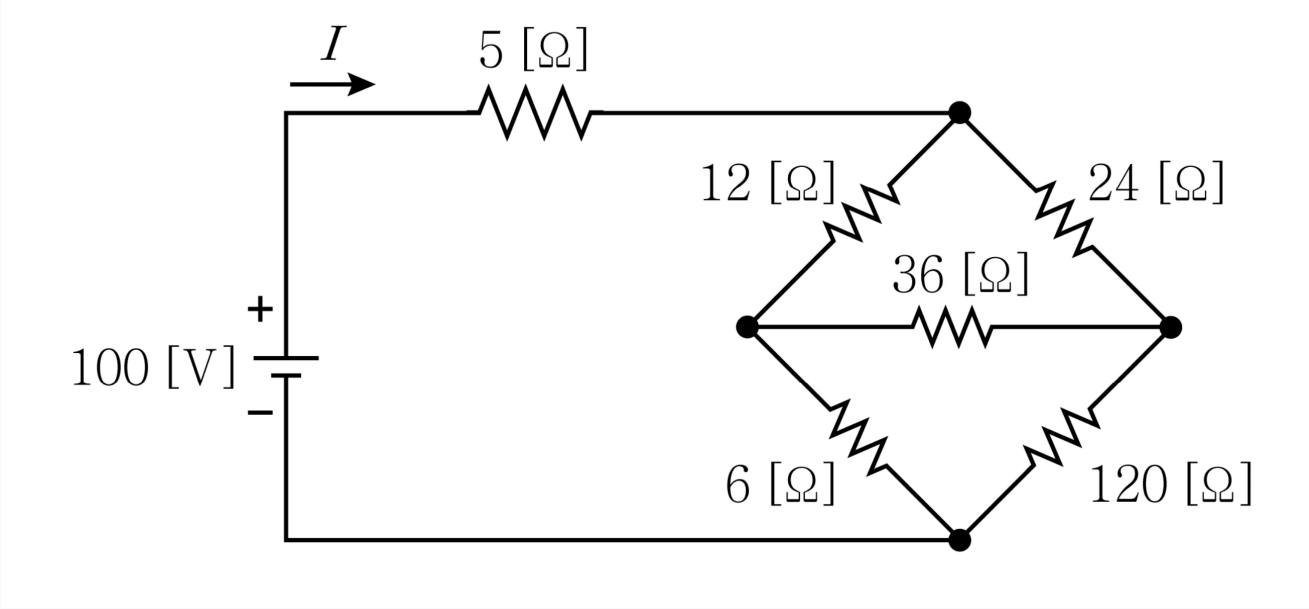
스위치가 닫힌 경우: 전압원을 단락하면 왼쪽의 2 Ω 저항과 가운데의 2 Ω 저항은 같은 두 노드 사이에 연결되어 병렬이 된다. 이 병렬 부분은 커패시터 바로 왼쪽의 1 Ω 저항과 직렬이다. 따라서 $R_{eq,\,1} = 1 + \frac{2 \cdot 2}{2+2} = 2\Omega$이고, $\tau_1 = 2 \cdot 2 = 4\text{s}$이다.

스위치가 열린 경우: **왼쪽 2 Ω 가지는 끝이 끊겨 전류가 흐르지 않는다**. 커패시터의 전류는 오른쪽 1 Ω 저항과 가운데 2 Ω 저항을 차례로 지나므로, 커패시터에서 본 저항은 두 저항의 직렬합이다. 따라서 $R_{eq,\,2} = 1 + 2 = 3\Omega$이고, $\tau_2 = 3 \cdot 2 = 6\text{s}$이다.

닫힌 상태의 시정수는 4초, 열린 상태의 시정수는 6초이므로 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림의 회로에서 전류 / [A]는?



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 1번

간단한 해설

위쪽의 12 Ω, 24 Ω, 36 Ω을 **Δ–Y 변환**하면 브리지 부분의 합성저항은 15 Ω이다. 여기에 직렬인 5 Ω을 더하면 전체 저항은 20 Ω이므로 전원 전류는 5 A이다.

NoteBase

계산 과정

1. Δ–Y 변환: 위쪽 꼭짓점을 A, 왼쪽과 오른쪽 중간점을 각각 B, C라 하자. A–B의 12 Ω, A–C의 24 Ω, B–C의 36 Ω은 Δ결선을 이룬다. 이를 **세 단자에서 전기적으로 동등한 Y결선**으로 바꾸면 직렬·병렬 합성이 가능해진다. 새 중심점을 O라 하면 각 저항은 해당 단자에 연결된 두 Δ저항의 곱을 세 Δ저항의 합으로 나눈 값이다. 분모는 12 + 24 + 36 = 72 Ω이므로, $R_{AO} = \frac{12 \cdot 24}{72} = 4\Omega$, $R_{BO} = \frac{12 \cdot 36}{72} = 6\Omega$, $R_{CO} = \frac{24 \cdot 36}{72} = 12\Omega$이다.

2. 브리지 부분의 합성저항: 아래쪽 꼭짓점을 D라 하면 O–B–D 경로에서는 변환된 6 Ω과 원래의 6 Ω이 직렬이므로 12 Ω이다. O–C–D 경로에서는 변환된 12 Ω과 원래의 120 Ω이 직렬이므로 132 Ω이다. 두 경로는 **O와 D 사이에 병렬**로 연결되므로 $R_{OD} = \frac{12 \cdot 132}{12 + 132} = 11\Omega$이다. 여기에 A–O의 4 Ω이 직렬로 연결되므로 A–D 사이의 합성저항은 4 + 11 = 15 Ω이다.

3. 전원 전류: 바깥쪽 5 Ω은 브리지 부분과 직렬이므로 전체 합성저항은 5 + 15 = 20 Ω이다. 화살표의 I는 가지로 나뉘기 전의 전체 전류이므로, 옴의 법칙에 따라 $I = \frac{100}{20} = 5\text{A}$이다. 이는 ①의 5 A에 해당한다.

NoteBase

문 17. 양전하 Q[C]가 균등하게 분포된 반경이 a[m]인 구형 도체가 자유공간에 있다. 이 도체에서 무한대 떨어진 위치의 전위를 0[V]이라 할 때, 구형 도체 중심으로부터 반경 b[m]인 곳의 전위[V]는? (단, ε_o는 자유공간의 유전율이고, $b < a$이다)

① - ∫ _∞^b(Qr)/(4π_o a^3) dr

② - ∫ _∞^b(Q)/(4π_o r^2) dr

③ - ∫ _∞^a(Q)/(4π_o r^2) dr

④ - ∫ _∞^a(Q)/(4π_o r^2) dr- ∫ _a^b(Qr)/(4π_o a^3) dr

정답 3번

간단한 해설

정전평형 상태의 도체는 **내부 전계가 0**이므로 내부 어느 점의 전위도 표면 전위와 같다. 따라서 무한대에서 반경 a인 표면까지만 전계를 적분하며, 내부 전위는 $V(b) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_o a}$이다.

핵심 풀이

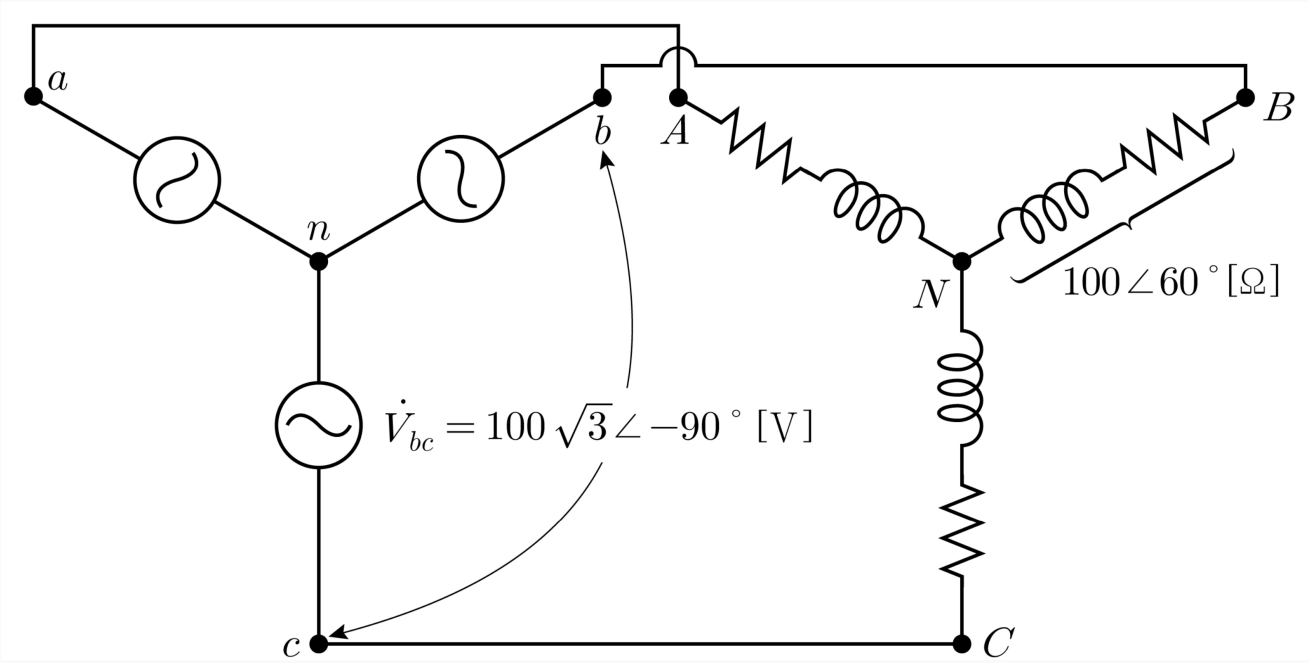
도체 내부의 전위: 정전평형에서 구형 도체의 전하 Q는 표면에 분포하며, **도체 내부의 전계는 0**이다. 전위차는 전계의 선적분에 음의 부호를 붙인 값이므로, 표면에서 내부의 점까지 이동해도 전위는 변하지 않는다. 따라서 $b < a$인 점에서는 $V(b) = V(a)$이다.

표면 전위: r을 중심으로부터의 거리라고 하면, 구대칭에 의해 도체 외부의 전계는 $E(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_o r^2}$이다. 무한대의 전위를 0 V로 두었으므로 표면 전위는 $V(a) = -\int_{\infty}^{a} \frac{Q}{4\pi\varepsilon_o r^2} dr$이다. 이를 적분하면 $V(a) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_o a}$이며, 내부 전위도 이 값과 같다. 따라서 내부 구간의 적분항 없이 표면까지만 적분한 ③의 식이 해당한다.

경쟁 식과의 구분: ②처럼 외부 전계식을 그대로 b까지 적용하면 도체 내부에도 전계가 있다고 취급하게 된다. ④의 내부 적분에 쓰인 $E(r) = \frac{Qr}{4\pi\varepsilon_o a^3}$은 전하가 **구 전체 부피에 균일하게 고정된 비도체**의 내부 전계이다. 이 문제의 도체 내부에는 해당 식을 적용하지 않으며, ①처럼 이 내부 전계식을 무한대부터 적용할 수도 없다.

NoteBase

문 18. 그림의 평형 3상 Y-Y 회로에서 3상 부하가 흡수하는 전체 평균 전력[W]은? (단, 전압은 실횻값이다)



① 100

② 150

③ 200

④ 250

정답 2번

간단한 해설

평형 Y결선에서 선간전압을 $\sqrt{3}$으로 나눈 상전압은 100 V이고, 부하의 **역률은 0.5**이다. 한 상의 평균 전력이 50 W이므로 3상 전체 평균 전력은 150 W이다.

NoteBase

계산 과정

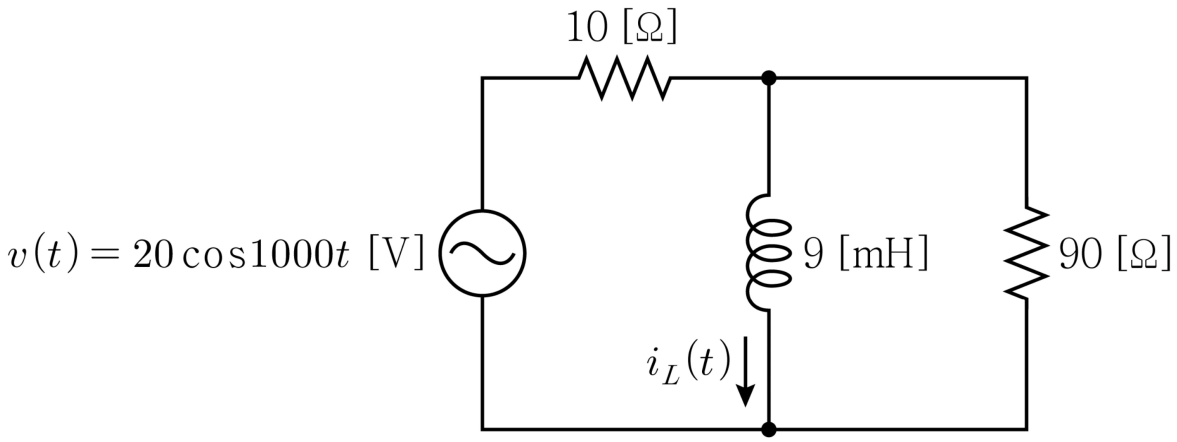
1. 상전압: 그림의 선간전압 크기는 $V_L = 100\sqrt{3}\,\mathrm{V}$이다. 평형 Y-Y 회로에서는 전원과 부하의 중성점 사이에 전위차가 없으므로, 부하의 상전압 크기는 **선간전압 크기의 $1/\sqrt{3}$**이다. 따라서 $V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = 100\mathrm{V}$이다.

2. 상전류와 역률: 각 상의 부하 임피던스는 $Z = 100\angle 60^\circ\,\Omega$이므로 크기는 $100\,\Omega$이고, 전류는 해당 상전압보다 60° 늦는다. 상전류의 실횻값은 $I_p = \frac{V_p}{|Z|} = \frac{100}{100} = 1\mathrm{A}$이며, 역률은 $\cos\varphi = \cos 60^\circ = 0.5$이다.

3. 평균 전력: 전압과 전류가 실횻값이므로 한 상의 평균 전력은 $P_p = V_p I_p \cos\varphi$로 구한다. 따라서 $P_p = 100 \cdot 1 \cdot 0.5 = 50\mathrm{W}$이다. 이는 각 상에서 실제로 소비되는 유효전력이다. **평형 부하의 세 상은 같은 전력을 소비**하므로 전체 평균 전력은 $P = 3P_p = 3 \cdot 50 = 150\mathrm{W}$이며, ②의 150 W와 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림의 회로가 정상상태에서 동작할 때, 인덕터에 흐르는 전류 $i_L(t)$의 최댓값[A]과 전압 $v(t)$와 전류 $i_L(t)$의 위상차[°]는?



① 최댓값[A]: $\sqrt{2}$, 위상차[°]: 45

② 최댓값[A]: $\sqrt{2}$, 위상차[°]: 60

③ 최댓값[A]: $2\sqrt{2}$, 위상차[°]: 45

④ 최댓값[A]: $2\sqrt{2}$, 위상차[°]: 60

정답 1번

간단한 해설

전원의 최댓값 20 V를 기준으로 계산하면 인덕터 전류의 페이저는 $1 - j$ A이다. 따라서 전류의 **최댓값은** $\sqrt{2}$ A이고, 전원 전압보다 **위상이 45° 늦다**.

NoteBase

계산 과정

1. 회로 조건과 기준: 전원은 $v(t) = 20\cos 1000t$ V이므로 각주파수는 $\omega = 1000$ rad/s, 전압의 최댓값은 20 V이다. 여기서는 **최댓값을 기준으로 페이저를 표시**하여 $\tilde{V} = 20\angle 0^\circ$ V로 둔다. 10 Ω 저항 뒤에 9 mH 인덕터와 90 Ω 저항이 병렬로 연결되어 있다.

2. 인덕터 임피던스: 인덕턴스는 $L = 9 \times 10^{-3}$ H이다. 정현파 정상상태에서 인덕터의 임피던스는 $Z_L = j\omega L$ 이므로 $Z_L = j(1000)(9 \times 10^{-3}) = j9\ \Omega$이다. 여기서 j는 허수단위이며, 인덕터 양단 전압은 그 전류보다 위상이 90° 앞선다.

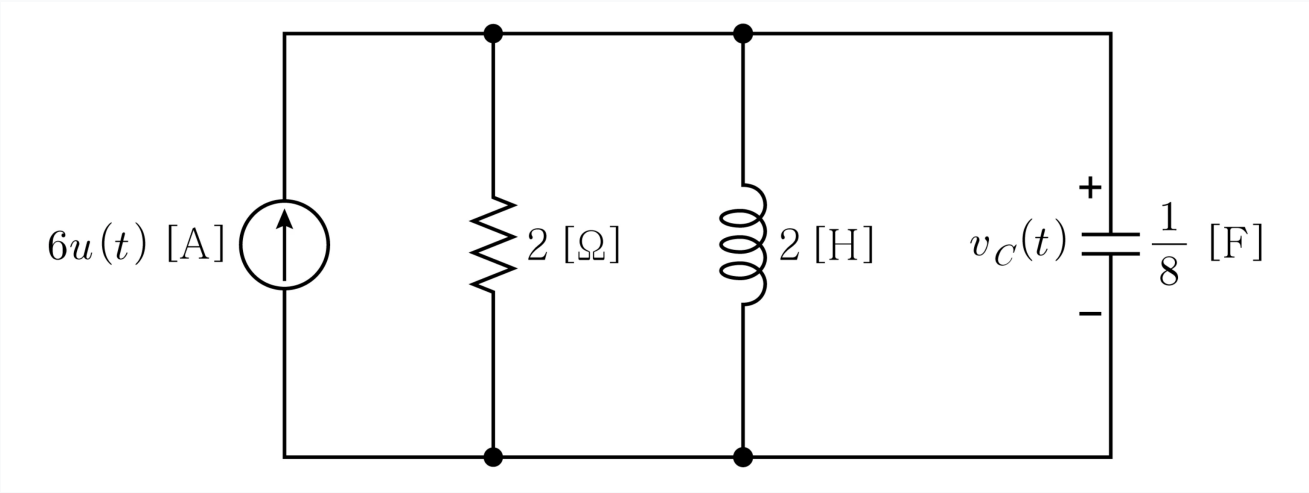
3. 전원 전압과 인덕터 전류의 관계: 그림의 아래 방향 인덕터 전류를 $\tilde{I}_L$, 90 Ω 저항의 위에서 아래로 흐르는 전류를 $\tilde{I}_R$라 하자. 두 소자는 **병렬이므로 양단 전압이 같다**. 따라서 $90\tilde{I}_R = j9\tilde{I}_L$, 즉 $\tilde{I}_R = \frac{j}{10}\tilde{I}_L$이다. 10 Ω 저항에는 두 가지 전류의 합이 흐르므로 전압법칙에 의해 $\tilde{V} = 10(\tilde{I}_L + \tilde{I}_R) + j9\tilde{I}_L$이다. 여기에 전류 관계를 대입하면 $\tilde{V} = 10\tilde{I}_L + j\tilde{I}_L + j9\tilde{I}_L$, 즉 $\tilde{V} = (10 + j10)\tilde{I}_L$이 된다.

4. 전류의 최댓값과 위상: $\tilde{I}_L = \frac{20}{10+j10} = 1 - j$ A이다. 이 페이저의 크기는 $|\tilde{I}_L| = \sqrt{1^2 + (-1)^2} = \sqrt{2}$ A이고, 위상은 −45°이다. 따라서 시간영역 전류는 $i_L(t) = \sqrt{2}\cos(1000t - 45^\circ)$ A이다. 처음부터 최댓값 기준을 사용했으므로 **페이저의 크기가 곧 전류의 최댓값**이며, 실효값에서 최댓값으로 다시 환산할 필요가 없다.

인덕터 전류의 최댓값은 $\sqrt{2}$ A이고 전원 전압과의 위상차는 45°이며, 전류가 전압보다 늦다. 이는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림의 회로에서 $t > 0$일 때, 커패시터 전압 $v_C(t)$ [V]는? (단, $u(t)$는 단위계단함수이다)



① $24te^{-4t}$

② $24te^{-2t}$

③ $48te^{-4t}$

④ $48te^{-2t}$

정답 4번

간단한 해설

병렬회로의 전류 관계를 정리하면 전압의 라플라스 변환은 $V_C(s) = \frac{48}{(s+2)^2}$이다. 분모의 **중근** 때문에 시간응답에 t가 곱해져, $v_C(t) = 48te^{-2t}$ V가 된다.

NoteBase

계산 과정

회로 조건과 초기값: 저항 R = 2Ω, 인덕턴스 L = 2H, 정전용량 $C = \frac{1}{8}$ F가 병렬로 연결되어 있고, 전류원은 $6u(t)$ A이다. 커패시터 전압은 위쪽을 양의 방향으로 잡는다. 별도의 초기 에너지가 주어지지 않은 계단응답이므로 **영초기조건**, 즉 $v_C(0^-) = 0$, $i_L(0^-) = 0$으로 해석한다.

전류 방정식: 커패시터 전압의 라플라스 변환을 $V_C(s)$라 하면 병렬인 모든 소자에 같은 전압이 걸린다. 각 소자의 전류를 위에서 아래 방향으로 잡고 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $\frac{6}{s} = \frac{V_C(s)}{2} + \frac{V_C(s)}{2s} + \frac{sV_C(s)}{8}$이다. 우변의 세 항은 영초기조건에서 각각 저항·인덕터·커패시터에 흐르는 전류이다.

전압 계산: 전류 방정식의 양변에 $8s$를 곱하면 $(s^2 + 4s + 4)V_C(s) = 48$이다. 여기서 $s^2 + 4s + 4 = (s + 2)^2$이므로 $V_C(s) = \frac{48}{(s+2)^2}$를 얻는다. 분모에 같은 인수가 두 번 나타나므로 단순한 지수함수 대신 **t가 곱해진 지수함수**가 시간응답에 나타난다.

시간응답: 역라플라스 변환 관계 $\mathcal{L}^{-1}\{\frac{1}{(s+a)^2}\} = te^{-at}$에 a = 2를 적용한다. 따라서 $t > 0$에서 $v_C(t) = 48te^{-2t}$ V이며, t의 단위는 초이다. 이 식은 ④와 일치한다.

NoteBase