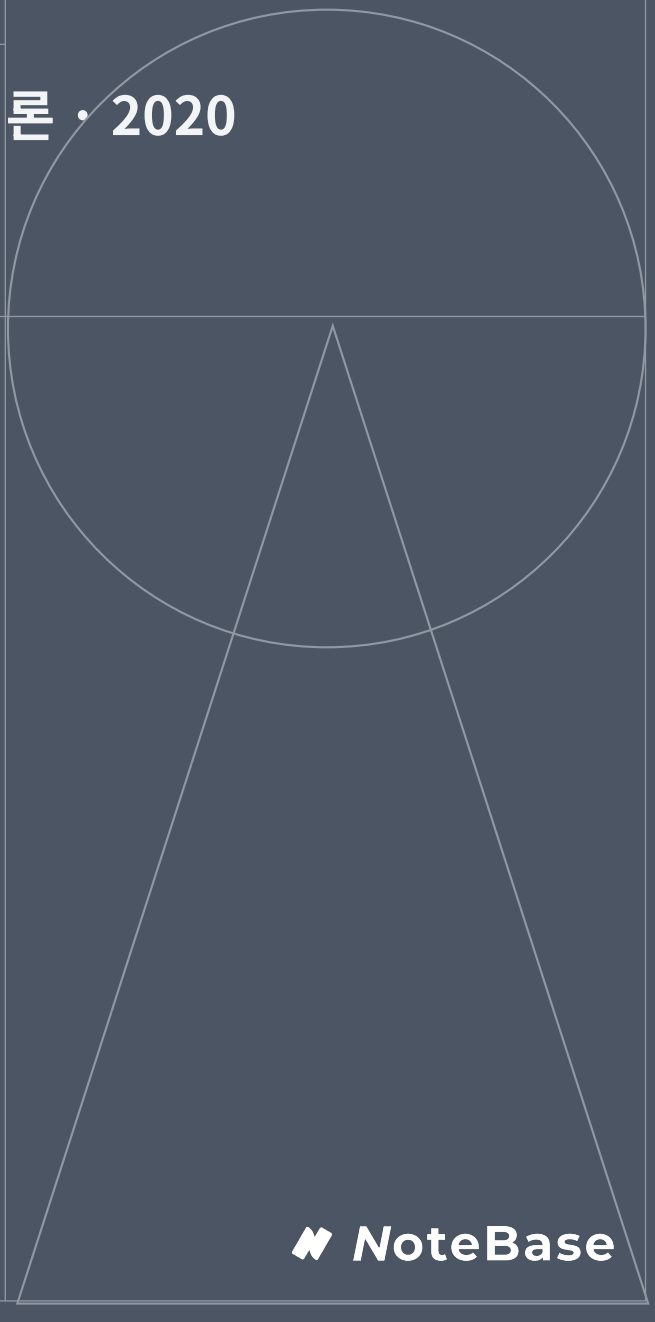
# 기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2020



NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2020

### 공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2020

**문 1. 다음의 교류전압 $v_1(t)$과 $v_2(t)$에 대한 설명으로 옳은 것은?**

◯ $v_1(t) = 100\sin\left(120\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$[V]
◯ $v_2(t) = 100\sqrt{2}\sin\left(120\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$[V]

① $v_1(t)$과 $v_2(t)$의 주기는 모두 $\frac{1}{60}$ [sec]이다.
② $v_1(t)$과 $v_2(t)$의 주파수는 모두 120π [Hz]이다.
③ $v_1(t)$과 $v_2(t)$는 동상이다.
④ $v_1(t)$과 $v_2(t)$의 실효값은 각각 100 [V], $100\sqrt{2}$ [V]이다.

**정답 1번**

**간단한 해설**

두 전압의 **각주파수**는 모두 $120\pi$rad/s이다. 정현파는 위상이 $2\pi$만큼 변하면 한 주기를 이루므로, 주기는 모두 $T = \frac{2\pi}{120\pi} = \frac{1}{60}$s이다.

NoteBase

**선지별 해설**

정현파 전압 $v(t) = V_m \sin(\omega t + \phi)$에서 $V_m$은 최댓값, $\omega$는 각주파수, $\phi$는 초기 위상이다. 두 전압은 각주파수가 같지만 최댓값과 초기 위상이 서로 다르다.

① O: 주기 T는 파형이 한 번 반복되는 데 걸리는 시간이다. 이 시간 동안 위상이 $2\pi$만큼 증가하므로 $\omega T = 2\pi$이다. 두 전압 모두 $\omega = 120\pi \text{rad/s}$이므로, **초기 위상이나 최댓값과 관계없이** 주기는 $T = \frac{2\pi}{120\pi} = \frac{1}{60}\text{s}$이다.

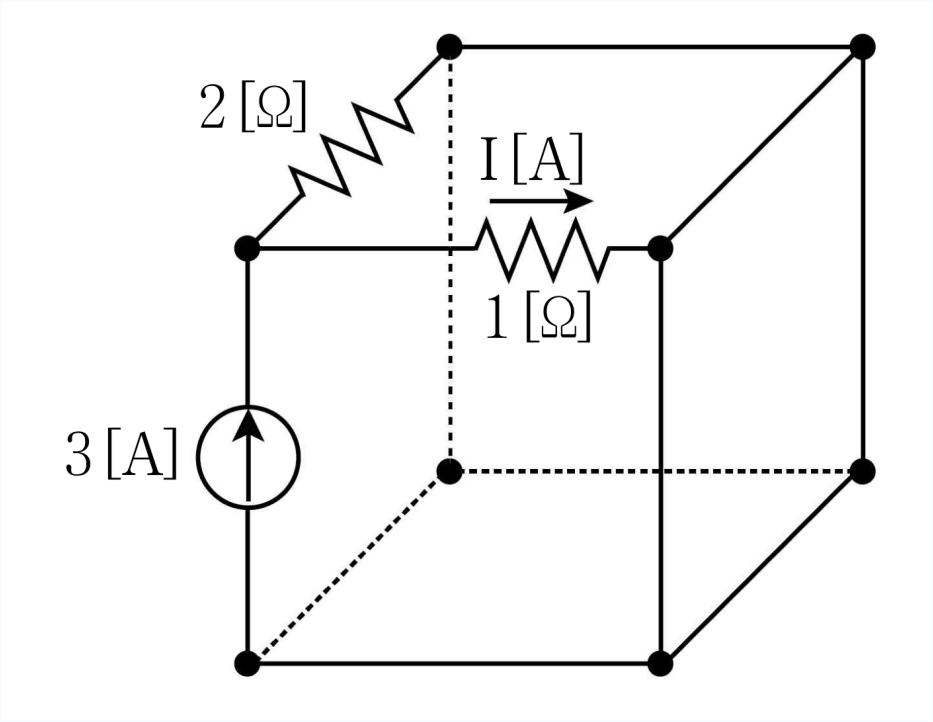
② X: **각주파수와 주파수**를 혼동한 설명이다. 각주파수는 1초 동안의 위상 변화량이고, 주파수 f는 1초 동안 반복되는 횟수이다. 한 번 반복될 때 위상이 $2\pi$만큼 변하므로 $\omega = 2\pi f$이다. 따라서 두 전압의 주파수는 모두 $f = \frac{120\pi}{2\pi} = 60\text{Hz}$이며, 120π Hz가 아니다.

③ X: 같은 주파수의 두 정현파가 동상이려면 위상차가 0이거나 $2\pi$의 정수배여야 한다. 여기서는 초기 위상이 각각 $\frac{\pi}{6}$, $\frac{\pi}{3}$이므로 위상차는 $\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6}$ rad, 즉 30°이다. 따라서 동상이 아니라 **두 번째 전압이 첫 번째 전압보다 30° 앞선다**. 위상각이 더 큰 두 번째 전압이 같은 위상에 먼저 도달하기 때문이다.

④ X: 사인함수 앞의 계수는 **실효값이 아니라 최댓값**이다. 실효값은 한 주기 동안 전압을 제곱한 평균의 양의 제곱근이며, 정현파에서는 $V_{\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$이다. 첫 번째 전압의 최댓값은 100 V이므로 실효값은 $\frac{100}{\sqrt{2}} = 50\sqrt{2}\,\text{V}$이다. 두 번째 전압의 최댓값은 $100\sqrt{2}\,\text{V}$이므로 실효값은 $\frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 100\text{V}$이다.

NoteBase

**문 2. 그림의 회로에서 1 [Ω]에 흐르는 전류 I [A]는?**




① 1

② 2

③ 3

④ 4

**정답 2번**

**간단한 해설**

1 Ω과 2 Ω은 **같은 두 노드에 연결된 병렬저항**이다. 3 A가 저항값에 반비례하여 나뉘므로 1 Ω에는 화살표 방향으로 2 A가 흐른다.

NoteBase

**계산 과정**

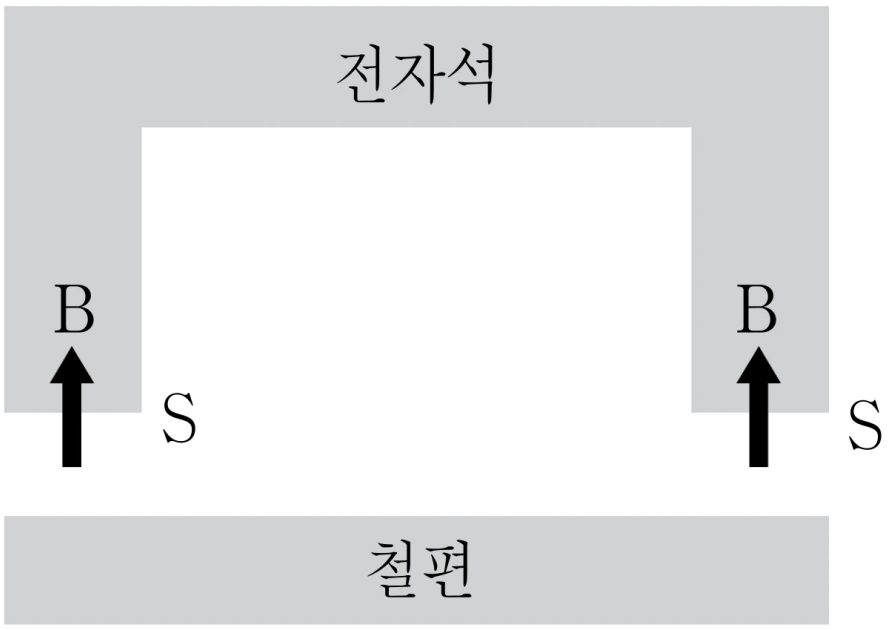
회로의 연결: 전류원 위쪽 접점을 A, 아래쪽 접점을 B라고 하자. 1 Ω의 오른쪽 끝은 수직 도선을 통해 B와 연결되고, 2 Ω의 위쪽 끝도 위쪽·오른쪽 도선을 따라 B와 연결된다. 따라서 두 저항은 모두 A와 B 사이에 놓인 **병렬 연결**이다. 점선으로 그린 뒤쪽 도선도 연결 관계를 나타낸다.

전류의 분배: 전류원은 A로 3 A를 공급하며, 이 전류는 두 저항으로 나뉘어 B로 돌아간다. 병렬저항은 **양단 전압이 같으므로 전류가 저항에 반비례**한다. 1 Ω에 흐르는 전류를 I, 2 Ω에 흐르는 전류를 $I_2$라 하면, 옴의 법칙에 따라 $I_2 = \frac{1}{2}I$이다. 즉 2 Ω의 전류는 1 Ω 전류의 절반이다.

전류의 계산: A로 들어오는 전류와 나가는 전류의 합이 같다는 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $I + \frac{1}{2}I = 3$이다. 따라서 $I = 3 \cdot \frac{2}{3} = 2\text{A}$이다. 양의 값이므로 실제 전류는 그림의 오른쪽 화살표 방향이며, 2 A는 선택지 ②의 값에 해당한다.

NoteBase

**문 3. 그림과 같이 공극의 단면적 $S = 100 \times 10^{-4}[m^2]$인 전자석에 자속밀도 $B = 2[Wb/m^2]$인 자속이 발생할 때, 철편에 작용하는 힘 $[N]$은? (단, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$이다)**




① $\frac{1}{\pi} \times 10^5$
② $\frac{1}{\pi} \times 10^{-5}$
③ $\frac{1}{2\pi} \times 10^5$
④ $\frac{1}{2\pi} \times 10^{-5}$

**정답 1번**

**간단한 해설**

철편은 **단면적 S인 두 극면**에서 각각 흡인력을 받으므로, 한쪽 극면의 힘을 두 배 해야 한다. 전체 힘은 $F = \frac{B^2 S}{\mu_0}$ 이며, 주어진 값을 대입하면 $\frac{1}{\pi} \times 10^5$N이다.

NoteBase

**계산 과정**

그림에서 전자석의 왼쪽과 오른쪽 극면이 모두 철편을 마주 보고 있으며, 각 공극의 단면적은 S이다. 주어진 면적은 $S = 100 \times 10^{-4} = 0.01\text{m}^2$이고, 자속밀도는 B = 2 T이다. 공극의 자속밀도는 균일하고 가장자리에서 자속이 퍼지는 효과는 무시하는 이상적인 경우로 계산한다.

자속이 극면에 수직일 때 단위 면적당 흡인력인 자기압력은 $p = \frac{B^2}{2\mu_0}$이다. 따라서 **한쪽 극면의 흡인력**은 $F_1 = pS = \frac{B^2 S}{2\mu_0}$이다. 주어진 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$H/m를 적용하면 $F_1 = \frac{2^2 \cdot 0.01}{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}$N이므로, $F_1 = \frac{5 \times 10^4}{\pi}$N이다.

두 극면은 모두 철편을 전자석 쪽으로 끌어당기므로 **두 흡인력을 더한다**. 전체 힘은 $F = 2F_1 = \frac{10^5}{\pi}$N이며, 이는 ①의 $\frac{1}{\pi} \times 10^5$ N과 일치한다.

NoteBase

**문 4. 3상 평형 △ 결선 및 Y 결선에서, 선간전압, 상전압, 선전류, 상전류에 대한 설명으로 옳은 것은?**

① △ 결선에서 선간전압의 크기는 상전압 크기의 $\sqrt{3}$배이다.

② Y 결선에서 선전류의 크기는 상전류 크기의 $\sqrt{3}$배이다.

③ △ 결선에서 선간전압의 위상은 상전압의 위상보다 $\frac{\pi}{6}$[rad] 앞선다.

④ Y 결선에서 선간전압의 위상은 상전압의 위상보다 $\frac{\pi}{6}$[rad] 앞선다.

**정답 4번**

**간단한 해설**

Y 결선의 선간전압은 위상이 120° 다른 두 상전압의 **벡터 차**이다. 통상적인 정상 상순서에서 이 차의 위상은 대응하는 상전압보다 **30° 앞서며**, 이는 $\frac{\pi}{6}$ rad에 해당한다.

**선지별 해설**

상전압과 상전류는 각 상의 권선 또는 부하에 걸리는 전압과 흐르는 전류이고, 선간전압과 선전류는 각각 두 선 사이의 전압과 각 선에 흐르는 전류이다. 위상 관계는 통상적인 정상 상순서(a→b→c)를 기준으로 한다.

① X: △ 결선에서는 각 상이 두 선 사이에 직접 연결되므로, 한 상에 걸리는 전압이 곧 그 두 선 사이의 전압이다. 따라서 선간전압과 상전압은 **크기가 같다**. 선간전압의 크기가 상전압 크기의 $\sqrt{3}$배가 되는 것은 Y 결선이다.

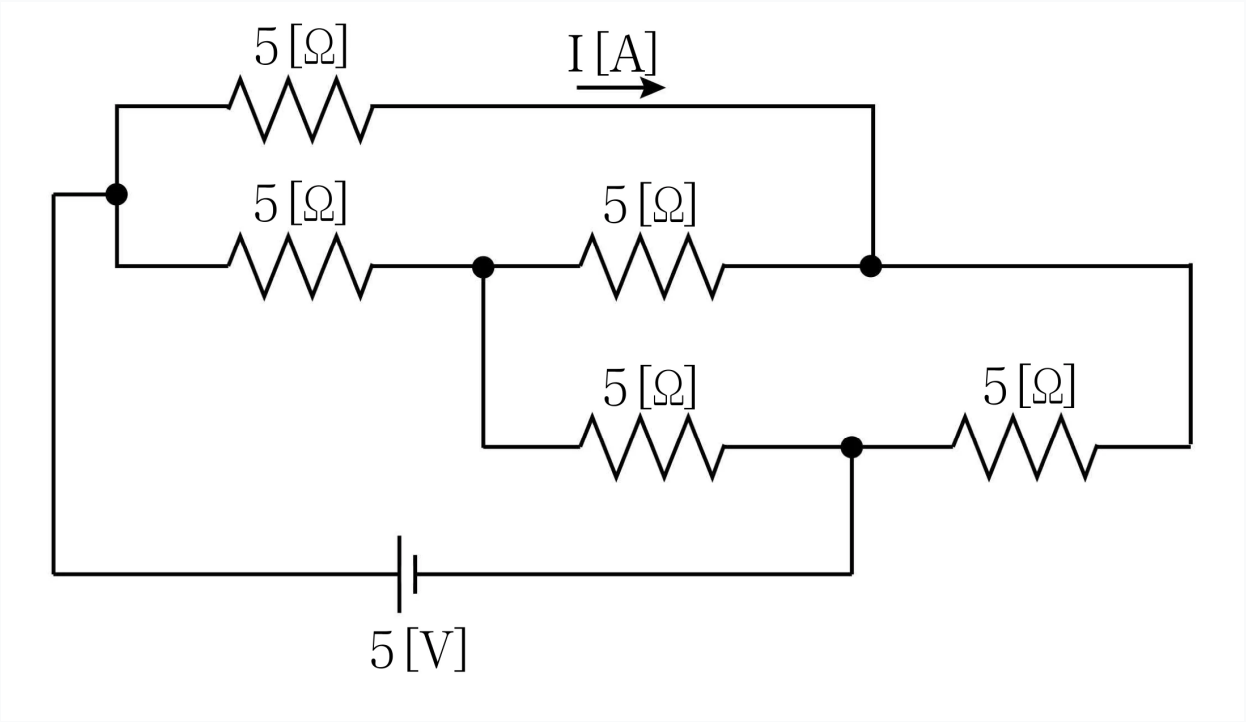
② X: Y 결선에서는 각 선과 해당 상이 직렬로 이어져 같은 전류가 흐른다. 따라서 **선전류와 상전류의 크기는 같다**. 선전류의 크기가 상전류 크기의 $\sqrt{3}$배가 되는 것은 평형 △ 결선이다.

③ X: △ 결선에서는 선간전압과 대응하는 상전압이 같은 두 단자 사이의 전압이다. 같은 방향을 기준으로 하면 크기뿐 아니라 **위상도 같다**. 따라서 선간전압이 상전압보다 $\frac{\pi}{6}$ rad 앞선다는 설명은 Y 결선의 관계이다.

④ O: Y 결선에서 상전압은 각 선과 중성점 사이의 전압이고, 선간전압은 두 상전압의 벡터 차이다. a상과 b상 사이에서는 $V_{ab} = V_{an} - V_{bn}$이다. 정상 상순서에서 상전압의 크기를 $V_p$라 하고 $V_{an} = V_p \angle 0^\circ$, $V_{bn} = V_p \angle (-120^\circ)$로 놓으면, $V_{ab} = \sqrt{3} \cdot V_p \angle 30^\circ$가 된다. 따라서 선간전압은 대응하는 상전압보다 **30° 앞선다**. 이 각도는 $\frac{\pi}{6}$ rad이다.

NoteBase

**문 5. 그림의 회로에서 전류 I[A]는?**




① 0.25

② 0.5

③ 0.75

④ 1

**정답 2번**

**간단한 해설**

네 팔의 저항이 같은 평형 브리지이므로 **중앙의 연결 저항에는 전류가 흐르지 않는다.** 따라서 I가 흐르는 가지에는 5 Ω 두 개가 직렬로 연결되어, $I = \frac{5}{5+5} = 0.5\text{A}$이다.

NoteBase

**계산 과정**

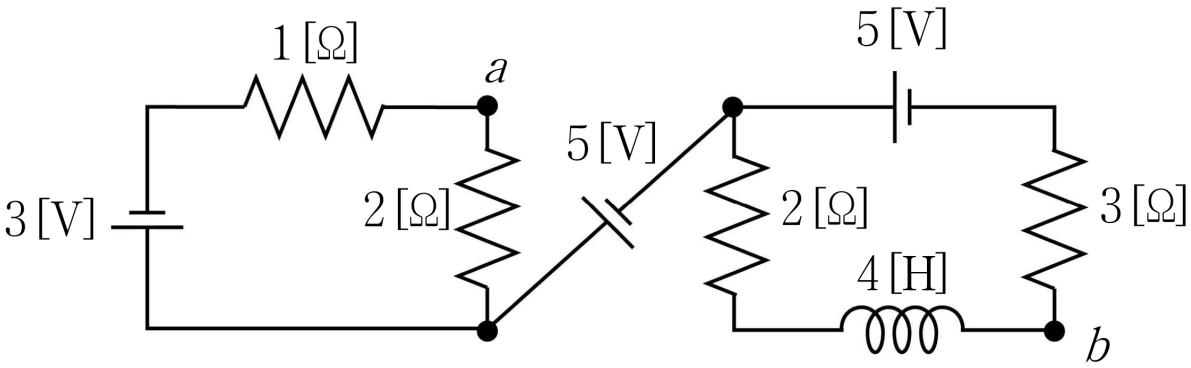
왼쪽 공통 접점을 A, 위쪽 가지가 합쳐지는 오른쪽 접점을 B, 중앙 접점을 C, 전원 음극과 연결된 아래쪽 접점을 D라 하자. A–B, B–D, A–C, C–D의 저항은 각각 5 Ω이고, B–C 사이에도 5 Ω의 저항이 있다. D를 0 V로 두면 전원의 극성에 따라 A의 전위는 5 V이다.

A–B–D와 A–C–D는 저항 배치가 같아 **B와 C의 전위가 같은 평형 브리지**를 이룬다. 각 경로의 두 저항이 같으므로 전압이 절반씩 나뉘어 $V_B = V_C = \frac{5}{2} = 2.5\text{V}$이다. 따라서 B–C 저항의 양단 전압은 0 V이고, 이 저항에는 전류가 흐르지 않는다.

B–C에 전류가 흐르지 않으므로, 전류 I가 흐르는 A–B–D 경로의 두 저항은 직렬로 계산할 수 있다. 이 가지의 합성저항은 5 + 5 = 10 Ω이며, 전원 전압 5 V가 걸린다. 옴의 법칙을 적용하면 $I = \frac{5}{10} = 0.5\text{A}$이다. 양의 값이므로 그림의 오른쪽 화살표 방향으로 흐르며, ②의 0.5 A에 해당한다.

NoteBase

**문 6. 그림의 회로에서 점 $a$와 점 $b$ 사이의 정상상태 전압 $V_{ab}$[V]는?**




① −2

② 2

③ 5

④ 6

**정답 3번**

**간단한 해설**

직류 정상상태에서 인덕터는 **단락**으로 취급한다. 왼쪽 아래 접속점을 0 V로 두고 전원 극성을 반영하면 $V_a = -2\text{V}$, $V_b = -7\text{V}$이므로, 두 점의 전위차 $V_{ab} = V_a - V_b$는 5 V이다.

NoteBase

**계산 과정**

직류 정상상태에서는 전류가 일정하므로 인덕터 전압은 $v_L = L\frac{di}{dt} = 0$이다. 따라서 4 H 인덕터는 **전압 강하가 없는 도선**으로 바꿀 수 있다. 왼쪽 아래 접속점을 기준 전위 0 V로 정하고, 대각선 5 V 전원의 오른쪽 위 접속점을 c라 하자. 구하려는 전압은 $V_{ab} = V_a - V_b$이다.

왼쪽 회로: 3 V 전원은 긴 선이 아래에 있으므로 아래쪽이 양극이다. 전류는 아래 접속점에서 2 Ω 저항을 거쳐 a점으로 흐르며, 두 저항이 직렬이므로 $I_1 = \frac{3}{1+2} = 1\text{A}$이다. 기준점에서 a점까지 전류 방향으로 2 Ω 저항을 지나면 전위가 2 V 낮아지므로 $V_a = 0 - 1 \cdot 2 = -2\text{V}$이다.

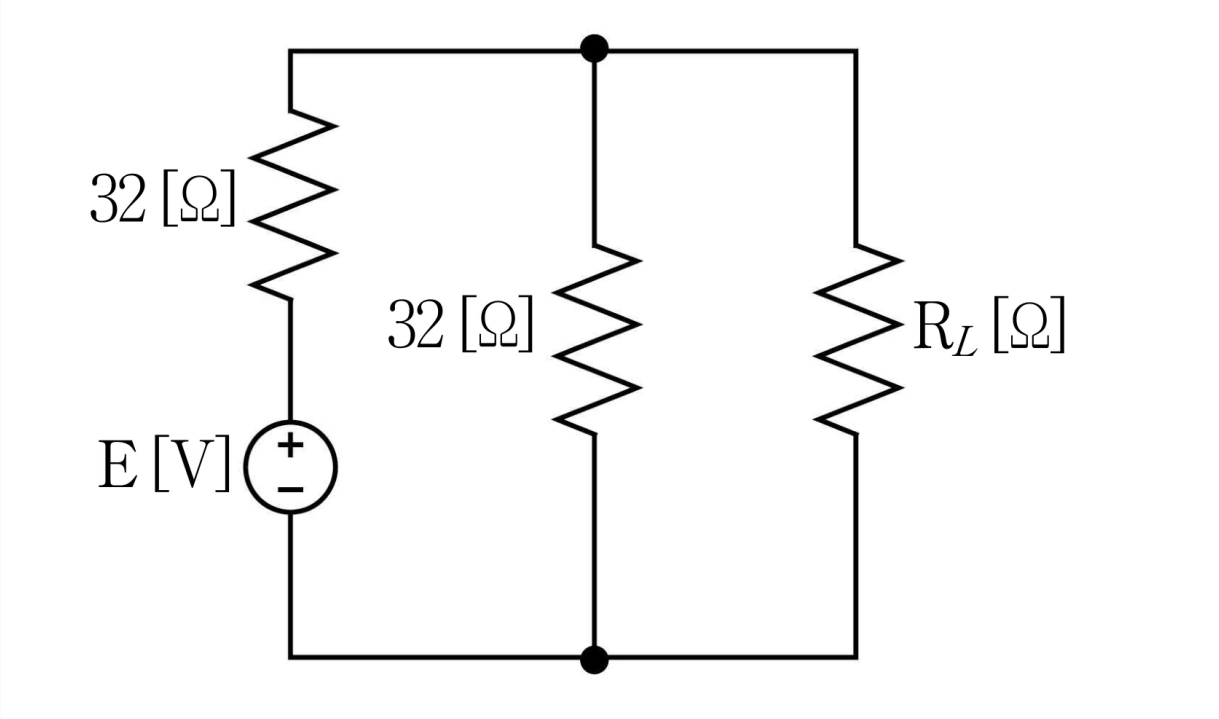
대각선 전원: 긴 선이 왼쪽 아래 기준점 쪽에 있으므로 **기준점의 전위가 c점보다 5 V 높다**. 따라서 $V_c = 0 - 5 = -5\text{V}$이다. 이 전원은 두 회로 사이의 전위 차이를 정한다.

오른쪽 회로: 위쪽 5 V 전원은 왼쪽 c점 쪽이 양극이다. 따라서 전류는 c점에서 2 Ω 저항을 따라 내려간 뒤 인덕터를 거쳐 b점으로 흐르고, 3 Ω 저항을 거쳐 전원의 음극으로 돌아간다. 인덕터의 전압 강하가 없으므로 $I_2 = \frac{5}{2+3} = 1\text{A}$이다. c점에서 b점까지의 전압 강하는 2 Ω 저항에서 생기는 2 V뿐이므로 $V_b = V_c - I_2 \cdot 2 = -5 - 2 = -7\text{V}$이다.

두 점 사이의 전압은 $V_{ab} = (-2) - (-7) = 5\text{V}$이다. 즉 a점의 전위가 b점보다 5 V 높으며, 선택지 ③의 5에 해당한다.

NoteBase

**문 7. 그림의 회로에서 저항 $R_L$에 4 [W]의 최대전력이 전달될 때, 전압 $E$[V]는?**




① 32

② 48

③ 64

④ 128

**정답 1번**

**간단한 해설**

부하에서 본 테브난 등가저항은 16 Ω, 등가전압은 $\frac{E}{2}$이다. **부하저항이 등가저항과 같을 때** 최대전력이 전달되며, 최대전력 4 W를 적용하면 전원 전압 E는 32 V이다.

NoteBase

**계산 과정**

1. 테브난 등가전압: 부하저항 $R_L$을 떼어 낸 뒤 그 단자 사이의 전압을 구한다. 이때 왼쪽 32 Ω과 가운데 32 Ω은 전원 E에 직렬로 연결되므로, 가운데 저항에 걸리는 전압이 부하 단자의 개방전압이다. 전압분배법칙에 따라 $V_{\text{th}} = \frac{32}{32+32}E = \frac{E}{2}$이다.

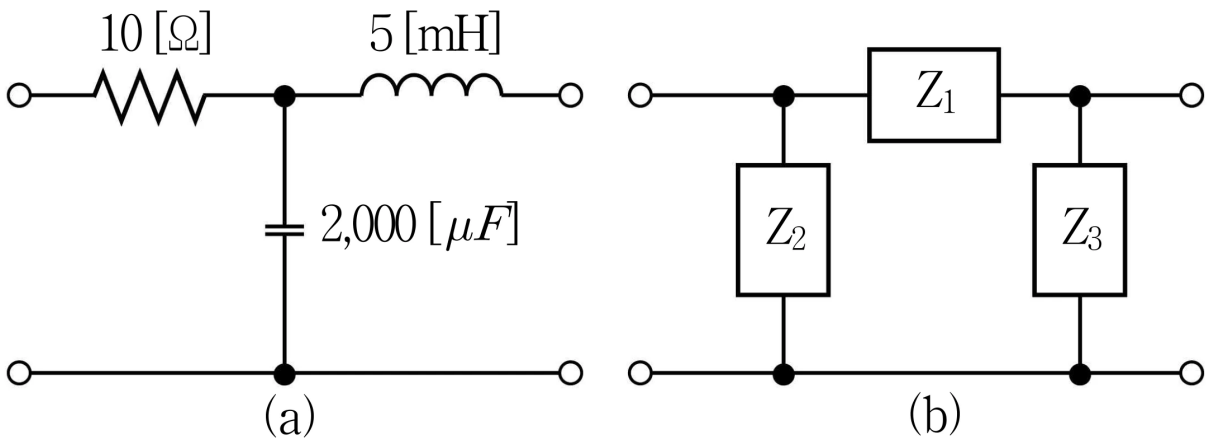
2. 테브난 등가저항: 부하를 떼어 낸 상태에서 **이상적인 전압원을 단락**시킨다. 그러면 두 32 Ω 저항이 부하 단자 사이에 병렬로 연결되므로, $R_{\text{th}} = \frac{32 \cdot 32}{32+32} = 16\Omega$이다.

3. 최대전력 조건: 저항만 있는 회로에서는 **부하저항과 테브난 등가저항이 같을 때** 부하전력이 최대가 된다. 따라서 $R_L = R_{\text{th}} = 16\Omega$이다. 이때 부하전류는 $I_L = \frac{V_{\text{th}}}{2R_{\text{th}}}$이므로, 부하전력 $P_L = I_L^2 R_L$에 대입하면 $P_{\max} = \frac{V_{\text{th}}^2}{4R_{\text{th}}}$을 얻는다.

4. 전원 전압 계산: 등가전압 $V_{\text{th}} = \frac{E}{2}$와 등가저항 16 Ω을 최대전력 식에 대입하면 $P_{\max} = \frac{E^2}{256}$이다. 주어진 최대전력이 4 W이므로 $4 = \frac{E^2}{256}$, $E^2 = 1024$가 된다. 따라서 전압 E는 32 V이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 8. 그림 (a)의 T형 회로를 그림 (b)의 π형 등가회로로 변환할 때, $Z_3$ [Ω]은? (단, $\omega = 10^3$ [rad/s]이다)**




① −90 + j5

② 9 − j0.5

③ 0.25 + j4.5

④ 9 + j4.5

**정답 3번**

**간단한 해설**

T-π 변환에서 오른쪽 세로 가지는 코일과 커패시터의 임피던스를 더하고, 두 임피던스의 곱을 **마주 보는 10 Ω 저항**으로 나누어 더한다. 이때 $Z_3 = 0.25 + j4.5\Omega$이다.

NoteBase

**계산 과정**

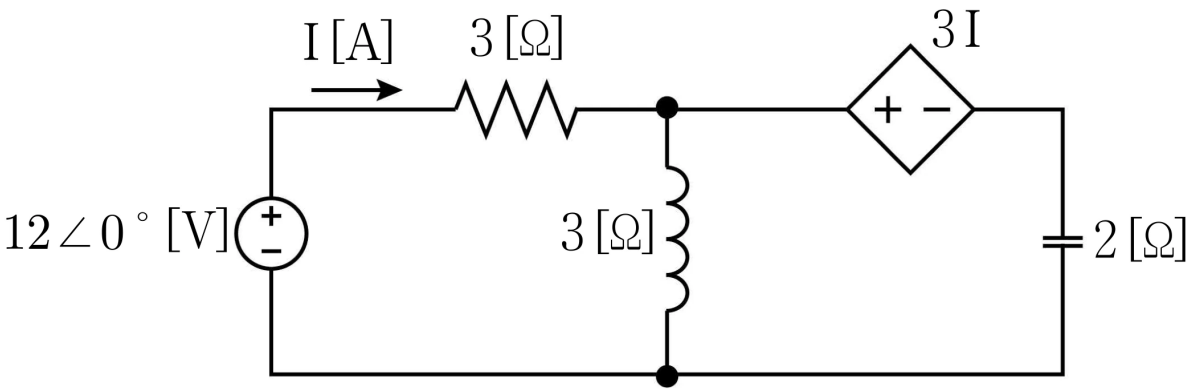
소자별 임피던스: 주어진 각주파수는 $\omega = 10^3 \text{rad/s}$이다. 저항의 임피던스는 $Z_R = 10\Omega$이다. 코일은 $L = 5\text{mH} = 5 \cdot 10^{-3}\text{H}$이므로 $Z_L = j\omega L = j5\Omega$이다. 커패시터는 $C = 2000\mu\text{F} = 2 \cdot 10^{-3}\text{F}$이므로 $Z_C = \frac{1}{j\omega C} = -j0.5\Omega$이다. 코일과 커패시터는 **리액턴스의 부호가 서로 반대**이다.

변환식 적용: 그림 (a)의 T형은 세 외부 단자에서 중심점으로 연결된 Y형이고, 그림 (b)의 π형은 같은 세 단자를 잇는 Δ형이다. Y–Δ 변환에서 Δ형 한 변의 임피던스는 그 양 끝에 연결된 Y형 두 가지의 합에, 두 가지의 곱을 나머지 가지로 나눈 값을 더한 것이다. $Z_3$는 오른쪽 위 단자와 아래 공통 단자 사이에 있으므로 대응하는 두 가지는 코일과 커패시터이고, **나누는 기준은 나머지 저항 가지**이다. 따라서 $Z_3 = Z_L + Z_C + \frac{Z_L Z_C}{Z_R}$를 적용한다.

수치 계산: $j^2 = -1$이므로 두 임피던스의 곱은 $Z_L Z_C = (j5)(-j0.5) = 2.5\Omega^2$이다. 이를 10 Ω으로 나눈 0.25 Ω이 변환식의 실수부를 만들고, 코일과 커패시터의 합은 $j5 - j0.5 = j4.5\Omega$이다. 따라서 $Z_3 = j4.5 + \frac{2.5}{10} = 0.25 + j4.5\Omega$이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 9. 그림의 회로에서 전원전압의 위상과 전류 I[A]의 위상에 대한 설명으로 옳은 것은?**




① 동위상이다.

② 전류의 위상이 앞선다.

③ 전류의 위상이 뒤진다.

④ 위상차는 180도이다.

**정답 2번**

**간단한 해설**

종속전압원의 극성을 반영해 구한 전류는 $I = 0.8 + j0.4$A이다. 전원전압의 위상이 0°일 때 전류의 위상은 약 +26.6°이므로 **전류가 전원전압보다 앞선다**.

NoteBase

**계산 과정**

회로의 아래쪽 공통선을 기준 전위로 잡고, 3 Ω 저항과 코일이 만나는 위쪽 노드의 전압을 V로 둔다. 정현파 정상상태에서 코일의 임피던스는 $j3\Omega$, 커패시터의 임피던스는 $-j2\Omega$이며, j는 허수단위이다. 전류 I의 기준 방향은 그림의 화살표 방향이다.

종속전압원은 **왼쪽이 +, 오른쪽이 −**이고 전압이 3I이므로, 커패시터 위쪽 노드의 전압은 $V - 3I$이다. 따라서 코일로 내려가는 전류는 $\frac{V}{j3}$, 커패시터로 흐르는 오른쪽 가지 전류는 $\frac{V-3I}{-j2}$이다. 위쪽 노드에서 전류 I가 두 가지로 나뉘므로 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $I = \frac{V}{j3} + \frac{V-3I}{-j2}$이다.

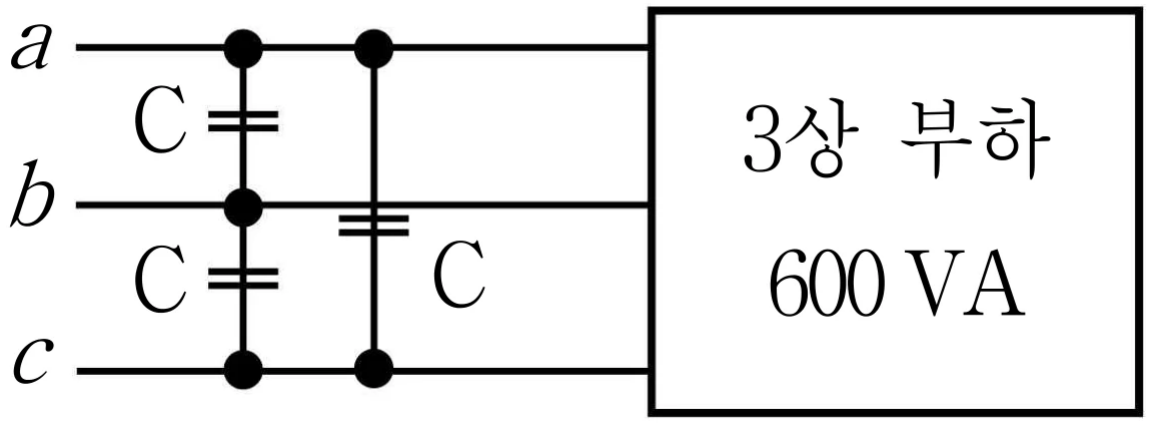
위 식의 양변에 6을 곱해 정리하면 $(6 + 9j)I = jV$이고, 따라서 $V = (9 - j6)I$이다. 이는 저항 오른쪽 회로의 노드 전압 V와 입력 전류 I 사이의 관계이다.

전원전압은 3 Ω 저항의 전압강하와 노드 전압 V의 합이다. 따라서 $12 = 3I + V = (12 - j6)I$가 된다. 종속전압원까지 반영한 전체 입력 임피던스는 $12 - j6\Omega$이며, 전류는 $I = \frac{12}{12-j6} = 0.8 + j0.4\text{A}$이다.

전류의 실수부와 허수부가 모두 양수이므로 위상은 제1사분면에 있다. $\arg I = \tan^{-1}\left(\frac{0.4}{0.8}\right) \approx 26.6\,^\circ$이다. 전원전압의 위상은 0°이므로 전류는 전원전압보다 약 26.6° 앞선다. 이는 ②의 ‘전류의 위상이 앞선다’에 해당한다.

NoteBase

**문 10. 그림과 같이 3상 평형전원에 연결된 600 [VA]의 3상 부하(유도성)의 역률을 1로 개선하기 위한 개별 커패시터 용량 C [μF]는? (단, 3상 부하의 역률각은 30°이고, 전원전압은 $V_{ab}(t) = 100\sqrt{2}\sin 100t$ [V]이다)**




① 30

② 60

③ 90

④ 100

**정답 4번**

**간단한 해설**

역률을 1로 만들려면 부하의 유도성 무효전력 300 var를 **커패시터의 용량성 무효전력으로 상쇄**해야 한다.
그림의 커패시터는 Δ결선으로 각각 100 V가 걸리므로, 필요한 개별 용량은 100 μF이다.

NoteBase

**계산 과정**

전압과 결선 확인: 주어진 선간전압의 최댓값은 $100\sqrt{2}$ V이므로 실효값은 $V_{ab} = \frac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 100$ V이고, 각주파수는 ω = 100 rad/s이다. 그림에서 커패시터는 a-b, b-c, c-a 사이에 하나씩 연결된 **Δ결선**이다. 따라서 세 커패시터 각각에 선간전압의 실효값 100 V가 걸린다.

보상할 무효전력: 피상전력 S = 600 VA, 역률각 ϕ = 30°이므로 부하 전체의 유도성 무효전력은 $Q_L = S\sin\varphi$에 따라 $Q_L = 600\sin 30^\circ = 300$ var이다. 역률이 1이 되려면 전원에서 공급하는 전체 무효전력이 0이어야 하므로, 커패시터 세 개가 공급할 **용량성 무효전력의 크기**도 합계 300 var이어야 한다.

개별 커패시터의 무효전력: 세 커패시터의 용량과 인가전압이 같으므로 각 커패시터가 담당할 무효전력의 크기는 $q_C = \frac{300}{3} = 100$ var이다. 커패시터의 리액턴스 크기는 $X_C = \frac{1}{\omega C}$이므로, 실효전압 V가 걸릴 때 무효전력의 크기는 $q_C = \frac{V^2}{X_C} = \omega C V^2$이다.

용량 계산: 위 관계에 각주파수 100 rad/s, 개별 인가전압 100 V, 개별 무효전력 100 var를 대입하면 $C = \frac{q_C}{\omega V^2} = \frac{100}{100 \cdot 100^2}$ F이다. 따라서 $C = 10^{-4}$ F = 100 μF이며, 이는 ④의 100에 해당한다.

NoteBase

**문 11. 2개의 도체로 구성되어 있는 평행판 커패시터의 정전용량을 100 [F]에서 200 [F]으로 증대하기 위한 방법은?**

① 극판 면적을 4배 크게 한다.

② 극판 사이의 간격을 반으로 줄인다.

③ 극판의 도체 두께를 2배로 증가시킨다.

④ 극판 사이에 있는 유전체의 비유전율이 4배 큰 것을 사용한다.

**정답 2번**

**간단한 해설**

평행판 커패시터의 정전용량은 다른 조건이 같을 때 **극판 사이의 간격에 반비례**한다. 간격을 반으로 줄이면 정전용량이 2배가 되어 100 F에서 200 F으로 증가한다.

**핵심 풀이**

가장자리 효과를 무시하고 극판 사이를 균일한 유전체가 채운 평행판 커패시터의 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_r A}{d}$이다. 여기서 A는 마주 보는 극판의 면적, d는 극판 사이의 간격, $\varepsilon_0$는 진공의 유전율, $\varepsilon_r$는 유전체의 비유전율이다. 정전용량은 면적과 비유전율에 비례하고, 간격에 반비례한다.

100 F에서 200 F으로 늘리려면 정전용량을 2배로 만들어야 한다. 면적과 유전체를 그대로 두고 **극판 사이의 간격을 반으로 줄이면** 관계식의 분모가 반이 되므로 정전용량은 2배인 200 F이 된다. 이는 ②의 방법에 해당한다.

극판 면적을 4배로 하거나 유전체의 비유전율을 4배로 하면, 다른 조건이 같을 때 정전용량도 4배인 400 F이 된다. 따라서 두 방법은 필요한 증가량보다 크다.

관계식의 d는 **마주 보는 극판 표면 사이의 간격**이며 도체 자체의 두께가 아니다. 극판 면적, 표면 사이의 간격, 유전체가 같다면 도체 두께만 2배로 늘려도 정전용량은 변하지 않는다.

NoteBase

**문 12. 어떤 회로에 전압 $v(t) = 25\sin(wt + \theta)$ [V]를 인가하면 전류 $i(t) = 4\sin(wt + \theta - 60^\circ)$ [A]가 흐른다. 이 회로에서 평균 전력[W]은?**

① 15

② 20

③ 25

④ 30

**정답 3번**

**간단한 해설**

전압과 전류의 위상차가 60°이므로 **역률**은 $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$이다. 주어진 25 V와 4 A는 최대값이므로, 평균 전력은 **최대값 곱의 절반에 역률을 곱한** 25 W이다.

**계산 과정**

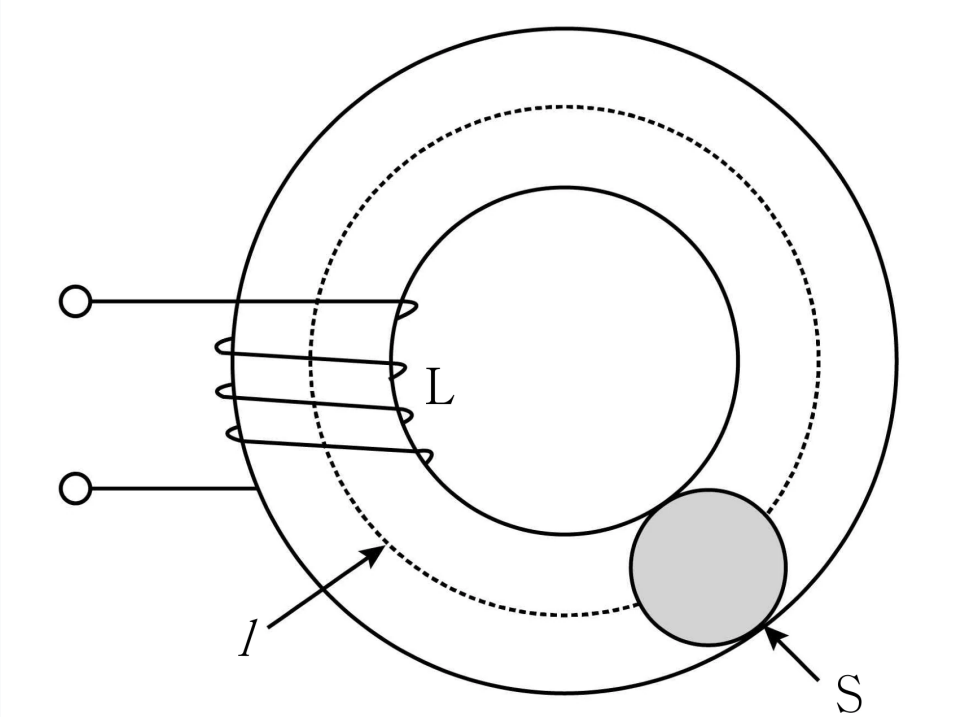
전압과 전류는 같은 각주파수의 정현파이며, 사인 함수 앞의 계수는 **실효값이 아니라 최대값**이다. 따라서 전압 최대값은 $V_m = 25\text{V}$, 전류 최대값은 $I_m = 4\text{A}$이다. 공통 위상 θ는 서로 상쇄되므로 전류는 전압보다 60° 늦고, 위상차는 $\varphi = 60^\circ$이다.

평균 전력은 순간 전력 $p(t) = v(t)i(t)$를 한 주기 동안 평균한 값이다. 두 정현파를 곱하면 일정한 항과 각주파수가 두 배인 진동 항으로 나뉘며, 진동 항의 한 주기 평균은 0이다. 따라서 최대값으로 나타낸 평균 전력은 $P = \frac{V_m I_m}{2}\cos\varphi$이다. 여기서 $\cos\varphi$는 전압과 전류의 위상차에 따른 역률이다.

값을 대입하면 $P = \frac{25 \cdot 4}{2}\cos 60^\circ = 50 \cdot \frac{1}{2} = 25\text{W}$이다. 최대값 곱의 절반인 50 VA에 역률 1/2을 곱한 것이 실제로 소비되는 평균 전력이다. 따라서 평균 전력은 25 W이며, ③의 25에 해당한다.

NoteBase

**문 13. 그림과 같이 자로 $l = 0.3$ [m], 단면적 $S = 3 \times 10^{-4}$ [$m^2$], 권선수 $N = 1,000$회, 비투자율 $\mu_r = 10^4$인 링(ring)모양 철심의 자기인덕턴스 $L$ [H]은? (단, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$이다)**




① $0.04\pi$

② $0.4\pi$

③ $4\pi$

④ $5\pi$

**정답 3번**

**간단한 해설**

링 철심의 자기인덕턴스는 **권선수의 제곱에 비례**하며, $L = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 S}{l}$로 계산한다. 주어진 값을 대입하면 $4\pi$H이다.

NoteBase

**계산 과정**

그림에서 점선으로 표시한 자로의 길이는 l = 0.3 m이고, 회색으로 표시한 철심의 단면적은 $S = 3 \times 10^{-4}\mathrm{m}^2$이다. 누설자속을 무시하고 주어진 투자율이 일정하다고 보면, 전류 I가 만드는 자속은 $\Phi = \frac{\mu NIS}{l}$이다.
자기인덕턴스는 전류에 대한 쇄교자속의 비이므로 $L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{\mu N^2 S}{l}$이다. 자속 자체가 권선수 N에 비례하고, 그 자속이 N회 권선과 쇄교하므로 **권선수는 제곱으로 반영**된다.

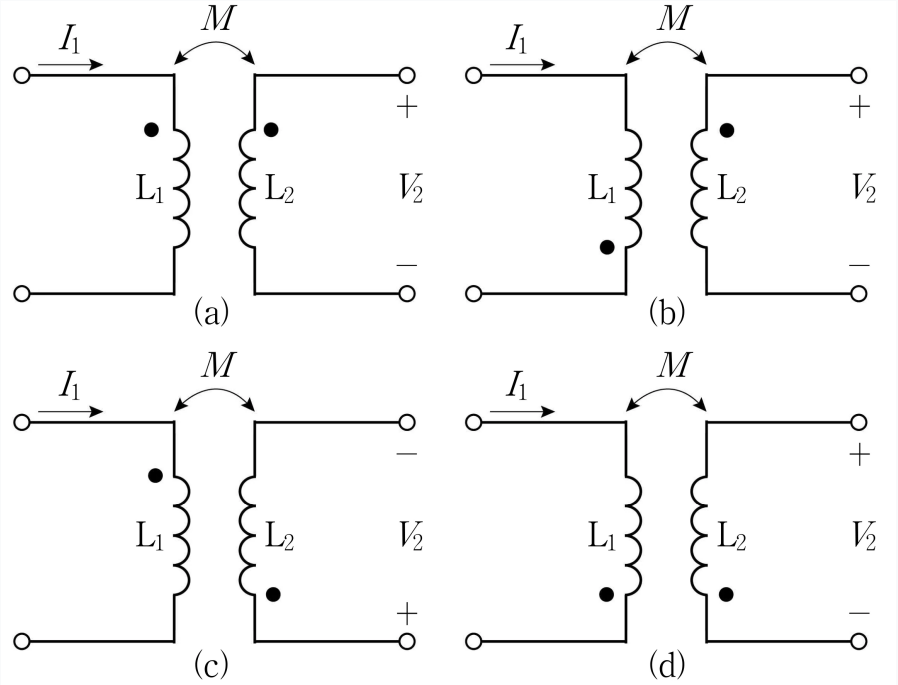
비투자율은 진공의 투자율에 대한 비이므로 **철심의 투자율**은 $\mu = \mu_0 \mu_r$이다. 따라서 $\mu = (4\pi \times 10^{-7}) \times 10^4$이고, $\mu = 4\pi \times 10^{-3}\mathrm{H/m}$이다.

권선수 N = 1,000회를 적용하면 $\frac{N^2 S}{l} = \frac{(10^3)^2 \times (3 \times 10^{-4})}{0.3}$이다. 이를 계산하면 $\frac{N^2 S}{l} = 10^3\mathrm{m}$이다. 이 값은 권선수와 철심의 단면적·자로 길이가 인덕턴스에 미치는 영향을 모은 값이며, 주어진 길이와 면적은 이미 SI 단위이므로 별도 단위 변환은 필요 없다.

따라서 $L = (4\pi \times 10^{-3}) \times 10^3 = 4\pi\mathrm{H}$이다. 계산된 자기인덕턴스는 ③의 $4\pi$와 일치한다.

NoteBase

**문 14. 그림의 자기결합 회로에서 $V_2$[V]가 나머지 셋과 다른 하나는? (단, $M$은 상호 인덕턴스이며, $L_2$ 코일로 흐르는 전류는 없다)**




① (a)

② (b)

③ (c)

④ (d)

**정답 2번**

**간단한 해설**

(b)는 1차 전류가 **점이 없는 단자로 들어가고**, 2차 전압의 + 기준은 **점이 있는 단자**에 잡혀 있어 $V_2 = -M\frac{dI_1}{dt}$이다. 나머지 회로는 점의 위치와 전압 기준을 함께 적용하면 상호유도 전압의 부호가 모두 +가 된다.

NoteBase

**선지별 해설**

점 표시는 두 코일의 상호유도 전압을 비교하는 극성 기준이다. 1차 전류의 기준 방향이 점이 있는 단자로 들어가면, 2차의 점이 있는 단자를 +로 잡은 전압은 $M\frac{dI_1}{dt}$이다. 전류 기준 방향이나 전압 기준 극성 중 하나만 반대로 바꾸면 부호가 바뀌고, 둘 다 바꾸면 부호가 유지된다. 여기서 $\frac{dI_1}{dt}$는 1차 전류의 시간 변화율이다. $L_2$에는 전류가 흐르지 않으므로 자기유도 전압 항은 0이고, **상호유도 전압만** 비교한다.

① (a): 두 코일의 점이 모두 위쪽에 있다. $I_1$은 1차의 점이 있는 단자로 들어가고, $V_2$도 2차의 점이 있는 위쪽 단자를 +로 잡았다. 두 기준이 점 기준과 일치하므로 $V_2 = +M\frac{dI_1}{dt}$이다.

② (b): 1차의 점은 아래쪽, 2차의 점은 위쪽에 있다. $I_1$은 1차의 점이 없는 위쪽 단자로 들어가므로 점이 있는 아래쪽 단자에서는 나가는 방향이다. 반면 $V_2$의 + 기준은 2차의 점이 있는 단자에 있다. **전류 기준만 점 기준과 반대**이므로 $V_2 = -M\frac{dI_1}{dt}$이다.

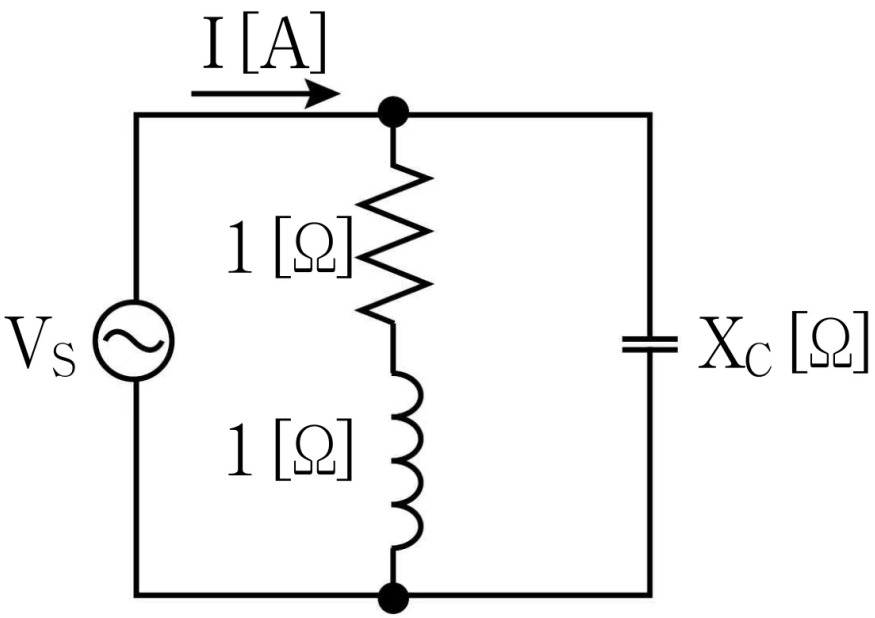
③ (c): 1차의 점은 위쪽, 2차의 점은 아래쪽에 있다. $I_1$은 1차의 점이 있는 단자로 들어간다. $V_2$는 아래쪽이 +, 위쪽이 −이므로, 이 회로에서도 **점이 있는 단자를 +로** 잡았다. 따라서 $V_2 = +M\frac{dI_1}{dt}$이다.

④ (d): 두 코일의 점이 모두 아래쪽에 있다. $I_1$은 1차의 점이 없는 위쪽 단자로 들어가므로 전류 기준이 점 기준과 반대이다. $V_2$도 점이 없는 위쪽 단자를 +로 잡았으므로 전압 기준 역시 점 기준과 반대이다. **두 기준이 모두 반대**이므로 부호가 두 번 바뀌어 $V_2 = +M\frac{dI_1}{dt}$이다.

(a), (c), (d)의 $V_2$는 모두 $+M\frac{dI_1}{dt}$이고, ②의 (b)만 $-M\frac{dI_1}{dt}$로 나머지 셋과 부호가 다르다.

NoteBase

**문 15. 그림의 회로에서 교류전압을 인가하여 전류 /[A]가 최소가 될 때, 리액턴스 $X_C$[Ω]는?**




① 2

② 4

③ 6

④ 8

**정답 1번**

**간단한 해설**

두 병렬 가지의 **무효전류 성분이 상쇄**될 때 전원 전류가 최소가 된다. 저항과 코일이 직렬로 연결된 가지의 영향을 함께 고려하면 필요한 용량성 리액턴스는 $X_C = 2\Omega$이다.

NoteBase

**계산 과정**

회로는 저항 1 Ω과 유도성 리액턴스 1 Ω이 직렬로 연결된 가지에 커패시터가 병렬로 연결된 구조이다. 저항을 R, 유도성 리액턴스를 $X_L$, 용량성 리액턴스의 크기를 $X_C$라 하면 $R = X_L = 1\Omega$이다. 두 가지에는 같은 전원전압이 걸리므로 **각 가지의 어드미턴스를 더해** 전원 전류를 구한다. 어드미턴스는 임피던스의 역수이며, j는 허수단위이다.

저항·코일 직렬 가지의 임피던스는 $Z_{RL} = 1 + j\Omega$이므로, 어드미턴스는 $Y_{RL} = \frac{1}{1+j} = \frac{1-j}{2}$S이다. 실수부 1/2 S는 전압과 동상인 전류 성분을, 허수부 −1/2 S는 전압보다 늦는 무효전류 성분을 결정한다. 커패시터의 임피던스는 $Z_C = -jX_C$이므로 어드미턴스는 $Y_C = \frac{j}{X_C}$이다.

전체 어드미턴스는 $Y = \frac{1}{2} + j\left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{2}\right)$이다. 전원전압의 크기를 $V_s$라 하면 전류의 크기는 $I = V_s|Y|$이고, $|Y|^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{2}\right)^2$이다. 주어진 전압과 저항·코일 가지의 값이 일정하므로, **허수부가 0이 될 때** 어드미턴스의 크기와 전원 전류가 최소가 된다. 이는 코일과 커패시터의 무효전류 성분이 상쇄되는 병렬 공진 조건이다.

따라서 $\frac{1}{X_C} - \frac{1}{2} = 0$에서 $X_C = 2\Omega$를 얻는다. 이때 동상 전류 성분은 남으므로 전원 전류가 0이 되는 것은 아니다. 구한 2 Ω은 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 17. 2Q[C]의 전하량을 갖는 전하 A에서 q[C]의 전하량을 떼어 내어 전하 A로부터 1[m] 거리에 q[C]를 위치시킨 경우, 두 전하 사이에 작용하는 전자기력이 최대가 되는 q[C]는? (단, 0<q<2Q이다)**

① Q
② Q/2
③ Q/3
④ Q/4

**정답 1번**

**간단한 해설**

두 전하 사이의 거리가 일정하므로 힘의 크기는 **두 전하량의 곱**에 비례한다. 총전하량 2Q C를 똑같이 나눌 때 그 곱이 최대이므로 q = Q, 즉 떼어 낼 전하량은 Q C이다.

**계산 과정**

전하 A에서 q C를 떼어 내면 A에 남는 전하량은 (2Q − q) C이다. 따라서 상호 작용하는 두 전하량은 원래의 2Q C와 q C가 아니라 **남은 (2Q − q) C와 떼어 낸 q C**이다. 조건 $0 < q < 2Q$에서 두 전하량은 모두 양수이다.

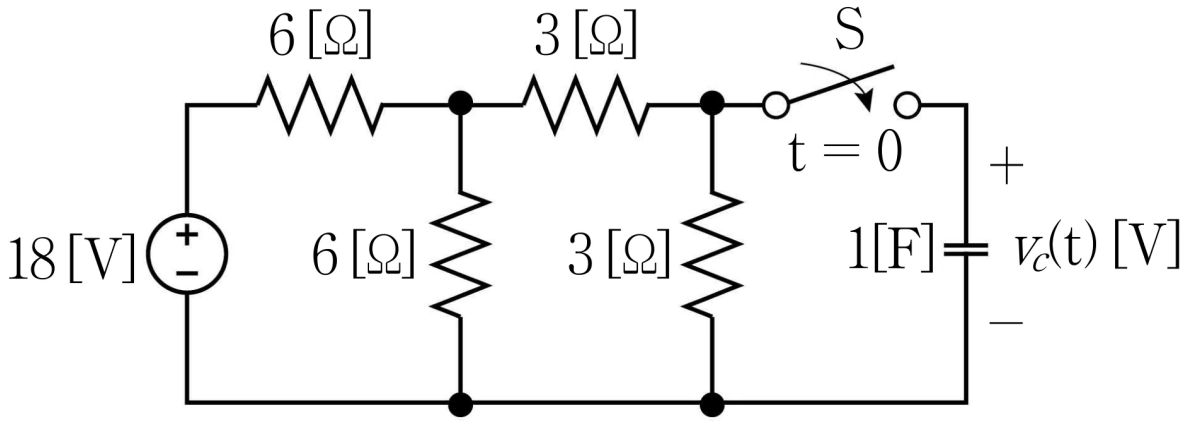
쿨롱 법칙에 따라 두 전하 사이에 작용하는 힘의 크기는 $F = k\frac{q(2Q-q)}{r^2}$이다. 여기서 k는 매질에 따른 양의 비례상수이고 r은 두 전하 사이의 거리이다. 이 문제에서는 **거리가 1 m로 고정**되어 있으므로, 힘을 최대로 하려면 전하량의 곱 $q(2Q-q)$를 최대로 해야 한다.

전하량의 곱을 완전제곱식으로 정리하면 $q(2Q-q) = Q^2 - (q-Q)^2$이다. 제곱항 $(q-Q)^2$은 항상 0 이상이므로 이 곱은 $q = Q$일 때 최댓값 $Q^2$을 갖는다. 이는 떼어 낸 전하량과 A에 남은 전하량이 각각 Q C로 같아지는 경우이다.

Q는 양수이므로 q = Q는 주어진 범위 $0 < q < 2Q$ 안에 있다. 힘이 최대가 되는 전하량은 Q C이며, ①의 Q에 해당한다.

NoteBase

**문 18. 그림의 회로에서 t = 0[sec]일 때, 스위치 S를 닫았다. t = 3[sec]일 때, 커패시터 양단 전압 $v_c(t)$ [V]은? (단, $v_c(t=0_-)$ = 0 [V]이다)**




① $3e^{-4.5}$

② $3-3e^{-4.5}$

③ $3-3e^{-1.5}$

④ $-3e^{-1.5}$

**정답 3번**

**간단한 해설**

커패시터가 바라보는 **테브난 등가전압은 3 V, 등가저항은 2 Ω**이므로 시정수는 2초이다. 초기 전압이 0 V인 충전 응답에 따라 3초 후 전압은 $3-3e^{-1.5}$ V이다.

NoteBase

**계산 과정**

초기 조건: 커패시터는 1 F이며, 전압의 기준 극성은 위쪽이 +이다. 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로 스위치를 닫은 직후에도 $v_c(0^+) = v_c(0^-) = 0$ V이다.

최종 전압: 직류 정상상태에서 커패시터에는 전류가 흐르지 않으므로 **커패시터를 개방**하여 단자 전압을 구한다. 이때 오른쪽의 가로 3 Ω과 세로 3 Ω은 직렬이므로 합성저항은 6 Ω이다. 이 가지와 가운데 세로 6 Ω이 병렬이어서 합성저항은 $\frac{6 \cdot 6}{6+6} = 3$ Ω이다. 따라서 가운데 접점의 전압은 $18 \cdot \frac{3}{6+3} = 6$ V이고, 오른쪽 세로 3 Ω 양단의 전압은 $6 \cdot \frac{3}{3+3} = 3$ V이다. 이것이 테브난 등가전압이자 커패시터의 최종 전압이다.

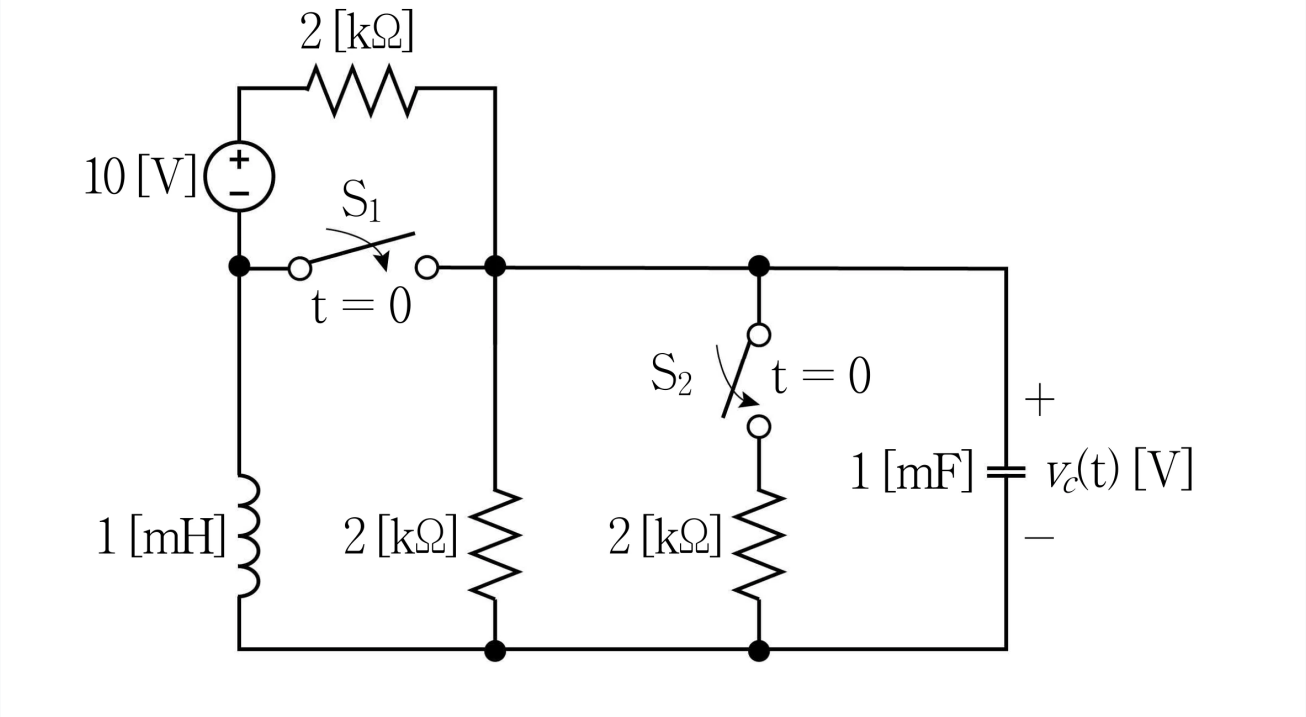
등가저항: 스위치를 닫은 상태에서 커패시터를 떼어 내고, **독립 전압원 18 V를 단락**한 뒤 커패시터 단자에서 회로를 바라본다. 왼쪽 가로 6 Ω과 가운데 세로 6 Ω은 병렬이므로 3 Ω이 된다. 여기에 가로 3 Ω이 직렬로 연결되어 6 Ω이고, 이 경로가 오른쪽 세로 3 Ω과 병렬이다. 따라서 $R_{\text{th}} = \frac{3 \cdot 6}{3+6} = 2$ Ω이다.

시정수와 충전 응답: 저항망을 테브난 등가회로로 바꾸면 3 V 전원, 2 Ω 저항, 1 F 커패시터로 이루어진 1차 RC 회로가 된다. 시정수는 $\tau = R_{\text{th}}C = 2 \cdot 1 = 2$초이며, 최종 전압과 현재 전압의 차이가 지수적으로 감소하는 시간 척도이다. 초기 전압이 0 V이므로 충전식은 $v_c(t) = V_\infty(1 - e^{-t/\tau})$이다. 따라서 t를 초 단위로 넣으면 $v_c(t) = 3(1 - e^{-t/2})$ V이다.

3초 후 전압: $\frac{t}{\tau} = \frac{3}{2} = 1.5$이므로 $v_c(3) = 3(1 - e^{-1.5})$ V이다. 이를 전개한 $3 - 3e^{-1.5}$ V가 ③의 식과 일치한다.

NoteBase

**문 19. 그림의 회로에서 $t = 0$ [sec]일 때, 스위치 $S_1$과 $S_2$를 동시에 닫을 때, $t > 0$에서 커패시터 양단 전압 $v_c(t)$ [V]은?**




① 무손실 진동

② 과도감쇠

③ 임계감쇠

④ 과소감쇠

**정답 4번**

**간단한 해설**

스위치를 모두 닫으면 인덕터·커패시터와 등가저항 1 kΩ이 병렬로 연결된다. 감쇠계수는 $\alpha = 0.5\text{s}^{-1}$, 고유각주파수는 $\omega_0 = 1000\text{rad/s}$이므로 **진폭이 줄어들면서 진동하는 과소감쇠**가 나타난다.

NoteBase

**계산 과정**

스위치가 닫힌 뒤의 회로: $S_1$이 닫히면 10 V 전원과 위쪽 2 kΩ 저항으로 이루어진 가지의 양 끝이 도선으로 연결된다. 따라서 이 가지는 나머지 회로에 전압을 가하지 않는다. $S_2$도 닫히므로 아래쪽의 두 2 kΩ 저항, 인덕터, 커패시터는 **같은 두 노드 사이에 병렬로 연결**된다. 등가저항은 $R = \frac{2000 \cdot 2000}{2000 + 2000} = 1000\Omega$이다. 또한 $L = 10^{-3}\text{H}$, $C = 10^{-3}\text{F}$이다.

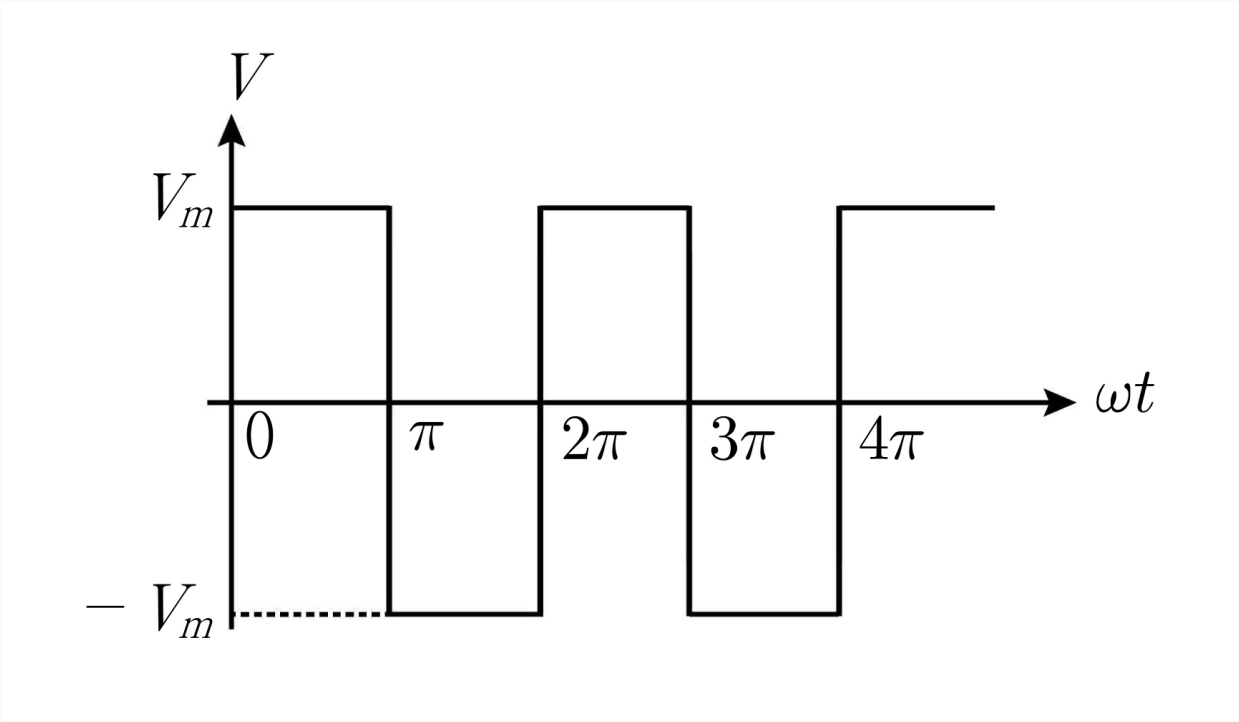
감쇠계수 계산: 병렬 RLC 회로의 자연응답 특성방정식은 $s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC} = 0$이다. 이를 $s^2 + 2\alpha s + \omega_0^2 = 0$과 비교하면 $\alpha = \frac{1}{2RC}$이다. 따라서 $\alpha = \frac{1}{2 \cdot 1000 \cdot 10^{-3}} = 0.5\text{s}^{-1}$이며, 이는 진동 진폭이 감소하는 속도를 결정한다.

고유각주파수 계산: 인덕터와 커패시터 사이의 에너지 교환에 따른 고유각주파수는 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$이다. 주어진 값을 대입하면 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{10^{-3} \cdot 10^{-3}}} = 1000\text{rad/s}$이다.

응답 판정: $0 < \alpha < \omega_0$이므로 특성근은 허수부를 갖는 한 쌍의 복소근이다. 따라서 커패시터 전압은 진동하면서 진폭이 지수적으로 감소한다. 이 응답은 ④의 과소감쇠에 해당한다.

NoteBase

**문 20. 그림과 같은 구형파의 제 $(2n-1)$ 고조파의 진폭($A_1$)과 기본파의 진폭($A_2$)의 비($\frac{A_1}{A_2}$)는?**




① $\frac{1}{2n-1}$

② $2n-1$

③ $\frac{\pi}{2n-1}$

④ $\frac{2n-1}{\pi}$

**정답 1번**

**간단한 해설**

그림과 같이 양·음의 크기와 지속 시간이 같은 구형파에서는 홀수 고조파의 진폭이 **고조파 차수에 반비례**한다.
따라서 제 $2n-1$ 고조파의 진폭은 기본파 진폭의 $\frac{1}{2n-1}$배이다.

NoteBase

**핵심 풀이**

그림에서 $0 < \omega t < \pi$일 때 전압은 $V_m$, $\pi < \omega t < 2\pi$일 때는 $-V_m$이며, 이 모양이 반복된다. 이처럼 **양·음의 크기와 지속 시간이 같은 구형파**를 푸리에 급수로 나타내면 기본파와 홀수 고조파만 나타난다.

홀수 차수 $k = 1, 3, 5, \ldots$인 성분의 진폭은 $\frac{4V_m}{k\pi}$이다. 문제에서 $A_1$은 제 $2n-1$ 고조파의 진폭이므로 $A_1 = \frac{4V_m}{(2n-1)\pi}$이고, $A_2$는 차수가 1인 기본파의 진폭이므로 $A_2 = \frac{4V_m}{\pi}$이다.

고조파 진폭을 기본파 진폭으로 나누면 **공통 인자가 약분**되어 $\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{2n-1}$이 된다. 차수가 커질수록 진폭비는 작아지므로 비를 반대로 잡아 $2n-1$로 쓰면 안 되며, 공통 인자인 $\pi$도 비에 남지 않는다. 이 비는 ①의 식과 같다.

NoteBase