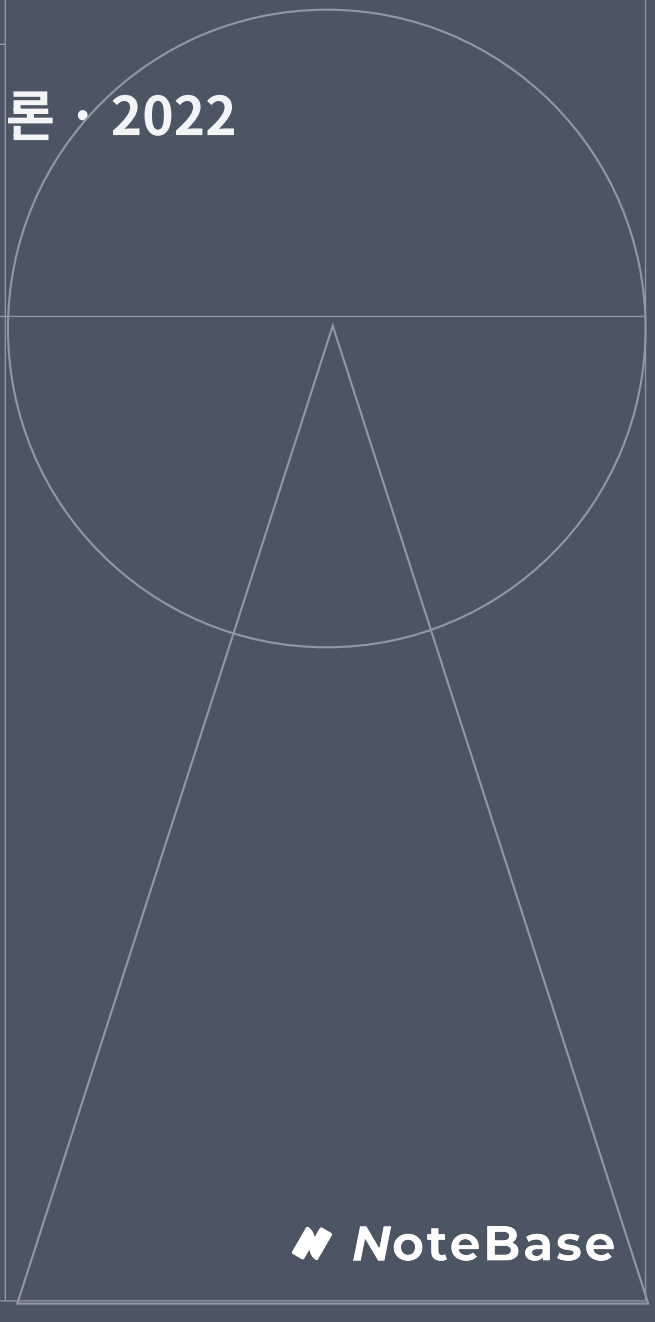
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2022



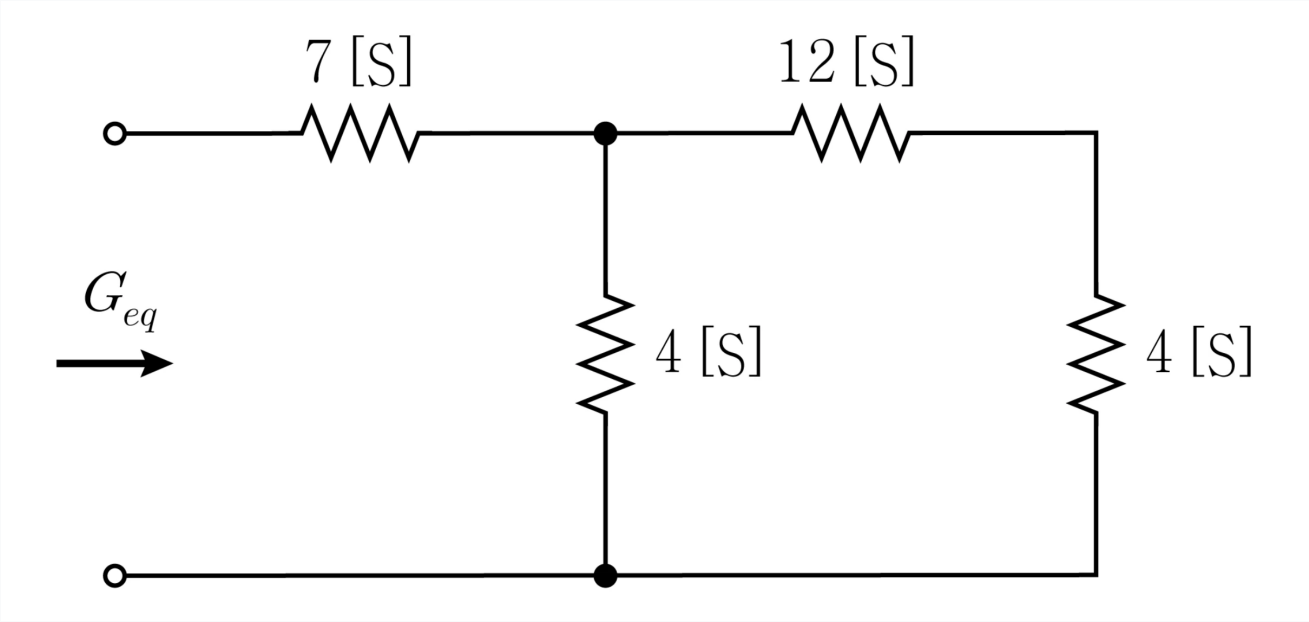
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2022

공무원/지방직/9급 · 전기이론 · 2022

문 1. 그림의 회로에서 등가 컨덕턴스 G_{eq} [S]는?



① 1.5

② 2.5

③ 3.5

④ 4.5

정답 3번

간단한 해설

오른쪽 12 S와 4 S를 직렬 합성하면 3 S이고, 이를 중앙의 4 S와 병렬 합성하면 7 S이다. 이 7 S가 입력 쪽의 7 S와 **직렬로 연결**되므로 전체 등가 컨덕턴스는 3.5 S이다.

NoteBase

계산 과정

컨덕턴스는 전류가 얼마나 잘 흐르는지를 나타내며, 저항의 역수인 $G = \frac{1}{R}$로 정의한다. 단위는 S이다. **직렬에서는 저항이 더해지므로** 컨덕턴스는 $G_s = \frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2}$로 합성한다. 병렬에서는 같은 전압에 대한 각 가지의 전류가 더해지므로 컨덕턴스를 그대로 더한다.

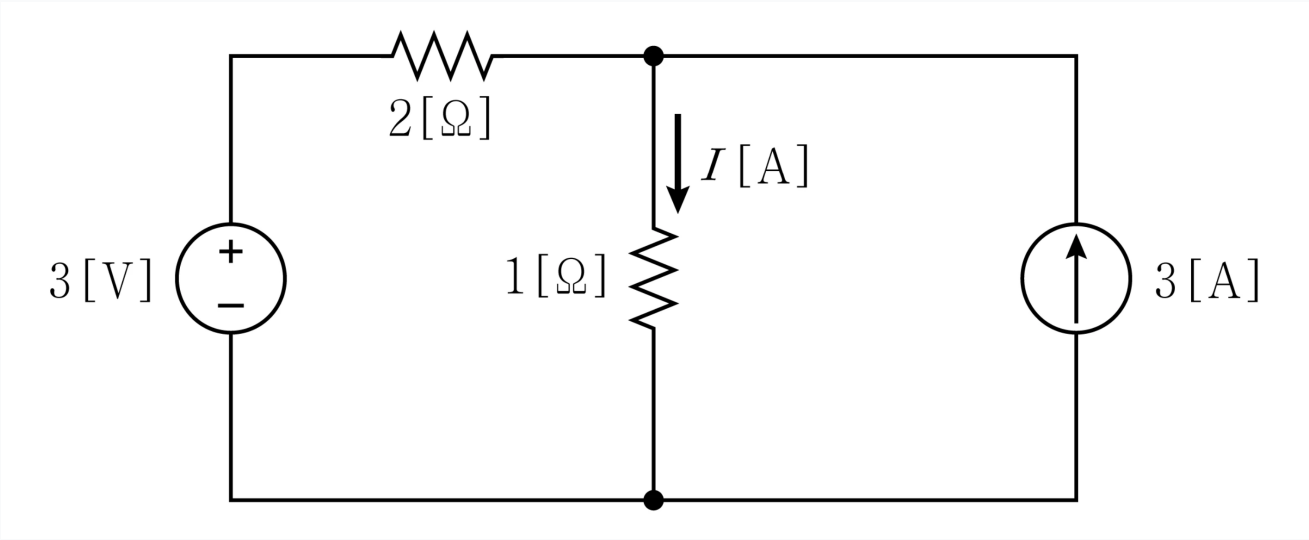
오른쪽 직렬 가지: 위쪽의 12 S와 오른쪽의 4 S 사이에는 분기점이 없어 같은 전류가 흐른다. 두 소자의 합성 컨덕턴스를 G_a라 하면 $G_a = \frac{12 \cdot 4}{12 + 4} = 3\text{S}$이다.

중앙의 병렬 부분: 중앙의 4 S와 방금 구한 3 S 가지는 **위아래의 같은 두 접점 사이**에 연결되어 있다. 따라서 이 부분의 합성 컨덕턴스는 $G_b = 4 + 3 = 7\text{S}$이다.

전체 회로: 입력 쪽의 7 S와 병렬 부분을 합성한 7 S는 직렬이다. 따라서 $G_{eq} = \frac{7 \cdot 7}{7 + 7} = 3.5\text{S}$이다. 이는 ③의 3.5 S에 해당한다.

NoteBase

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



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

간단한 해설

위쪽 접점에 키르히호프 전류법칙을 적용하면 아래쪽 접점을 기준으로 한 전압은 3 V이다. 따라서 1 Ω 저항에는 **아래 방향으로 3 A**가 흐른다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽 공통 접점을 0 V로 두고, 1 Ω 저항의 위쪽 접점 전압을 v라 하자. 왼쪽 3 V 전압원은 위쪽이 +극이므로 2 Ω 저항의 왼쪽 끝 전압은 3 V이다. 오른쪽 전류원은 화살표 방향에 따라 위쪽 접점으로 3 A를 공급한다.

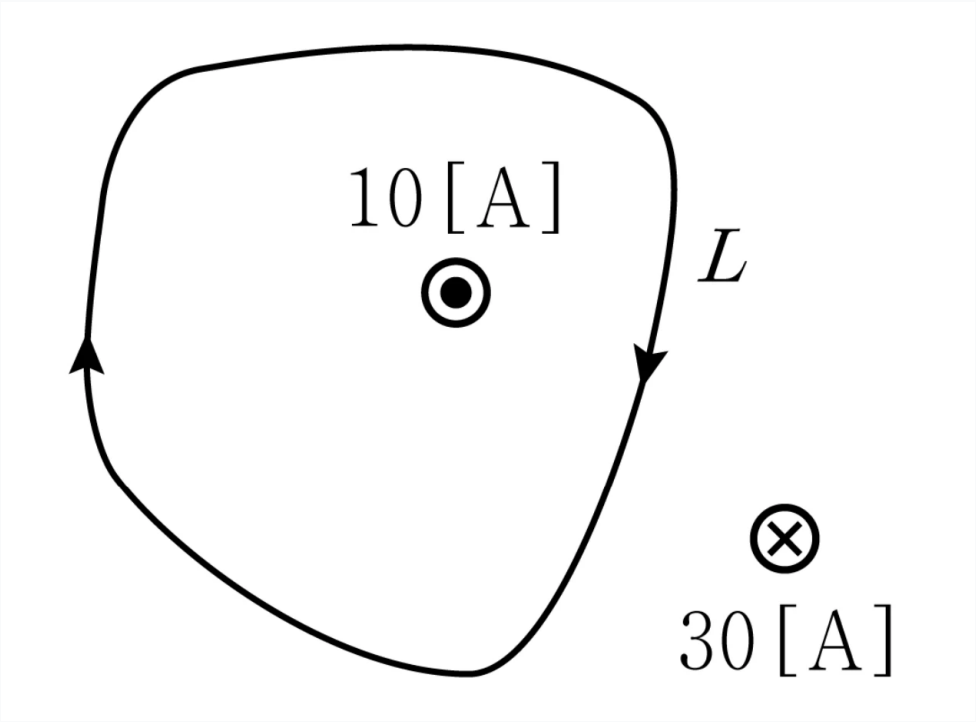
위쪽 접점에서 **나가는 전류를 기준**으로 잡는다. 옴의 법칙에 따라 1 Ω 저항으로 나가는 전류는 $\frac{v}{1\Omega}$, 2 Ω 저항을 통해 왼쪽으로 나가는 전류는 $\frac{v-3\mathrm{V}}{2\Omega}$이다. 키르히호프 전류법칙에서 유입 전류와 유출 전류의 합은 같으므로 $\frac{v}{1\Omega}+\frac{v-3\mathrm{V}}{2\Omega}=3\mathrm{A}$이다.

양변에 2 Ω을 곱하면 $2v+v-3\mathrm{V}=6\mathrm{V}$이므로 $v=3\mathrm{V}$이다. 이때 2 Ω 저항의 양 끝 전압이 같아 그 저항에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 전류원이 공급하는 3 A가 모두 1 Ω 저항으로 흐른다.

그림의 I는 위에서 아래로 흐르는 방향이므로 $I=\frac{3\mathrm{V}}{1\Omega}=3\mathrm{A}$이다. 구한 전류는 ③의 3 A에 해당한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 전류와 폐경로 L이 주어졌을 때 $\int_L H \cdot dl$ [A]은?



① −20

② −10

③ 10

④ 20

정답 2번

간단한 해설

암페어의 주회 법칙에서는 **폐경로가 감싼 전류**를 방향에 따른 부호와 함께 센다. 그림의 시계 방향 경로에서는 종이 바깥쪽으로 흐르는 10 A가 음의 전류이므로 주회적분은 −10 A이다.

NoteBase

공통 해설

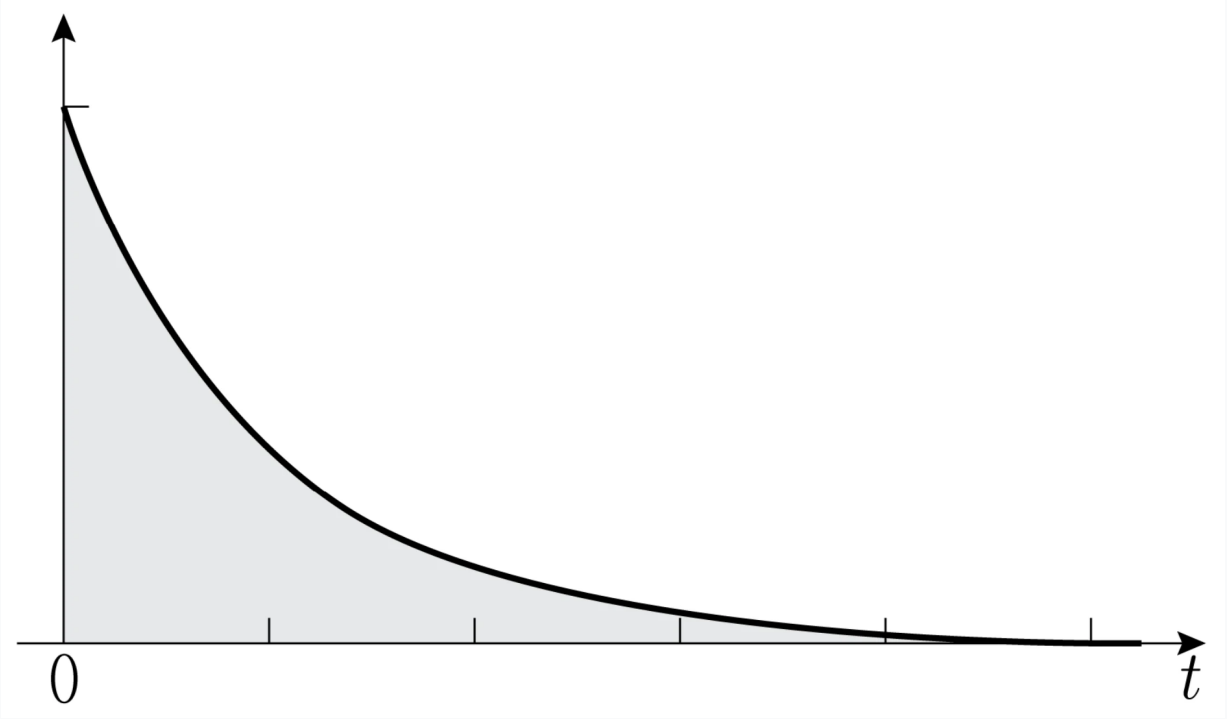
정상 전류에 대한 암페어의 주회 법칙은 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_{\text{enc}}$이다. 여기서 $\vec{H}$는 자계의 세기이고, I_{enc}는 폐경로가 둘러싼 면을 통과하는 전류의 대수합이다. 따라서 전류의 크기뿐 아니라 **경로 방향에 따른 전류의 부호**를 정해야 한다.

전류의 양의 방향은 오른손의 네 손가락을 경로 진행 방향으로 감았을 때 엄지가 가리키는 방향이다. 그림에서 경로 L은 왼쪽에서 위로, 오른쪽에서 아래로 진행하는 시계 방향이므로 **종이 안쪽이 양의 방향**이다.

경로 안의 10 A는 ⊙로 표시되어 종이 바깥쪽으로 흐르므로 −10 A로 센다. ⊗로 표시된 30 A는 종이 안쪽으로 흐르지만 경로 밖에 있으므로 포위 전류에 포함하지 않는다. 따라서 $I_{\text{enc}} = -10\text{A}$이며, 구하는 주회적분도 −10 A이다.

NoteBase

문 4. $R-L$ 직렬 회로에 $t=0$에서 일정 크기의 직류전압을 인가하였다. 저항과 인덕터의 전압, 전류 파형 중에서 $t>0$ 이후에 그림과 같은 형태로 나타나는 것은? (단, 인덕터의 초기 전류는 0 [A]이다)



① 저항 R의 전류 파형

② 저항 R의 전압 파형

③ 인덕터 L의 전류 파형

④ 인덕터 L의 전압 파형

정답 4번

간단한 해설

그림처럼 처음에 큰 값을 갖다가 0으로 감소하는 것은 **인덕터의 전압**이다. 전압을 인가한 직후에는 전류가 0이어서 인덕터에 전원 전압이 모두 걸리지만, 전류가 일정해지는 직류 정상상태에서는 인덕터의 전압이 0이 된다.

NoteBase

도식 해설

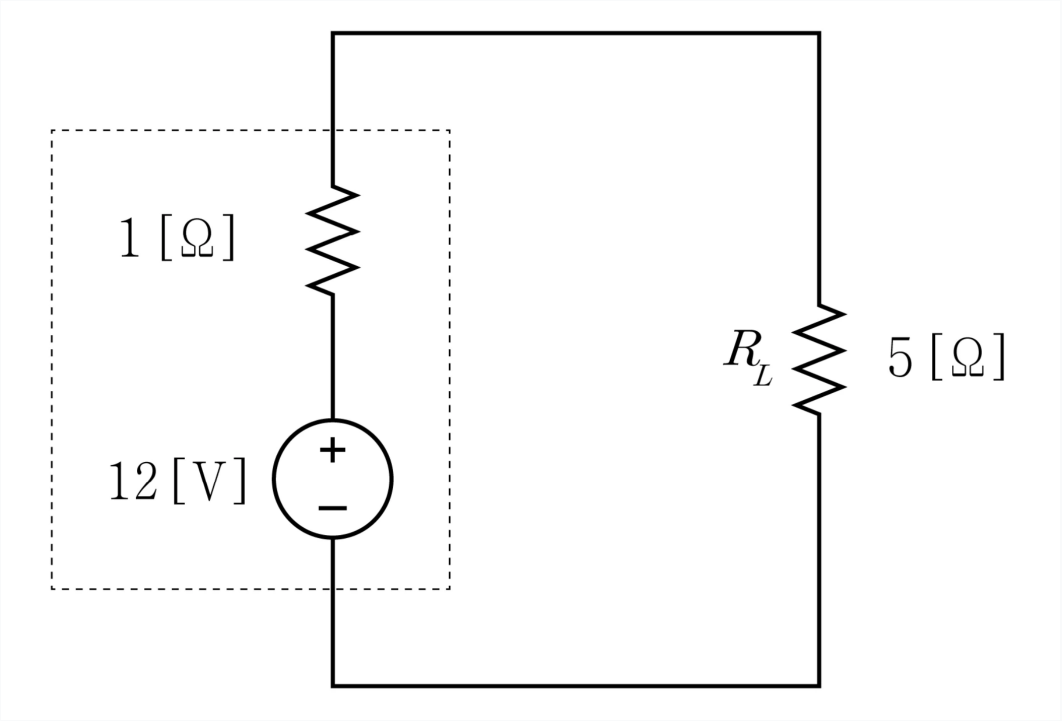
그림의 가로축은 시간 t이고, 곡선은 전압을 인가한 직후 양의 값에서 시작하여 **시간이 지날수록 0에 가까워지는** 형태이다.

인가한 일정한 직류전압을 E라 하자. 인덕터의 전류는 순간적으로 변할 수 없으므로 초기 전류가 0 A이면 $i(0^+) = 0$이다. 이때 저항의 전압은 $v_R = Ri = 0$이므로 전원 전압이 모두 인덕터에 걸린다. 이후 전류가 증가하면서 저항의 전압은 커지고, 인덕터의 전압은 감소한다. 인덕터 전압은 $v_L(t) = Ee^{-t/\tau}$이며, 시정수는 $\tau = L/R$이다. 충분한 시간이 지나 전류가 일정해지면 $v_L = L\frac{di}{dt} = 0$이 된다. 따라서 그림은 ④의 인덕터 전압 파형에 해당한다.

저항과 인덕터는 직렬로 연결되어 **두 소자에 같은 전류**가 흐른다. 이 전류는 $i(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau})$에 따라 0에서 E/R까지 증가하므로 ①과 ③의 전류 파형은 그림과 다르다. 저항의 전압도 $v_R = Ri$에 따라 0에서 E까지 증가하므로 ②의 전압 파형 역시 그림과 다르다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 내부저항 1 [Ω]을 갖는 12 [V] 직류 전압원이 5 [Ω] 저항 R_L에 연결되어 있다. 저항 R_L에서 소비되는 전력[W]은?



① 12

② 20

③ 24

④ 28.8

정답 2번

간단한 해설

내부저항 1 Ω과 부하저항 5 Ω이 **직렬로 연결**되어 전류는 2 A이다. 이 전류가 흐르는 5 Ω 부하저항의 소비전력은 20 W이다.

NoteBase

계산 과정

회로의 합성저항: 그림에서 전압원 내부저항 $r = 1\Omega$과 부하저항 $R_L = 5\Omega$은 **하나의 고리에 직렬로 연결**되어 있다. 따라서 합성저항은 $1 + 5 = 6\ \Omega$이고, 두 저항에는 같은 전류가 흐른다.

회로 전류: 전압원의 기전력은 $E = 12\text{V}$이며, 이 전압이 내부저항과 부하저항에 나누어 걸린다. 옴의 법칙을 회로 전체에 적용하면 $I = \frac{E}{r + R_L}$이다. 수치를 대입하면 $I = \frac{12}{1+5} = 2\text{A}$이며, 이것이 부하저항에도 흐르는 전류이다.

부하의 소비전력: 저항의 소비전력은 $P = VI$이고, 저항 양단의 전압은 $V = IR$이므로 $P = I^2R$이다. 구하는 것은 **5 Ω 부하저항에서만 소비되는 전력**이므로 $P_L = I^2R_L$에 부하저항을 대입한다. 따라서 $P_L = 2^2 \cdot 5 = 20\text{W}$이며, ②의 20 W에 해당한다.

NoteBase

문 6. 평형 3상 교류 회로의 전압과 전류에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 평형 3상 Δ결선의 전원에서 선간전압의 크기는 상전압의 크기의 $\sqrt{3}$배이다.

② 평형 3상 Δ결선의 부하에서 선전류의 크기는 상전류의 크기와 같다.

③ 평형 3상 Y결선의 전원에서 선간전압의 크기는 상전압의 크기와 같다.

④ 평형 3상 Y결선의 부하에서 선전류의 크기는 상전류의 크기와 같다.

정답 4번

간단한 해설

Y결선 부하에서는 각 전원선과 해당 상의 부하가 하나의 전류 경로를 이루므로 **선전류와 상전류가 같다**.

선지별 해설

상전압·상전류는 한 상의 권선이나 부하에 걸리는 전압과 흐르는 전류이다. 선간전압은 두 전원선 사이의 전압이고, 선전류는 각 전원선에 흐르는 전류이다.

① X: Δ결선 전원에서는 각 상의 권선 양 끝이 두 전원선에 직접 연결된다. 따라서 **선간전압과 상전압의 크기가 같다**. 선간전압이 상전압의 $\sqrt{3}$배가 되는 것은 평형 Y결선 전원이다.

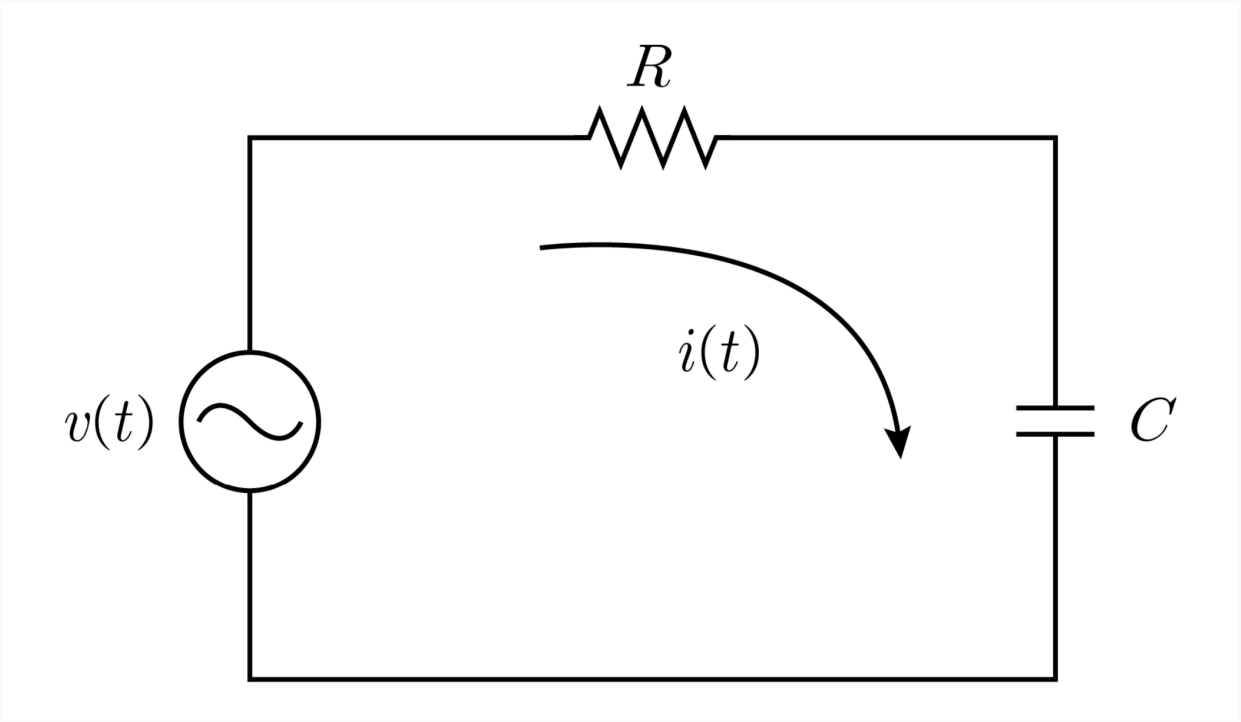
② X: Δ결선 부하의 한 접속점에는 전원선 하나와 두 상의 부하가 연결된다. 키르히호프 전류법칙에 따라 선전류는 그 접속점에 연결된 두 상전류의 페이저 차로 구한다. 평형 상태에서는 두 상전류의 크기가 같고 위상차가 120°이므로 **선전류의 크기는 상전류의 $\sqrt{3}$배**이다.

③ X: Y결선 전원에서 상전압은 각 전원선과 중성점 사이의 전압이고, 선간전압은 두 전원선 사이의 전압이다. 선간전압은 크기가 같고 위상차가 120°인 두 상전압의 페이저 차이므로 **상전압의 $\sqrt{3}$배**이다. 선간전압과 상전압의 크기가 같은 것은 Δ결선 전원이다.

④ O: Y결선 부하에서는 각 전원선이 해당 상의 부하에 연결되고, 전원선에서 들어온 전류가 갈라지지 않고 그 상의 부하를 흐른다. 따라서 **선전류와 상전류는 같은 전류**이며 크기도 같다.

NoteBase

문 7. 그림의 회로에서 전압 $v(t)$와 전류 $i(t)$의 라플라스 관계식은? (단, 커패시터의 초기 전압은 0[V]이다)



① $I(s) = \frac{C}{sRC+1}V(s)$
② $I(s) = \frac{s}{sRC+1}V(s)$
③ $I(s) = \frac{sR}{sRC+1}V(s)$
④ $I(s) = \frac{sC}{sRC+1}V(s)$

정답 4번

간단한 해설

커패시터의 초기 전압이 0이면 라플라스 영역에서 커패시터의 임피던스는 $\frac{1}{sC}$이다. **직렬회로의 임피던스를 더해** 전압을 나누면 $I(s) = \frac{sC}{sRC+1}V(s)$가 된다.

NoteBase

공통 해설

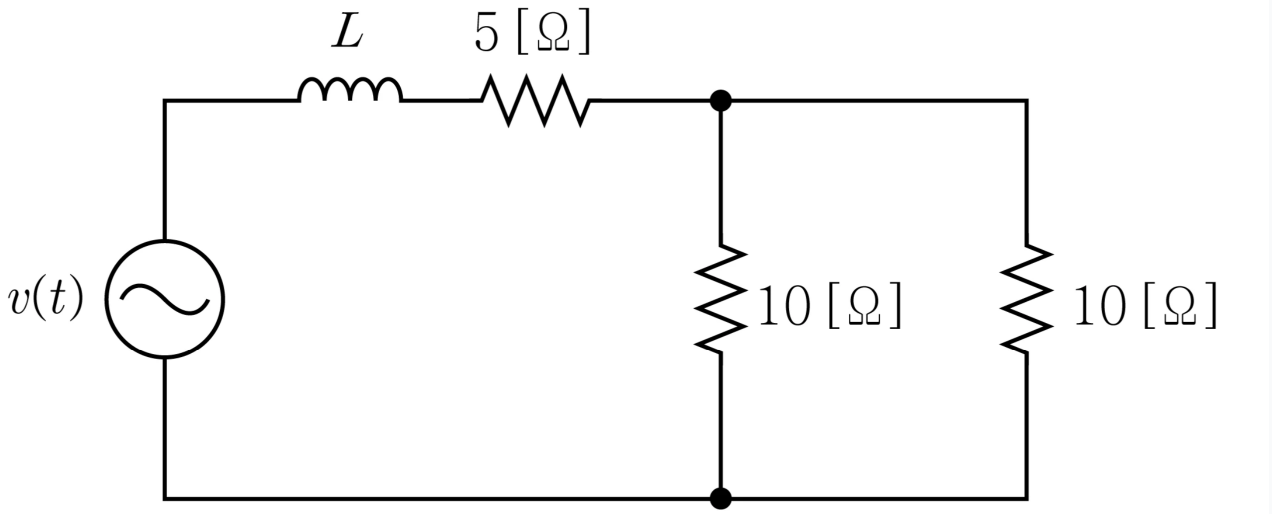
그림에서 저항 R과 커패시터 C는 직렬로 연결되어 같은 전류가 흐른다. 따라서 전원 전압은 저항 전압과 커패시터 전압의 합이다. $V(s)$, $I(s)$, $V_C(s)$를 각각 전원 전압, 회로 전류, 커패시터 전압의 라플라스 변환이라 하고, s를 라플라스 변수라 한다.

저항에서는 $V_R(s) = RI(s)$이다. 커패시터는 $i(t) = C\frac{dv_C(t)}{dt}$를 만족하며, **초기 전압이 0이므로** 변환하면 $I(s) = sCV_C(s)$가 된다. 즉 커패시터 전압은 $V_C(s) = \frac{1}{sC}I(s)$이고, 전압을 전류로 나눈 임피던스는 $\frac{1}{sC}$이다.

두 소자의 전압을 합하면 $V(s) = \left(R + \frac{1}{sC}\right)I(s)$이다. 따라서 전압과 전류의 공통 관계는 $I(s) = \frac{sC}{sRC+1}V(s)$이다. 분모가 같은 후보들 중 분자가 sC인 관계식이 이 직렬 RC회로의 관계를 나타낸다.

NoteBase

문 8. 그림의 회로에서 역률이 $\frac{1}{\sqrt{2}}$이 되기 위한 인덕턴스 L [H]은? (단, $v(t) = 300\cos(2\pi \times 50t + 60^\circ)$ [V]이다)



① $\frac{1}{\pi}$
② $\frac{1}{5\pi}$
③ $\frac{1}{10\pi}$
④ $\frac{1}{20\pi}$

정답 3번

간단한 해설

역률이 $\frac{1}{\sqrt{2}}$인 RL 직렬회로에서는 **유도성 리액턴스와 등가저항이 같다**. 전체 저항이 10 Ω이고 각주파수가 100π rad/s이므로, 필요한 인덕턴스는 $L = \frac{1}{10\pi}$H이다.

NoteBase

계산 과정

등가저항: 그림 오른쪽의 두 10 Ω 저항은 양 끝이 각각 같은 두 노드에 연결된 **병렬연결**이다. 이 부분의 합성저항은 $R_p = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5\Omega$이다. 여기에 위쪽 5 Ω 저항이 직렬로 연결되므로 전체 저항은 R = 5 + 5 = 10 Ω이다. 따라서 회로는 저항 10 Ω과 인덕턴스 L의 직렬회로로 바꿀 수 있다.

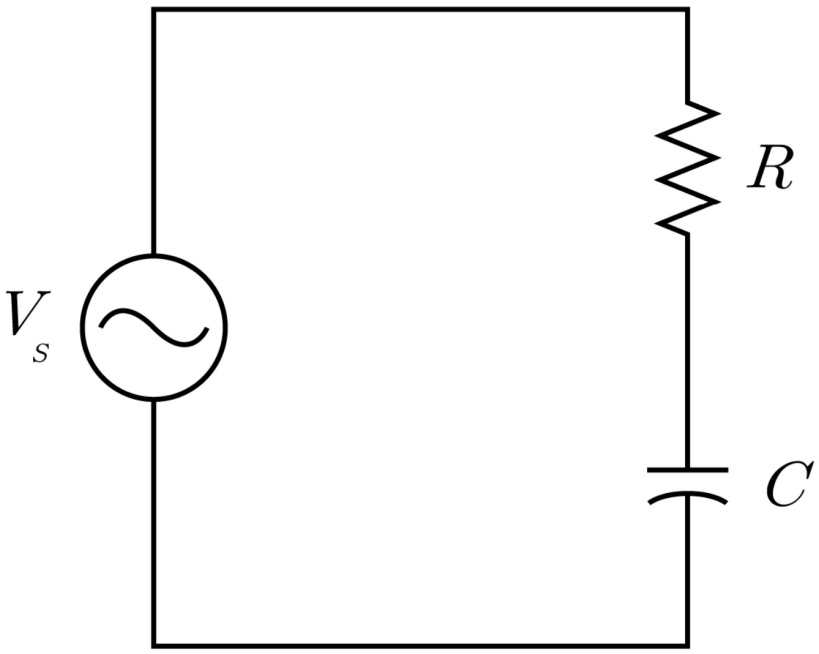
각주파수: 전압식의 시간 t에 곱해진 계수가 각주파수이므로 $\omega = 2\pi \cdot 50 = 100\pi$rad/s이다. 이에 따라 인덕터의 유도성 리액턴스는 $X_L = \omega L$로 나타낸다.

역률 조건: 정현파 정상상태에서 역률은 **전원전압과 전체 전류의 위상차** φ의 코사인이다. RL 직렬회로에서는 $\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$이다. 주어진 역률 $\frac{1}{\sqrt{2}}$는 위상차 45°에 해당하므로, $\tan\varphi = \frac{X_L}{R} = 1$에서 $X_L = R = 10\Omega$이다. 전압식의 60°는 전압의 초기 위상으로, 전압과 전류 사이의 위상차와 구별한다. 전압의 진폭 300 V와 초기 위상은 이 회로의 역률을 바꾸지 않는다.

인덕턴스: 필요한 리액턴스 10 Ω을 각주파수로 나누면 $L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{10}{100\pi} = \frac{1}{10\pi}$H이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림의 $R-C$ 직렬회로에 200 [V]의 교류전압 V_s [V]를 인가하니 회로에 40 [A]의 전류가 흘렀다. 저항이 3 [Ω]일 경우 이 회로의 용량성 리액턴스 X_C [Ω]는? (단, 전압과 전류는 실횻값이다)



① 4

② 5

③ 6

④ 8

정답 1번

간단한 해설

R-C 직렬회로에서는 **저항과 용량성 리액턴스를 직각 성분으로 합성**한다. 전압과 전류의 실효값으로 구한 임피던스의 크기가 5 Ω이므로, 저항 3 Ω에 대응하는 용량성 리액턴스는 4 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

임피던스의 크기: 전압과 전류가 모두 실효값으로 주어졌으므로, 그 비로 회로 전체의 임피던스 크기를 구한다. 전압을 V_s, 전류를 I라 하면 $|Z| = \frac{V_s}{I} = \frac{200}{40} = 5\Omega$이다. 이 5 Ω은 저항과 축전기의 효과를 함께 반영한 값이다.

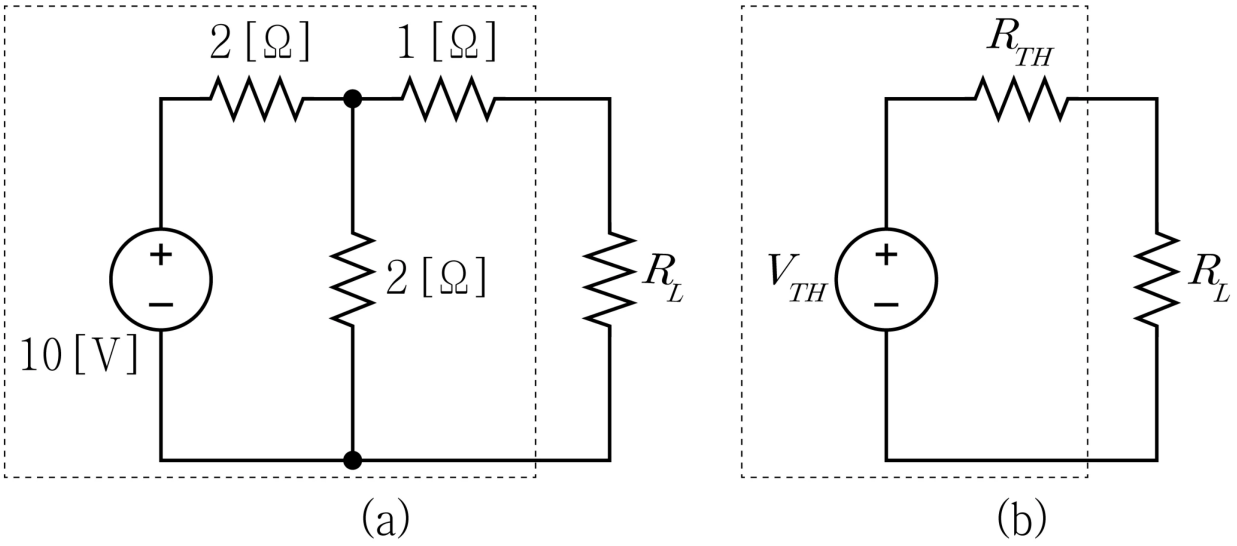
직렬 R-C 회로의 관계: 그림에서 저항 R과 축전기 C에는 같은 전류가 흐른다. 저항의 전압은 전류와 동상이고 축전기의 전압은 전류보다 90° 늦으므로, 저항과 용량성 리액턴스는 **서로 직각인 성분**으로 합성된다. 따라서 $|Z| = \sqrt{R^2 + X_C^2}$의 관계가 성립한다.

용량성 리액턴스: 위 관계를 정리하면 $X_C = \sqrt{|Z|^2 - R^2}$이다. 임피던스의 크기 5 Ω과 저항 3 Ω을 대입하면 $X_C = \sqrt{5^2 - 3^2} = 4\Omega$이다. 여기서 X_C는 용량성 리액턴스의 크기이므로 양의 값을 취한다.

구한 용량성 리액턴스 4 Ω은 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림(a)의 회로를 그림(b)의 테브난 등가회로로 변환하였을 때, 테브난 등가전압 V_{TH}[V]와 부하저항 R_L에서 최대전력이 소비되기 위한 R_L[Ω]은?



① V_{TH}: 5, R_L: 2

② V_{TH}: 5, R_L: 5

③ V_{TH}: 10, R_L: 2

④ V_{TH}: 10, R_L: 5

정답 1번

간단한 해설

부하를 분리하면 1 Ω 저항에는 전류가 흐르지 않으므로, 테브난 전압은 두 2 Ω 저항의 **분압 전압인 5 V**이다.
전압원을 단락했을 때 부하 단자에서 본 저항은 2 Ω이며, **부하저항이 이 저항과 같을 때** 최대전력이 전달된다.

NoteBase

계산 과정

테브난 등가전압: V_{TH}는 부하를 분리한 두 단자 사이의 개방전압이다. 그림(a)에서 부하저항을 떼어 내면 **1 Ω 저항의 전류가 0**이므로 그 저항의 전압강하도 0이다. 따라서 부하 단자의 전압은 중앙의 세로 방향 2 Ω 저항 양단 전압과 같다. 남은 두 2 Ω 저항은 10 V 전원에 직렬로 연결되므로, 분압법칙에 따라 $V_{TH} = 10 \cdot \frac{2}{2+2} = 5\text{V}$이다. 아래쪽 단자를 기준으로 위쪽 단자의 전위가 높다.

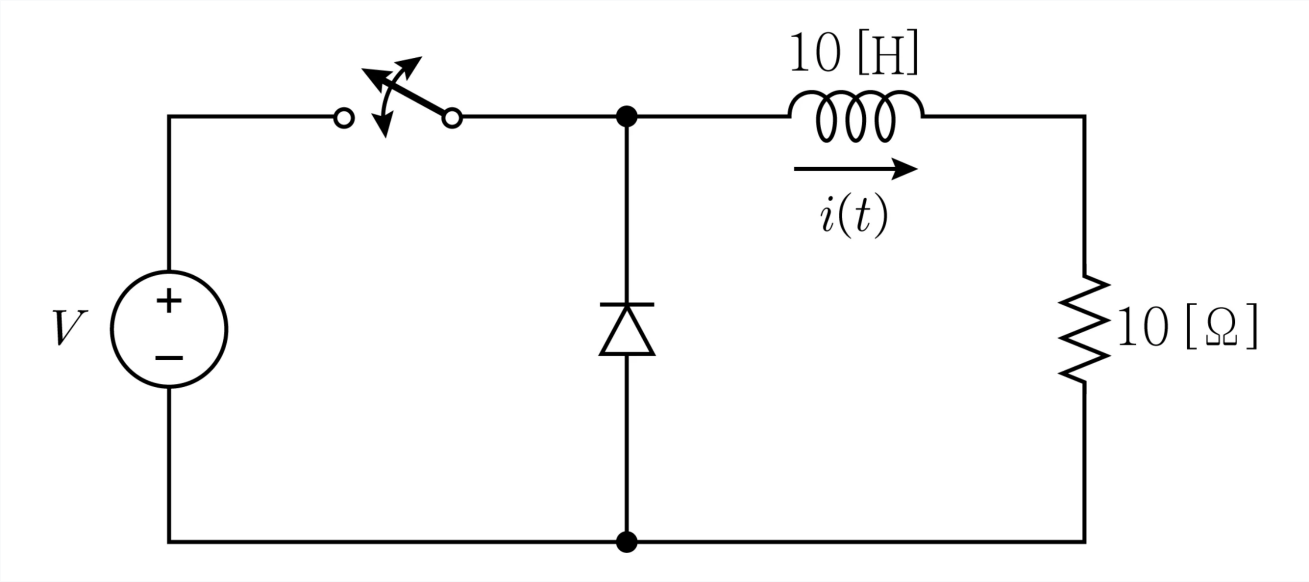
테브난 등가저항: 부하를 분리한 상태에서 **독립 전압원을 단락**하고 부하 단자에서 회로 안쪽을 바라본다. 전압원 자리가 도선으로 바뀌면 왼쪽의 2 Ω 저항과 중앙의 2 Ω 저항은 같은 두 노드 사이에 연결되어 병렬이 된다. 이 병렬저항이 오른쪽의 1 Ω 저항과 직렬이므로, $R_{TH} = 1 + \frac{2 \cdot 2}{2+2} = 2\Omega$이다.

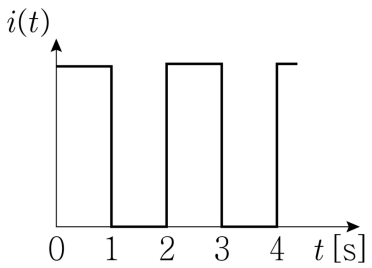
최대전력 조건: 그림(b)에서 부하전류는 $I = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_L}$이고, 부하의 소비전력은 $P_L = \frac{V_{TH}^2 R_L}{(R_{TH} + R_L)^2}$이다. 전원 측 조건이 일정한 저항 회로에서는 **부하저항과 테브난 등가저항이 같을 때** 이 전력이 최대가 된다. 따라서 $R_L = R_{TH} = 2\Omega$이다.

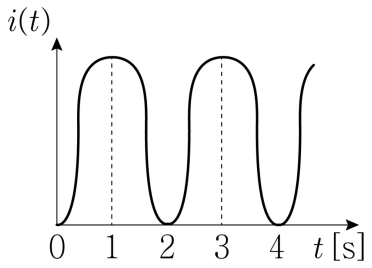
구한 값은 $V_{TH} = 5\text{V}$, $R_L = 2\Omega$이므로 ①의 값과 일치한다.

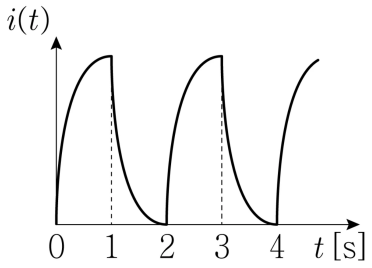
NoteBase

문 11. 그림은 $t = 0$에서 1초 간격으로 스위치가 닫히고 열림을 반복하는 $R - L$회로이다. 이때 인덕터에 흐르는 전류의 파형으로 적절한 것은? (단, 다이오드는 이상적이고, $t < 0$에서 스위치는 오랫동안 열려 있다고 가정한다)

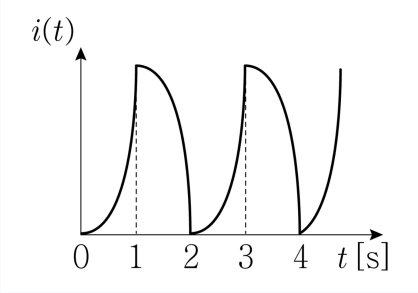


① 

② 

③ 

NoteBase

④ 

정답 3번

간단한 해설

스위치가 닫히면 인덕터 전류는 **증가하는 속도가 점차 줄어들며** 커진다. 스위치가 열려도 다이오드를 통한 순환 경로가 남으므로 전류는 끊기지 않고 **지수적으로 감소한다**.

도식 해설

초기 상태: 스위치가 오랫동안 열려 있었으므로 인덕터에 저장된 에너지는 소모되어 처음 전류는 0이다. 인덕터는 전류의 급격한 변화를 억제하며, 이 회로에서는 **스위칭 순간에도 인덕터 전류가 연속**이다.

스위치가 닫힌 구간: 0~1초, 2~3초에는 전원이 인덕터와 저항에 연결되고 다이오드는 역방향으로 차단된다. 회로식은 $L\frac{di}{dt} + Ri = V$이며, 따라서 $\frac{di}{dt} = \frac{V - Ri}{L}$이다. 전류가 증가할수록 저항의 전압 강하가 커져 인덕터에 걸리는 전압이 작아진다. 이에 따라 **처음에는 가파르게 증가하다가 점차 완만해지는** 곡선이 된다.

스위치가 열린 구간: 1~2초, 3~4초에는 전원이 분리되지만, 인덕터가 기존 전류를 유지하려 하면서 다이오드가 순방향으로 도통한다. 전류는 인덕터 → 저항 → 다이오드 → 인덕터의 경로로 순환한다. 이상적 다이오드의 전압 강하는 0이므로 $L\frac{di}{dt} + Ri = 0$이고, $\frac{di}{dt} = -\frac{R}{L}i$이다. 저장된 에너지가 저항에서 소모되면서 전류는 **처음에는 빠르게, 이후에는 완만하게 감소**한다.

파형 판독: 증가 구간과 감소 구간에서 모두 기울기의 크기가 점차 작아지는 모양은 ③에 해당한다. ①처럼 전류가 순간적으로 뛰거나 끊기는 사각파가 아니며, ②·④처럼 증가 구간에서 처음에는 완만하다가 점점 가팔라지는 모양도 아니다.

구간의 연결: 열린 구간의 전류는 이론상 유한한 시간에 정확히 0이 되지 않는다. 따라서 ③은 증가·감소의 곡선 형태를 나타내는 개략도로 읽으며, 실제로는 다음 닫힘 구간에서 **남아 있는 전류부터 다시 증가**한다.

NoteBase

문 12. R-C 직렬회로에 교류전압 $V_s = 40[V]$가 인가될 때 회로의 역률[%]과 유효전력[W]은? (단, 저항 $R = 10[\Omega]$, 용량성 리액턴스 $X_C = 10\sqrt{3}[\Omega]$이고, 인가전압은 실효값이다)

① 역률: 50, 유효전력: 20

② 역률: 50, 유효전력: 40

③ 역률: 100, 유효전력: 20

④ 역률: 100, 유효전력: 40

정답 2번

간단한 해설

R-C 직렬회로의 역률은 **저항과 임피던스 크기의 비**이므로 $\frac{10}{20} = 0.5$, 즉 50%이다. 회로 전류의 실효값은 2 A이고, **저항에서 소비되는 유효전력**은 I^2R로 계산하여 40 W이다.

계산 과정

1. 임피던스의 크기: 저항은 10 Ω, 용량성 리액턴스는 $10\sqrt{3}\,\Omega$이다. 저항과 용량성 리액턴스는 임피던스의 실수 성분과 허수 성분이므로 **크기를 단순히 더하지 않고** $|Z| = \sqrt{R^2 + X_C^2}$를 적용한다. 따라서 $|Z| = \sqrt{10^2 + (10\sqrt{3})^2} = 20\Omega$이다.

2. 전류의 실효값: 직렬회로에서는 저항과 커패시터에 같은 전류가 흐른다. 인가전압 40 V가 **실효값**으로 주어졌으므로 전류도 실효값으로 구한다. $I = \frac{V_s}{|Z|} = \frac{40}{20} = 2\text{A}$이다.

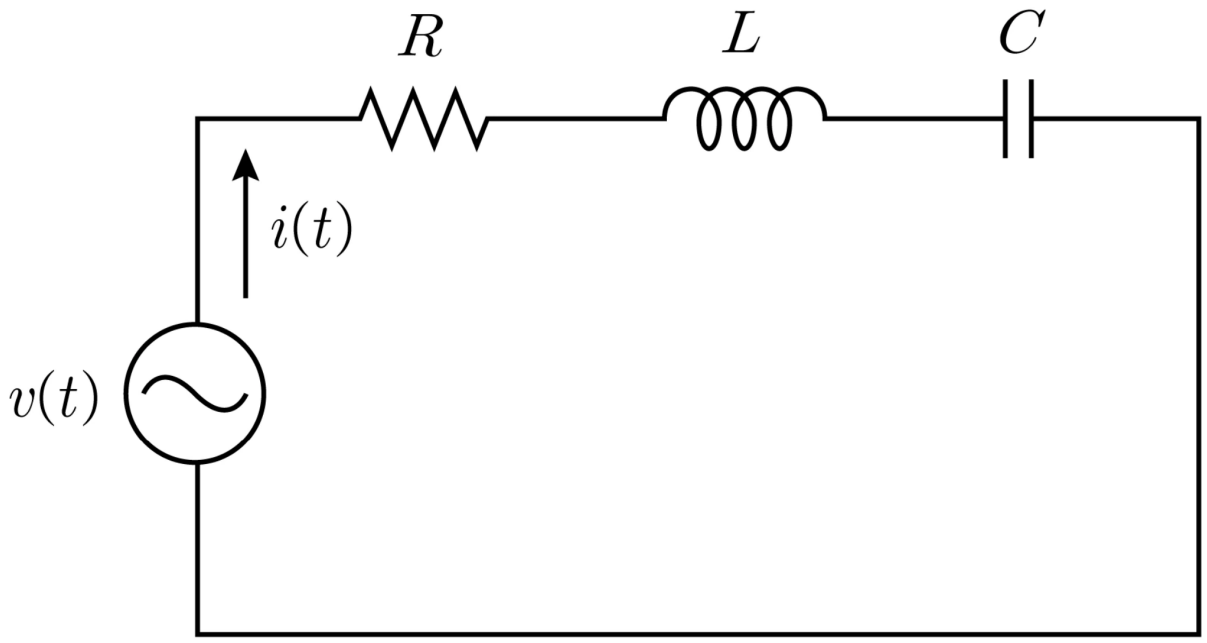
3. 역률: 전압과 전류의 위상차를 φ라 하면, R-C 직렬회로의 역률은 $\cos\varphi = \frac{R}{|Z|}$이다. 따라서 $\cos\varphi = \frac{10}{20} = 0.5$이며, 백분율로 나타내면 50%이다.

4. 유효전력: 이상적인 커패시터는 에너지를 저장하고 되돌려 주므로 한 주기 동안의 평균 소비전력은 0이다. 따라서 회로의 유효전력은 **저항에서 소비되는 전력**이며, 전류의 실효값을 사용하여 $P = I^2R$로 구한다. $P = 2^2 \cdot 10 = 40\text{W}$이다.

역률 50%, 유효전력 40 W이므로 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 그림과 같은 $R-L-C$ 직렬회로에서 교류전압 $v(t)=100\sin(\omega t)$ [V]를 인가했을 때, 주파수를 변화시켜서 얻을 수 있는 전류 $i(t)$의 최댓값[A]은? (단, 회로는 정상상태로 동작하며, $R=20$ [Ω], $L=10$ [mH], $C=20$ [μF]이다)



① 0.5

② 1

③ 5

④ 10

정답 3번

간단한 해설

직렬회로는 **공진할 때 유도성·용량성 리액턴스가 상쇄**되어 임피던스의 크기가 저항 20 Ω만큼으로 최소가 된다. 전압의 최댓값이 100 V이므로 전류의 최댓값은 $\frac{100}{20}=5$ A이다.

NoteBase

계산 과정

그림은 저항 R, 인덕터 L, 커패시터 C가 한 경로에 연결된 직렬회로이다. 정상상태에서 전류도 정현파이며, 전류 진폭을 I_m, 전압 진폭을 V_m이라 하면 $I_m = \frac{V_m}{|Z|}$이다. 주어진 전압 $v(t) = 100\sin(\omega t)$에서 100 V는 **실효값이 아니라 진폭**이므로, 구하려는 전류의 최댓값에도 이 값을 사용한다.

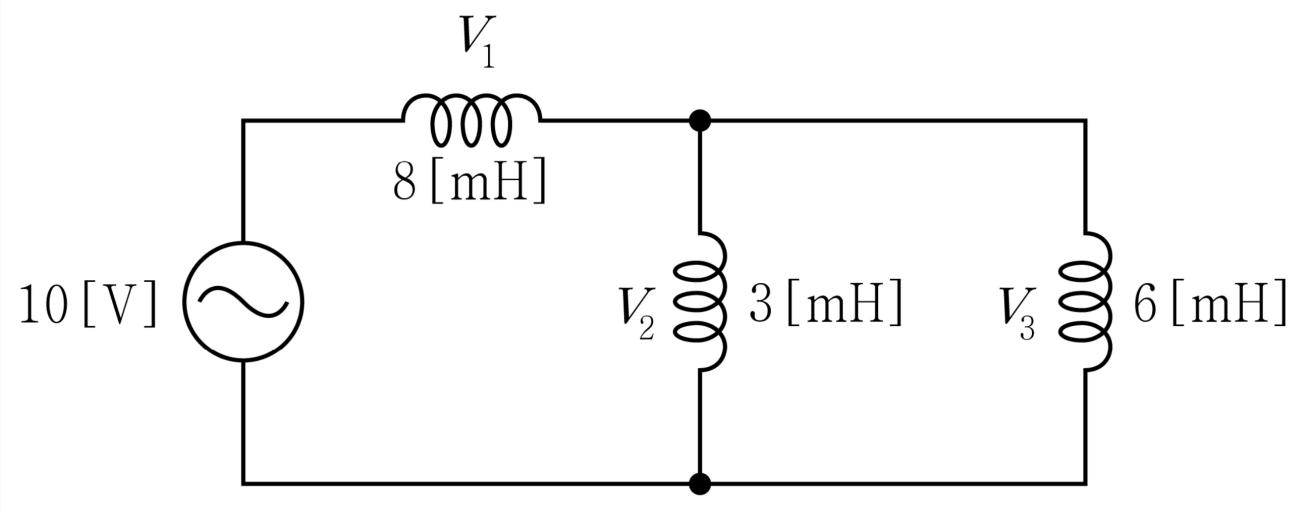
직렬회로에서 유도성 리액턴스는 ωL, 용량성 리액턴스는 $\frac{1}{\omega C}$이며, 두 성분은 부호가 반대이다. 따라서 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$ 이다. 전압 진폭이 일정하므로 임피던스의 크기가 가장 작을 때 전류 진폭이 가장 크다.

제곱항은 음수가 될 수 없으므로, **두 리액턴스가 같아지는 공진 조건** $\omega L = \frac{1}{\omega C}$에서 임피던스의 크기가 최소가 된다. 이때 $|Z|_{\min} = R = 20\Omega$이다. 주어진 L과 C는 모두 양수이므로 공진 각주파수 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$가 존재하며, 주파수를 변화시켜 이 조건에 도달할 수 있다.

따라서 얻을 수 있는 전류의 최댓값은 $I_{m,\,\max} = \frac{100}{20} = 5\text{A}$이다. 이는 ③의 5 A에 해당한다.

NoteBase

문 14. 그림의 회로에서 합성 인덕턴스 L_o [mH]와 각각의 인덕터에 인가되는 전압 V_1 [V], V_2 [V], V_3 [V]는? (단, 모든 전압은 실횻값이다)



① L_o: 4, V_1: 2, V_2: 8, V_3: 8

② L_o: 10, V_1: 4, V_2: 4, V_3: 8

③ L_o: 4, V_1: 6, V_2: 4, V_3: 8

④ L_o: 10, V_1: 8, V_2: 2, V_3: 2

정답 4번

간단한 해설

3 mH와 6 mH의 **병렬 합성값은 2 mH**이므로 전체 인덕턴스는 10 mH이다. 8 mH와 병렬 부분의 전압은 **인덕턴스에 비례하여 분배**되므로 각각 8 V와 2 V이고, 병렬인 두 인덕터에는 모두 2 V가 걸린다.

NoteBase

계산 과정

그림에서 3 mH와 6 mH는 같은 두 접점 사이에 연결된 병렬이고, 이 병렬 부분과 8 mH는 직렬이다. 상호유도가 없는 이상적인 인덕터로 계산하며, 전원 전압과 구하는 전압은 모두 실횻값이다.

병렬 부분의 합성 인덕턴스: 두 인덕터의 병렬 합성값을 L_p라 하면 역수의 합을 이용한다. 따라서 $L_p = \frac{3 \cdot 6}{3+6} = 2\text{mH}$이다. 이 2 mH는 **3 mH와 6 mH 전체를 하나로 대체한 값**이다.

전체 합성 인덕턴스: 직렬 연결에서는 인덕턴스를 더하므로 $L_o = 8 + L_p = 10\text{mH}$이다.

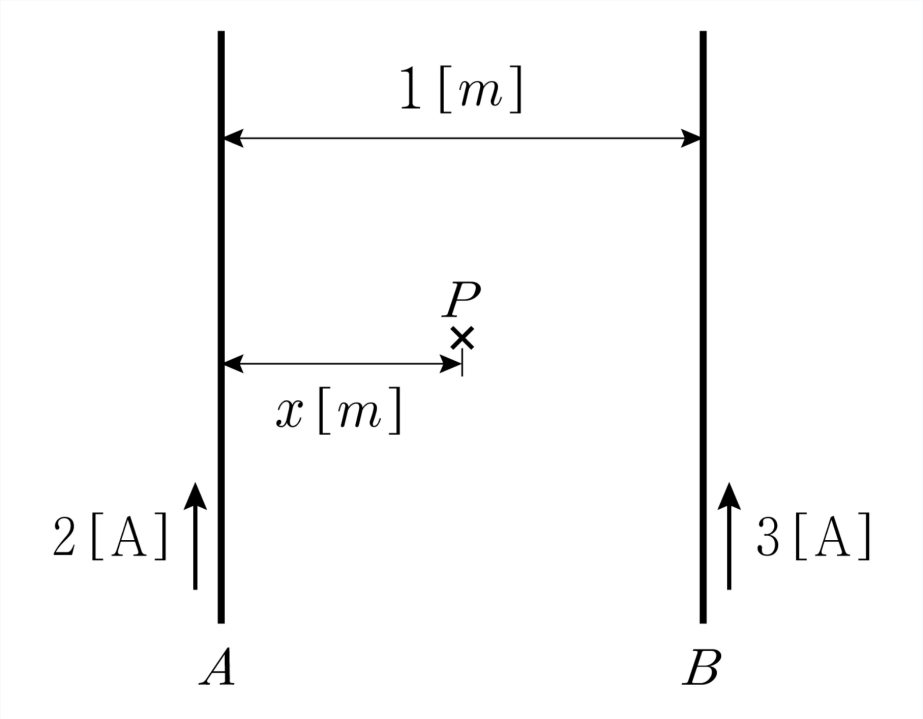
8 mH의 전압: 인덕터의 리액턴스는 $X_L = \omega L$이다. 여기서 ω는 전원의 각주파수로, 직렬 부분에 공통이므로 리액턴스의 비는 인덕턴스의 비와 같다. 또한 직렬 부분에는 같은 전류가 흐르고 두 유도성 전압의 위상이 같으므로, 10 V를 **인덕턴스의 비 8 : 2**로 나눌 수 있다. 따라서 $V_1 = 10 \cdot \frac{8}{8+2} = 8\text{V}$이다. 비율을 계산하므로 인덕턴스는 모두 같은 단위인 mH를 그대로 사용한다.

3 mH와 6 mH의 전압: 병렬 부분에 걸리는 전압은 $10 \cdot \frac{2}{8+2} = 2\text{V}$이다. 병렬 연결된 두 인덕터는 **양 끝의 접점이 같아 전압도 같다**. 따라서 $V_2 = V_3 = 2\text{V}$이다.

계산한 값은 $L_o = 10\text{mH}$, $V_1 = 8\text{V}$, $V_2 = 2\text{V}$, $V_3 = 2\text{V}$로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 진공 중에 두 무한 도체 A, B가 1 [m] 간격으로 평행하게 놓여 있고, 각 도체에 2 [A]와 3 [A]의 전류가 흐르고 있다. 합성 자계가 0이 되는 지점 P와 도체 A까지의 거리 x [m]는?



① 0.3

② 0.4

③ 0.5

④ 0.6

정답 2번

간단한 해설

두 전류가 같은 방향으로 흐르므로 도체 사이에서는 두 자계가 **서로 반대 방향**이다. 자계의 크기가 같아지는 조건 $\frac{2}{x} = \frac{3}{1-x}$을 풀면 도체 A로부터의 거리는 0.4 m이다.

NoteBase

계산 과정

1. 자계 방향과 거리: 그림에서 A의 2 A와 B의 3 A 전류는 모두 위쪽으로 흐른다. 오른손 엄지를 전류 방향으로 두면 나머지 손가락이 감기는 방향이 자계 방향이다. 두 도체 사이의 P에서 A가 만드는 자계는 지면 안쪽, B가 만드는 자계는 지면 바깥쪽을 향한다. 따라서 **두 자계의 크기가 같으면** 합성 자계가 0이 된다. 도체 간격이 1 m이므로 P에서 A까지의 거리는 x m, B까지의 거리는 $1 - x$ m이다.

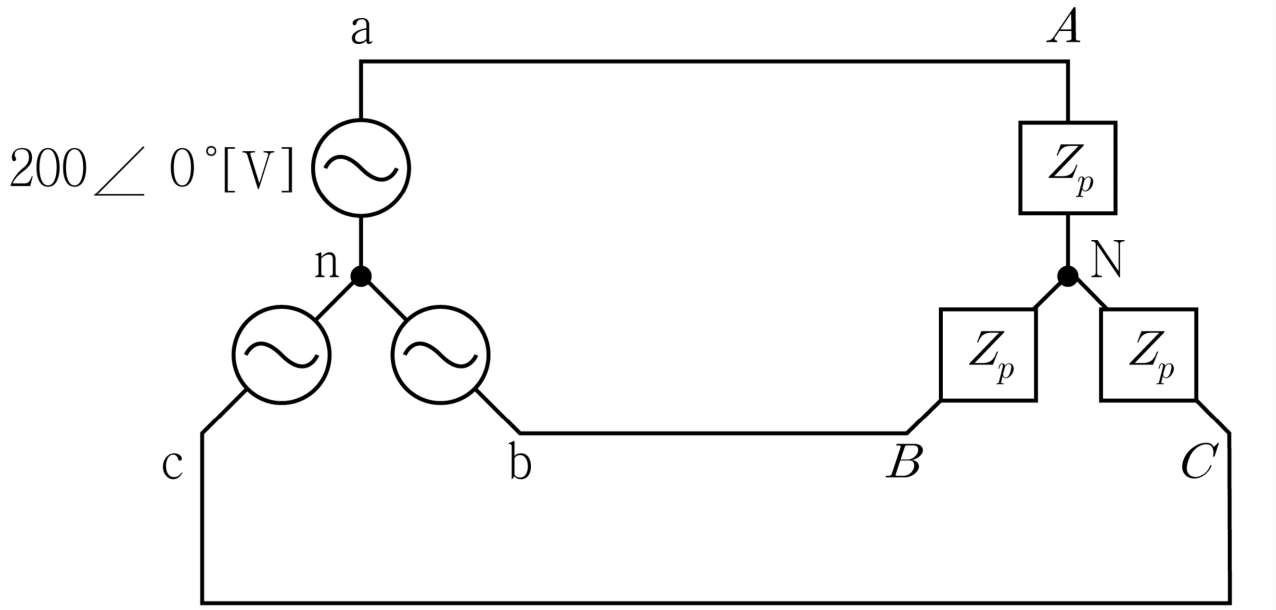
2. 자계의 크기: 무한 직선 도체에서는 도체를 중심으로 같은 거리에 있는 점들의 자계 크기가 같다. 암페어 법칙 $H \cdot 2\pi r = I$에 따라 $H = \frac{I}{2\pi r}$이다. 여기서 I는 전류(A), r은 도체로부터의 거리(m), H는 자계의 세기(A/m)이다. 즉, 자계는 **전류에 비례하고 거리에 반비례**한다.

3. 상쇄 조건 계산: P에서 두 자계의 크기를 같게 놓으면 $\frac{2}{2\pi x} = \frac{3}{2\pi(1-x)}$이다. 공통 인자를 없애면 $\frac{2}{x} = \frac{3}{1-x}$이고, 양변에 $x(1-x)$를 곱하면 $2(1-x) = 3x$이다. 이를 정리하면 $2 = 5x$이므로 $x = \frac{2}{5} = 0.4$이다.

4. 결과 확인: P는 A에서 0.4 m, B에서 0.6 m 떨어져 있다. 전류가 작은 A에 더 가까워야 두 자계의 크기가 같아진다는 관계에도 맞는다. 구하는 거리는 0.4 m로, ②의 0.4에 해당한다.

NoteBase

문 16. 그림의 Y-Y 결선 평형 3상 회로에서 각 상의 공급전력은 100 [W]이고, 역률이 0.5 뒤질(lagging PF) 때 부하 임피던스 Z_p [Ω]는?



① $200\angle 60^\circ$

② $200\angle -60^\circ$

③ $200\sqrt{3}\angle 60^\circ$

④ $200\sqrt{3}\angle -60^\circ$

정답 1번

간단한 해설

그림의 200 V는 **상전압**이므로 각 상의 유효전력 100 W와 역률 0.5를 적용하면 상전류는 1 A, 임피던스의 크기는 200 Ω이다. **뒤진 역률**은 전류가 전압보다 늦는다는 뜻이므로 임피던스의 위상각은 +60°이며,
$Z_p = 200\angle 60^\circ\,\Omega$이다.

NoteBase

계산 과정

상전압 확인: 그림의 $200\angle 0^\circ$ V는 a상과 중성점 n 사이의 전압이다. 평형 Y-Y 회로에서는 두 중성점 n과 N 사이에 전위차가 없으므로 부하 한 상에 걸리는 전압의 실효값도 200 V이다. 주어진 값이 **선간전압이 아닌 상전압**이므로 이를 $\sqrt{3}$으로 나누지 않는다.

상전류 계산: 한 상의 유효전력은 $P_p = V_p I_p \cos\varphi$이다. 여기서 V_p와 I_p는 상전압과 상전류의 실효값이고, φ는 두 값의 위상차이다. 전력이 **각 상에 대해 100 W**로 주어졌으므로 $I_p = \frac{100}{200 \cdot 0.5} = 1\text{A}$이다. 이 1 A가 부하 임피던스 하나에 흐르는 전류이다.

위상각 결정: $\cos\varphi = 0.5$이므로 전압과 전류의 위상차는 60°이다. 뒤진 역률은 **전류가 전압보다 60° 늦는다**는 뜻이다. 임피던스는 전압 페이저를 전류 페이저로 나눈 값이므로 그 위상각은 전압 위상에서 전류 위상을 뺀 +60°이다.

부하 임피던스 계산: 전압과 전류의 실효값 비로 임피던스의 크기를 구하면 $|Z_p| = \frac{V_p}{I_p} = \frac{200}{1} = 200\Omega$이다. 따라서 $Z_p = 200\angle 60^\circ\,\Omega$이며, ①에 해당한다.

NoteBase

문 17. 임의의 철심에 코일 2,000회를 감았더니 인덕턴스가 4 [H]로 측정되었다. 인덕턴스를 1 [H]로 감소시키려면 기존에 감겨 있던 코일에서 제거할 횟수는? (단, 자기포화 및 누설자속은 무시한다)

① 250

② 500

③ 1,000

④ 1,500

정답 3번

간단한 해설

같은 철심에서 자기포화와 누설자속을 무시하면 인덕턴스는 **코일 감은 횟수의 제곱에 비례**한다. 인덕턴스를 4 H에서 1 H로 줄이려면 감은 횟수를 절반으로 줄여야 하므로, 기존 2,000회 중 1,000회를 제거한다.

계산 과정

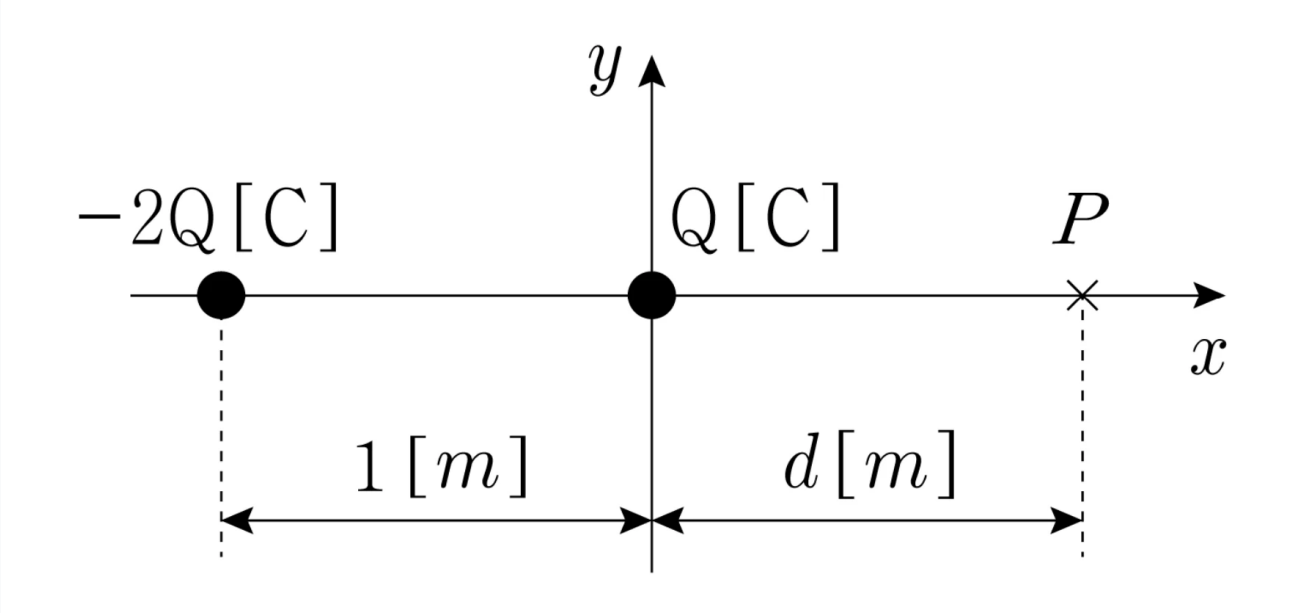
기존 감은 횟수를 $N_1 = 2{,}000$, 기존 인덕턴스를 $L_1 = 4\text{H}$, 변경 후 인덕턴스를 $L_2 = 1\text{H}$라 한다. 같은 철심에서 자기포화와 누설자속을 무시하면 철심의 자기저항 $\mathcal{R}$은 일정하게 취급한다. 전류가 만드는 자속이 감은 횟수에 비례하고, 코일에 쇄교하는 자속의 합은 여기에 감은 횟수를 다시 곱한 값이므로 $L = \frac{N^2}{\mathcal{R}}$이다. 따라서 **인덕턴스는 감은 횟수의 제곱에 비례**한다.

변경 후 남겨 둘 감은 횟수를 N_2라 하면 $\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$이다. 주어진 값을 대입하면 $\frac{1}{4} = \left(\frac{N_2}{2{,}000}\right)^2$이므로 $N_2 = 2{,}000\sqrt{\frac{1}{4}} = 1{,}000$회이다. 이 값은 제거할 횟수가 아니라 **남겨 둘 횟수**이다.

제거할 횟수는 기존 횟수에서 남겨 둘 횟수를 뺀 2,000 − 1,000 = 1,000회이다. 이는 ③의 1,000에 해당한다.

NoteBase

문 18. 다음 그림에서 $-2Q[C]$과 $Q[C]$의 두 전하가 $1[m]$ 간격으로 x축상에 배치되어 있다. 전계가 0이 되는 x축상의 지점 P까지의 거리 $d[m]$에 가장 가까운 값은?



① 0.1

② 0.24

③ 1

④ 2.4

정답 4번

간단한 해설

P에서는 두 전계의 **방향이 반대이고 크기가 같아야** 한다. Q에서 P까지는 d m, −2Q에서 P까지는 (d + 1) m이므로 거리의 제곱에 반비례하는 전계식을 적용하면 $d = 1 + \sqrt{2} \approx 2.414$ m이다.

NoteBase

계산 과정

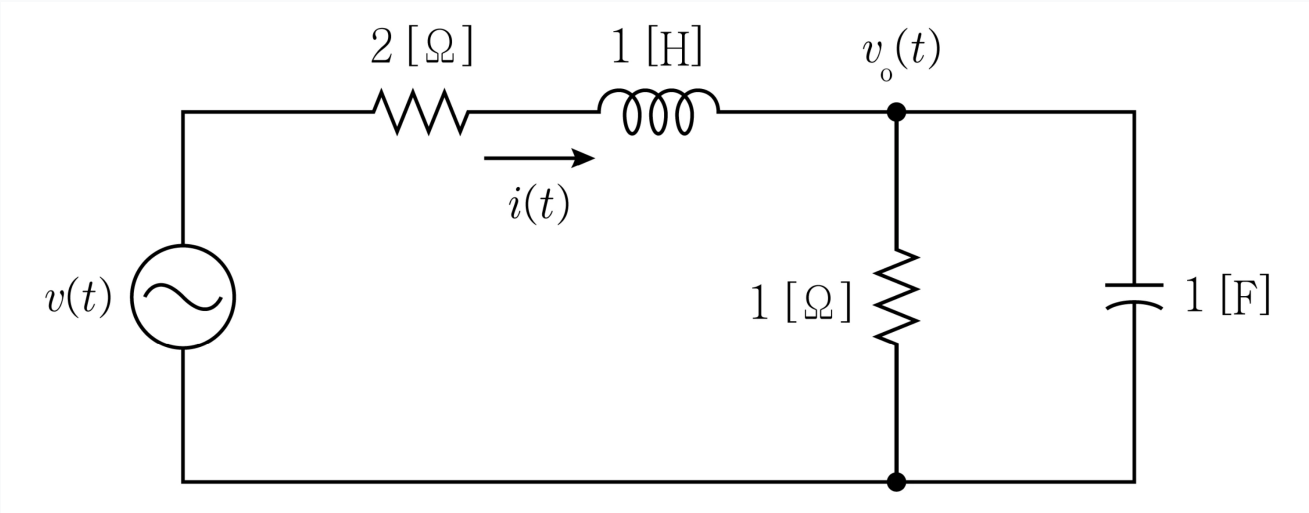
1. 거리와 전계 방향: 그림에서 P는 Q의 오른쪽에 있으며, d는 **Q에서 P까지의 거리**이다. 따라서 −2Q에서 P까지의 거리는 (d + 1) m이다. 양전하 Q가 P에 만드는 전계는 오른쪽, 음전하 −2Q가 만드는 전계는 음전하를 향하는 왼쪽이므로 서로 상쇄될 수 있다.

2. 전계가 0인 조건: 점전하가 만드는 전계의 크기는 $E = k\frac{|q|}{r^2}$이다. 여기서 k는 쿨롱 상수, q는 전하량, r은 전하에서 관측점까지의 거리이다. 두 전계의 방향이 반대이므로 **크기를 같게** 놓으면 $\frac{kQ}{d^2} = \frac{2kQ}{(d+1)^2}$이다. 공통 인자 kQ를 약분하면 $(d+1)^2 = 2d^2$를 얻는다.

3. d 계산: 두 거리는 양수이므로 $d + 1 = \sqrt{2}\,d$이다. 이는 −2Q에서 P까지의 거리가 Q에서 P까지의 거리의 $\sqrt{2}$ 배여야 전계의 크기가 같아진다는 뜻이다. 따라서 $d = \frac{1}{\sqrt{2}-1} = 1 + \sqrt{2} \approx 2.414$ m이고, 가장 가까운 값은 ④의 2.4 m이다.

NoteBase

문 19. 그림의 회로에서 전압 $v_o(t)$에 대한 미분방정식 표현으로 옳은 것은?



① $\frac{d^2v_o(t)}{dt^2} + \frac{1}{3}\frac{dv_o(t)}{dt} + \frac{1}{3}v_o(t) = v(t)$
② $\frac{d^2v_o(t)}{dt^2} + \frac{1}{3}\frac{dv_o(t)}{dt} + 3v_o(t) = v(t)$
③ $\frac{d^2v_o(t)}{dt^2} + 3\frac{dv_o(t)}{dt} + \frac{1}{3}v_o(t) = v(t)$
④ $\frac{d^2v_o(t)}{dt^2} + 3\frac{dv_o(t)}{dt} + 3v_o(t) = v(t)$

정답 4번

간단한 해설

출력 노드로 들어온 전류는 **저항 전류와 커패시터 전류의 합**이다. 이를 직렬 저항과 인덕터의 전압식에 대입하면 $\frac{d^2v_o(t)}{dt^2} + 3\frac{dv_o(t)}{dt} + 3v_o(t) = v(t)$가 된다.

NoteBase

계산 과정

회로의 아래쪽 도선을 기준 전위로 잡으면 출력 전압 $v_o(t)$는 병렬로 연결된 1 Ω 저항과 1 F 커패시터에 공통으로 걸리는 전압이다. 2 Ω 저항과 1 H 인덕터에는 그림의 오른쪽 방향으로 같은 전류 $i(t)$가 흐른다.

출력 노드에 키르히호프 전류법칙을 적용한다. 저항과 커패시터의 전류를 위에서 아래로 잡으면 각각 $\frac{v_o(t)}{1}$, $1 \cdot \frac{dv_o(t)}{dt}$이므로, $i(t) = v_o(t) + \frac{dv_o(t)}{dt}$이다. 즉, 직렬부 전류는 **병렬 두 가지로 나뉘는 전류의 합**이다.

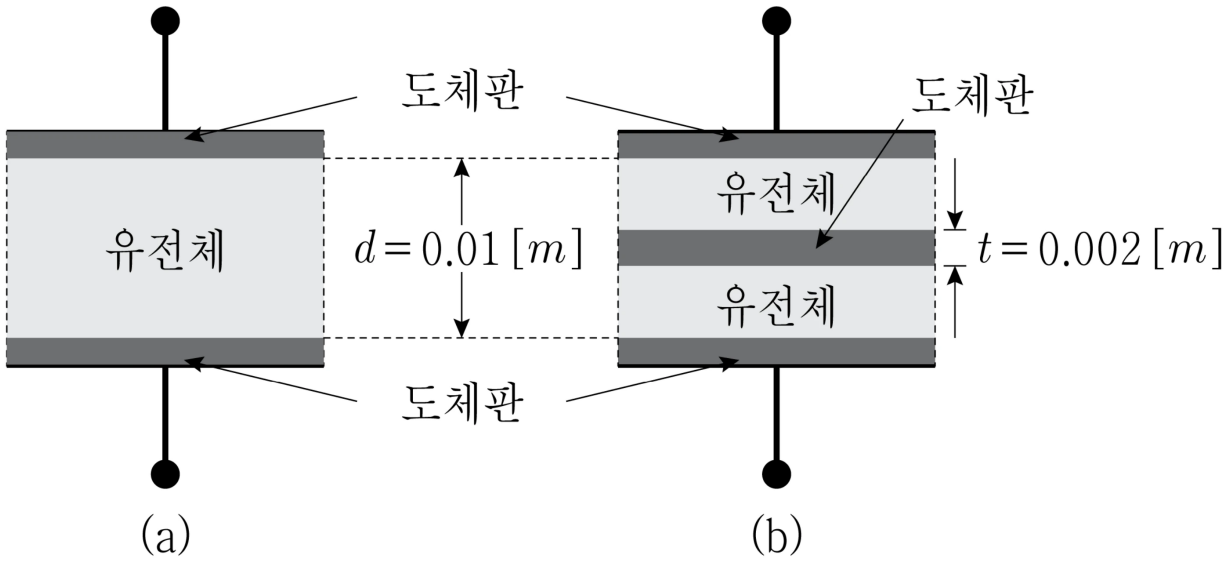
입력에서 출력까지 키르히호프 전압법칙을 적용하면 입력 전압은 2 Ω 저항의 전압 강하, 1 H 인덕터의 전압 강하, 출력 전압의 합이다. 저항에는 옴의 법칙을, 인덕터에는 $v_L(t) = L\frac{di(t)}{dt}$를 적용하므로 $v(t) = 2i(t) + \frac{di(t)}{dt} + v_o(t)$이다.

앞서 구한 전류식을 미분하면 $\frac{di(t)}{dt} = \frac{dv_o(t)}{dt} + \frac{d^2v_o(t)}{dt^2}$이다. 전압식에 전류와 그 미분을 대입하면, 출력 전압 항의 계수는 2 + 1 = 3이고 1차 미분 항의 계수도 2 + 1 = 3이다. 커패시터 전류를 다시 미분하는 인덕터 전압 항에서 2차 미분 항이 생긴다.

따라서 구하는 미분방정식은 $\frac{d^2v_o(t)}{dt^2} + 3\frac{dv_o(t)}{dt} + 3v_o(t) = v(t)$이며, ④의 식과 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림 (a)는 도체판의 면적 S = 0.1 [m^2], 도체판 사이의 거리 d = 0.01 [m], 유전체의 비유전율 ε□ = 2.5인 평행판 커패시터이다. 여기에 그림 (b)와 같이 두 도체판 사이의 거리 d = 0.01 [m]를 유지하면서 두께 t = 0.002 [m], 면적 S = 0.1 [m^2]인 도체판을 삽입했을 때, 커패시턴스 변화에 대한 설명으로 옳은 것은?



① (b)는 (a)에 비해 커패시턴스가 25% 증가한다.

② (b)는 (a)에 비해 커패시턴스가 20% 증가한다.

③ (b)는 (a)에 비해 커패시턴스가 25% 감소한다.

④ (b)는 (a)에 비해 커패시턴스가 20% 감소한다.

정답 1번

간단한 해설

삽입한 도체판 내부에는 전기장이 없어 전위차가 생기지 않으므로, 전위차가 걸리는 **유전체의 총 두께**는 0.01 − 0.002 = 0.008 m가 된다. 커패시턴스는 이 두께에 반비례하므로 원래의 1.25배, 즉 **25% 증가**한다.

NoteBase

계산 과정

삽입 전 (a)의 커패시턴스: 평행판의 가장자리 효과를 무시하면 $C_a = \frac{\varepsilon S}{d}$이다. 여기서 $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r = 2.5\varepsilon_0$는 유전체의 유전율이고, S = 0.1 m^2는 도체판의 면적, d = 0.01 m는 두 도체판 사이의 거리이다.

삽입 후 (b)의 유효 두께: 정전 상태에서 **도체 내부의 전기장은 0**이므로 삽입한 도체판의 두께 t = 0.002 m에 걸리는 전위차도 0이다. 따라서 전위차는 도체판 위아래의 유전체에만 걸린다. 두 유전체는 같은 유전율과 면적을 가지므로, 그 두께의 합인 $d - t$를 사용하여 $C_b = \frac{\varepsilon S}{d - t}$로 계산한다. 이때 유전체의 총 두께는 0.01 − 0.002 = 0.008 m이다.

커패시턴스의 비: 삽입 전후에 유전율과 면적이 같으므로 비를 구하면 두 값이 소거된다. $\frac{C_b}{C_a} = \frac{d}{d - t}$에 주어진 길이를 대입하면 $\frac{0.01}{0.008} = 1.25$이다. 즉, (b)의 커패시턴스는 (a)의 1.25배이다.

증가율: **삽입 전 커패시턴스를 기준**으로 증가한 양의 비율을 구한다.
$\frac{C_b - C_a}{C_a} \times 100\% = (1.25 - 1) \times 100\% = 25\%$이므로, (b)는 (a)에 비해 커패시턴스가 25% 증가한다는 ①과 일치한다.

NoteBase