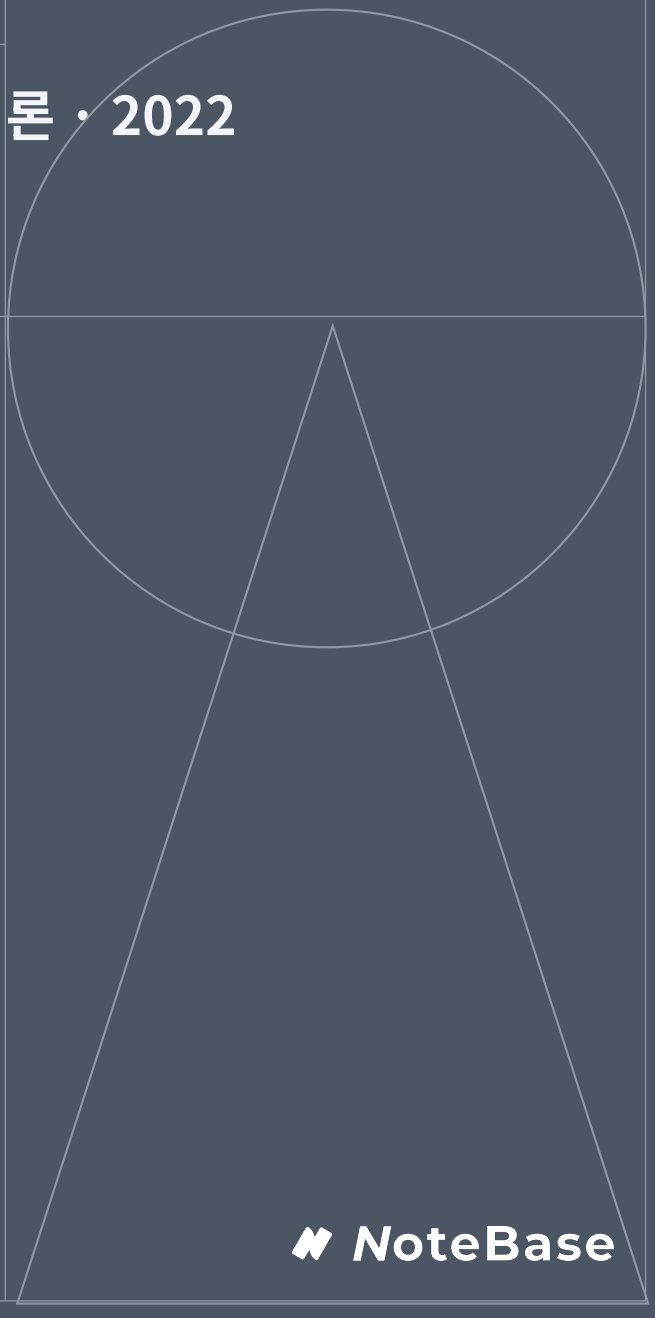
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2022

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2022

문 1. 중첩의 원리를 이용한 회로해석 방법에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 중첩의 원리는 선형 소자에서는 적용이 불가능하다.
ㄴ. 중첩의 원리는 키르히호프의 법칙을 기본으로 적용한다.
ㄷ. 전압원은 단락, 전류원은 개방 상태에서 해석해야 한다.
ㄹ. 다수의 전원에 의한 전류는 각각 단독으로 존재했을 때 흐르는 전류의 합과 같다.

① ㄱ, ㄴ, ㄷ
② ㄱ, ㄴ, ㄹ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

간단한 해설

중첩의 원리는 **선형 회로**에서 각 전원이 따로 만드는 전류나 전압을 합하여 전체 응답을 구하는 방법이다. 한 독립 전원의 영향을 구할 때는 **나머지 독립 전원**의 값을 0으로 두므로, 이상적인 전압원은 단락하고 이상적인 전류원은 개방한다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. X: 중첩의 원리는 **선형 소자로 이루어진 회로에 적용**한다. 선형 회로에서는 입력을 일정 배수로 바꾸면 응답도 같은 배수로 바뀌고, 여러 입력에 대한 응답은 각 입력에 대한 응답의 합이 된다. 따라서 '선형 소자에서는 적용이 불가능하다'는 설명은 적용 조건을 반대로 서술한 것이다.

ㄴ. O: 각 전원이 만드는 전류와 전압은 **키르히호프의 전류법칙과 전압법칙**을 바탕으로 구한다. 전류법칙은 접점에 들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합이 같다는 관계이고, 전압법칙은 폐회로를 한 바퀴 돌 때 전압의 대수합이 0이라는 관계이다. 선형 소자의 전압·전류 관계를 함께 적용하면 선형 회로방정식이 얻어지므로, 전원별 해를 더하여 전체 해를 구할 수 있다.

ㄷ. O: 한 독립 전원만 작용시키고 **나머지 독립 전원의 값을 0**으로 두어 해석한다. 이상적인 전압원은 전압이 0이면 양 단자를 도선으로 연결한 단락과 같고, 이상적인 전류원은 전류가 0이면 전류가 흐르지 않는 개방과 같다. 현재 작용시키는 전원까지 제거하는 것은 아니며, 종속 전원이 있으면 제거하지 않고 그대로 둔다.

ㄹ. O: 같은 가지의 전류는 각 독립 전원이 단독으로 작용할 때 생기는 전류를 **기준 방향에 따른 부호를 포함하여 합한 값**이다. 전원별로 계산한 전류의 방향이 기준 방향과 같으면 양수, 반대이면 음수로 더한다. 따라서 전류의 크기만 무조건 더하는 것이 아니라 대수합을 구한다.

옳은 보기는 ㄴ, ㄷ, ㄹ이므로 이 조합은 ④에 해당한다.

NoteBase

문 2. 정전용량이 1 [μF]과 2 [μF]인 두 개의 커패시터를 직렬로 연결한 회로 양단에 150 [V]의 전압을 인가했을 때, 1 [μF] 커패시터의 전압[V]은?

① 30

② 50

③ 100

④ 150

정답 3번

간단한 해설

직렬로 연결한 커패시터는 저장되는 전하량의 크기가 같아 전압이 **정전용량에 반비례**한다. 따라서 1 μF 커패시터에는 2 μF 커패시터보다 2배 큰 전압이 걸리며, 전체 150 V 중 100 V가 걸린다.

계산 과정

1 μF와 2 μF 커패시터에 걸리는 전압을 각각 V_1, V_2라 하자. 초기 전하가 없는 이상적인 커패시터를 가정하면, 직렬 연결에서는 두 커패시터에 저장되는 **전하량의 크기가 같다**. 전하량을 Q, 정전용량을 C, 전압을 V라 할 때 $V = \frac{Q}{C}$이므로 정전용량이 작을수록 전압이 커진다.

전압비는 $\frac{V_1}{V_2} = \frac{2}{1} = 2$이므로 $V_1 = 2V_2$이다. 또한 **각 커패시터 전압의 합이 인가 전압**이므로 $V_1 + V_2 = 150\text{V}$이다.

이를 대입하면 $3V_2 = 150\text{V}$이므로 $V_2 = 50\text{V}$이다. 이 값은 2 μF 커패시터에 걸리는 전압이다. 구하는 1 μF 커패시터의 전압은 $V_1 = 2 \cdot 50 = 100\text{V}$로, ③의 100 V에 해당한다.

NoteBase

문 3. 저항 30 [Ω]과 유도성 리액턴스 40 [Ω]을 병렬로 연결한 회로 양단에 120 [V]의 교류 전압을 인가했을 때, 회로의 역률은?

① 0.2

② 0.4

③ 0.6

④ 0.8

정답 4번

간단한 해설

전체 전류 5 A 중 전압과 동상인 저항 전류가 4 A이므로, **동상 전류가 차지하는 비율**인 역률은 $\frac{4}{5} = 0.8$이다.

계산 과정

분기 전류: **병렬회로의 각 분기에는 같은 전압** 120 V가 걸린다. 저항 30 Ω에 흐르는 전류의 크기는 $I_R = \frac{120}{30} = 4\text{A}$이고, 유도성 리액턴스 40 Ω에 흐르는 전류의 크기는 $I_L = \frac{120}{40} = 3\text{A}$이다.

전체 전류: 저항 전류는 전압과 동상이고, 순수한 유도성 리액턴스의 전류는 전압보다 90° 늦다. 따라서 두 전류는 **크기를 단순히 더하지 않고 위상차를 반영해 합성**한다. 두 전류가 직각을 이루므로 전체 전류의 크기는 $I = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\text{A}$이다.

역률: 전압과 전체 전류의 위상차를 ϕ라 하면 역률은 $\cos\phi$이다. 전류를 합성한 직각삼각형에서 저항 전류는 전압과 동상인 성분이므로, $\cos\phi = \frac{I_R}{I} = \frac{4}{5} = 0.8$이다. 역률은 단위가 없는 값이며, 계산값 0.8은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 4. 3상 모터가 선전압이 220 [V]이고 선전류가 10 [A]일 때, 3.3 [kW]를 소모하기 위한 모터의 역률은? (단, 3상 모터는 평형 Y-결선 부하이다)

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

정답 4번

간단한 해설

평형 3상 부하의 피상전력은 $S = \sqrt{3} V_L I_L$이고, 역률은 **유효전력을 피상전력으로 나눈 값**이다. 주어진 값으로 계산하면 역률은 $\frac{\sqrt{3}}{2}$(약 0.866)이다.

계산 과정

주어진 조건: 선전압은 $V_L = 220\text{V}$, 선전류는 $I_L = 10\text{A}$이고, 모터가 소비하는 전체 유효전력은 P = 3.3 kW = 3300 W이다. 구할 값은 역률 $\cos\varphi$이며, ϕ는 각 상의 전압과 전류 사이의 위상차이다.

3상 전력식: 평형 부하에서는 세 상의 유효전력이 같으므로 전체 유효전력은 $P = 3V_p I_p \cos\varphi$이다. 여기서 V_p와 I_p는 각각 상전압과 상전류의 실효값이다. Y-결선에서는 **상전압이 선전압을 √3으로 나눈 값**이고, 상전류는 선전류와 같다. 따라서 $V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$, $I_p = I_L$을 대입하면 $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\varphi$가 된다.

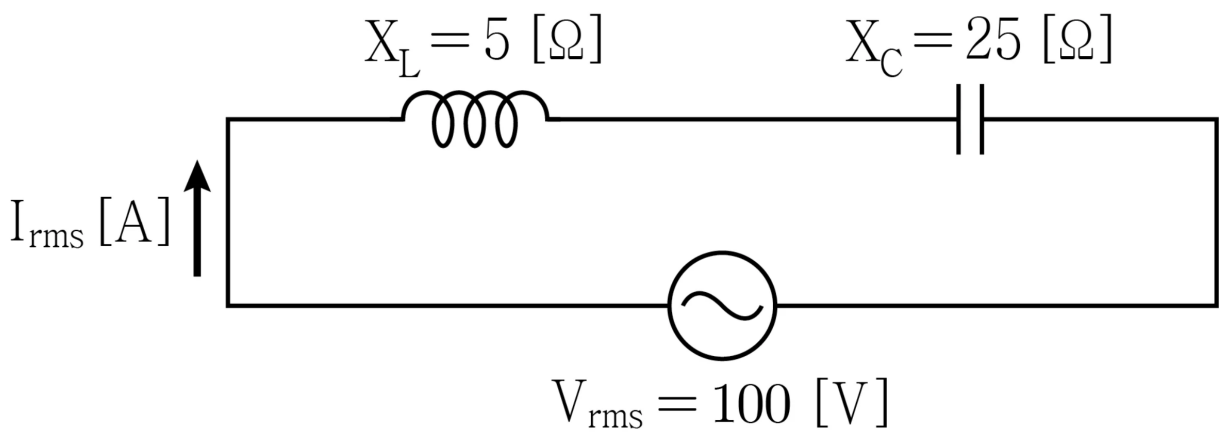
피상전력 계산: 전체 피상전력은 $S = \sqrt{3} V_L I_L$이다. 따라서 $S = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10 = 2200\sqrt{3}\text{VA}$이다. 이 값은 **전압과 전류로 정해지는 전체 피상전력**이며, 실제 소비되는 유효전력 P는 여기에 역률을 곱한 값이다.

역률 계산: $P = S\cos\varphi$에서 $\cos\varphi = \frac{P}{S}$이다. 값을 대입하면 $\cos\varphi = \frac{3300}{2200\sqrt{3}}$이고, 이를 정리하면 $\cos\varphi = \frac{3}{2\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$이다. 역률은 전력끼리의 비이므로 단위가 없으며, 약 0.866 또는 86.6 %이다.

계산된 역률 $\frac{\sqrt{3}}{2}$는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 그림의 L-C 직렬회로에서 전류 I_{rms}의 크기[A]는?



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 1번

간단한 해설

L-C 직렬회로에서는 유도성·용량성 리액턴스가 서로 반대 방향으로 작용하므로 **두 리액턴스의 차의 크기**가 전체 임피던스의 크기이다. 이 값은 20 Ω이므로 100 V를 가했을 때 전류의 실효값은 5 A이다.

계산 과정

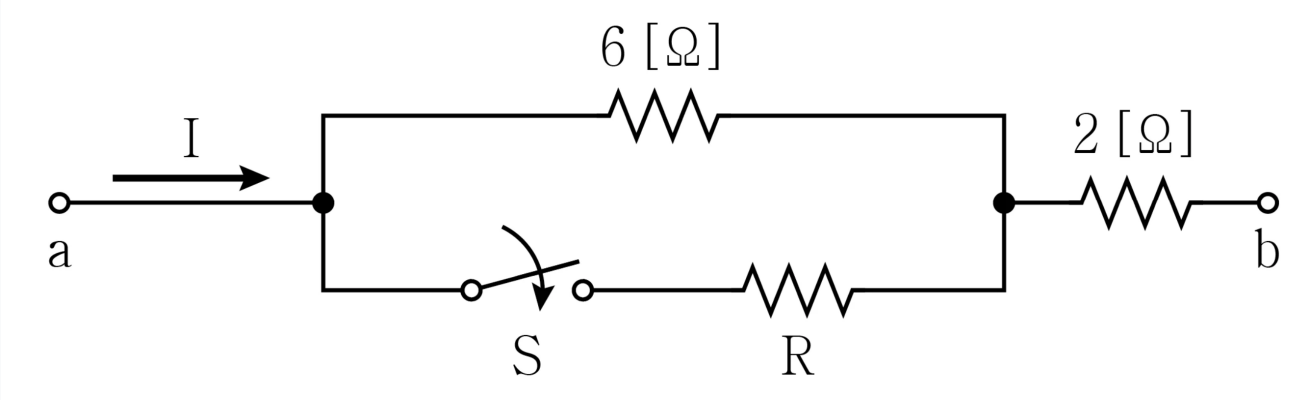
그림에서 전원 전압의 실효값은 $V_{rms} = 100$V, 유도성 리액턴스는 $X_L = 5\Omega$, 용량성 리액턴스는 $X_C = 25\Omega$이다. 저항이 없는 L-C 직렬회로이며, 두 소자에는 같은 전류가 흐른다.

인덕터의 전압은 전류보다 위상이 90° 앞서고, 커패시터의 전압은 전류보다 90° 뒤진다. 따라서 두 소자의 전압은 서로 반대 위상이므로, 전체 임피던스의 크기는 리액턴스를 더하지 않고 **차의 절댓값**으로 구한다.
$|Z| = |X_L - X_C| = |5 - 25| = 20\Omega$이다. 용량성 리액턴스가 더 커서 회로 전체는 용량성을 띠지만, 전류의 크기를 구할 때는 양수인 20 Ω을 사용한다.

교류의 실효값 사이에도 옴의 법칙이 성립하므로 $I_{rms} = \frac{V_{rms}}{|Z|}$이다. 값을 대입하면 $I_{rms} = \frac{100}{20} = 5$A이다. 전압이 이미 실효값으로 주어졌으므로 **최댓값과 실효값 사이의 변환은 필요 없다**. 구한 5 A는 ①의 값에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림의 회로에서 전압 E [V]를 a-b 양단에 인가하고, 스위치 S를 닫았을 때의 전류 I [A]가 닫기 전 전류의 2배가 되었다면 저항 R [Ω]은?



① 1

② 3

③ 6

④ 12

정답 2번

간단한 해설

인가 전압이 일정하므로 전류가 2배가 되려면 **회로 전체의 합성저항이 절반**이 되어야 한다. 스위치를 닫은 뒤 6 Ω과 R의 병렬 합성저항은 2 Ω이므로, R은 3 Ω이다.

계산 과정

스위치를 열었을 때: R이 있는 아래쪽 가지에는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 6 Ω과 2 Ω이 직렬로 연결되며, 전체 합성저항을 R_o라 하면 $R_o = 6 + 2 = 8\Omega$이다.

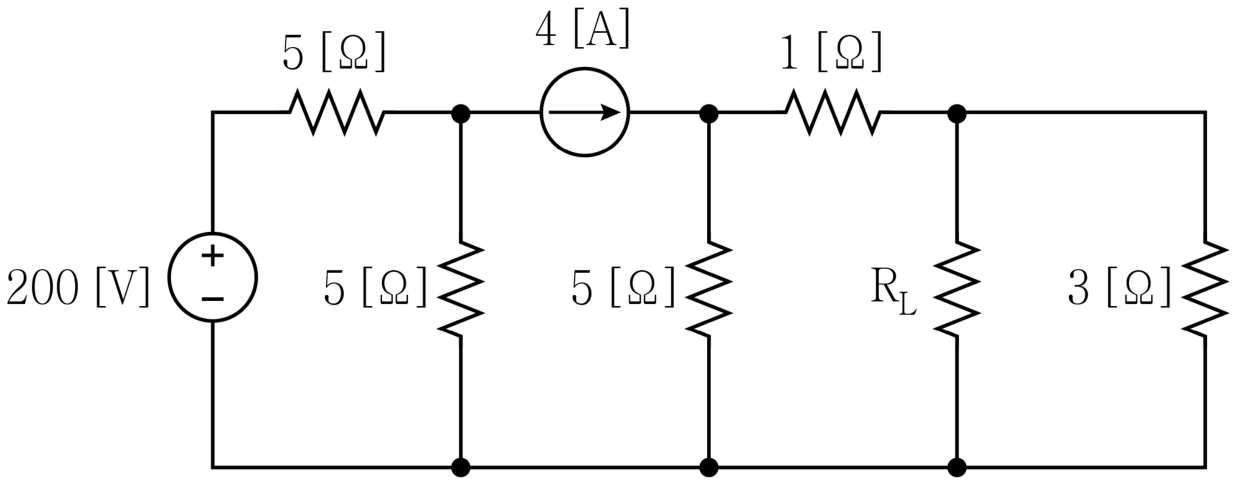
전류가 2배가 되는 조건: a-b 양단의 전압 E가 일정하므로 옴의 법칙에 따라 전체 전류는 합성저항에 반비례한다. 따라서 스위치를 닫은 뒤의 전체 합성저항 R_c는 **닫기 전의 절반**인 $R_c = \frac{R_o}{2} = 4\Omega$이다.

스위치를 닫았을 때: 6 Ω과 R은 같은 두 접점 사이에 연결되므로 병렬이다. 이 병렬 부분과 2 Ω은 직렬이므로, 병렬 합성저항 R_p는 $R_p = 4 - 2 = 2\Omega$이어야 한다. 병렬저항은 각 저항의 역수 합으로 구하므로 $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{6} + \frac{1}{R}$이다. 여기서 각 저항의 수치는 Ω 단위로 나타낸다.

R 계산: $R_p = 2$를 대입하면 $\frac{1}{R} = \frac{1}{2} - \frac{1}{6} = \frac{1}{3}$이므로 R은 3 Ω이다. 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 그림의 회로에서 저항 R_L이 변화함에 따라 저항 3 [Ω]에 전달되는 전력에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 저항 R_L = 3 [Ω]일 때 저항 3 [Ω]에 최대전력이 전달된다.

② 저항 R_L = 6 [Ω]일 때 저항 3 [Ω]에 최대전력이 전달된다.

③ 저항 R_L의 값이 클수록 저항 3 [Ω]에 전달되는 전력이 커진다.

④ 저항 R_L의 값이 작을수록 저항 3 [Ω]에 전달되는 전력이 커진다.

정답 3번

간단한 해설

R_L은 3 Ω 저항과 병렬이므로, 그 값이 커지면 병렬 합성저항과 두 저항의 공통 전압이 높아진다. 저항이 고정된 3 Ω의 전력은 **양단 전압의 제곱에 비례**하므로 함께 증가한다.

NoteBase

선지별 해설

그림에서 R_L과 3 Ω은 병렬로 연결되어 양단 전압 V가 같다. 두 병렬저항을 떼어 내면 1 Ω에는 전류가 흐르지 않고, 4 A가 전류원 오른쪽의 5 Ω으로 흘러 개방전압은 $4 \times 5 = 20$ V가 된다. 독립 전원을 제거할 때 전류원을 개방하면 이 단자에서 본 저항은 $1 + 5 = 6$ Ω이다. 따라서 전원측은 20 V 전압원과 6 Ω의 직렬회로로 바꿀 수 있다. 병렬 합성저항을 R_p라 하면 $R_p = \frac{3\Omega \cdot R_L}{3\Omega + R_L}$이고, 전압분배에 따라 $V = 20\text{V} \cdot \frac{R_p}{6\Omega + R_p}$이다. 3 Ω에서 소비되는 전력은 $P_3 = \frac{V^2}{3\Omega}$이다.

① X: R_L이 3 Ω일 때 두 병렬저항의 값은 같지만, 이것이 **고정된 3 Ω 저항의 전력 최대 조건은 아니다**. R_L을 3 Ω보다 더 키우면 병렬 합성저항과 공통 전압이 높아져 3 Ω의 전력이 더 커진다.

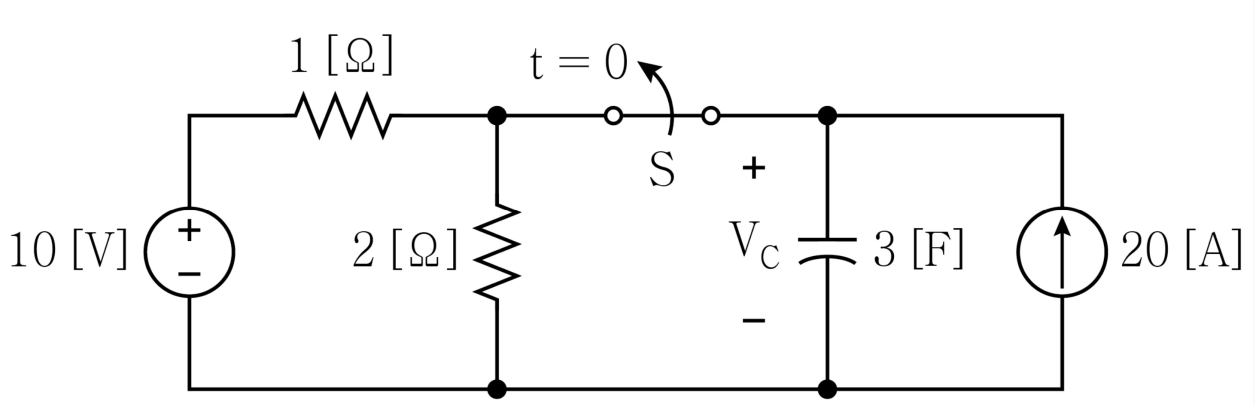
② X: R_L이 6 Ω일 때도 그 값을 더 키우면 병렬 합성저항과 공통 전압이 증가한다. 따라서 유한한 6 Ω에서 최대가 되는 것이 아니라, R_L**을 개방한 상태**에서 3 Ω의 전력이 최대가 된다.

③ O: 양의 저항 범위에서 R_L이 커질수록 병렬 합성저항 R_p가 증가한다. 그러면 전원측 6 Ω과의 전압분배에서 **병렬저항에 걸리는 전압의 비율이 커진다**. 3 Ω은 고정되어 있으므로 $P_3 = \frac{V^2}{3\Omega}$에 따라 전달되는 전력이 증가한다.

④ X: R_L이 작아지면 병렬 합성저항이 작아져 두 저항의 공통 전압이 낮아진다. 따라서 3 Ω에 전달되는 전력은 **커지는 것이 아니라 작아진다**. R_L이 0 Ω에 가까워지면 병렬 연결된 3 Ω의 양단 전압과 전력도 0에 가까워진다.

NoteBase

문 9. 그림의 회로에서 스위치 S가 충분히 긴 시간 동안 닫혀있다가 $t = 0$에서 개방된 직후의 커패시터 전압 $V_C(0^+)$ [V]는?



① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 3번

간단한 해설

개방 직전 정상상태에서 커패시터 전압은 20 V이다. 커패시터 전압은 **순간적으로 변하지 않으므로** 스위치를 개방한 직후에도 20 V를 유지한다.

NoteBase

계산 과정

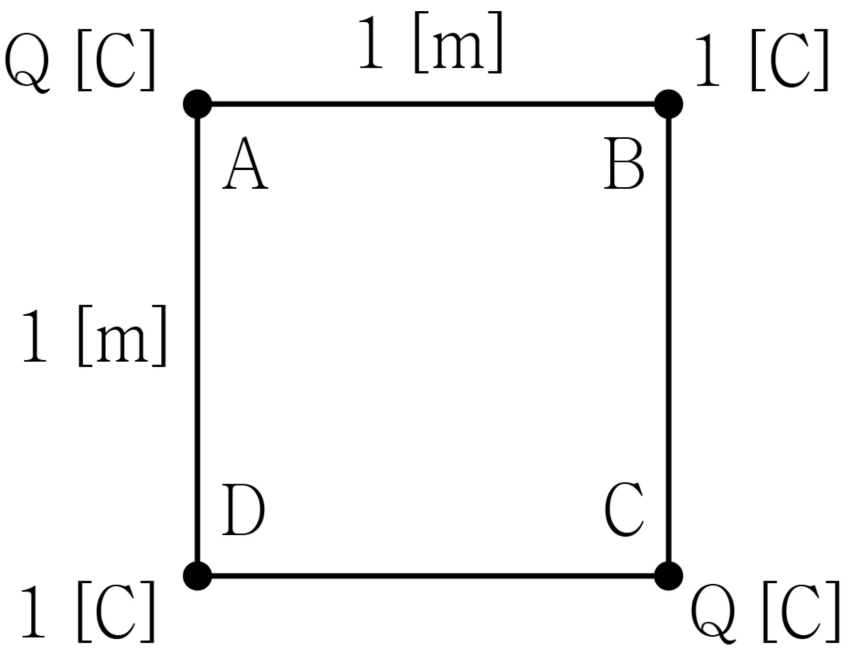
개방 직전의 회로: 스위치 S가 충분히 오래 닫혀 있었으므로 직류 정상상태이다. 이때 커패시터 전압은 일정하여 **커패시터에 흐르는 전류는 0**이므로 커패시터 가지를 개방회로로 취급한다. 아래쪽 공통 노드를 0 V, 커패시터 위쪽 노드 전압을 V라 두면, 그림의 극성에 따라 $V_C(0^-) = V$이다.

노드 전압 계산: 닫힌 스위치 양쪽은 같은 노드이고, 10 V 전압원의 위쪽 단자는 10 V이다. 20 A 전류원은 화살표 방향으로 위쪽 노드에 전류를 공급한다. 따라서 **두 저항으로 나가는 전류의 합은 20 A**이다. 전압과 저항을 각각 V와 Ω 단위로 대입하면, 1 Ω 저항으로 나가는 전류는 $\frac{V-10}{1}$, 2 Ω 저항으로 나가는 전류는 $\frac{V}{2}$이므로 키르히호프 전류 법칙은 $\frac{V-10}{1} + \frac{V}{2} = 20$이다. 양변에 2를 곱하면 $2(V-10) + V = 40$, 즉 $3V = 60$이므로 노드 전압은 20 V이다. 이는 개방 직전 커패시터 양단에 걸린 전압이다.

개방 직후의 전압: 커패시터 전압을 순간적으로 바꾸려면 충격 전류가 필요하다. 이 회로에서는 스위치 개방 후에도 20 A의 유한한 전류가 커패시터에 흐르므로 **개방 직전과 직후의 전압이 연속**이다. 따라서 $V_C(0^+) = V_C(0^-) = 20$V이며, 선지 ③의 20 V에 해당한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 4개의 전하가 정사각형의 형태로 배치되어 있다. 꼭짓점 C에서의 전계강도가 0 [V/m]일 때, 전하량 Q [C]는?



① $-2\sqrt{2}$

② -2

③ 2

④ $2\sqrt{2}$

정답 1번

간단한 해설

B와 D의 양전하가 C에 만드는 합성 전계는 오른쪽 아래를 향하므로, 이를 상쇄하려면 A의 전하는 **음전하**여야 한다. A에서 C까지의 거리가 한 변의 $\sqrt{2}$배라는 점과 전계의 벡터 합을 적용하면 $Q = -2\sqrt{2}\,\mathrm{C}$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 조건과 전계의 계산: 한 변의 길이를 a = 1 m, B와 D의 전하량을 $q_0 = 1\text{C}$로 둔다. C에서는 그곳에 놓인 전하 자신의 전계를 제외하고 A·B·D가 만드는 외부 전계를 합한다. 점전하 q가 거리 r인 곳에 만드는 전계의 크기는 $E = k\frac{|q|}{r^2}$이며, k는 공통의 정전기 상수이다. 여러 전하의 전계는 **방향을 고려하여 벡터로 더한다**.

2. B와 D가 만드는 합성 전계: 양전하의 전계는 전하에서 멀어지는 방향이므로, C에서 B의 전계는 아래쪽, D의 전계는 오른쪽이다. 두 전하 모두 C에서 1 m 떨어져 있어 각각의 크기는 $E_0 = \frac{kq_0}{a^2}$이다. 두 전계가 **서로 직각**이므로 합성 전계의 크기는 $E_{BD} = \sqrt{E_0^2 + E_0^2} = \sqrt{2}E_0$이고, 방향은 대각선 AC를 따라 오른쪽 아래이다.

3. A의 전하가 만드는 전계: 전체 전계를 0 V/m로 만들려면 A의 전계는 위 합성 전계와 크기가 같고 방향이 반대여야 한다. C에서 왼쪽 위의 A를 향하는 전계를 만들어야 하므로 **Q는 음수**이다. A와 C 사이의 거리는 $r_{AC} = \sqrt{2}a$이므로, 그 전계의 크기는 $E_A = \frac{k|Q|}{2a^2}$이다. 대각선 거리를 사용하므로 분모가 한 변을 기준으로 할 때의 2배가 된다.

4. 크기 조건으로 Q 계산: $E_A = E_{BD}$를 대입하면 $\frac{k|Q|}{2a^2} = \frac{\sqrt{2}kq_0}{a^2}$이다. 공통 인자를 약분하면 $|Q| = 2\sqrt{2}q_0 = 2\sqrt{2}\,\text{C}$를 얻는다. 앞에서 구한 음의 부호를 적용하면 $Q = -2\sqrt{2}\,\text{C}$이며, 이는 ①의 값에 해당한다.

NoteBase

문 11. 이상적인 조건에서 철심이 들어있는 동일한 크기의 환상 솔레노이드의 인덕턴스 크기를 4배로 만들기 위한 솔레노이드 권선수의 배수는?

① 0.5

② 2

③ 4

④ 8

정답 2번

간단한 해설

철심의 성질과 크기가 일정하면 인덕턴스는 **권선수의 제곱에 비례**한다. 따라서 인덕턴스를 4배로 만들려면 권선수를 2배로 늘려야 한다.

계산 과정

이상적인 조건에서 철심의 투자율이 일정하고 솔레노이드의 크기가 같으므로, 자속이 흐르는 경로의 자기저항 $\mathcal{R}$은 변하지 않는다. 권선수를 N, 전류를 I, 한 권선에 쇄교하는 자속을 Φ, 인덕턴스를 L이라 하면 $\Phi = \frac{NI}{\mathcal{R}}$이고, $L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{N^2}{\mathcal{R}}$이다. 권선수를 늘리면 자속도 증가하고 그 자속과 쇄교하는 권선수도 늘어나므로 **인덕턴스에는 권선수의 제곱이 반영된다**.

변경 전후의 권선수를 N_1, N_2, 인덕턴스를 L_1, L_2라 하면, 자기저항이 같으므로 $\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$이다. 인덕턴스를 4배로 만드는 조건을 대입하면 $4 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2$이므로 $\frac{N_2}{N_1} = \sqrt{4} = 2$이다. 권선수의 배수는 양수이므로 양의 제곱근을 취한다.

필요한 권선수는 기존의 2배이며, 선지 ②의 2에 해당한다. 배수는 같은 양끼리의 비이므로 단위가 없다.

NoteBase

문 12. 각 변의 저항이 15 [Ω]인 3상 Y-결선회로와 등가인 3상 Δ-결선회로에 900 [V] 크기의 상전압이 걸릴 때, 상전류의 크기 [A]는? (단, 3상 회로는 평형이다)

① 20

② $20\sqrt{3}$

③ 180

④ $180\sqrt{3}$

정답 1번

간단한 해설

평형 Y–Δ 등가변환에서 **Δ결선의 한 상 저항은 Y결선의 3배**이므로 45 Ω이다. 여기에 상전압 900 V가 걸리므로 상전류는 $\frac{900}{45} = 20$ A이다.

계산 과정

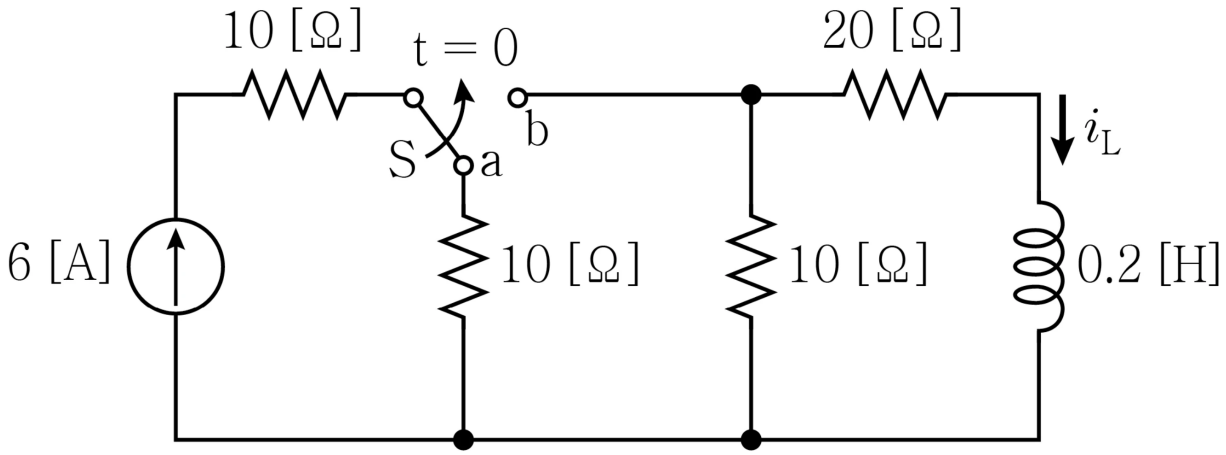
등가 저항 구하기: Y결선의 한 상 저항을 R_Y, Δ결선의 한 상 저항을 R_Δ라 한다. **세 상의 저항이 같은 평형 회로**에서 두 결선이 외부 단자에서 등가가 되려면 $R_\Delta = 3R_Y$이므로, $R_\Delta = 3 \times 15 = 45\ \Omega$이다. 이 45 Ω은 변환된 Δ결선의 각 변에 있는 저항이다.

상전류 구하기: 상전압은 한 상의 저항 양단에 걸리는 전압이며, 상전류는 그 저항에 흐르는 전류이다. 주어진 900 V는 **Δ결선의 상전압**이므로 각 45 Ω 저항에 그대로 걸린다. 따라서 옴의 법칙을 적용하면 $I_{\text{ph}} = \frac{V_{\text{ph}}}{R_\Delta} = \frac{900}{45} = 20$ A이다.

구한 상전류 20 A는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 그림의 회로에서 t = 0일 순간에 스위치 S를 접점 a에서 접점 b로 이동하였다. 충분한 시간이 흐른 후에 전류 i_L [A]은?



① 0

② 2

③ 4

④ 6

정답 2번

간단한 해설

충분한 시간이 지난 직류 정상상태에서는 **인덕터를 단락으로 취급**한다. 전류원에서 공급하는 6 A가 10 Ω과 20 Ω의 병렬 가지로 나뉘므로, 20 Ω 가지의 인덕터 전류는 2 A이다.

계산 과정

스위치가 b에 연결되면 접점 a 아래의 10 Ω 저항은 회로에서 분리된다. 전류원은 왼쪽 위의 10 Ω 저항을 거쳐 접점 b로 6 A를 공급한다. 이 저항은 전류원과 직렬이므로, b에 유입되는 전류는 **전류원이 정한 6 A**이다.

충분한 시간이 지난 직류 정상상태에서는 인덕터 전류가 일정하므로 $v_L = L\frac{di_L}{dt} = 0$이다. 따라서 0.2 H 인덕터를 단락으로 바꾸면, b와 아래쪽 공통 노드 사이에는 **10 Ω 가지와 20 Ω 가지가 병렬**로 연결된다. 인덕터 전류는 20 Ω 저항에 흐르는 전류와 같다.

병렬 가지는 양단 전압이 같아 전류가 저항에 반비례하므로, 20 Ω 가지에는 10 Ω 가지보다 작은 전류가 흐른다. 전류 분배 법칙에 따라 $i_L = 6 \cdot \frac{10}{10+20} = 2\text{A}$이다. 그림의 아래쪽 화살표 방향으로 2 A가 흐르며, 이는 ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 14. 자극의 세기 5×10^{-5} [Wb], 길이 50 [cm]의 막대자석이 200 [A/m]의 평등 자계와 30° 각도로 놓여있을 때, 막대자석이 받는 회전력 [N·m]은?

① 2.5×10^{-3}

② 5×10^{-3}

③ 25×10^{-3}

④ 50×10^{-3}

정답 1번

간단한 해설

두 자극에는 각각 0.01 N의 힘이 반대 방향으로 작용한다. 회전력은 **한쪽 힘의 크기와 두 힘의 작용선 사이 수직 거리의 곱**이다. 이 거리가 0.25 m이므로 회전력은 2.5×10^{-3} N·m이다.

계산 과정

조건 정리: 자극의 세기는 $m = 5 \times 10^{-5}$ Wb, 자계의 세기는 H = 200 A/m이다. 자석의 길이는 l = 50 cm = 0.5 m이며, 자석의 축과 자계가 이루는 각은 30°이다.

각 자극이 받는 힘: 자극의 세기를 Wb로 나타내는 이 문항에서는 힘의 크기가 $F = mH$이다. 따라서 $F = (5 \times 10^{-5}) \times 200 = 0.01$ N이다. 평등 자계에서 N극과 S극에는 **크기가 같고 방향이 반대인 힘**이 작용하여 자석을 회전시키는 힘의 쌍을 이룬다.

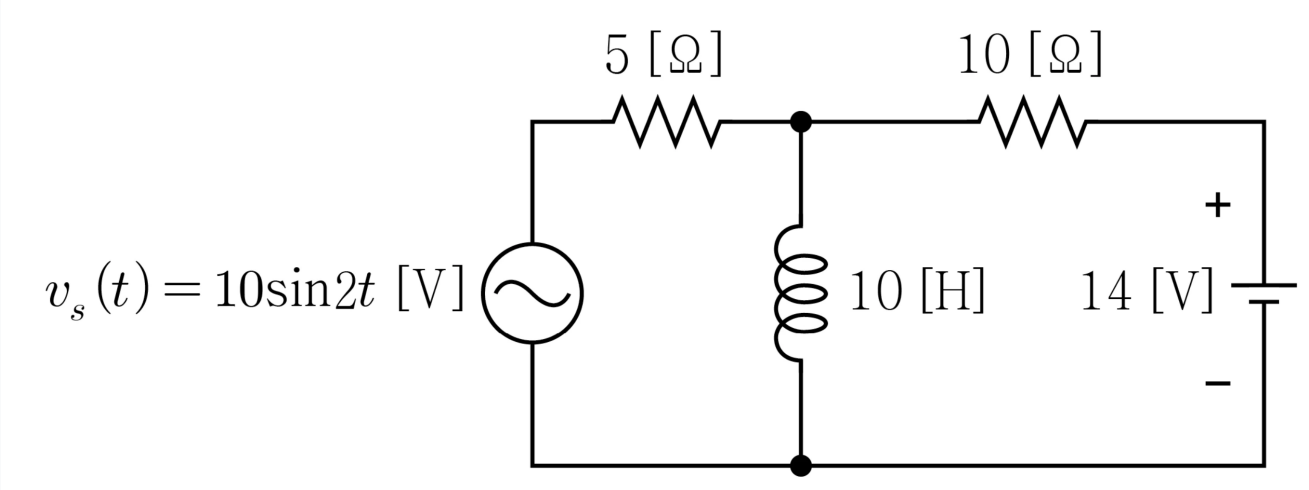
두 힘의 작용선 사이 거리: 힘은 자계와 나란하게 작용하므로, 두 작용선 사이의 수직 거리는 **자석 길이의 자계 수직 방향 성분**이다. 따라서 $d = l\sin 30^\circ = 0.5 \times \frac{1}{2} = 0.25$ m이다.

회전력 계산: 자석 중심에서 각 힘의 작용선까지의 수직 거리는 $\frac{d}{2}$이다. 두 힘이 같은 회전 방향의 효과를 내므로 전체 회전력은 $\tau = 2F\frac{d}{2} = Fd$가 된다. 여기에 힘과 거리를 대입하면 $\tau = 0.01 \times 0.25 = 2.5 \times 10^{-3}$ N·m이다. 회전력의 단위 N·m는 힘 N과 거리 m의 곱을 뜻한다.

계산한 회전력 2.5×10^{-3} N·m에 해당하는 선지는 ①이다.

NoteBase

문 15. 그림의 회로에서 인덕터에 흐르는 평균 전류[A]는? (단, 교류의 평균값은 전주기에 대한 순시값의 평균이다)



① 0

② 1.4

③ $\frac{1}{\pi} + 1.4$

④ $\frac{2}{\pi} + 1.4$

정답 2번

간단한 해설

선형 회로의 정상상태에서 정현파 전류의 **전주기 평균은 0**이므로, 인덕터의 평균 전류는 직류 성분만으로 구한다. 직류에 대해 인덕터는 단락이므로 평균 전류는 $\frac{14}{10} = 1.4$A이다.

NoteBase

계산 과정

교류 성분: 인덕터 전류의 기준 방향을 위쪽 접점에서 아래쪽 접점으로 잡고, 과도현상이 사라진 주기적 정상상태를 생각한다. 저항과 이상적인 인덕터로 이루어진 선형 회로이므로 중첩의 원리에 따라 직류 전원과 교류 전원의 기여를 나눌 수 있다. $v_s(t) = 10\sin 2t$V만의 기여는 같은 주파수의 정현파 전류이며, 양·음의 부분이 상쇄되어 **전주기 평균이 0**이다.

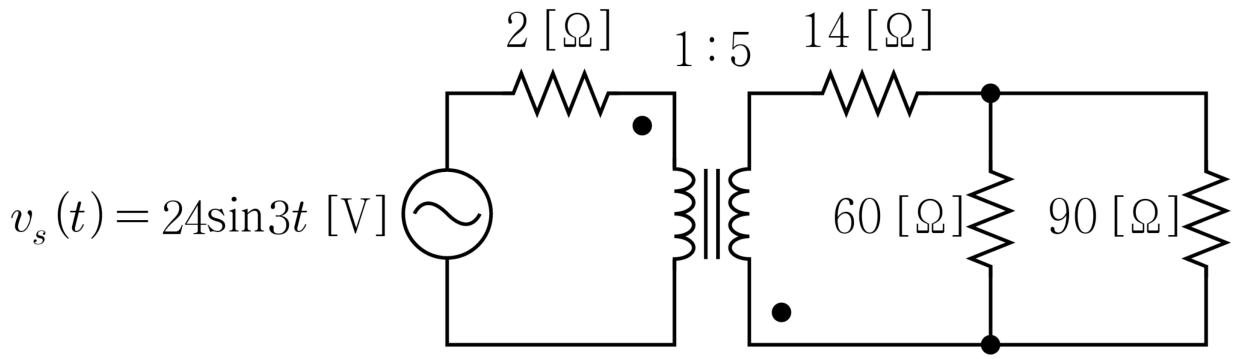
직류 성분: 교류 전압원을 0 V로 두면 그 자리는 도선으로 대체한다. 직류 정상상태에서는 전류가 일정하여 $v_L = L\frac{di_L}{dt} = 0$이므로, 10 H 인덕터도 **단락으로 대체**한다. 따라서 왼쪽 5 Ω 저항의 양 끝 전위는 같아 직류 전류가 흐르지 않는다.

오른쪽 14 V 전원의 양극에서 10 Ω 저항과 인덕터를 거쳐 음극으로 전류가 흐른다. 인덕터의 직류 전압이 0 V이므로 10 Ω 저항에 14 V가 걸린다. 옴의 법칙에 따라 인덕터의 직류 전류는 $I_{L,\mathrm{DC}} = \frac{14}{10} = 1.4$A이며, 방향은 위쪽에서 아래쪽이다.

전체 전류의 평균은 직류 성분과 교류 성분의 평균을 더한 값이므로 1.4 + 0 = 1.4 A이다. 이는 ②의 1.4 A에 해당한다.

NoteBase

문 16. 이상적인 변압기를 포함한 그림의 회로에서 정현파 전압원이 공급하는 평균 전력[W]은?



① 24

② 48

③ 72

④ 96

정답 3번

간단한 해설

2차측 저항을 1차측으로 환산하면 2 Ω이고, 전원이 보는 전체 저항은 4 Ω이다. 전압의 최댓값 24 V를 **실효값으로 바꾸어** 평균 전력을 계산하면 72 W이다.

계산 과정

2차측 합성저항: 그림에서 60 Ω과 90 Ω은 같은 두 노드에 연결된 병렬저항이므로 $R_p = \frac{60 \cdot 90}{60+90} = 36\Omega$이다. 이 저항과 14 Ω이 직렬이므로 2차측 전체 부하저항은 $R_L = 14 + 36 = 50\Omega$이다.

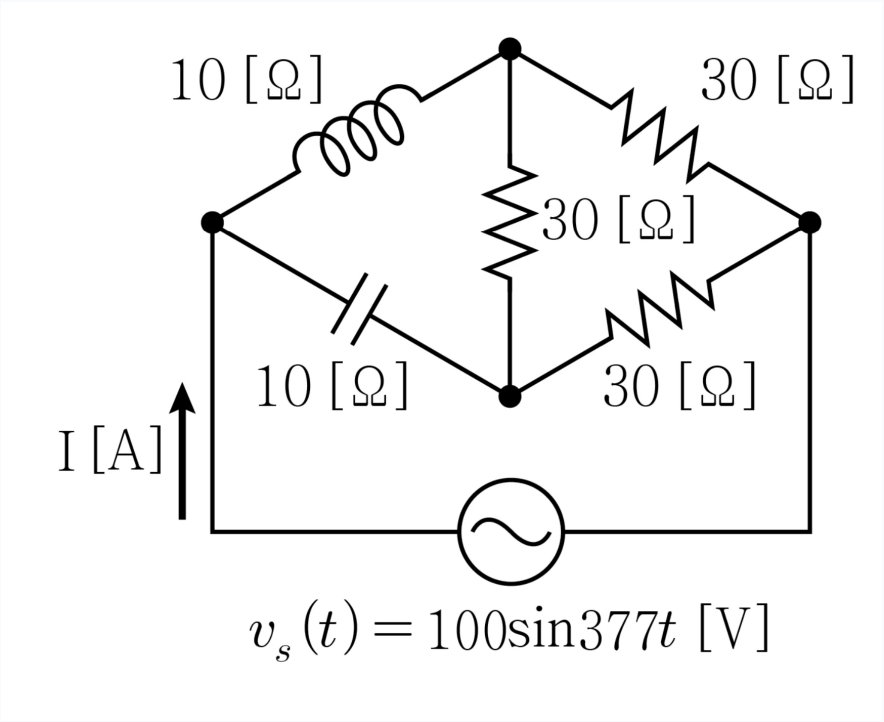
1차측 등가저항: 이상적인 변압기에서는 전압비가 권수비와 같고 전류비는 그 역수이므로, 부하저항은 **권수비의 제곱을 곱해 환산**한다. 1차와 2차의 권수를 각각 N_1, N_2라 하면 $N_1 : N_2 = 1 : 5$이므로, 1차측에서 본 부하저항은 $R_L' = \left(\frac{1}{5}\right)^2 \cdot 50 = 2\Omega$이다. 여기에 전원과 직렬인 2 Ω을 더하면 전체 입력저항은 $R_{\text{in}} = 2 + 2 = 4\Omega$이다.

전압의 실효값: 주어진 $v_s(t) = 24\sin 3t$V에서 24 V는 **실효값이 아니라 최댓값**이다. 정현파의 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이므로 $V_{\text{rms}} = \frac{24}{\sqrt{2}}$V이다.

평균 전력: 전원에서 본 등가회로가 순저항 회로이므로 전압과 전류는 동상이고, 평균 전력은 $P = \frac{V_{\text{rms}}^2}{R_{\text{in}}}$로 구한다. 따라서 $P = \frac{(24/\sqrt{2})^2}{4} = 72$W이며, 이는 ③의 72 W와 일치한다.

NoteBase

문 17. 그림의 회로에서 정현파 전원에 흐르는 전류의 실효값 I [A]는?



① $\frac{5\sqrt{2}}{2}$

② 5

③ $5\sqrt{2}$

④ $\frac{20}{3}\sqrt{2}$

정답 1번

간단한 해설

오른쪽의 30 Ω 저항 세 개를 Δ–Y 변환하면 각 저항이 10 Ω이 되어, 전원에서 본 **합성 임피던스는 20 Ω**이다.
전압의 최댓값이 100 V이므로 실효값으로 환산한 전류는 $I = \frac{5\sqrt{2}}{2}$A이다.

NoteBase

계산 과정

전원과 소자값: 전압 $v_s(t) = 100\sin 377t$V에서 100 V는 **실효값이 아니라 최댓값**이다. 정현파의 전압 실효값은 $V = \frac{100}{\sqrt{2}}$V이다. 그림에 주어진 10 Ω은 각각 코일과 커패시터의 리액턴스이므로, 임피던스는 코일이 j10 Ω, 커패시터가 −j10 Ω이다. 여기서 j는 허수단위이다.

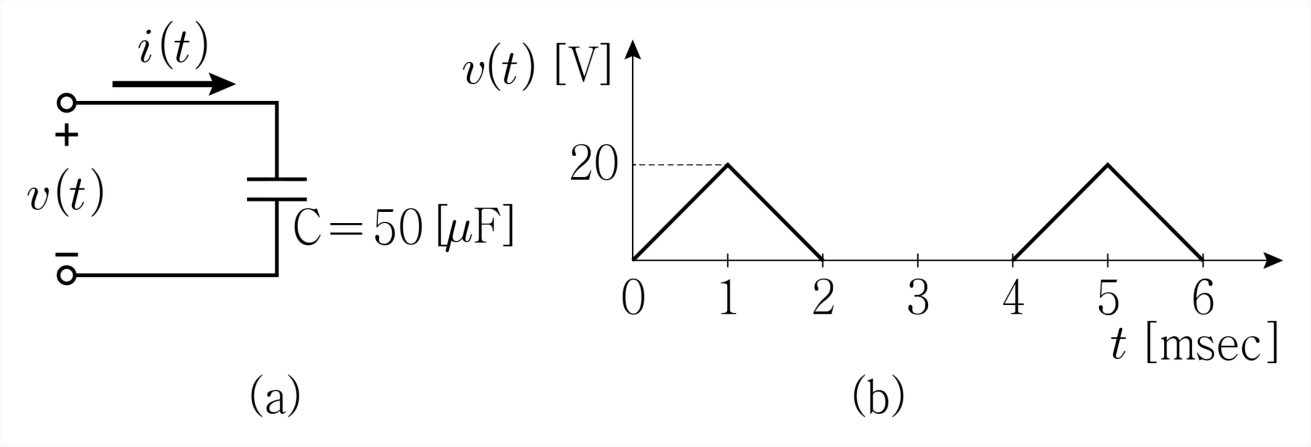
저항망 변환: 위쪽·아래쪽·오른쪽 접점을 잇는 30 Ω 저항 세 개는 Δ결선이다. 이를 Y결선으로 바꾸면 각 저항은 해당 접점에 연결된 두 저항의 곱을 세 저항의 합으로 나눈 값이다. 세 저항이 모두 같으므로 Y결선의 각 저항은 $R_Y = \frac{30 \cdot 30}{30+30+30} = 10\Omega$이다.

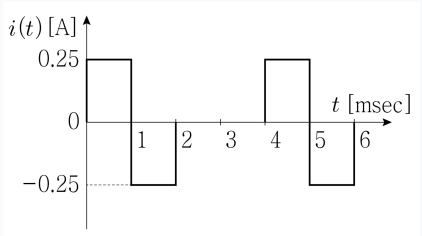
합성 임피던스: 변환 후 왼쪽 접점에서 Y결선의 중심까지는 코일과 10 Ω 저항이 직렬인 가지, 커패시터와 10 Ω 저항이 직렬인 가지가 병렬로 연결된다. 두 가지의 임피던스는 각각 $Z_1 = (10 + j10)\Omega$, $Z_2 = (10 - j10)\Omega$이다. 따라서 병렬 합성값은 $Z_p = \frac{(10+j10)(10-j10)}{20} = 10\Omega$이다. 이 값은 왼쪽 접점과 Y결선 중심 사이의 등가 임피던스이며, 여기에 **중심에서 오른쪽 접점까지의 10 Ω 저항을 직렬로 더한다**. 전원에서 본 전체 임피던스는 $Z = Z_p + R_Y = 20\Omega$이다.

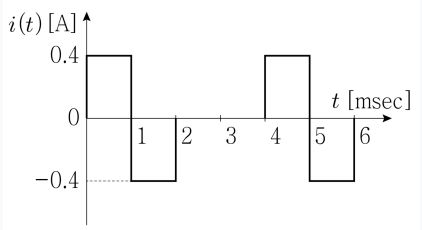
전류 실효값: 정현파 정상상태에서 전류 실효값은 전압 실효값을 전체 임피던스의 크기로 나눈 $I = \frac{V}{|Z|}$이다. 따라서 $I = \frac{100}{20\sqrt{2}} = \frac{5\sqrt{2}}{2}$A이며, 이는 ①의 값과 일치한다.

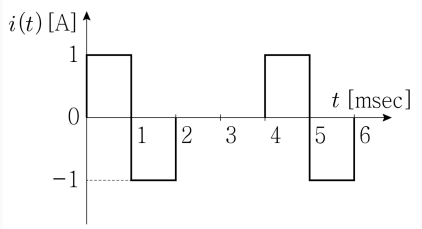
NoteBase

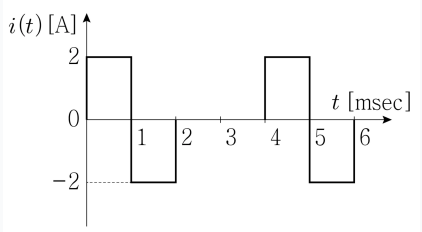
문 18. 그림 (a)의 회로에서 50 [μF]인 커패시터의 양단 전압 $v(t)$가 그림 (b)와 같을 때, 전류 $i(t)$의 파형으로 옳은 것은?



① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

NoteBase

간단한 해설

커패시터 전류는 $i(t) = C\frac{dv(t)}{dt}$이므로 **전압 파형의 기울기**에 따라 결정된다. 전압이 1 ms 동안 20 V 상승할 때는 1 A, 같은 시간 동안 20 V 하강할 때는 −1 A이며, 전압이 일정한 구간에서는 0 A이다.

계산 과정

그림 (a)에서 전류는 전압의 +단자로 들어간다. 이 기준에서 커패시터에 저장된 전하량을 q라 하면 $q = Cv$이고, 전류는 전하량의 시간 변화율이므로 $i(t) = C\frac{dv(t)}{dt}$이다. 따라서 **직선 구간의 전압 기울기에 정전용량을 곱해** 전류를 구한다. 계산에 사용할 단위는 $C = 50 \cdot 10^{-6}\text{F}$, $1\text{ms} = 10^{-3}\text{s}$이다.

0~1 ms: 전압이 0 V에서 20 V로 직선적으로 상승한다. 기울기는 $\frac{20-0}{10^{-3}} = 20{,}000\text{V/s}$로 일정하므로, 전류도 $i = 50 \cdot 10^{-6} \cdot 20{,}000 = 1\text{A}$로 일정하다.

1~2 ms: 전압이 20 V에서 0 V로 직선적으로 하강한다. 기울기는 $\frac{0-20}{10^{-3}} = -20{,}000\text{V/s}$이므로 전류는 $i = 50 \cdot 10^{-6} \cdot (-20{,}000) = -1\text{A}$이다. 음의 부호는 **실제 전류가 그림의 화살표와 반대 방향**으로 흐른다는 뜻이다.

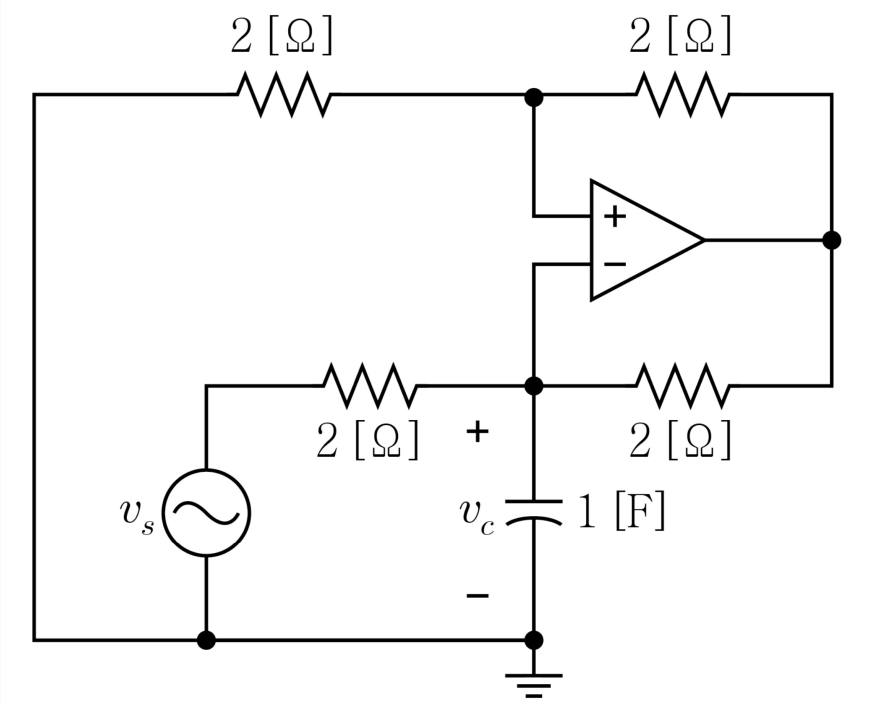
2~4 ms: 전압이 0 V로 일정하여 기울기가 0이므로 전류는 0 A이다.

4~5 ms에는 0~1 ms와 같은 기울기로 전압이 상승하므로 전류가 1 A이고, 5~6 ms에는 1~2 ms와 같은 기울기로 하강하므로 −1 A이다.

따라서 상승 구간에서 1 A, 하강 구간에서 −1 A, 2~4 ms에서 0 A를 나타내는 ③의 파형과 일치한다.

NoteBase

문 19. 이상적인 연산 증폭기를 포함한 그림의 회로에서 $v_s(t) = \cos t$ [V]일 때, 커패시터 양단 전압 $v_c(t)$ [V]는? (단, 커패시터의 초기 전압은 0 [V]이다)



① $-\frac{\sin t}{2}$

② $-2\sin t$

③ $\frac{\sin t}{2}$

④ $2\sin t$

정답 3번

간단한 해설

이 회로에서는 커패시터로 들어가는 전류가 $i_c = \frac{v_s}{2}$가 되어 **입력 전압을 적분**한 형태의 전압이 생긴다.
커패시턴스가 1 F이고 초기 전압이 0 V이므로 $v_c(t) = \frac{\sin t}{2}$ V이다.

NoteBase

계산 과정

출력 전압을 v_o, 비반전·반전 입력 단자 전압을 각각 v_+, v_-라 하자. 선형 동작하는 이상적인 연산 증폭기는 **입력 전류가 0이고 두 입력 전압이 같다**. 반전 입력은 커패시터 위쪽 단자에 연결되므로 $v_- = v_c$이다.

비반전 입력 쪽의 위쪽 저항 두 개는 각각 2 Ω이고, 출력과 접지 사이에서 전압을 분배한다. 입력 전류가 0이므로 $v_+ = \frac{2}{2+2} v_o = \frac{v_o}{2}$이다. 따라서 $v_c = \frac{v_o}{2}$, 즉 $v_o = 2v_c$가 성립한다.

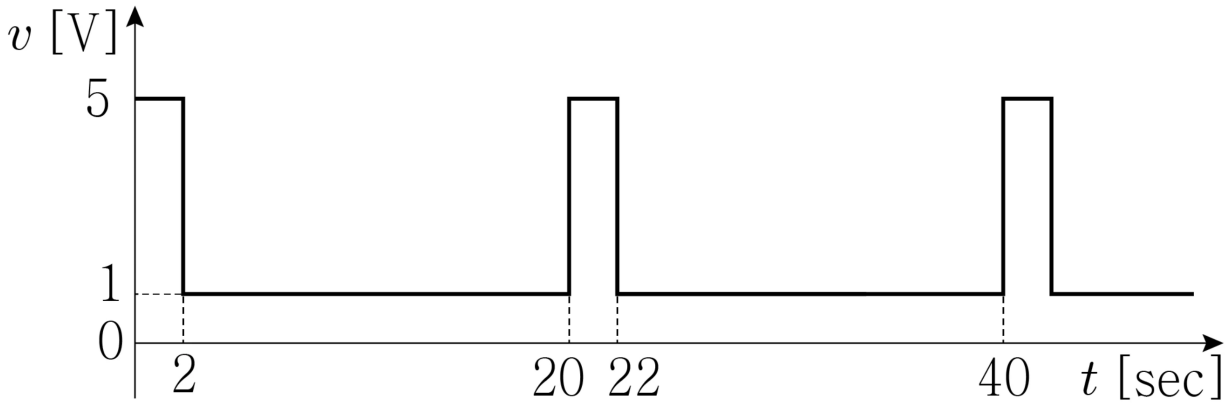
커패시터 위쪽 접점에서 **두 저항을 통해 들어오는 전류의 합**이 커패시터로 흐른다. 커패시터 전압은 위쪽이 +이고 아래쪽이 접지이므로, 아래로 흐르는 전류는 $i_c = C\frac{dv_c}{dt}$이다. 아래쪽 두 저항이 각각 2 Ω이므로 키르히호프 전류 법칙을 적용하면 $C\frac{dv_c}{dt} = \frac{v_s - v_c}{2} + \frac{v_o - v_c}{2}$이다.

여기에 $v_o = 2v_c$를 대입하면 $C\frac{dv_c}{dt} = \frac{v_s - v_c}{2} + \frac{v_c}{2} = \frac{v_s}{2}$이다. 두 전류에 포함된 커패시터 전압 항이 상쇄되므로 충전 전류는 입력 전압에만 비례한다. $C = 1$ F, $v_s(t) = \cos t$ V를 넣으면 $\frac{dv_c}{dt} = \frac{\cos t}{2}$가 된다.

초기 전압 $v_c(0) = 0$을 적용하여 적분하면 $v_c(t) = \frac{1}{2}\int_0^t \cos\tau d\tau$이므로 $v_c(t) = \frac{\sin t}{2}$ V이다. 이는 ③의 식과 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 일정한 주기를 갖는 펄스 파형에서 듀티비[%]와 평균전압[V]은?



① 듀티비[%]: 10, 평균전압[V]: 1.4

② 듀티비[%]: 10, 평균전압[V]: 1.8

③ 듀티비[%]: 20, 평균전압[V]: 1.4

④ 듀티비[%]: 20, 평균전압[V]: 1.8

정답 1번

간단한 해설

듀티비는 **한 주기 중 높은 전압이 유지되는 시간의 비율**이므로 10%이다. 낮은 구간에도 1 V가 유지되므로, 5 V와 1 V를 지속 시간으로 가중평균하면 평균전압은 1.4 V이다.

계산 과정

주기와 펄스 폭: 그림에서 높은 전압 구간의 시작 시각은 0초, 20초, 40초이므로 주기 T는 20초이다. 한 주기인 0~20초에서 5 V가 유지되는 시간은 2초이고, 1 V가 유지되는 시간은 20 − 2 = 18초이다.

듀티비: **높은 전압이 유지되는 시간**을 한 주기로 나누어 백분율로 나타낸다. 따라서 듀티비는 $D = \frac{2}{20} \cdot 100\% = 10\%$이다.

평균전압: 한 주기 동안 전압과 시간의 곱을 모두 더한 뒤 주기로 나눈다. 이는 전압 파형 아래의 면적을 같은 주기의 직사각형으로 바꾸었을 때의 높이에 해당한다. **낮은 전압도 0 V가 아니라 1 V**이므로 두 구간을 모두 반영해야 한다. 따라서 $V_{\text{avg}} = \frac{5 \cdot 2 + 1 \cdot 18}{20} = 1.4\text{V}$이다.

듀티비 10%, 평균전압 1.4 V의 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase