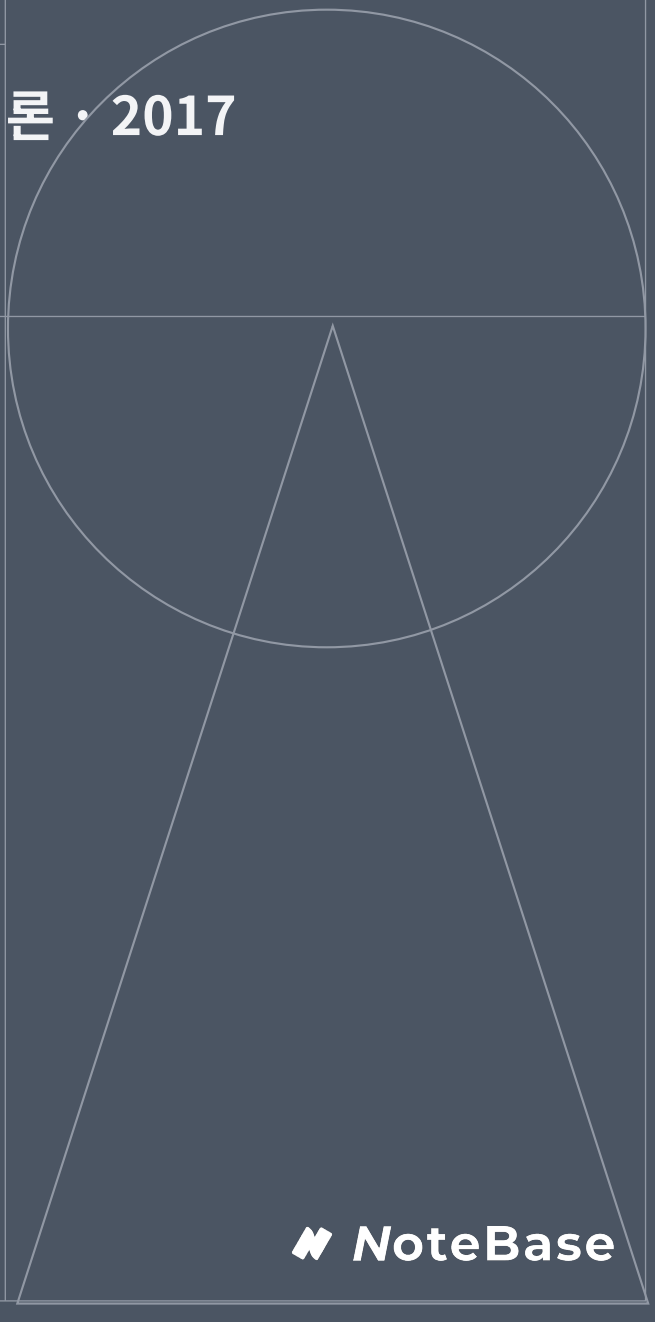
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2017



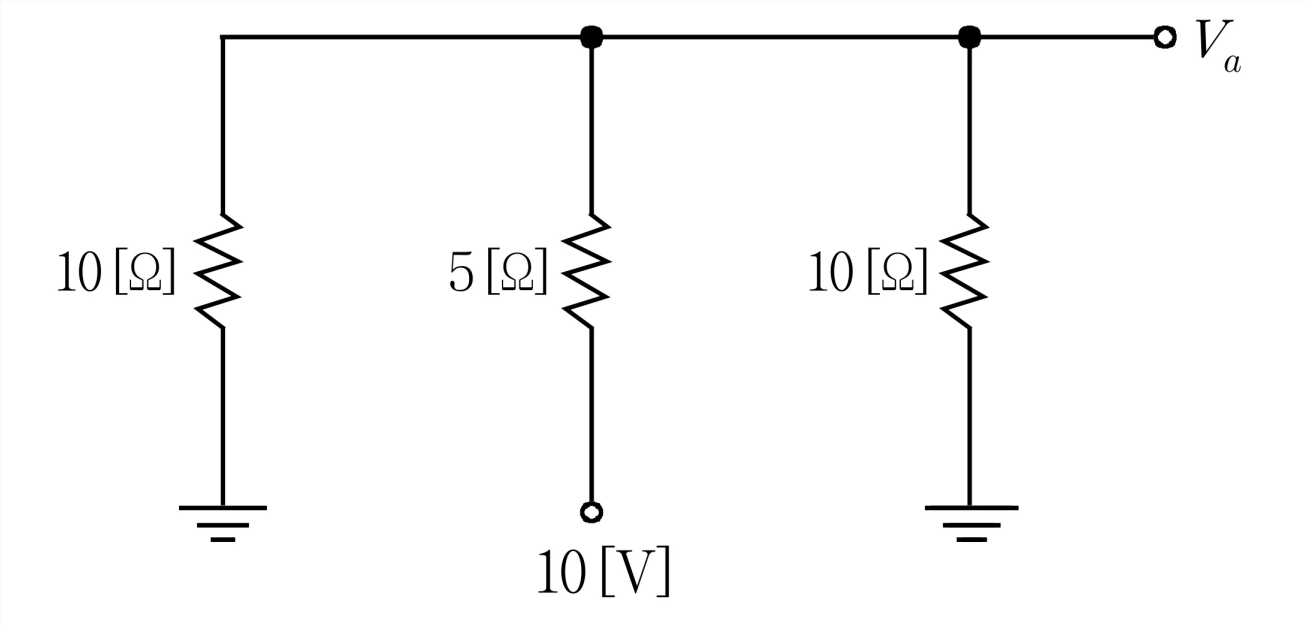
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2017

공무원/국가직/9급 · 전기이론 · 2017

문 1. 그림과 같은 회로에서 단자전압 V_a [V]는?



① −5

② −4

③ 4

④ 5

정답 4번

간단한 해설

접지에 연결된 두 10 Ω 저항은 **병렬**이므로 합성저항이 5 Ω이다. 이 합성저항과 가운데 5 Ω 저항에 10 V가 똑같이 나뉘어 걸리므로 단자전압 V_a는 5 V이다.

NoteBase

계산 과정

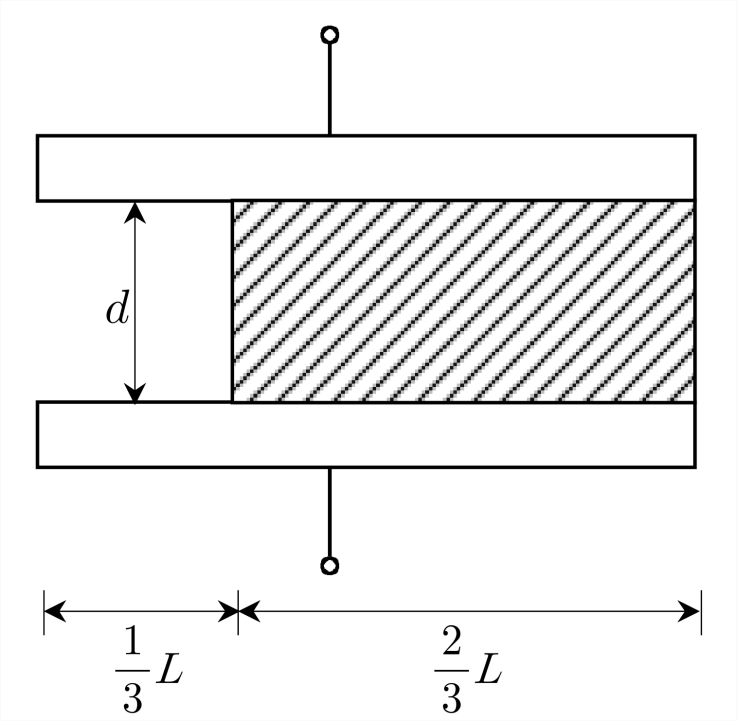
회로의 접속: 두 접지점은 모두 0 V이고, 위쪽 도선 전체는 단자 V_a와 같은 전위이다. 가운데 5 Ω 저항의 아래쪽 단자는 10 V이다. 따라서 가운데 저항을 통해 위쪽 도선으로 전류가 들어오고, 양옆의 10 Ω 저항을 통해 접지로 나간다.

합성저항: 양옆의 10 Ω 저항은 위쪽 도선과 접지라는 **같은 두 노드 사이에 연결**되어 있으므로 병렬이다. 이 둘의 합성저항은 $R = \frac{10 \cdot 10}{10 + 10} = 5\Omega$이다.

전압 계산: 외부 부하가 연결되지 않은 단자이므로, 10 V 단자에서 보면 가운데 5 Ω 저항과 접지 쪽 합성저항 5 Ω이 직렬이다. 가운데 저항을 흐르는 전체 전류는 $I = \frac{10}{5+5} = 1\text{A}$이다. 단자전압은 **접지 쪽 합성저항에 걸리는 전압**이므로 $V_a = IR = 1 \cdot 5 = 5\text{V}$이다. 이는 ④의 5 V에 해당한다.

NoteBase

문 2. 진공상태에 놓여있는 정전용량이 6[μF]인 평행 평판 콘덴서에 두께가 극판간격(d)과 동일하고 길이가 극판길이(L)의 $\frac{2}{3}$에 해당하는 비유전율이 3인 운모를 그림과 같이 삽입하였을 때 콘덴서의 정전용량[μF]은?



① 12

② 14

③ 16

④ 18

정답 2번

간단한 해설

운모가 채워진 부분과 진공 부분은 같은 두 극판 사이에 나란히 있으므로 **병렬 연결**로 본다. 면적 비율과 비유전율을 반영하면 두 부분의 정전용량은 각각 12 μF와 2 μF이고, 이를 더한 전체 정전용량은 14 μF이다.

NoteBase

계산 과정

전체 극판 면적을 A, 극판 간격을 d, 진공의 유전율을 ε_0라 하자. 가장자리 효과를 무시하는 평행 평판 콘덴서에서 삽입 전 정전용량은 $C_0 = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$이고, 주어진 값은 6 μF이다. 그림에서 운모는 오른쪽 영역의 극판 사이를 두께 d만큼 완전히 채운다. 따라서 운모 부분과 진공 부분은 **양단 전압이 같은 병렬 구조**이며, 두 정전용량을 더한다.

진공 부분: 극판의 폭이 같으므로 길이가 전체의 1/3인 왼쪽 영역의 면적도 전체의 1/3이다. 극판 간격과 유전율은 삽입 전과 같아 정전용량이 면적에 비례한다. 따라서 $C_v = \frac{1}{3}C_0$이고, $6 \cdot \frac{1}{3} = 2$ μF이다.

운모 부분: 오른쪽 영역의 면적은 전체의 2/3이고, 비유전율이 3이므로 유전율은 진공의 3배이다. 정전용량은 면적과 유전율에 각각 비례하므로 $C_m = 3 \cdot \frac{2}{3}C_0$이다. 따라서 $3 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 = 12$ μF이다. 이는 **운모가 채워진 영역만의 정전용량**이다.

전체 정전용량: 병렬로 나뉜 두 영역의 전하는 합해지고 전압은 같으므로 $C = C_v + C_m$이다. 전체 정전용량은 2 + 12 = 14 μF이며, ②의 14에 해당한다.

NoteBase

문 3. 220 [V], 55 [W] 백열등 2개를 매일 30분씩 10일간 점등했을 때 사용한 전력량과 110 [V], 55 [W]인 백열등 1개를 매일 1시간씩 10일간 점등했을 때 사용한 전력량의 비는?

① 1 : 1

② 1 : 2

③ 1 : 3

④ 1 : 4

정답 1번

간단한 해설

전력량은 **소비전력과 사용 시간의 곱**이다. 55 W 백열등 2개를 30분씩 켜는 경우와 1개를 1시간씩 켜는 경우는 하루 전력량이 같으므로, 10일간의 전력량도 각각 550 Wh로 같아 그 비는 1 : 1이다.

계산 과정

전력량 E는 일정한 소비전력 P에 사용 시간 t를 곱한 $E = Pt$로 구한다. 전력을 W, 시간을 h로 넣으면 전력량의 단위는 Wh이다. 각 백열등을 표시된 정격전압에서 점등하는 것으로 보므로, 220 V용과 110 V용 모두 **1개당 소비전력은 55 W**이다.

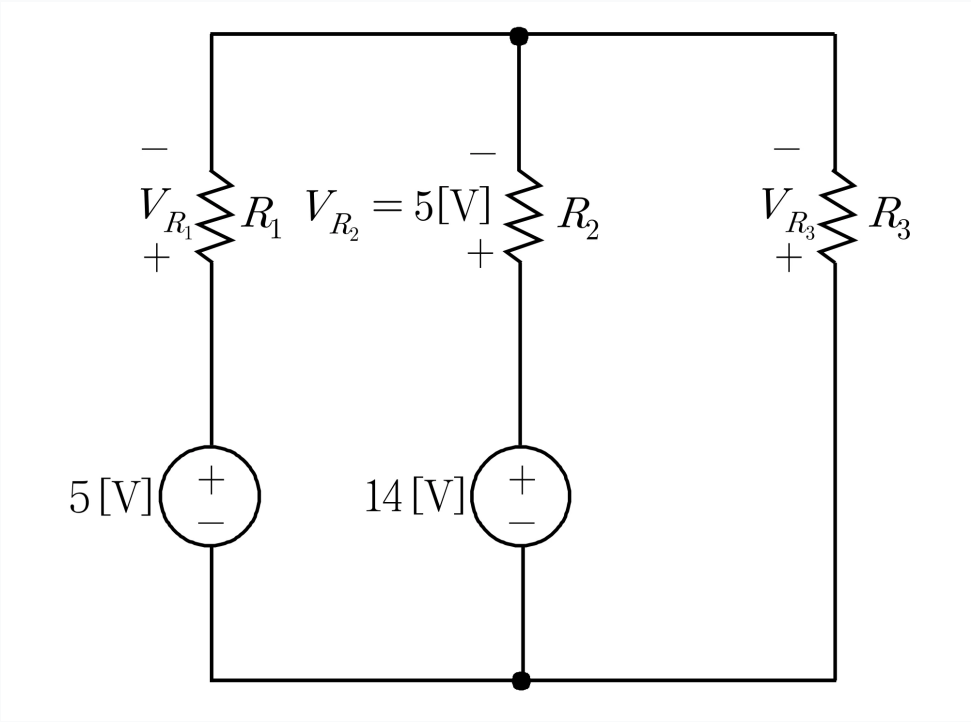
220 V, 55 W 백열등 2개: 두 등을 함께 켤 때의 총 소비전력은 $55 \times 2 = 110$ W이다. 하루 30분은 $\frac{30}{60} = 0.5$ 시간이므로, 10일간의 총 점등 시간은 $0.5 \times 10 = 5$ h이다. 따라서 두 등이 사용한 전력량은 $110 \times 5 = 550$ Wh이다.

110 V, 55 W 백열등 1개: 소비전력은 55 W이고, 10일간의 총 점등 시간은 $1 \times 10 = 10$ h이다. 따라서 사용한 전력량은 $55 \times 10 = 550$ Wh이다.

전력량의 비: 앞의 경우는 총 소비전력이 2배이지만 점등 시간이 절반이므로 전력량이 같다. 구하는 비는 550 : 550 = 1 : 1로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 회로에서 저항(R_1) 양단의 전압 V_{R_1}[V]은?



① 4

② −4

③ 5

④ −5

정답 2번

간단한 해설

가운데 저항의 아래쪽 전위는 14 V이고, 그쪽이 위쪽보다 5 V 높으므로 공통 위쪽 전위는 9 V이다. R_1의 전압은 그림의 **아래쪽(+) 전위에서 위쪽(−) 전위를 뺀 값**이므로 5 − 9 = −4 V이다.

NoteBase

계산 과정

아래쪽 공통 도선의 전위를 0 V로 정한다. 도선으로 직접 연결된 점들은 같은 전위이다. 두 전압원은 모두 위쪽이 (+)이므로, 왼쪽 전압원 위에 연결된 R_1의 아래 단자는 5 V, 가운데 전압원 위에 연결된 R_2의 아래 단자는 14 V이다.

R_2의 전압 표시는 아래쪽이 (+), 위쪽이 (−)이다. 전압은 **(+) 단자의 전위에서 (−) 단자의 전위를 뺀 값**이므로, 공통 위쪽 전위를 V_A라 하면 $V_{R_2} = 14 - V_A = 5$이다. 따라서 $V_A = 14 - 5 = 9$ V이다. 이 값은 세 저항의 위 단자가 공유하는 전위이다.

R_1도 아래쪽이 (+), 위쪽이 (−)이므로 $V_{R_1} = 5 - 9 = -4$ V이다. 음수는 **표시된 (+) 단자의 전위가 (−) 단자보다 낮다**는 뜻이다. 즉, 실제로는 위쪽 전위가 아래쪽보다 4 V 높으며, 계산값은 ②의 −4 V와 일치한다.

NoteBase

문 5. 상호인덕턴스가 10 [mH]이고, 두 코일의 자기인덕턴스가 각각 20 [mH], 80 [mH]일 경우 상호 유도 회로에서의 결합계수 k는?

① 0.125

② 0.25

③ 0.375

④ 0.5

정답 2번

간단한 해설

결합계수는 상호인덕턴스를 **두 자기인덕턴스의 기하평균**으로 나눈 값이다. 기하평균이 40 mH이므로 k = 0.25이다.

계산 과정

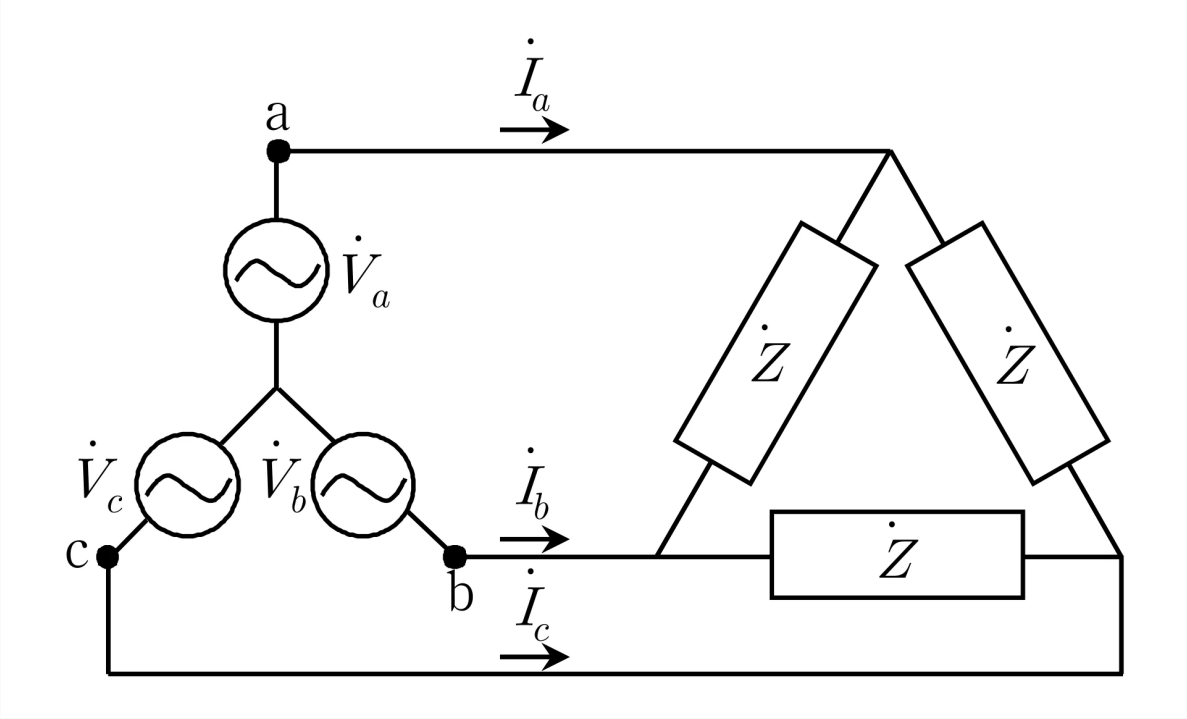
상호인덕턴스를 M, 두 코일의 자기인덕턴스를 L_1, L_2라 하면 결합계수는 $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$이다. 이는 두 코일 사이의 자기적 결합 정도를 나타내며, 주어진 값은 M = 10 mH, $L_1 = 20\text{mH}$, $L_2 = 80\text{mH}$이다.

먼저 두 자기인덕턴스의 기하평균을 구하면 $\sqrt{L_1 L_2} = \sqrt{20 \cdot 80}\,\text{mH} = 40\text{mH}$이다. 세 인덕턴스가 **모두 같은 단위인 mH**로 주어졌으므로 H로 환산하지 않고 그대로 대입할 수 있다.

따라서 $k = \frac{10\text{mH}}{40\text{mH}} = 0.25$이다. 분자와 분모의 단위가 소거되므로 결합계수는 단위가 없으며, 계산값 0.25는 ②에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 평형 3상 Y-Δ 결선 회로에서 상전압이 200 [V]이고, 부하단의 각 상에 R=90 [Ω], X_L=120 [Ω]이 직렬로 연결되어 있을 때 3상 부하의 소비 전력[W]은?



① 480

② $480\sqrt{3}$

③ 1440

④ $1440\sqrt{3}$

정답 3번

간단한 해설

Y 전원의 상전압이 200 V이면 Δ 부하의 각 상에는 **선간전압과 같은** $200\sqrt{3}$V가 걸린다. 각 상의 소비 전력이 480 W이므로 3상 전체의 소비 전력은 **1440 W**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 부하 상전압: 그림의 왼쪽 전원은 Y 결선이고 오른쪽 부하는 Δ 결선이다. 주어진 200 V는 전원의 상전압이며, 교류 전압과 전류는 실효값으로 계산한다. 평형 Y 전원의 선간전압은 전원 상전압의 $\sqrt{3}$배이다. Δ 부하의 각 상은 두 선 사이에 연결되므로 **부하 상전압은 선간전압과 같다**. 따라서 부하 상전압은 $V_\Delta = 200\sqrt{3}\,\mathrm{V}$이다.

2. 부하 한 상의 임피던스: 저항 90 Ω과 유도 리액턴스 120 Ω이 직렬로 연결되어 있다. 임피던스는 $Z = R + jX_L$이며, 저항 성분과 리액턴스 성분은 위상이 90° 다르므로 **크기를 단순히 더하지 않는다**. 한 상의 임피던스 크기는 $|Z| = \sqrt{90^2 + 120^2} = 150\Omega$이다.

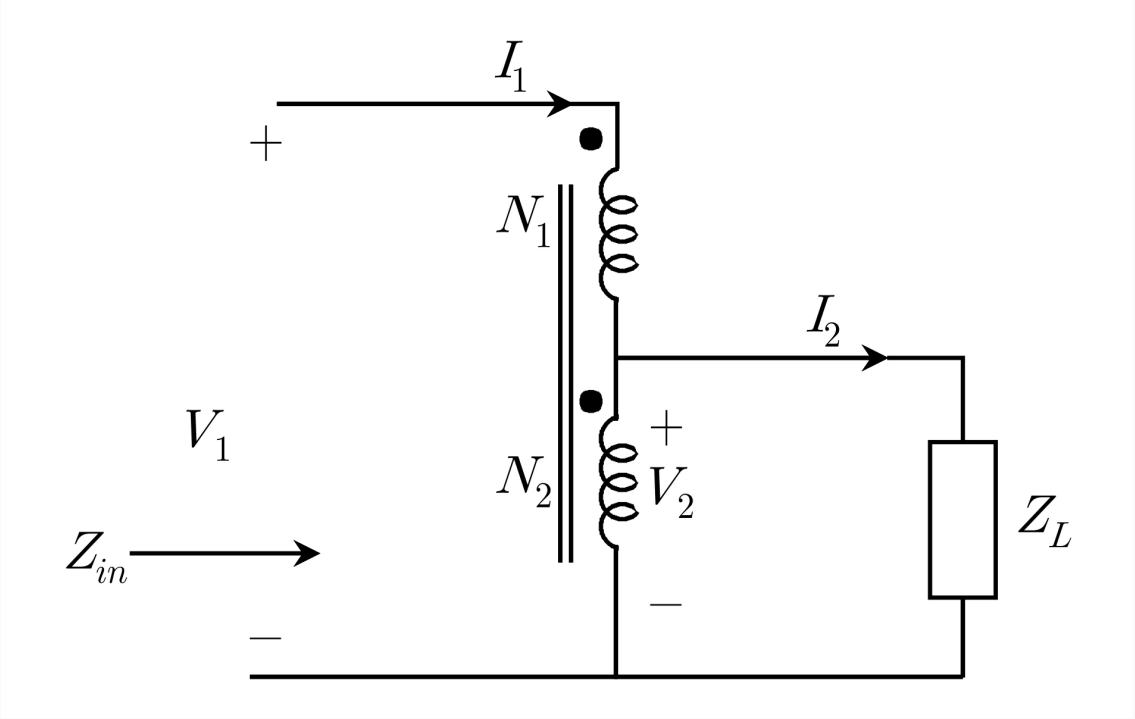
3. 부하 상전류: 각 부하 가지에 흐르는 전류는 그 가지의 전압을 임피던스 크기로 나누어 구한다. 따라서 $I_\Delta = \frac{200\sqrt{3}}{150} = \frac{4\sqrt{3}}{3}\mathrm{A}$이다. 이 값은 Δ 부하의 **한 상에 흐르는 전류**이며, 전원에서 부하로 들어가는 선전류와 구별한다.

4. 3상 소비 전력: 이상적인 유도 리액턴스의 평균 소비 전력은 0이고, 유효전력은 저항에서 소비된다. 따라서 한 상의 소비 전력은 $P_\phi = I_\Delta^2 R$이다. 이를 계산하면 $P_\phi = \left(\frac{4\sqrt{3}}{3}\right)^2 \cdot 90 = 480\mathrm{W}$이다. 평형 부하에서는 세 상의 소비 전력이 같으므로 전체 소비 전력은 P = 3 × 480 = 1440 W이다.

계산한 1440 W는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같은 회로의 이상적인 단권변압기에서 Z_{in}과 Z_L 사이의 관계식으로 옳은 것은? (단, V_1은 1차측 전압, V_2는 2차측 전압, I_1은 1차측 전류, I_2는 2차측 전류, $N_1 + N_2$는 1차측 권선수, N_2는 2차측 권선수이다.)



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

정답 1번

간단한 해설

입력은 전체 권선 $N_1 + N_2$에, 부하는 N_2 권선에 연결되어 있다. 이상적인 변압기에서 임피던스는 **권선비의 제곱**에 비례하여 변환되므로 $Z_{in} = Z_L\left(\frac{N_1+N_2}{N_2}\right)^2$이다.

NoteBase

계산 과정

전압비: 그림에서 1차측 전압 V_1은 전체 권선에 걸리고, 부하 전압 V_2는 아래쪽 N_2 권선에 걸린다. 이상적인 변압기는 각 권선에 쇄교하는 자속이 같으므로 전압이 권선수에 비례한다. 따라서 **전체 권선수와 부하측 권선수의 비**를 $a = \frac{N_1 + N_2}{N_2}$로 두면 $\frac{V_1}{V_2} = a$이다.

전류비: 중간 접속점에서 I_1과 I_2가 나뉘므로, 아래쪽 공통 권선에는 위쪽 방향을 기준으로 $I_2 - I_1$이 흐른다. 이상적인 변압기에서는 여자전류를 무시하므로 두 권선의 기자력이 상쇄되어 $N_1 I_1 = N_2(I_2 - I_1)$이다. 이를 정리하면 $(N_1 + N_2)I_1 = N_2 I_2$, 즉 $\frac{I_2}{I_1} = a$가 된다. 따라서 단자 전류는 **전압비와 역비 관계**이며 $I_1 = \frac{I_2}{a}$이다.

입력 임피던스: 임피던스는 해당 단자의 전압을 전류로 나눈 값이므로 $Z_{in} = \frac{V_1}{I_1}$, $Z_L = \frac{V_2}{I_2}$이다. 여기에 $V_1 = aV_2$와 $I_1 = \frac{I_2}{a}$를 대입하면 $Z_{in} = a^2 \frac{V_2}{I_2} = a^2 Z_L$이다. 전압은 a배, 전류는 그 역수배가 되므로 임피던스에는 a가 두 번 곱해진다. 따라서 $Z_{in} = Z_L\left(\frac{N_1 + N_2}{N_2}\right)^2$이며, ①의 관계식과 일치한다.

NoteBase

문 8. 직각좌표계의 진공 중에 균일하게 대전되어 있는 무한 $y-z$ 평면 전하가 있다. x축 상의 점에서 r만큼 떨어진 점에서의 전계 크기는?

① r^2에 반비례한다.

② r에 반비례한다.

③ r에 비례한다.

④ r과 관계없다.

정답 4번

간단한 해설

균일하게 대전된 무한 평면의 전계 크기는 면전하밀도와 진공의 유전율로 결정되며, **거리와 관계없이 일정하다**.

공통 해설

균일한 무한 평면 전하의 전계는 대칭성에 따라 평면에 수직이다. 평면을 관통하고 양쪽 밑면이 평면과 평행한 원기둥을 가우스면으로 잡으면, 옆면을 통과하는 전기선속은 없고 양쪽 밑면을 통과하는 전기선속만 생긴다. 가우스 법칙에서 밑면의 면적은 소거되며, **원기둥의 높이는 전계 크기를 결정하는 식에 들어가지 않는다**.

면전하밀도를 σ, 진공의 유전율을 ε_0라 하면 평면 밖의 전계 크기는 $E=\frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0}$이다. 따라서 주어진 균일한 무한 평면에서는 거리 r가 달라져도 전계 크기가 일정하며, 거리나 거리의 제곱에 반비례하거나 거리에 비례하지 않는다.

NoteBase

문 9. R=90[Ω], L=32[mH], C=5[μF]의 직렬회로에 전원전압 $v(t) = 750\cos(5000t + 30^\circ)$ [V]를 인가했을 때 회로의 리액턴스[Ω]는?

① 40

② 90

③ 120

④ 160

정답 3번

간단한 해설

직렬 RLC 회로의 리액턴스는 **유도성 리액턴스에서 용량성 리액턴스를 뺀 값**이다. 각각 160 Ω, 40 Ω이므로 회로의 리액턴스는 160 − 40 = 120 Ω이며 유도성이다.

계산 과정

1. 각주파수와 단위: 전원전압의 코사인 안에서 t의 계수가 각주파수이므로 $\omega = 5000\text{rad/s}$이다. 계산에 사용할 소자값은 L = 32 mH = 0.032 H, C = 5 μF = 0.000005 F이다. 전압의 진폭 750 V와 초기 위상 30°는 리액턴스 계산에 영향을 주지 않는다.

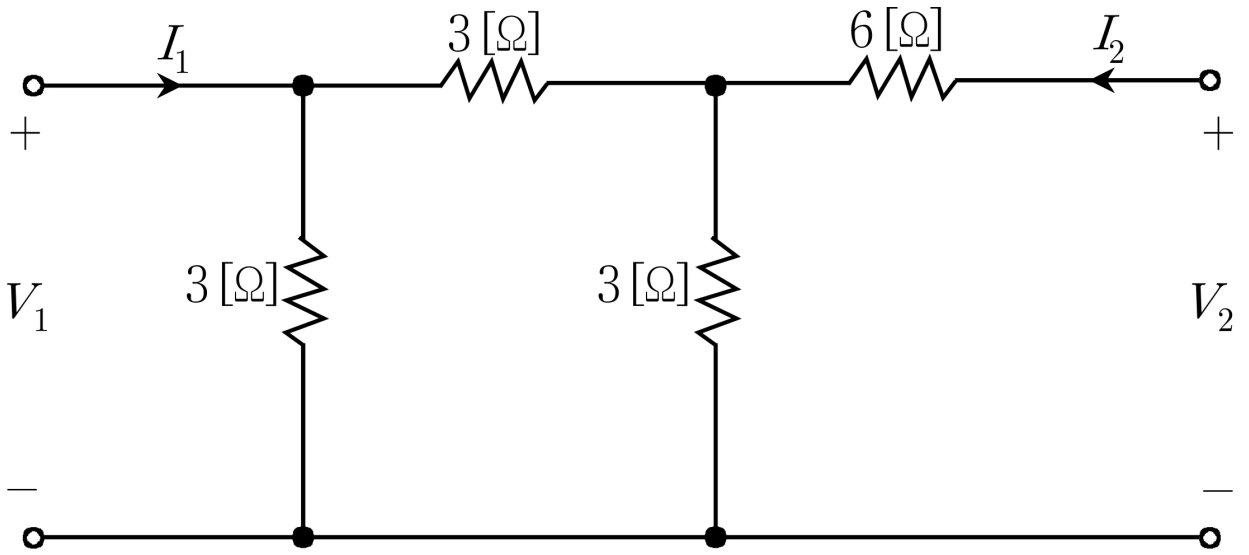
2. 유도성 리액턴스: 코일의 리액턴스 크기는 $X_L = \omega L$이다. 따라서 $X_L = 5000 \cdot 0.032 = 160\Omega$이다. 이는 코일이 해당 각주파수에서 나타내는 리액턴스이다.

3. 용량성 리액턴스: 커패시터의 리액턴스 크기는 $X_C = \frac{1}{\omega C}$이다. 값을 대입하면 $X_C = \frac{1}{5000 \cdot 0.000005} = 40\Omega$이다.

4. 전체 리액턴스: 직렬회로에서는 각 소자의 임피던스를 더한다. 코일과 커패시터의 리액턴스는 **부호가 서로 반대**이므로 $X = X_L - X_C$이다. 따라서 X = 160 − 40 = 120 Ω이다. 저항 R = 90 Ω은 임피던스의 저항 성분이므로 이 차감 계산에 넣지 않는다. 회로의 리액턴스는 유도성인 120 Ω이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 회로에서 4단자 임피던스 파라미터 행렬이 <보기>와 같이 주어질 때 파라미터 Z_{11}과 Z_{22}, 각각의 값[Ω]은?



<보기>

bmatrix V_1 \ V_2 bmatrix=bmatrix Z_11 & Z_12 \ Z_21 & Z_22 bmatrixbmatrix I_1 \ I_2 bmatrix

① 1, 9

② 2, 8

③ 3, 9

④ 6, 12

정답 2번

간단한 해설

대각 임피던스는 **반대쪽 포트를 개방**했을 때 해당 포트에서 본 합성저항이다. 이 조건에서 왼쪽 포트의 합성저항은 2 Ω, 오른쪽 포트의 합성저항은 8 Ω이므로 $Z_{11} = 2\Omega$, $Z_{22} = 8\Omega$이다.

NoteBase

계산 과정

주어진 행렬식을 풀어 쓰면 $V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$, $V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$이다. 따라서 대각 성분을 구할 때는 **다른 포트의 전류를 0으로** 놓는다. 이는 그 포트의 외부 단자를 개방한다는 뜻이며, 회로 내부의 저항을 제거한다는 뜻은 아니다.

Z_{11}: $I_2 = 0$으로 두면 오른쪽 포트가 개방되어 위쪽 6 Ω에는 전류가 흐르지 않는다. 왼쪽 포트에서 보면 왼쪽 세로 3 Ω과, 위쪽 3 Ω 및 가운데 세로 3 Ω의 직렬 경로가 병렬이다. 직렬 경로의 저항은 3 + 3 = 6 Ω이므로 $Z_{11} = \frac{V_1}{I_1}\Big|_{I_2=0} = \frac{3\cdot 6}{3+6} = 2\Omega$이다.

Z_{22}: $I_1 = 0$으로 두어도 **왼쪽 세로 3 Ω은 내부 회로에 연결된 채 남는다**. 오른쪽 포트에서 보면 위쪽 6 Ω 뒤에 두 갈래의 귀환 경로가 있다. 가운데 세로 3 Ω과, 위쪽 3 Ω 및 왼쪽 세로 3 Ω을 직렬로 거치는 6 Ω 경로이다. 두 경로의 병렬 합성저항은 $\frac{3\cdot 6}{3+6} = 2\Omega$이며, 이것이 위쪽 6 Ω과 직렬이므로 $Z_{22} = \frac{V_2}{I_2}\Big|_{I_1=0} = 6 + 2 = 8\Omega$이다.

따라서 Z_{11}, Z_{22}의 값은 각각 2 Ω, 8 Ω으로, ②의 수치와 일치한다.

NoteBase

문 11. 20[V]를 인가했을 때 400[W]를 소비하는 굵기가 일정한 원통형 도체가 있다. 체적을 변하지 않게 하고 지름이 $\frac{1}{2}$로 되게 일정한 굵기로 잡아 늘였을 때 변형된 도체의 저항 값[Ω]은?

① 10

② 12

③ 14

④ 16

정답 4번

간단한 해설

지름이 절반이면 단면적은 1/4이 되고, **체적이 일정하므로 길이는 4배**가 된다. 비저항이 일정할 때 저항은 길이에 비례하고 단면적에 반비례하므로, 처음 1 Ω인 저항은 16배인 16 Ω이 된다.

계산 과정

처음 저항: 저항에서 소비하는 전력은 $P = \frac{V^2}{R}$이므로, 전압 20 V와 소비 전력 400 W로부터 처음 저항을 구한다. $R_0 = \frac{20^2}{400} = 1\Omega$이다.

단면적 변화: 처음 지름과 단면적을 각각 d_0, A_0, 변형 후 값을 d_1, A_1이라 한다. 원의 넓이는 $A = \frac{\pi d^2}{4}$이므로 **단면적은 지름의 제곱에 비례**한다. 따라서 $d_1 = \frac{d_0}{2}$이면 $A_1 = \frac{A_0}{4}$이다.

길이 변화: 처음 길이를 l_0, 변형 후 길이를 l_1이라 한다. 굵기가 일정한 원통형 도체의 체적은 단면적과 길이의 곱이다. **체적이 변하지 않으므로** $A_0 l_0 = A_1 l_1$이고, 단면적이 1/4이 된 만큼 길이는 $l_1 = 4l_0$로 늘어난다.

변형 후 저항: 변형에 따른 비저항 ρ의 변화는 없다고 본다. 일정한 단면적의 도체에서 저항은 $R = \rho\frac{l}{A}$이므로, 길이가 4배가 되면 저항은 4배가 되고 단면적이 1/4이 되면 다시 4배가 된다. 따라서 $R_1 = \rho\frac{4l_0}{A_0/4} = 16R_0$이며, 변형 후 저항은 $16 \times 1 = 16\ \Omega$으로 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 인덕터(L)와 커패시터(C)가 병렬로 연결되어 있는 회로에서 공진 현상이 발생하였다. 이때 임피던스(Z)의 크기 변화로 옳은 것은?

① $Z = 0$ [Ω]이 된다.

② $Z = 1$ [Ω]이 된다.

③ $Z = \infty$ [Ω]가 된다.

④ 변화가 없다.

정답 3번

간단한 해설

저항 손실을 무시한 병렬 LC 회로에서는 공진 시 두 가지 전류가 상쇄되어 **전원 전류가 0**이 된다. 따라서 전원에서 본 **임피던스의 크기는 무한대**가 된다.

공통 해설

저항 손실을 무시한 이상적인 병렬 LC 회로에서는 인덕터와 커패시터에 같은 교류 전압이 걸린다. 인덕터 전류는 전압보다 위상이 90° 늦고, 커패시터 전류는 90° 빠르므로 두 전류의 위상은 서로 180° 다르다. 공진 시 두 전류의 크기가 같아져 **두 가지 전류의 합인 전원 전류가 0**이 된다. 이는 각 소자에 전류가 흐르지 않는다는 뜻이 아니라, 전원에서 공급할 전류가 없다는 뜻이다.

전원에서 본 임피던스의 크기는 전압의 크기를 전원 전류의 크기로 나눈 값인 $|Z| = \frac{|V|}{|I|}$이다. 전압이 걸려 있는데 전원 전류가 0으로 작아지므로 공진점에서 임피던스의 크기는 최대가 되며, 이상적인 회로에서는 $|Z|$가 무한대(∞ Ω)가 된다.

NoteBase

문 13. 직류전원[V], $R = 20[\mathrm{k}\Omega]$, $C = 2[\mu\mathrm{F}]$의 값을 갖고 스위치가 열린 상태의 RC 직렬회로에서 $t = 0$일 때 스위치가 닫힌다. 이때 시정수 τ [s]는?

① 1×10^{-2}

② 1×10^{4}

③ 4×10^{-2}

④ 4×10^{4}

정답 3번

간단한 해설

RC 직렬회로의 시정수는 **저항과 정전용량의 곱**인 $\tau = RC$이다. kΩ과 μF를 각각 Ω과 F로 환산하여 곱하면 시정수는 0.04 s이다.

계산 과정

시정수 τ는 회로의 전압과 전류가 정상상태에 가까워지는 빠르기를 나타내는 시간이다. 주어진 RC 직렬회로에서는 $\tau = RC$이며, 저항 R이나 정전용량 C가 클수록 충전·방전이 느려져 시정수가 커진다.

단위 환산: **저항은 Ω, 정전용량은 F**로 맞춘다. $R = 20 \cdot 10^{3}\Omega$, $C = 2 \cdot 10^{-6}\mathrm{F}$이므로 두 접두어에 따른 배율의 곱은 $10^{3} \cdot 10^{-6} = 10^{-3}$이다.

시정수 계산: $\tau = 20 \cdot 2 \cdot 10^{-3}\mathrm{s}$이므로 $\tau = 4 \cdot 10^{-2}\mathrm{s}$, 즉 0.04 s이다. Ω과 F의 곱은 시간 단위 s가 되며, 계산값은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 전압과 전류의 순시값이 아래와 같이 주어질 때 교류 회로의 특성에 대한 설명으로 옳은 것은?

$v(t) = 200\sqrt{2}\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)[V]$
$i(t) = 10\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right)[A]$

① 전압의 실효값은 $200\sqrt{2}$[V]이다.

② 전압의 파형률은 1보다 작다.

③ 전류의 파고율은 10이다.

④ 위상이 30° 앞선 진상 전류가 흐른다.

정답 4번

간단한 해설

전압의 초기 위상은 30°, 전류의 초기 위상은 60°이므로 전류가 전압보다 **30° 앞선다**. 이처럼 전압보다 위상이 앞선 전류를 진상 전류라고 한다.

선지별 해설

① X: 실효값은 같은 저항에서 동일한 평균 전력을 내는 직류값이며, 정현파에서는 **최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값**이다. 주어진 전압의 최댓값은 $200\sqrt{2}$ V이므로, 실효값은 $V_{\text{rms}} = \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 200\text{V}$이다. 선지의 값은 실효값이 아니라 최댓값이다.

② X: 파형률은 **실효값을 정류 평균값으로 나눈 비**이다. 전압의 최댓값을 V_m이라 하면, 정현파의 실효값은 $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$, 정류 평균값은 $\frac{2V_m}{\pi}$이다. 따라서 파형률은 $\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 1.11$로 1보다 크다. 여기서 평균값은 양·음의 반주기가 상쇄되는 한 주기 평균값 0이 아니라, 절댓값을 취한 파형의 평균값이다.

③ X: 파고율은 **최댓값을 실효값으로 나눈 비**이다. 주어진 전류의 최댓값은 10 A이고 실효값은 $\frac{10}{\sqrt{2}}$ A이므로, 파고율은 $\frac{10}{\frac{10}{\sqrt{2}}} = \sqrt{2} \approx 1.414$이다. 10은 전류의 최댓값을 A 단위로 나타낸 수치이며, 단위가 없는 비인 파고율이 아니다.

④ O: 두 파형은 같은 각주파수 ω를 가지므로 사인함수 안의 초기 위상을 비교한다. 전압의 초기 위상은 $\frac{\pi}{6} = 30°$, 전류의 초기 위상은 $\frac{\pi}{3} = 60°$이다. 전류와 전압의 위상차는 $60° - 30° = 30°$이다. 같은 사인함수에서 초기 위상이 더 크면 동일한 위상에 더 일찍 도달하므로, 전류는 전압보다 **30° 앞선 진상 전류**이다.

NoteBase

문 15. 두 종류의 수동 소자가 직렬로 연결된 회로에 교류 전원전압 $v(t) = 200\sin(200t + \frac{\pi}{3})$ [V]를 인가하였을 때 흐르는 전류는 $i(t) = 10\sin(200t + \frac{\pi}{6})$ [A]이다. 이때 두 소자 값은?

① $R = 10\sqrt{3}$ [Ω], $L = 0.05$ [H]

② $R = 20$ [Ω], $L = 0.5$ [H]

③ $R = 10\sqrt{3}$ [Ω], $C = 0.05$ [F]

④ $R = 20$ [Ω], $C = 0.5$ [F]

정답 1번

간단한 해설

전류가 전압보다 $\frac{\pi}{6}$만큼 늦으므로 **저항과 인덕터의 직렬회로**이다. 임피던스의 크기 20 Ω을 저항과 유도 리액턴스로 나누면 $R = 10\sqrt{3}$ Ω, L = 0.05 H를 얻는다.

계산 과정

1. 소자 종류와 각주파수: 두 파형에서 각주파수는 ω = 200 rad/s이다. 전압과 전류의 위상차는 $\phi = \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6}$이다. 전류가 전압보다 **위상이 늦으므로 유도성**이다. 저항은 전압과 전류의 위상이 같고, 커패시터는 전류가 전압보다 앞서므로, 주어진 두 종류의 소자는 저항 R과 인덕터 L이다.

2. 임피던스의 크기: 정현파 정상상태에서 임피던스의 크기는 전압과 전류의 진폭 비이다. 두 파형의 최댓값이 각각 200 V와 10 A이므로 $|Z| = \frac{200}{10} = 20\Omega$이다. **순간값이 아니라 같은 기준의 진폭**을 나누어야 한다.

3. 저항과 유도 리액턴스: 직렬 R-L 회로의 임피던스는 $Z = R + jX_L$이므로, R은 임피던스의 실수 성분이고 X_L은 유도 리액턴스이다. 위상차를 이용하면 $R = |Z|\cos\phi$이므로 $R = 20\cos\frac{\pi}{6} = 10\sqrt{3}\Omega$이다. 또한 $X_L = |Z|\sin\phi$이므로 $X_L = 20\sin\frac{\pi}{6} = 10\Omega$이다.

4. 인덕턴스: 유도 리액턴스는 $X_L = \omega L$이므로, **리액턴스를 각주파수로 나누어** 인덕턴스를 구한다. $L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{10}{200} = 0.05$H이다. 따라서 두 소자 값은 $R = 10\sqrt{3}$ Ω과 L = 0.05 H로, ①에 해당한다.

NoteBase

문 16. 진공 중에 두 개의 긴 직선도체가 6[cm]의 거리를 두고 평행하게 놓여있다. 각 도체에 10[A], 15[A]의 전류가 같은 방향으로 흐르고 있을 때 단위 길이 당 두 도선 사이에 작용하는 힘[N/m]은? (단, 진공 중의 투자율 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$이다)

① 5.0×10^{-5}

② 5.0×10^{-4}

③ 3.3×10^{-3}

④ 4.1×10^{2}

정답 2번

간단한 해설

긴 평행 도선 사이의 단위 길이당 힘은 **두 전류의 곱에 비례하고 거리에 반비례**한다. 6 cm를 0.06 m로 환산하여 계산하면 $5.0 \cdot 10^{-4}$N/m이며, 전류가 같은 방향이므로 서로 끌어당긴다.

계산 과정

조건 정리: 두 도선의 전류는 $I_1 = 10$A, $I_2 = 15$A이고, 도선 사이 거리는 d = 6 cm = 0.06 m이다. 투자율을 SI 단위로 사용하므로 **거리도 m 단위로 환산**한다. 구하는 값은 전체 힘 F가 아니라 단위 길이당 힘 F/ℓ이다.

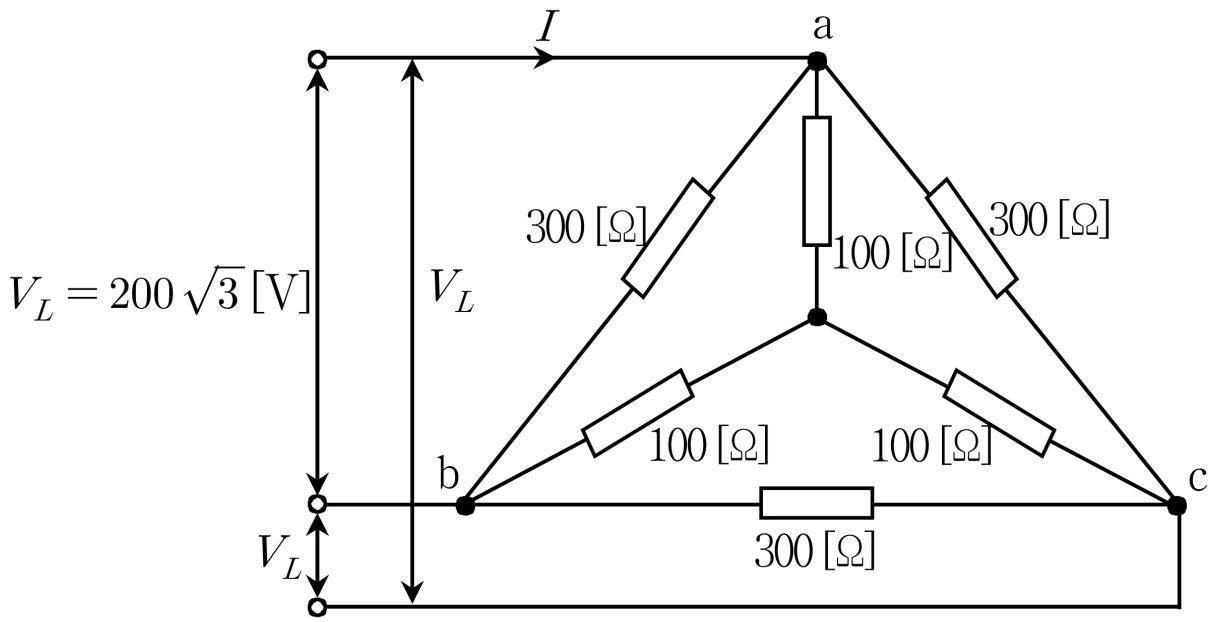
공식 적용: 긴 직선도선이 거리 d인 곳에 만드는 자속밀도는 $B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}$이다. 이 자기장은 다른 도선의 전류 방향과 수직이므로, 그 도선의 길이 ℓ에 작용하는 힘은 $F = I_2 \ell B$이다. 따라서 $\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$를 적용한다.

수치 계산: 주어진 투자율을 이용하면 $\frac{\mu_0}{2\pi} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} = 2 \cdot 10^{-7}$이다. 이를 대입하면 $\frac{F}{\ell} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{10 \cdot 15}{0.06}$이고, 계산 결과는 $5.0 \cdot 10^{-4}$N/m이다.

결과 해석: 두 전류가 **같은 방향**이므로 힘은 서로 끌어당기는 인력이다. 단위 길이당 힘의 크기 $5.0 \cdot 10^{-4}$N/m는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 300 [Ω]과 100 [Ω]의 저항성 임피던스를 그림과 같이 회로에 연결하고 대칭 3상 전압 $V_L = 200\sqrt{3}$ [V]를 인가하였다. 이 때 회로에 흐르는 전류 / [A]는?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 4번

간단한 해설

300 Ω의 Δ결선을 Y결선으로 바꾸면 각 상이 100 Ω이 되어, 기존 100 Ω과 병렬로 연결된 **상당 등가저항은 50 Ω**이다. 상당 전압이 200 V이므로 선전류는 4 A이다.

NoteBase

계산 과정

회로의 구성: 바깥쪽 300 Ω 저항 세 개는 a·b·c 사이에 연결된 Δ결선이고, 안쪽 100 Ω 저항 세 개는 공통점에서 만나는 Y결선이다. 각 결선의 세 저항이 같으므로 평형 부하이며, 구하는 I는 a상 전원선에 흐르는 선전류이다.

Δ-Y 변환: 바깥쪽 Δ결선을 단자 a·b·c에서 전기적으로 같은 Y결선으로 바꾼다. 세 저항이 같은 Δ결선에서는 **Y결선의 상당 저항이 Δ결선 저항의 1/3**이므로, 변환한 각 상의 저항은 $R_Y = \frac{300}{3} = 100\Omega$이다.

상당 등가저항: 변환한 Y결선과 기존 Y결선은 모두 평형이므로 두 중성점의 전위가 같다. 따라서 각 상의 100 Ω 두 개를 병렬로 합칠 수 있다. 상당 등가저항은 $R_{\text{eq}} = \frac{100 \cdot 100}{100 + 100} = 50\Omega$이다.

상당 전압: Y결선에서 각 상에 걸리는 전압은 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배이다. 따라서 $V_{\text{ph}} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{200\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = 200\text{V}$이다.

선전류: 등가회로가 Y결선이므로 **선전류와 상전류가 같다**. 옴의 법칙을 적용하면 $I = \frac{V_{\text{ph}}}{R_{\text{eq}}} = \frac{200}{50} = 4\text{A}$이다. 이 값은 ④의 4 A에 해당한다.

NoteBase

문 18. 부하 양단 전압이 $v(t) = 60\cos(\omega t - 10°)$ [V]이고 부하에 흐르는 전류가 $i(t) = 1.5\cos(\omega t + 50°)$ [A]일 때 복소전력 S[VA]와 부하 임피던스 Z[Ω]는?

① S[VA]: $45\angle 40°$, Z[Ω]: $40\angle 60°$

② S[VA]: $45\angle 40°$, Z[Ω]: $40\angle -60°$

③ S[VA]: $45\angle -60°$, Z[Ω]: $40\angle 60°$

④ S[VA]: $45\angle -60°$, Z[Ω]: $40\angle -60°$

정답 4번

간단한 해설

전류가 전압보다 60° 앞서므로 복소전력과 임피던스의 위상각은 모두 **−60°**이다. 복소전력은 **실효값의 곱**으로 크기를 구하므로 $S = 45\angle(-60^\circ)$VA, 전압과 전류의 비로 구한 임피던스는 $Z = 40\angle(-60^\circ)$Ω이다.

계산 과정

실효값 페이저: 주어진 코사인 함수의 계수 60 V와 1.5 A는 **최댓값**이다. 정현파의 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이며, 위상각은 그대로 유지된다. 실효값 페이저를 V와 I로 쓰면 $V = \frac{60}{\sqrt{2}}\angle(-10^\circ)$V, $I = \frac{1.5}{\sqrt{2}}\angle 50^\circ$ A이다.

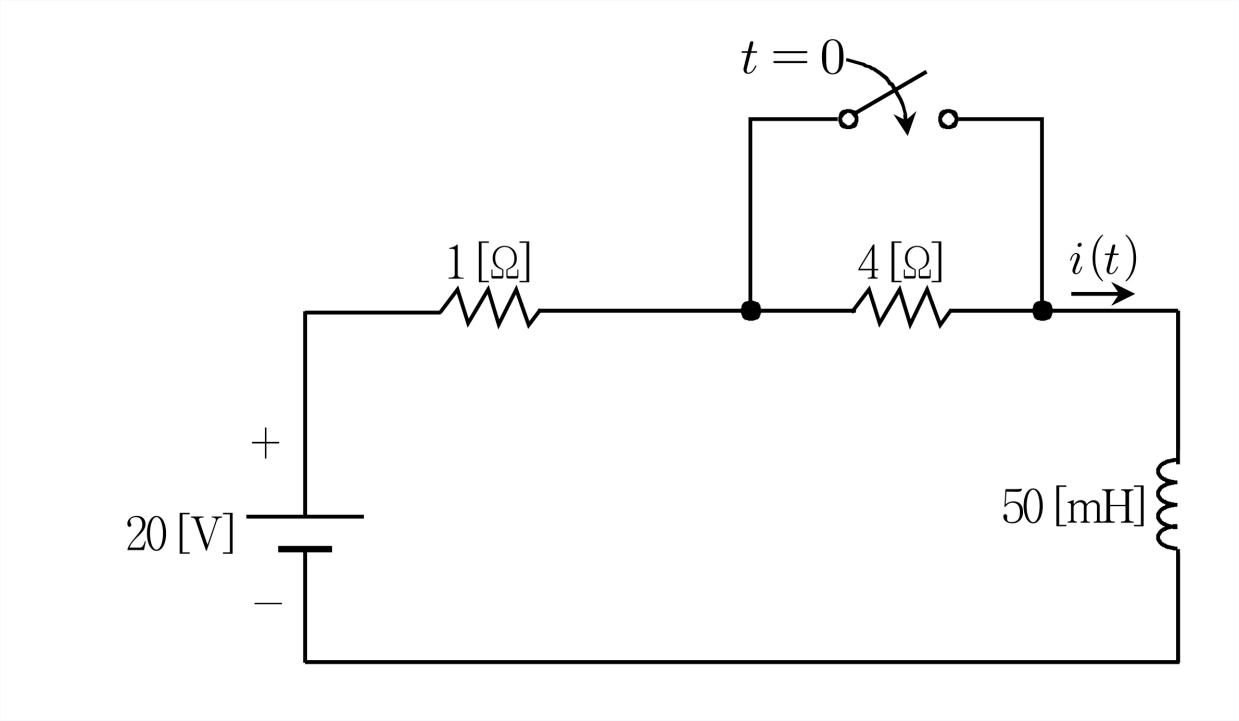
복소전력 S: 부하가 흡수하는 복소전력은 $S = VI^*$로 구한다. 별표는 켤레복소수를 뜻하므로 **전류의 위상각을 반전**하여 전압과 곱한다. 크기는 $|S| = \frac{60 \cdot 1.5}{2} = 45$VA이고, 위상각은 $-10^\circ - 50^\circ = -60^\circ$이다. 따라서 $S = 45\angle(-60^\circ)$VA이다.

부하 임피던스 Z: 페이저 형태의 옴의 법칙에 따라 $Z = \frac{V}{I}$이다. 전압과 전류의 실효값에 공통으로 들어 있는 $\sqrt{2}$가 약분되므로 크기는 $|Z| = \frac{60}{1.5} = 40$Ω이다. 위상각은 **전압의 위상각에서 전류의 위상각을 뺀 값**인 $-10^\circ - 50^\circ = -60^\circ$이다. 따라서 $Z = 40\angle(-60^\circ)$Ω이다.

구한 $S = 45\angle(-60^\circ)$VA와 $Z = 40\angle(-60^\circ)$Ω의 조합은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 회로에서 스위치는 긴 시간 동안 개방되어 있다가 $t = 0$에서 닫힌다. $t \geq 0$에서 인덕터에 흐르는 전류 $i(t)$[A]는?



① $20 - 16e^{-10t}$

② $20 - 16e^{-20t}$

③ $20 - 24e^{-10t}$

④ $20 - 24e^{-20t}$

정답 2번

간단한 해설

인덕터 전류는 **스위칭 순간에도 연속**이므로 4 A에서 시작해 20 A로 증가한다. 스위치를 닫으면 4 Ω 저항이 단락되어 시정수는 0.05 s가 되므로, 전류는 $i(t) = 20 - 16e^{-20t}$ [A]이다.

NoteBase

계산 과정

초기 전류: 스위치를 열어 둔 채 충분히 시간이 지났으므로 직류 정상상태이며, 이상적인 인덕터는 단락으로 취급한다. 이때 1 Ω과 4 Ω이 직렬이므로 $i(0^-) = \frac{20}{1+4} = 4$ A이다. **인덕터 전류는 순간적으로 변할 수 없으므로** $i(0^+) = 4$ A이다. 전류의 양의 방향은 그림의 화살표 방향이다.

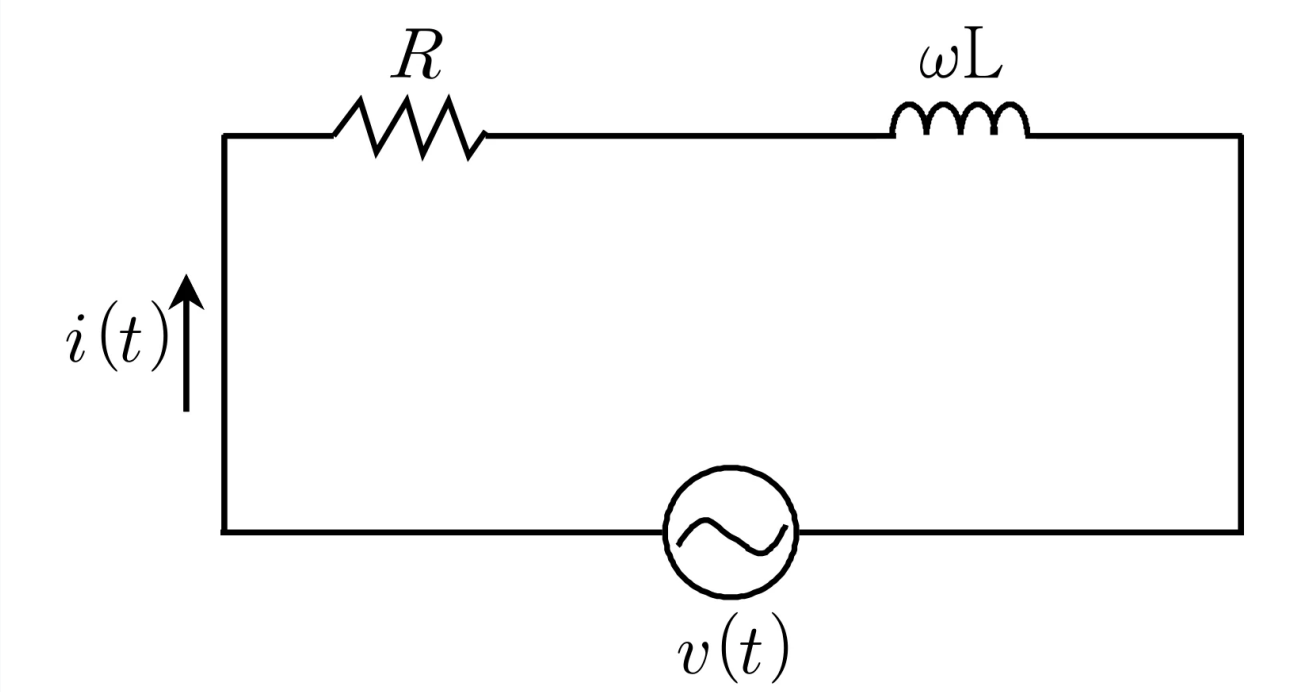
최종 전류: 스위치가 닫히면 **4 Ω 저항의 양단이 도선으로 연결**되어 이 저항은 단락된다. 이후 충분히 시간이 지나면 인덕터도 단락으로 취급하므로, 전원에는 1 Ω만 연결된 것과 같다. 따라서 $i(\infty) = \frac{20}{1} = 20$ A이다.

시정수: $t \geq 0$인 회로에서 독립 전압원을 단락시키고 인덕터 단자에서 본 등가저항을 구한다. 4 Ω은 닫힌 스위치에 의해 단락되어 있으므로 $R_{eq} = 1\Omega$이다. 인덕턴스는 50 mH = 0.05 H이므로 $\tau = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{0.05}{1} = 0.05$ s이다. 이는 최종 전류와의 차이가 처음 차이의 e^{-1}배로 줄어드는 시간이다.

전류식: 직류 전원에 연결된 1차 RL 회로의 전류는 최종값에 지수적으로 접근한다. 최종값과의 차이를 $\Delta i(t) = i(t) - i(\infty)$라 하면 $\Delta i(t) = \Delta i(0^+)e^{-t/\tau}$이다. 처음 차이는 4 − 20 = −16 A이고, $\frac{1}{\tau} = 20\text{s}^{-1}$이므로 $i(t) = 20 - 16e^{-20t}$ [A]이다. 이 식은 $t \geq 0$에서 적용되며 ②의 식과 일치한다.

NoteBase

문 20. 그림과 같은 회로에 $R = 3[\Omega]$, $\omega L = 1[\Omega]$을 직렬 연결한 후 $v(t) = 100\sqrt{2}\sin\omega t + 30\sqrt{2}\sin 3\omega t[V]$의 전압을 인가했을 때 흐르는 전류 $i(t)$의 실효값[A]은?



① $4\sqrt{3}$

② $5\sqrt{5}$

③ $5\sqrt{42}$

④ $6\sqrt{17}$

정답 3번

간단한 해설

코일의 리액턴스는 주파수에 비례하므로 **제3고조파에서는 3 Ω**이 된다. 기본파와 제3고조파 전류는 실효값을 제곱하여 더한 뒤 제곱근을 취하므로, 전체 전류의 실효값은 $5\sqrt{42}$ A이다.

NoteBase

계산 과정

그림은 저항과 코일의 직렬 회로이다. 정상상태에서 기본파와 제3고조파에 대한 전류를 각각 구한 뒤 합성한다. 정현파의 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이므로, 주어진 전압의 기본파 실효값은 $V_1 = 100\,\mathrm{V}$, 제3고조파 실효값은 $V_3 = 30\,\mathrm{V}$이다.

기본파 전류: 각주파수가 ω일 때 코일의 리액턴스는 $1\,\Omega$이다. 저항과 유도 리액턴스에 의한 전압은 위상이 $90°$ 다르므로, 직렬 회로의 임피던스 크기는 $|Z_1| = \sqrt{3^2 + 1^2} = \sqrt{10}\,\Omega$이다. 따라서 기본파 전류의 실효값은 $I_1 = \frac{100}{\sqrt{10}} = 10\sqrt{10}\,\mathrm{A}$이다.

제3고조파 전류: 각주파수가 3ω이므로 **코일의 리액턴스도 기본파의 3배**가 되어 $3\omega L = 3\,\Omega$이다. 저항은 그대로 $3\,\Omega$이므로 $|Z_3| = \sqrt{3^2 + 3^2} = 3\sqrt{2}\,\Omega$이다. 따라서 제3고조파 전류의 실효값은 $I_3 = \frac{30}{3\sqrt{2}} = 5\sqrt{2}\,\mathrm{A}$이다.

전체 전류의 실효값: 서로 다른 고조파 전류의 곱은 기본파 한 주기 동안 평균하면 0이 된다. 따라서 각 전류의 위상 지연이 달라도 **실효값의 제곱을 더한다**. 즉, $I^2 = I_1^2 + I_3^2 = 1000 + 50 = 1050$이므로 $I = \sqrt{1050} = 5\sqrt{42}\,\mathrm{A}$이다. 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase