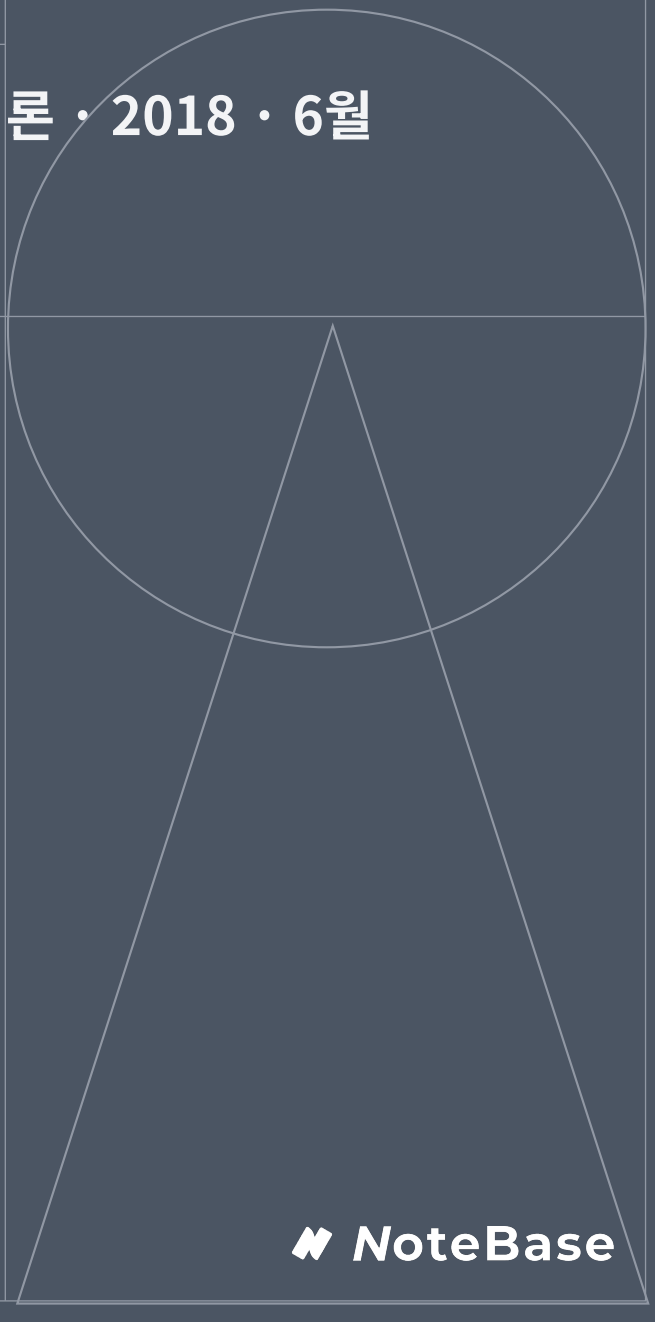
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2018 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2018 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기이론 · 2018 · 6월

문 1. 개방 단자 전압이 12[V]인 자동차 배터리가 있다. 자동차 시동을 걸 때 배터리가 0.5[Ω]의 부하에 전류를 공급하면서 배터리 단자 전압이 10[V]로 낮아졌다면 배터리의 내부 저항값[Ω]은?

① 0.1

② 0.15

③ 0.2

④ 0.25

정답 1번

간단한 해설

부하를 연결할 때 낮아진 2 V는 **내부 저항에서 발생한 전압 강하**이다. 부하 전류가 20 A이므로 내부 저항은 $r = \frac{2}{20} = 0.1\Omega$이다.

계산 과정

배터리를 기전력 E와 내부 저항 r이 직렬로 연결된 회로로 본다. 개방 상태에서는 전류가 흐르지 않아 내부 저항의 전압 강하가 없으므로 E = 12 V이다. 부하에 전류 I를 공급할 때는 내부 저항에서 전압이 낮아져 단자 전압 V가 $V = E - Ir$이 된다.

부하 전류: 부하 저항 R = 0.5 Ω에 걸리는 전압은 **부하 연결 후의 단자 전압 10 V**이다. 옴의 법칙을 적용하면 $I = \frac{V}{R} = \frac{10}{0.5} = 20\text{A}$이다. 내부 저항과 부하는 직렬이므로 내부 저항에도 이 전류가 흐른다.

내부 저항: 내부 저항의 전압 강하는 기전력과 단자 전압의 차이인 12 − 10 = 2 V이다. 이 전압 강하가 Ir이므로 $r = \frac{E - V}{I} = \frac{12 - 10}{20} = 0.1\Omega$이다.

계산한 내부 저항 0.1 Ω은 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 특이함수(스위칭함수)에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보기>

ㄱ. 특이함수는 그 함수가 불연속이거나 그 도함수가 불연속인 함수이다.

ㄴ. 단위계단함수 $u(t)$는 t가 음수일 때 -1, t가 양수일 때 1의 값을 갖는다.

ㄷ. 단위임펄스함수 $\delta(t)$는 $t=0$ 외에는 모두 0이다.

ㄹ. 단위램프함수 $r(t)$는 t의 값에 상관없이 단위 기울기를 갖는다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄷ, ㄹ

정답 2번

간단한 해설

단위계단함수는 시간이 음수일 때 **−1이 아니라 0**이다. 단위램프함수는 **시간이 양수인 구간에서만 기울기가 1**이고, 음수인 구간에서는 값과 기울기가 모두 0이다.

NoteBase

보기별 해설

ㄱ. O: 특이함수는 함수 자체가 불연속이거나 그 도함수가 불연속인 함수로, 회로의 스위칭처럼 값이나 기울기가 갑자기 바뀌는 현상을 표현한다. 예를 들어 단위계단함수는 원점에서 **함수값이 불연속**이고, 단위램프함수는 연속이지만 원점의 양쪽에서 기울기가 달라 도함수가 불연속이다.

ㄴ. X: 단위계단함수 $u(t)$는 $t < 0$에서 0, $t > 0$에서 1이다. 따라서 음수 시간에서의 값은 **−1이 아니라 0**으로 고쳐야 한다. 음수 구간에서 −1, 양수 구간에서 1인 함수는 부호함수이다. 원점에서의 값은 정의 관례에 따라 달라질 수 있으나, 이 보기의 판단에는 영향을 주지 않는다.

ㄷ. O: 단위임펄스함수 $\delta(t)$는 **원점 이외의 모든 시간에서 0**이며, 원점에 순간적으로 집중된 입력을 나타낸다. 전체 시간에 걸친 적분값, 즉 면적은 1이다. 따라서 원점 이외에서는 모두 0이라는 설명과 면적이 1이라는 성질은 서로 모순되지 않는다.

ㄹ. X: 단위램프함수는 $r(t) = tu(t)$로 나타내며, $t < 0$에서는 0, $t > 0$에서는 t이다. 따라서 **음수 구간에서는 기울기가 0, 양수 구간에서는 기울기가 1**이다. 원점에서는 양쪽 기울기가 달라 미분할 수 없으므로, 시간의 값에 상관없이 단위 기울기를 갖는다는 설명은 성립하지 않는다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄷ이므로 ②의 조합에 해당한다.

NoteBase

문 3. 공장의 어떤 부하가 단상 220V/60Hz 전력선으로부터 0.5의 지상 역률로 22kW를 소비하고 있다. 이때 공장으로 유입되는 전류의 실횻값[A]은?

① 50

② 100

③ 150

④ 200

정답 4번

간단한 해설

단상 교류의 유효전력은 전압과 전류의 실횻값을 곱한 값에 **역률을 곱한 값**이다. 소비전력 22 kW와 역률 0.5를 반영하면 유입 전류의 실횻값은 200 A이다.

계산 과정

소비전력은 유효전력 P = 22 kW = 22,000 W이고, 전압의 실횻값은 V = 220 V, 역률은 k = 0.5이다. '지상'은 전류의 위상이 전압보다 늦다는 뜻이며, 전류의 크기를 계산할 때는 주어진 역률 0.5를 사용한다.

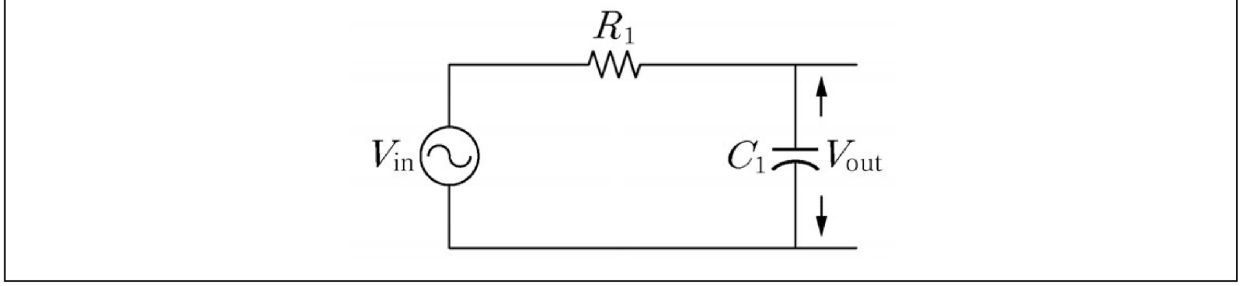
단상 교류에서 전압과 전류의 실횻값을 곱한 피상전력은 $S = VI$이고, 역률은 $k = \frac{P}{S}$이다. 따라서 **유효전력과 역률의 관계**는 $P = VIk$이며, 구하려는 전류는 $I = \frac{P}{Vk}$로 계산한다.

수치를 대입하면 $I = \frac{22000}{220 \cdot 0.5} = 200\text{A}$이다. 이는 유효전력 22 kW를 역률 0.5로 공급할 때 필요한 전류의 실횻값이며, ④의 200 A에 해당한다.

NoteBase

문 4. <보기>와 같은 필터 회로에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 입력전압 V_{in}의 주파수가 0일 때 출력전압 V_{out}은 0이다.

② 입력전압 V_{in}의 주파수가 무한대이면 출력전압 V_{out}은 V_{in}과 같다.

③ 필터회로의 차단주파수는 $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1}}$ [Hz]이다.

④ 차단주파수에서 출력전압은 입력전압보다 위상이 45 ° 뒤진다.

정답 4번

간단한 해설

이 회로는 커패시터 양단에서 출력을 얻는 **RC 저역통과 필터**이다. 차단주파수에서는 저항과 용량성 리액턴스의 크기가 같아져 출력전압의 위상이 입력전압보다 **45° 뒤진다**.

NoteBase

선지별 해설

그림에서 저항 R_1과 커패시터 C_1은 직렬로 연결되어 있고, 출력은 커패시터 양단의 전압이다. 각주파수를 $\omega = 2\pi f$라 하면 커패시터의 임피던스는 $Z_C = \frac{1}{j\omega C_1}$이다. 전압분배 법칙에 따라 전압 전달비 $H = \frac{V_{out}}{V_{in}}$는 $H = \frac{1}{1 + j\omega R_1 C_1}$이므로, 낮은 주파수는 통과시키고 높은 주파수는 감쇠시키는 저역통과 필터이다.

① X: 주파수가 0인 직류의 정상상태에서는 커패시터가 개방회로처럼 동작하여 전류가 흐르지 않는다. 따라서 저항의 전압강하가 0이 되어 **출력전압은 입력전압과 같다**. 즉, $V_{out} = V_{in}$이다.

② X: 주파수가 커질수록 용량성 리액턴스 $X_C = \frac{1}{2\pi f C_1}$는 작아진다. 주파수가 무한대로 가면 커패시터가 단락회로에 가까워지므로, 커패시터 양단의 **출력전압은 0으로 수렴한다**. 입력전압과 같아지는 것은 저주파 쪽의 특성이다.

③ X: 차단주파수는 전압 전달비의 크기가 저주파 통과대역 값의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배가 되는 주파수이다. 이 회로에서는 $|H| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega R_1 C_1)^2}}$이므로 차단 조건은 $\omega_c R_1 C_1 = 1$이다. 따라서 $f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$ [Hz]이며, 분모에는 **저항과 정전용량의 곱**이 들어간다. 선지처럼 그 곱에 제곱근을 씌우지 않는다.

④ O: 차단주파수에서는 $\omega_c R_1 C_1 = 1$이므로 전달비는 $H(f_c) = \frac{1}{1 + j}$이다. 분모 $1 + j$의 위상각이 45°이고 분자의 위상각은 0°이므로 전달비의 위상각은 −45°이다. 따라서 출력전압은 입력전압보다 **위상이 45° 뒤진다**.

NoteBase

문 5. 반경이 a, $b(b > a)$인 두 개의 동심도체 구껍질(spherical shell)로 구성된 구 커패시터의 정전용량은?

① $\frac{2\pi\varepsilon}{a-b}$
② $\frac{4\pi\varepsilon}{a-b}$
③ $\frac{2\pi\varepsilon}{\frac{1}{a}-\frac{1}{b}}$
④ $\frac{4\pi\varepsilon}{\frac{1}{a}-\frac{1}{b}}$

정답 4번

간단한 해설

구 커패시터의 두 도체 사이 전위차는 **반경의 역수 차**에 비례한다. 정전용량은 전하량을 전위차로 나눈 값이므로 $C = \frac{4\pi\varepsilon}{1/a - 1/b}$이다.

계산 과정

두 구껍질 사이의 유전율을 ε, 안쪽 도체의 전하량을 Q, 중심에서의 거리를 r라 하자. 구대칭이므로 $a < r < b$인 구면에서 전기장의 크기는 일정하다. 가우스 법칙 $E(r) \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\varepsilon}$에 따라 $E(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}$이다. 이때 **구면의 넓이**가 전기장 식의 계수와 거리 의존성을 결정한다.

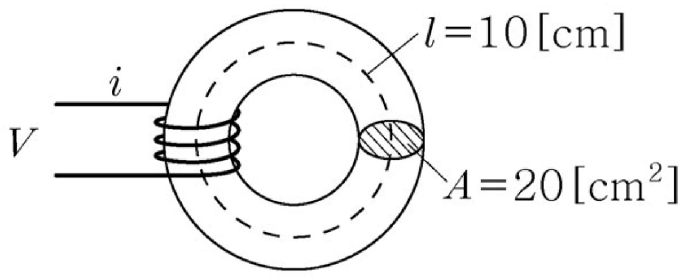
안쪽 도체와 바깥쪽 도체의 전위차 V는 두 도체 사이의 전기장을 적분하여 구한다. $V = \int_a^b E(r)dr$이므로 $V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right)$이다. 전기장이 거리의 제곱에 반비례하므로, 적분 결과에는 단순한 반경 차가 아니라 **반경의 역수 차**가 나타난다.

정전용량의 정의 $C = \frac{Q}{V}$에 전위차를 대입하면 $C = \frac{4\pi\varepsilon}{1/a - 1/b}$이다. $b > a$이므로 분모는 양수이며, 반경을 m, 유전율을 F/m로 나타내면 정전용량의 단위는 F이다. 이 식은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 6. <보기>와 같이 평균길이가 10 cm, 단면적이 20 cm^2, 비투자율이 1,000인 철심에 도선이 100회 감겨있고, 60 Hz의 교류 전류 2 A (실효치)가 흐르고 있을 때, 전압 V의 실효치[V]는? (단, 도선의 저항은 무시하며, μ_0는 진공의 투자율이다.)

<보기>



① $12\pi \times 10^6\mu_0$

② $24\pi \times 10^6\mu_0$

③ $36\pi \times 10^6\mu_0$

④ $48\pi \times 10^6\mu_0$

정답 4번

간단한 해설

도선의 저항을 무시하면 전압의 실효치는 **유도 리액턴스와 전류 실효치의 곱**인 $V = 2\pi fLI$로 구한다. 철심의 치수와 투자율로 구한 인덕턴스를 적용하면 $V = 48\pi \times 10^6\mu_0$V이다.

NoteBase

계산 과정

조건과 단위: 그림의 점선은 철심의 평균 자로이며, 그 길이는 $l = 0.1\text{m}$이다. 단면적은 $A = 20 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-3}\text{m}^2$이고, 권수는 N = 100회이다. **비투자율은 진공 투자율에 대한 비**이므로 철심의 투자율은 $\mu = \mu_r \mu_0 = 1000\mu_0$이다. 주파수는 f = 60 Hz, 전류 실효치는 I = 2 A이다.

인덕턴스: 공극 없는 환상 철심에 평균 자로 길이를 적용하면 자계의 세기는 $H = \frac{NI}{l}$이고, 자속은 $\Phi = \mu HA$이다. 인덕턴스는 **쇄교자속을 전류로 나눈 값**이므로 $L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{\mu N^2 A}{l}$이다. 따라서 $L = \frac{1000\mu_0 \cdot 100^2 \cdot (2 \times 10^{-3})}{0.1}$, 즉 $L = 2 \times 10^5 \mu_0\text{H}$이다. 이 값은 주어진 철심과 권선이 만드는 자기유도 특성을 나타낸다.

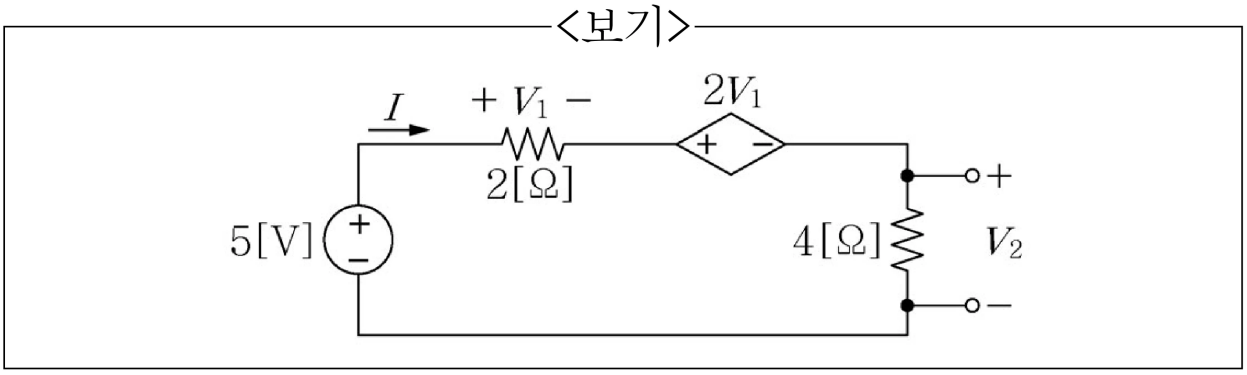
전압 실효치: 도선의 저항을 무시하므로 코일을 순수 인덕턴스로 다룬다. 정현파 교류에서 유도 리액턴스는 $X_L = 2\pi f L$이고, 전압과 전류의 실효치 사이에는 $V = X_L I$가 성립한다. 따라서 $V = 2\pi \cdot 60 \cdot (2 \times 10^5 \mu_0) \cdot 2$ 이므로 $V = 48\pi \times 10^6 \mu_0\text{V}$이다. **주어진 전류가 이미 실효치**이므로 최대값으로 바꾸는 계수는 곱하지 않는다.

계산한 전압 실효치는 ④의 $48\pi \times 10^6 \mu_0$에 해당한다.

NoteBase

문 7. <보기>와 같이 종속전압원을 갖는 회로에서 V_2 전압[V]은?

<보기>



① 1

② 1.5

③ 2

④ 3

정답 3번

간단한 해설

종속전압원도 전류 방향으로 **전압강하**를 만들므로, 5 V는 두 저항과 종속전압원의 전압강하 합과 같다. 이를 적용하면 전류는 0.5 A이고, 4 Ω 저항의 전압 V_2는 2 V이다.

계산 과정

1. 저항 전압과 전류의 관계: 회로는 분기 없는 단일 폐회로이므로 두 저항에는 같은 전류 I가 흐른다. 그림의 전류 방향과 전압 극성에 옴의 법칙을 적용하면 $V_1 = (2\Omega)I$, $V_2 = (4\Omega)I$이다.

2. 폐회로 전압식: 시계 방향으로 한 바퀴 돌면 5 V 전원에서는 −극에서 +극으로 지나므로 전압이 상승한다. 종속전압원에서는 **+극에서 −극으로** 지나므로 $2V_1$만큼 전압이 강하한다. 키르히호프 전압 법칙에 따라 $5\text{V} - V_1 - 2V_1 - V_2 = 0$이다. 저항 전압을 대입하면 $5\text{V} = (2 + 4 + 4)\Omega \cdot I$이므로 $I = \frac{5\text{V}}{10\Omega} = 0.5\text{A}$이다.

3. 요구 전압 계산: V_2는 4 Ω 저항의 위쪽을 +로 잡은 전압이다. 전류가 위에서 아래로 흐르므로 $V_2 = (4\Omega) \cdot (0.5\text{A}) = 2\text{V}$이다. 이는 ③의 2 V에 해당한다.

NoteBase

문 8. 자유공간에 놓여 있는 1cm 두께의 합성수지판 표면에 수직 방향(법선방향)으로 외부에서 전계 E_0 [V/m]를 가하였을 경우에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은? (단, 합성수지판의 비유전율은 $\varepsilon_r = 2.5$이며, ε_0는 자유공간의 유전율이다.)

① 합성수지판 내부의 전속밀도는 $\varepsilon_0 E_0$ [C/m^2]이다.

② 합성수지판 내부의 전계의 세기는 $0.4E_0$ [V/m]이다.

③ 합성수지판 내부의 분극 세기는 $0.5\varepsilon_0 E_0$ [C/m^2]이다.

④ 합성수지판 외부에서 분극 세기는 0이다.

정답 3번

간단한 해설

③의 분극 세기는 $0.5\varepsilon_0 E_0$가 아니라 $0.6\varepsilon_0 E_0$ **[C/m^2]**이다. 분극 세기는 전속밀도에서 내부 전계에 의한 자유공간 성분을 뺀 $P = D - \varepsilon_0 E$로 구한다.

선지별 해설

① O: 자유 표면전하가 없는 유전체 경계에서는 **전속밀도의 법선 성분이 연속**이다. 외부 전계가 판에 수직이므로 자유공간의 전속밀도는 $D_0 = \varepsilon_0 E_0$이고, 판 내부에서도 $D = D_0 = \varepsilon_0 E_0$ [C/m^2]이다.

② O: 유전체 내부에서는 $D = \varepsilon E$이고, 유전율은 $\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0 = 2.5\varepsilon_0$이다. 따라서 $E = \frac{D}{\varepsilon} = \frac{E_0}{2.5} = 0.4E_0$ [V/m]이다. 분극으로 생긴 전계가 외부 전계를 일부 상쇄하여 **내부 전계가 감소**한다.

③ X: 분극 세기 P는 유전체의 단위 부피당 전기쌍극자 모멘트이며, 전속밀도와 내부 전계 사이에는 $D = \varepsilon_0 E + P$의 관계가 있다. 따라서 $P = D - \varepsilon_0 E$에 앞의 값을 넣으면 $P = \varepsilon_0 E_0 - 0.4\varepsilon_0 E_0$이다. 내부 분극 세기는 $0.6\varepsilon_0 E_0$ **[C/m^2]**이므로, 선지의 계수 0.5를 0.6으로 고쳐야 한다.

④ O: 판 외부는 자유공간이므로 **유전체의 분극이 없다**. 자유공간에서는 $D = \varepsilon_0 E$이므로 $P = D - \varepsilon_0 E = 0$이다. 판의 분극이 외부 전계에 영향을 줄 수 있다는 것과 자유공간 자체가 분극된다는 것은 구별해야 한다.

NoteBase

문 9. 15[F]의 정전용량을 가진 커패시터에 270[J]의 전기에너지를 저장할 때, 커패시터 전압[V]은?

① 3

② 6

③ 9

④ 12

정답 2번

간단한 해설

커패시터에 저장되는 에너지는 **전압의 제곱에 비례**하며, $W = \frac{1}{2}CV^2$이다. 정전용량 15 F에 에너지 270 J를 저장하는 전압의 크기는 **6 V**이다.

계산 과정

정전용량 C = 15 F, 저장 에너지 W = 270 J이다. 정전용량이 일정한 커패시터의 전기장에 저장되는 에너지는 $W = \frac{1}{2}CV^2$이므로, 이 관계에서 전압 V를 구한다. 주어진 값은 J와 F 단위이므로 단위 변환은 필요 없다.

전압의 제곱을 구하면 $V^2 = \frac{2W}{C}$이다. 값을 대입하면 $V^2 = \frac{2 \cdot 270}{15} = 36\text{V}^2$이므로, 36은 전압 자체가 아니라 **전압을 제곱한 값**이다.

전압의 크기를 묻는 것이므로 양의 제곱근을 취하여 $V = \sqrt{36} = 6\text{V}$를 얻는다. 이는 ②의 6 V에 해당한다.

NoteBase

문 10. 자성체의 성질에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 강자성체의 온도가 높아져서 상자성체와 같은 동작을 하게 되는 온도를 큐리온도라 한다.

② 강자성체에 외부자계가 인가되면 자성체 내부의 자속밀도는 증가한다.

③ 발전기, 모터, 변압기 등에 사용되는 강자성체는 매우 작은 인가자계에도 큰 자화를 가져야 한다.

④ 페라이트는 매우 높은 도전율을 가지므로 고주파수 응용 분야에 널리 사용된다.

정답 4번

간단한 해설

페라이트가 고주파용 자성 재료로 쓰이는 이유는 **도전율이 낮고 비저항이 높아** 와전류 손실이 작기 때문이다. ④의 '매우 높은 도전율'은 '낮은 도전율'로 고쳐야 한다.

선지별 해설

① O: 강자성체는 온도가 올라가면 열운동으로 인해 자기모멘트의 질서 있는 배열이 흐트러진다. **큐리온도 이상**에서는 자발자화를 잃고 상자성체처럼 외부자계에 약하게 자화되는 성질을 보인다. 큐리온도는 이러한 변화가 일어나는 경계 온도이다.

② O: 강자성체 내부에는 자기모멘트가 일정한 방향으로 정렬된 영역인 자구가 있다. 외부자계를 가하면 자계 방향의 자구가 커지거나 자화 방향이 회전하여 **전체 자화가 증가**한다. 이 자화가 외부자계에 의한 자기장에 더해져 내부 자속밀도가 커진다.

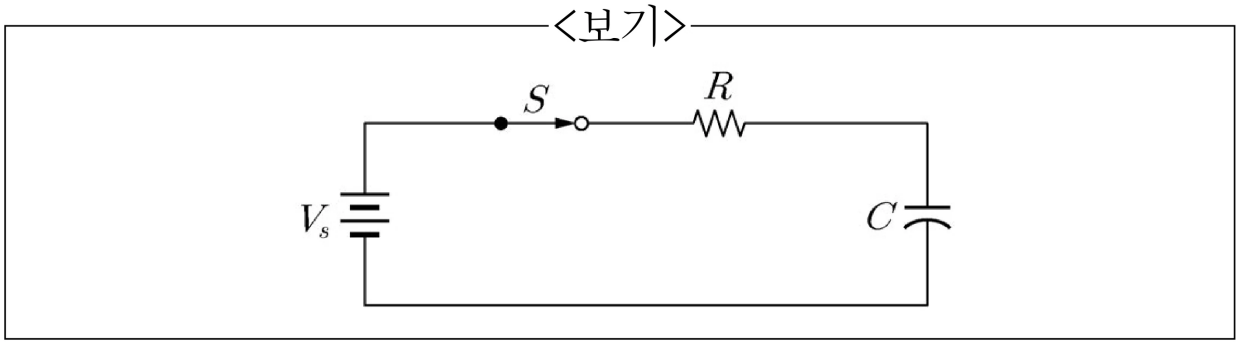
③ O: 발전기·모터·변압기의 철심은 작은 여자전류로도 필요한 자속을 만들 수 있어야 한다. 따라서 작은 인가자계에도 쉽게 크게 자화되는 **투자율이 큰 연자성 재료**가 적합하다. 연자성 재료는 자화 방향도 쉽게 바뀌므로 교번하는 자속을 다루는 철심에 쓰인다.

④ X: 페라이트는 금속 자성 재료에 비해 **도전율이 낮고 비저항이 높은** 자성 세라믹이다. 고주파의 변화하는 자속은 재료 내부에 소용돌이 모양의 와전류를 유도하는데, 페라이트는 전기저항이 커서 이 전류가 작게 흐른다. 그 결과 와전류에 의한 발열과 에너지 손실이 줄어 고주파수 응용에 적합하다. '매우 높은 도전율'은 '낮은 도전율'로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 11. <보기>와 같은 회로에서 스위치 S를 닫고 3초 후 커패시터에 나타나는 전압의 근삿값[V]은? (단, $V_s = 50[V]$, $R = 3[M\Omega]$, $C = 1[\mu F]$이며, 스위치를 닫기 전 커패시터의 전압은 0이다.)

<보기>



① 18.5

② 25.5

③ 31.5

④ 35.5

정답 3번

간단한 해설

이 회로의 **시정수는 3초**이므로, 3초 후 커패시터 전압은 최종 전압 50 V의 약 63.2%가 된다. 따라서 전압은 약 31.6 V이며, 제시된 값 중 31.5 V에 가장 가깝다.

계산 과정

충전식 적용: 그림은 직류 전원, 저항 R, 커패시터 C가 직렬로 연결된 회로이다. 스위치를 닫는 순간을 t = 0으로 두면 커패시터의 초기 전압은 0 V이고, 충분한 시간이 지난 뒤에는 전류가 0이 되어 저항의 전압 강하도 0이므로 커패시터 전압은 50 V가 된다. 이처럼 **초기 전압이 0인 직렬 RC 충전 회로**에서는 $v_C(t) = V_s(1 - e^{-t/(RC)})$를 적용한다. 여기서 t는 스위치를 닫은 뒤 경과 시간이다.

시정수 계산: 저항과 정전용량을 기본 단위로 바꾸면 $R = 3 \times 10^6\Omega$, $C = 1 \times 10^{-6}$F이다. 따라서 $\tau = RC = (3 \times 10^6)(1 \times 10^{-6}) = 3$s이다. 시정수는 충전 속도를 나타내며, **한 시정수가 지나면** 커패시터 전압이 초기 전압에서 최종 전압까지 변화할 양의 약 63.2%만큼 변한다.

3초 후 전압: 경과 시간이 시정수와 같으므로 $\frac{t}{RC} = \frac{3}{3} = 1$이다. 충전식에 대입하면 $v_C(3) = 50(1 - e^{-1})$이고, $e^{-1} \approx 0.3679$이므로 $v_C(3) \approx 50 \times 0.6321 = 31.6$V이다.

계산값 약 31.6 V에 가장 가까운 선택지는 ③의 31.5 V이다.

NoteBase

문 12. R-L-C 직렬회로에 공급되는 교류전압의 주파수가 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ [Hz]일 때, <보기>의 설명 중 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보기>

ㄱ. L 또는 C 양단에 가장 큰 전압이 걸리게 된다.

ㄴ. 회로의 임피던스는 가장 작은 값을 가지게 된다.

ㄷ. 회로에 흐른 전류는 공급전압보다 위상이 뒤진다.

ㄹ. L에 걸리는 전압과 C에 걸리는 전압의 위상은 서로 같다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄴ, ㄷ

③ ㄱ, ㄷ, ㄹ

④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 1번

간단한 해설

주어진 주파수에서는 유도 리액턴스와 용량 리액턴스가 상쇄되는 **직렬 공진**이 일어난다. 따라서 임피던스는 저항만 남아 최소가 되고, 전류와 공급전압은 동위상이 된다.

NoteBase

보기별 해설

각주파수를 $\omega = 2\pi f$라 하면 주어진 조건에서 $\omega = 1/\sqrt{LC}$이다. 따라서 $X_L = \omega L$과 $X_C = 1/(\omega C)$가 같아져 직렬 공진이 일어난다. 아래에서 전압과 전류의 크기는 실효값으로 나타낸다.

ㄱ O: 이 문항의 '가장 큰 전압'은 직렬 공진에 따른 **전압 확대**를 가리키는 표현으로 해석한다. 공급전압을 V라 하면 공진 시 $I = V/R$이므로 $V_L = V_C = QV$이다. 여기서 $Q = \omega L/R$는 공진의 날카로움과 전압 확대 정도를 나타내는 품질계수이다. $Q > 1$이면 두 소자 각각의 전압이 공급전압보다 크다. 다만 주파수를 바꿀 때 각 소자 전압이 정확히 최대가 되는 주파수는 일반적으로 공진 주파수와 다르며, Q가 충분히 클 때 두 주파수가 거의 일치한다. 따라서 이 표현을 저항값과 무관하게 항상 성립하는 엄밀한 최댓값 조건으로 일반화해서는 안 된다.

ㄴ O: 임피던스의 크기는 $|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$이다. 공진에서는 $X_L - X_C = 0$이 되어 **최솟값 R**을 갖는다. 공급전압의 크기가 일정하면 회로 전류는 이때 최대가 된다.

ㄷ X: 공진에서는 합성 리액턴스가 0이므로 회로 전체가 순저항처럼 작용한다. 따라서 전류는 공급전압보다 뒤지는 것이 아니라 **공급전압과 동위상**이다. 전류가 뒤지는 것은 $X_L > X_C$인 유도성 상태이다.

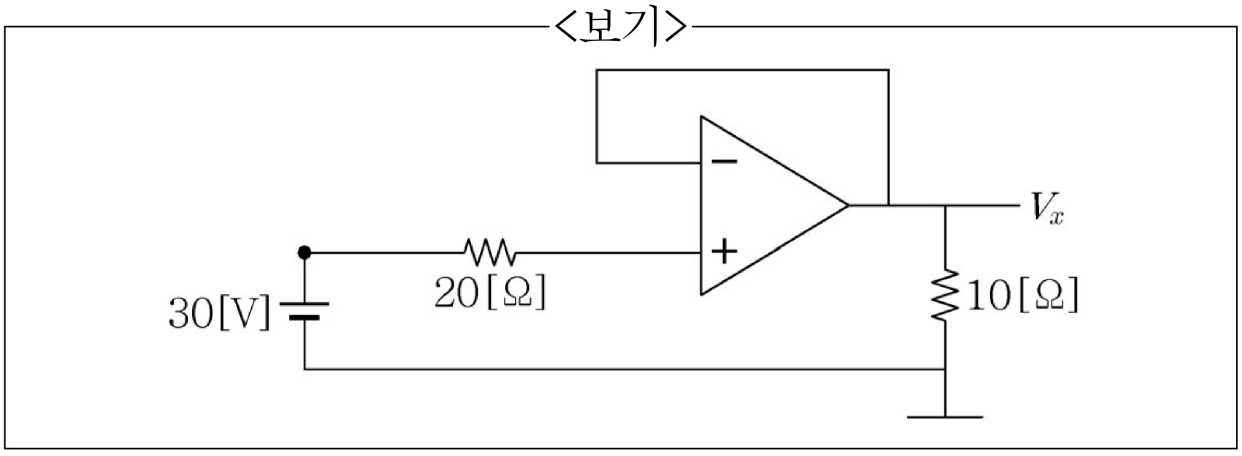
ㄹ X: 인덕터 전압은 전류보다 90° 앞서고, 커패시터 전압은 전류보다 90° 뒤진다. 따라서 두 전압의 위상차는 **180°**이다. 공진에서는 두 전압의 크기도 같아 서로 상쇄되지만, 각 소자에 걸리는 전압 자체가 0인 것은 아니다.

ㄱ을 전압 공진의 취지로 해석하면 옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이며, 이에 해당하는 조합은 ①이다.

NoteBase

문 13. <보기>와 같은 회로에서 전압 V_x의 값 [V]은?

<보기>



① 10

② 20

③ 30

④ 45

정답 3번

간단한 해설

이상적인 연산증폭기의 입력에는 전류가 흐르지 않아 20 Ω 저항의 전압 강하는 0 V이다. 출력이 반전 입력에 직접 연결된 **전압 팔로어**이므로 출력 전압은 비반전 입력 전압과 같은 30 V이다.

계산 과정

1. 비반전 입력 전압: 이상적인 연산증폭기의 선형 동작을 전제로 한다. 입력 저항이 무한대이므로 **비반전 입력으로 흐르는 전류는 0 A**이다. 따라서 20 Ω 저항의 전압 강하는 $20 \times 0 = 0$ V이다. 30 V 전원의 양극이 이 저항에 연결되어 있으므로 접지를 기준으로 비반전 입력 전압은 $V_+ = 30$ V이다.

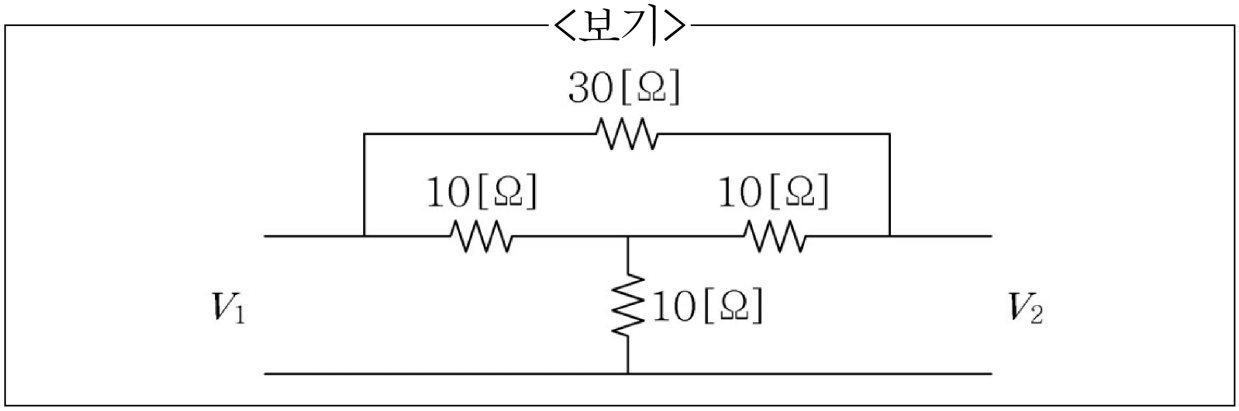
2. 출력 전압: 출력이 반전 입력에 직접 연결되어 있으므로 $V_- = V_x$이다. **음의 되먹임이 걸린 이상적인 연산증폭기의 선형 동작**에서는 두 입력 전압이 같으므로 $V_- = V_+$이다. 이를 결합하면 $V_x = V_+ = 30$ V를 얻는다.

3. 부하 저항의 역할: 10 Ω 저항은 출력과 접지 사이에 연결된 부하이다. 부하 전류는 연산증폭기의 출력에서 공급되며, 입력 쪽 20 Ω 저항을 통과하지 않는다. 따라서 **두 저항을 직렬로 보고 전압을 분배하지 않는다**. 구한 출력 전압 30 V는 ③에 해당한다.

NoteBase

문 14. <보기>와 같은 2포트 회로의 어드미턴스(Y) 파라미터를 모두 더한 값[℧]은?

<보기>



① 1/15

② 1/30

③ 15

④ 30

정답 1번

간단한 해설

두 포트 전류를 회로 안으로 들어오는 방향으로 잡으면 **상호 어드미턴스는 음수**이다. 대각 성분은 각각 $\frac{1}{10}$℧, 상호 성분은 각각 $-\frac{1}{15}$℧이므로 네 성분의 합은 $\frac{1}{15}$℧이다.

NoteBase

계산 과정

1. 전압과 전류의 기준을 정한다. 아래쪽 공통선을 기준으로 두 포트 전압을 V_1, V_2, 가운데 세 10Ω 저항의 접속점 전압을 V_m이라 한다. 포트 전류 I_1, I_2는 모두 **회로 안으로 들어오는 방향**으로 정한다. Y 파라미터는 전압과 전류의 관계 $I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2, I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2$의 계수이며, 단위는 ℧이다.

2. 가운데 접속점에 키르히호프 전류 법칙을 적용한다. 이 점에서 왼쪽 포트, 오른쪽 포트, 공통선으로 이어지는 저항은 모두 10Ω이므로 $\frac{V_m - V_1}{10} + \frac{V_m - V_2}{10} + \frac{V_m}{10} = 0$이다. 이를 정리하면 $V_m = \frac{V_1 + V_2}{3}$이다.

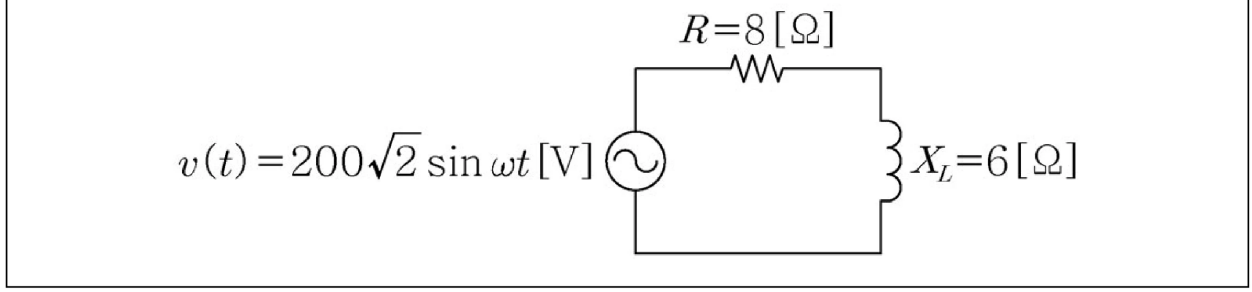
3. 각 포트 전류를 구한다. 왼쪽 포트에서 전류는 가운데 접속점으로 향하는 10Ω 가지와 오른쪽 포트로 향하는 30Ω 가지로 나뉜다. 따라서 $I_1 = \frac{V_1 - V_m}{10} + \frac{V_1 - V_2}{30}$이다. 가운데 전압을 대입하면 $I_1 = \frac{V_1}{10} - \frac{V_2}{15}$를 얻는다. 좌우가 대칭이므로 오른쪽 포트 전류는 $I_2 = -\frac{V_1}{15} + \frac{V_2}{10}$이다.

4. 네 계수를 더한다. 전류식의 전압 계수를 비교하면 $Y_{11} = Y_{22} = \frac{1}{10}$℧, $Y_{12} = Y_{21} = -\frac{1}{15}$℧이다. 이때 **상호 어드미턴스의 음의 부호를 유지**하여 더해야 한다. 네 파라미터의 합을 S라 하면 $S = 2\left(\frac{1}{10} - \frac{1}{15}\right) = \frac{1}{15}$℧이므로 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. <보기>와 같은 RL 직렬회로에서 소비되는 전력[kW]은?

<보기>



① 3.2

② 3.8

③ 4

④ 10

정답 1번

간단한 해설

소비전력은 **저항에서 소비되는 유효전력**이다. 전압의 실횻값은 200 V이고 임피던스의 크기는 10 Ω이므로 전류의 실횻값은 20 A이며, $P = I^2R$로 구하면 3.2 kW이다.

계산 과정

전압의 실횻값: 그림의 전원은 $v(t) = 200\sqrt{2}\sin\omega t$[V]이다. 정현파의 실횻값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이므로 $V = \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 200$V이다. 전력 계산에는 **최댓값이 아닌 실횻값**을 사용한다.

임피던스의 크기: 저항 R = 8 Ω과 유도성 리액턴스 $X_L = 6\Omega$이 직렬로 연결되어 있다. 저항의 전압은 전류와 동상이고 코일의 전압은 전류보다 90° 앞서므로, 두 성분은 단순히 더하지 않고 직각 성분으로 합성한다. 따라서 $|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\Omega$이다.

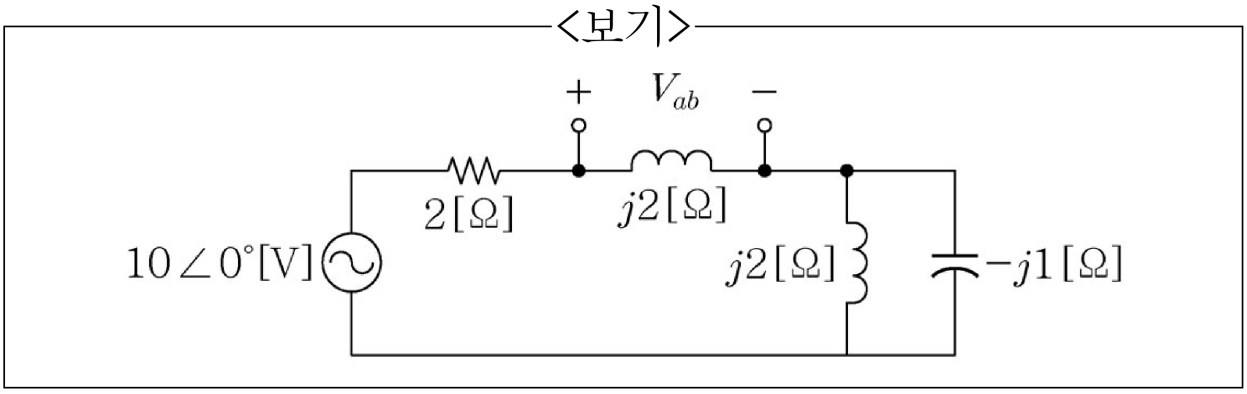
전류의 실횻값: 직렬회로에서는 저항과 코일에 같은 전류가 흐른다. 교류의 옴의 법칙을 적용하면 $I = \frac{V}{|Z|} = \frac{200}{10} = 20$A이다.

소비전력: 이상적인 코일은 에너지를 저장했다가 전원으로 돌려주므로 한 주기 평균 소비전력은 0이다. 따라서 회로의 유효전력은 **저항에서 소비되는 전력**과 같으며, $P = I^2R = 20^2 \cdot 8 = 3200$W이다. 1 kW = 1000 W이므로 소비전력은 3.2 kW로, ①의 값에 해당한다.

NoteBase

문 16. <보기>와 같은 회로에서 V_{ab} 전압의 정상상태 값[V]은?

<보기>



① $5 + j10$

② $5 + j5$

③ $j5$

④ $j10$

정답 4번

간단한 해설

오른쪽 병렬부의 합성 임피던스가 $-j2\Omega$이므로 직렬 인덕터의 $j2\Omega$과 **상쇄되어 전체 임피던스는 2 Ω**이다. 회로 전류가 5 A이므로 직렬 인덕터 양단 전압은 $V_{ab} = j10\mathrm{V}$이다.

NoteBase

계산 과정

회로 읽기: 구하는 V_{ab}는 2 Ω 저항 다음에 있는 **직렬 인덕터 양단의 전압**이다. 오른쪽의 인덕터 $j2\Omega$와 커패시터 $-j1\Omega$는 병렬로 연결되어 있다. 주어진 임피던스로 교류 정상상태의 전압과 전류를 페이저로 계산하며, j는 $j^2 = -1$을 만족하는 허수 단위이다.

병렬부 계산: 두 임피던스의 병렬 합성값은 곱을 합으로 나누어 구한다. 따라서 $Z_p = \frac{(j2)\cdot(-j1)}{j2-j1} = -j2\Omega$이다. 이 값은 오른쪽 병렬부 전체가 나타내는 용량성 임피던스이다.

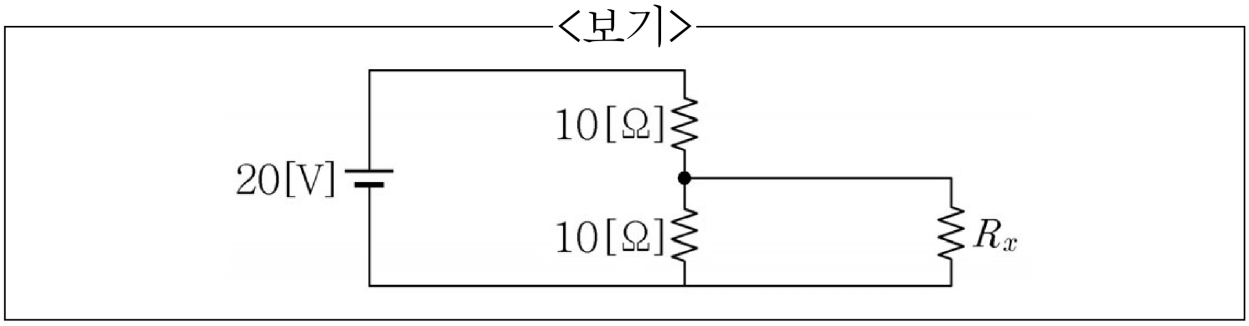
전체 임피던스와 전류: 저항, 직렬 인덕터, 병렬부의 합성 임피던스를 더하면 $Z = 2 + j2 - j2 = 2\Omega$이다. **유도성 성분과 용량성 성분이 상쇄**되므로 전류는 전원 전압과 위상이 같고, $I = \frac{10}{2} = 5\text{A}$이다. 이 전류가 저항과 직렬 인덕터를 지난 뒤 오른쪽 병렬부에서 나뉜다.

요구 전압: 직렬 인덕터를 왼쪽에서 오른쪽으로 흐르는 전류를 기준으로 하면 표시된 전압의 +단자로 전류가 들어간다. 따라서 $V_{ab} = I\cdot(j2) = 5\cdot(j2) = j10\text{V}$이다. 이는 전원 전압보다 위상이 90° 앞선 전압이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. <보기>와 같은 회로에서 R_x에 최대 전력이 전달될 수 있도록 할 때, 저항 R_x에서 소비되는 전력[W]은?

<보기>



① 1

② 5

③ 10

④ 15

정답 2번

간단한 해설

부하에 최대 전력이 전달되는 조건은 **부하 저항과 테브난 저항이 같을 때**이다. 이 회로의 테브난 전압은 10 V, 테브난 저항은 5 Ω이므로, 최대 전력 조건에서 R_x가 소비하는 전력은 5 W이다.

계산 과정

1. 테브난 전압: R_x를 떼어 내고 그 양단에서 나머지 회로를 바라본다. 두 10 Ω 저항은 20 V 전원에 직렬로 연결되며, 부하 단자는 아래쪽 10 Ω 저항의 양단과 같다. 따라서 **부하를 연결하지 않았을 때의 단자 전압**인 테브난 전압은 $V_{\text{th}} = 20 \cdot \frac{10}{10+10} = 10\text{V}$이다.

2. 테브난 저항: R_x를 떼어 낸 상태에서 **이상적인 전압원을 단락**하면 위아래 10 Ω 저항이 부하 단자 사이에 병렬로 연결된다. 따라서 부하에서 바라본 등가 저항은 $R_{\text{th}} = \frac{10 \cdot 10}{10+10} = 5\Omega$이다.

3. 최대 전력 조건: 원래 회로는 부하에 대해 테브난 전압원과 테브난 저항의 직렬회로로 바꿀 수 있다. 이 직류 저항회로에서는 **부하 저항이 테브난 저항과 같을 때** 부하의 소비 전력이 최대가 되므로 $R_x = R_{\text{th}} = 5\Omega$로 정한다.

4. 부하의 소비 전력: 등가회로에서 테브난 저항 5 Ω과 부하 저항 5 Ω이 직렬이므로, 부하 전류는 $I_x = \frac{10}{5+5} = 1\text{A}$이다. 저항의 소비 전력 관계 $P_x = I_x^2 R_x$를 적용하면 $P_x = 1^2 \cdot 5 = 5\text{W}$이다. 이는 선택지 ②의 5 W에 해당한다.

NoteBase

문 18. 비정현파 전류

$i(t) = 10\sin \omega t + 5\sin(3\omega t + 30^\circ) + \sqrt{3}\sin(5\omega t + 60^\circ)$
일 때, 전류 $i(t)$의 실횻값[A]은?

① 6

② 8

③ 10

④ 12

정답 2번

간단한 해설

서로 다른 주파수의 정현파 성분은 **각 실횻값의 제곱을 더한 뒤 제곱근**을 구한다. 각 성분의 최댓값이 10 A, 5 A, $\sqrt{3}$ A이므로 전체 전류의 실횻값은 8 A이다.

계산 과정

주어진 전류는 기본파, 제3고조파, 제5고조파의 합이다. 각 성분의 최댓값은 각각 10 A, 5 A, $\sqrt{3}$ A이며, 정현파 성분의 실횻값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이다.

실횻값은 전류를 제곱하여 한 주기 동안 평균한 뒤 제곱근을 취한 값이다. 서로 다른 차수의 고조파끼리 곱한 항은 기본파 한 주기 동안의 평균이 0이므로, **각 성분의 실횻값 제곱을 합산**한다. 따라서 주어진 30°, 60°의 위상차는 전체 실횻값에 영향을 주지 않는다.

전체 실횻값을 I라 하면 $I^2 = \frac{10^2 + 5^2 + (\sqrt{3})^2}{2} = 64\text{A}^2$이다. 여기서 64 A^2은 전체 전류의 제곱을 한 주기 동안 평균한 값이다. 따라서 $I = \sqrt{64} = 8\text{A}$이며, ②의 8 A에 해당한다.

NoteBase

문 19. 라플라스 함수 $F(s)=\frac{s+1}{s^2+2s+5}$의 역변환 $f(t)$는?

① $e^{-2t}\cos t$

② $e^{-2t}\sin t$

③ $e^{-t}\cos 2t$

④ $e^{-t}\sin 2t$

정답 3번

간단한 해설

분모를 완전제곱하면 $(s+1)^2+2^2$이고, 분자는 $s+1$이므로 **감쇠 코사인 함수**의 변환 형태이다. 역변환은 $f(t)=e^{-t}\cos 2t$이다.

계산 과정

분모 정리: **분모를 완전제곱**하여 이동된 변수와 진동 항을 구분한다. $s^2+2s+5=(s+1)^2+4$이므로 $F(s)=\frac{s+1}{(s+1)^2+2^2}$이다. 여기서 분모의 4는 코사인 함수에 들어갈 계수의 제곱이므로 그 계수는 2이다.

변환 공식 적용: 감쇠 코사인 함수 $e^{-at}\cos bt$의 라플라스 변환은 $\frac{s+a}{(s+a)^2+b^2}$이다. 주어진 식은 $a=1$, $b=2$인 경우이며, **분자가 이동된 변수와 같은** $s+1$이므로 코사인 형태에 해당한다. 감쇠 사인 함수 $e^{-at}\sin bt$의 변환은 같은 분모에 분자가 b인 형태이므로 주어진 식과 다르다.

역변환: $a=1$은 지수 감쇠 인자 e^{-t}를, $b=2$는 진동 인자 $\cos 2t$를 결정한다. 따라서 $f(t)=e^{-t}\cos 2t$이며, 이는 ③의 식과 일치한다.

NoteBase

문 20. 비투자율이 3,600, 비유전율이 1인 매질 내 주파수가 1[GHz]인 전자기파의 속도[m/s]는?

① 3×10^8

② 1.5×10^8

③ 5×10^7

④ 5×10^6

정답 4번

간단한 해설

매질에서 전자기파의 속도는 **비투자율과 비유전율의 곱의 제곱근에 반비례**한다. 이 값이 60이므로 진공에서의 속도의 1/60인 $5 \cdot 10^6$m/s로 진행한다.

계산 과정

전도 손실을 무시하는 매질에서 전자기파의 속도는 $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$이다. 투자율과 유전율을 각각 진공에서의 값에 대한 비율로 나타내면 $v = \frac{c}{\sqrt{\mu_r \varepsilon_r}}$로 쓸 수 있다. 여기서 μ_r는 비투자율, ε_r는 비유전율이며, 진공에서의 속도는 $c \approx 3 \cdot 10^8$m/s이다.

주어진 값을 대입하면 $\sqrt{\mu_r \varepsilon_r} = \sqrt{3600 \cdot 1} = 60$이다. 따라서 이 매질에서의 속도는 **진공에서의 속도의 1/60**이다. 주어진 1 GHz에서의 매질 상수로 속도를 구하므로 주파수를 따로 곱하거나 나누지 않는다.

$v = \frac{3 \cdot 10^8}{60} = 5 \cdot 10^6$m/s이다. 이 값은 ④의 $5 \cdot 10^6$에 해당한다.

NoteBase