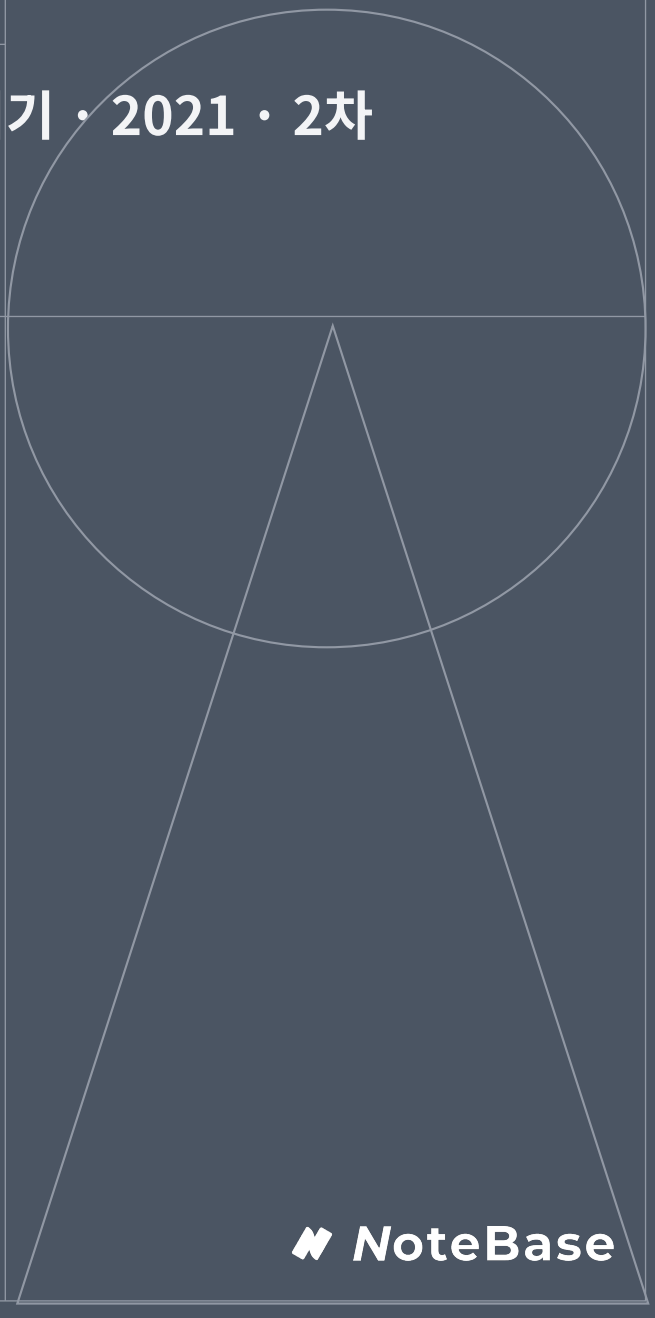
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 전기기기 · 2021 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 전기기기 · 2021 · 2차

공무원/국가직/7급 · 전기기기 · 2021 · 2차

문 1. 입력전압이 같을 때, 3상 유도전동기를 Y결선에서 Δ결선으로 변경하면 기동토크는 몇 배가 되는가?

① $\sqrt{3}$

② 3

③ $\frac{1}{3}$

④ $\frac{1}{\sqrt{3}}$

정답 2번

출제 포인트

3상 유도전동기의 결선 방식(Y결선, Δ결선)이 바뀔 때 각 상에 걸리는 전압(상전압)이 어떻게 달라지는지, 그리고 기동토크가 상전압의 제곱에 비례한다는 관계를 함께 적용할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

입력전압(선간전압) V_L은 결선을 바꾸어도 동일하게 유지된다. Y결선에서는 상전압이 $V_L/\sqrt{3}$이고, Δ결선에서는 상전압이 선간전압과 같은 V_L이다. 즉 결선을 Y에서 Δ로 바꾸면 상전압이 $\sqrt{3}$배로 커진다.

사용할 공식

유도전동기의 기동토크는 고정자 상전압(1차 전압) V_p의 제곱에 비례한다: $T_{st} \propto V_p^2$. 따라서 상전압이 k배가 되면 기동토크는 k^2배가 된다.

계산 과정

Y결선에서의 상전압을 $V_Y = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$, Δ결선에서의 상전압을 $V_\Delta = V_L$이라 하면, 상전압의 비는 $\frac{V_\Delta}{V_Y} = \frac{V_L}{V_L/\sqrt{3}} = \sqrt{3}$이다. 기동토크는 상전압의 제곱에 비례하므로 기동토크의 비는 $\left(\frac{V_\Delta}{V_Y}\right)^2 = (\sqrt{3})^2 = 3$이 된다. 즉 Δ결선으로 바꾸면 기동토크는 Y결선일 때의 3배가 된다.

NoteBase

선지 판단

① $\sqrt{3}$ — X. 이는 상전압의 증가 배율일 뿐이며, 토크 배율이 아니다. 토크는 전압의 제곱에 비례하므로 한 번 더 제곱해야 한다.
② 3 — O. 상전압이 $\sqrt{3}$배가 되고 토크는 전압 제곱에 비례하므로 $(\sqrt{3})^2 = 3$배가 된다.
③ 1/3 — X. 이는 Δ결선에서 Y결선으로 바꿀 때(기동전류·토크를 줄이는 Y-Δ 기동법)의 토크 감소 배율이며, 이 문제는 반대 방향인 Y에서 Δ로의 변경이므로 역수 관계인 3배가 맞다.
④ $1/\sqrt{3}$ — X. 상전압 증가 배율의 역수를 취한 값으로, 방향과 제곱 관계를 모두 반대로 적용한 오답이다.

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 실수는 상전압의 비율($\sqrt{3}$)과 토크의 비율(그 제곱인 3)을 혼동하는 것이다. 또한 Y-Δ 기동법에서 전류·토크가 1/3로 줄어드는 것은 Δ에서 Y로 바꿀 때의 이야기이므로, 이 문제처럼 Y에서 Δ로 바꾸는 경우와 방향을 헷갈리지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

결선 변경 문제가 나오면 먼저 어떤 결선에서 어떤 결선으로 바뀌는지 방향을 확인한 뒤, 상전압의 비를 구하고 그 값을 제곱하여 토크(또는 기동전류의 경우도 같은 논리이나 전류는 상전압에 비례, 즉 제곱하지 않는 점에 유의)를 계산한다.

암기 포인트

Y결선 상전압 $= V_L/\sqrt{3}$, Δ결선 상전압 $= V_L$; 기동토크 $\propto$ (상전압)^2; Y에서 Δ로 바꾸면 토크는 3배, 반대로 Δ에서 Y로 바꾸면(=Y-Δ 기동법) 토크와 기동전류 모두 1/3배가 된다.

NoteBase

문 2. 무부하에서 단자전압이 200[V]인 직류 타여자발전기가 있다. 계자자속을 1.6배, 회전속도를 0.5배로 하면 유도기전력[V]은?

① 100
② 120
③ 140
④ 160

정답 4번

출제 포인트

직류발전기의 유도기전력이 계자자속과 회전속도(회전자 속도)에 각각 비례한다는 관계식을 이용해, 무부하 단자전압(=유도기전력)이 조건 변화 후 어떻게 바뀌는지 계산하는 문제이다.

조건 정리

타여자발전기이므로 무부하 시 단자전압은 유도기전력과 같다: $E_1 = 200[V]$. 계자자속은 1.6배($\phi_2 = 1.6\phi_1$)로, 회전속도는 0.5배($N_2 = 0.5N_1$)로 바뀐다.

사용할 공식

직류발전기의 유도기전력은 $E = k\phi N$이다(k는 기계적 상수, ϕ는 극당 자속, N은 회전속도). 두 상태를 비교하면 $\frac{E_2}{E_1} = \frac{\phi_2}{\phi_1} \times \frac{N_2}{N_1}$이다.

계산 과정

$\frac{E_2}{E_1} = 1.6 \times 0.5 = 0.8$이므로 $E_2 = E_1 \times 0.8 = 200 \times 0.8 = 160[V]$이다.

선지 판단

① 100 → X. 배율 계산 시 곱셈이 아니라 잘못된 비율(예: 0.5만 적용하고 절반을 다시 나누는 등)을 적용한 값으로, $1.6 \times 0.5 = 0.8$배 관계와 맞지 않는다.
② 120 → X. 200×0.6에 해당하는 값으로 자속과 속도 배율을 정확히 곱하지 않은 값이다.
③ 140 → X. 200×0.7에 해당하는 값으로 역시 $1.6 \times 0.5 = 0.8$배 관계를 정확히 반영하지 못한 값이다.
④ 160 → O. $E_2 = 200 \times 1.6 \times 0.5 = 200 \times 0.8 = 160[V]$로 공식과 정확히 일치한다.

오답 포인트

유도기전력은 자속과 회전속도 각각에 비례하는 관계이므로, 두 배율을 곱해서 전체 배율을 구해야 한다(자속 1.6배, 속도 0.5배 → 전체 0.8배). 두 조건 중 하나만 반영하거나 배율을 더하는 방식으로 계산하면 오답 선지에 해당하는 값이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

타여자발전기·분권발전기처럼 무부하 상태를 묻는 문제에서는 단자전압과 유도기전력이 같다는 점을 먼저 확인한다. 그다음 $E = k\phi N$ 관계에서 자속 배율과 속도 배율을 각각 곱해 전체 배율을 구하고, 원래 전압에 곱해 답을 구한다.

암기 포인트

직류기 유도기전력 $E = k\phi N$: 자속과 속도에 각각 비례, 두 배율은 곱으로 합산한다. 타여자발전기의 무부하 단자전압은 곧 유도기전력과 같다.

NoteBase

문 3. 전기자 철심을 성층하는 주된 이유는?

① 표유 부하손 감소

② 기계손 감소

③ 와류손 감소

④ 히스테리시스손 감소

정답 3번

출제 포인트

전기기기의 철심(전기자, 계철, 변압기 철심 등)을 얇은 강판을 겹쳐서 만드는 성층 구조의 목적을 묻는 문제이다. 철심에서 발생하는 손실을 손실의 종류별로 구분하고, 그중 성층이 직접적으로 줄이는 손실이 무엇인지 아는 것이 핵심이다.

핵심 개념

철심에서 발생하는 대표적인 손실은 크게 두 가지로 나뉜다. 첫째는 히스테리시스손으로, 철심 재료가 교번 자화될 때 자구가 반복적으로 재배열되면서 생기는 손실이며 이는 재료 자체의 자기적 성질(히스테리시스 루프의 면적)에 좌우되므로 규소강판 등 손실이 적은 재질을 선택하여 줄인다. 둘째는 와류손으로, 철심 내부를 자속이 시간에 따라 변화하면서 철심 자체가 하나의 도체가 되어 맴돌이 전류(와전류)가 유도되고, 이 전류가 철심의 저항을 지나며 열로 소비되는 손실이다. 와류손은 철심을 얇은 판으로 쪼개어 겹치고 판 사이를 절연시키면 와전류가 흐르는 단면적이 작아지고 경로가 끊어져 전류 경로의 저항이 커지므로 큰 폭으로 줄어든다. 즉 재질 개선은 히스테리시스손 대책, 성층 구조는 와류손 대책이라는 구분이 이 문제의 핵심이다. 표유 부하손은 부하 전류에 의한 누설 자속이 도체나 구조물에 만드는 부가적인 손실이고, 기계손은 베어링 마찰이나 풍손처럼 회전에 따른 기계적 손실로, 둘 다 철심의 성층 여부와는 직접 관련이 없다.

선지별 해설

① 표유 부하손 감소: X. 표유 부하손은 부하 전류에 의한 누설 자속이 도체·구조물 등에 유기하는 손실로, 철심을 얇게 겹쳐 쌓는 성층 구조와는 직접적인 관계가 없다.

② 기계손 감소: X. 기계손은 베어링 마찰손·풍손 등 회전체의 기계적인 손실이며, 철심의 성층 여부와는 무관하다.

③ 와류손 감소: O. 철심을 얇은 강판으로 성층하고 판 사이를 절연하면 와전류가 흐르는 경로가 좁아지고 저항이 커져 와류손이 크게 줄어든다. 이것이 철심을 성층하는 가장 주된 이유이다.

④ 히스테리시스손 감소: X. 히스테리시스손은 철심 재료의 자기적 성질에 의해 정해지는 손실로, 손실이 적은 규소강판 등 재질을 선택하여 줄이는 것이지 성층 구조 자체로 줄어드는 것이 아니다.

NoteBase

오답 포인트

히스테리시스손과 와류손을 같은 '철손'으로 묶어서, 철심 대책이면 둘 다 성층으로 줄어든다고 착각하기 쉽다. 그러나 성층은 오직 와류손 대책이고, 히스테리시스손은 재질(규소강판 등 손실계수가 작은 재료) 선택으로 줄인다는 점을 구분해야 한다. 또한 표유 부하손·기계손은 철심의 형태와 무관한 손실이라는 점도 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

발문에서 '성층', '얇은 강판을 겹쳐' 같은 표현이 나오면 곧바로 와류손 감소로 연결한다. 반대로 '규소강판 사용', '재질 개선' 같은 표현이 나오면 히스테리시스손 감소로 연결한다. 두 대책과 두 손실을 1대1로 짝지어 암기해 두면 헷갈리지 않는다.

암기 포인트

성층(적층) → 와류손 감소, 규소강판(재질) → 히스테리시스손 감소로 짝지어 암기한다. 표유 부하손·기계손은 철심 구조와 무관한 손실이라는 것도 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 4. 50[kVA], 지상역률 0.8을 갖는 유도전동기 1기와 30[kVA], 역률 1.0을 갖는 동기전동기 1기가 사용되고 있을 때, 전동기 부하의 합성전력[kVA]은?

① $\sqrt{40^2 + 30^2}$
② $\sqrt{50^2 + 30^2}$
③ $\sqrt{60^2 + 30^2}$
④ $\sqrt{70^2 + 30^2}$

정답 4번

출제 포인트

역률이 서로 다른 두 부하(유도전동기·동기전동기)가 병렬로 연결되어 있을 때, 각 부하의 피상전력을 유효전력과 무효전력으로 분해한 뒤 이를 각각 합산하여 합성 피상전력을 구할 수 있는지를 묻는다. 단순히 두 부하의 kVA를 그대로 더하거나 빼는 것이 아니라, 유효전력끼리·무효전력끼리 각각 합산한 후 벡터적으로 합성해야 한다는 점이 핵심이다.

조건 정리

유도전동기: 피상전력 50[kVA], 지상역률 0.8(뒤진 역률, 무효전력은 지상 즉 유도성).
동기전동기: 피상전력 30[kVA], 역률 1.0(무효전력 없음, 유효전력만 존재).
두 전동기는 같은 전원에 병렬로 연결되어 전력을 공급받는 부하이므로 유효전력은 유효전력끼리, 무효전력은 무효전력끼리 대수적으로 더한다.

사용할 공식

피상전력 S, 역률 $\cos\theta$일 때 유효전력 $P = S\cos\theta$, 무효전력 $Q = S\sin\theta$이다.
두 부하를 합성한 전체 유효전력과 무효전력은 P_합=P_1+P_2, Q_합=Q_1+Q_2이며, 합성 피상전력은 S_합=√(P_합^2+Q_합^2)이다.

계산 과정

유도전동기: $P_1 = 50 \times 0.8 = 40$[kW], $\sin\theta_1 = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$이므로 $Q_1 = 50 \times 0.6 = 30$[kVAR] (지상, 유도성).
동기전동기: 역률 1.0이므로 $P_2 = 30 \times 1.0 = 30$[kW], $Q_2 = 0$[kVAR].
합성 유효전력: P_합=40+30=70 [kW].
합성 무효전력: Q_합=30+0=30 [kVAR].
합성 피상전력: S_합=√(70^2+30^2) [kVA].

NoteBase

선지 판단

① $\sqrt{40^2+30^2}$: X. 유효전력 40만 사용하고 동기전동기의 유효전력 30을 더하지 않은 값이다.
② $\sqrt{50^2+30^2}$: X. 유도전동기의 피상전력 50과 무효전력 30을 그대로 조합한 것으로, 동기전동기 부하가 반영되지 않았다.
③ $\sqrt{60^2+30^2}$: X. 유효전력 합산이 잘못되어 60(예: 40+30이 아닌 다른 조합)으로 계산된 값이며 정확한 합성 유효전력 70과 다르다.
④ $\sqrt{70^2+30^2}$: O. 두 전동기의 유효전력 합 70[kW]와 무효전력 합 30[kVAR]을 올바르게 벡터 합성한 값이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 두 부하의 피상전력을 그대로 더하거나(50+30=80) 역률을 무시하고 계산하는 것이다. 또한 동기전동기의 역률이 1.0이라 무효전력이 0이라는 점을 놓치고 무효전력을 다시 더하는 실수도 나온다.
유효전력과 무효전력을 각각 따로 합산한 뒤 마지막에 벡터 합성(제곱합의 제곱근)을 해야 한다는 순서를 지켜야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

여러 부하가 병렬로 연결된 합성전력 문제는 항상 각 부하의 피상전력과 역률로부터 유효전력·무효전력을 먼저 분해한다. 그 다음 유효전력끼리, 무효전력끼리 대수적으로 합산하고, 마지막 단계에서만 피타고라스 형태로 합성 피상전력을 구한다. 역률이 1.0인 부하는 무효전력이 0이라는 점, 지상역률은 유도성 무효전력이라는 점을 함께 확인한다.

암기 포인트

합성전력은 피상전력을 바로 더하지 않고 P_합=Σ P, Q_합=Σ Q로 각각 합산한 뒤 S_합=√(P_합^2+Q_합^2)로 계산한다는 순서를 외워 둔다. $\cos\theta = 0.8$이면 $\sin\theta = 0.6$이 되는 3:4:5 비율도 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 5. 정격전압 1[kV]인 3상 동기발전기가 역률 0.9의 부하에 270[kW]를 공급할 때 전류[A]는?

① 100

② 110

③ $100\sqrt{3}$

④ $110\sqrt{3}$

정답 3번

출제 포인트

3상 동기발전기의 정격전압(선간전압)·역률·유효전력이 주어졌을 때 선전류를 구하는 3상 전력 공식 적용 능력을 묻는다.

조건 정리

정격전압(선간전압) $V = 1{,}000$[V], 역률 $\cos\theta = 0.9$, 공급 유효전력 $P = 270{,}000$[W]이다. 3상 회로이므로 상전류가 아닌 선전류 I를 구하는 것이 목표이다.

사용할 공식

3상 유효전력 공식은 $P = \sqrt{3}VI\cos\theta$이다. 여기서 V는 선간전압, I는 선전류이다. 이를 전류에 대해 정리하면 $I = \frac{P}{\sqrt{3}V\cos\theta}$이다.

계산 과정

$I = \frac{270{,}000}{\sqrt{3} \times 1{,}000 \times 0.9} = \frac{270{,}000}{900\sqrt{3}} = \frac{300}{\sqrt{3}}$이다. 분모를 유리화하면 $I = \frac{300}{\sqrt{3}} = \frac{300\sqrt{3}}{3} = 100\sqrt{3}$[A]가 된다.

선지 판단

① 100 → 틀린 표현. $\sqrt{3}$ 배 계수를 빠뜨리고 단순히 300을 3으로 나눈 값과 유사하나 3상 공식의 $\sqrt{3}$을 반영하지 않은 값이다.
② 110 → 틀린 표현. 어떤 공식으로도 도출되지 않는 근사값에 불과하다.
③ $100\sqrt{3}$ → 옳은 표현. $I = \frac{P}{\sqrt{3}V\cos\theta} = 100\sqrt{3}$[A]로 계산 결과와 정확히 일치한다.
④ $110\sqrt{3}$ → 틀린 표현. $100\sqrt{3}$에서 계수 100을 110으로 잘못 대입한 값이다.

오답 포인트

3상 전력 공식에서 $\sqrt{3}$을 누락하거나 위치를 잘못 두면 ①처럼 정수 값만 남는 오답이 나온다. 또한 정격전압 1[kV]를 1,000[V]로 단위 환산하는 과정, 270[kW]를 270,000[W]로 환산하는 과정에서 자릿수를 실수하면 ②·④ 같은 엉뚱한 값이 나온다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

3상 발전기·부하 문제에서 전류를 구할 때는 항상 $P = \sqrt{3} V I \cos\theta$ 공식에서 출발하여 $I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\theta}$로 정리한 뒤, kV·kW 단위를 V·W로 정확히 환산해 대입한다. 계산 결과에 $\sqrt{}3$이 남으면 그것이 정상적인 답의 형태일 수 있음을 기억한다.

암기 포인트

3상 전력: $P = \sqrt{3} V I \cos\theta$, 여기서 V=선간전압, I=선전류. 전류식: $I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\theta}$.

NoteBase

문 6. 부하전류가 50[A]일 때 단자전압이 100[V]인 직류 직권발전기의 부하전류가 60[A]로 되면 단자전압 [V]은? (단, 전기자권선의 저항 및 계자권선의 저항은 각각 0.1[Ω], 0.2[Ω]이며, 회전자 속도는 동일하다)

① 138

② 132

③ 126

④ 120

정답 4번

출제 포인트

직류 직권발전기는 계자권선과 전기자권선이 직렬로 연결되어 있어 계자전류가 곧 부하전류(전기자전류)와 같다. 회전속도가 일정하고 자기포화를 고려하지 않으면 유기기전력 E는 자속 Φ에 비례하고, 자속은 계자전류(=부하전류) I에 비례하므로 결국 E는 I에 비례한다. 이 성질을 이용해 부하전류가 바뀔 때 기전력과 단자전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

부하전류(=전기자전류=계자전류) $I_1 = 50$[A], 단자전압 $V_1 = 100$[V]. 전기자권선 저항 $R_a = 0.1$[Ω], 계자권선 저항 $R_f = 0.2$[Ω]. 부하전류가 $I_2 = 60$[A]로 변하고 회전자 속도(회전속도)는 동일하다.

사용할 공식

직권발전기의 전압방정식: $E = V + I(R_a + R_f)$. 회전속도가 일정하고 비포화 영역이면 자속이 계자전류(=부하전류)에 비례하므로 $E \propto \Phi n$에서 n이 일정하면 $E \propto I$가 성립한다.

계산 과정

먼저 $I_1 = 50$[A]일 때의 유기기전력을 구한다.

$E_1 = V_1 + I_1(R_a + R_f) = 100 + 50 \times (0.1 + 0.2) = 100 + 15 = 115$[V]

직권발전기는 회전속도가 같으면 $E \propto I$이므로 비례관계로 $I_2 = 60$[A]일 때의 기전력을 구한다.

$E_2 = E_1 \times \frac{I_2}{I_1} = 115 \times \frac{60}{50} = 115 \times 1.2 = 138$[V]

이제 이 기전력에서 저항 강하분을 빼서 단자전압을 구한다.

$V_2 = E_2 - I_2(R_a + R_f) = 138 - 60 \times 0.3 = 138 - 18 = 120$[V]

따라서 부하전류가 60[A]로 되면 단자전압은 120[V]이다.

NoteBase

선지 판단

① 138 → 이는 부하전류 60[A]일 때의 유기기전력 E_2값이다. 여기서 전기자저항과 계자저항에 의한 전압강하 18[V]를 빼지 않고 단자전압으로 잘못 answer한 값이므로 오답이다.
② 132 → 저항 강하를 절반만 반영하거나 계산 과정 중 일부 항만 반영했을 때 나오는 값으로, 올바른 전압방정식 적용 결과가 아니므로 오답이다.
③ 126 → 기전력과 전류의 비례관계를 정확히 적용하지 않고 근사적으로 계산했을 때 나올 수 있는 값이며, 정확한 계산 결과와 일치하지 않으므로 오답이다.
④ 120 → $E_1 = 115$[V]에서 비례관계로 $E_2 = 138$[V]를 구한 뒤, 저항 강하 $I_2(R_a + R_f) = 18$[V]를 빼면 $V_2 = 120$[V]로 계산 과정과 정확히 일치하므로 정답이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 기전력 E_2를 구한 뒤 이를 그대로 단자전압으로 착각하는 것이다(선지 ①이 이 함정에 해당한다). 직권발전기는 부하전류가 곧 계자전류이자 전기자전류이므로, 부하전류가 변하면 저항강하분도 함께 변한다는 점을 놓치지 않아야 한다. 또한 자속이 전류에 비례한다는 가정(비포화)을 전제로 기전력의 비례관계를 세워야 하며, 단순히 전압을 전류비로 스케일링(예: $100 \times 1.2 = 120$을 우연히 맞다고 착각)하는 것이 아니라 반드시 기전력을 거쳐 저항강하를 다시 빼는 절차를 밟아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직권발전기(또는 직권전동기) 문제에서 회전속도가 동일하다는 조건이 주어지면, 자속이 전류에 비례한다는 전제 아래 유기기전력이 전류에 비례한다는 관계식부터 세운다. 먼저 주어진 상태에서 $E = V + I(R_a + R_f)$로 기전력을 구하고, 비례관계로 새로운 전류에서의 기전력을 구한 다음, 다시 그 상태의 저항강하를 빼서 단자전압을 구하는 순서(전압강하 계산 → 비례식 적용 → 전압강하 재차감)를 지킨다.

암기 포인트

직권기: 계자전류=전기자전류=부하전류. 발전기 전압방정식 $E = V + I(R_a + R_f)$. 회전속도 일정 시 비포화 가정에서 $E \propto I$(자속이 전류에 비례하기 때문). 기전력을 구했다고 바로 답으로 삼지 말고 반드시 저항강하를 다시 빼서 단자전압을 구해야 한다는 점을 기억해 둔다.

NoteBase

문 7. 직류 분권전동기가 단자전압 100[V], 입력전류 21[A], 회전속도 1200[rpm]으로 운전될 때, 유도기전력[V]은? (단, 계자권선의 저항은 100[Ω], 전기자권선의 저항은 0.2[Ω]이다)

① 96

② 98

③ 100

④ 102

정답 1번

출제 포인트

직류 분권전동기의 유도기전력(역기전력)을 구하는 문제이다. 분권전동기는 계자권선과 전기자권선이 병렬로 연결되어 있으므로, 입력전류에서 계자전류를 분리해 전기자전류를 먼저 구하고, 전기자회로의 전압방정식으로 유도기전력을 계산해야 한다.

조건 정리

단자전압 $V = 100$[V], 입력전류(선전류) $I_L = 21$[A], 계자권선 저항 $R_f = 100$[Ω], 전기자권선 저항 $R_a = 0.2$[Ω]이다. 회전속도 1200[rpm]은 이 문항의 계산에는 사용되지 않는 조건이다.

사용할 공식

분권전동기는 계자권선이 단자전압에 직접 병렬로 걸리므로 계자전류는 $I_f = \frac{V}{R_f}$이다. 전기자전류는 입력전류에서 계자전류를 뺀 값 $I_a = I_L - I_f$이며, 전동기의 전기자 전압방정식은 $V = E + I_a R_a$이므로 유도기전력은 $E = V - I_a R_a$이다.

계산 과정

계자전류는 $I_f = \frac{100}{100} = 1$[A]이다. 전기자전류는 $I_a = 21 - 1 = 20$[A]이다. 유도기전력은 $E = 100 - 20 \times 0.2 = 100 - 4 = 96$[V]이다.

선지 판단

① 96 → 계산 결과와 정확히 일치하므로 옳다.
② 98 → 전기자전류나 전압강하 계산을 잘못 적용했을 때 나올 수 있는 값으로, 옳지 않다.
③ 100 → 전압강하($I_a R_a$)를 반영하지 않고 단자전압을 그대로 답으로 착각한 경우이며, 옳지 않다.
④ 102 → 부호를 반대로 적용해 $E = V + I_a R_a$로 계산한 경우 나오는 값으로, 옳지 않다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 입력전류 21[A]를 그대로 전기자전류로 오인해 계자전류를 빼지 않는 것이다. 분권전동기는 계자권선이 전원에 직접 병렬 연결되므로 계자전류를 반드시 별도로 계산해 입력전류에서 빼야 전기자전류가 나온다. 또한 전동기에서는 $E = V - I_a R_a$로 전압강하를 빼야 하며, 발전기의 경우 $E = V + I_a R_a$로 더한다는 점을 혼동하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

분권전동기 문제를 보면 먼저 계자저항으로 계자전류부터 구하고, 입력전류에서 계자전류를 뺀 값을 전기자전류로 삼는다. 그다음 전동기이므로 유도기전력은 단자전압에서 전기자전류에 의한 전압강하를 뺀 값임을 적용한다. 회전속도처럼 계산에 쓰이지 않는 조건이 함께 제시될 수 있음에 유의한다.

암기 포인트

분권전동기: $I_f = \frac{V}{R_f}$, $I_a = I_L - I_f$, $E = V - I_a R_a$. 전동기는 빼고 발전기는 더한다.

NoteBase

문 8. 정격전압이 인가된 3상 권선형 유도전동기의 회전자권선을 개방하고 전압을 측정하였다. 회전자 권선전압이 정지상태에서 100[V], 1800[rpm]에서 0[V]였다면, 반대 방향으로 900[rpm]으로 회전시킬 때 전압[V]은?

① 50

② 100

③ 150

④ 200

정답 3번

출제 포인트

권선형 유도전동기에서 회전자권선을 개방한 채 측정되는 회전자 유도전압(2차 유도전압)이 슬립 s에 정비례한다는 사실을 이용해, 회전 방향이 반대인 경우의 슬립을 올바르게 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

동기속도는 회전자가 정지했을 때(0[rpm]) 슬립 $s = 1$이고, 회전자권선 개방전압이 100[V]이다. 회전자가 1800[rpm]으로 회전할 때 개방전압이 0[V]이므로 이때 슬립 $s = 0$이다. 슬립이 0이 되는 속도는 곧 고정자 회전자계와 같은 방향, 같은 속도로 도는 상태이므로 동기속도 $N_s = 1800$[rpm]이다. 이제 회전자를 반대 방향으로 900[rpm] 회전시킬 때의 개방전압을 구한다.

사용할 공식

슬립의 정의: $s = \frac{N_s - N}{N_s}$ (여기서 N은 고정자 회전자계와 같은 방향을 양(+)으로 하는 회전자 속도이다). 회전자 개방전압과 슬립의 관계: $V_r = sV_{r0}$ (여기서 V_{r0}는 정지 시 개방전압, 즉 $s = 1$일 때의 값).

계산 과정

반대 방향으로 900[rpm] 회전하는 것은 고정자 회전자계 기준 방향에서 보면 $N = -900$[rpm]에 해당한다. 슬립은 $s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1800 - (-900)}{1800} = \frac{2700}{1800} = 1.5$이다. 정지 시(=$s = 1$) 개방전압이 100[V]이므로, 개방전압은 $V_r = sV_{r0} = 1.5 \times 100 = 150$[V]이다.

선지 판단

① 50 → X, 슬립이 1보다 작아지는 경우의 값이라 반대 회전 조건과 맞지 않는다.
② 100 → X, 이는 정지 상태(슬립 1)일 때의 전압이며 반대 회전으로 슬립이 1.5가 된 상태의 값이 아니다.
③ 150 → O, 슬립 1.5에 정지 시 전압 100[V]을 곱한 값과 정확히 일치한다.
④ 200 → X, 슬립을 2로 잘못 계산했을 때 나오는 값으로, 회전자 속도를 부호 없이 단순히 더하거나 빼는 과정에서 생기는 오류이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 회전자가 반대 방향으로 돈다는 것을 속도의 부호(음수)로 반영하지 않고, 900[rpm]을 그대로 더하거나 빼는 것이다. 정방향 900[rpm]이면 슬립은 $(1800-900)/1800=0.5$로 전압이 50[V]가 되지만(①에 해당), 이 문제는 반대 방향이므로 속도에 음의 부호를 붙여야 한다. 또한 정지 시 전압 100[V]을 슬립 1일 때의 기준값으로 보지 않고 그대로 답으로 고르는 경우(②)도 흔한 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

회전자권선 개방전압 문제가 나오면 먼저 정지 시 전압(슬립 1 기준값)과 전압이 0이 되는 속도(동기속도)를 찾는다. 그다음 물어보는 회전 상태의 슬립을 $s=(N_s-N)/N_s$로 계산하되, 회전 방향이 회전자계와 반대이면 반드시 그 속도에 음의 부호를 붙인다. 마지막으로 개방전압은 슬립에 정비례하므로 정지 시 전압에 계산된 슬립을 곱하면 된다.

암기 포인트

권선형 유도전동기 2차(회전자) 개방전압은 슬립에 비례한다: $V_r=sV_{r0}$. 슬립 계산 시 회전 방향이 반대이면 속도를 음수로 대입해야 한다는 점을 기억해 둔다.

NoteBase

문 9. 전기자권선 저항 $0.1[\Omega]$을 갖는 직류 분권전동기가 단자전압 $220[V]$, 전기자전류 $50[A]$, $2000[\text{rpm}]$으로 운전 중일 때, 전동기의 발생토크 $[N \cdot m]$는? (단, π는 3.0으로 계산하고, 소수점 아래는 버림)

① 53

② 37

③ 29

④ 22

정답 1번

출제 포인트

직류 분권전동기에서 단자전압·전기자전류·전기자저항으로부터 역기전력을 구하고, 이를 이용해 전기자에서 발생하는 기계적 동력과 회전각속도로부터 발생 토크를 계산하는 문제이다. 역기전력 계산, 동력-토크 변환식, rpm을 각속도(rad/s)로 바꾸는 과정을 순서대로 적용할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

전기자권선 저항 $R_a = 0.1\Omega$, 단자전압 $V = 220\text{V}$, 전기자전류 $I_a = 50\text{A}$, 회전속도 $N = 2000\text{rpm}$, $\pi = 3.0$으로 계산하고 소수점 이하는 버린다.

사용할 공식

역기전력 $E_a = V - I_a R_a$, 전기자에서 발생하는 동력 $P = E_a I_a$, 각속도 $\omega = \frac{2\pi N}{60}$, 발생 토크 $T = \frac{P}{\omega}$.

계산 과정

역기전력은 $E_a = 220 - 50 \times 0.1 = 215\text{V}$이다.
전기자에서 발생하는 동력은 $P = E_a I_a = 215 \times 50 = 10750\text{W}$이다.
각속도는 $\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2 \times 3.0 \times 2000}{60} = 200\text{rad/s}$이다.
발생 토크는 $T = \frac{P}{\omega} = \frac{10750}{200} = 53.75\text{N} \cdot \text{m}$이고, 소수점 아래를 버리면 $53\text{N} \cdot \text{m}$이 된다.

선지 판단

① 53: 계산 결과와 일치하여 정답이다.
② 37: 역기전력이나 동력 계산 과정에서 값을 잘못 대입했을 때 나오는 오답이다.
③ 29: 각속도를 잘못 구하거나(예: π를 다르게 적용) 나누는 과정에서 오차가 생겼을 때 나올 수 있는 오답이다.
④ 22: 전기자전류와 단자전압을 그대로 곱하거나 저항 강하를 반영하지 않는 등 계산 단계를 누락했을 때 나오는 오답이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 실수는 단자전압 220V를 그대로 전기자에서 발생하는 전압으로 쓰는 것이다. 전기자권선 저항에 의한 전압강하 $I_aR_a = 5\text{V}$를 반드시 빼서 역기전력 $E_a = 215\text{V}$를 구해야 한다. 또한 회전속도 rpm을 각속도 rad/s로 바꿀 때 $\frac{2\pi N}{60}$ 공식을 정확히 적용해야 하며, 이 문제처럼 $\pi = 3.0$으로 주어지면 그 값을 그대로 대입해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류 전동기의 토크 계산 문제는 항상 같은 순서로 접근한다. 먼저 단자전압에서 전기자저항 강하를 빼서 역기전력을 구하고, 역기전력과 전기자전류를 곱해 전기자에서 발생하는 동력을 구한다. 그다음 rpm을 각속도로 환산한 뒤 동력을 각속도로 나누면 토크가 나온다. 이 네 단계를 순서대로 적용하면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

역기전력 $E_a = V - I_aR_a$, 발생 동력 $P = E_aI_a$, 각속도 $\omega = \frac{2\pi N}{60}$, 토크 $T = \frac{P}{\omega}$의 네 가지 관계식을 세트로 암기해 둔다.

NoteBase

문 10. 동기발전기가 효율 0.95, 역률 0.8로 부하에 950[kVA]의 전력을 공급하고 있다. 이때 동기발전기 운전용 원동기의 입력[kW]은? (단, 원동기의 효율은 0.8이다)

① 850
② 900
③ 950
④ 1000

정답 4번

출제 포인트

동기발전기가 부하에 공급하는 피상전력에서 출발해 발전기의 효율과 원동기(구동기)의 효율을 순서대로 나눠 원동기 입력을 구하는 문제이다. 전력 변환의 흐름(원동기 입력 → 발전기 입력(축 동력) → 발전기 출력(전기적 출력))을 방향에 맞게 적용할 수 있는지를 확인한다.

조건 정리

부하에 공급하는 피상전력 $S = 950\text{kVA}$, 역률 $\cos\theta = 0.8$, 발전기 효율 $\eta_G = 0.95$, 원동기 효율 $\eta_M = 0.8$이다. 구하는 값은 원동기의 입력 동력이다.

사용할 공식

부하에 공급되는 유효전력은 $P = S\cos\theta$이다. 발전기의 효율은 (전기적 출력)/(원동기가 발전기에 전달하는 축 입력)이므로 발전기 입력은 $P_G = \frac{P}{\eta_G}$이다. 원동기의 효율은 (원동기가 발전기에 전달하는 출력)/(원동기의 입력)이므로 원동기 입력은 $P_M = \frac{P_G}{\eta_M}$이다.

계산 과정

유효전력: $P = 950 \times 0.8 = 760\text{kW}$
발전기 입력(축 동력): $P_G = \frac{760}{0.95} = 800\text{kW}$
원동기 입력: $P_M = \frac{800}{0.8} = 1000\text{kW}$

선지 판단

① 850 — 효율을 한 번만 나누거나 역률을 중복 적용하는 등 계산 과정을 일부 생략한 값으로, 위 순서대로 계산하면 나오지 않는다.
② 900 — 역률과 발전기 효율만 반영하고 원동기 효율을 반영하지 않거나 잘못 적용한 값이며 옳지 않다.
③ 950 — 부하에 공급한 피상전력 값 그대로이며, 역률과 두 효율을 전혀 반영하지 않은 값이므로 옳지 않다.
④ 1000 — 유효전력 760kW를 발전기 효율 0.95로 나누어 800kW, 다시 원동기 효율 0.8로 나누어 1000kW를 얻으므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 피상전력 950kVA에 역률을 곱하지 않고 그대로 효율로 나누는 것과, 효율로 나눌 때 곱하기와 나누기를 헷갈리는 것이다. 효율은 항상 (출력/입력)이므로 입력을 구할 때는 출력을 효율로 나누어야 하며, 두 단계(발전기 효율, 원동기 효율)를 모두 순서대로 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전력 변환 경로가 여러 단(원동기 → 발전기 → 부하)으로 이어지는 문제는 먼저 어느 지점의 전력을 구하는 것인지(피상전력인지 유효전력인지, 전기적 출력인지 기계적 입력인지)를 표시하고, 각 단마다 효율로 나누는 방향이 입력 쪽인지 출력 쪽인지를 확인한 뒤 순서대로 계산한다.

암기 포인트

유효전력 = 피상전력 × 역률. 효율 = 출력/입력이므로 입력을 구할 때는 출력을 효율로 나눈다. 원동기 → 발전기 축입력 → 발전기 전기적 출력 순으로 두 번 나누어 원동기 입력을 구한다.

NoteBase

문 11. Y결선, 정격출력 5000[kVA], 정격전압 3000[V], 6극, 60[Hz]인 3상 동기발전기의 상당 동기임피던스가 1.5[Ω]일 때, 이 발전기의 단락비는?

① 1.50

② 1.20

③ 0.85

④ 0.67

정답 2번

출제 포인트

3상 동기발전기의 정격값(출력·전압·상당 동기임피던스)으로부터 퍼센트 동기임피던스를 구하고, 이를 이용해 단락비를 계산하는 문제이다. 단락비는 무부하 포화곡선과 3상 단락곡선을 이용해 실험적으로도 구하지만, 계산 문제에서는 단락비와 퍼센트 동기임피던스가 서로 역수 관계라는 점을 이용해 빠르게 풀어야 한다.

조건 정리

Y결선, 정격출력 $P_n = 5000[\text{kVA}]$, 정격전압(선간전압) $V_n = 3000[\text{V}]$, 상당 동기임피던스 $Z_s = 1.5[\Omega]$이다. 극수 6극, 주파수 60[Hz]는 회전속도(동기속도)를 결정하는 값으로 단락비 계산에는 직접 쓰이지 않는다.

사용할 공식

Y결선이므로 상전압 $V_p = \frac{V_n}{\sqrt{3}}$, 정격전류 $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_n}$이다. 기준(정격) 상당 임피던스는 $Z_n = \frac{V_p}{I_n}$이고, 퍼센트 동기임피던스는 $\%Z_s = \frac{Z_s}{Z_n}$이다. 단락비는 퍼센트 동기임피던스의 역수, 즉 $K_s = \frac{1}{\%Z_s} = \frac{Z_n}{Z_s}$이다.

계산 과정

정격전류는 $I_n = \frac{5{,}000{,}000}{\sqrt{3} \times 3000} \approx 962.3[\text{A}]$이다. 상전압은 $V_p = \frac{3000}{\sqrt{3}} \approx 1732.1[\text{V}]$이다. 기준 임피던스는 $Z_n = \frac{1732.1}{962.3} \approx 1.8[\Omega]$이다. 따라서 퍼센트 동기임피던스는 $\%Z_s = \frac{Z_s}{Z_n} = \frac{1.5}{1.8} \approx 0.833$이고, 단락비는 $K_s = \frac{1}{0.833} \approx 1.20$이다.

선지 판단

① 1.50 → 오답, 상당 동기임피던스 값 1.5를 단락비로 그대로 옮겨 적은 값이며 기준 임피던스를 반영하지 않은 계산 오류에 해당한다.
② 1.20 → 정답, $K_s = \frac{Z_n}{Z_s} = \frac{1.8}{1.5} = 1.20$으로 계산 과정과 일치한다.
③ 0.85 → 오답, 퍼센트 동기임피던스 값(약 0.833)을 반올림해 단락비로 착각한 경우에 나오는 값으로, 단락비는 퍼센트 동기임피던스의 역수이지 그 값 자체가 아니다.
④ 0.67 → 오답, $\frac{1}{1.5} \approx 0.67$처럼 기준 임피던스 계산 없이 상당 동기임피던스의 역수만 취한 값으로 정격전압·전류 조건을 반영하지 않은 오답이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 단락비를 퍼센트 동기임피던스와 혼동하거나(③), 상당 동기임피던스 값을 아무 가공 없이 그대로 답으로 쓰는 것(①, ④)이다. 단락비를 구하려면 반드시 정격전압·정격출력으로부터 정격전류와 기준(정격) 임피던스를 먼저 구한 뒤, 이를 상당 동기임피던스와 비교해야 한다는 점을 놓치지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

Y결선 조건이 주어지면 상전압은 선간전압을 $\sqrt{3}$으로 나누고, 정격전류는 $\frac{P_n}{\sqrt{3}V_n}$으로 구한다. 이어서 기준 임피던스 $Z_n = \frac{V_p}{I_n}$을 구하고, 단락비 $K_s = \frac{Z_n}{Z_s}$로 계산한다. 극수·주파수 같은 값은 단락비 계산과 무관한 함정 정보일 수 있으므로 어떤 값이 실제로 공식에 쓰이는지 먼저 골라낸다.

암기 포인트

단락비 $K_s = \frac{1}{\%Z_s} = \frac{Z_n}{Z_s}$이며, 기준 임피던스 $Z_n = \frac{V_p}{I_n}$은 정격 상전압을 정격전류로 나눈 값이다. 단락비가 큰 기계일수록 퍼센트 동기임피던스는 작다는 역수 관계를 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 12. 권선형 유도전동기와 변압기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 변압기는 1차측 전류가 만든 교번자속이 2차측 권선을 쇄교한다.

② 유도전동기는 고정자전류에 의한 회전자계가 회전자권선을 쇄교한다.

③ 유도전동기의 자속은 철심과 공극을 지나므로 변압기보다 작은 여자전류를 갖는다.

④ 유도전동기는 2차측 회로가 개방된 경우 회전자는 회전하지 않는다.

정답 3번

출제 포인트

권선형 유도전동기와 변압기를 자속 쇄교·여자전류 관점에서 비교하는 문제이다. 두 기기 모두 1차(고정자)측 전류가 만든 자속이 2차(회전자)측 권선을 쇄교해 기전력을 유도한다는 점은 같지만, 자속이 지나는 자기회로 구조가 다르다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

변압기는 자속이 연속된 철심만을 지나므로 자기저항(릴럭턴스)이 작아 여자전류가 작다. 반면 유도전동기는 고정자와 회전자 사이에 공극(에어갭)이 반드시 존재하고, 자속이 철심뿐 아니라 이 공극을 함께 지나야 한다. 공극은 투자율이 낮아 자기저항이 크므로, 같은 자속을 만들기 위해 유도전동기는 변압기보다 훨씬 큰 여자전류(무부하전류)를 필요로 한다. 즉 유도전동기의 여자전류는 변압기보다 작은 것이 아니라 크다.

선지별 해설

① O: 변압기는 1차측 전류가 만드는 교번자속이 2차측 권선을 쇄교하는 전자유도 원리로 동작하므로 옳은 설명이다.
② O: 유도전동기는 고정자(1차)측 전류에 의해 형성된 회전자계가 회전자(2차)권선을 쇄교하여 기전력과 전류를 유도하므로 옳은 설명이다.
③ X: 유도전동기의 자속은 철심뿐 아니라 공극(에어갭)을 함께 지나야 하므로 자기저항이 커지고, 그 결과 변압기보다 오히려 큰 여자전류를 필요로 한다. "변압기보다 작은 여자전류를 갖는다"는 설명은 틀린 표현이며, 올바른 표현은 "변압기보다 큰 여자전류를 갖는다"이다.
④ O: 유도전동기는 2차측(회전자)회로가 개방되면 회전자에 전류가 흐르지 못해 토크가 발생하지 않으므로 회전자는 회전하지 않는다. 옳은 설명이다.

오답 포인트

변압기와 유도전동기 모두 1차 자속이 2차 권선을 쇄교한다는 공통점 때문에 ①·②를 오답으로 착각하기 쉽다. 하지만 이 문제의 함정은 여자전류의 크기 비교에 있다. 공극이 있으면 자기저항이 커져 여자전류가 커진다는 인과관계를 거꾸로 기억하면 ③을 옳은 설명으로 오판하게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

변압기와 회전기(유도전동기·동기기 등)를 비교하는 문제가 나오면 먼저 자기회로에 공극이 있는지부터 확인한다. 공극이 있으면 자기저항 증가, 여자전류(무부하전류) 증가, 누설리액턴스 관련 특성 변화로 이어진다는 흐름으로 판단한다.

암기 포인트

공극(에어갭)이 있으면 자기저항 증가 → 여자전류 증가. 변압기(공극 없음)는 여자전류가 작고, 유도전동기(공극 있음)는 여자전류가 크다는 방향을 반대로 외우지 않도록 유의한다.

NoteBase

문 13. 정격주파수 60[Hz]의 변압기를 50[Hz]의 전원에 연결하여 사용했을 때 발생하는 현상이 아닌 것은? (단, 전압크기는 일정하다)

① 여자전류가 증가한다.

② 자화리액턴스가 증가한다.

③ 철심의 자속밀도가 증가한다.

④ 1차측 동손이 증가한다.

정답 2번

출제 포인트

변압기의 유기기전력 공식 $E = 4.44fN\Phi_m$에서 전압과 권수가 고정된 상태로 주파수만 낮아질 때, 자속·자속밀도·여자전류·손실이 각각 어떻게 변하는지를 묻는 문제이다. 정격주파수보다 낮은 주파수로 운전하면 철심이 과여자(과포화) 상태에 가까워진다는 점이 핵심이다.

조건 정리

정격주파수 $f_1 = 60[\text{Hz}]$에서 사용하던 변압기를 $f_2 = 50[\text{Hz}]$의 전원에 연결한다. 인가 전압의 크기 V는 변하지 않고 일정하게 유지된다. 권수 N도 변하지 않는다.

사용할 공식

유기기전력 $E = 4.44fN\Phi_m$이고, 자속밀도는 $B_m = \frac{\Phi_m}{A}$이다. 전압 V가 일정하면 $\Phi_m \propto \frac{1}{f}$의 관계가 성립한다.

계산 과정

전압이 일정한데 주파수가 $f_1 = 60[\text{Hz}]$에서 $f_2 = 50[\text{Hz}]$로 낮아지므로, $\Phi_{m2} = \Phi_{m1} \times \frac{f_1}{f_2} = \Phi_{m1} \times \frac{60}{50} = 1.2\Phi_{m1}$이 되어 최대자속(및 자속밀도)이 약 20\% 증가한다. 철심의 자속밀도가 증가하면 자화곡선(B-H 곡선)의 포화 영역에 더 가까워지므로 같은 자속밀도 증가분을 얻는 데 필요한 자화력 H가 비례 이상으로 커지고, 그 결과 여자전류(자화전류)가 증가한다. 여자전류가 증가하면 1차측 전류의 유효분·무효분이 모두 커질 수 있어 1차측 동손($I_1^2 R_1$)도 함께 증가한다. 반면 자화리액턴스는 $X_m = \frac{E}{I_\phi}$로 정의되는 등가 임피던스인데, 철심이 포화에 가까워지면 투자율이 떨어져 인덕턴스가 작아지므로 전압·자속이 커지는데도 자화전류가 그 이상으로 급격히 늘어나 X_m은 오히려 감소한다.

NoteBase

선지 판단

① 여자전류가 증가한다 → 참: 자속밀도 증가로 철심이 포화 쪽에 가까워지면서 자화전류가 커진다.
② 자화리액턴스가 증가한다 → 거짓(이 선지가 정답): 포화로 인해 자화전류가 급격히 늘어나므로 자화리액턴스 $X_m = E/I_\phi$는 오히려 감소한다. '증가한다'가 아니라 '감소한다'가 되어야 한다.
③ 철심의 자속밀도가 증가한다 → 참: 전압이 일정한데 주파수가 낮아지면 $\Phi_m \propto 1/f$ 관계에 따라 최대자속과 자속밀도가 증가한다.
④ 1차측 동손이 증가한다 → 참: 여자전류 증가로 1차측 전류가 커져 동손($I_1^2 R_1$)도 증가한다.

오답 포인트

이 문제는 '발생하는 현상이 아닌 것'을 고르는 문제이므로 나머지 세 선지는 모두 실제로 일어나는 현상이고, 유일하게 반대 방향으로 변하는 자화리액턴스만 정답이 된다. 자속밀도 증가와 자화리액턴스 감소를 혼동하여 둘 다 '증가'로 암기하면 틀리기 쉽다. 자화리액턴스는 자속밀도와 같은 방향으로 움직이는 양이 아니라, 포화도가 커질수록 오히려 작아지는 임피던스라는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전압이 일정한 상태에서 주파수만 낮아지는 조건을 보면 곧바로 $\Phi_m \propto 1/f$를 떠올려 자속밀도 증가부터 확정한다. 이후 자속밀도 증가 → 포화 심화 → 여자전류 증가 → 1차 동손 증가라는 인과 사슬을 따라가고, 마지막으로 자화리액턴스는 이 사슬과 반대로 감소한다는 점만 별도로 기억해 정답을 고른다.

암기 포인트

변압기에서 전압 일정, 주파수 감소 시: 자속(자속밀도) 증가, 여자전류 증가, 1차 동손 증가, 자화리액턴스는 감소. 즉 '주파수 감소=자속 밀도 증가=포화 심화'이고 자화리액턴스만 유일하게 감소 방향이다.

NoteBase

문 14. SRM(switched reluctance motor)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 토크의 방향이 전류의 방향과 무관하다.

② 이중 돌극 구조이므로 토크리플이 작고 소음이 작다.

③ 회전각에 따른 인덕턴스의 변화율이 토크를 발생시킨다.

④ 회전자의 위치를 검출하기 위한 센서가 필요하다.

정답 2번

출제 포인트

SRM(스위치드 릴럭턴스 모터)의 구조적 특성과 토크 발생 원리를 정확히 알고 있는지를 묻는 문제이다. SRM은 고정자와 회전자 모두 돌극(salient pole) 구조를 가지며, 회전자에는 별도의 권선이나 영구자석이 없다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

SRM은 고정자 권선에 흐르는 전류에 의해 형성된 자기저항(릴럭턴스)의 최소 경로를 회전자가 따라가려는 힘으로 토크를 발생시키는 전동기이다. 토크는 $T = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(\theta)}{d\theta}$로 표현되며, 여기서 i는 상전류, $L(\theta)$는 회전각 θ에 따른 인덕턴스이다. 이 식에서 전류는 제곱 형태로 들어가므로 전류의 방향(부호)과 무관하게 토크의 방향은 인덕턴스 변화율 $dL/d\theta$의 부호에 의해서만 결정된다. 또한 회전자 위치에 따라 인덕턴스가 증가하는 구간에서만 전류를 흘려야 원하는 방향의 토크가 나오므로, 정확한 회전자 위치 검출을 위한 위치 센서(또는 센서리스 추정 기법)가 반드시 필요하다. 다만 SRM은 돌극 구조와 스위칭 구동 방식의 특성상 인덕턴스 변화 구간에서 전류를 단속적으로 스위칭하기 때문에 토크리플과 소음·진동이 다른 전동기(유도전동기, 영구자석 동기전동기 등)에 비해 크다는 단점을 가진다.

선지별 해설

① 토크의 방향이 전류의 방향과 무관하다. → 옳다. 토크식에 전류가 i^2 형태로 들어가므로 전류 방향이 바뀌어도 토크의 방향은 바뀌지 않고 인덕턴스 변화율의 부호로 결정된다.

② 이중 돌극 구조이므로 토크리플이 작고 소음이 작다. → 옳지 않다. SRM은 고정자와 회전자 모두 돌극인 이중 돌극(doubly salient) 구조가 맞지만, 이 구조와 스위칭 구동 방식 때문에 오히려 토크리플이 크고 소음·진동이 큰 것이 SRM의 대표적인 단점이다. 틀린 표현 → 올바른 표현: "토크리플이 작고 소음이 작다" → "토크리플이 크고 소음이 크다".

③ 회전각에 따른 인덕턴스의 변화율이 토크를 발생시킨다. → 옳다. $T = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(\theta)}{d\theta}$가 SRM의 토크 발생 원리 그 자체이다.

④ 회전자의 위치를 검출하기 위한 센서가 필요하다. → 옳다. 인덕턴스가 증가하는 구간에 맞춰 전류를 스위칭해야 하므로 정확한 회전자 위치 정보가 필수적이다.

NoteBase

오답 포인트

SRM이 구조가 단순하고 영구자석이 없어 저렴하다는 장점만 기억하고, 돌극 구조가 곧 저소음·저진동으로 이어진다고 착각하기 쉽다. 그러나 SRM의 토크는 인덕턴스 변화 구간에서 스위칭 전류로 만들어지므로 토크리플과 소음이 오히려 크다는 점이 시험에서 자주 뒤집혀 출제된다.

다시 나오면 이렇게 판단

SRM 관련 선지에서 "토크리플이 작다", "소음이 작다", "진동이 적다"는 표현이 나오면 우선 의심한다. SRM의 장점은 구조가 간단하고 영구자석이 불필요해 저렴하며 고온·고속에 강하다는 것이고, 단점은 토크리플·소음·진동이 크고 정밀한 위치 센서(또는 센서리스 알고리즘)와 복잡한 스위칭 제어가 필요하다는 것으로 구분해서 정리한다.

암기 포인트

SRM 토크식 $T = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL(\theta)}{d\theta}$ → 전류 제곱이므로 토크 방향은 전류 방향과 무관, 인덕턴스 변화율 부호로만 결정. 이중 돌극 구조 + 스위칭 구동 → 토크리플·소음 큼(작다고 하면 오답). 정확한 회전자 위치 센서 필수.

NoteBase

문 15. 단위역률로 운전 중인 3상 동기전동기에서 계자전류를 증가시켰을 때, 역률, 부하각, 역기전력의 관계를 바르게 연결한 것은? (단, 부하는 일정하다)

① 역률: 진상, 부하각: 감소, 역기전력: 증가

② 역률: 진상, 부하각: 증가, 역기전력: 감소

③ 역률: 지상, 부하각: 감소, 역기전력: 증가

④ 역률: 지상, 부하각: 증가, 역기전력: 감소

정답 1번

출제 포인트

동기전동기를 단위역률로 운전하다가 계자전류(여자전류)를 증가시키면 위상특성곡선(V곡선)상에서 부족여자 상태를 지나 과여자 상태로 넘어간다. 이때 역률·부하각·역기전력이 각각 어떻게 변하는지를 묻는 문항이다. 부하(유효전력)는 일정하게 유지된다는 조건이 핵심이다.

조건 정리

동기전동기는 단위역률로 운전 중이며 계자전류만 증가시키고 부하(유효전력 P)는 일정하다. 단자전압 V와 동기리액턴스 X_s도 일정하다.

사용할 공식

동기전동기의 1상당 출력은 $P = \frac{VE}{X_s}\sin\delta$로 나타낼 수 있다. 여기서 E는 역기전력(유기기전력), δ는 부하각이다. 또한 역기전력은 여자(계자전류)에 비례하여 $E \propto I_f$로 커진다.

계산 과정

계자전류 I_f를 증가시키면 여자가 커지므로 역기전력 E는 증가한다. 그런데 V, X_s는 일정하고 부하 P도 일정하므로 위 식에서 $E\sin\delta$는 항상 같은 값을 유지해야 한다. E가 커지는데 $E\sin\delta$가 일정해야 하므로 $\sin\delta$는 작아져야 하고, 따라서 부하각 δ는 감소한다. 한편 단위역률로 운전 중인 상태에서 여자를 더 늘리면 전동기는 과여자 상태로 넘어가는데, 동기전동기는 과여자일 때 앞선(진상) 무효전류를 계통에 공급하는 콘덴서처럼 동작하므로 역률은 진상이 된다.

NoteBase

선지 판단

① 역률 진상·부하각 감소·역기전력 증가: 계자전류 증가로 과여자가 되어 역률이 진상으로 바뀌고, E가 증가하면서 $E\sin\delta$ 일정을 유지하기 위해 부하각이 감소하므로 옳다.
② 역률 진상·부하각 증가·역기전력 감소: 역률은 진상으로 맞으나, 계자전류 증가 시 역기전력은 증가하고 부하각은 오히려 감소하므로 틀리다.
③ 역률 지상·부하각 감소·역기전력 증가: 부하각과 역기전력 변화 방향은 맞으나, 여자를 늘려 과여자가 되면 역률은 지상이 아니라 진상이 되므로 틀리다.
④ 역률 지상·부하각 증가·역기전력 감소: 세 항목 모두 실제 변화 방향과 반대이므로 틀리다.

오답 포인트

동기전동기와 동기발전기의 여자-역률 관계를 반대로 암기하기 쉽다. 동기전동기는 부족여자일 때 지상 무효전류를 흡수(지상 역률)하고, 과여자일 때 진상 무효전류를 공급(진상 역률)한다. 또한 역기전력이 커지면 부하각이 커진다고 착각하기 쉬운데, 부하(유효전력)가 일정하다는 조건에서는 $E\sin\delta$가 일정해야 하므로 E가 커질수록 오히려 $\sin\delta$와 부하각은 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

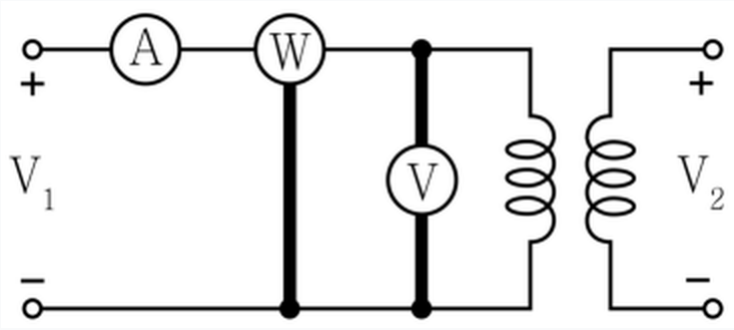
부하가 일정하다는 조건이 주어지면 $P=\frac{VE}{X_s}\sin\delta$에서 Eδ = 일정이라는 관계부터 세운다. 계자전류가 늘면 E가 늘어난다는 사실과 이 관계식을 결합하면 부하각의 증감을 바로 판단할 수 있다. 역률의 진상·지상은 위상특성곡선(V곡선)에서 부족여자=지상, 과여자=진상이라는 규칙으로 즉시 판단한다.

암기 포인트

동기전동기 V곡선: 부족여자 → 지상 역률, 과여자 → 진상 역률. 부하 일정 조건에서는 Eδ = 일정이므로 여자(역기전력) 증가 ↔ 부하각 감소는 항상 짝을 이룬다.

NoteBase

문 16. 그림은 변압기 회로정수 측정을 위한 시험 회로이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 좌측이 1차측이며, Ⓐ는 전류계, Ⓥ는 전압계, Ⓦ는 전력계이다)



① V_1에 변압기 정상운전상태와 같은 정격주파수의 정격전압을 인가한다.

② V_2의 크기는 Ⓥ의 측정값과 권선비를 곱한 값과 같다.

③ 시험을 통하여 변압기의 철손저항과 자화인덕턴스의 크기를 구할 수 있다.

④ Ⓦ에 측정되는 값은 변압기의 고정손이라 할 수 있다.

정답 2번

출제 포인트

변압기 무부하시험(개방시험) 회로의 구성과 각 계기(Ⓐ, Ⓥ, Ⓦ)가 측정하는 물리량의 의미를 정확히 알고 있는지, 그리고 1차 유기전압과 2차 개방전압 사이의 관계식에서 권선비를 곱하는 방향과 나누는 방향을 혼동하지 않는지를 묻는다.

조건 정리

그림에서 2차측 단자가 완전히 개방되어 있으므로 이는 변압기의 무부하시험(개방회로시험) 회로이다. 1차측에 정격전압을 인가하면 2차 전류는 0이고, 1차에는 여자전류만 흐른다. Ⓐ는 이 여자전류를, Ⓦ는 1차 입력전력을, Ⓥ는 1차 권선 양단전압(유기전압 E1에 해당, V1과 거의 같음)을 측정한다. 2차 단자전압 V2는 개방 상태이므로 2차 유기전압 E2와 같다.

사용할 공식

권선비 $a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2}$; 무부하이므로 Ⓥ의 측정값 $\approx E_1$, $V_2 = E_2$; 따라서 $V_2 = \frac{V}{a}$.

NoteBase

계산 과정

권선비 a는 1차 권수와 2차 권수의 비 $a = \frac{N_1}{N_2}$로 정의된다. 무부하시험에서는 2차 전류가 0이므로 1차 유기전압과 2차 유기전압의 비도 그대로 권선비를 따른다: $\frac{E_1}{E_2} = a$. 이를 정리하면 $V_2 = E_2 = \frac{E_1}{a}$이고, ⓥ의 측정값이 곧 E_1 이므로 V_2=V(측정값)a가 된다. 즉 V2는 ⓥ의 측정값을 권선비로 나눈 값이지, 곱한 값이 아니다. 나머지 선지는 모두 무부하(개방)시험의 표준적인 특성과 일치한다.

선지 판단

① V1에 정격주파수의 정격전압을 인가한다 → O. 무부하(개방)시험은 변압기가 정상운전 중일 때와 동일한 정격전압·정격주파수를 1차에 인가하여 여자전류와 철손을 측정하는 시험이므로 옳다.
② V2의 크기는 ⓥ의 측정값과 권선비를 곱한 값과 같다 → X. 권선비 $a = N_1/N_2$로 정의되므로 V2는 ⓥ의 측정값에 권선비를 곱한 값이 아니라 나눈 값이다. 틀린 표현 → 올바른 표현: "V2의 크기는 ⓥ의 측정값을 권선비로 나눈 값과 같다."
③ 시험을 통하여 철손저항과 자화인덕턴스의 크기를 구할 수 있다 → O. 무부하시험에서 얻은 전압·전류·전력으로 여자어드미턴스를 구하고, 이로부터 철손저항(병렬 등가저항)과 자화(여자)리액턴스 성분을 산출할 수 있다.
④ ⓦ에 측정되는 값은 변압기의 고정손이라 할 수 있다 → O. 무부하시험에서 흐르는 전류는 미소한 여자전류뿐이라 권선의 동손은 무시할 수 있을 정도로 작으므로, ⓦ가 지시하는 전력은 거의 전부 철심에서 발생하는 철손(히스테리시스손+와류손)이며 이는 부하 크기와 무관한 고정손에 해당한다.

오답 포인트

권선비의 정의 방향(1차 권수를 2차 권수로 나눈 것인지, 그 반대인지)을 헷갈리면 곱셈과 나눗셈을 반대로 적용하는 실수를 하기 쉽다. "권선비를 곱한다/나눈다"는 표현이 나오면 먼저 권선비가 어느 쪽을 기준으로 정의되었는지부터 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

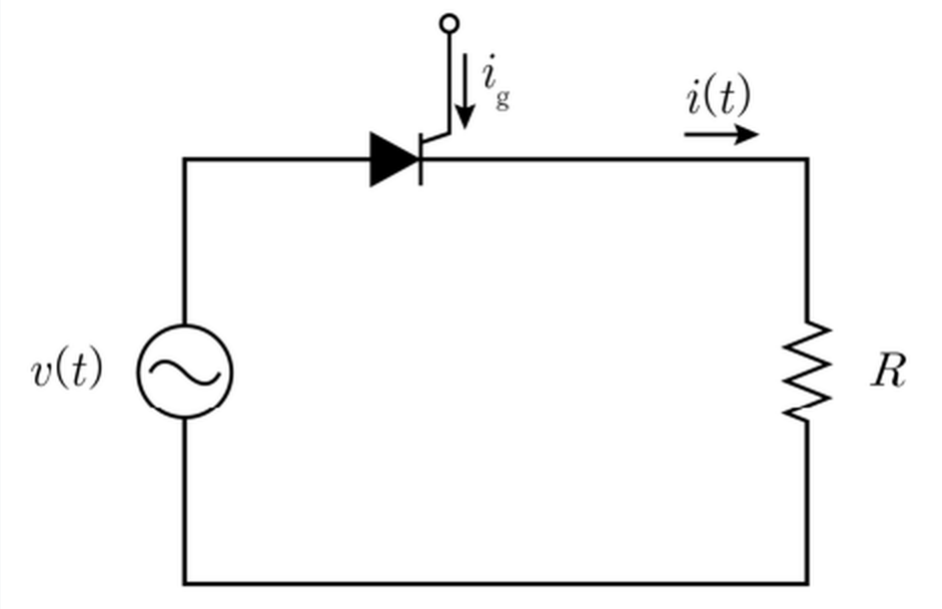
회로도에서 2차측이 완전히 개방(무부하)된 형태로 그려져 있으면 개방시험(무부하시험)임을 먼저 확정한다. 그 다음 Ⓐ=여자전류, ⓦ=철손(고정손), ⓥ=1차 유기전압이라는 세 계기의 의미를 순서대로 적용하고, 권선비 $a = N_1/N_2$의 정의에 따라 $V_2 = V/a$가 성립함을 확인하면 곱셈·나눗셈이 뒤바뀐 오답 선지를 바로 찾아낼 수 있다.

암기 포인트

무부하(개방)시험은 정격전압·정격주파수를 인가해 철손(고정손), 여자전류, 여자어드미턴스(철손저항·자화리액턴스)를 구하는 시험이다. 권선비 $a = N_1/N_2 = E_1/E_2$이므로 2차전압은 1차전압을 권선비로 나눈 값이다.

NoteBase

문 17. 다음 회로에서 $v(t)$가 $220\sin(120\pi t)$ [V], R이 1[Ω]이고, 사이리스터 점화각이 0 °일 때 출력전류 $i(t)$의 평균값[A]은? (단, 점화각은 360 °를 주기로 반복되며, 사이리스터의 도통 저항은 무시한다)



① $\frac{\sqrt{220}}{\pi}$
② $\frac{220}{\sqrt{3}\pi}$
③ $\frac{220}{\pi}$
④ $\frac{220}{\sqrt{2}\pi}$

정답 3번

출제 포인트

사이리스터(SCR) 1개와 저항 R만으로 구성된 단상 반파 정류 회로에서, 점화각 α가 주어졌을 때 출력전류의 평균값을 구하는 문제이다. 점화각이 0°이면 사이리스터가 전원전압이 양(+)이 되는 순간 바로 도통하므로, 다이오드로 구성한 단상 반파 정류회로와 동작이 완전히 같아진다는 점을 알아채는 것이 핵심이다.

조건 정리

$v(t) = 220\sin(120\pi t)$ [V]이므로 전압의 최댓값(진폭)은 $V_m = 220$ [V]이다. $R = 1$ [Ω]이고 사이리스터의 도통저항은 0으로 무시한다. 점화각 $\alpha = 0$ °이므로 전원전압이 0에서 상승하는 순간부터 도통이 시작되며, 전압이 양인 구간(전기각 0~π) 동안만 도통하고 음의 반주기(π~2π)에는 사이리스터가 저지 상태가 되어 전류가 흐르지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

단상 반파 정류회로에서 저항 부하에 흐르는 전류의 평균값은 한 주기 2π 동안 전류를 적분하여 주기로 나눈 값이다. $I_{avg} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i(\theta)d\theta$ 점화각 0°인 경우 $0 \le \theta \le \pi$ 구간에서만 $i(\theta) = \frac{V_m \sin\theta}{R}$이고, $\pi \le \theta \le 2\pi$ 구간은 $i(\theta) = 0$이다.

계산 과정

$I_{avg} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} \frac{V_m \sin\theta}{R} d\theta = \frac{V_m}{2\pi R}[-\cos\theta]_0^{\pi} = \frac{V_m}{2\pi R}(1-(-1)) = \frac{V_m}{\pi R}$ 여기에 $V_m = 220$, $R = 1$을 대입하면 $I_{avg} = \frac{220}{\pi \times 1} = \frac{220}{\pi}$ [A] 이다.

선지 판단

① $\frac{\sqrt{220}}{\pi}$: 전압의 최댓값을 제곱근으로 잘못 처리한 값으로 틀린 표현이다 → 올바른 표현은 V_m을 그대로 사용한 $\frac{220}{\pi}$이다.
② $\frac{220}{\sqrt{3}\pi}$: 분모에 근거 없는 $\sqrt{3}$이 들어간 값으로, 3상 정류회로 등에서 나오는 계수를 단상 반파 회로에 잘못 적용한 오답이다.
③ $\frac{220}{\pi}$: 점화각 0°인 단상 반파 정류회로의 평균 출력전류 공식 $I_{avg} = V_m/(\pi R)$에 정확히 부합하므로 정답이다.
④ $\frac{220}{\sqrt{2}\pi}$: 최댓값 V_m 대신 실효값 환산에 쓰는 $\sqrt{2}$를 분모에 잘못 넣은 값으로, 최댓값과 실효값 관계를 혼동한 오답이다.

오답 포인트

이 문제에서 흔히 하는 실수는 반파정류 회로의 평균값 공식 $V_m/(\pi R)$을 전파정류 공식 $2V_m/(\pi R)$이나 실효값 공식과 혼동하는 것이다. 또한 점화각이 0°가 아닌 경우의 일반식 $I_{avg} = \frac{V_m}{2\pi R}(1+\cos\alpha)$를 떠올리되, $\alpha = 0$을 대입하면 $\frac{V_m}{2\pi R} \times 2 = \frac{V_m}{\pi R}$로 결국 다이오드 반파정류와 같아진다는 점을 놓치지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

사이리스터가 포함된 정류회로 문제를 보면 먼저 점화각 α를 확인하고, $\alpha = 0$이면 다이오드 정류회로와 동일하게 취급해 익숙한 반파/전파 평균값 공식을 바로 적용한다. 일반적인 점화각 α가 주어지는 경우에는 도통구간을 $\alpha \le \theta \le \pi$로 잡고 적분범위를 그에 맞게 설정한다.

암기 포인트

단상 반파(다이오드 또는 $\alpha = 0$인 SCR) 정류회로의 평균 출력전류(전압)는 $I_{avg} = V_m/(\pi R)$, 평균 출력전압은 $V_{avg} = V_m/\pi$이다. 전파정류는 이 값의 2배인 $2V_m/(\pi R)$이다. 점화각 α가 있는 반파 SCR 정류회로는 $V_{avg} = \frac{V_m}{2\pi}(1+\cos\alpha)$로 일반화하여 기억해 둔다.

NoteBase

문 18. 변압기 2차측을 개방한 상태에서 1차측 전류에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 철심의 투자율이 일정하고 손실이 없다면 1차측 전류는 전압과 90° 위상차를 갖는다.

② 철심의 투자율이 일정하고 손실이 없다면 1차측 전류는 철심 투자율의 크기에 반비례한다.

③ 철심의 투자율이 무한대이면 자화전류는 0이 된다.

④ 철심은 히스테리시스 현상을 가지므로 1차측 전류는 정현적인 파형이 된다.

정답 4번

출제 포인트

변압기 2차측을 개방하면 1차측에는 부하전류 없이 여자전류(자화전류)만 흐른다. 이 문항은 여자전류의 위상, 크기, 그리고 철심 자기포화·히스테리시스가 전류 파형에 미치는 영향을 정확히 구분하는지를 묻는다.

조건 정리

2차측 개방 상태이므로 1차 전류 = 여자전류(무부하전류)이다. 철심의 자기회로에서 기자력 NI_m과 자속 ϕ, 자기저항(릴럭턴스) R_m 사이에는 $NI_m = \phi R_m$의 관계가 성립하고, $R_m = \frac{l}{\mu A}$이므로 투자율 μ가 클수록 릴럭턴스는 작아진다.

사용할 공식

기자력과 자속의 관계: $NI_m = \phi R_m = \phi \frac{l}{\mu A}$

인가전압과 자속의 위상관계: $e = -N\frac{d\phi}{dt}$이므로 전압은 자속(및 이에 비례하는 자화전류)보다 90° 앞선다.

계산 과정

철심의 투자율이 일정하고 손실이 없는 이상적인 경우, 자속 ϕ는 인가전압에 대해 90° 뒤진 정현파가 되고, 자화전류 I_m은 $NI_m = \phi R_m$ 관계에 의해 자속과 동상(비례관계)이므로 전압과도 90° 위상차를 갖는다 → ①은 옳은 설명이다.

같은 관계식에서 $I_m = \frac{\phi R_m}{N} = \frac{\phi l}{N\mu A}$이므로 자화전류는 투자율 μ에 반비례한다 → ②는 옳은 설명이다.

투자율 $\mu \to \infty$이면 릴럭턴스 $R_m = \frac{l}{\mu A} \to 0$이 되고, 이때 $NI_m = \phi R_m \to 0$이 되어 자화전류도 0으로 수렴한다 → ③은 옳은 설명이다.

그러나 실제 철심은 히스테리시스와 자기포화 특성을 가지므로, 자속이 정현파로 변화하더라도 자화전류는 정현파가 되지 못하고 상단이 뾰족해지는 왜곡된 파형(첨두파, 고조파 특히 3고조파 성분 포함)이 된다. 따라서 '1차측 전류는 정현적인 파형이 된다'는 설명은 옳지 않다 → ④가 정답.

NoteBase

선지 판단

① 투자율 일정·무손실 조건에서 자화전류는 자속과 비례관계를 가지며, 자속은 전압보다 위상이 90° 처지므로 전류도 전압과 90° 위상차를 갖는다. 옳은 설명이다.
② 자화전류는 릴럭턴스에 비례하고 릴럭턴스는 투자율에 반비례하므로, 결국 자화전류는 투자율의 크기에 반비례한다. 옳은 설명이다.
③ 투자율이 무한대이면 릴럭턴스가 0에 가까워지고 이에 비례하는 자화전류도 0이 된다. 옳은 설명이다.
④ 철심의 히스테리시스 현상 때문에 자속-기자력 관계가 비선형이 되어 1차측(자화) 전류는 정현파가 아니라 왜곡된 첨두파형이 된다. '정현적인 파형이 된다'는 표현 → '고조파를 포함한 왜곡파형(첨두파)이 된다'로 바뀌어야 옳은 설명이 된다. 틀린 설명이며 이 문항의 정답이다.

오답 포인트

①·②·③은 모두 '투자율이 일정하고 손실이 없는 이상적인 철심'이라는 전제를 붙여 자화전류와 전압·투자율의 비례·반비례 관계를 설명한 것으로, 이 전제 하에서는 모두 성립하는 옳은 진술이다. 반면 ④는 오히려 철심의 비이상적 특성(히스테리시스)을 근거로 들면서 결론은 '정현파가 된다'는 이상적인 결과를 제시하고 있어 전제와 결론이 모순된다. 이 모순을 놓치고 단순히 '히스테리시스'라는 용어만 보고 옳은 설명으로 착각하지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

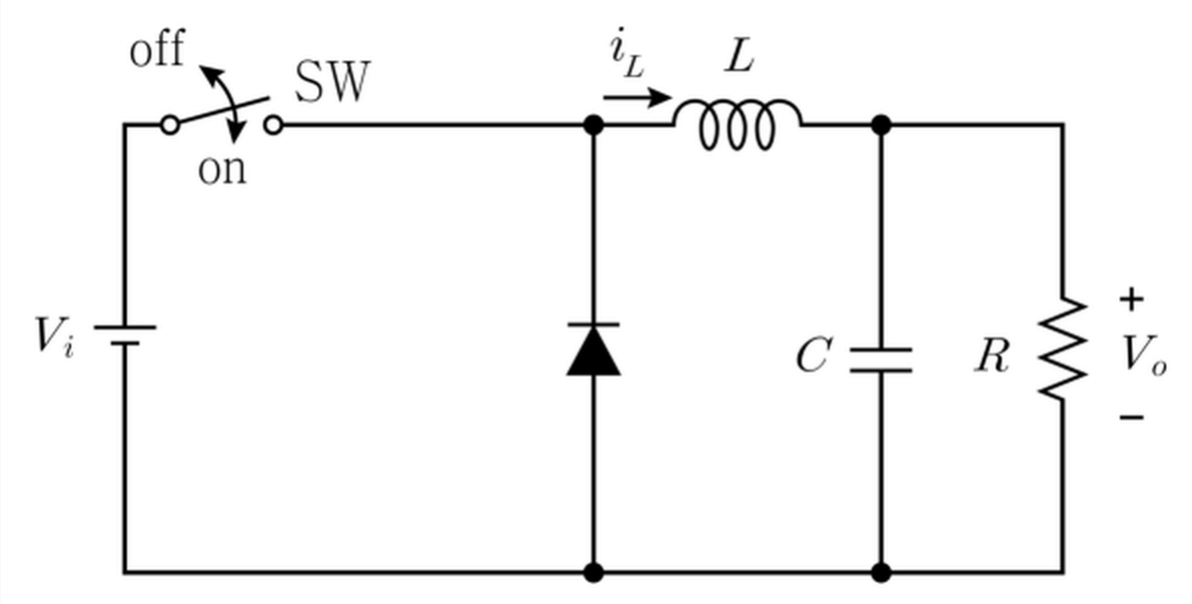
변압기 무부하(2차 개방) 전류 문제는 항상 '이상적 조건(투자율 일정·손실 없음)'과 '실제 조건(히스테리시스·포화 있음)'을 구분해서 접근한다. 이상적 조건에서는 자화전류가 정현파이고 전압과 90° 위상차를 가지며 투자율에 반비례한다. 실제 철심에서는 히스테리시스·포화 때문에 자화전류가 왜곡파형(첨두파)이 되고, 철손(히스테리시스손+와류손)으로 인해 전류가 전압보다 90°보다 작은 위상차를 가지며 유효분(철손전류)이 추가된다는 점을 함께 기억해 둔다.

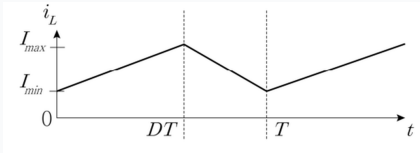
암기 포인트

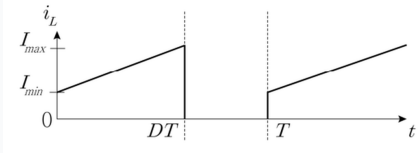
무부하(여자)전류 = 자화전류(90° 지상, 무효분) + 철손전류(동상, 유효분). 이상적 철심(무손실·일정 투자율): 자화전류는 정현파, 전압과 90° 위상차, 투자율에 반비례. 실제 철심(히스테리시스 존재): 자화전류는 왜곡파(첨두파, 고조파 포함)가 된다.

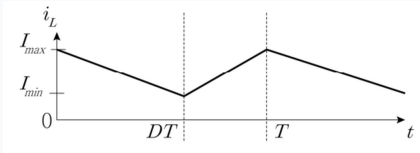
NoteBase

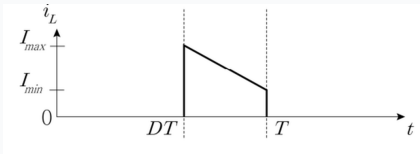
문 19. 다음 회로가 연속도통모드에서 동작할 때 스위치 SW의 on-off 상태에 대한 인덕터 전류 i_L의 파형으로 옳은 것은? (단, C는 매우 큰 값이고, 주기는 T, 스위치 SW의 on 시간은 T_{on}, 듀티비 $D = \frac{T_{on}}{T}$이다)



① 

② 

③ 

④ 

정답 1번

출제 포인트

회로는 전원 V_i 뒤에 스위치 SW가 있고, 그 다음 노드에 다이오드가 접지 쪽으로 연결되며, 이어서 인덕터 L을 지나 커패시터 C와 부하 R로 이어지는 벅(강압) 컨버터 구조이다. 연속도통모드(CCM)에서 인덕터 전류 i_L이 스위치의 on-off에 따라 어떤 모양으로 흐르는지, 특히 '연속성'과 '주기성'을 함께 만족하는 파형을 고르는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

SW가 on일 때: 다이오드는 역바이어스되어 차단되고, 전원 V_i가 직접 인덕터에 인가되어 i_L이 $V_i - V_o$에 비례하는 기울기로 선형 증가한다. SW가 off일 때: 인덕터 전류의 경로가 끊기지 않도록 다이오드가 도통(프리휠링)하며, 이때 인덕터에는 $-V_o$가 걸려 i_L이 선형으로 감소한다. 연속도통모드는 정의상 한 주기 내내 $i_L > 0$으로 끊기지 않고 이어지며, 정상상태에서는 매 주기 시작과 끝의 전류값이 같아 파형이 주기적으로 반복된다.

사용할 공식

SW on 구간($0 \le t \le DT$): $\frac{di_L}{dt} = \frac{V_i - V_o}{L} > 0$ (전류 증가). SW off 구간($DT \le t \le T$): $\frac{di_L}{dt} = \frac{-V_o}{L} < 0$ (전류 감소). 정상상태 조건: 한 주기 동안 전류 증가분과 감소분의 크기가 같아 $i_L(0) = i_L(T)$이 성립한다.

계산 과정

0부터 DT까지는 SW on이므로 i_L이 I_{min}에서 시작해 일정한 양의 기울기로 I_{max}까지 선형 증가한다. DT부터 T까지는 SW off이므로 다이오드가 도통하여 인덕터 전류가 끊기지 않고 I_{max}에서 일정한 음의 기울기로 I_{min}까지 선형 감소한다. T 시점에서 전류값이 다시 I_{min}이 되어 다음 주기의 시작값과 일치하므로, 이 상승-하강 삼각파가 끊김 없이 매 주기 반복되는 모양이 되어야 한다. 이는 곧 연속(전류가 0으로 떨어지거나 끊기지 않음)이면서 주기적으로 같은 모양이 반복되는 파형을 의미한다.

선지 판단

① $0 \sim DT$에서 $I_{min} \to I_{max}$ 선형 증가, $DT \sim T$에서 $I_{max} \to I_{min}$ 선형 감소, 이후 다음 주기에서 다시 같은 모양으로 반복되는 연속 삼각파이다 → 계산 과정에서 도출한 CCM 파형과 정확히 일치하므로 옳다.
② DT 시점에서 전류가 I_{max}에서 순간적으로 0 부근으로 뚝 떨어지고 이후 한동안 전류가 0으로 유지되다가 T 이후 다시 올라간다 → 이는 인덕터 전류가 0까지 떨어져 끊기는 불연속도통모드(DCM)의 모습이며, 인덕터 전류는 급격히 꺾일 수는 있어도 물리적으로 순간적인 수직 하강(불연속 점프)은 발생하지 않으므로 틀린 표현 → 올바른 표현: CCM에서는 전류가 연속적으로 증가·감소만 반복해야 한다.
③ $0 \sim DT$에서 $I_{max} \to I_{min}$으로 감소하고 $DT \sim T$에서 $I_{min} \to I_{max}$로 증가한다 → SW on 구간에서 전류가 증가해야 하는데 반대로 감소로 그려져 있어 on-off에 따른 기울기 방향이 뒤바뀐 것이므로 틀린 표현 → 올바른 표현: on 구간은 증가, off 구간은 감소이다.
④ 한 주기의 극히 일부(DT 부근)에서만 짧게 감소하는 구간이 있고 나머지 구간은 전류가 0으로 머문다 → 파형이 매 주기 반복되는 정상상태 CCM 모습이 아니라 한 번의 과도 펄스처럼 그려져 있어 틀린 표현 → 올바른 표현: 정상상태에서는 매 주기 동일한 삼각파가 연속 반복되어야 한다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 함정은 '스위치가 on일 때 증가, off일 때 감소'라는 방향은 맞게 기억하면서도, 연속도통모드의 핵심 조건인 '전류가 0으로 끊기지 않고 매 주기 동일한 모양으로 이어진다'는 조건을 놓치는 것이다. 전류가 중간에 0으로 떨어지거나(②), 증가·감소 구간이 뒤바뀌거나(③), 매 주기 반복되지 않고 한 번만 나타나면(④) 모두 CCM의 정의에 위배된다.

다시 나오면 이렇게 판단

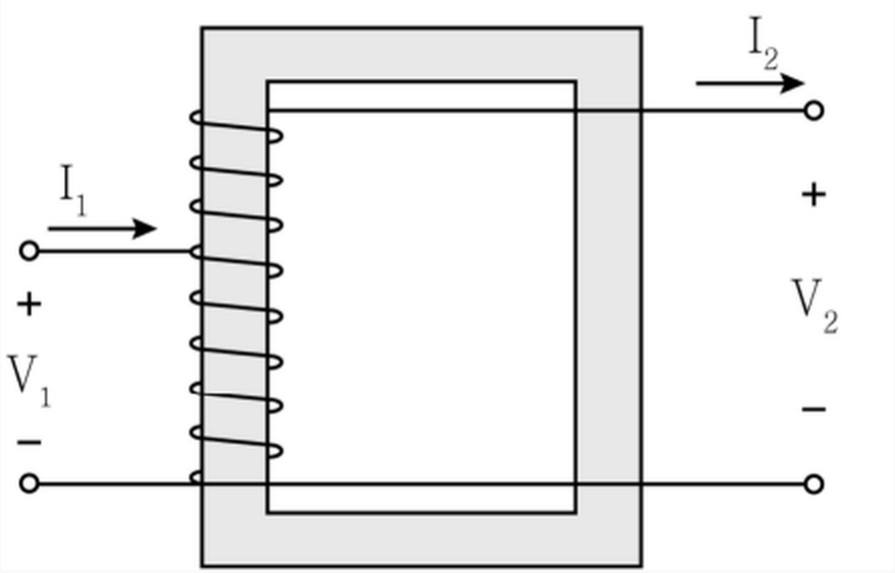
회로에서 스위치 뒤에 프리휠링 다이오드가 접지로, 그 뒤에 인덕터와 출력 필터가 있는 구조이면 벅 컨버터임을 먼저 확인한다. 그다음 SW on 구간은 반드시 전류 증가, off 구간은 전류 감소로 그려져야 하고, '연속도통모드'라는 단어가 나오면 파형이 0으로 끊기지 않고 매 주기 같은 모양으로 이어지는 삼각파인지부터 확인한다.

암기 포인트

벅 컨버터 CCM: on 구간 기울기 $\frac{V_i - V_o}{L}$로 증가, off 구간 기울기 $\frac{-V_o}{L}$로 감소, 매 주기 $I_{min} \rightarrow I_{max} \rightarrow I_{min}$이 끊김 없이 반복되는 연속 삼각파이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같은 변압기를 이용하여 2차측 부하에 전력을 공급하고 있다. 1차측 전압 V_1이 5000[V]이고 전류 I_1은 10[A]이다. 자기용량이 4.55[kVA]일 때 2차측 전압 V_2[V]는? (단, 소수점 이하는 버림)



① 4550

② 5500

③ 6550

④ 7500

정답 2번

출제 포인트

단권변압기(승압용)에서 부하용량(통과용량)과 자기용량의 관계식을 세워 미지의 2차측 전압을 구하는 문제이다. 자기용량은 실제로 권선을 통해 변성되는 용량으로, 전체 부하용량보다 작다는 점이 핵심이다.

조건 정리

1차측 전압 $V_1 = 5000$[V], 1차측 전류 $I_1 = 10$[A], 자기용량 $W_a = 4.55$[kVA] $= 4550$[VA]이다. 그림은 승압용 단권변압기로, 2차측 전압 V_2와 2차측 전류 I_2를 구해야 한다.

사용할 공식

이상적인 결합(손실 무시)에서 1차측과 2차측이 주고받는 전체 전력, 즉 부하용량은 같으므로 $V_1 I_1 = V_2 I_2$이다. 한편 단권변압기의 자기용량은 승압분 전압 $(V_2 - V_1)$과 2차측 전류 I_2의 곱으로 정의되므로 $W_a = (V_2 - V_1) I_2$이다.

NoteBase

계산 과정

먼저 부하용량을 구하면 $V_1 I_1 = 5000 \times 10 = 50000[\mathrm{VA}]$이고, 이 값이 $V_2 I_2$와 같으므로 $I_2 = \frac{50000}{V_2}$이다.

이를 자기용량 식에 대입하면 $W_a = (V_2 - V_1) I_2 = (V_2 - 5000) \cdot \frac{50000}{V_2} = 4550$ 이다.

양변에 V_2를 곱해 정리하면 $50000 V_2 - 5000 \times 50000 = 4550 V_2$ $50000 V_2 - 4550 V_2 = 250000000$ $45450 V_2 = 250000000$ \[V_2 = \frac{250000000}{45450} \approx 5500.55\,[\mathrm{V}]\]이다.

문제에서 소수점 이하는 버리라고 했으므로 $V_2 = 5500[\mathrm{V}]$이다.

선지 판단

① 4550: 자기용량 4.55kVA의 수치(VA 단위)를 그대로 2차측 전압으로 착각한 값이므로 틀리다.
② 5500: 부하용량 관계식과 자기용량 관계식을 연립해 얻은 값과 일치하므로 옳다.
③ 6550: 자기용량 값을 전압에 그대로 더하는 등 잘못된 산식을 적용했을 때 나올 수 있는 값으로 틀리다.
④ 7500: 전압비를 단순한 배수 관계로 잘못 가정했을 때 나올 수 있는 값으로 틀리다.

오답 포인트

자기용량을 부하용량과 같은 것으로 혼동해 $V_2 I_2 = 4550$으로 잘못 세우면 답이 크게 달라진다. 자기용량은 어디까지나 승압분 전압 $(V_2 - V_1)$과 2차 전류의 곱이라는 점, 그리고 부하용량(=1차측 입력전력)은 별도로 $V_1 I_1$로 주어진다는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

단권변압기 문제는 먼저 부하용량 관계식 $V_1 I_1 = V_2 I_2$로 미지 전류를 전압의 함수로 표현한 뒤, 자기용량 관계식 $W_a = (V_2 - V_1) I_2$에 대입해 V_2에 대한 방정식 하나로 정리한다. 두 식을 연립하는 순서만 지키면 어떤 수치가 주어져도 같은 방식으로 풀 수 있다.

암기 포인트

단권변압기의 자기용량 비율은 $\frac{W_a}{W} = \frac{V_2 - V_1}{V_2}$로 외워 둔다. 여기서 $W = V_1 I_1 = V_2 I_2$는 부하용량(통과용량), $W_a = (V_2 - V_1) I_2$는 자기용량이며, 전압차가 클수록 자기용량 비중이 커진다는 점도 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 21. 이상적인 다이오드를 사용한 반파정류회로에서 저항부하에 대한 전류 실효치가 1[A]일 때, 전파정류를 하는 경우 전류 실효치[A]는?

① 1.0

② $\sqrt{2}$

③ $\frac{2}{\pi}$

④ 2.0

정답 2번

출제 포인트

정현파를 정류했을 때 파형이 반파냐 전파냐에 따라 전류(전압) 실효치가 첨두값의 몇 배가 되는지 묻는 문제이다. 저항부하이므로 전류 파형과 전압 파형이 동일한 형태를 따르며, 반파정류와 전파정류의 실효치 비율만 정확히 알고 있으면 바로 풀 수 있다.

조건 정리

이상적인 다이오드(순방향 전압강하 0, 역방향 누설전류 0)를 사용한 단상 반파정류회로이고 부하는 저항이다. 첨두 전류를 I_m이라 하면 반파정류된 전류의 실효치는 $1[A]$로 주어졌다. 이후 같은 첨두 전류를 갖는 파형을 전파정류했을 때의 실효치를 구한다.

사용할 공식

정현파 반주기($0\sim\pi$)만 흐르고 나머지 반주기는 0인 반파정류 전류의 실효치는 $I_{rms,\,half}=\frac{I_m}{2}$이다. 정현파의 절댓값 형태로 매 반주기마다 전류가 흐르는 전파정류 전류의 실효치는 $I_{rms,\,full}=\frac{I_m}{\sqrt{2}}$이다(전파정류 파형은 순시값의 제곱평균이 원래 정현파 전체주기의 실효치와 같아지기 때문이다).

계산 과정

반파정류 실효치 조건 $I_{rms,\,half}=\frac{I_m}{2}=1[A]$에서 첨두 전류를 구하면 $I_m=2[A]$이다. 이 첨두값을 전파정류 실효치 공식에 대입하면 $I_{rms,\,full}=\frac{I_m}{\sqrt{2}}=\frac{2}{\sqrt{2}}=\sqrt{2}[A]$이다. 반파와 전파의 실효치 비를 바로 이용해도 $\frac{I_{rms,\,full}}{I_{rms,\,half}}=\frac{I_m/\sqrt{2}}{I_m/2}=\frac{2}{\sqrt{2}}=\sqrt{2}$이므로 같은 결과가 나온다.

NoteBase

선지 판단

① 1.0 → X, 이는 반파정류 실효치 그대로이며 전파정류로 바뀌면서 실효치가 커진다는 사실을 반영하지 못한 값이다.
② $\sqrt{2}$ → O, 위 계산 과정과 같이 첨두값 2A를 전파정류 실효치 공식에 대입한 값과 정확히 일치한다.
③ $\frac{2}{\pi}$ → X, 이는 정류된 전류의 평균값(직류분)을 첨두값으로 나눈 형태에 해당하는 값으로, 실효치가 아니라 평균값 관련 비율이다.
④ 2.0 → X, 이는 첨두 전류 I_m 값 자체이며 전파정류 실효치가 아니다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 전파정류를 하면 전류가 항상 흐르니 실효치가 반파정류의 2배가 될 것이라 생각해 2.0(④)을 고르는 것이다. 그러나 실효치는 전류의 제곱을 평균한 뒤 제곱근을 취한 값이므로 파형이 채워지는 구간이 2배가 된다고 실효치도 2배가 되는 것은 아니며, 반파 대비 전파의 실효치 비는 $\sqrt{2}$배임을 정확히 기억해야 한다. 또한 평균값 관련 계수인 $2/\pi$를 실효치 공식과 혼동하지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

반파정류와 전파정류가 함께 등장하면 우선 첨두값 I_m을 기준으로 반파는 $I_m/2$, 전파는 $I_m/\sqrt{2}$라는 두 공식만 떠올리고, 두 실효치의 비가 $\sqrt{2}$라는 사실로 바로 답을 구한다. 굳이 첨두값을 구하지 않고 비율 관계만으로도 즉시 풀이가 가능하다.

암기 포인트

정현파 첨두값 I_m 기준: 전체 정현파(교류) 실효치 $I_m/\sqrt{2}$, 반파정류 실효치 $I_m/2$, 전파정류 실효치 $I_m/\sqrt{2}$(교류 전체와 동일). 따라서 전파정류 실효치는 반파정류 실효치의 $\sqrt{2}$배이다.

NoteBase

문 22. 스테핑 모터의 특징에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 회전자 극수가 많을수록 위치 정밀도가 높아진다.

② 위치센서 없이 정밀한 위치제어가 가능하다.

③ 모터의 회전속도는 시간당 입력펄스 개수에 비례한다.

④ 모터는 회전자 철심의 히스테리시스 특성으로부터 토크를 얻는다.

정답 4번

출제 포인트

스테핑 모터(스텝 모터)의 동작 원리와 특징을 정확히 이해하고 있는지를 묻는다. 스테핑 모터는 입력 펄스 하나마다 정해진 각도만큼 회전자가 회전하는 개루프(open-loop) 위치·속도 제어용 모터로, 회전자 철심의 히스테리시스 특성으로 토크를 얻는 히스테리시스 모터와는 토크 발생 원리 자체가 다르다는 점이 이 문제의 핵심이다.

핵심 개념

스테핑 모터의 회전자는 영구자석형(PM형), 가변 릴럭턴스형(VR형), 또는 이 둘을 결합한 하이브리드형(HB형)으로 구성되며, 고정자 각 상에 순차적으로 펄스 전류를 흘려 발생시키는 자기장 변화에 따라 회전자가 스텝 단위로 정렬되면서 토크를 얻는다. 즉 토크 발생 원리는 영구자석과의 흡인·반발력(PM형) 또는 자기저항이 최소가 되는 방향으로 회전자가 정렬되려는 릴럭턴스 토크(VR형·HB형)이다. 반면 히스테리시스 특성으로 토크를 얻는 것은 히스테리시스 모터라는 별개의 전동기로, 회전자 철심이 자화될 때 자속과 자화력 사이의 위상 지연(히스테리시스 손실)을 이용해 기동 시부터 동기 속도까지 일정한 토크를 낸다는 점에서 스테핑 모터와는 무관하다.

선지별 해설

① 옳다 - 회전자 극수(치 수)가 많을수록 한 스텝에 해당하는 회전각(스텝각)이 작아져 위치 분해능, 즉 위치 정밀도가 높아진다.
② 옳다 - 스테핑 모터는 입력 펄스 수와 회전자의 회전각이 1대1로 대응하므로 별도의 위치센서나 피드백 없이 개루프 방식으로도 정밀한 위치제어가 가능하다.
③ 옳다 - 회전 속도는 단위 시간당 입력되는 펄스 개수(펄스 주파수)에 비례한다. 펄스 주파수가 높아질수록 회전자가 더 빠르게 스텝을 이동하므로 속도가 증가한다.
④ 옳지 않다 → 스테핑 모터는 회전자 철심의 히스테리시스 특성이 아니라, 고정자 자기장과 회전자(영구자석 또는 자기저항이 작은 방향) 사이의 흡인력·릴럭턴스 토크로부터 토크를 얻는다. 철심의 히스테리시스 특성으로 토크를 얻는 전동기는 히스테리시스 모터이며, 이는 스테핑 모터와는 구조와 원리가 다른 별도의 전동기이다.

NoteBase

오답 포인트

스테핑 모터와 히스테리시스 모터를 혼동하면 ④를 옳은 설명으로 잘못 판단하기 쉽다. 두 모터 모두 '동기적으로' 움직인다는 공통점이 있어 헷갈리지만, 토크 발생 메커니즘이 완전히 다르다는 점을 구분해야 한다. 또한 ①·②·③은 스테핑 모터의 일반적 장점(고정밀 개루프 위치제어, 극수에 따른 분해능, 펄스 비례 속도 제어)을 그대로 서술한 옳은 문장이므로, 하나라도 예외적 표현이 없는지 세밀하게 대조하는 것이 중요하다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 '히스테리시스', '릴럭턴스', '영구자석' 같은 토크 발생 원리 관련 용어가 나오면, 그 용어가 실제로 스테핑 모터의 원리와 일치하는지부터 확인한다. 스테핑 모터는 펄스 입력에 따른 릴럭턴스 토크·자석 흡인력으로 회전하는 개루프 위치제어 전동기라는 정의를 기준으로 각 선지를 대조하면 오답을 빠르게 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

스테핑 모터 = 펄스 입력 개루프 제어, 극수↑→위치 정밀도↑, 속도∝펄스 주파수, 토크 원리=릴럭턴스·자석 흡인력(히스테리시스 아님). 히스테리시스 토크는 히스테리시스 모터의 특징으로 별도 암기한다.

NoteBase

문 23. 3상 영구자석 동기전동기와 3상 BLDC 전동기의 차이점으로 옳지 않은 것은?

① 전동기를 구동하는 인버터의 회로 구조가 다르다.

② 고정자권선에 흐르는 전류 파형이 다르다.

③ 전동기 구동에 사용되는 회전자 위치센서가 다르다.

④ 고정자권선에 발생하는 역기전력 파형이 다르다.

정답 1번

출제 포인트

3상 영구자석 동기전동기(PMSM)와 3상 BLDC 전동기는 둘 다 영구자석 회전자를 가진 동기형 전동기이지만, 고정자권선에 유기되는 역기전력의 파형이 근본적으로 다르다(PMSM은 정현파, BLDC는 사다리꼴파). 이 차이로부터 파생되는 전류 파형, 위치센서 활용 방식의 차이는 실제로 존재하지만, 두 전동기를 구동하는 인버터의 회로 구조 자체(3상 브리지 인버터의 하드웨어 토폴로지)는 동일하다는 점을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

3상 영구자석 동기전동기(PMSM)는 고정자권선의 역기전력이 정현파(sinusoidal)가 되도록 설계되어 있어, 인버터가 정현파 전류를 흘려 매끄러운 토크를 발생시킨다. 반면 BLDC 전동기는 역기전력이 사다리꼴파(trapezoidal)가 되도록 설계되어 있어, 120도 통전 방식의 사각파(준사각파) 전류로 구동한다. 두 전동기 모두 구동을 위해 회전자 위치 정보가 필요하지만, PMSM은 정밀한 위치 제어(엔코더나 레졸버 등 연속 위치신호)를 사용하는 경우가 많고 BLDC는 홀센서를 이용한 6구간(60도 간격) 정류 방식을 주로 사용한다. 그러나 두 전동기 모두 표준적인 3상 6스위치(브리지) 인버터로 구동되며, 인버터의 회로 구조(토폴로지) 자체는 동일하다. 차이는 회로 구조가 아니라 스위칭 패턴(정현파 PWM 제어 vs 120도 구형파 통전 제어), 즉 제어 방식에 있다.

선지별 해설

① X → 전동기를 구동하는 인버터의 회로 구조(3상 브리지 토폴로지)는 PMSM과 BLDC 모두 동일한 6스위치 구조를 사용한다. 다른 것은 회로 구조가 아니라 스위칭 제어 방식(정현파 제어 vs 120도 구형파 제어)이므로 '회로 구조가 다르다'는 옳지 않은 설명이다.
② O → PMSM은 정현파 전류로 구동되고 BLDC는 120도 통전에 의한 준사각파(구형파) 전류로 구동되므로 고정자권선에 흐르는 전류 파형은 서로 다르다.
③ O → PMSM은 연속적인 위치 정보(엔코더·레졸버 등)를 이용한 벡터 제어에 주로 쓰이고, BLDC는 홀센서를 이용한 이산적 위치 검출(120도 또는 60도 간격)로 구동되어, 사용되는 회전자 위치센서의 종류와 방식이 다르다.
④ O → PMSM은 고정자권선에 정현파 역기전력이 유기되도록 설계되고, BLDC는 사다리꼴(사각형에 가까운) 역기전력이 유기되도록 설계되므로 역기전력 파형이 서로 다르다.

NoteBase

오답 포인트

PMSM과 BLDC가 '영구자석 동기전동기'라는 큰 범주에서 유사해 보여 인버터 회로 자체가 다르다고 오해하기 쉽다. 그러나 두 전동기의 근본적 차이는 역기전력·전류 파형(정현파 vs 사다리꼴파)과 그에 따른 제어(스위칭) 방식에 있을 뿐, 인버터의 하드웨어 회로 구조는 공통적으로 3상 6스위치 브리지 구조를 사용한다는 점을 놓치지 말아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

PMSM과 BLDC의 차이를 묻는 문제는 항상 '역기전력 파형(정현파 vs 사다리꼴파)'을 기준으로 먼저 구분하고, 이로부터 파생되는 전류 파형과 위치센서 활용 방식의 차이를 연결해서 판단한다. 반면 인버터의 하드웨어 회로 구조(3상 6스위치 브리지)는 두 전동기에서 공통이라는 점을 기준으로 삼아, '회로 구조가 다르다'는 식의 선지는 옳지 않은 설명으로 의심한다.

암기 포인트

PMSM=정현파 역기전력·정현파 전류·연속 위치제어(벡터 제어), BLDC=사다리꼴 역기전력·준사각파 전류(120도 통전)·홀센서 기반 이산 위치검출. 인버터 회로 구조(3상 6스위치 브리지)는 두 전동기 모두 공통이다.

NoteBase

문 24. 동일출력의 Nd(네오디뮴) 계열 영구자석 동기전동기와 농형 유도전동기에 대한 비교로 옳지 않은 것은?

① 영구자석 동기전동기가 유도전동기보다 출력밀도가 높다.

② 영구자석 동기전동기가 유도전동기보다 효율이 좋다.

③ 영구자석 동기전동기가 유도전동기보다 가격이 저렴하다.

④ 영구자석 동기전동기가 유도전동기보다 역률이 좋다.

정답 3번

출제 포인트

동일 출력 조건에서 Nd(네오디뮴) 영구자석 동기전동기(PMSM)와 농형 유도전동기(IM)의 특성 차이를 얼마나 정확히 알고 있는지를 묻는 문항이다. 영구자석 동기전동기는 회전자에 희토류 영구자석을 사용해 여자를 만들고, 농형 유도전동기는 회전자에 유도전류를 흘려 토크를 발생시키는데, 이 구조 차이가 출력밀도·효율·가격·역률의 차이로 이어진다는 점을 정리해야 한다.

핵심 개념

영구자석 동기전동기는 회전자에 별도의 여자전류나 슬립이 필요 없어 회전자 동손(2차 동손)이 존재하지 않는다. 반면 농형 유도전동기는 고정자에서 유도된 전류가 회전자 도체에 흘러야 토크가 발생하므로 슬립에 의한 회전자 동손이 항상 발생한다. 이 구조적 차이 때문에 영구자석 동기전동기는 같은 출력을 내는 데 더 작은 부피·무게로 설계할 수 있어 출력밀도가 높고, 회전자 손실이 없어 효율이 높으며, 역률을 1에 가깝게(또는 진상으로) 제어할 수 있어 역률도 우수하다. 다만 네오디뮴 등 희토류 영구자석 자체가 고가의 소재이고 자석의 감자·온도 관리를 위한 설계·제어 비용이 추가되므로, 영구자석 동기전동기의 제조 단가는 일반적으로 농형 유도전동기보다 높다.

NoteBase

선지별 해설

① 영구자석 동기전동기가 유도전동기보다 출력밀도가 높다. → 옳다. 회전자 동손이 없고 영구자석의 강한 자속으로 동일 부피에서 더 큰 토크·출력을 낼 수 있어 출력밀도가 높다.
② 영구자석 동기전동기가 유도전동기보다 효율이 좋다. → 옳다. 회전자에서 슬립에 의한 동손이 발생하지 않으므로 전체 손실이 적어 효율이 더 높다.
③ 영구자석 동기전동기가 유도전동기보다 가격이 저렴하다. → 옳지 않다(정답). 네오디뮴 계열 희토류 영구자석은 고가의 소재이며 감자 방지 설계와 자석 조립 공정 등으로 제조원가가 추가되어, 영구자석 동기전동기가 농형 유도전동기보다 오히려 가격이 비싸다. "저렴하다"를 "고가이다(비싸다)"로 바꾸어야 옳은 설명이 된다.
④ 영구자석 동기전동기가 유도전동기보다 역률이 좋다. → 옳다. 영구자석의 자속으로 여자전류를 별도로 공급받을 필요가 없고 제어를 통해 역률을 1에 가깝게 유지할 수 있어, 항상 지상 무효전력이 필요한 유도전동기보다 역률이 우수하다.

오답 포인트

이 문항에서 가장 흔한 착오는 영구자석 동기전동기가 성능(출력밀도·효율·역률)에서 전반적으로 우수하다는 점만 보고, 가격까지도 저렴할 것이라고 성급히 판단하는 것이다. 성능이 좋다는 것과 가격이 저렴하다는 것은 별개의 문제이며, 오히려 성능 우위의 원인인 희토류 영구자석 자체가 고가이기 때문에 가격 면에서는 유도전동기보다 불리하다는 점을 놓치지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

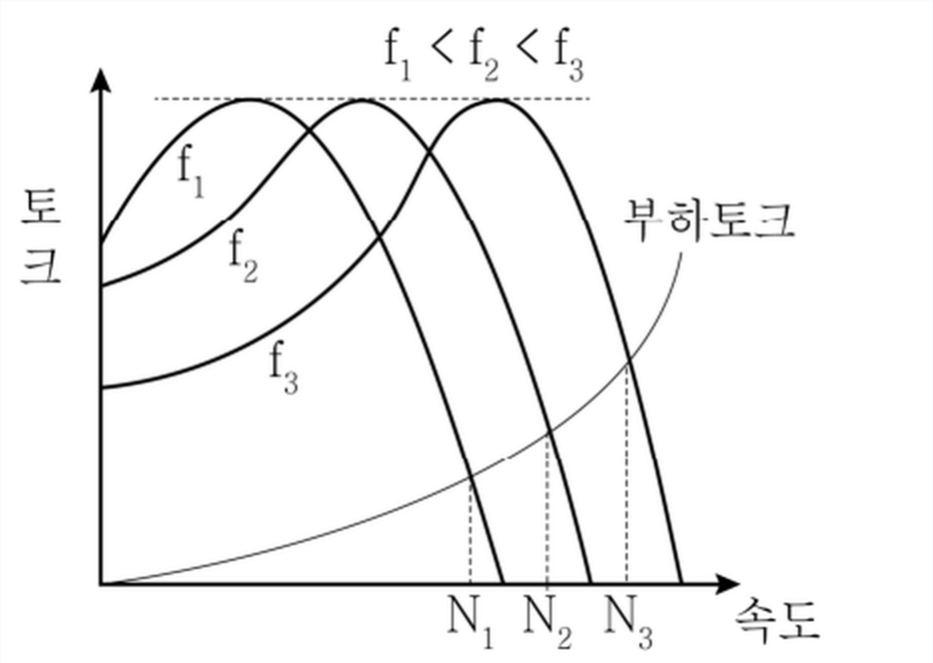
영구자석 동기전동기와 유도전동기를 비교하는 문항은 회전자 동손 유무를 기준으로 판단한다. 회전자 동손이 없는 영구자석 동기전동기는 출력밀도·효율·역률에서 우위를 가지지만, 희토류 영구자석 소재비 때문에 가격은 오히려 더 비싸다는 반비례 관계를 기억해 둔다.

암기 포인트

영구자석 동기전동기: 출력밀도↑, 효율↑, 역률↑, 가격↑(비쌈). 농형 유도전동기: 출력밀도↓, 효율↓, 역률↓, 가격↓(저렴). 회전자 동손 유무가 성능 차이의 근본 원인이고, 희토류 영구자석 소재비가 가격 차이의 근본 원인이다.

NoteBase

문 25. 그림과 같은 3상 유도전동기의 속도제어 방법은?



① 극수변환법

② 전압 제어법

③ V/f 일정 제어법

④ 2차주파수 제어법

정답 3번

출제 포인트

3상 유도전동기 속도제어 방법 중 주파수를 변화시키는 방식에서, 토크-속도 곡선의 형태만 보고 어떤 제어법인지 구분하는 문제이다. 그림은 공급 주파수를 $f_1 < f_2 < f_3$로 높여감에 따라 토크-속도 곡선 전체가 오른쪽(고속 방향)으로 평행 이동하되, 최대토크(정토크) 값은 점선으로 표시된 것처럼 항상 일정하게 유지되는 모습을 보여준다. 이 '최대토크 일정 + 동기속도만 증가' 패턴이 어떤 제어 방식의 특징인지가 핵심이다.

NoteBase

선지별 해설

① 극수변환법 X — 이 방법은 고정자 권선의 극수 p를 바꿔 동기속도 $N_s = \frac{120f}{p}$를 계단적으로(불연속적으로) 바꾸는 방식이다. 주파수 f를 연속적으로 바꾸며 여러 개의 곡선을 그리는 그림과는 부합하지 않는다.
② 전압 제어법 X — 주파수는 고정한 채 공급 전압만 낮추는 방식으로, 유도전동기의 최대토크는 전압의 제곱에 비례해 감소한다($T_{max} \propto V^2$). 그림처럼 최대토크가 일정하게 유지되는 형태가 되지 않는다.
③ V/f 일정 제어법 O — 유도전동기의 최대토크는 근사적으로 $T_{max} \propto \left(\frac{V}{f}\right)^2$에 비례한다. 주파수 f를 높일 때 전압 V도 같은 비율로 높여 V/f를 일정하게 유지하면, 동기속도(및 곡선의 위치)는 $f_1 < f_2 < f_3$에 따라 오른쪽으로 이동하지만 최대토크 크기는 항상 같게 유지된다. 그림의 점선(최대토크 수평선)과 $N_1 < N_2 < N_3$로 이동하는 곡선 모양이 정확히 이 특성과 일치한다.
④ 2차주파수 제어법 X — 권선형 유도전동기의 회전자(2차) 회로 주파수(슬립주파수)를 이용해 속도를 제어하는 방식으로, 1차 공급주파수 f를 여러 값으로 바꾸어 여러 개의 곡선을 그리는 그림의 상황과는 다르다.

오답 포인트

①과 ④는 주파수를 다단으로 바꾸는 그림만 보고 헷갈리기 쉬운데, 극수변환법은 극수 변경으로, 2차주파수 제어법은 회전자측 슬립주파수 조작으로 속도를 바꾸는 것이지 1차 공급주파수와 전압을 함께 조절하는 것이 아니다. ②는 전압만 낮추면 최대토크가 줄어든다는 점에서 그림의 '최대토크 일정' 조건과 어긋난다는 것을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

토크-속도 곡선에서 주파수가 바뀌면서도 여러 곡선의 최대토크(피크값)가 모두 같은 수평선 위에 놓여 있으면 V/f 일정 제어법이라고 판단한다. 반대로 곡선들의 피크 높이가 서로 다르게(작아지게) 그려져 있으면 전압만 바꾸는 전압 제어법 쪽을 의심한다.

암기 포인트

$T_{max} \propto (V/f)^2$ — V/f 일정 제어는 최대토크 일정 + 동기속도만 변화, 전압만 제어하면 최대토크가 전압 제곱에 비례해 감소한다는 것을 기억해 둔다.

NoteBase