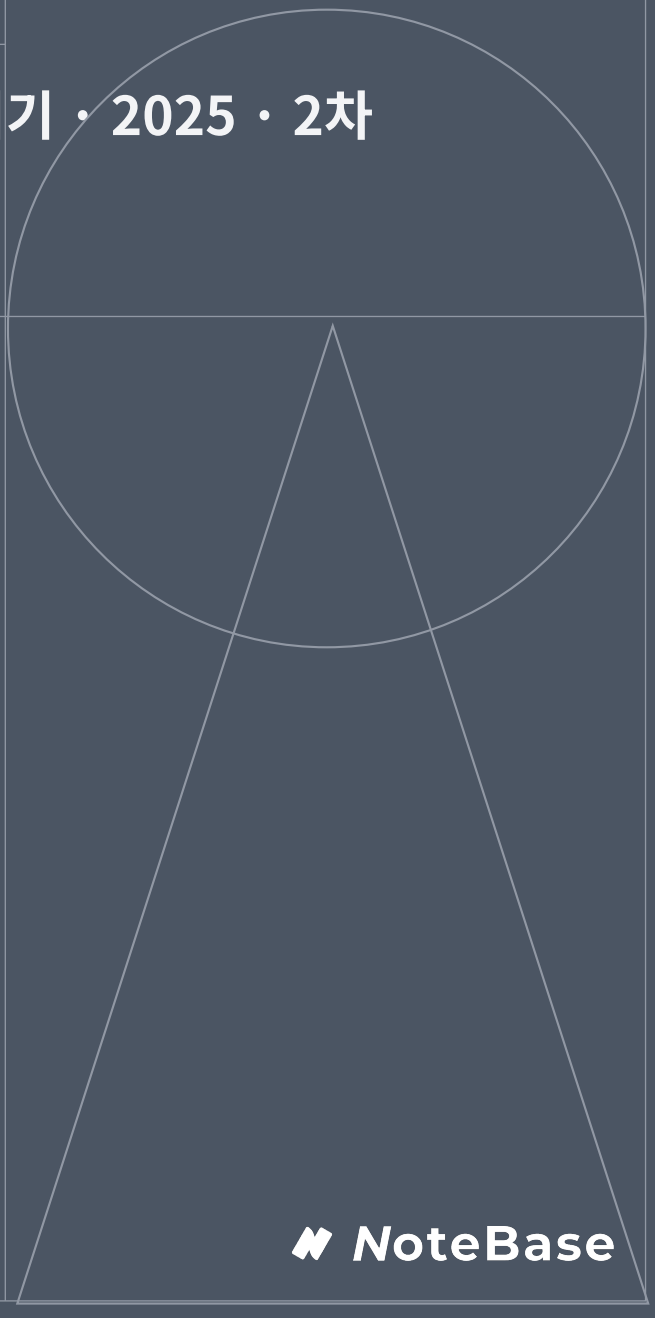
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 전기기기 · 2025 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 전기기기 · 2025 · 2차

공무원/국가직/7급 · 전기기기 · 2025 · 2차

문 1. 일정한 단자전압으로 운전하고 있는 분권 직류전동기의 계자전류를 감소시킬 때, 무부하속도 ω_0와 정격전류에서의 토크 T_e에 대한 설명을 바르게 연결한 것은?

① ω_0: 감소, T_e: 감소

② ω_0: 감소, T_e: 증가

③ ω_0: 증가, T_e: 감소

④ ω_0: 증가, T_e: 증가

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 일정한 단자전압에서 분권 직류전동기의 계자자속이 변할 때 무부하속도와 토크가 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 일정한 단자전압으로 운전하는 분권 직류전동기에서 계자전류를 감소시킨다.
구해야 할 값: 무부하속도 ω_0의 변화와 정격전류에서의 토크 T_e의 변화이다.
주의할 조건: 분권 전동기에서 계자전류 감소는 계자자속 ϕ 감소로 이어진다.

사용할 공식

무부하속도는 대체로 $\omega_0 \propto \frac{V}{\phi}$의 관계를 따른다.
토크는 $T_e \propto \phi I_a$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 단자전압 V는 일정하고, 계자전류를 줄이면 계자자속 ϕ가 감소하므로 속도와 토크가 자속에 대해 어떻게 반응하는지만 보면 된다.

계산 과정

1. 계자전류를 감소시키면 계자자속 ϕ가 감소한다.
2. 무부하속도 ω_0는 ϕ에 반비례하므로 ϕ가 감소하면 증가한다.
3. 정격전류에서의 토크 T_e는 ϕI_a에 비례하므로, 정격전류 I_a를 기준으로 보면 ϕ가 감소할 때 토크는 감소한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 ω_0 감소이다. 올바르게는 계자자속이 약해지면 무부하속도는 증가한다. T_e 감소는 맞는 연결이다.
② X: ω_0 감소와 T_e 증가가 모두 틀리다. 올바르게는 ω_0는 증가하고, 정격전류 기준 토크는 $T_e \propto \phi I_a$이므로 감소한다.
③ O: 계자전류 감소로 자속이 감소하면 무부하속도는 증가하고, 정격전류에서의 토크는 감소한다. 두 관계를 모두 바르게 연결한 선지이다.
④ X: 틀린 표현은 T_e 증가이다. 올바르게는 계자자속이 감소하면 같은 정격전류에서도 토크는 감소한다. ω_0 증가는 맞는 연결이다.

오답 포인트

계자약화를 하면 속도와 토크가 같은 방향으로 변한다고 오해하기 쉽다. 이 문항은 속도는 자속에 반비례하고 토크는 자속에 비례한다는 서로 반대의 관계를 정확히 구분하는지를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류전동기에서 계자약화가 나오면 먼저 속도는 자속에 반비례하고 토크는 자속에 비례한다는 두 관계를 나누어 본다. 일정한 단자전압 조건에서는 자속 감소시 ω_0는 증가하고, 같은 전류 기준 토크는 감소한다고 판단한다.

암기 포인트

계자약화에서는 속도는 올라가고 토크는 내려간다.

NoteBase

문 2. 권선비 1:1인 단상변압기 3대를 Δ-Y로 결선한 3상뱅크에서 2차 선간전압 V_2와 1차 선간전압 V_1의 관계, 2차 선전류 I_2와 1차 선전류 I_1의 관계를 바르게 연결한 것은?

① 선간전압: $V_2 = \frac{V_1}{\sqrt{3}}$, 선전류: $I_2 = I_1$
② 선간전압: $V_2 = V_1$, 선전류: $I_2 = \frac{I_1}{\sqrt{3}}$
③ 선간전압: $V_2 = \sqrt{3}V_1$, 선전류: $I_2 = \frac{I_1}{\sqrt{3}}$
④ 선간전압: $V_2 = \sqrt{3}V_1$, 선전류: $I_2 = I_1$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 권선비 $1:1$인 단상변압기 3대를 $\Delta - Y$로 결선했을 때 선간전압과 선전류의 상전압·상전류 환산 관계를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 권선비가 $1:1$이고 1차가 Δ, 2차가 Y 결선이라는 점이다.
구해야 할 값은 2차 선간전압 V_2와 1차 선간전압 V_1의 관계, 2차 선전류 I_2와 1차 선전류 I_1의 관계이다.
주의할 조건은 Δ에서는 선간전압과 상전압이 같고 선전류는 상전류의 $\sqrt{3}$배이며, Y에서는 선전류와 상전류가 같고 선간전압은 상전압의 $\sqrt{3}$배라는 점이다.

사용할 공식

변압기 1대의 권선비가 $1:1$이므로 상전압과 상전류의 크기는 1차와 2차에서 각각 같다고 본다.
$V_{1\phi} = V_{2\phi}, \quad I_{1\phi} = I_{2\phi}$
결선에 따른 선간전압·선전류 관계는 다음과 같다.
$\Delta : V_L = V_\phi,\ I_L = \sqrt{3} I_\phi$
$Y : V_L = \sqrt{3} V_\phi,\ I_L = I_\phi$
이 공식을 쓰는 이유는 이 문항이 개별 변압기의 권선비 자체보다 Δ와 Y 결선에서 선값과 상값이 어떻게 바뀌는지를 묻는 문제이기 때문이다.

계산 과정

1. 1차가 Δ 결선이므로 $V_1 = V_{1\phi}$이다.
2. 권선비가 $1:1$이므로 $V_{2\phi} = V_{1\phi} = V_1$이다.
3. 2차가 Y 결선이므로 $V_2 = \sqrt{3} V_{2\phi} = \sqrt{3} V_1$이다.
4. 1차가 Δ 결선이므로 $I_1 = \sqrt{3} I_{1\phi}$이고, 권선비가 $1:1$이므로 $I_{2\phi} = I_{1\phi}$이다.
5. 2차가 Y 결선이므로 $I_2 = I_{2\phi} = I_{1\phi} = \frac{I_1}{\sqrt{3}}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $V_2 = \frac{V_1}{\sqrt{3}}$는 Y 결선의 선간전압을 상전압보다 작게 본 것이므로 틀리다. 실제로는 Y 결선에서 선간전압이 상전압의 $\sqrt{3}$배이므로 $V_2 = \sqrt{3}V_1$가 된다. 또 $I_2 = I_1$도 틀리다. 1차 Δ의 선전류가 상전류보다 크므로 실제로는 $I_2 = \frac{I_1}{\sqrt{3}}$이다.
② X: $V_2 = V_1$은 2차가 Y 결선이라는 점을 빠뜨린 값이므로 틀리다. 올바르게는 $V_2 = \sqrt{3}V_1$이다. $I_2 = \frac{I_1}{\sqrt{3}}$는 전류 관계만 맞지만, 선간전압 관계가 틀렸으므로 전체 선지는 오답이다.
③ O: 권선비 1 : 1이므로 상전압은 1차와 2차가 같고, 1차 Δ에서는 $V_1 = V_{1\phi}$, 2차 Y에서는 $V_2 = \sqrt{3}V_{2\phi}$이므로 $V_2 = \sqrt{3}V_1$이다. 또 1차 Δ에서는 $I_1 = \sqrt{3}I_{1\phi}$, 2차 Y에서는 $I_2 = I_{2\phi} = I_{1\phi}$이므로 $I_2 = \frac{I_1}{\sqrt{3}}$가 된다.
④ X: $V_2 = \sqrt{3}V_1$는 맞지만 $I_2 = I_1$는 틀리다. Δ의 선전류와 상전류를 같게 본 오류이며, 올바르게는 $I_2 = \frac{I_1}{\sqrt{3}}$이다.

오답 포인트

권선비 1 : 1을 선간전압비 1 : 1로 바로 연결하면 틀리기 쉽다. 이 문항의 함정은 권선비는 상전압비에 적용되고, 최종 선간전압과 선전류는 Δ, Y 결선의 선값-상값 환산을 한 번 더 거쳐야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

3상 변압기 결선 문제는 먼저 각 측의 상전압과 상전류를 놓고 권선비를 적용한 뒤, 마지막에 Δ와 Y의 선간전압·선전류 환산식으로 선값을 다시 바꾸어 판단한다.

암기 포인트

Δ는 전압이 그대로이고 전류가 $\sqrt{3}$배, Y는 전류가 그대로이고 전압이 $\sqrt{3}$배이다.

NoteBase

문 3. 3상 유도전동기의 공극전력을 P_g, 기계적 동력으로 변환되는 전력을 P_{em}, 슬립을 s라 할 때, 회전자동손은?

① sP_g
② $\frac{P_g}{s}$
③ $(1-s)P_g$
④ $\frac{P_{em}}{1-s}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 3상 유도전동기에서 공극전력 P_g가 회전자동손과 기계적 변환전력으로 어떻게 배분되는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 공극전력은 P_g, 기계적 동력으로 변환되는 전력은 P_{em}, 슬립은 s이다.
구해야 할 값: 회전자동손이다.
주의할 조건: 유도전동기의 공극전력 P_g는 슬립 비율 s만큼 회전자동손이 되고, 나머지 $(1-s)$만큼이 기계적 동력으로 변환된다.

사용할 공식

회전자동손 = sP_g, 기계적 변환전력 = $(1-s)P_g = P_{em}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 공극전력은 2차 회로로 전달된 전력이며, 슬립이 클수록 그 비율만큼 회전자에서 동손으로 소모되고 남은 부분만 기계적 출력으로 바뀐다.

계산 과정

1. 공극전력 P_g는 회전자동손과 기계적 변환전력의 합이다.
2. 슬립이 s이면 회전자동손은 공극전력의 s배이므로 sP_g이다.
3. 기계적 변환전력은 $(1-s)P_g = P_{em}$이므로, 회전자동손을 나타내는 식은 sP_g이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 회전자동손은 공극전력의 슬립 비율만큼이므로 sP_g가 맞다.
② X: P_g/s는 슬립으로 나눈 값이어서 회전자동손이 아니다. 틀린 표현은 'P_g/s'이고, 올바르게는 회전자동손은 'sP_g'이다. 이 값은 슬립을 곱해야 할 곳에서 나눈 실수에서 나온다.
③ X: $(1-s)P_g$는 회전자동손이 아니라 기계적 동력으로 변환되는 전력 P_{em}이다. 틀린 표현은 '회전자동손 = $(1-s)P_g$'이고, 올바르게는 '기계적 변환전력 = $(1-s)P_g$, 회전자동손 = sP_g'이다.
④ X: $P_{em}/(1-s)$는 P_g로 환산되는 식이므로 회전자동손이 아니다. 틀린 표현은 '$P_{em}/(1-s)$'이고, 올바르게는 회전자동손은 'sP_g'이다. 이 값은 $P_{em} = (1-s)P_g$ 관계를 역으로 정리해 공극전력 자체를 구한 식이다.

오답 포인트

③의 $(1-s)P_g$를 회전자동손으로 착각하면 틀린다. s는 손실 비율이고 $(1-s)$는 기계적 변환 비율이라는 대응을 뒤집는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

유도전동기 전력식을 보면 먼저 P_g를 기준으로 본다. 그다음 슬립이 붙은 sP_g는 회전자동손, 남는 $(1-s)P_g$는 기계적 변환전력으로 바로 대응하면 된다.

암기 포인트

유도전동기에서는 공극전력 P_g 중 sP_g는 회전자동손, $(1-s)P_g$는 기계적 변환전력이다.

NoteBase

문 4. 3상 다이오드 전파정류회로에서 직류 출력전압에 포함된 리플전압의 맥동주파수는 입력 전원주파수의 몇 배인가?

① 2

② 3

③ 6

④ 12

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 3상 다이오드 전파정류회로의 리플전압 맥동주파수가 입력 전원주파수의 몇 배인지 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건은 3상 다이오드 전파정류회로라는 점이다. 구해야 할 값은 직류 출력전압에 포함된 리플전압의 맥동주파수이다. 3상 전파정류는 한 주기 동안 6개의 맥동이 생기는 6펄스 정류이다.

사용할 공식

리플전압 맥동주파수는 $f_r = pf$이다. 여기서 p는 정류 펄스수이고 f는 입력 전원주파수이다. 3상 다이오드 전파정류회로는 6펄스 정류이므로 $p = 6$이 된다.

계산 과정

1. 3상 다이오드 전파정류회로는 한 전원 주기마다 출력 맥동이 6번 나타난다.
2. 따라서 리플전압의 맥동주파수는 $f_r = 6f$이다.
3. 입력 전원주파수의 6배이므로 정답은 ③이다.

선지 판단

① X: 2배는 단상 전파정류에서 나타나는 리플주파수에 해당한다. 3상 다이오드 전파정류의 맥동주파수를 2배로 본 점이 틀렸고, 올바르게는 6배이다.
② X: 3배는 3상 반파정류의 맥동주파수에 해당한다. 전파정류를 반파정류처럼 본 점이 틀렸고, 올바르게는 6배이다.
③ O: 3상 다이오드 전파정류는 6펄스 정류이므로 리플전압의 맥동주파수는 입력 전원주파수의 6배가 된다.
④ X: 12배는 12펄스 정류처럼 더 많은 펄스수를 갖는 회로에서 가능한 값이다. 기본 3상 다이오드 전파정류의 맥동주파수를 12배로 본 점이 틀렸고, 올바르게는 6배이다.

NoteBase

오답 포인트

3상 반파정류의 3배와 단상 전파정류의 2배를 섞어서 기억하면 틀리기 쉽다. 이 문항은 회로가 전파정류인지, 그리고 펄스수가 몇 개인지를 바로 떠올리는지를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

정류회로 주파수 문항은 먼저 반파정류와 전파정류를 구분하고, 다음으로 상수에 따른 펄스수를 확인한 뒤 $f_r = pf$에 대입해 판단한다.

암기 포인트

단상 전파 2펄스, 3상 반파 3펄스, 3상 전파 6펄스로 정리된다.

NoteBase

문 5. 단자전압 $100[V]$를 인가할 때 발생하는 토크가 $1[N \cdot m]$인 영구자석 직류전동기가 있다. 이때 회전속도 $[rpm]$는? (단, 기계손, 표유부하손은 무시하고, 효율은 $80[\%]$, 토크상수 $k_T = k\phi = 0.5[N \cdot m/A]$이다)

① $\frac{4,000}{\pi}$
② $\frac{4,200}{\pi}$
③ $\frac{4,600}{\pi}$
④ $\frac{4,800}{\pi}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 영구자석 직류전동기의 토크상수와 효율을 이용해 전기입력에서 기계출력을 구한 뒤 회전속도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 단자전압 100 V, 토크 1 N·m, 효율 80 %, 토크상수 $k_T = k\phi = 0.5\text{N} \cdot \text{m/A}$이다.
구해야 할 값: 회전속도 n이다.
주의할 조건: 기계손과 표유부하손을 무시하므로 출력토크를 그대로 기계출력 계산에 사용한다.

사용할 공식

$T = k\phi I_a$
$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$
$P_{out} = T\omega$
$n = \frac{60\omega}{2\pi}$
이 공식을 쓰는 이유: 토크상수로 전기자전류를 먼저 구할 수 있고, 효율로 입력전력에서 출력전력을 구한 뒤, 출력전력과 토크의 관계로 각속도와 회전속도를 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 토크식 $T = k\phi I_a$에서 $1 = 0.5I_a$이므로 $I_a = 2\text{A}$이다.
2. 입력전력은 $P_{in} = VI_a = 100 \times 2 = 200\text{W}$이다.
3. 출력전력은 $P_{out} = \eta P_{in} = 0.8 \times 200 = 160\text{W}$이다.
4. $P_{out} = T\omega$이므로 $160 = 1 \times \omega$, 따라서 $\omega = 160\text{rad/s}$이다.
5. 회전속도는 $n = \frac{60\omega}{2\pi} = \frac{60 \times 160}{2\pi} = \frac{4,800}{\pi}\text{rpm}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과 회전속도는 $\frac{4,800}{\pi}$rpm이므로 $\frac{4,000}{\pi}$는 맞지 않는다. 회전속도를 $\frac{4,000}{\pi}$rpm로 본 점이 틀렸고, 올바르게는 $\frac{4,800}{\pi}$rpm이다.
② X: 효율 80 %를 반영한 출력전력은 160 W이므로 회전속도는 $\frac{4,800}{\pi}$rpm이어야 한다. 회전속도를 $\frac{4,200}{\pi}$rpm로 본 점이 틀렸고, 올바르게는 $\frac{4,800}{\pi}$rpm이다.
③ X: 토크 1 N·m와 출력전력 160 W를 쓰면 각속도는 160 rad/s이므로 $\frac{4,600}{\pi}$는 계산값과 다르다. 회전속도를 $\frac{4,600}{\pi}$rpm로 본 점이 틀렸고, 올바르게는 $\frac{4,800}{\pi}$rpm이다.
④ O: $I_a = 2\text{A}$, $P_{in} = 200\text{W}$, $P_{out} = 160\text{W}$, $\omega = 160\text{rad/s}$이므로 회전속도는 $\frac{4,800}{\pi}$rpm이다. 따라서 ④가 옳다.

오답 포인트

토크상수로 전류를 구한 뒤 효율을 적용해야 하는데, 효율을 빼먹거나 입력전력과 출력전력을 혼동하면 오답이 된다. 또 $P = T\omega$에서 구한 ω를 바로 rpm으로 착각하면 마지막 변환에서 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

영구자석 직류전동기 계산형은 먼저 $T = k\phi I_a$로 전류를 구하고, 다음에 VI_a로 입력전력, ηP_{in}으로 출력전력, 마지막에 $P_{out} = T\omega$와 $n = \frac{60\omega}{2\pi}$를 차례로 적용하면 된다.

암기 포인트

직류전동기 속도 계산은 토크에서 전류를 구하고, 효율로 출력전력을 만든 뒤, $P = T\omega$에서 rpm으로 넘기는 순서이다.

NoteBase

문 6. 3상 농형유도전동기의 회전자를 일반형(NEMA A형)에서 심구형(NEMA B형)으로 교체했을 때, 변화하는 기동특성에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 기동 시 회전자저항이 감소한다.

② 기동 시 누설리액턴스가 감소한다.

③ 기동토크와 기동전류가 크게 증가한다.

④ 기동토크는 큰 차이가 없지만, 기동전류가 감소한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 농형유도전동기 회전자를 일반형(NEMA A형)에서 심구형(NEMA B형)으로 바꿀 때 기동 시 유효 회전자저항, 누설리액턴스, 기동전류, 기동토크가 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

일반형(NEMA A형)은 보통의 농형 회전자로 기동전류가 비교적 큰 형식이다. 심구형(NEMA B형)은 도체가 깊어 기동 시 전류가 도체 표면 쪽에 몰리는 효과가 커서 유효 회전자저항과 유효 누설리액턴스가 모두 커진다. 그 결과 기동전류는 줄고, 기동토크는 일반형과 큰 차이 없이 유지되는 것이 핵심이다.

선지별 해설

① X: 심구형은 기동 시 유효 회전자저항이 감소하는 것이 아니라 오히려 증가한다. 기동 순간에는 회전자 주파수가 높아 전류가 도체 표면부에 집중되므로 유효 단면적이 작아져 저항이 커진다. 틀린 표현은 '회전자저항이 감소한다'이고, 올바르게는 '기동 시 유효 회전자저항이 증가한다'이다.
② X: 심구형은 기동 시 유효 누설리액턴스가 감소하는 것이 아니다. 전류가 표면부에 치우치면서 내부 자속 분포가 달라져 기동 시 유효 누설리액턴스도 커진다. 틀린 표현은 '누설리액턴스가 감소한다'이고, 올바르게는 '기동 시 유효 누설리액턴스가 증가한다'이다.
③ X: 심구형으로 바꾸면 기동전류가 크게 증가하지 않는다. 오히려 누설리액턴스 증가 효과로 기동전류는 감소하고, 기동토크는 일반형과 비슷한 수준으로 유지된다. 틀린 표현은 '기동토크와 기동전류가 크게 증가한다'이고, 올바르게는 '기동토크는 큰 차이가 없고 기동전류는 감소한다'이다.
④ O: 심구형(NEMA B형)은 일반형(NEMA A형)에 비해 기동전류를 낮추는 것이 대표적 특징이다. 동시에 기동토크는 일반형과 큰 차이가 나지 않으므로 이 선지가 옳다.

오답 포인트

심구형은 '저항이 커지니 전류도 커지고 토크도 커질 것'이라고 단순화하면 틀리기 쉽다. 실제로는 기동 시 유효 저항이 커지는 것과 함께 유효 누설리액턴스도 커져 전류가 억제되므로, 결과는 '기동전류 감소, 기동토크는 대체로 유사'로 정리된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

심구형 또는 NEMA B형이 나오면 먼저 기동 시 표피효과로 유효 회전자저항과 유효 누설리액턴스가 커진다고 본다. 그다음 결과를 기동전류 감소, 기동토크는 일반형과 큰 차이 없음으로 연결하면 선지 판단이 정리된다.

암기 포인트

심구형(NEMA B형)은 기동전류를 줄이고 기동토크는 거의 유지하는 회전자 형식이다.

NoteBase

문 7. 전기자동차의 동력을 담당하는 영구자석 동기전동기를 구동하려면, 고전압 배터리 전원을 입력으로 하는 전력변환장치를 사용해야 한다. 이때 필요한 전력변환장치는?

① 인버터
② 사이클로컨버터
③ SCR 제어정류기
④ 승압형 AC-DC 컨버터

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 배터리의 직류 전원을 영구자석 동기전동기 구동용 교류 전원으로 바꾸는 전력변환장치의 종류를 묻는 문제이다.

핵심 개념

인버터는 직류를 주파수와 전압을 제어할 수 있는 교류로 바꾸는 장치이다. 사이클로컨버터는 교류를 다른 주파수의 교류로 직접 바꾸는 AC-AC 변환기이다. SCR 제어정류기는 교류를 제어된 직류로 바꾸는 AC-DC 변환기이다. 승압형 컨버터는 보통 직류 전압을 더 높은 직류 전압으로 바꾸는 DC-DC 승압회로로 이해하며, AC-DC 컨버터는 교류 입력을 직류로 정류하는 장치이다.

선지별 해설

① O: 전기자동차의 고전압 배터리는 직류 전원이고, 영구자석 동기전동기는 보통 3상 교류로 구동된다. 따라서 직류를 가변 주파수·가변 전압의 교류로 바꾸는 인버터가 필요하다.
② X: 틀린 부분은 사이클로컨버터라는 장치 선택이다. 사이클로컨버터는 교류 입력을 다른 주파수의 교류로 바꾸는 AC-AC 변환기이므로 배터리의 직류를 바로 입력으로 쓰는 구동장치가 아니다. 올바르게는 배터리 직류를 교류로 바꾸는 인버터가 필요하다.
③ X: 틀린 부분은 SCR 제어정류기를 모터 구동용 변환기로 본 점이다. SCR 제어정류기는 교류를 직류로 바꾸는 정류기 계열이므로 배터리 직류를 전동기용 교류로 만드는 역할과 반대이다. 올바르게는 직류를 교류로 변환하는 인버터가 필요하다.
④ X: 틀린 부분은 승압형 AC-DC 컨버터라는 표현이다. AC-DC 컨버터는 교류를 직류로 바꾸는 장치이므로 배터리 직류를 입력으로 하는 조건과 맞지 않는다. 전기차에서 배터리 전압을 높일 필요가 있더라도 그것은 DC-DC 승압단의 역할이며, 영구자석 동기전동기 구동에 직접 필요한 최종 변환기는 인버터이다.

오답 포인트

배터리 전압을 조정하는 회로와 모터를 실제로 구동하는 회로를 혼동하면 ④처럼 승압형 컨버터를 고르기 쉽다. 또한 사이클로컨버터와 정류기는 모두 전력변환장치이지만 입력과 출력의 전원 형태가 이 문항 조건과 다르다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 입력 전원이 직류인지 교류인지, 전동기나 부하가 요구하는 출력이 직류인지 교류인지부터 본다. 직류 배터리로 교류 전동기를 돌리면 DC-AC 변환기인 인버터를 고르면 된다.

암기 포인트

배터리 직류-전동기 교류이면 인버터, 정류기는 AC-DC, 사이클로컨버터는 AC-AC이다.

NoteBase

문 8. 4극, 중권, 정격전압 320 [V], 전기자저항 0.2 [Ω]인 타여자 직류전동기의 전기자는 360개의 도체로 결선되어 있다. 정격운전 중인 전동기의 회전속도가 1,000 [rpm]일 때, 기계적 출력[kW]은? (단, 극당 자속은 0.05 [Wb]이고, 기계손, 표유하손은 무시한다)

① 3.0

② 3.2

③ 30

④ 32

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 중권 직류전동기의 역기전력과 전기자전류를 구한 뒤 $P_m = EI_a$로 기계적 출력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 4극, 중권, 정격전압 320 V, 전기자저항 0.2 Ω, 전기자 도체수 360, 회전속도 1,000 rpm, 극당 자속 0.05 Wb이다.
구해야 할 값은 기계적 출력이다.
중권이므로 병렬회로수는 극수와 같아 $a = 4$이다. 기계손, 표유부하손을 무시하므로 변환전력과 기계적 출력이 같고, 브러시 전압강하도 무시한다.

사용할 공식

역기전력은 $E = \frac{P\Phi ZN}{60a}$이다.
기계적 출력은 손실 무시 시 $P_m = EI_a$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 직류전동기에서 회전 중 유기되는 역기전력으로 전기자전류가 결정되고, 변환전력 EI_a가 그대로 기계적 출력이 되기 때문이다.

계산 과정

1. 중권이므로 $a = P = 4$이다.
2. 역기전력은 $E = \frac{4 \times 0.05 \times 360 \times 1000}{60 \times 4} = 300$ V이다.
3. 전기자전류는 $I_a = \frac{V - E}{R_a} = \frac{320 - 300}{0.2} = 100$ A이다.
4. 기계적 출력은 $P_m = EI_a = 300 \times 100 = 30000$ W $= 30$ kW이다.

NoteBase

선지 판단

① X. 계산 결과 기계적 출력은 3.0 kW가 아니라 30 kW이다. 3.0 kW는 최종 환산에서 자릿수를 한 번 더 줄인 오산에 해당한다.
② X. 계산 결과와 맞지 않는다. 3.2 kW는 320 V만 보고 단위를 잘못 처리하거나 전류를 과소 계산한 값으로 볼 수 있으며, 올바른 출력은 30 kW이다.
③ O. 역기전력 300 V와 전기자전류 100 A를 곱하면 30000 W = 30 kW가 되므로 옳다.
④ X. 32 kW는 입력전력 $VI_a = 320 \times 100$을 그대로 사용한 값이다. 문제는 기계적 출력을 묻고 있으므로 역기전력 기준의 $EI_a = 30$ kW로 계산해야 한다.

오답 포인트

중권에서 병렬회로수 a를 2로 두면 안 된다는 점이 1차 함정이다. 또 직류전동기에서 입력전력 VI_a와 기계적 출력 EI_a를 구분하지 않으면 ④의 32 kW를 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류전동기 계산형은 먼저 권선방식으로 병렬회로수 a를 정하고, 다음에 역기전력 E를 계산한 뒤, $I_a = (V - E)/R_a$, 마지막으로 손실 조건에 따라 EI_a 또는 VI_a 중 무엇이 요구값인지 구분해서 판단한다.

암기 포인트

중권은 $a = P$, 파권은 $a = 2$이며, 직류전동기의 기계적 출력은 손실 무시 시 EI_a이다.

NoteBase

문 9. 상당 동기리액턴스가 100 [Ω]으로 같은 동기발전기 A, B가 병렬운전 중이다. 이때 각 발전기의 동일한 상에 대한 내부 유기기전력의 크기는 2,000 [V]이고 위상차가 60°이면, 순환전류[A]는? (단, 전기자저항은 무시한다)

① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 병렬운전 중인 동일 동기발전기 두 대의 내부 유기기전력 위상차로 생기는 순환전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 각 발전기의 상당 동기리액턴스 $X_s = 100\Omega$, 내부 유기기전력의 크기 $E = 2000V$, 위상차 $\delta = 60^\circ$이다. 구해야 할 값은 순환전류 I_c이다. 전기자저항은 무시하고, 순환전류의 경로에는 두 발전기의 동기리액턴스가 직렬로 들어가므로 전체 리액턴스는 $100 + 100 = 200\Omega$이다.

사용할 공식

순환전류는 두 내부 유기기전력의 벡터차를 두 발전기의 합성 리액턴스로 나눈 값이다. $I_c = \frac{|E_A - E_B|}{X_{sA} + X_{sB}}$ 같은 크기의 전압벡터 두 개가 위상차 δ를 가질 때 그 차의 크기는 $|E_A - E_B| = 2E\sin\frac{\delta}{2}$ 이다. 따라서 이 문제에서는 $I_c = \frac{2E\sin(\delta/2)}{2X_s} = \frac{E\sin(\delta/2)}{X_s}$ 를 사용한다. 위상차에 의한 내부 기전력 차가 순환전류를 만들고, 그 전류는 두 기기의 리액턴스를 모두 지난다는 점 때문에 이 공식이 성립한다.

계산 과정

1. 내부 유기기전력의 벡터차 크기는 $|E_A - E_B| = 2 \times 2000 \times \sin 30^\circ = 2000V$이다.
2. 순환전류가 지나는 전체 리액턴스는 $100 + 100 = 200\Omega$이다.
3. 따라서 $I_c = \frac{2000}{200} = 10A$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $10A$이므로 5A는 맞지 않는다. 틀린 표현은 "순환전류가 5A이다"이고, 올바르게는 "순환전류는 10A이다"이다. 5A는 합성 리액턴스를 적용한 뒤 전류를 다시 한 번 2로 잘못 나눌 때 나오는 오답이다.
② O: 내부 기전력 차는 $2000V$, 전체 리액턴스는 200Ω이므로 순환전류는 $10A$이다. 보기 ②가 계산 결과와 일치한다.
③ X: 계산 결과는 $10A$이므로 15A는 맞지 않는다. 틀린 표현은 "순환전류가 15A이다"이고, 올바르게는 "순환전류는 10A이다"이다. 위상차를 절반각으로 처리하지 않거나 벡터차 공식을 잘못 적용하면 이런 식의 오산이 생긴다.
④ X: 20A는 내부 기전력 차 $2000V$를 한 대의 리액턴스 100Ω로만 나눌 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 "순환전류가 20A이다"이고, 올바르게는 "순환전류는 10A이다"이다. 실제 전류 경로에는 두 발전기의 리액턴스가 모두 포함된다.

오답 포인트

출제자는 두 가지를 동시에 물었다. 첫째, 내부 유기기전력의 차를 스칼라 차가 아니라 벡터차 $2E\sin(\delta/2)$로 구해야 한다는 점이다. 둘째, 순환전류는 한 발전기 안에서만 흐르지 않고 두 발전기 사이를 도는 전류이므로 리액턴스를 한 대분만 쓰면 안 된다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 동기기의 순환전류 문제는 먼저 내부 기전력의 벡터차를 $2E\sin(\delta/2)$로 구하고, 다음에 두 기기의 동기리액턴스를 직렬합으로 더해 나누는 순서로 판단한다.

암기 포인트

동일 동기기 두 대의 병렬 순환전류는 $I_c = \frac{E\sin(\delta/2)}{X_s}$이다.

NoteBase

문 10. 영구자석은 직류기와 동기기의 계자를 대신하는 용도로 널리 사용된다. 영구자석에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 영구자석은 잔류자속이 0이다.

② 알니코 자석의 보자력이 네오디뮴 자석보다 항상 크다.

③ 세라믹(페라이트) 자석의 자속밀도가 네오디뮴 자석보다 항상 높다.

④ 네오디뮴 자석은 동작온도가 상승함에 따라 보자력이 줄어든다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 영구자석 재료의 잔류자속, 보자력, 자속밀도, 온도 특성을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

잔류자속은 외부 자화력이 제거된 뒤에도 자석에 남아 있는 자속밀도이다. 보자력은 자화된 자석의 자속을 0으로 만들기 위해 필요한 역자계의 크기이다. 네오디뮴 자석은 자속밀도와 보자력이 큰 편이지만 고온 특성은 약하다. 알니코 자석은 잔류자속은 크지만 보자력은 작고, 페라이트 자석은 자속밀도는 낮지만 비교적 안정적이다.

선지별 해설

① X: 영구자석은 잔류자속이 0인 재료가 아니라 외부 자화력이 없어도 자속이 남는 재료이다. 틀린 표현은 "잔류자속이 0"이다. 올바르게는 "영구자석은 큰 잔류자속을 가진다"이다.
② X: 알니코 자석은 잔류자속은 큰 편이지만 보자력은 네오디뮴 자석보다 작다. 틀린 표현은 "보자력이 네오디뮴 자석보다 항상 크다"이다. 올바르게는 "알니코 자석의 보자력은 일반적으로 네오디뮴 자석보다 작다"이다.
③ X: 페라이트 자석의 자속밀도는 네오디뮴 자석보다 높지 않고 오히려 낮다. 틀린 표현은 "자속밀도가 네오디뮴 자석보다 항상 높다"이다. 올바르게는 "네오디뮴 자석이 페라이트 자석보다 더 높은 자속밀도를 가진다"이다.
④ O: 네오디뮴 자석은 온도가 올라갈수록 자성이 약해지고 보자력도 감소한다. 따라서 동작온도 상승에 따라 보자력이 줄어든다는 설명은 옳다.

오답 포인트

알니코, 페라이트, 네오디뮴의 장점을 서로 뒤바꾸면 틀리기 쉽다. 특히 알니코의 잔류자속이 크다는 사실을 보자력까지 큰 것으로 착각하거나, 네오디뮴의 강한 자력을 보고 온도 특성까지 항상 우수하다고 오해하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

영구자석 재료 비교 문제는 먼저 비교축을 잔류자속, 보자력, 자속밀도, 온도 특성으로 나눈다. 그다음 각 재료의 대표 성질을 대입해 절대 표현인 "항상"이 맞는지 확인하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

알니코는 잔류자속이 크고 보자력이 작고, 네오디뮴은 강하지만 열에 약하며, 페라이트는 자속밀도는 낮지만 비교적 안정적이다.

NoteBase

문 11. 동기발전기가 500 [kVA], 역률 0.9, 효율 90 [%]로 운전 중일 때 동기발전기를 구동하는 원동기의 입력동력은 550 [kW]이다. 이때 원동기의 효율[%]은?

① 88.91

② 89.91

③ 90.91

④ 91.91

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 발전기의 유효출력과 효율을 이용해 원동기의 출력을 역산한 뒤 원동기 효율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 동기발전기 500 kVA, 역률 0.9, 발전기 효율 90%, 원동기 입력동력 550 kW
구해야 할 값: 원동기의 효율
주의할 조건: 500 kVA는 피상전력이므로 먼저 유효전력으로 바꿔야 한다.

사용할 공식

발전기 유효출력은 $P_{out} = S\cos\phi$이다.
발전기 효율은 $\eta_g = \frac{P_{out}}{P_{in}}$이다.
원동기 효율은 $\eta_m = \frac{P_{out,\,m}}{P_{in,\,m}} \times 100$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 발전기 정격과 역률로 전기출력을 구하고, 발전기 효율로 원동기가 실제로 내는 기계출력을 역산해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 발전기의 유효출력은 $500 \times 0.9 = 450kW$이다.
2. 발전기의 기계입력은 $\frac{450}{0.9} = 500kW$이다.
3. 이 500 kW가 원동기의 출력이므로 원동기 효율은 $\frac{500}{550} \times 100 = 90.91\%$이다.

선지 판단

① X: 계산 결과와 일치하지 않는다. 원동기 효율은 88.91%가 아니라 90.91%이다.
② X: 계산 결과와 일치하지 않는다. 발전기 출력과 효율을 반영한 원동기 효율은 89.91%가 아니라 90.91%이다.
③ O: 원동기 효율이 90.91%이므로 옳다.
④ X: 계산 결과보다 1.00%p 크게 잡은 값이다. 원동기 효율은 91.91%가 아니라 90.91%이다.

NoteBase

오답 포인트

500 kVA를 바로 500 kW로 보거나, 발전기 효율 90%를 곱해야 할 단계와 나누어야 할 단계를 뒤바꾸면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

발전기와 원동기가 함께 나오면 피상전력을 유효전력으로 바꾸고, 발전기 효율로 원동기 출력을 역산한 뒤, 마지막에 원동기 효율 =(출력)/(입력)을 계산하면 된다.

암기 포인트

발전기 계산은 *kVA → kW* 변환 후 효율식 =(출력)/(입력)을 단계별로 적용하는 구조이다.

NoteBase

문 12. 50 [%] 부하에서 최고효율이 나타나는 단상변압기가 부하율 75 [%]로 운전할 때의 철손은 P_i이고, 동손은 P_c이다. 이때 동손과 철손의 손실비($\frac{P_c}{P_i}$)는? (단, 유전체손은 무시한다)

① 0.56

② 1.13

③ 1.50

④ 2.25

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 변압기의 최고효율 조건과 동손의 부하제곱 비례를 이용해 75% 부하에서의 동손과 철손의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 50% 부하에서 최고효율이 나타난다.
구해야 할 값: 75% 부하 운전 시 동손과 철손의 손실비 P_c/P_i이다.
주의할 조건: 유전체손은 무시하므로 최고효율 조건은 동손 = 철손으로 본다. 철손은 부하와 무관하게 거의 일정하고, 동손은 부하전류의 제곱에 비례한다.

사용할 공식

최고효율 조건은 해당 부하에서 동손 = 철손이다.
동손은 부하율 x의 제곱에 비례하므로 $P_{cu} \propto x^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 최고효율이 나타나는 부하율과 다른 부하율에서의 동손 변화를 비교하게 하므로, 최고효율 조건과 동손의 x^2 비례를 함께 써야 한다.

NoteBase

계산 과정

50% 부하에서 최고효율이므로 그때의 동손은 철손과 같다.
즉, 50% 부하 동손을 $P_{cu,\,0.5}$라 하면 $P_{cu,\,0.5} = P_i$이다.
75% 부하에서의 동손은 부하율 제곱비로
$P_c = P_{cu,\,0.75} = P_{cu,\,0.5}\left(\frac{0.75}{0.5}\right)^2$
이다.
따라서
$P_c = P_i \times (1.5)^2 = 2.25P_i$
이므로
$\frac{P_c}{P_i} = 2.25$
이다.

선지 판단

① X: 계산 결과는 0.56이 아니라 2.25이다. 0.56은 $(0.5/0.75)^2$처럼 비를 거꾸로 놓았을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 손실비를 감소한 값으로 본 점이며, 올바르게는 75% 부하의 동손은 50% 부하 동손보다 커진다.
② X: 계산 결과는 1.13이 아니라 2.25이다. 1.13은 제곱 비례를 반영하지 않고 선형 비례처럼 처리할 때 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현은 동손을 전류에만 비례한다고 본 점이며, 올바르게는 동손은 전류의 제곱에 비례한다.
③ X: 계산 결과는 1.50이 아니라 2.25이다. 1.50은 0.75/0.5만 계산하고 제곱을 누락한 값이다. 틀린 표현은 부하율비만 적용한 점이며, 올바르게는 $(0.75/0.5)^2$를 적용해야 한다.
④ O: 50% 부하에서 최고효율이므로 그때 동손과 철손이 같고, 75% 부하의 동손은 $(0.75/0.5)^2 = 2.25$배가 된다. 따라서 $P_c/P_i = 2.25$가 되어 옳다.

오답 포인트

최고효율 조건을 외우고도 동손이 부하율의 제곱에 비례한다는 점을 놓치면 ③처럼 1.50을 고르기 쉽다. 또 비를 거꾸로 두면 ①처럼 0.56이 나오므로 기준 부하를 무엇으로 잡았는지 끝까지 일관되게 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 최고효율 문제는 먼저 해당 부하에서 동손 = 철손을 세우고, 그다음 다른 부하의 동손을 부하율 제곱비로 환산한 뒤 원하는 손실비를 구하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

변압기 최고효율은 동손 = 철손, 동손 변화는 부하율의 제곱이다.

NoteBase

문 13. 전기자저항이 0.2 [Ω], 무부하 단자전압이 100 [V]인 타여자 직류발전기의 자속을 1.2배, 회전속도를 1.5배로 증가시킨 후, 50 [A]의 전기자전류가 흐르도록 부하를 연결하였다. 이때 단자전압[V]은? (단, 브러시에 의한 전압강하는 2 [V], 전기자반작용에 의한 전압강하는 1 [V]이다)

① 167

② 170

③ 173

④ 180

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 타여자 직류발전기의 유기기전력이 자속과 회전속도에 비례한다는 관계와 부하 시 내부 전압강하를 이용해 단자전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 전기자저항 0.2Ω, 무부하 단자전압 $100V$, 자속 1.2배, 회전속도 1.5배, 전기자전류 $50A$, 브러시 전압강하 $2V$, 전기자반작용 전압강하 $1V$이다.
구해야 할 값은 부하 연결 후 단자전압이다.
무부하에서는 전기자전류가 거의 0이므로 초기 유기기전력을 $100V$로 본다.

사용할 공식

직류발전기의 유기기전력은 $E \propto \phi n$ 이므로 $E_2 = E_1 \times 1.2 \times 1.5$ 이다.
단자전압은 발전기이므로 $V = E - I_a R_a - V_b - V_{ar}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 자속 변화, 속도 변화, 전기자전류에 따른 내부 전압강하가 모두 주어졌기 때문이다.

계산 과정

1. 무부하 유기기전력은 $E_1 = 100V$이다.
2. 자속과 속도 증가 후 유기기전력은 $E_2 = 100 \times 1.2 \times 1.5 = 180V$ 이다.
3. 전기자저항에 의한 전압강하는 $I_a R_a = 50 \times 0.2 = 10V$ 이다.
4. 총 내부 전압강하는 $10 + 2 + 1 = 13V$ 이다.
5. 따라서 단자전압은 $V = 180 - 13 = 167V$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과 단자전압은 $167V$이므로 옳다.
② X: 틀린 표현은 '단자전압이 170 V이다'이다. 올바르게는 내부 전압강하 $13V$를 빼야 하므로 단자전압은 $167V$이다. $170V$는 전기자반작용 전압강하 $1V$와 브러시 전압강하 $2V$를 빠뜨린 값이다.
③ X: 틀린 표현은 '단자전압이 173 V이다'이다. 올바르게는 단자전압은 $167V$이다. $173V$는 증가한 유기기전력을 잘못 계산하거나 전압강하 일부만 반영한 값이다.
④ X: 틀린 표현은 '단자전압이 180 V이다'이다. 올바르게는 부하전류가 흐르면 내부 전압강하가 생기므로 단자전압은 $167V$이다. $180V$는 부하 시 전압강하를 전혀 빼지 않은 유기기전력 자체의 값이다.

오답 포인트

무부하 단자전압 $100V$를 변화 후 단자전압으로 바로 보거나, 발전기식에서 내부 전압강하 I_aR_a, 브러시 전압강하, 전기자반작용 전압강하를 빼지 않으면 오답이 된다. 특히 $180V$를 구한 뒤 그대로 답으로 고르는 실수가 가장 흔하다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류발전기 계산형은 먼저 무부하 유기기전력을 기준값으로 잡고, $E \propto \phi n$으로 변화 후 유기기전력을 구한 다음, 부하가 걸린 발전기이면 내부 전압강하를 모두 빼는 순서로 판단한다.

암기 포인트

직류발전기는 $E \propto \phi n$, 단자전압은 V = E - 내부 전압강하이다.

NoteBase

문 14. 2,400 [rpm]으로 회전하고 있는 타여자 직류발전기의 유기기전력은 200 [V], 계자전류는 1 [A]이다. 회전속도를 1,200 [rpm]으로 감속할 때, 220 [V]의 유기기전력을 얻기 위한 계자전류[A]는? (단, 자기포화 현상은 무시한다)

① 2.2

② 3.1

③ 3.6

④ 5.2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 타여자 직류발전기에서 자기포화를 무시할 때 유기기전력 E가 회전속도 n과 자속 Φ에 비례하고, 자속 Φ가 계자전류 I_f에 비례한다는 관계를 이용해 필요한 계자전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 회전속도 2,400 rpm에서 유기기전력 200 V, 계자전류 1 A이다.
구해야 할 값은 회전속도 1,200 rpm일 때 유기기전력 220 V를 얻기 위한 계자전류이다.
주의할 조건은 자기포화 현상을 무시하므로 $\Phi \propto I_f$로 본다는 점이다.

사용할 공식

유기기전력은 $E \propto n\Phi$이고, 자기포화를 무시하면 $\Phi \propto I_f$이므로 $E \propto nI_f$이다.
따라서 $\frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2 I_{f2}}{n_1 I_{f1}}$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 속도와 계자전류가 함께 바뀌는 조건에서 유기기전력의 비례관계를 바로 적용할 수 있기 때문이다.

계산 과정

비례식을 세우면 $\frac{220}{200} = \frac{1200 \cdot I_{f2}}{2400 \cdot 1}$이다.
정리하면 $1.1 = \frac{I_{f2}}{2}$이다.
따라서 $I_{f2} = 2.2A$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
계산 결과가 2.2A이므로 옳다.

② X
3.1 A는 계산 결과와 다르므로 틀리다.
틀린 표현은 필요한 계자전류를 3.1 A로 본 부분이다.
올바르게는 계자전류는 2.2 A이다.
이 값은 속도를 절반으로 줄인 효과만 크게 보고 전압 비례를 부정확하게 반영할 때 나올 수 있는 오답이다.

③ X
3.6 A는 계산 결과와 다르므로 틀리다.
틀린 표현은 필요한 계자전류를 3.6 A로 본 부분이다.
올바르게는 계자전류는 2.2 A이다.
이 값은 비례식을 세운 뒤 분자와 분모를 뒤섞어 과대 계산할 때 나올 수 있는 오답이다.

④ X
5.2 A는 계산 결과와 다르므로 틀리다.
틀린 표현은 필요한 계자전류를 5.2 A로 본 부분이다.
올바르게는 계자전류는 2.2 A이다.
이 값은 속도 감소와 전압 증가를 중복해서 과장해 곱셈 방향을 잘못 적용할 때 나올 수 있는 오답이다.

오답 포인트

자기포화를 무시한다는 조건을 놓치면 $\Phi \propto I_f$를 쓰지 못해 식을 잘못 세우기 쉽다. 또 속도가 절반이 되면 같은 전압을 내려면 계자전류가 두 배 이상 필요하다는 방향성은 맞지만, 여기에 220 V와 200 V의 비까지 함께 반영해야 한다는 점을 빠뜨리면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

타여자 직류발전기에서 자기포화를 무시한다는 조건이 보이면 먼저 $E \propto nI_f$로 정리한다. 그다음 기준 상태와 목표 상태의 비례식 $\frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2 I_{f2}}{n_1 I_{f1}}$을 세워 미지의 계자전류만 남기면 된다.

암기 포인트

자기포화 무시 타여자 직류발전기는 $E \propto nI_f$이다. 속도가 절반이면 같은 전압을 위해 계자전류는 기본적으로 두 배가 필요하고, 전압 비까지 곱해 최종값을 정한다.

NoteBase

문 15. 4극, 60 [Hz], 3상 권선형 유도전동기가 1,710 [rpm]으로 회전하고 있다. 토크를 일정하게 유지하면서 회전속도를 1,260 [rpm]으로 낮추기 위해 추가해야 할 외부저항은 회전자저항의 몇 배인가?

① 1

② 3

③ 5

④ 7

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 권선형 유도전동기의 2차 저항 제어에서 같은 토크를 유지할 때 slip이 전체 회전자저항에 비례한다는 관계로 추가 외부저항의 배수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 4극, 60 [Hz], 초기 속도 1,710 [rpm], 변경 속도 1,260 [rpm]이다.
구해야 할 값: 추가해야 할 외부저항이 회전자저항의 몇 배인지이다.
주의할 조건: 동기속도를 먼저 구한 뒤 slip 비로 전체 회전자저항 비를 구하고, 마지막에 기존 회전자저항을 빼서 추가 외부저항만 계산해야 한다.

사용할 공식

동기속도는 $N_s = \frac{120f}{P}$이다. 같은 토크를 유지하는 권선형 유도전동기의 2차 저항 제어에서는 $s \propto R_{2,\,\text{total}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 주파수와 극수가 일정하므로 동기속도는 일정하고, 토크를 같게 유지한 상태에서 속도만 낮추는 것은 slip 증가를 뜻하므로 필요한 전체 회전자저항 비를 slip 비로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 동기속도는 $N_s = \frac{120 \times 60}{4} = 1800\text{rpm}$이다.
2. 초기 slip은 $s_1 = \frac{1800 - 1710}{1800} = 0.05$이다.
3. 변경 후 slip은 $s_2 = \frac{1800 - 1260}{1800} = 0.30$이다.
4. 같은 토크이므로 전체 회전자저항 비는 $\frac{R_{2,\,\text{total}}}{R_2} = \frac{s_2}{s_1} = \frac{0.30}{0.05} = 6$이다.
5. 따라서 전체 저항은 원래 회전자저항의 6배가 되어야 하므로 추가 외부저항은 $(6-1)R_2 = 5R_2$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 추가 외부저항은 회전자저항의 1배가 아니다. 계산 결과 필요한 추가 외부저항은 $5R_2$이다. 틀린 표현은 '1배'이고, 올바르게는 '5배'이다.
② X: 3배가 아니다. slip 비 6은 전체 회전자저항의 비이고, 추가 외부저항은 여기서 기존 R_2를 한 번 빼야 하므로 $5R_2$가 된다. 틀린 표현은 '3배'이고, 올바르게는 '5배'이다.
③ O: 추가 외부저항은 회전자저항의 5배이다. 동기속도 1800 [rpm]에서 slip이 0.05에서 0.30으로 6배가 되므로 전체 회전자저항도 6배가 되어야 하고, 추가분은 $6R_2 - R_2 = 5R_2$이다.
④ X: 7배가 아니다. 이 값은 전체 저항과 추가 저항을 혼동하거나 계산 마지막 단계에서 기존 R_2를 잘못 처리할 때 나오는 오답이다. 틀린 표현은 '7배'이고, 올바르게는 '5배'이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 '전체 회전자저항 비'와 '추가 외부저항 비'를 구분하지 않는 데 있다. slip 비가 6이므로 필요한 전체 저항은 6배이지만, 문제는 추가해야 할 외부저항을 묻고 있으므로 기존 회전자저항 1배를 제외한 5배로 정리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

권선형 유도전동기 속도제어에서 토크 일정, 주파수 일정 조건이 보이면 먼저 동기속도를 구하고 slip을 계산한다. 그다음 같은 토크에서 $s \propto R_{2,\,\mathrm{total}}$를 적용해 전체 저항 비를 구한 뒤, 문제가 추가저항을 묻는지 전체저항을 묻는지 마지막에 한 번 더 확인한다.

암기 포인트

권선형 유도전동기 저항제어는 토크 일정이면 'slip 비 = 전체 회전자저항 비'로 정리하고, 추가저항은 마지막에 기존 R_2를 뺀 값이다.

NoteBase

문 16. 3상 유도전동기의 슬립이 0.05, 회전자속도가 190[rad/s], 회전자동손이 400[W]일 때, 유기토크 $T_e[N \cdot m]$는?

① 40

② 50

③ 80

④ 100

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 유도전동기의 슬립과 회전자 동손의 관계를 이용해 유기토크를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 슬립 $s = 0.05$, 회전자속도 $\omega_r = 190\text{rad/s}$, 회전자 동손 $P_{cu} = 400\text{W}$이다.
구해야 할 값: 유기토크 T_e이다.
주의할 조건: 회전자 동손은 회전자 입력의 일부이고, 유기토크는 동기각속도 ω_s를 기준으로 연결된다.

사용할 공식

$P_{cu} = sP_2, \quad P_2 = T_e\omega_s, \quad \omega_s = \frac{\omega_r}{1-s}$
이 공식을 쓰는 이유: 회전자 동손은 회전자 입력 P_2의 슬립 비율이고, 유기토크는 회전자 입력을 동기각속도로 나눈 값이기 때문이다.

계산 과정

1. 동기각속도는 $\omega_s = \frac{190}{1-0.05} = 200\text{rad/s}$이다.
2. 회전자 입력은 $P_2 = \frac{P_{cu}}{s} = \frac{400}{0.05} = 8000\text{W}$이다.
3. 따라서 유기토크는 $T_e = \frac{P_2}{\omega_s} = \frac{8000}{200} = 40\text{N} \cdot \text{m}$이다.
4. 같은 내용을 한 번에 쓰면 $P_{cu} = \frac{s}{1-s}\omega_r T_e = \frac{0.05}{0.95} \times 190 \times T_e = 10T_e$이므로 $T_e = 40\text{N} \cdot \text{m}$이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산 결과가 40N · m이므로 맞다.
② X: 50N · m이면 $P_{cu} = 10T_e = 500\text{W}$가 되어 주어진 400 W와 맞지 않는다. 틀린 표현은 `50`이고, 올바르게는 `40 N·m`이다.
③ X: 80N · m이면 $P_{cu} = 10T_e = 800\text{W}$가 되어 주어진 조건보다 두 배 크다. 틀린 표현은 `80`이고, 올바르게는 `40 N·m`이다.
④ X: 100N · m이면 $P_{cu} = 10T_e = 1000\text{W}$가 되어 슬립과 동손 관계를 만족하지 않는다. 틀린 표현은 `100`이고, 올바르게는 `40 N·m`이다.
계산 결과 40N · m이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

회전자 동손 400 W를 바로 $T_e\omega_r$에 대응시키면 틀린다. 동손은 회전자 입력의 s배이고, 유기토크는 ω_r가 아니라 ω_s 또는 $\frac{s}{1-s}\omega_r$ 관계로 묶인다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

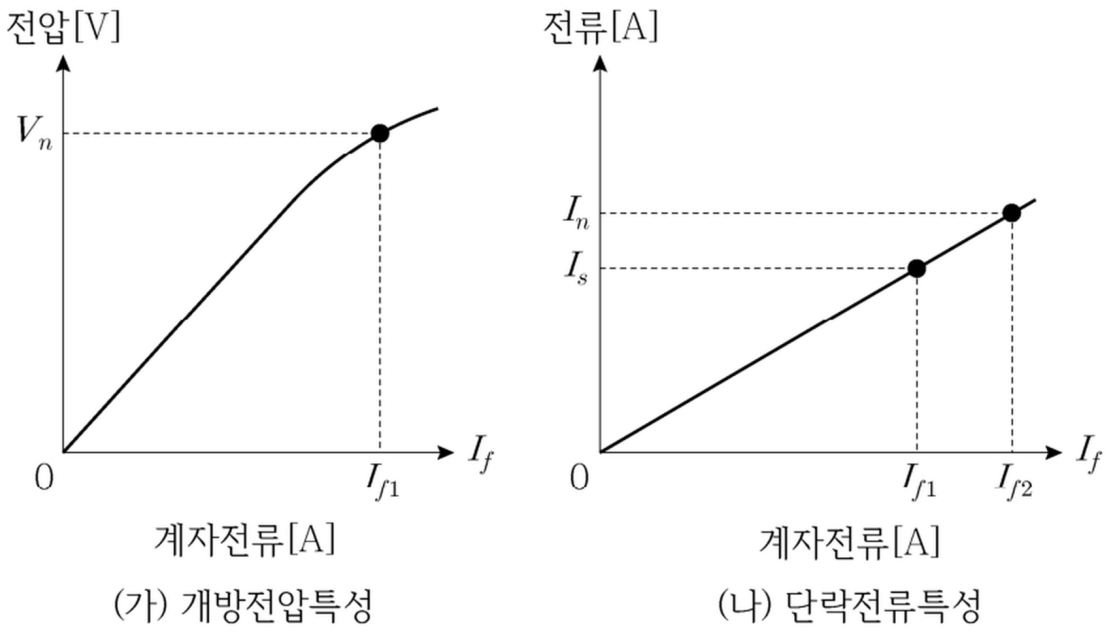
유도전동기 토크 계산은 `슬립으로 동기속도 환산 -> 동손에서 회전자 입력 복원 -> $T_e = P_2/\omega_s$` 순서로 판단한다.

암기 포인트

유도전동기에서는 `회전자 동손 = $sP_2$`, `유기토크 = $P_2/\omega_s$`로 연결된다.

NoteBase

문 17. 정격출력 50 [MVA], 정격전압 V_n이 10 [kV]인 3상 Y결선 동기발전기가 있다. 개방전압 및 단락전류특성이 그림과 같을 때, 단위법으로 표시한 상당 동기임피던스[pu]는? (단, 단락전류 I_s는 2,000 [A]이며 I_n은 정격전류이다)



① 1.1
② $\frac{2.5}{\sqrt{3}}$
③ 2.5
④ $2.5\sqrt{3}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 개방특성과 단락특성에서 같은 계자전류일 때의 전압과 전류를 이용해 상당 동기임피던스를 단위법으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 정격용량 50 MVA, 정격전압 10 kV, 3상 Y결선, 같은 계자전류 I_{f1}에서 개방전압은 V_n, 단락전류는 2,000 A이다.
구해야 할 값은 상당 동기임피던스의 per-unit 값이다.
주의할 조건은 정격전류를 3상 기준으로 구해야 하므로 $\sqrt{3}$가 반드시 들어간다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

정격전류는 $I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}V_n}$ 이다.
같은 계자전류에서 개방전압이 정격전압이면 $E = 1pu$ 이고, 상당 동기임피던스는 $Z_s(pu) = \frac{E(pu)}{I_s(pu)} = \frac{1}{I_s/I_n} = \frac{I_n}{I_s}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 개방특성의 I_{f1}와 단락특성의 I_{f1}가 대응되므로 같은 여자조건에서의 내부기전력과 단락전류의 비가 동기임피던스가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 정격전류를 구하면 $I_n = \frac{50 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 10 \times 10^3} = \frac{5000}{\sqrt{3}} \approx 2886.75A$ 이다.
2. I_{f1}에서 개방전압은 정격전압이므로 $E = 1pu$ 이다.
3. 단락전류의 per-unit 값은 $I_s(pu) = \frac{2000}{2886.75} = \frac{2\sqrt{3}}{5}$ 이다.
4. 따라서 상당 동기임피던스는 $Z_s(pu) = \frac{1}{2\sqrt{3}/5} = \frac{5}{2\sqrt{3}} = \frac{2.5}{\sqrt{3}}$ 이다.

선지 판단

① X
값 자체가 작다. 같은 I_{f1}에서의 단락전류 2,000 A와 정격전류 $2886.75A$를 쓰면
$Z_s(pu) = 2886.75/2000 \approx 1.443$ 이므로 1.1 pu가 아니다. 틀린 수치이며 올바르게는 $\frac{2.5}{\sqrt{3}}pu$ 이다.

② O
정격전류를 정확히 구한 뒤 $Z_s(pu) = I_n/I_s$ 를 적용하면 $\frac{5000/\sqrt{3}}{2000} = \frac{2.5}{\sqrt{3}}$ 이므로 맞는 값이다.

③ X
이 값은 3상 정격전류 공식의 $\sqrt{3}$를 빠뜨리면 나오는 오답이다. I_n을 $50 \times 10^6/10 \times 10^3 = 5000A$로 잘못 두면 2.5가 되지만, 올바른 정격전류는 $5000/\sqrt{3}A$ 이다. 틀린 수치이며 올바르게는 $\frac{2.5}{\sqrt{3}}pu$ 이다.

④ X
이 값은 선간값과 상값의 $\sqrt{3}$ 관계를 반대로 적용한 오답이다. Y결선 3상기에서는 정격전류 계산이나 상전압 환산에서 $\sqrt{3}$를 곱할지 나눌지 구분해야 한다. 틀린 수치이며 올바르게는 $\frac{2.5}{\sqrt{3}}pu$ 이다.

오답 포인트

그래프가 두 개라서 복잡해 보여도 핵심은 같은 I_{f1}를 대응시키는 것이다. 가장 흔한 실수는 3상 정격전류 식의 $\sqrt{3}$를 빼먹거나, Y결선에서 선간전압과 상전압의 관계를 거꾸로 적용하는 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

동기임피던스 문제는 먼저 같은 계자전류에서 개방전압과 단락전류를 대응시키고, 그다음 정격전류를 3상식으로 구해 per-unit 전류를 만든 뒤 $Z(pu) = E(pu)/I(pu)$로 정리하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

같은 계자전류에서 개방전압은 내부기전력, 단락전류와의 비는 동기임피던스이다. 3상 정격전류는 $S/(\sqrt{3}V)$ 이다.

NoteBase

문 18. 2 [kVA], 60 [Hz] 단상변압기에서 정격전압을 인가한 개방시험 전력은 46 [W]이고, 정격전류가 흐르도록 조정한 단락시험 전력은 100 [W]이다. 이 변압기가 부하율 20 [%]로 운전 중이고, 측정한 효율이 80 [%]일 때, 역률은? (단, 유전체손은 무시한다)

① 0.5

② 0.6

③ 0.7

④ 0.8

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 철손과 동손을 구분하고, 부하율 20%에서의 총손실과 효율식을 이용해 유효출력을 구한 뒤 역률을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 정격용량 2 kVA, 개방시험 전력 46 W, 단락시험 전력 100 W, 부하율 20 %, 효율 80 %이다.
구해야 할 값: 운전 중 역률이다.
주의할 조건: 유전체손은 무시하므로 개방시험 전력은 철손으로 보고, 단락시험 전력은 정격전류 기준 전부하 동손으로 본다. 동손은 부하율의 제곱에 비례한다.

사용할 공식

$P_i = 46W, \quad P_c = x^2 P_{c,FL}, \quad \eta = \frac{P_2}{P_2 + P_i + P_c}, \quad \cos\phi = \frac{P_2}{S_2}$
이 공식을 쓰는 이유: 개방시험 전력은 철손 P_i, 단락시험 전력은 전부하 동손 $P_{c,FL}$이므로 먼저 실제 운전점의 손실을 구해야 한다. 그다음 효율식으로 유효출력 P_2를 구하고, 정격용량과 부하율로 구한 피상전력 S_2로 나누면 역률이 나온다.

계산 과정

1. 철손은 일정하므로 $P_i = 46W$이다. 전부하 동손은 $P_{c,FL} = 100W$이다.
2. 부하율이 $x = 0.2$이므로 동손은 $P_c = (0.2)^2 \times 100 = 4W$이다.
3. 총손실은 $46 + 4 = 50W$이다.
4. 효율이 80%이므로 $0.8 = \frac{P_2}{P_2 + 50}$이다. 따라서 $0.8P_2 + 40 = P_2$, $P_2 = 200W$이다.
5. 부하율 20%에서 피상전력은 $S_2 = 0.2 \times 2kVA = 0.4kVA = 400VA$이다.
6. 따라서 역률은 $\cos\phi = \frac{200}{400} = 0.5$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과 역률은 0.5이므로 맞는 수치이다.
② X: 0.6이면 유효출력은 $400 \times 0.6 = 240W$가 된다. 이때 효율은 $\frac{240}{240+50} \approx 82.8\%$가 되어 조건의 80 %와 맞지 않는다. 틀린 수치 판단이며, 올바르게는 역률이 0.5이다.
③ X: 0.7이면 유효출력은 $280W$이고 효율은 $\frac{280}{280+50} \approx 84.8\%$가 된다. 역시 조건과 모순된다. 틀린 수치 판단이며, 올바르게는 역률이 0.5이다.
④ X: 0.8이면 유효출력은 $320W$이고 효율은 $\frac{320}{320+50} \approx 86.5\%$가 된다. 효율 80 %를 그대로 역률로 착각한 값에 가깝다. 틀린 수치 판단이며, 올바르게는 역률이 0.5이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 단락시험 전력 100 W를 부하율 20 %에 비례시켜 20 W로 두는 것이다. 동손은 전류의 제곱에 비례하므로 $(0.2)^2$를 곱해야 한다. 또 효율과 역률은 서로 다른 개념이므로 효율 80 %를 그대로 역률 0.8로 두면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

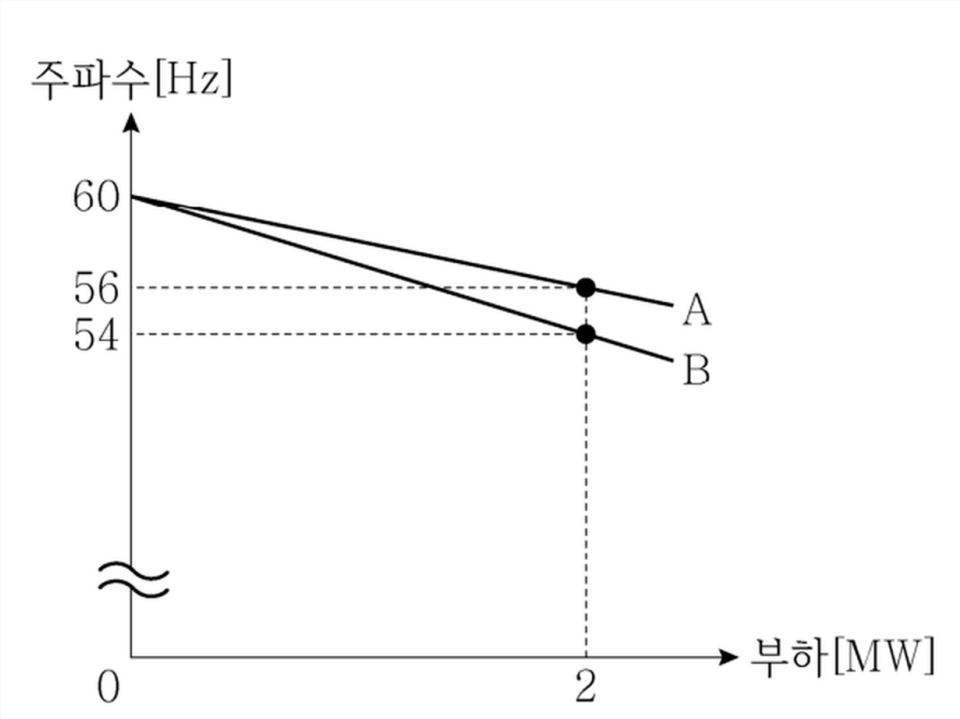
변압기 효율 문제는 먼저 개방시험값에서 철손, 단락시험값에서 전부하 동손을 분리한다. 그다음 실제 부하율에서 동손을 x^2로 환산하고, 효율식으로 유효출력을 구한 뒤 피상전력으로 나누어 역률을 판단한다.

암기 포인트

변압기 손실 문제는 철손은 일정, 동손은 x^2, 역률은 P/S라는 세 줄로 정리된다.

NoteBase

문 19. 병렬운전하고 있는 동기발전기 A와 B의 부하-주파수 특성은 그림과 같고, 부하 2.5 [MW]를 부담하고 있다. 이때 동작주파수[Hz]와 동기발전기 A가 분담하는 부하[MW]를 바르게 연결한 것은? (단, 부하-주파수 특성은 선형이다)



① 동작주파수: 57, 부하: 1

② 동작주파수: 57, 부하: 1.5

③ 동작주파수: 58.5, 부하: 1

④ 동작주파수: 58.5, 부하: 1.5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 병렬운전 중인 두 동기발전기의 부하-주파수 직선에서 각 발전기의 드룹을 읽고, 공통 주파수와 분담 부하를 연립해 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A의 특성은 부하 0 MW에서 60 Hz, 2 MW에서 56 Hz이다. B의 특성은 부하 0 MW에서 60 Hz, 2 MW에서 54 Hz이다. 전체 부하는 2.5 MW이다.
구해야 할 값: 동작주파수와 발전기 A의 분담 부하이다.
주의할 조건: 병렬운전이므로 두 발전기의 실제 동작주파수는 서로 같고, 각 부하-주파수 특성은 선형이다.

NoteBase

사용할 공식

A의 부하-주파수식은 $f = 60 - 2P_A$, B의 부하-주파수식은 $f = 60 - 3P_B$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 그래프가 각각 두 점 $(0, 60)$, $(2, 56)$ 및 $(0, 60)$, $(2, 54)$를 지나는 직선이므로 기울기를 이용해 각 발전기의 주파수-부하 관계식을 세울 수 있다.

계산 과정

1. A의 기울기는 $(60 - 56)/2 = 2$ Hz/MW이므로 $f = 60 - 2P_A$이다.
2. B의 기울기는 $(60 - 54)/2 = 3$ Hz/MW이므로 $f = 60 - 3P_B$이다.
3. 병렬운전에서는 $f_A = f_B$이므로 $60 - 2P_A = 60 - 3P_B$, 따라서 $2P_A = 3P_B$이다.
4. 전체 부하가 2.5 MW이므로 $P_A + P_B = 2.5$이다.
5. $P_A = 1.5P_B$를 대입하면 $1.5P_B + P_B = 2.5$, 즉 $2.5P_B = 2.5$이므로 $P_B = 1$ MW, $P_A = 1.5$ MW이다.
6. 동작주파수는 $f = 60 - 2 \times 1.5 = 57$ Hz이다. 따라서 동작주파수는 57 Hz이고 A의 분담 부하는 1.5 MW이다.

선지별 해설

① X: 동작주파수 57 Hz는 맞지만 A의 분담 부하가 1 MW라는 부분이 틀리다. 병렬조건을 적용하면 $2P_A = 3P_B$이므로 $P_A : P_B = 3 : 2$이고, 전체 2.5 MW를 나누면 A는 1.5 MW를 분담한다. 틀린 표현은 "A가 1 MW 분담"이고, 올바르게는 "A가 1.5 MW 분담"이다.
② O: 병렬운전에서는 두 발전기의 동작주파수가 같아야 하고, 그래프에서 얻은 직선식을 연립하면 $P_A = 1.5$ MW, $f = 57$ Hz가 된다. 두 값이 모두 맞으므로 옳다.
③ X: 동작주파수 58.5 Hz와 A의 분담 부하 1 MW가 모두 틀리다. 같은 주파수 조건을 두 발전기에 동시에 적용하지 않고 그래프의 기울기를 잘못 읽으면 이런 오답이 나온다. 올바르게는 "동작주파수는 57 Hz이고 A의 분담 부하는 1.5 MW"이다.
④ X: A의 분담 부하 1.5 MW는 맞지만 동작주파수 58.5 Hz가 틀리다. A가 1.5 MW를 분담하면 A의 특성식에서 $f = 60 - 2 \times 1.5 = 57$ Hz가 되어야 한다. 틀린 표현은 "동작주파수 58.5 Hz"이고, 올바르게는 "동작주파수 57 Hz"이다.

오답 포인트

병렬운전 문제에서 가장 흔한 실수는 각 발전기의 주파수를 따로 계산하는 것이다. 이 문제는 두 발전기의 주파수가 반드시 같다는 조건을 먼저 세운 뒤, 전체 부하 합 조건을 함께 써야 한다. ①과 ④는 값 하나만 맞는 선지라서 계산을 끝까지 하지 않으면 쉽게 흔들린다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬운전 부하분담 문제는 각 발전기의 부하-주파수 직선식을 먼저 세우고, 그다음 공통 주파수 조건 $f_A = f_B$와 총부하 조건 $P_A + P_B = P_{total}$를 연립해 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

병렬운전 부하분담은 "공통 주파수 같음 + 총부하 합 일정"의 두 식으로 정리된다.

NoteBase

문 20. 2극, 380 [V], 60 [Hz] 정격의 3상 유도전동기를 축출력 100 [kW]로 정격운전 중일 때 회전자동손은 6 [kW], 기계손은 2 [kW]이다. 이때 회전속도[rpm]는? (단, 표유부하손은 무시한다)

① 3,400

② 3,450

③ 3,500

④ 3,550

정답 1번

출제 포인트

유도전동기의 동기속도와 슬립 s=(P_2차동손)/(P_2)를 이용해 실제 회전속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 2극, 60 Hz, 축출력 100 kW, 회전자동손 6 kW, 기계손 2 kW이다.
구해야 할 값: 회전속도 n이다.
주의할 조건: 표유부하손은 무시하므로 축출력에 기계손을 더해 기계적으로 발생한 출력 P_m를 구하고, 다시 회전자동손을 더해 공극전력 P_2를 구한다.

사용할 공식

동기속도는 $n_s = \frac{120f}{P}$이다.
슬립은 s=(P_2차동손)/(P_2)이다.
회전속도는 $n = (1 - s)n_s$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 회전자동손이 직접 주어졌으므로 슬립을 전력비로 구할 수 있고, 2극 60 Hz 조건으로 동기속도를 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 동기속도는 $n_s = \frac{120 \times 60}{2} = 3600rpm$이다.
2. 기계적으로 발생한 출력은 축출력에 기계손을 더한 값이므로 $P_m = 100 + 2 = 102kW$이다.
3. 공극전력은 P_2=P_m+P_2차동손=102+6=108 kW이다.
4. 슬립은 $s = \frac{6}{108} = \frac{1}{18}$이다.
5. 따라서 회전속도는 $n = (1 - \frac{1}{18}) \times 3600 = 3400rpm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- 계산 결과가 3400rpm이므로 맞다. 동기속도 3600rpm에서 슬립에 따른 속도강하 200rpm을 뺀 값이다.

② X

- `3,450 rpm`은 실제 계산값과 다르다. 올바르게는 `3,400 rpm`이다.
- 이 값은 동기속도에서 속도강하를 150rpm만 뺀 경우에 해당하나, 실제 슬립은 $\frac{1}{18}$이므로 속도강하는 200rpm이어야 한다.

③ X

- `3,500 rpm`은 실제 계산값과 다르다. 올바르게는 `3,400 rpm`이다.
- 이 값은 슬립을 지나치게 작게 본 값이다. 회전자동손 6kW는 공극전력 108kW 대비 약 5.56%이므로 속도강하가 100rpm에 그치지 않는다.

④ X

- `3,550 rpm`은 실제 계산값과 다르다. 올바르게는 `3,400 rpm`이다.
- 이 값은 슬립을 거의 반영하지 않은 값이다. 회전자동손이 주어진 정격운전 상태에서는 동기속도보다 200rpm 낮은 값이 되어야 한다.

오답 포인트

축출력 100 kW를 바로 공극전력으로 두면 안 된다는 점이 함정이다. 먼저 기계손 2 kW를 더해 P_m를 만들고, 여기에 회전자동손 6 kW를 더해 P_2를 구해야 슬립이 맞게 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

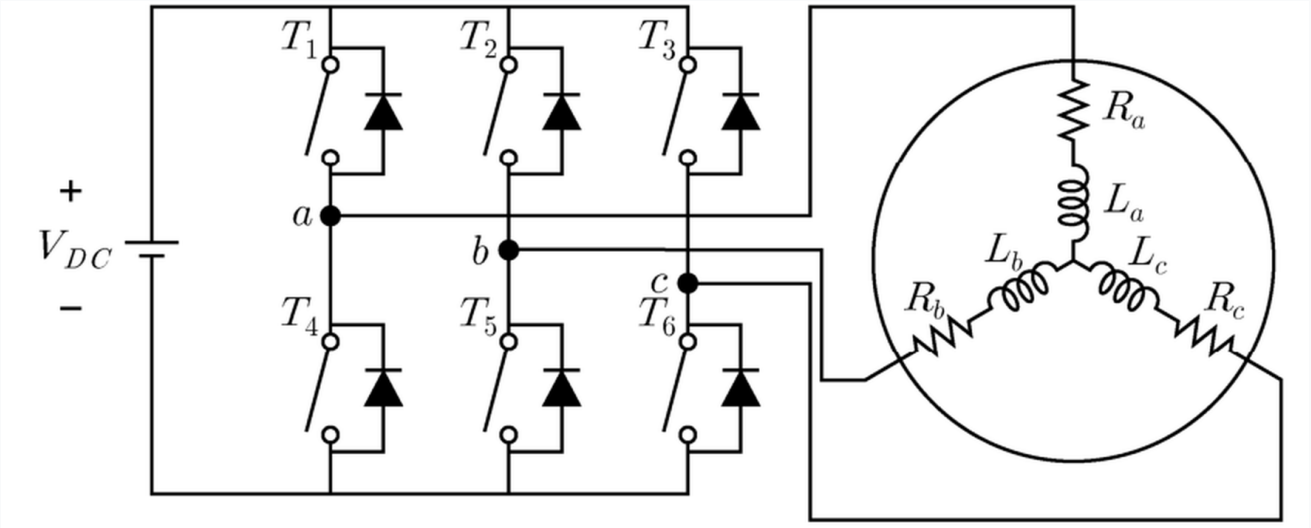
유도전동기 속도 계산은 `축출력 -> 기계손 가산 -> 회전자동손 가산 -> 슬립 계산 -> 동기속도 반영` 순서로 판단한다. 손실이 어느 단계의 전력에 붙는지만 구분하면 정답 수치가 바로 정리된다.

암기 포인트

유도전동기에서는 s=(2차동손)/(공극전력)이고, 회전속도는 $n = (1 - s)n_s$이다.

NoteBase

문 21. 그림과 같은 회로를 이용하여 브러시리스 직류전동기(BLDC)를 120°통전방식으로 제어하고자 한다. 홀센서를 통해 역기전력의 최대값이 b상, 역기전력의 최소값이 c상에서 측정되었을 때, 도통시켜야 할 스위치는?



① T_1, T_6

② T_2, T_6

③ T_3, T_4

④ T_3, T_5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 BLDC 120° 통전에서 역기전력이 가장 큰 상에는 +전류를, 가장 작은 상에는 -전류를 흘리도록 상단·하단 스위치를 선택하는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- T_1, T_6는 a상을 +버스, c상을 -버스에 연결한 조합이다.
- 최대 역기전력 상이 b상인데 +전류를 a상에 흘리므로 조건과 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 +측 도통 상을 a상으로 잡은 점이다. 올바르게는 b상 상단과 c상 하단, 즉 T_2, T_6을 도통시킨다.

② O
- T_2, T_6는 b상을 +버스, c상을 -버스에 연결한다.
- 역기전력 최대상 b에 +전류, 최소상 c에 -전류를 흘리므로 120° 통전의 해당 구간과 일치한다.
- 따라서 정답 조합은 T_2, T_6이다.

③ X
- T_3, T_4는 c상을 +버스, a상을 -버스에 연결한다.
- c상은 역기전력 최소상이므로 -측으로 연결되어야 하는데 +측으로 연결되어 극성이 반대이다.
- 틀린 표현은 c상을 +측으로 도통한 점이다. 올바르게는 b상을 +, c상을 -로 연결해야 하므로 T_2, T_6이다.

④ X
- T_3, T_5는 c상을 +버스, b상을 -버스에 연결한다.
- 필요한 조합은 b상 +, c상 -인데 이 선택지는 두 상의 극성을 완전히 뒤집은 조합이다.
- 틀린 표현은 b상과 c상의 전류 방향이다. 올바르게는 $i_b > 0$, $i_c < 0$가 되도록 T_2, T_6을 선택한다.

오답 포인트

최대상과 최소상을 상번호만으로 외우면 극성을 놓치기 쉽다. ③, ④는 c상이 포함되어 있어 그럴듯하지만 c상은 역기전력 최소상이므로 반드시 하단 스위치 쪽에 붙어야 한다. ①은 c상 하단은 맞지만 +측 상을 a상으로 잘못 고르게 만든 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

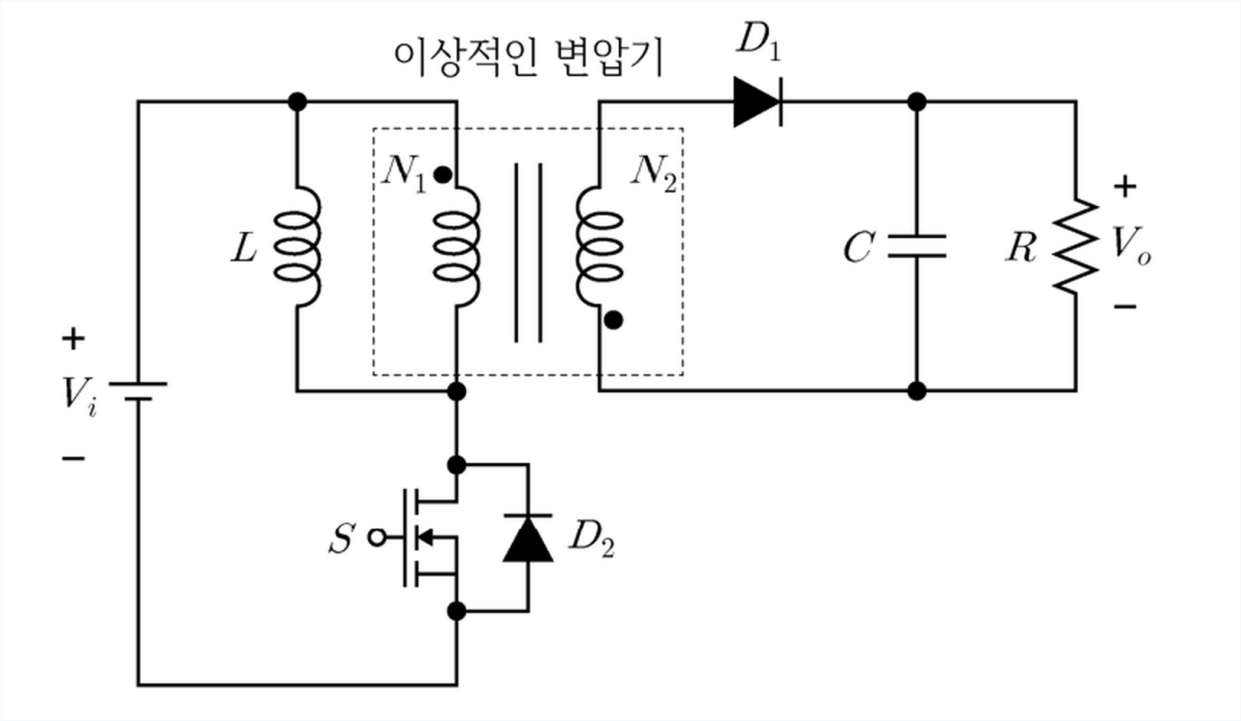
BLDC 120° 통전은 항상 두 상만 도통한다. 역기전력 최대상은 상단 스위치로 +버스에, 최소상은 하단 스위치로 -버스에, 나머지 한 상은 개방으로 두는 순서로 판단한다.

암기 포인트

BLDC 120° 통전은 최대 역기전력 상이 +, 최소 역기전력 상이 -가 된다고 정리하면 된다.

NoteBase

문 22. 그림과 같은 플라이백 컨버터(Flyback Converter)에서 전압전달비 $G_V = \frac{1}{4}$로 동작하기 위한 변압기의 1차측 권선수 N_1, 2차측 권선수 N_2, 듀티비 $D = \frac{T_{on}}{T}$이 바르게 연결된 것은? (단, 모든 소자는 이상적이고, $G_V = \frac{V_o}{V_i}$, 회로는 정상상태, L에 흐르는 전류는 연속이며, T는 스위칭 주기, T_{on}은 스위치의 턴온시간이다)



① N_1: 10, N_2: 40, D: $\frac{1}{2}$

② N_1: 10, N_2: 20, D: $\frac{1}{4}$

③ N_1: 20, N_2: 10, D: $\frac{1}{4}$

④ N_1: 40, N_2: 10, D: $\frac{1}{2}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 연속전류모드 플라이백 컨버터의 전압전달비 $G_V = \frac{N_2}{N_1}\frac{D}{1-D}$를 적용해 권선비와 듀티비의 조합을 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $G_V = V_o/V_i = 1/4$이다.
회로는 정상상태이고 L 전류는 연속이다.
모든 소자가 이상적이므로 스위치와 다이오드의 전압강하는 무시한다.

NoteBase

사용할 공식

공식은 $G_V = \frac{V_o}{V_i} = \frac{N_2}{N_1}\frac{D}{1-D}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 CCM 플라이백에서 자화인덕턴스 전압의 볼트초 평형이 성립하여 온구간에는 $v_L = V_i$, 오프구간에는 $v_L = -\frac{N_1}{N_2}V_o$가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 각 선지에 대해 먼저 권선비 N_2/N_1와 듀티항 $D/(1-D)$를 계산한다.
2. 4번은 $N_2/N_1 = 10/40 = 1/4$, $D/(1-D) = (1/2)/(1/2) = 1$이다.
3. 따라서 $G_V = (1/4) \times 1 = 1/4$이므로 조건을 정확히 만족한다.

선지 판단

① X: $N_2/N_1 = 40/10 = 4$, $D/(1-D) = 1$이므로 $G_V = 4$이다. 틀린 표현은 이 조합이 1/4를 만든다고 본 점이다. 올바르게는 $D = 1/2$를 유지하면 $N_2/N_1 = 1/4$여야 하므로 $N_1 = 40$, $N_2 = 10$이어야 한다.
② X: $N_2/N_1 = 20/10 = 2$, $D/(1-D) = (1/4)/(3/4) = 1/3$이므로 $G_V = 2/3$이다. 틀린 표현은 권선비 2와 $D = 1/4$의 조합이 1/4를 만든다고 본 점이다. 올바르게는 이 권선비를 유지하면 $2 \cdot D/(1-D) = 1/4$가 되어야 하므로 $D = 1/9$이어야 한다.
③ X: $N_2/N_1 = 10/20 = 1/2$, $D/(1-D) = 1/3$이므로 $G_V = 1/6$이다. 틀린 표현은 권선비 1/2와 $D = 1/4$를 함께 두고 1/4가 된다고 본 점이다. 올바르게는 이 권선비를 유지하면 $(1/2) \cdot D/(1-D) = 1/4$가 되어야 하므로 $D = 1/3$이어야 한다.
④ O: $N_2/N_1 = 10/40 = 1/4$, $D/(1-D) = 1$이므로 $G_V = 1/4$이다. 권선비와 듀티비가 조건에 맞게 연결된 정답 조합이다.

오답 포인트

플라이백을 단순 변압기처럼 보고 $G_V = N_2/N_1$만 적용하거나, 벅 컨버터처럼 $G_V = (N_2/N_1)D$로 처리하면 틀린다. CCM 플라이백은 반드시 벅부스트형 듀티항 $D/(1-D)$까지 함께 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

플라이백 전달비 문제는 먼저 CCM 여부를 확인하고, 다음에 N_2/N_1와 $D/(1-D)$를 따로 구한 뒤 마지막에 곱해서 선지와 비교하면 된다.

암기 포인트

CCM 플라이백의 전압전달비는 권선비 N_2/N_1에 벅부스트형 듀티항 $D/(1-D)$가 곱해진 형태이다.

NoteBase

문 23. 5,000/200 [V], 10 [kVA]인 단상변압기의 2차측을 단락한 후 1차측에 300 [V]를 인가했을 때, 2차측 단락전류가 100 [A]이다. 이 변압기의 %임피던스 강하[%]는?

① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단락시험에서 정격전류가 흐를 때의 전압을 구한 뒤 %임피던스 강하를 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

정격전압은 1차 5,000 V, 2차 200 V이다.
정격용량은 10kVA이므로 2차 정격전류는 $10000/200 = 50A$이다.
1차에 300 V를 인가했을 때 2차 단락전류 100A가 흐르므로, 이는 2차 정격전류의 2배이다.

사용할 공식

%임피던스는 단락시험에서 정격전류를 흐르게 하는 전압의 비율이므로 $\%Z = \frac{V_{sc}}{V_{rated}} \times 100$이다.
여기서 300 V는 100A를 흐르게 하는 전압이고, %임피던스에는 정격전류 50A를 흐르게 하는 전압을 써야 하므로 먼저 전압을 정격전류 기준으로 환산한다.

계산 과정

단락전류와 인가전압은 비례하므로
$V_{sc,\,rated} = 300 \times \frac{50}{100} = 150V$
따라서 %임피던스는
$\%Z = \frac{150}{5000} \times 100 = 3\%$
계산 결과는 3%이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 2%가 아니라 3%이다. 정격전류 50A에 해당하는 단락전압은 150 V이므로 150/5000 × 100으로 계산해야 한다.
② O: 3%가 맞다. 100A가 정격전류 50A의 2배이므로 300 V를 절반으로 환산한 150 V를 사용하면 3%가 된다.
③ X: 4%가 아니라 3%이다. 단락전압을 정격전류 기준으로 환산하면 200 V가 아니라 150 V이므로 4%가 될 수 없다.
④ X: 5%가 아니라 3%이다. 1차 정격전압 5,000 V를 기준으로 계산한 값이 3%이며, 5%가 되려면 정격 단락전압이 250 V여야 한다.

오답 포인트

300 V를 그대로 %임피던스 공식에 넣으면 안 된다는 점이 함정이다. %임피던스는 정격전류가 흐를 때의 단락전압을 쓰는 값인데, 문제의 100A는 정격전류 50A보다 큰 전류이므로 먼저 정격 기준으로 비례 환산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 단락시험 문제는 먼저 정격전류를 구하고, 주어진 단락전류가 정격전류와 얼마나 다른지 확인한 뒤, 단락전압을 정격전류 기준으로 환산해서 %임피던스를 계산한다.

암기 포인트

%임피던스는 정격전류를 흐르게 하는 단락전압의 정격전압 대비 백분율이다.

NoteBase

문 24. 극수 16, 상당코일 권수가 100, 극당 자속이 $\frac{1}{\sqrt{2}\pi}$[Wb]인 3상 Y결선 동기발전기의 회전속도가 375 [rpm]이다. 이 발전기의 무부하 단자전압[kV]은? (단, 권선계수는 1.0이다)

① 5

② $5\sqrt{3}$

③ 7

④ $7\sqrt{3}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 3상 Y결선 동기발전기의 유기상전압을 구한 뒤 선간 단자전압으로 변환하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 극수 16, 상당코일 권수 100, 극당 자속 $\Phi = \frac{1}{\sqrt{2}\pi}$Wb, 회전속도 375 rpm, 권선계수 $k_w = 1.0$이다. 구해야 할 값은 무부하 단자전압이며 Y결선이므로 선간전압을 구해야 한다.

사용할 공식

주파수는 $f = \frac{PN}{120}$이고, 상당 유기기전력은 $E_\phi = 4.44 k_w f \Phi T$이다. Y결선 단자전압은 선간전압이므로 $V_L = \sqrt{3} E_\phi$를 쓴다. 무부하에서는 내부 전압강하를 무시하므로 유기상전압에서 바로 단자전압을 구할 수 있다.

계산 과정

1. 주파수는 $f = \frac{16 \times 375}{120} = 50$Hz이다.
2. 상당 유기기전력은 $E_\phi = 4.44 \times 1.0 \times 50 \times \frac{1}{\sqrt{2}\pi} \times 100 \approx 4996.8$V ≈ 5kV이다.
3. Y결선 선간 단자전압은 $V_L = \sqrt{3} \times 5 = 5\sqrt{3}$kV이다.

NoteBase

선지 판단

① X

- 5 kV는 계산된 상당전압이다. 문제는 Y결선 발전기의 단자전압, 즉 선간전압을 묻고 있으므로 틀린 값이다. 틀린 값 5 → 올바르게는 선간 단자전압은 $5\sqrt{3}\,\mathrm{kV}$이다.

② O

- 상당전압이 5 kV이고 Y결선 선간전압은 $\sqrt{3}$배이므로 $5\sqrt{3}\,\mathrm{kV}$가 맞다.

③ X

- 7 kV는 주어진 조건으로 계산되는 상당전압이나 선간전압과 모두 일치하지 않는다. 틀린 값 7 → 올바르게는 선간 단자전압은 $5\sqrt{3}\,\mathrm{kV}$이다.

④ X

- $7\sqrt{3}\,\mathrm{kV}$가 되려면 상당전압이 7 kV여야 하지만 실제 상당전압은 5 kV이다. 틀린 값 $7\sqrt{3}$ → 올바르게는 선간 단자전압은 $5\sqrt{3}\,\mathrm{kV}$이다.

오답 포인트

상당전압과 선간전압을 혼동하면 ①로 오답 처리된다. 또 주파수 $f = \frac{PN}{120}$ 계산을 빼먹거나 Y결선의 $\sqrt{3}$ 배수를 잘못 적용하면 ③, ④ 같은 값으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

동기발전기 계산형은 먼저 $f = \frac{PN}{120}$으로 주파수를 구하고, 다음에 $E_\phi = 4.44 k_w f \Phi T$로 상당전압을 계산한 뒤, 마지막에 결선이 Y인지 델타인지에 따라 단자전압으로 변환해서 판단한다.

암기 포인트

동기발전기 유기상전압은 $4.44 k_w f \Phi T$, Y결선 선간전압은 상당전압의 $\sqrt{3}$배이다.

NoteBase

문 25. 동일한 정격전압 3,000/200 [V]를 갖는 단상변압기 A, B가 병렬운전 중이다. 변압기 A의 정격용량은 400 [kVA], %임피던스가 4 [%]이고 변압기 B의 정격용량은 300 [kVA], %임피던스는 3 [%]이다. 각 변압기에 흐르는 전류가 동상이라고 할 때, 전류비($\frac{I_B}{I_A}$)는? (단, 여자전류는 무시한다)

① 0.8

② 0.9

③ 1.0

④ 1.2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 단상변압기 병렬운전에서 각 변압기의 부하분담 전류가 공통 기준전압으로 환산한 실제 임피던스의 역비로 정해진다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 A변압기 정격용량 400 kVA, %임피던스 4%, B변압기 정격용량 300 kVA, %임피던스 3%, 정격전압 3,000/200 V이다. 구해야 할 값은 전류비 I_B/I_A이다. 주의할 조건은 두 변압기의 정격전압이 같고 각 변압기 전류가 동상이라는 점이므로 순환전류 없이 부하전류가 임피던스에 따라 분담된다는 점이다.

사용할 공식

병렬운전 시 같은 단자전압이 걸리면 각 변압기 전류는 실제 등가임피던스의 역비로 나뉜다.

$$Z = \frac{Z\%}{100} \cdot \frac{V^2}{S}$$

따라서

$$\frac{I_B}{I_A} = \frac{Z_A}{Z_B}$$

이다. 이 공식을 쓰는 이유는 %임피던스만 바로 비교하면 안 되고, 반드시 같은 기준전압에서 실제 임피던스로 환산해야 병렬운전의 전류분담을 정확히 판단할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. A변압기의 2차측 실제 임피던스를 구하면
$Z_A = 0.04 \cdot \frac{200^2}{400 \times 10^3} = 0.004\Omega$
이다.
2. B변압기의 2차측 실제 임피던스를 구하면
$Z_B = 0.03 \cdot \frac{200^2}{300 \times 10^3} = 0.004\Omega$
이다.
3. 두 임피던스가 같으므로 전류분담도 같다.
$\frac{I_B}{I_A} = \frac{Z_A}{Z_B} = \frac{0.004}{0.004} = 1.0$
따라서 계산 결과는 1.0이다.

선지별 해설

① X
0.8이라고 본 부분이 틀리다. 병렬운전 전류비는 정격용량비만으로 정하지 않는다. 올바르게는 실제 환산임피던스가 같으므로 전류비는 1.0이다.

② X
0.9라고 본 부분이 틀리다. %임피던스와 정격용량을 실제 임피던스로 환산하지 않고 대략 비교하면 이런 오판이 나온다. 올바르게는 $Z_A = Z_B = 0.004\Omega$이므로 전류비는 1.0이다.

③ O
정답이다. 두 변압기의 실제 환산임피던스가 같으므로 병렬운전 시 부담 전류도 같고, 따라서 $I_B/I_A = 1.0$이다.

④ X
1.2라고 본 부분이 틀리다. %임피던스 수치 4와 3만 따로 비교하거나 한쪽 조건만 반영하면 잘못된 값이 나온다. 올바르게는 %임피던스를 용량과 전압 기준으로 환산한 실제 임피던스를 비교해야 하며, 그 결과 전류비는 1.0이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 %임피던스 숫자만 보고 4%와 3%를 직접 비교하거나, 400 kVA와 300 kVA의 용량비만 보고 전류비를 추정하는 데 있다. 병렬운전 전류분담은 반드시 같은 전압 기준의 실제 임피던스로 환산해서 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬운전 전류분담 문제는 먼저 각 변압기의 %임피던스를 $Z = (Z\%/100) \cdot (V^2/S)$로 환산한 뒤, 실제 임피던스가 같으면 전류도 같고, 다르면 전류는 그 임피던스의 역비로 나뉜다고 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

병렬운전 부하분담은 %임피던스 자체가 아니라 공통 기준으로 환산한 실제 임피던스의 역비로 결정된다.

NoteBase