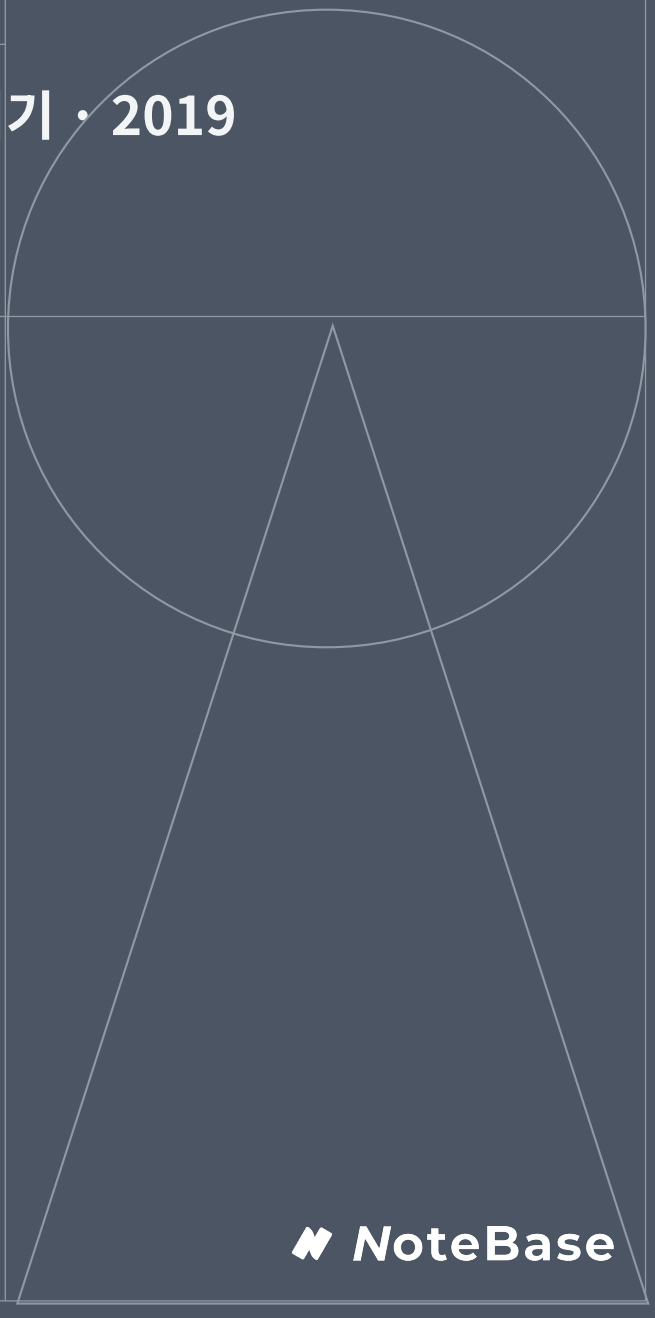
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전기기기 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전기기기 · 2019

공무원/국회직/9급 · 전기기기 · 2019

1. 직류기의 보극과 보상권선에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고르면?

<보 기>

ㄱ. 보극은 주자극의 중간에 위치한 소자극으로 정류를 개선한다.

ㄴ. 보상권선은 자극편에 전기자도체와 평행되게 슬롯을 파고 권선을 감아 넣어 전기자 전류와 같은 방향으로 전류를 흐르게 하여 계자 기자력을 상쇄시킨다.

ㄷ. 보상권선은 전기자 회로와 직렬로 접속되어 부하의 변화에 따른 전기자전류에 의한 기자력을 상쇄시킨다.

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄱ, ㄷ

④ ㄴ, ㄷ

⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 3번

출제 포인트

직류기의 보극과 보상권선이 정류 및 전기자 반작용을 어떻게 개선하는지, 특히 보상권선 전류의 방향을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

보극: 주자극 사이의 중간에 설치하는 작은 자극으로, 정류 구역의 리액턴스 전압과 전기자 반작용을 보상하여 정류를 개선한다.
보상권선: 주자극의 극면에 만든 슬롯에 전기자 도체와 평행하게 배치하고 전기자 회로와 직렬로 접속하는 권선이다. 전기자 도체와 반대 방향의 전류로 전기자 기자력을 상쇄하며, 부하전류에 따라 보상 작용도 함께 변한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ은 옳지만 ㄷ도 옳으므로 'ㄱ만 옳다'는 조합이 틀리다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

② X
ㄴ의 '전기자 전류와 같은 방향으로 전류를 흐르게 한다'는 표현이 틀리다. 보상권선에는 전기자 도체와 반대 방향의 전류가 흘러 전기자 기자력을 상쇄한다. 또한 ㄱ과 ㄷ도 옳으므로 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

③ O
ㄱ의 보극은 주자극 사이에 설치되어 정류를 개선하고, ㄷ의 보상권선은 전기자 회로와 직렬로 접속되어 부하 변화에 따른 전기자 기자력을 상쇄한다. 따라서 ㄱ, ㄷ이 모두 옳다.

④ X
ㄴ을 포함하고 ㄱ을 제외한 조합이 틀리다. ㄴ의 전류 방향은 '같은 방향'이 아니라 전기자 도체와 반대 방향이며, 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

⑤ X
ㄴ을 옳은 설명으로 포함한 것이 틀리다. ㄴ은 보상권선 전류의 방향을 반대로 서술했으므로, 올바른 조합은 ㄱ, ㄷ이다.

오답 포인트

ㄴ은 보상권선의 설치 위치와 직렬 접속이라는 특징은 맞게 제시하면서 전류 방향만 '같은 방향'으로 바꾸었다. 보상권선의 목적이 전기자 기자력의 상쇄이므로 두 전류가 만드는 기자력은 서로 반대가 되어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

보극은 '주자극 사이에서 정류 개선', 보상권선은 '극면 슬롯·전기자와 직렬·전기자 기자력 상쇄'로 판단한다. 상쇄가 목적이므로 보상권선 도체의 전류 방향은 대응하는 전기자 도체의 전류 방향과 반대이다.

암기 포인트

보극은 정류를 돕고, 보상권선은 전기자 반작용을 반대 기자력으로 상쇄한다.

NoteBase

2. 1차 정격전압 3,000[V], 권수비 30인 단상변압기가 전등 부하에 20[A]를 공급할 때, 1차 입력[kW]은? (단, 변압기는 이상변압기(ideal transformer)이다)

① 1.0
② 1.2
③ 1.6
④ 2.0
⑤ 2.4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 변압기의 권수비로 2차 전압을 구한 뒤, 이상변압기의 입력전력과 출력전력이 같다는 원리를 이용해 1차 입력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 1차 전압 $V_1 = 3{,}000V$, 권수비 $a = N_1/N_2 = 30$, 2차 전류 $I_2 = 20A$이다.
구해야 할 값: 1차 입력 P_1이다.
주의할 조건: 이상변압기이므로 손실이 없으며 $P_1 = P_2$이다.

사용할 공식

권수비와 전압비의 관계는 다음과 같다.
$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$
따라서 $V_2 = V_1/a$이다. 이상변압기는 입력전력과 출력전력이 같으므로 다음 식을 사용한다.
$P_1 = P_2 = V_2 I_2$
단상변압기이고 부하의 역률이 별도로 주어지지 않은 수치 계산이므로 제시된 전압과 전류의 곱으로 전력을 구한다.

계산 과정

1. 2차 전압을 구한다.
$V_2 = \frac{3{,}000}{30} = 100V$
2. 2차 출력전력을 구한다.
$P_2 = V_2 I_2 = 100 \times 20 = 2{,}000W$
3. 이상변압기이므로 1차 입력은 2차 출력과 같다.
$P_1 = P_2 = 2{,}000W = 2.0kW$

NoteBase

선지 판단

① X — 1.0kW는 계산 결과 2.0kW와 다르다. 틀린 값 1.0은 올바르게는 2.0이다.
② X — 1.2kW는 $V_2 = 100V$와 $I_2 = 20A$를 곱한 값이 아니다. 틀린 값 1.2는 올바르게는 2.0이다.
③ X — 1.6kW는 이상변압기의 출력 $100 \times 20 = 2{,}000W$와 다르다. 틀린 값 1.6은 올바르게는 2.0이다.
④ O — 계산 결과 1차 입력은 2.0kW이므로 맞다.
⑤ X — 2.4kW는 계산 결과보다 크다. 틀린 값 2.4는 올바르게는 2.0이다.

오답 포인트

권수비 30을 전력에 직접 곱하거나 나누면 오답이 된다. 먼저 권수비로 2차 전압 $100V$를 구하고, 그 전압에 2차 전류 $20A$를 곱해야 한다. 또한 이상변압기라는 조건 때문에 별도의 손실을 빼지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 입력 계산은 권수비로 반대편 전압 계산 → 전압과 전류로 출력 계산 → 이상변압기이면 입력과 출력 동일의 순서로 판단한다. 마지막에 W를 kW로 변환한다.

암기 포인트

이상변압기는 전압과 전류의 크기는 바꾸지만 전력은 보존하므로 $V_1 I_1 = V_2 I_2$이다.

NoteBase

3. 전기자 전류 104[A], 유도기전력 110.4[V]인 분권 직류발전기의 출력[kW]은? (단, 전기자저항 0.1[Ω], 계자저항 25[Ω], 전기자반작용과 브러시의 접촉저항 및 자기포화는 무시한다)

① 10.0
② 10.8
③ 11.0
④ 12.8
⑤ 13.2

정답 1번

출제 포인트

분권 직류발전기의 단자전압을 구한 뒤, 전기자전류에서 계자전류를 뺀 부하전류로 출력 전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전기자전류 $I_a = 104A$, 유도기전력 $E = 110.4V$, 전기자저항 $R_a = 0.1\Omega$, 계자저항 $R_f = 25\Omega$이다.
구해야 할 값: 부하에 공급되는 출력 P_{out}이다.
주의할 조건: 분권발전기에서는 $I_a = I_L + I_f$이므로 전기자전류 전체가 부하전류가 아니다. 브러시 접촉저항과 전기자반작용은 무시한다.

사용할 공식

단자전압은 $V = E - I_aR_a$, 계자전류는 $I_f = V/R_f$, 부하전류는 $I_L = I_a - I_f$이다. 발전기의 출력은 $P_{out} = VI_L$로 계산한다.
분권계자는 발전기 단자에 병렬로 연결되므로 단자전압으로 계자전류를 구하고, 전기자전류에서 이를 제외해야 실제 부하전류가 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 단자전압을 구한다.

$V = 110.4 - 104 \times 0.1 = 100V$

2. 계자전류를 구한다.

$I_f = \frac{100}{25} = 4A$

3. 부하전류를 구한다.

$I_L = 104 - 4 = 100A$

4. 부하 출력을 구한다.

$P_{out} = 100 \times 100 = 10{,}000W = 10.0kW$

선지 판단

① O — 계산된 부하 출력이 $10.0kW$이므로 옳다.

② X — $10.8kW$는 VI_L로 계산한 값과 일치하지 않는다. 올바른 출력은 $10.0kW$이다.

③ X — $11.0kW$는 단자전압 대신 유도기전력을 출력 계산에 사용하면 가까워지는 값이다. 부하 출력은 단자전압과 부하전류의 곱인 $10.0kW$이다.

④ X — $12.8kW$는 계산된 단자전압 $100V$와 부하전류 $100A$의 곱이 아니다. 올바른 출력은 $10.0kW$이다.

⑤ X — $13.2kW$도 VI_L의 계산 결과와 일치하지 않는다. 올바른 출력은 $10.0kW$이다.

오답 포인트

전기자전류 $104A$를 그대로 부하전류로 보아 $100 \times 104 = 10.4kW$로 계산하기 쉽다. 분권발전기에서는 전기자전류가 부하와 계자로 나뉘므로 계자전류 $4A$를 반드시 빼야 한다. 또한 출력에는 유도기전력 E가 아니라 부하 양단의 단자전압 V를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

분권발전기 출력 문제는 $V = E - I_a R_a$로 단자전압을 구하고, $I_f = V/R_f$, $I_L = I_a - I_f$를 차례로 계산한 뒤 $P_{out} = VI_L$를 적용한다.

암기 포인트

분권발전기는 $I_a = I_L + I_f$, 부하 출력은 VI_L이다.

NoteBase

4. 타여자 직류전동기에 단자전압 300[V]를 인가하고 무부하로 운전 중일 때의 속도가 1,500[rpm]이다. 단자전압을 일정하게 유지하면서 30[N·m]의 부하를 연결한 경우 속도가 1,000[rpm]일 때, 전기자에 흐르는 전류[A]는? (단, 전기자반작용 및 기계적 손실은 무시한다)

① 3π
② 4π
③ 5π
④ 6π
⑤ 8π

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 타여자 직류전동기의 역기전력이 속도에 비례한다는 관계와 전자기 변환 전력 $EI_a = T\omega$를 이용하여 전기자전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

무부하 단자전압: $V = 300V$
무부하 속도: $n_0 = 1{,}500rpm$
부하 토크: $T = 30N \cdot m$
부하 시 속도: $n = 1{,}000rpm$
구해야 할 값: 전기자전류 I_a
주의할 조건: 타여자 전동기이므로 자속은 일정하며, 전기자반작용과 기계적 손실을 무시한다.

사용할 공식

자속이 일정할 때 역기전력은 속도에 비례한다.
$\frac{E}{E_0} = \frac{n}{n_0}$
전기자에서 기계로 변환되는 전력은 다음과 같다.
$EI_a = T\omega, \qquad \omega = \frac{2\pi n}{60}$
무부하이고 기계적 손실을 무시하면 필요한 토크와 전기자전류가 0이므로 전기자 저항의 전압강하도 0이다.
따라서 무부하 역기전력은 $E_0 = V = 300V$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 부하 시 역기전력을 구한다.

$E = E_0 \frac{n}{n_0} = 300 \times \frac{1,000}{1,500} = 200V$

2. 회전속도를 각속도로 변환한다.

$\omega = \frac{2\pi \times 1,000}{60} = \frac{100\pi}{3} rad/s$

3. 전자기 변환 전력과 기계적 출력을 같게 놓는다.

$200 I_a = 30 \times \frac{100\pi}{3} = 1,000\pi$

따라서

$I_a = 5\pi A$

선지 판단

① X — $3\pi A$는 계산 결과 $5\pi A$와 다르다. 올바르게는 전기자전류가 $5\pi A$이다.

② X — $4\pi A$는 계산 결과 $5\pi A$와 다르다. 올바르게는 전기자전류가 $5\pi A$이다.

③ O — 역기전력 $200V$와 각속도 $100\pi/3 rad/s$를 $EI_a = T\omega$에 대입하면 $I_a = 5\pi A$가 된다.

④ X — $6\pi A$는 계산 결과 $5\pi A$와 다르다. 올바르게는 전기자전류가 $5\pi A$이다.

⑤ X — $8\pi A$는 계산 결과 $5\pi A$와 다르다. 올바르게는 전기자전류가 $5\pi A$이다.

오답 포인트

단자전압 $300V$를 부하 시 역기전력으로 그대로 사용하면 안 된다. 자속이 일정한 타여자 전동기에서는 역기전력이 속도에 비례하므로, 속도가 $1,500rpm$에서 $1,000rpm$으로 감소하면 역기전력도 $300V$에서 $200V$로 감소한다. 또한 rpm을 각속도로 바꿀 때 $\omega = 2\pi n/60$을 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

타여자 직류전동기의 자속이 일정하면 먼저 $E \propto n$으로 운전점의 역기전력을 구한다. 이어서 rpm을 rad/s로 변환하고, 손실을 무시한 전력 관계 $EI_a = T\omega$로 전기자전류를 계산한다.

암기 포인트

자속 일정이면 $E \propto n$, 전기기계 변환 전력은 $EI_a = T\omega$, 각속도는 $\omega = 2\pi n/60$이다.

NoteBase

5. 정지시 고정자와 회전자의 권수비가 α인 3상 유도전동기가 슬립 s로 회전하고 있을 때, 고정자 기전력 E_1과 회전자 기전력 E_{2s}의 비 (E_1/E_{2s})는?

① $s\alpha$
② $(1-s)\alpha$
③ $\frac{\alpha}{1-s}$
④ $\frac{\alpha}{s}$
⑤ $\frac{s}{\alpha}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 유도전동기의 슬립에 따른 회전자 기전력 변화와 정지 시 권수비 관계를 이용해 고정자 기전력과 회전자 기전력의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 고정자와 회전자의 권수비는 α, 슬립은 s이다.
구해야 할 값: 운전 중 고정자 기전력 E_1과 회전자 기전력 E_{2s}의 비이다.
주의할 조건: 권수비 α는 정지 시 기전력비 E_1/E_2이고, 운전 중 회전자 기전력은 슬립에 비례한다.

사용할 공식

$\alpha = \frac{E_1}{E_2}, \qquad E_{2s} = sE_2$
정지 시에는 회전자와 고정자의 유도기전력비가 권수비와 같다. 운전 중 회전자 유도기전력은 회전자 주파수가 슬립에 비례하므로 정지 시 회전자 기전력의 s배가 된다.

계산 과정

1. 권수비 관계에서 $E_1 = \alpha E_2$이다.
2. 슬립 s에서 회전자 기전력은 $E_{2s} = sE_2$이다.
3. 두 식을 나누면 다음과 같다.
$\frac{E_1}{E_{2s}} = \frac{\alpha E_2}{sE_2} = \frac{\alpha}{s}$

NoteBase

선지 판단

① X — $s\alpha$는 슬립을 곱한 값이다. 구하는 비에서는 $E_{2s} = sE_2$가 분모에 있으므로 올바르게는 α/s이다.
② X — $(1-s)\alpha$는 회전자의 기계적 속도 비율 $1-s$을 기전력 관계에 잘못 적용한 값이다. 회전자 기전력은 슬립 s에 비례하므로 올바르게는 α/s이다.
③ X — $\alpha/(1-s)$는 회전자 기전력이 $(1-s)E_2$라고 잘못 본 값이다. 올바르게는 $E_{2s} = sE_2$이므로 비는 α/s이다.
④ O — $E_1 = \alpha E_2$, $E_{2s} = sE_2$이므로 $E_1/E_{2s} = \alpha/s$이다.
⑤ X — s/α는 정답의 역수이다. 분자는 고정자 기전력이고 분모는 회전자 기전력이므로 올바르게는 α/s이다.

오답 포인트

핵심 함정은 회전자의 속도 비율 $1-s$과 회전자 유도기전력의 비율 s을 혼동하거나, 요구한 기전력비의 분자와 분모를 뒤집는 것이다. 운전 중 회전자 기전력에는 s가 곱해지고, 이것이 비의 분모에 들어가므로 최종식에서는 s로 나눈다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 정지 시 권수비 관계 $E_1/E_2 = \alpha$를 세우고, 운전 중 회전자 기전력을 $E_{2s} = sE_2$로 바꾼 뒤 요구된 분자·분모 순서대로 나눈다.

암기 포인트

회전자 기전력은 슬립에 비례한다: $E_{2s} = sE_2$. 따라서 $E_1/E_{2s} = \alpha/s$이다.

NoteBase

6. 50[Hz], 6극, 3상 권선형 유도전동기의 전부하 회전수가 950[rpm]이다. 동일전압, 동일토크에서 800[rpm]으로 회전하도록 하기 위하여 회전자 회로의 각 상에 추가해야 할 외부저항[Ω]은? (단, 회전자는 Y결선이고, 1상의 저항은 $r[\Omega]$이다)

① $1r$
② $2r$
③ $3r$
④ $4r$
⑤ $5r$

정답 3번

출제 포인트

권선형 유도전동기에서 동기속도로 슬립을 구하고, 동일 전압·동일 토크일 때 회전자 회로의 저항과 슬립이 같은 비율로 변한다는 관계를 이용해 외부저항을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 주파수 $f = 50Hz$, 극수 $P = 6$, 처음 회전수 $N_1 = 950rpm$, 목표 회전수 $N_2 = 800rpm$, 회전자 1상의 고유저항 r이다.
구해야 할 값: 회전자 각 상에 추가할 외부저항 R_{ext}이다.
주의할 조건: Y결선이므로 구한 값은 회전자 각 상에 직렬로 넣는 상저항이며, 최종 회전자 1상 전체 저항에서 원래 저항 r을 빼야 한다.

사용할 공식

동기속도는
$N_s = \frac{120f}{P}$
이고, 슬립은
$s = \frac{N_s - N}{N_s}$
이다. 동일 전압·동일 토크에서 회전자 회로의 전체 저항을 바꾸는 경우에는
R_2,totals=일정
이므로 저항의 비와 슬립의 비가 같다. 이 관계는 회전자 저항을 증가시키면 같은 토크가 더 큰 슬립, 즉 더 낮은 속도에서 발생한다는 권선형 유도전동기의 속도 제어 원리를 나타낸다.

NoteBase

계산 과정

1. 동기속도는
$N_s = \frac{120 \times 50}{6} = 1000rpm$
이다.
2. 처음과 목표 상태의 슬립은 각각
$s_1 = \frac{1000 - 950}{1000} = 0.05, \qquad s_2 = \frac{1000 - 800}{1000} = 0.20$
이다.
3. 동일 토크 조건에서 전체 회전자 저항은 슬립에 비례하므로
$\frac{R_{2,\text{total}}}{r} = \frac{s_2}{s_1} = \frac{0.20}{0.05} = 4$
이다. 따라서 필요한 전체 상저항은 $4r$이고, 원래 상저항 r을 제외한 외부저항은
$R_{ext} = 4r - r = 3r$
이다.

선지 판단

① X — 외부저항을 $1r$만 추가하면 전체 상저항은 $2r$이고 슬립은 0.10이 되어 회전수는 $900rpm$이다. '$1r$'가 아니라 '$3r$'가 되어야 한다.
② X — 외부저항을 $2r$ 추가하면 전체 상저항은 $3r$이고 슬립은 0.15가 되어 회전수는 $850rpm$이다. '$2r$'가 아니라 '$3r$'가 되어야 한다.
③ O — 외부저항 $3r$를 추가하면 전체 상저항이 $4r$가 된다. 처음의 4배인 슬립 0.20에서 동일 토크가 발생하므로 회전수는 $800rpm$이 된다.
④ X — 외부저항을 $4r$ 추가하면 전체 상저항은 $5r$이고 슬립은 0.25가 되어 회전수는 $750rpm$이다. '$4r$'가 아니라 '$3r$'가 되어야 한다.
⑤ X — 외부저항을 $5r$ 추가하면 전체 상저항은 $6r$이고 슬립은 0.30이 되어 회전수는 $700rpm$이다. '$5r$'가 아니라 '$3r$'가 되어야 한다.
계산 결과 회전자 각 상에 추가할 외부저항은 $3r$이므로 정답은 ③이다.

오답 포인트

슬립비가 4이므로 곧바로 외부저항을 $4r$로 고르는 것이 핵심 함정이다. $4r$는 외부저항이 아니라 원래 저항까지 포함한 회전자 1상의 전체 저항이다. 따라서 원래 저항 r을 빼서 외부저항 $3r$를 구해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $N_s = 120f/P$로 동기속도를 구하고, 각 운전점의 슬립을 계산한다. 동일 전압·동일 토크이면 전체 회전자 저항비를 슬립비와 같게 놓은 뒤, 마지막에 원래 회전자 저항을 빼서 추가할 외부저항을 구한다.

암기 포인트

동일 토크에서는 '전체 회전자 저항비 = 슬립비'이고, '추가 외부저항 = 필요한 전체 저항 - 원래 저항'이다.

NoteBase

7. 5[kVA], 3,000/200[V] 단상변압기의 전압변동률이 역률1인 부하에서 4.0[%], 지상역률이 0.6에서 6.0[%]일 때, 백분율 저항강하[%] 및 백분율 리액턴스강하[%]로 옳은 것은?

	백분율 저항강하[%]	백분율 리액턴스강하[%]
①	4.0	4.5
②	4.0	5.0
③	4.0	6.0
④	6.0	4.5
⑤	6.0	6.0

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 변압기의 근사 전압변동률 식을 이용하여 백분율 저항강하와 백분율 리액턴스강하를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 역률 1에서 전압변동률은 4.0%, 지상역률 0.60에서 전압변동률은 6.0%이다.
구해야 할 값: 백분율 저항강하 p와 백분율 리액턴스강하 q이다.
주의할 조건: 지상역률이므로 리액턴스강하 항을 더하며, $\sin\phi = \sqrt{1-0.60^2} = 0.80$이다. 용량과 권수비는 이미 백분율 전압변동률이 주어졌으므로 이 계산에 직접 사용하지 않는다.

사용할 공식

지상역률 부하에서 변압기의 근사 전압변동률은 다음과 같다.
$\varepsilon = p\cos\phi + q\sin\phi$
여기서 p는 백분율 저항강하, q는 백분율 리액턴스강하이다. 역률 1에서는 $\cos\phi = 1$, $\sin\phi = 0$이므로 전압변동률이 곧 백분율 저항강하가 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 역률 1일 때

$4.0 = p \times 1 + q \times 0$

따라서 $p = 4.0\%$이다.

2. 지상역률 0.60일 때 $\sin\phi = 0.80$이므로

$6.0 = 4.0 \times 0.60 + q \times 0.80$

$6.0 = 2.4 + 0.8q$

$q = \frac{6.0 - 2.4}{0.8} = 4.5\%$

따라서 백분율 저항강하는 4.0%, 백분율 리액턴스강하는 4.5%이다.

선지 판단

① O — 백분율 저항강하 4.0%, 백분율 리액턴스강하 4.5%로 계산 결과와 모두 일치한다.

② X — 저항강하 4.0%는 맞지만 리액턴스강하 5.0%가 틀렸다. 올바르게는 리액턴스강하가 4.5%이다.

③ X — 저항강하 4.0%는 맞지만 6.0%는 지상역률에서의 전압변동률이지 리액턴스강하가 아니다. 올바르게는 리액턴스강하가 4.5%이다.

④ X — 리액턴스강하 4.5%는 맞지만 저항강하 6.0%가 틀렸다. 올바르게는 역률 1에서의 전압변동률과 같은 4.0%이다.

⑤ X — 저항강하와 리액턴스강하가 모두 틀렸다. 올바르게는 각각 4.0%, 4.5%이다.

오답 포인트

지상역률에서의 전압변동률 6.0%를 저항강하나 리액턴스강하 자체로 착각하기 쉽다. 6.0%는 $p\cos\phi$와 $q\sin\phi$를 합한 값이다. 또한 $\cos\phi = 0.60$일 때 $\sin\phi = 0.80$을 구하지 않고 역률을 두 항에 모두 곱하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

역률 1의 전압변동률로 p를 먼저 정하고, 주어진 지상역률에서 $\sin\phi = \sqrt{1 - \cos^2\phi}$를 구한 뒤 $\varepsilon = p\cos\phi + q\sin\phi$에 대입하여 q를 계산한다.

암기 포인트

역률 1이면 전압변동률은 저항강하이고, 지상역률이면 $p\cos\phi + q\sin\phi$이다.

NoteBase

8. $100\sqrt{2}\,[\mathrm{kVA}]$ 변압기의 철손이 $1.0[\mathrm{kW}]$, 전부하 동손이 $2.0[\mathrm{kW}]$이다. 지상역률 0.98에서 운전할 때, 최대 효율[%]은?

① 94
② 95
③ 96
④ 97
⑤ 98

정답 5번

출제 포인트

변압기의 최대 효율 조건인 철손과 동손의 일치를 이용하여 부하율과 출력을 구한 뒤 효율을 계산하는 문제이다.

조건 정리

정격 용량: $100\sqrt{2}\,kVA$
철손: $P_i = 1.0kW$
전부하 동손: $P_{c,FL} = 2.0kW$
역률: $\cos\phi = 0.98$
구해야 할 값: 최대 효율 η_{max}

사용할 공식

부하율을 x라 하면 동손은 부하전류의 제곱에 비례하므로 $P_c = x^2 P_{c,FL}$이다. 변압기의 효율이 최대가 되는 조건은 $P_c = P_i$이다. 따라서 $x^2 P_{c,FL} = P_i$
이고, 출력과 효율은 각각 $P_o = xS_n\cos\phi$, $\eta = P_o/(P_o + P_i + P_c)$로 계산한다.

계산 과정

1. 최대 효율 조건을 적용하면 $2x^2 = 1$이므로 $x = 1/\sqrt{2}$이다.
2. 이때 출력은 $P_o = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 100\sqrt{2} \times 0.98 = 98kW$
이다.
3. 최대 효율점에서는 철손과 동손이 각각 $1kW$이므로 총손실은 $2kW$이다.
4. 따라서 $\eta_{max} = \frac{98}{98+1+1} \times 100 = 98\%$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 계산 결과는 98%이므로 94%는 틀린 값이다. 올바르게는 98%이다.
② X — 최대 효율 조건에서 출력은 98kW, 총손실은 2kW이므로 95%가 아니다. 올바르게는 98%이다.
③ X — 98/(98 + 2) × 100의 결과와 일치하지 않으므로 96%는 틀린 값이다. 올바르게는 98%이다.
④ X — 최대 효율점의 총입력은 100kW이고 출력은 98kW이므로 97%가 아니다. 올바르게는 98%이다.
⑤ O — $\eta_{max} = 98/(98 + 2) \times 100 = 98\%$이므로 맞는 값이다.

오답 포인트

정격 용량에 역률만 곱하거나 전부하 동손 2kW을 최대 효율점의 동손으로 그대로 사용하면 안 된다. 먼저 $x^2 P_{c,FL} = P_i$로 최대 효율 부하율을 구해야 하며, 이 지점의 동손은 1kW이다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 최대 효율 문제는 철손과 동손을 같게 두어 부하율을 구하고, 그 부하율과 역률로 출력을 계산한 다음, 출력에 철손과 동손을 더한 값을 입력으로 삼아 효율을 계산한다.

암기 포인트

변압기 최대 효율 조건은 철손=동손이며, 부하율 x에서 동손은 x^2배가 된다.

NoteBase

9. 매극매상당 슬롯수가 3인 6극, 3상 동기발전기가 있다. 이 발전기의 상당 권선수는 100, 매극자속은 0.1[Wb]이며 전기자권선은 단절권을 사용한다. 회전수가 400[rpm]일 때, 유도기전력의 크기[V]는? (단, 상간접속은 Y결선되고, 권선계수는 0.9이다)

① $160\sqrt{2}\pi$
② $180\sqrt{2}\pi$
③ $320\sqrt{2}\pi$
④ $360\sqrt{2}\pi$
⑤ $720\sqrt{2}\pi$

정답 2번

출제 포인트

동기발전기의 회전수와 극수로 주파수를 구한 뒤, 권선계수를 포함한 상당 유도기전력 공식을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 극수 $P=6$, 회전수 $N=400rpm$, 상당 권선수 $T=100$, 매극자속 $\Phi=0.1Wb$, 권선계수 $k_w=0.90$이다.
구해야 할 값: 한 상에 유도되는 기전력 E_{ph}이다.
주의할 조건: 단절권의 영향은 주어진 권선계수 $k_w=0.90$에 반영되어 있으므로 이를 적용한다. Y결선은 선간전압을 구할 때 $\sqrt{3}$배와 관련되지만, 상당 유도기전력 자체에는 추가로 곱하지 않는다.

사용할 공식

동기발전기의 주파수는
$f=\frac{PN}{120}$
이고, 정현파 상당 유도기전력은
$E_{ph}=\sqrt{2}\pi k_w f\Phi T$
이다. 회전속도와 극수로 전기적 주파수를 먼저 구하고, 매극자속과 상당 권선수 및 권선계수가 주어졌으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 주파수는
$f = \frac{6 \times 400}{120} = 20Hz$
이다.
2. 상당 유도기전력은
$E_{ph} = \sqrt{2}\pi \times 0.90 \times 20 \times 0.1 \times 100$
이다.
3. 따라서
$E_{ph} = 180\sqrt{2}\pi V$
가 된다.

선지 판단

① X — 계산값은 $180\sqrt{2}\pi V$이므로 $160\sqrt{2}\pi V$는 작다. ①의 값은 틀렸으며, 올바른 값은 $180\sqrt{2}\pi V$이다.
② O — $k_w f \Phi T = 0.90 \times 20 \times 0.1 \times 100 = 180$이므로 $E_{ph} = 180\sqrt{2}\pi V$와 정확히 일치한다.
③ X — $320\sqrt{2}\pi V$는 공식에 주어진 수치를 대입한 결과와 일치하지 않는다. ③의 값은 틀렸으며, 올바른 값은 $180\sqrt{2}\pi V$이다.
④ X — $360\sqrt{2}\pi V$는 정확한 상당 유도기전력의 2배이다. ④의 값은 틀렸으며, 올바른 값은 $180\sqrt{2}\pi V$이다.
⑤ X — $720\sqrt{2}\pi V$는 정확한 상당 유도기전력의 4배이다. ⑤의 값은 틀렸으며, 올바른 값은 $180\sqrt{2}\pi V$이다.
계산 결과가 $180\sqrt{2}\pi V$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

회전수 400을 주파수로 그대로 대입하면 안 된다. 반드시 $f = PN/120$으로 변환하여 $20Hz$를 사용해야 한다. 또한 Y결선이라는 조건만 보고 상당 유도기전력에 $\sqrt{3}$을 곱하는 오류를 주의한다. $\sqrt{3}$배는 상당값에서 선간값을 구할 때 적용된다.

다시 나오면 이렇게 판단

동기발전기 유도기전력 문제는 먼저 $f = PN/120$으로 주파수를 구하고, 다음으로 $E_{ph} = \sqrt{2}\pi k_w f \Phi T$에 대입한 뒤, 마지막으로 문제에서 상당값과 선간값 중 어느 값을 묻는지 확인한다.

암기 포인트

동기발전기는 '극수·회전수로 주파수, 권선계수·주파수·자속·권선수로 상당 기전력'을 구한다: $f = PN/120$, $E_{ph} = \sqrt{2}\pi k_w f \Phi T$이다.

NoteBase

10. 3상 동기전동기의 발생토크가 부하토크보다 큰 경우, 전동기의 회전속도와 부하각의 관계로 옳은 것은? (단, 전동기의 부하각은 0°에서 90° 사이에 있다)

	회전속도	부하각
①	감속	일정
②	감속	커짐
③	감속	작아짐
④	가속	작아짐
⑤	가속	커짐

정답 4번

출제 포인트

동기전동기에서 발생토크와 부하토크의 차이가 회전속도와 부하각을 어느 방향으로 변화시키는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

발생토크가 부하토크보다 크면 순가속토크가 생긴다. 이를 식으로 나타내면 $J\frac{d\omega}{dt} = T_e - T_L > 0$이므로 회전자는 가속한다.

부하각은 동기회전자계에 대하여 회전자 자극축이 뒤지는 전기각이다. 회전자가 가속하여 동기회전자계 쪽으로 전진하면 두 축 사이의 지연각인 부하각은 작아진다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- ‘감속’과 ‘부하각 일정’이 모두 틀린 표현이다. 발생토크가 부하토크보다 크면 회전자는 가속하고 부하각은 작아진다.

② X
- ‘감속’과 ‘부하각 커짐’이 모두 틀린 표현이다. 양의 순가속토크가 작용하므로 회전속도는 증가하고, 회전자가 동기회전자계에 가까워지므로 부하각은 작아진다.

③ X
- ‘감속’이 틀린 표현이다. 부하각이 작아지는 것은 맞지만, $T_e - T_L > 0$이므로 회전속도는 가속한다. 올바르게는 ‘가속, 작아짐’이다.

④ O
- 발생토크가 부하토크보다 커서 회전자는 가속하며, 동기회전자계에 대한 회전자의 지연이 줄어 부하각은 작아진다.

⑤ X
- ‘부하각 커짐’이 틀린 표현이다. 회전속도가 가속하는 것은 맞지만, 회전자가 동기회전자계 쪽으로 전진하므로 부하각은 작아진다. 올바르게는 ‘가속, 작아짐’이다.

오답 포인트

‘발생토크가 크다’는 사실만 보고 부하각도 커진다고 판단하기 쉽다. 이 문항은 토크-부하각의 정상상태 관계가 아니라 토크 불평형 직후의 운동 방향을 묻는다. 발생토크가 더 크면 먼저 회전자가 가속하고, 그 결과 동기회전자계에 대한 지연이 줄어 부하각이 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $T_e - T_L$의 부호로 가속과 감속을 정한다. 그다음 동기전동기의 부하각은 회전자가 동기회전자계보다 뒤지는 각이라는 점을 적용한다. $T_e > T_L$이면 가속·부하각 감소, $T_e < T_L$이면 감속·부하각 증가로 판단한다.

암기 포인트

동기전동기에서 발생토크가 더 크면 가속하면서 부하각은 작아진다.

NoteBase

11. 3상 유도전동기에 부하를 연결하고 운전 중이다. 부하를 2배 증가시켰을 때, 회전속도, 슬립, 회전자전류의 변화로 옳은 것은? (단, 전동기에 연결된 부하는 전동기가 감당할 수 있는 크기이다)

	회전속도	슬립	회전자전류
①	감소	감소	감소
②	감소	증가	감소
③	감소	증가	증가
④	증가	감소	증가
⑤	증가	증가	증가

정답 3번

출제 포인트

3상 유도전동기의 부하가 증가할 때 회전속도, 슬립, 회전자전류가 어떤 방향으로 변하는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

전원 주파수와 극수가 일정하면 동기속도는 일정하다. 전동기가 감당할 수 있는 범위에서 부하가 증가하면 더 큰 전자기 토크가 필요하며, 새로운 정상 운전점은 슬립이 더 큰 지점에 형성된다.

사용할 공식

슬립과 회전속도의 관계는 다음과 같다.

$s = \frac{N_s - N}{N_s}, \qquad N = (1 - s)N_s$

여기서 N_s는 동기속도, N은 회전속도, s는 슬립이다. N_s가 일정할 때 슬립이 증가하면 회전속도는 감소한다. 또한 슬립이 커지면 회전자에 유도되는 기전력이 커져 회전자전류도 증가하고, 그 결과 증가한 부하에 필요한 토크를 만든다.

계산 과정

1. 부하가 증가하면 전동기는 더 큰 토크를 내야 한다.
2. 더 큰 토크를 만들기 위해 회전속도가 동기속도에서 더 멀어지므로 슬립 s가 증가한다.
3. $N = (1 - s)N_s$에서 N_s가 일정하므로 슬립 증가에 따라 회전속도 N은 감소한다.
4. 슬립 증가로 회전자 유도기전력이 커지므로 회전자전류가 증가한다.

따라서 변화 방향은 '회전속도 감소, 슬립 증가, 회전자전류 증가'이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 회전속도 감소는 맞지만 슬립과 회전자전류를 모두 '감소'라고 한 부분이 틀리다. 올바르게는 슬립과 회전자전류가 모두 증가한다.
② X — 회전속도 감소와 슬립 증가는 맞지만 회전자전류를 '감소'라고 한 부분이 틀리다. 올바르게는 회전자전류가 증가한다.
③ O — 부하 증가 시 회전속도는 감소하고 슬립은 증가하며, 커진 슬립에 의해 회전자전류도 증가한다.
④ X — 회전자전류 증가는 맞지만 회전속도를 '증가', 슬립을 '감소'라고 한 부분이 틀리다. 올바르게는 회전속도는 감소하고 슬립은 증가한다.
⑤ X — 슬립과 회전자전류 증가는 맞지만 회전속도를 '증가'라고 한 부분이 틀리다. 올바르게는 회전속도가 감소한다.

오답 포인트

부하가 증가하면 전동기가 더 빨라진다고 생각하기 쉽지만, 유도전동기는 회전속도가 조금 낮아져 슬립이 커져야 더 큰 회전자전류와 토크를 만든다. 또한 '부하 2배'를 각 물리량이 정확히 2배가 된다는 뜻으로 해석해서는 안 되며, 이 문항은 변화 방향만 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

유도전동기의 부하가 증가하면 '필요 토크 증가 → 슬립 증가 → 회전속도 감소 → 회전자전류 증가'의 순서로 판단한다.

암기 포인트

유도전동기는 부하가 커질수록 속도는 내려가고, 슬립과 회전자전류는 올라간다.

NoteBase

12. 변압기의 여자전류의 크기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전원전압에 비례한다.
② 주파수에 반비례한다.
③ 철심의 투자율에 반비례한다.
④ 철심의 단면적에 반비례한다.
⑤ 1차권수에 비례한다.

정답 5번

출제 포인트

변압기 철심의 자속을 만드는 여자전류가 전원전압, 주파수, 철심의 투자율·단면적, 1차 권수와 어떤 비례 관계를 갖는지 판단하는 문제이다.

조건 정리

철심의 자기저항을 이용하면 여자전류의 크기는 전원전압과 철심의 평균 자기회로 길이에 비례하고,
주파수·철심의 투자율·철심 단면적·1차 권수의 제곱에 반비례한다.

사용할 공식

정현파 변압기에서 유기기전력은 $V_1 \simeq 4.44 f N_1 \Phi_m$이고, 자속을 만드는 여자전류는 $N_1 I_0 \simeq \Phi_m \mathcal{R}$로 나타낼 수 있다. 철심의 자기저항 $\mathcal{R} = l/(\mu A)$을 대입하면 다음 관계가 된다.
$I_0 \simeq \frac{V_1 l}{4.44 f N_1^2 \mu A}$
따라서 1차 권수 N_1는 분모에 제곱으로 들어간다.

계산 과정

1. $\Phi_m \simeq V_1/(4.44 f N_1)$에서 최대 자속을 구한다.
2. $I_0 \simeq \Phi_m l/(N_1 \mu A)$에 최대 자속을 대입한다.
3. $I_0 \propto V_1 l/(f N_1^2 \mu A)$이므로 각 물리량의 비례 관계를 판정한다.

NoteBase

선지 판단

① O — I_0의 식에서 전원전압 V_1이 분자에 있으므로 여자전류는 전원전압에 비례한다.
② O — 주파수 f가 분모에 있으므로 여자전류는 주파수에 반비례한다.
③ O — 철심의 투자율 μ이 커지면 자기저항이 작아지므로 같은 자속을 만드는 데 필요한 여자전류가 감소한다. 따라서 투자율에 반비례한다.
④ O — 철심의 단면적 A이 커지면 자기저항이 작아지므로 여자전류는 단면적에 반비례한다.
⑤ X — '1차 권수에 비례한다'가 틀린 표현이다. 올바르게는 여자전류가 1차 권수의 제곱에 반비례한다. 즉, $I_0 \propto 1/N_1^2$이다.

오답 포인트

1차 권수는 유기기전력 식과 자화력 식에 각각 한 번씩 들어가므로 최종 식에서는 N_1^2이 된다. 한 식만 보고 1차 권수에 단순 비례하거나 단순 반비례한다고 판단하는 것이 이 문항의 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

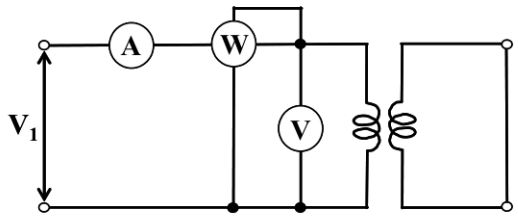
여자전류의 비례 관계는 $V_1 \simeq 4.44 f N_1 \Phi_m$, $N_1 I_0 \simeq \Phi_m l/(\mu A)$의 두 식을 결합하여 판단한다. 분자에는 V_1, l, 분모에는 f, N_1^2, μ, A가 놓인다.

암기 포인트

여자전류는 $I_0 \propto V_1 l/(f N_1^2 \mu A)$이며, 권수에는 제곱으로 반비례한다.

NoteBase

13. 그림과 같이 단상변압기에 전류계, 전압계, 전력계를 접속하여 측정 시험을 하였다. 이 시험에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① Ⓐ에 정격전류가 흐를 때, 전압 V_1은 매우 낮으므로 여자전류는 거의 흐르지 않는다.

② Ⓐ에 정격전류가 흐를 때, Ⓦ에 표시된 값은 거의 변압기 내의 철손이라 할 수 있다.

③ Ⓐ에 정격전류가 흐를 때까지 V_1의 전압을 0[V]부터 서서히 증가시켜야 한다.

④ Ⓐ에 정격전류가 흐를 때, 전압 V_1의 크기는 변압기 내의 임피던스 전압강하의 크기와 같다.

⑤ V_1의 크기가 정격전압이 되도록 전원을 인가하면, 변압기가 소손될 수 있다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 변압기 2차측을 단락한 도식에서 1차측에 낮은 전압을 가하여 정격전류를 흘리는 단락시험의 원리와 계기 지시값의 의미를 판단하는 문제이다. 단락시험에서는 낮은 인가전압 때문에 철손은 매우 작고, 전력계 지시값은 거의 동손이 된다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 단락시험에서는 정격전류를 흘리는 데 필요한 전압 V_1이 정격전압에 비해 매우 낮다. 따라서 철심 자속과 여자전류가 매우 작아 여자전류는 거의 무시할 수 있다.
② X — '거의 변압기 내의 철손'이라는 표현이 틀렸다. 인가전압과 자속이 작아 철손은 무시할 정도이고, 전력계의 지시값은 거의 변압기의 동손 I^2R, 즉 정격전류에서의 전부하 동손이다. 올바르게는 '전력계에 표시된 값은 거의 변압기 내의 동손이다'이다.
③ O — 전원을 처음부터 크게 인가하면 과전류가 흐를 수 있으므로 V_1을 $0V$에서 서서히 높여 전류계가 정격전류를 가리킬 때까지 조정한다.
④ O — 정격전류가 흐를 때의 V_1은 변압기 내부 등가 임피던스에서 생기는 전압강하와 같으며, 이를 임피던스 전압이라고 한다.
⑤ O — 2차측이 단락된 상태에서 1차측에 정격전압을 가하면 등가 임피던스가 작아 매우 큰 단락전류가 흐르므로 권선이 과열되어 변압기가 소손될 수 있다.

오답 포인트

②는 전력계가 측정하는 손실의 종류를 철손과 동손 사이에서 바꿔 놓았다. 단락시험은 낮은 전압을 가하므로 철손을 무시하고 동손을 구하는 시험이며, 무부하시험은 정격전압을 가해 철손을 구하는 시험이다.

다시 나오면 이렇게 판단

도식에서 2차측 단락과 1차측의 전류계·전압계·전력계를 확인하면 단락시험으로 판단한다. 이어 '낮은 전압 → 정격전류 → 철손 무시 → 전력계값은 동손 → 전압계값은 임피던스 전압'의 순서로 선지를 판별한다.

암기 포인트

단락시험은 저전압·정격전류·동손·임피던스 전압, 무부하시험은 정격전압·철손이다.

NoteBase

14. 3상 동기전동기가 역률1로 운전 중이다. 계자전류가 작아지도록 계자저항을 조정할 때, 부하각, 역기전력, 역률의 변화로 옳은 것은? (단, 단자전압 및 각 상의 출력, 동기임피던스, 부하는 일정하다)

	부하각	역기전력	역률
①	커짐	증가	진상역률
②	작아짐	증가	진상역률
③	커짐	감소	진상역률
④	작아짐	감소	지상역률
⑤	커짐	감소	지상역률

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 일정 부하의 동기전동기에서 계자전류를 줄일 때 V곡선과 출력식으로 부하각, 역기전력, 역률의 변화를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 단자전압, 각 상의 출력, 동기임피던스, 부하는 일정하고 처음에는 역률 1로 운전한다.
변화 조건: 계자전류가 작아지도록 계자저항을 조정하므로 부족여자 상태로 이동한다.
구해야 할 값: 부하각, 역기전력, 역률의 변화 방향이다.

사용할 공식

역기전력은 계자전류에 비례하므로 $E \propto I_f$이다. 전기자저항을 무시한 동기전동기의 출력 관계는 다음과 같다.
$P = \frac{3VE}{X_s}\sin\delta$
또한 일정 출력과 일정 단자전압에서는 유효전류 성분이 일정하며, 역률 1일 때 전기자전류가 최소이다. 이 관계를 쓰는 이유는 계자전류 감소가 역기전력의 크기와 무효전류를 바꾸지만 부하는 일정하게 유지되기 때문이다.

계산 과정

1. 계자전류 I_f를 줄이면 역기전력 E가 감소한다.
2. P, V, X_s가 일정하므로 출력식에서 $E\sin\delta$가 일정해야 한다. 따라서 E가 감소하면 $\sin\delta$가 증가하여 안정 운전 범위에서 부하각 δ가 커진다.
3. 역률 1은 일정 출력에서 전기자전류가 최소인 점이다. 여기서 계자전류를 줄여 부족여자가 되면 지상 무효전류가 생기므로 전기자전류는 커지고 역률은 지상역률이 된다.

NoteBase

선지 판단

① X — 부하각이 커지는 것은 맞지만, '역기전력 증가'와 '진상역률'이 틀렸다. 올바르게는 역기전력이 감소하고 지상역률이 된다.
② X — '부하각 작아짐', '역기전력 증가', '진상역률'이 모두 틀렸다. 올바르게는 부하각이 커지고 역기전력이 감소하며 지상역률이 된다.
③ X — 부하각이 커지고 역기전력이 감소하는 것은 맞지만, '진상역률'이 틀렸다. 올바르게는 지상역률이 된다.
④ X — 역기전력이 감소하는 것은 맞지만, '부하각 작아짐'과 '진상역률'이 틀렸다. 올바르게는 부하각이 커지고 지상역률이 된다.
⑤ O — 계자전류 감소로 역기전력은 감소하고, 일정 출력을 유지하기 위해 부하각은 커지며, 부족여자 동기전동기는 지상역률로 운전한다.

오답 포인트

동기전동기의 부족여자와 과여자를 반대로 연결하는 것이 핵심 함정이다. 계자전류 감소는 부족여자이므로 지상역률이고, 계자전류 증가는 과여자이므로 진상역률이다. 또한 부하가 일정하므로 역기전력이 감소할 때 출력 유지를 위해 부하각은 작아지는 것이 아니라 커진다.

다시 나오면 이렇게 판단

계자전류 감소 → 역기전력 감소 → 부족여자·지상역률의 순서로 판단한다. 부하가 일정하면 $E\sin\delta$가 일정하므로 E가 감소할 때 δ는 증가한다. 역률 1에서 벗어나면 전기자전류는 최소점에서 증가한다.

암기 포인트

동기전동기는 부족여자이면 지상, 과여자이면 진상이다. 일정 출력에서 역기전력이 감소하면 부하각은 증가한다.

NoteBase

15. 슬립 $0<s<1$에서 정방향 토크를 발생하며 정방향 회전중인 다상 유도전동기의 속도를 V/f 일정제어로 운전 중이다. 갑자기 주파수를 낮출 때, 전동기의 슬립과 토크의 변화로 옳은 것은?

	슬립	토크
①	$s>1$	역방향 토크
②	$s<1$	정방향 토크
③	$s=1$	정방향 토크
④	$s<0$	역방향 토크
⑤	$s>0$	정방향 토크

정답 4번

출제 포인트

주파수를 갑자기 낮춘 직후 동기속도와 회전자 속도의 관계로 슬립의 부호와 전자기 토크의 방향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

변경 전에는 $0 < s < 1$인 정방향 전동 운전 상태이다.
주파수를 낮추면 동기속도 n_s는 즉시 감소하지만, 회전자 속도 n은 관성 때문에 순간적으로 거의 변하지 않는다.
주파수 저하 후의 새 동기속도와 회전자 속도의 대소는 주파수 감소폭에 따라 달라진다. 공식 답 4번은 주파수를 충분히 낮춰 새 동기속도가 회전자 속도보다 작아지는 $n > n_s$ 상태를 전제로 한다. 감소폭이 작아 새 동기속도가 여전히 회전자 속도보다 크면 $0 < s < 1$인 전동 운전 상태가 유지된다.

사용할 공식

동기속도와 슬립은 다음과 같다.

$$n_s = \frac{120f}{P}$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

극수 P가 일정할 때 주파수 f를 낮추면 n_s가 감소한다. 주파수를 충분히 낮춰 $n > n_s$가 되면 슬립의 분자 $n_s - n$가 음수가 되어 $s < 0$이 된다. 반면 새 동기속도가 회전자 속도보다 큰 범위에서는 $0 < s < 1$이 유지된다.

NoteBase

계산 과정

1. 주파수 f를 낮추면 $n_s = 120f/P$에 따라 동기속도 n_s가 즉시 낮아진다.
2. 회전자 속도 n은 관성으로 인해 순간적으로 거의 유지된다.
3. 공식 답이 전제하는 충분한 주파수 저하에서는 새 동기속도가 회전자 속도보다 작아져 $n > n_s$가 된다.
4. 이때 $s = (n_s - n)/n_s$에 대입하면 $s < 0$이다.
5. 음의 슬립에서는 유도기가 회생 제동 영역에 들어가므로 전자기 토크는 회전 방향과 반대인 역방향 토크가 된다.

주파수 감소폭이 작아 $n < n_s$가 유지되면 $0 < s < 1$이고 정방향 토크가 계속 발생한다.

선지 판단

공식 출제 의도인 충분한 주파수 저하 조건에서는 다음과 같이 판단한다.

① X — $s > 1$과 역방향 토크는 정회전 중 상회전 방향을 바꾸는 역상 제동에서 나타나는 대표적 상태이다. 이 문제에서 전제하는 상태는 $s < 0$, 역방향 토크이다.

② X — $s < 1$만으로는 음의 슬립까지 포함하여 부호가 불명확하고, 공식 답이 전제하는 $s < 0$ 상태에서는 정방향 토크가 아니라 역방향 토크가 발생한다.

③ X — $s = 1$은 회전자가 정지한 기동 상태에 해당하며, 이때를 주파수 저하 직후의 상태로 볼 수 없다. 공식 답의 전제에서는 $s < 0$이고 역방향 토크가 발생한다.

④ O — 주파수를 충분히 낮춰 새 동기속도보다 회전자 속도가 커지면 $s < 0$이 되고, 회생 제동 작용으로 회전 방향과 반대인 역방향 토크가 발생한다.

⑤ X — $s > 0$과 정방향 토크는 일반적인 전동 운전 영역이다. 이는 주파수 감소폭이 작을 때 유지될 수 있지만, 공식 답은 새 동기속도가 회전자 속도보다 낮아지는 충분한 주파수 저하를 전제하므로 $s < 0$, 역방향 토크로 판단한다.

오답 포인트

주파수를 낮추면 회전자 속도도 즉시 함께 낮아진다고 생각하기 쉽다. 그러나 순간적으로 변하는 것은 동기속도이고, 기계적 회전자 속도는 관성으로 거의 유지된다. 다만 주파수 저하만으로 슬립이 언제나 음수가 되는 것은 아니다. 새 동기속도가 회전자 속도보다 낮아질 만큼 주파수를 충분히 낮춘 경우에 슬립이 음수로 바뀌고 토크도 제동 방향으로 바뀐다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

주파수 급변 문제에서는 먼저 $n_s = 120f/P$로 새 동기속도의 변화를 판단하고, 회전자 속도는 직후에 유지된다고 본다. 그다음 $s = (n_s - n)/n_s$의 부호를 구해 $s < 0$이면 회생 제동에 의한 역방향 토크로 판정한다.

암기 포인트

주파수 급강하 직후에는 동기속도만 먼저 감소한다. 회전자 속도가 동기속도보다 크면 $s < 0$, 회생 제동, 역방향 토크이다.

NoteBase

16. 정격출력 4[kW], 4극, 50[Hz]의 3상 유도전동기가 1,200[rpm]으로 전부하 운전 중일 때, 동기와트[kW]는?

① 5
② 8
③ 12
④ 16
⑤ 20

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 유도전동기의 동기속도를 구한 뒤, 실제 출력과 속도의 비례관계를 이용하여 동기와트를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 정격출력 $P_o = 4kW$, 극수 $p = 4$, 주파수 $f = 50Hz$, 전부하 회전속도 $N = 1{,}200rpm$이다.
구해야 할 값: 동기속도에서 같은 토크가 발생한다고 보았을 때의 동기와트 P_s이다.
주의할 조건: 실제 출력 $4kW$를 그대로 답으로 쓰지 않고, 먼저 동기속도와 실제 회전속도의 비를 반영한다.

사용할 공식

동기속도는 $N_s = \frac{120f}{p}$이다. 동기와트는 $P_s = P_o \frac{N_s}{N}$이다.
동일한 토크에서 동력은 회전속도에 비례하므로, 실제 회전속도에서의 출력에 N_s/N을 곱한다.

계산 과정

1. 동기속도를 계산한다.
$N_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1{,}500rpm$
2. 동기속도와 실제 회전속도의 비를 구한다.
$\frac{N_s}{N} = \frac{1{,}500}{1{,}200} = 1.25$
3. 동기와트를 계산한다.
$P_s = 4 \times 1.25 = 5kW$
따라서 동기와트는 $5kW$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — 계산한 동기와트가 5kW이므로 맞는 값이다.
② X — 8kW는 계산 결과와 다르다. '동기와트는 8kW이다'가 아니라 '동기와트는 5kW이다'가 올바르다.
③ X — 12kW는 동기속도와 실제 속도의 비 1.25를 적용한 값이 아니다. 올바른 값은 5kW이다.
④ X — 16kW는 $P_s = P_o N_s / N$으로 계산한 값과 다르다. 올바른 값은 5kW이다.
⑤ X — 20kW는 실제 출력 4kW에 속도비 1.25를 곱한 결과가 아니다. 올바른 값은 5kW이다.
계산 결과가 5kW이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

정격출력 4kW를 동기와트로 착각하거나, 동기속도 공식에서 극수 4를 반영하지 않는 것이 핵심 함정이다. 이 전동기의 동기속도는 실제 속도 1,200rpm이 아니라 1,500rpm이며, 속도비 1,500/1,200을 출력에 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

유도전동기의 동기와트 문제는 '동기속도 계산 → 동기속도와 실제 속도의 비 계산 → 실제 출력에 속도비 적용'의 순서로 판단한다.

암기 포인트

동기와트는 $P_s = P_o \frac{N_s}{N}$, 동기속도는 $N_s = \frac{120f}{p}$이다.

NoteBase

17. 선간전압 $\frac{400}{\sqrt{3}}$[V], 60[Hz], 3상 유도전동기가 지상역률 0.8로 운전 중일 때의 고정자 입력전류가 50[A]이다. 고정자 동손 1.5[kW], 회전자 동손 0.9[kW], 기계손 1.0[kW], 철손 1.2[kW]라 할 때, 공극전력(air-gap power)[kW]은?

① 12.3
② 13.3
③ 13.8
④ 14.3
⑤ 15.3

정답 2번

출제 포인트

3상 유도전동기의 고정자 입력전력을 구한 뒤, 고정자에서 발생하는 동손과 철손을 빼서 공극전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 선간전압 $V_L = 400/\sqrt{3}V$, 선전류 $I_L = 50A$, 역률 $\cos\phi = 0.8$, 고정자 동손 $1.5kW$, 철손 $1.2kW$이다.
구해야 할 값: 공극전력 P_g이다.
주의할 조건: 공극전력은 회전자에 전달되기 직전의 전력이므로 고정자 입력전력에서 고정자 동손과 철손만 뺀다. 회전자 동손과 기계손은 공극을 지난 뒤 발생하므로 이 단계에서 빼지 않는다.

사용할 공식

3상 고정자 입력전력은
$P_{in} = \sqrt{3}V_L I_L \cos\phi$
이고, 공극전력은
$P_g = P_{in} - P_{s,cu} - P_{iron}$
이다. 평형 3상 유도전동기의 유효 입력전력은 선간전압과 선전류를 사용해 첫 번째 식으로 구하며, 입력전력 중 고정자 동손과 철손을 제외한 전력이 공극을 건너 회전자에 전달되므로 두 번째 식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 고정자 입력전력을 계산한다.
$P_{in} = \sqrt{3} \times \frac{400}{\sqrt{3}} \times 50 \times 0.8 = 16{,}000W = 16kW$
2. 고정자 동손과 철손을 뺀다.
$P_g = 16 - 1.5 - 1.2 = 13.3kW$
따라서 공극전력은 $13.3kW$이다.

선지 판단

① X — $12.3kW$는 계산 결과 $13.3kW$와 다르다. 특히 공극전력에서 기계손 $1.0kW$까지 빼면 나오는 값이지만, 기계손은 공극 이후의 손실이므로 빼지 않는다. 올바른 값은 $13.3kW$이다.
② O — 고정자 입력전력 $16kW$에서 고정자 동손 $1.5kW$와 철손 $1.2kW$를 빼면 $13.3kW$가 된다.
③ X — $13.8kW$는 고정자 동손과 철손의 합 $2.7kW$를 정확히 반영한 값이 아니다. 올바른 계산은 $16 - 1.5 - 1.2 = 13.3kW$이다.
④ X — $14.3kW$는 계산 결과와 다르며 고정자 손실 합계 $2.7kW$를 입력전력에서 정확히 차감하지 않은 값이다. 올바른 값은 $13.3kW$이다.
⑤ X — $15.3kW$는 계산 결과와 다르며 고정자 동손과 철손을 모두 반영하지 않은 값이다. 올바른 값은 $13.3kW$이다.

오답 포인트

공극전력을 축출력처럼 계산하여 회전자 동손이나 기계손까지 빼는 것이 핵심 함정이다. 공극전력은 고정자에서 회전자로 넘어가는 전력이므로 고정자 측 손실인 고정자 동손과 철손까지만 차감한다. 또한 제시된 전압은 선간전압이므로 3상 입력전력식의 $\sqrt{3}$을 누락하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $P_{in} = \sqrt{3} V_L I_L \cos\phi$로 3상 입력전력을 구한다. 그다음 전력 흐름에서 요구한 위치를 확인한다. 공극전력이면 고정자 동손과 철손만 빼고, 회전자 동손과 기계손은 빼지 않는다.

암기 포인트

입력전력 - 고정자 동손 - 철손 = 공극전력이다.

NoteBase

18. 100[V] 배터리를 입력전원으로 하는 직류 초퍼가 10[Ω]의 저항부하를 구동하고 있다. 초퍼의 스위칭 주파수는 100[Hz]이고 스위치의 온 타임이 2.5[ms]일 때, 저항에 흐르는 전류[A]의 실효값은?

① 1
② 2
③ 2.5
④ 4
⑤ 5

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 직류 초퍼가 저항부하에 공급하는 구형파 전류의 실효값을 듀티비로 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력전압 $V = 100V$, 부하저항 $R = 10\Omega$, 스위칭 주파수 $f = 100Hz$, 온 타임 $t_{on} = 2.5ms$이다.
구해야 할 값: 저항에 흐르는 전류의 실효값 I_{rms}이다.
주의할 조건: 저항부하이므로 스위치가 켜진 동안 전류는 V/R, 꺼진 동안에는 0인 구형파가 된다.

사용할 공식

스위칭 주기와 듀티비는
$T = \frac{1}{f}, \qquad D = \frac{t_{on}}{T}$
이다. 온 전류가 I_{on}이고 오프 전류가 0인 구형파의 실효값은
$I_{rms} = I_{on}\sqrt{D}$
이다. 실효값은 한 주기 동안 전류 제곱의 평균에 제곱근을 취한 값이므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 스위칭 주기는 $T = 1/100 = 0.01s = 10ms$이다.
2. 듀티비는 $D = 2.5/10 = 0.25$이다.
3. 스위치가 켜졌을 때의 전류는 $I_{on} = V/R = 100/10 = 10A$이다.
4. 따라서

$I_{rms} = 10\sqrt{0.25} = 10 \times 0.5 = 5A$
이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $1A$는 계산된 실효값 $5A$와 다르다. 올바르게는 $5A$이다.
② X — $2A$는 계산된 실효값 $5A$와 다르다. 올바르게는 $5A$이다.
③ X — $2.5A$는 평균전류 $I_{avg} = I_{on}D = 10 \times 0.25 = 2.5A$에 해당하며 실효값이 아니다. 올바르게는 $5A$이다.
④ X — $4A$는 $I_{on}\sqrt{D}$로 계산한 값이 아니다. 올바르게는 $5A$이다.
⑤ O — 구형파 전류의 실효값은 $10\sqrt{0.25} = 5A$이므로 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

듀티비를 그대로 곱한 $I_{on}D = 2.5A$는 평균값이다. 실효값은 전류를 제곱하여 평균한 뒤 제곱근을 취하므로 $I_{on}\sqrt{D}$를 사용해야 한다. 또한 $100Hz$의 주기는 $10ms$이므로 온 타임 $2.5ms$에 대한 듀티비는 0.25이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류 초퍼의 저항부하 전류 문제에서는 먼저 $T = 1/f$와 $D = t_{on}/T$를 구하고, 온 전류 $I_{on} = V/R$를 계산한 뒤, 평균값은 $I_{on}D$, 실효값은 $I_{on}\sqrt{D}$로 구분한다.

암기 포인트

0과 I_{on} 사이를 반복하는 구형파는 평균값 $I_{avg} = I_{on}D$, 실효값 $I_{rms} = I_{on}\sqrt{D}$이다.

NoteBase

19. 변류기(current transformer) 개방시 2차측을 단락시켜야 하는 이유로 옳은 것은?

① 1차측의 과전류 방지
② 1차측의 과전압 방지
③ 2차측의 고전압에 의한 절연 파괴 보호
④ 2차측의 과전류 보호
⑤ 측정 오차 방지

정답 3번

출제 포인트

변류기의 2차측을 개방하면 1차 전류의 자화작용을 상쇄할 2차 전류가 사라져 철심의 자속이 급증하고, 2차측에 위험한 고전압이 유기된다는 점을 묻는 문제이다.

핵심 개념

변류기는 큰 1차 전류를 계기나 보호계전기에 적합한 작은 2차 전류로 변환하는 기기이다. 정상 운전 중에는 2차 전류가 1차 전류의 자화작용을 상쇄하지만, 2차측이 개방되면 이 상쇄작용이 사라져 철심의 자속과 2차 유기전압이 크게 증가한다. 따라서 계기 교체 등으로 2차 회로를 분리할 때에는 먼저 2차측을 단락한다.

선지별 해설

① X — '1차측의 과전류 방지'가 틀린 표현이다. 변류기 2차측 단락은 1차 과전류를 차단하는 조치가 아니라, 2차측 개방으로 생기는 고전압을 방지하는 조치이다.
② X — '1차측의 과전압 방지'가 틀린 표현이다. 보호 대상은 1차측 과전압이 아니라 2차측 개방 시 발생하는 높은 유기전압과 그에 따른 위험이다.
③ O — 2차측을 개방하면 자속이 급증하여 2차 권선에 고전압이 유기되고 절연이 파괴될 수 있다. 2차측 단락은 이 고전압을 억제하여 절연 파괴와 감전 위험을 방지한다.
④ X — '2차측의 과전류 보호'가 틀린 표현이다. 변류기 2차측은 정상적으로 전류 회로를 이루며, 개방 작업 시 단락하는 목적은 과전류 보호가 아니라 개방에 따른 2차 고전압 방지이다.
⑤ X — '측정 오차 방지'가 틀린 표현이다. 측정 오차 개선이 단락의 직접 목적이 아니며, 올바르게는 2차측 개방 시의 고전압과 철심 과열 및 절연 손상을 방지하기 위해 단락한다.

오답 포인트

'단락'이라는 말 때문에 과전류 보호를 떠올리기 쉽지만, 변류기는 2차측 단락이 허용되고 2차측 개방이 위험하다. ③의 핵심 표현은 '2차측의 고전압'과 '절연 파괴'이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

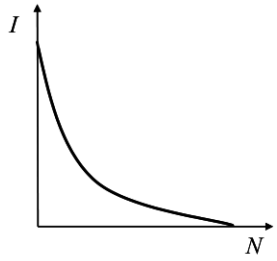
변류기는 전류 회로이므로 2차측을 개방하지 않고, 계기나 계전기를 분리할 때 먼저 단락한다. 반대로 계기용 변압기는 전압 회로이므로 2차측을 단락하지 않는다.

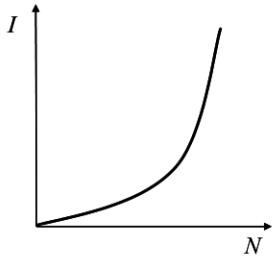
암기 포인트

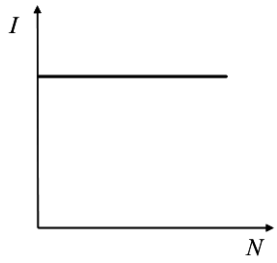
변류기(CT)는 2차 개방 금지, 계기용 변압기(PT)는 2차 단락 금지이다.

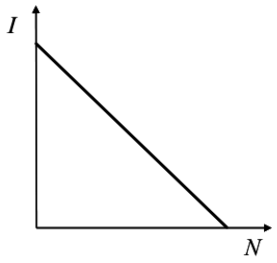
NoteBase

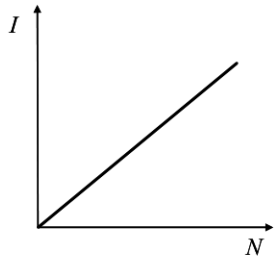
20. 분권 직류전동기의 단자전압과 계자저항을 일정하게 운전할 때, 속도특성곡선으로 옳은 것은? (단, I는 부하전류, N은 회전속도를 나타내고, 전기자저항은 일정하다)

① 

② 

③ 

④ 

⑤ 

정답 4번

출제 포인트

분권 직류전동기에서 단자전압과 계자저항이 일정할 때 부하전류가 증가하면 전기자 전압강하가 증가하므로 회전속도가 거의 직선적으로 감소한다는 속도특성의 모양을 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 부하전류가 증가할수록 속도가 곡선 형태로 급격히 감소한 뒤 완만해지는 특성이 아니다. 틀린 곡선이며, 올바르게는 속도가 부하전류에 따라 거의 직선적으로 감소하는 형태이다.

② X
- 부하전류가 증가하면 전기자저항 전압강하가 커지므로 속도는 증가하지 않는다. 틀린 곡선이며, 올바르게는 속도가 거의 직선적으로 감소한다.

③ X
- 전기자저항이 0이 아니므로 부하전류 증가에 따른 전압강하가 생겨 속도가 완전히 일정할 수 없다. 틀린 곡선이며, 올바르게는 속도가 완만한 음의 기울기를 갖고 감소한다.

④ O
- 분권 전동기는 계자자속이 거의 일정하고, 속도는 $N = \frac{V - I_a R_a}{k\Phi}$로 나타낼 수 있다. 따라서 단자전압 V, 전기자저항 R_a, 자속 Φ가 일정하면 부하전류 증가에 따라 전기자전류 I_a도 증가하여 속도가 거의 직선적으로 감소한다.

⑤ X
- 부하전류가 증가할수록 속도가 직선적으로 증가하는 특성이 아니다. 틀린 기울기이며, 올바르게는 전기자 전압강하 때문에 속도가 직선적으로 감소하는 형태이다.

오답 포인트

분권 전동기의 속도가 대체로 일정하다는 표현을 ③의 완전한 수평선으로 오해하기 쉽다. 실제로는 부하전류가 증가할수록 $I_a R_a$ 전압강하가 커지므로 속도가 조금씩 감소하며, 이상적인 수평선이 아니라 ④와 같은 하강 직선으로 나타난다.

다시 나오면 이렇게 판단

분권 전동기에서는 먼저 계자자속 Φ가 거의 일정하다고 본다. 이어서 $N \propto V - I_a R_a$를 적용하면 부하전류 증가가 속도의 직선적 감소로 이어진다고 판단한다.

암기 포인트

분권 전동기의 속도특성은 정속도에 가깝지만, 부하가 커질수록 전기자 전압강하 때문에 완만하게 직선 하강한다.

NoteBase