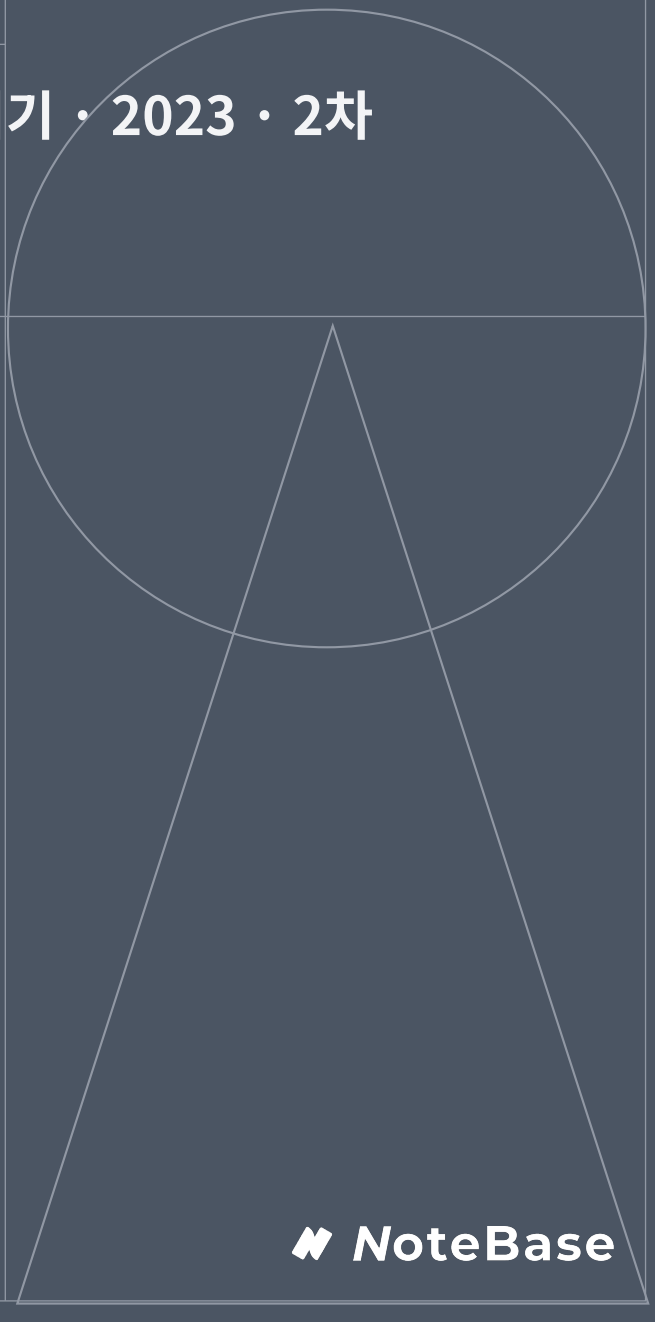
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 전기기기 · 2023 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 전기기기 · 2023 · 2차

공무원/국가직/7급 · 전기기기 · 2023 · 2차

문 1. 동기전동기의 부하가 무부하에서부터 전부하까지 증가하고 있을 때, 전동기의 속도에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 탈조는 발생하지 않는다)

① 일정하다.

② 지속적으로 감소한다.

③ 지속적으로 증가한다.

④ 초기에는 일정하다가 특정 부하 이상이 되면 감소한다.

정답 1번

출제 포인트

동기전동기의 부하가 증가할 때 속도가 어떻게 변하는지, 즉 동기속도 운전 특성을 묻는 문제이다.

핵심 개념

동기전동기는 전원 주파수와 극수로 정해지는 동기속도 $N_s = 120f/P$로 회전하는 전동기이다.
부하가 무부하에서 전부하까지 증가해도 탈조가 발생하지 않는 범위에서는 회전속도가 일정하다.
부하 증가에 대응하는 것은 주로 부하각과 전기자전류의 변화이지, 회전속도의 지속적인 증감이 아니다.

선지별 해설

① O: 동기전동기는 탈조가 발생하지 않는 한 동기속도로 운전되므로, 무부하에서 전부하까지 부하가 증가해도 속도는 일정하다.
② X: "지속적으로 감소한다"가 틀린 표현이다. 올바르게는 부하가 증가해도 탈조 전까지 속도는 일정하다.
③ X: "지속적으로 증가한다"가 틀린 표현이다. 올바르게는 동기속도가 전원 주파수와 극수로 정해지므로 부하 증가만으로 속도가 증가하지 않는다.
④ X: "특정 부하 이상이 되면 감소한다"가 틀린 표현이다. 올바르게는 안정 운전 범위에서는 속도가 일정하고, 한계를 넘으면 속도가 서서히 감소하는 것이 아니라 탈조가 발생한다.

NoteBase

오답 포인트

유도전동기의 부하 증가 시 슬립 증가와 속도 저하를 동기전동기에 그대로 적용하는 것이 함정이다. 이 문제는 단서에서 탈조가 발생하지 않는다고 했으므로, ④처럼 한계 이후의 속도 저하를 고르면 동기전동기의 기본 특성을 놓친 판단이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

동기전동기의 속도 문제에서는 먼저 탈조 여부를 본다. 탈조가 없고 전원 주파수와 극수가 일정하면 속도는 부하와 무관하게 동기속도로 일정하다고 판단한다.

암기 포인트

동기전동기는 탈조 전까지 정속도, 유도전동기는 부하가 커지면 슬립 증가로 속도 저하이다.

NoteBase

문 2. 타여자 직류발전기가 무부하 1,000[rpm]에서 5[A]의 여자전류로 100[V]의 유도기전력이 발생한다. 이 발전기가 무부하 800[rpm]에서 160[V]의 유도기전력을 얻기 위한 여자전류[A]는? (단, 철심의 자계포화는 무시한다)

① 4

② 6

③ 8

④ 10

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 타여자 직류발전기에서 자기포화를 무시할 때 유도기전력이 여자전류와 회전속도에 비례한다는 관계를 이용해 필요한 여자전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

처음 조건: 여자전류 $I_{f1} = 5A$, 회전속도 $N_1 = 1,000rpm$, 유도기전력 $E_1 = 100V$이다.
변경 조건: 회전속도 $N_2 = 800rpm$, 목표 유도기전력 $E_2 = 160V$이다.
주의할 조건: 철심의 자기포화를 무시하므로 자속 Φ는 여자전류 I_f에 비례한다.

사용할 공식

직류발전기의 유도기전력은 $E \propto \Phi N$이고, 자기포화를 무시하면 $\Phi \propto I_f$이므로 $E \propto I_f N$이다.
따라서 두 운전점 사이에는 다음 비례식이 성립한다.
$\frac{E_2}{E_1} = \frac{I_{f2}}{I_{f1}} \cdot \frac{N_2}{N_1}$
타여자 발전기에서는 여자전류를 외부에서 조절하므로, 목표 유도기전력에 맞추어 I_{f2}를 계산할 수 있다.

계산 과정

비례식에 수치를 대입하면 다음과 같다.
$\frac{160}{100} = \frac{I_{f2}}{5} \cdot \frac{800}{1,000}$
$1.6 = \frac{I_{f2}}{5} \cdot 0.8$
$\frac{I_{f2}}{5} = 2$
$I_{f2} = 10A$
필요한 여자전류는 $10A$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: $4A$를 대입하면 $E_2 = 100 \times \frac{4}{5} \times \frac{800}{1,000} = 64V$가 되어 목표값 $160V$에 미달한다. 틀린 표현은 $4A$이고, 올바르게는 $10A$이다.
② X: $6A$를 대입하면 $E_2 = 100 \times \frac{6}{5} \times \frac{800}{1,000} = 96V$가 되어 목표값 $160V$가 되지 않는다. 틀린 표현은 $6A$이고, 올바르게는 $10A$이다.
③ X: $8A$를 대입하면 $E_2 = 100 \times \frac{8}{5} \times \frac{800}{1,000} = 128V$가 되어 목표값 $160V$보다 작다. 틀린 표현은 $8A$이고, 올바르게는 $10A$이다.
④ O: $10A$를 대입하면 $E_2 = 100 \times \frac{10}{5} \times \frac{800}{1,000} = 160V$가 되어 문제의 목표 유도기전력과 일치한다.

오답 포인트

회전속도가 $1,000rpm$에서 $800rpm$으로 감소하므로, 같은 여자전류라면 유도기전력은 오히려 줄어든다. 따라서 유도기전력을 $100V$에서 $160V$로 올리려면 전압 증가분만 보는 것이 아니라 속도 감소분까지 보상하도록 여자전류를 더 크게 해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류발전기에서 자기포화를 무시한다는 조건이 있으면 $E \propto I_f N$으로 판단한다. 목표 전압 비율을 만들 때 회전속도 비율이 분모 쪽에서 보상되어야 하므로 $I_{f2} = I_{f1} \cdot \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{N_1}{N_2}$로 정리된다.

암기 포인트

직류발전기 유도기전력은 자속과 속도의 곱에 비례하고, 포화 무시 조건에서는 자속을 여자전류로 바꾸어 $E \propto I_f N$으로 계산한다.

NoteBase

문 3. 직류 직권발전기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 무부하일 때 전압이 확립된다.

② 계자저항은 최대한 작게 설계한다.

③ 계자권선과 전기자권선은 직렬로 연결된다.

④ 자기여자가 이루어지려면 계자전류의 기자력은 최대한 잔류자속과 같은 방향이어야 한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직류 직권발전기에서 부하전류와 계자전류가 같은 경로로 흐른다는 점을 이용해 무부하 전압 확립 여부를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

직류 직권발전기는 계자권선이 전기자와 부하에 직렬로 접속된 발전기이다.
직권발전기에서는 부하전류가 곧 계자전류가 되므로 부하가 없으면 계자전류도 거의 흐르지 않는다.
자기여자가 성립하려면 잔류자속에 의해 생긴 전압이 잔류자속을 돕는 방향의 계자전류를 만들고, 그 전류가 다시 자속을 키우는 방향이어야 한다.

선지별 해설

① X
무부하일 때 전압이 확립된다는 표현이 틀렸다. 직권발전기는 부하와 계자권선이 직렬이므로 무부하에서는 부하전류가 흐르지 않고 계자전류도 거의 흐르지 않는다. 따라서 자기여자에 필요한 계자전류가 형성되지 않아 전압이 확립되지 않는다. 올바르게는 직류 직권발전기는 무부하에서 전압이 확립되기 어렵다고 고친다.

② O
계자권선이 부하전류 전체를 흘리므로 전압강하와 동손을 줄이기 위해 계자저항을 작게 설계한다. 따라서 계자저항을 최대한 작게 설계한다는 설명은 직권발전기의 구조와 맞다.

③ O
직권발전기라는 이름 그대로 계자권선은 전기자권선 및 부하와 직렬로 연결된다. 그래서 부하전류와 계자전류가 같은 전류가 된다.

④ O
자기여자가 이루어지려면 계자전류가 만드는 기자력이 잔류자속을 돕는 방향이어야 한다. 반대 방향이면 잔류자속을 약화시켜 전압 상승이 일어나지 않는다.

NoteBase

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 직권발전기도 발전기이므로 무부하 전압이 당연히 생긴다고 생각하게 만드는 점이다. 분권발전기는 계자회로가 전기자 단자와 병렬이어서 무부하에서도 전압 확립을 논하지만, 직권발전기는 부하전류가 없으면 계자전류도 거의 없다는 차이가 결정적이다.

다시 나오면 이렇게 판단

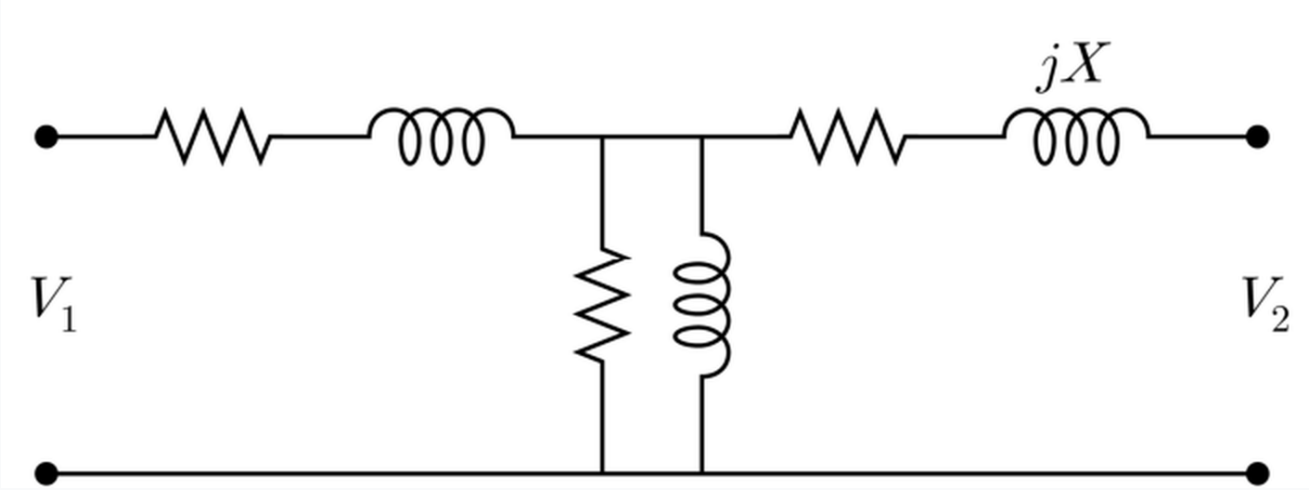
직권발전기 문항에서는 먼저 계자권선이 부하와 직렬인지 확인한다. 그다음 부하전류가 없으면 계자전류도 없다는 관계를 적용한다. 무부하 전압 확립을 말하면 직권발전기에는 맞지 않는 설명으로 판단한다.

암기 포인트

직권발전기는 부하전류가 계자전류이다. 무부하이면 계자도 거의 없고 전압 확립도 어렵다.

NoteBase

문 4. 그림은 권수비가 $a = \frac{N_1}{N_2}$인 변압기의 2차측을 1차측으로 환산한 등가회로이다. 리액턴스 X에 대한 설명으로 옳은 것은?



① a에 비례한다.

② a에 반비례한다.

③ a의 제곱에 비례한다.

④ a의 제곱에 반비례한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 변압기 등가회로에서 2차측 리액턴스를 1차측으로 환산할 때 권수비 $a = N_1/N_2$가 임피던스에 제곱으로 반영된다는 점을 묻는다.

핵심 정리

2차측 임피던스나 리액턴스를 1차측으로 환산하면 $Z_2' = a^2 Z_2$, $X_2' = a^2 X_2$가 된다. 전압은 권수비 a로 환산되지만, 임피던스는 전압과 전류의 비이므로 전류 환산까지 함께 반영되어 a^2가 붙는다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 2차측 리액턴스를 1차측으로 환산한 값은 a에 단순 비례하지 않고 a^2에 비례한다. 틀린 표현은 'a에 비례한다'이고, 올바르게는 'a^2에 비례한다'이다.
② X: a에 반비례한다는 설명은 1차 환산 리액턴스의 변환 방향과 맞지 않는다. 틀린 표현은 'a에 반비례한다'이고, 올바르게는 'a^2에 비례한다'이다.
③ O: 그림은 2차측을 1차측으로 환산한 등가회로이므로 2차측 리액턴스의 환산값 X는 원래 2차측 리액턴스에 a^2를 곱한 값이다. 따라서 X는 a의 제곱에 비례한다.
④ X: a^2에 반비례하는 것은 1차측 임피던스를 2차측으로 환산할 때의 방향에 해당한다. 틀린 표현은 'a^2에 반비례한다'이고, 올바르게는 '2차측을 1차측으로 환산한 X는 a^2에 비례한다'이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전압비 환산과 임피던스 환산을 같은 것으로 보는 데 있다. 권수비 a는 전압 환산에는 한 번 반영되지만, 리액턴스는 임피던스 성분이므로 1차측 환산에서 a^2가 반영된다.

다시 나오면 이렇게 판단

등가회로에서 어느 쪽으로 환산했는지를 먼저 본다. 2차측 임피던스를 1차측으로 옮기면 a^2를 곱하고, 1차측 임피던스를 2차측으로 옮기면 a^2로 나눈다고 판단한다.

암기 포인트

전압 환산은 a, 임피던스와 리액턴스의 1차측 환산은 a^2이다.

NoteBase

문 5. 3상 권선형 유도전동기의 최대토크가 10[N · m]일 때, 회전자 저항이 2배로 커지면 최대토크[N · m]는? (단, 유도전동기의 자화리액턴스는 매우 크다)

① 5
② 10
③ 15
④ 20

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 권선형 유도전동기에서 회전자 저항 변화가 최대토크와 최대토크 발생 슬립에 미치는 영향을 구별하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 처음 최대토크는 $10N \cdot m$이다.
변화 조건: 회전자 저항이 2배로 커진다.
구해야 할 값: 변화 후 최대토크 T_{max}이다.
주의할 조건: 자화리액턴스가 매우 크므로 통상적인 최대토크 근사식에서 최대토크는 회전자 저항에 무관하다고 본다.

사용할 공식

유도전동기의 최대토크 조건은 $s_m \propto R_2$이고, 최대토크 T_{max}는 R_2에 무관하다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 회전자 저항만 2배로 바꾸었고, 전압과 리액턴스 조건은 그대로이므로 저항 변화가 토크의 크기 자체가 아니라 최대토크가 생기는 슬립을 바꾸는 상황이기 때문이다.

계산 과정

처음 최대토크는 $10N \cdot m$이다.
회전자 저항 R_2가 2배가 되면 최대토크 발생 슬립 s_m은 2배가 된다.
그러나 최대토크 T_{max}는 R_2와 무관하므로 변화 후에도 $10N \cdot m$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: $5N \cdot m$는 회전자 저항이 커지면 최대토크가 반으로 줄어든다고 본 값이다. 틀린 표현은 최대토크가 저항 증가에 따라 감소한다는 판단이고, 올바르게는 최대토크는 그대로 $10N \cdot m$이다.
② O: 회전자 저항이 2배가 되어도 최대토크는 변하지 않으므로 $10N \cdot m$가 맞다. 변하는 것은 최대토크가 발생하는 슬립이다.
③ X: $15N \cdot m$는 회전자 저항 증가가 최대토크를 일부 증가시킨다고 본 값이다. 틀린 표현은 최대토크가 저항에 따라 증가한다는 판단이고, 올바르게는 최대토크는 저항과 무관하여 $10N \cdot m$이다.
④ X: $20N \cdot m$는 회전자 저항이 2배가 되면 최대토크도 2배가 된다고 본 값이다. 틀린 표현은 최대토크와 회전자 저항을 비례 관계로 본 점이고, 올바르게는 최대토크 발생 슬립이 2배가 되고 최대토크는 $10N \cdot m$로 유지된다는 것이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 회전자 저항 R_2와 비례하는 대상을 최대토크 T_{max}로 착각하게 하는 점이다. 권선형 유도전동기에서 저항 삽입은 기동특성과 최대토크 발생 위치를 바꾸지만, 같은 전원 조건에서 최대토크의 크기 자체를 2배로 만들지는 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

회전자 저항 변화 문제가 나오면 최대토크의 크기와 최대토크 발생 슬립을 분리해서 판단한다. R_2가 커지면 s_m은 커지고, T_{max}는 변하지 않는다고 본다.

암기 포인트

유도전동기에서 회전자 저항 증가는 최대토크가 아니라 최대토크 발생 슬립을 키운다.

NoteBase

문 6. 전력변환기기에서 사용되는 IGBT의 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 게이트, 컬렉터, 에미터로 이루어진 전력반도체 소자이다.

② 턴-온 되었을 때 컬렉터와 에미터 사이에 전류가 양방향으로 흐를 수 있는 소자이다.

③ 게이트와 에미터 사이의 전압 V_{GE}에 의하여 턴-온 또는 턴-오프 동작이 이루어지는 전압제어 스위칭 소자이다.

④ 일반적인 IGBT는 턴-오프되었을 때 컬렉터와 에미터 사이에 $V_{CE} > 0[V]$가 인가되면 오프 상태를 유지하며 정격 내압까지 전압을 견딜 수 있다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전력변환기기에 쓰이는 IGBT의 단자 구성, 전압제어 특성, 전류 방향성, 오프 상태 내압 특성을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

IGBT는 MOS 게이트 입력과 BJT의 전도 특성을 결합한 전력반도체 스위칭 소자이다.
단자는 게이트, 컬렉터, 에미터로 구성되며, 게이트-에미터 전압 V_{GE}로 턴온과 턴오프가 제어된다.
일반적인 IGBT 본체의 주전류는 한 방향으로 흐르며, 역방향 전류는 보통 별도의 역병렬 다이오드가 담당한다.

선지별 해설

① O: IGBT의 기본 단자는 게이트, 컬렉터, 에미터이다. MOSFET처럼 게이트가 제어 단자이고, 출력 측 단자는 컬렉터와 에미터로 본다.
② X: 틀린 부분은 "전류가 양방향으로 흐를 수 있는 소자"라는 표현이다. 일반적인 IGBT 본체는 턴온 시 컬렉터에서 에미터 방향의 주전류를 제어하는 단방향 소자이며, 양방향 전류 소자라고 보지 않는다. 올바르게는 "턴온되었을 때 컬렉터와 에미터 사이의 주전류가 한 방향으로 흐르는 소자"이다.
③ O: IGBT는 게이트와 에미터 사이의 전압 V_{GE}에 의해 턴온 또는 턴오프가 이루어지는 전압제어 스위칭 소자이다. 게이트 전류를 계속 흘려 제어하는 전류제어 소자가 아니다.
④ O: 일반적인 IGBT는 턴오프 상태에서 컬렉터-에미터 사이에 $V_{CE} > 0V$가 인가되면 순방향 차단 상태를 유지하고, 정격 내압 범위까지 전압을 견딜 수 있다.

오답 포인트

②의 함정은 전력변환 회로에서 IGBT와 역병렬 다이오드가 함께 쓰이는 경우를 IGBT 자체의 양방향 전류 특성으로 착각하게 만드는 데 있다. IGBT 본체의 전류 방향성과 모듈 또는 회로에 붙는 다이오드의 역방향 전류 경로를 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

IGBT 특성 문제에서는 단자명은 게이트·컬렉터·에미터인지, 제어량은 V_{GE}인지, 주전류는 단방향인지, 오프 상태에서 V_{CE} 순방향 내압을 견디는지를 차례로 확인한다.

암기 포인트

IGBT는 G-C-E 단자, V_{GE} 전압제어, 주전류 단방향, 오프 시 순방향 내압 차단으로 정리된다.

NoteBase

문 7. 3상 $100\sqrt{3}$[kVA], 3, 000/200[V] V-V 결선 변압기가 0.8 지상역률로 운전하고 있을 때, 저압 측 유효전류[A]와 무효전류[A]는?

① 유효전류[A]: 300, 무효전류[A]: 400

② 유효전류[A]: $300\sqrt{3}$, 무효전류[A]: $400\sqrt{3}$

③ 유효전류[A]: 400, 무효전류[A]: 300

④ 유효전류[A]: $400\sqrt{3}$, 무효전류[A]: $300\sqrt{3}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 3상 피상전력과 저압 선간전압으로 저압 측 선전류를 구한 뒤, 역률의 유효분과 무효분으로 나누는 문제이다.

조건 정리

주어진 3상 용량은 $100\sqrt{3}$kVA, 저압 측 선간전압은 200V, 역률은 $\cos\phi = 0.8$ 지상이다.
구해야 할 값은 저압 측 유효전류와 무효전류의 크기이다.
지상역률은 전류가 전압보다 늦는다는 뜻이지만, 이 문항은 전류 성분의 크기를 묻기 때문에 유효분과 무효분의 절댓값을 계산한다.

사용할 공식

3상 피상전력과 선전류의 관계는 $S = \sqrt{3} V_L I_L$이다.
따라서 저압 측 선전류는 $I_L = \frac{S}{\sqrt{3} V_L}$로 구한다.
유효전류는 $I_P = I_L \cos\phi$, 무효전류는 $I_Q = I_L \sin\phi$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 3상 정격용량과 저압 측 선간전압이 직접 주어져 있으므로, 저압 측 선전류를 먼저 구한 다음 역률 성분으로 분해하는 상황이기 때문이다.

계산 과정

1. 피상전력을 VA로 맞추면 $S = 100\sqrt{3}\text{kVA} = 100000\sqrt{3}\text{VA}$이다.
2. 저압 측 선전류는 $I_L = \frac{100000\sqrt{3}}{\sqrt{3} \times 200} = 500\text{A}$이다.
3. 역률이 0.8이므로 $\sin\phi = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$이다.
4. 유효전류는 $I_P = 500 \times 0.8 = 400\text{A}$이다.
5. 무효전류는 $I_Q = 500 \times 0.6 = 300\text{A}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 유효전류 300A, 무효전류 400A는 역률 0.8과 $\sin\phi = 0.6$을 서로 바꿔 적용한 값이다. 올바르게는 유효전류 400A, 무효전류 300A이다.
② X: 유효전류와 무효전류에 불필요한 $\sqrt{3}$이 남아 있고, 두 성분도 뒤바뀐 형태이다. 올바르게는 3상 전류 계산에서 $S = \sqrt{3}V_L I_L$의 $\sqrt{3}$이 약분되어 유효전류 400A, 무효전류 300A가 된다.
③ O: 저압 측 선전류가 500A이고, 이를 역률 성분으로 나누면 유효전류 $500 \times 0.8 = 400$A, 무효전류 $500 \times 0.6 = 300$A가 된다.
④ X: 유효전류와 무효전류의 비율은 맞지만 $\sqrt{3}$을 한 번 더 곱한 값이다. 올바르게는 $\sqrt{3}$을 추가하지 않고 유효전류 400A, 무효전류 300A이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 문제의 $100\sqrt{3}$kVA와 3상 공식의 $\sqrt{3}$을 동시에 보면서 전류에도 $\sqrt{3}$을 남기는 실수이다. 또한 역률 0.8은 유효성분에 곱하고, $\sin\phi = 0.6$은 무효성분에 곱한다는 점을 바꾸면 ①처럼 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

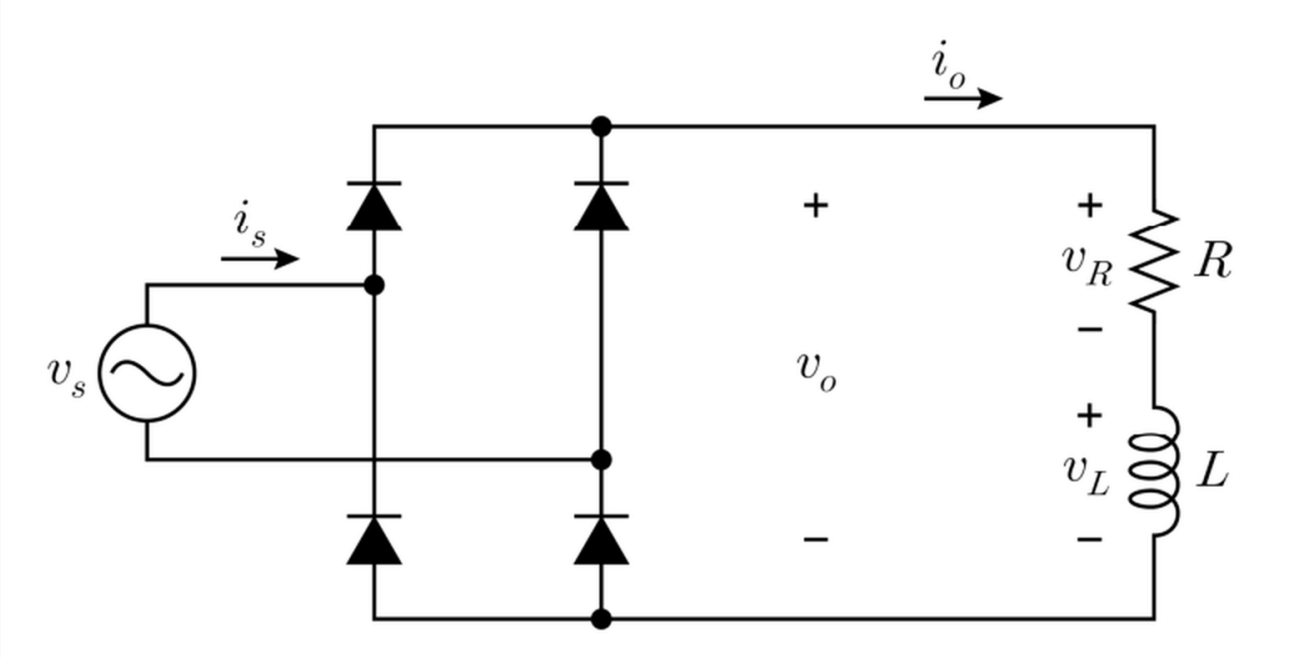
3상 변압기에서 선간전압과 3상 피상전력이 주어지면 먼저 $I_L = S/(\sqrt{3}V_L)$로 선전류를 구한다. 그 다음 유효전류는 $I_L\cos\phi$, 무효전류는 $I_L\sin\phi$로 분해한다.

암기 포인트

3상 전류는 $S = \sqrt{3}VI$, 유효분은 $I\cos\phi$, 무효분은 $I\sin\phi$이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 유도성 부하를 가지는 전력변환회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 회로는 정상상태이고 L은 전류 리플을 무시할 정도로 충분히 크다)



① L에 인가되는 전압 v_L의 평균값은 0이다.

② 출력전류 i_o의 실횻값은 평균값보다 크다.

③ 출력전압 V_o의 평균값은 R의 크기에 상관없이 일정하다.

④ 출력전압 V_o의 평균값은 입력전압 V_s의 실횻값의 크기에 비례한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 브리지 전파정류회로에 큰 인덕턴스의 유도성 부하가 연결된 경우, 정상상태 평균전압과 리플을 무시한 출력전류의 실효값 관계를 판단하는 문제이다.

핵심 개념

정상상태의 인덕터는 한 주기 뒤 전류가 원래 값으로 돌아오므로 평균전압이 0이다. 이상적인 단상 전파정류회로의 출력전압 평균값은 $V_{o,avg} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}V_s$이고, 부하저항 R이 아니라 입력전압의 크기에 의해 정해진다. L이 충분히 커서 전류 리플을 무시하면 출력전류 i_o는 거의 직류이므로 실효값과 평균값이 사실상 같다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 인덕터 전압은 $v_L = L\frac{di}{dt}$이고, 정상상태에서는 한 주기 동안 전류 변화의 순증가가 없다. 따라서 v_L의 평균값은 0이므로 옳은 설명이다.
② X: L이 전류 리플을 무시할 정도로 충분히 크다는 조건에서는 i_o가 거의 일정한 직류전류로 취급된다. 일정한 직류전류의 실효값은 평균값과 같으므로, '실효값은 평균값보다 크다'가 틀린 표현이다. 올바르게는 '출력전류 i_o의 실효값은 평균값과 거의 같다'이다.
③ O: 이상적인 브리지 전파정류회로에서 출력전압 v_o는 입력 교류전압의 절댓값 파형이 된다. 따라서 v_o의 평균값은 입력전압의 크기에 의해 정해지고, R의 크기와는 직접 관계가 없으므로 옳은 설명이다.
④ O: 단상 전파정류 출력전압의 평균값은 $V_{o,avg} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}V_s$로 나타난다. 따라서 입력전압 v_s의 실효값 크기에 비례하므로 옳은 설명이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 '실효값은 평균값보다 크다'는 일반 명제를 리플이 무시되는 직류전류에도 그대로 적용하게 만드는 점이다. 리플이 있는 맥동전류라면 실효값이 평균값보다 커질 수 있지만, 이 문제는 L이 충분히 커서 전류 리플을 무시한다는 조건이 명시되어 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

유도성 부하 정류회로에서는 정상상태 인덕터 평균전압이 0인지, 출력전압 평균값이 입력전압 파형의 정류 평균값인지, 그리고 큰 L 조건 때문에 출력전류를 거의 일정한 직류로 볼 수 있는지를 차례로 확인한다.

암기 포인트

큰 L의 정류부하는 전류 리플을 줄이므로 I_{rms}와 I_{avg}를 거의 같게 만들고, 전파정류 평균전압은 입력 실효값에 비례한다.

NoteBase

문 9. 3상 동기발전기의 무부하 유도기전력과 부하역률이 일정할 때, 부하전류에 따른 단자전압의 변화에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 지상역률에서 부하전류가 감소하면 단자전압은 변하지 않는다.

② 진상역률에서 부하전류가 증가하면 단자전압은 변하지 않는다.

③ 지상역률에서 부하전류가 증가하면 단자전압은 감소한다.

④ 진상역률에서 부하전류가 감소하면 단자전압은 증가한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 동기발전기에서 여자와 역률이 일정할 때 부하전류 증가가 단자전압에 미치는 영향을 묻는다.

핵심 개념

무부하 유도기전력이 일정하다는 것은 여자전류가 일정하다는 뜻이다.
지상역률 부하는 전기자반작용이 감자적으로 작용하고 동기리액턴스 전압강하도 커지므로 부하전류가 증가할수록 단자전압이 감소한다.
진상역률 부하는 전기자반작용이 증자적으로 작용하므로 부하전류가 증가하면 단자전압이 상승하는 방향으로 나타난다.

선지별 해설

① X: 지상역률에서 부하전류가 감소하면 단자전압이 변하지 않는 것이 아니라, 부하에 의한 전압강하와 감자작용이 줄어 단자전압이 상승하는 방향으로 변한다. 틀린 표현은 "변하지 않는다"이고, 올바르게는 "증가한다"이다.
② X: 진상역률에서 부하전류가 증가하면 단자전압은 변하지 않는 것이 아니라 증가하는 방향으로 변한다. 틀린 표현은 "변하지 않는다"이고, 올바르게는 "증가한다"이다.
③ O: 지상역률에서는 부하전류가 증가할수록 전기자반작용의 감자효과와 전압강하가 커지므로 단자전압이 감소한다.
④ X: 진상역률에서 부하전류가 감소하면 증자작용이 약해지므로 단자전압은 증가가 아니라 감소하는 방향으로 변한다. 틀린 표현은 "증가한다"이고, 올바르게는 "감소한다"이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 지상역률과 진상역률의 전압변동 방향을 바꾸어 제시한 점이다. 지상역률은 부하가 커질수록 전압이 내려가고, 진상역률은 부하가 커질수록 전압이 올라가는 방향으로 판단한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

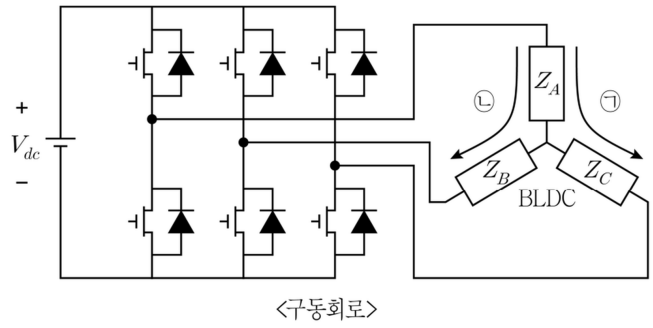
동기발전기에서 여자 일정 조건이 나오면 역률부터 본다. 지상역률은 부하전류 증가 시 단자전압 감소, 진상역률은 부하전류 증가 시 단자전압 증가로 판단한다.

암기 포인트

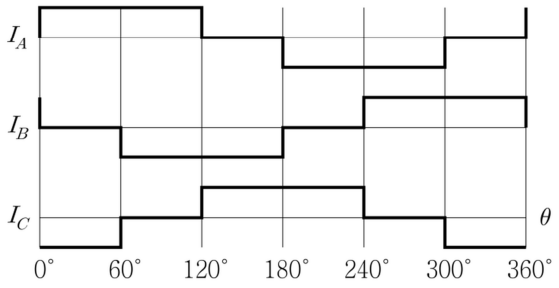
동기발전기 전압변동은 지상 증가이면 전압 감소, 진상 증가이면 전압 증가이다.

NoteBase

문 10. 그림은 3상 2여자 방식 BLDC 전동기의 구동회로와 전류변환도이다. 구동회로에서 전류가 ㉠에서 ㉡으로 전환될 때의 위상각 θ를 전류변환도에서 찾으면?



<구동회로>



<전류변화도>

① 60 °

② 120 °

③ 180 °

④ 240 °

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 3상 2여자 BLDC 전동기의 도통 상태를 전류변화도에서 읽고, ㄱ 상태에서 ㄴ 상태로 바뀌는 전환각 θ를 찾는 문제이다.

자료 읽는 순서

ㄱ은 전류가 A상으로 들어가 C상으로 나가는 상태, 즉 $I_A > 0$, $I_C < 0$, $I_B = 0$인 구간으로 읽는다.
ㄴ은 전류가 A상으로 들어가 B상으로 나가는 상태, 즉 $I_A > 0$, $I_B < 0$, $I_C = 0$인 구간으로 읽는다.
전류변화도에서 ㄱ 상태는 0 °부터 60 °까지이고, ㄴ 상태는 60 °부터 120 °까지이므로 전환각은 60 °이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 O: 60 °에서 I_C가 음전류에서 무전류로 바뀌고 I_B가 무전류에서 음전류로 바뀐다. I_A는 양전류로 유지되므로 ㄱ의 A-C 도통 상태가 ㄴ의 A-B 도통 상태로 전환되는 지점이 맞다.
2번 X: 120 °는 I_A가 양전류에서 무전류로 바뀌고 I_C가 양전류로 들어오는 다음 전환점이다. ㄱ에서 ㄴ으로의 전환이 아니라 ㄴ 상태 이후의 전환이므로 올바르게는 60 °이다.
3번 X: 180 °는 I_A가 음전류로 바뀌고 I_B가 무전류가 되는 전환점이다. A-C 도통에서 A-B 도통으로 바뀌는 지점이 아니므로 올바르게는 60 °이다.
4번 X: 240 °는 I_C가 무전류가 되고 I_B가 양전류로 바뀌는 전환점이다. ㄱ에서 ㄴ으로 전환되는 첫 경계가 아니므로 올바르게는 60 °이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전류가 60도마다 전환된다는 사실만 보고 아무 전환점이나 고르는 데 있다. 이 문항은 전체 전환 주기가 아니라 ㄱ의 도통상태와 ㄴ의 도통상태가 만나는 바로 그 경계를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

BLDC 3상 2여자 파형에서는 두 상만 전류가 흐르고 한 상은 쉰다. 그림의 도통상태를 먼저 I_A, I_B, I_C의 부호 조합으로 바꾼 뒤, 전류변화도에서 그 부호 조합이 바뀌는 경계각을 찾는다.

암기 포인트

3상 2여자 BLDC의 도통상태는 60도마다 한 상씩 교체되며, A-C 도통에서 A-B 도통으로 바뀌는 경계는 60 °이다.

NoteBase

문 11. 220 [V], 96 [kW], 60 [Hz]인 4극 3상 권선형 유도전동기가 슬립 0.04에서 동작하고 있을 때, 회전자 동손[kW]은? (단, 기계 손실은 무시한다)

① 2

② 4

③ 5

④ 10

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 유도전동기에서 슬립과 출력의 관계를 이용해 회전자 동손을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 출력은 $96kW$이다.
슬립은 $s = 0.04$이다.
기계 손실을 무시하므로 축출력은 기계적 출력 P_m과 같게 본다.
구해야 할 값은 회전자 동손 P_{cu2}이다.

사용할 공식

유도전동기에서 공극전력 P_2, 회전자 동손 P_{cu2}, 기계적 출력 P_m의 관계는 다음과 같다.
$P_{cu2} = sP_2$
$P_m = (1 - s)P_2$
따라서 기계 손실을 무시하면 다음 식을 쓴다.
$P_{cu2} = \frac{s}{1-s}P_{out}$
이 식을 쓰는 이유는 문제의 출력 $96kW$가 기계 손실 무시 조건에서 $(1 - s)P_2$에 해당하기 때문이다.

계산 과정

$P_{cu2} = \frac{0.04}{1 - 0.04} \times 96$
$P_{cu2} = \frac{0.04}{0.96} \times 96 = 4kW$
회전자 동손은 $4kW$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: $2kW$는 계산 결과 $4kW$와 다르다. ①의 2는 올바르게는 $4kW$가 된다.
② O: $\frac{0.04}{0.96} \times 96 = 4kW$이므로 ②의 4가 맞다.
③ X: $5kW$는 회전자 동손을 과대평가한 값이다. ③의 5는 올바르게는 $4kW$가 된다.
④ X: $10kW$는 슬립 관계로 나온 회전자 동손보다 훨씬 크다. ④의 10은 올바르게는 $4kW$가 된다.

오답 포인트

출력 $96kW$에 슬립 s를 단순히 곱하는 것이 핵심이 아니다. 회전자 동손은 공극전력의 s배이고, 출력은 기계손실 무시 조건에서 공극전력의 $(1-s)$배이므로 $\frac{s}{1-s}$를 출력에 곱해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

유도전동기에서 출력과 슬립이 주어지고 회전자 동손을 물으면 먼저 출력이 $(1-s)P_2$인지 확인하고, 기계손실이 없으면 $P_{cu2} = \frac{s}{1-s}P_{out}$으로 판단한다.

암기 포인트

유도전동기의 회전자 동손은 공극전력 기준으로 sP_2, 출력 기준으로는 $\frac{s}{1-s}P_{out}$이다.

NoteBase

문 12. 단상 50[kVA], 2, 400/240[V], 60[Hz] 배전용 변압기의 개방시험 전력은 1, 800[W]이고 단락시험 전력은 3, 200[W]일 때, 전부하 효율[%]은? (단, 변압기는 0.7 지상역률에서 전부하로 동작하며 표류부하손은 무시한다)

① 72.5

② 77.5

③ 82.5

④ 87.5

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 변압기 시험손을 이용해 전부하 효율을 구하는 문제이다.

조건 정리

정격 용량은 $50kVA$이다.
전부하 역률은 0.7 지상이다.
개방시험 전력 $1,800W$는 철손으로 본다.
단락시험 전력 $3,200W$는 전부하 동손으로 본다.
표류부하손은 무시한다.

사용할 공식

변압기 효율은 $\eta = \frac{P_o}{P_o + P_i + P_c} \times 100$ 이다.
여기서 P_o는 출력, P_i는 철손, P_c는 동손이다. 전부하 운전이므로 출력은 정격 피상전력에 역률을 곱하고, 단락시험 전력은 정격 전류에서의 전부하 동손으로 사용한다.

계산 과정

전부하 출력은 $P_o = 50kVA \times 0.7 = 35kW$ 이다.
철손은 $1,800W = 1.8kW$이다.
전부하 동손은 $3,200W = 3.2kW$이다.
총손실은 $1.8kW + 3.2kW = 5kW$ 이다.
효율은 $\eta = \frac{35}{35+5} \times 100 = 87.5\%$ 이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 계산 결과는 87.5%이므로 72.5는 틀리다. 올바른 값은 87.5이다.
② X: 개방시험손과 단락시험손을 모두 손실에 더해도 효율은 77.5가 아니라 87.5%이다. 올바른 값은 87.5이다.
③ X: 전부하 출력 35kW와 총손실 5kW를 사용하면 82.5가 나오지 않는다. 올바른 값은 87.5이다.
④ O: 35/(35 + 5) × 100 = 87.5%이므로 전부하 효율은 87.5이다.

오답 포인트

개방시험 전력과 단락시험 전력을 더한 5kW를 출력에서 빼거나, 정격 50kVA를 그대로 유효출력으로 쓰면 오답이 된다. 효율의 분자는 부하에 공급되는 유효출력이고, 손실은 분모에 더해지는 값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 효율 문제는 개방시험 전력은 철손, 단락시험 전력은 정격 전류 기준 동손, 출력은 kVA ×역률로 정리한 뒤 출력/(출력+손실)을 적용한다.

암기 포인트

개방시험은 철손, 단락시험은 동손, 효율은 출력 나누기 출력과 손실의 합이다.

NoteBase

문 13. 단자전압의 극성을 반대로 할 때, 회전방향이 반대가 되는 직류 전동기는?

① 타여자 직류전동기

② 분권 직류전동기

③ 직권 직류전동기

④ 복권 직류전동기

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직류전동기에서 단자전압의 극성을 반대로 했을 때 전기자전류와 계자자속의 방향이 어떻게 바뀌는지를 묻는다.

핵심 개념

직류전동기의 회전방향은 토크 방향으로 결정되고, 토크 방향은 $T \propto \Phi I_a$의 부호로 판단한다.
타여자 전동기는 계자전원이 따로 있으므로 전기자 단자전압을 반대로 하면 I_a만 반대가 되어 회전방향이 바뀐다.
분권, 직권, 복권 전동기는 같은 단자전압에 계자와 전기자가 함께 물리므로 단자전압 극성을 반대로 하면 계자자속 Φ와 전기자전류 I_a가 함께 반대가 되어 토크 방향은 그대로이다.

선지별 해설

① O: 타여자 직류전동기는 계자회로가 전기자회로와 별도 전원으로 여자된다. 단자전압의 극성을 반대로 하면 전기자전류 I_a의 방향만 반대가 되고 계자자속 Φ는 그대로이므로 ΦI_a의 부호가 바뀌어 회전방향이 반대가 된다.
② X: 분권 직류전동기는 전기자와 분권계자가 같은 전원 단자에 병렬로 연결된다. 단자전압 극성을 반대로 하면 전기자전류와 계자전류가 모두 반대가 되어 토크 방향은 변하지 않는다. 틀린 표현은 "분권 직류전동기"이며, 올바르게는 "회전방향이 반대가 되지 않는 직류전동기"이다.
③ X: 직권 직류전동기는 전기자와 직권계자가 직렬로 연결되어 같은 전류가 흐른다. 단자전압 극성을 반대로 하면 전기자전류와 계자자속이 동시에 반대가 되므로 ΦI_a의 부호가 유지된다. 틀린 표현은 "직권 직류전동기"이며, 올바르게는 "단자 극성만 반대로 해도 회전방향이 그대로인 직류전동기"이다.
④ X: 복권 직류전동기는 분권계자와 직권계자를 함께 가진 전동기이다. 단자전압 극성을 반대로 하면 전기자전류와 계자전류들이 함께 반대가 되어 전체 자속과 전기자전류가 동시에 반대가 되므로 회전방향은 유지된다. 틀린 표현은 "복권 직류전동기"이며, 올바르게는 "단자 극성 반전만으로는 회전방향이 반대가 되지 않는 직류전동기"이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전압 극성을 반대로 하면 모든 직류전동기가 반대로 돈다고 생각하게 만드는 점이다.
회전방향은 전압의 +, - 자체가 아니라 계자자속 Φ와 전기자전류 I_a 중 하나만 반대가 되는지로 결정된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

단자전압 반전 문제가 나오면 계자와 전기자가 같은 전원에 묶여 있는지를 먼저 본다. 계자자속과 전기자전류가 둘 다 반대가 되면 회전방향은 그대로이고, 둘 중 하나만 반대가 되면 회전방향이 반대가 된다.

암기 포인트

타여자는 전기자만 뒤집히면 역회전, 분권·직권·복권은 계자와 전기자가 함께 뒤집혀 같은 방향이다.

NoteBase

문 14. 직류발전기의 전기자 반작용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전기자 반작용에 의해 자기적 중성점이 회전방향으로 이동한다.

② 전기자 반작용에 의해 단자전압의 특성곡선은 비선형적인 형태를 이룬다.

③ 보극은 계자극면에 위치하고 전기자전류에 비례하여 전기자 반작용을 제거한다.

④ 전기자 반작용을 제거하기 위해 보극과 보상권선을 동시에 사용할 수 있다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직류발전기의 전기자 반작용과 이를 줄이는 보극, 보상권선의 설치 위치를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

전기자 반작용은 전기자전류가 만드는 자속이 주자속을 왜곡하거나 약화시키는 현상이다.
보극은 주자극 사이의 자기적 중성축 부근에 설치되어 정류를 돕고 전기자 반작용의 영향을 줄인다.
보상권선은 주자극의 극면에 넣어 전기자전류와 직렬로 접속하고, 극면 아래의 전기자 반작용을 상쇄한다.

선지별 해설

1번 O: 직류발전기에서는 전기자 반작용으로 자기적 중성점이 회전방향으로 이동한다. 발전기와 전동기는 중성점 이동 방향을 서로 반대로 보는 것이 핵심이다.
2번 O: 부하가 증가하면 전기자전류가 증가하고 전기자 반작용으로 주자속이 왜곡·감소한다. 이 영향 때문에 단자전압 특성곡선은 단순한 직선 저하가 아니라 비선형적인 형태가 된다.
3번 X: 틀린 부분은 "보극은 계자극면에 위치"한다는 표현이다. 보극은 계자극면이 아니라 주자극 사이의 중성축 부근에 설치된다. 올바르게는 "보상권선은 계자극면에 위치하고, 보극은 주자극 사이에 위치하여 전기자전류에 비례하는 자속으로 전기자 반작용과 정류 문제를 줄인다"이다.
4번 O: 전기자 반작용을 줄이기 위해 보극과 보상권선을 함께 사용할 수 있다. 보극은 주로 정류 구역의 반작용을 보상하고, 보상권선은 극면 아래의 반작용을 보상한다.

오답 포인트

③은 보극과 보상권선의 설치 위치를 바꾸어 놓은 선지이다. "계자극면"이라는 말이 나오면 보상권선을 떠올려야 하고, 보극은 주자극 사이의 중성축 부근에 둔다.

다시 나오면 이렇게 판단

전기자 반작용 문제에서는 먼저 발전기인지 전동기인지 확인해 중성점 이동 방향을 판단하고, 보상 장치가 나오면 보극은 주자극 사이, 보상권선은 극면이라는 위치 구분으로 판단한다.

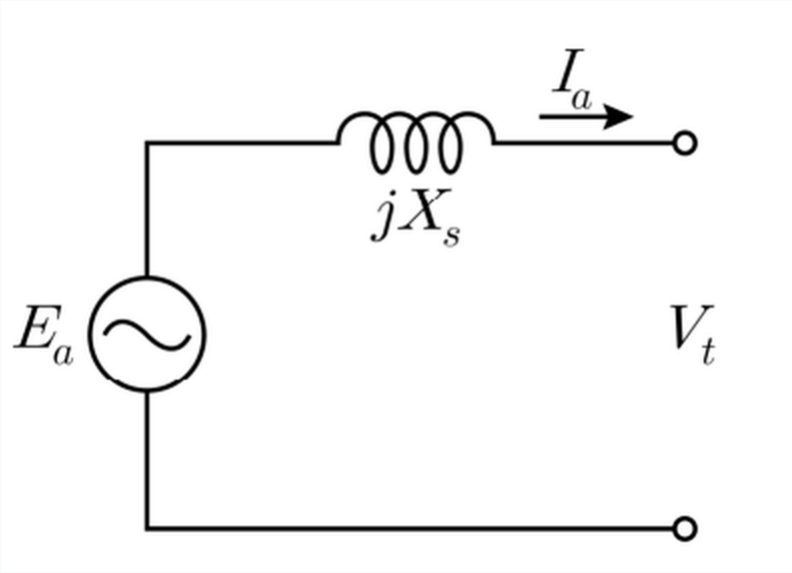
NoteBase

암기 포인트

발전기 중성점은 회전방향, 보극은 주자극 사이, 보상권선은 극면이다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 원통형 동기기 등가회로에서, 유도기전력 E_a의 크기가 단자전압 V_t의 크기보다 작고, 유도기전력 E_a의 위상이 단자전압 V_t의 위상보다 앞서고 있을 때의 설명으로 옳지 않은 것은? (단, I_a는 전기자전류이고, X_s는 동기리액턴스이다)



① 발전기로 동작한다.

② I_a의 위상이 V_t의 위상보다 뒤진다.

③ 단자에서 발생하는 무효전력이 0보다 작다.

④ E_a의 위상이 V_t의 위상보다 90° 앞설 때 최대전력이 발생한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 원통형 동기기의 등가회로에서 E_a, V_t, I_a, jX_sI_a의 페이저 관계와 유효·무효전력 부호를 판단하는 문제이다.

조건 정리

전기자저항을 무시한 등가회로이고, 전류 화살표는 내부 유도기전력 쪽에서 단자 쪽으로 향한다.
주어진 조건은 $|E_a| < |V_t|$이고 E_a의 위상이 V_t보다 앞서는 상태이다.
발문은 옳지 않은 설명을 묻는다.

사용할 공식

발전기 기준 전압식은 $E_a = V_t + jX_sI_a$이다.
전력각을 δ라 하면 원통형 동기기의 유효전력은 $P = \frac{E_aV_t}{X_s}\sin\delta$이고, 단자에서의 무효전력은 $Q = \frac{V_t}{X_s}(E_a\cos\delta - V_t)$로 판단할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

V_t를 기준 페이저로 두면 E_a가 앞서므로 $\delta > 0$이다.
따라서 $P = \frac{E_a V_t}{X_s}\sin\delta > 0$가 되어 발전기 동작이 된다.
또 $|E_a| < |V_t|$이면 $E_a\cos\delta < V_t$이므로 $Q = \frac{V_t}{X_s}(E_a\cos\delta - V_t) < 0$이다.
전압식 $jX_sI_a = E_a - V_t$에서 I_a는 V_t보다 앞서는 성분을 가지므로 전기자전류는 뒤지는 전류가 아니다.

선지 판단

① O: E_a가 V_t보다 앞서므로 전력각 δ가 양수이고, $P = \frac{E_a V_t}{X_s}\sin\delta$가 양수가 된다. 그림의 전류 방향 기준에서는 발전기로 동작한다.
② X: $jX_sI_a = E_a - V_t$이므로 주어진 조건에서는 I_a가 V_t보다 뒤지는 것이 아니라 앞서는 전류가 된다. 틀린 표현은 "I_a의 위상이 V_t의 위상보다 뒤진다"이고, 올바르게는 "I_a의 위상이 V_t의 위상보다 앞선다"이다.
③ O: $Q = \frac{V_t}{X_s}(E_a\cos\delta - V_t)$이고 $|E_a| < |V_t|$이면 $E_a\cos\delta - V_t < 0$이다. 따라서 단자에서 발생하는 무효전력은 음수이다.
④ O: 유효전력 $P = \frac{E_a V_t}{X_s}\sin\delta$는 E_a와 V_t의 크기가 일정할 때 $\delta = 90^\circ$에서 최대가 된다. 따라서 E_a의 위상이 V_t보다 90° 앞설 때 최대전력이 발생한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 E_a가 앞선다는 사실만 보고 전기자전류도 무조건 지상이라고 판단하게 만드는 데 있다. 전류 위상은 E_a와 V_t를 직접 비교하는 것이 아니라 $jX_sI_a = E_a - V_t$에서 j에 의한 90° 회전을 풀어 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

동기기 등가회로 문제는 먼저 전류 화살표로 발전기 기준식을 정하고, 다음에 E_a와 V_t의 위상차로 유효전력 부호를 판단하며, 마지막에 $Q = \frac{V_t}{X_s}(E_a\cos\delta - V_t)$로 무효전력 부호를 판단한다.

암기 포인트

원통형 동기기에서 E_a가 V_t보다 앞서면 발전기 전력각이고, $|E_a| < |V_t|$이면 부족여자 발전기처럼 단자 무효전력은 음수가 된다.

NoteBase

문 16. 400V, 24kW, 60Hz, **3상 Y결선 동기전동기의 효율이** 75%**이고 역률이 0.8일 때, 이 동기전동기의 부하전류**[A]**는?**

① 80
② 100
③ $\frac{80}{\sqrt{3}}$
④ $\frac{100}{\sqrt{3}}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 동기전동기의 출력, 효율, 역률을 이용해 3상 입력전력식에서 부하전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

정격 출력은 $24kW$이고 효율은 75%이다.
선간전압은 $400V$, 역률은 0.8이다.
3상 Y결선에서 선전류와 상전류는 같고, 3상 전력식에는 선간전압을 그대로 사용할 수 있다.

사용할 공식

전동기의 입력 유효전력은 $P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta}$이다.
3상 입력 유효전력은 $P_{in} = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$이다.
효율이 주어진 전동기 문제이므로 먼저 출력전력을 입력전력으로 바꾼 뒤 전류를 구해야 한다.

계산 과정

입력 유효전력은 다음과 같다.
$P_{in} = \frac{24kW}{0.75} = 32kW$
3상 전력식에 대입하면 다음과 같다.
$32,000 = \sqrt{3} \times 400 \times I_L \times 0.8$
따라서 부하전류는 다음과 같다.
$I_L = \frac{32,000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8} = \frac{100}{\sqrt{3}} A$

NoteBase

선지 판단

① X: 계산 결과는 $\frac{100}{\sqrt{3}}A$이므로 $80A$가 아니다. $80A$는 효율을 고려한 입력전력 $32kW$를 선간전압 $400V$로만 나누어 역률과 $\sqrt{3}$을 빠뜨릴 때 나오는 값이다. 올바르게는 $\frac{100}{\sqrt{3}}A$이다.
② X: $100A$가 아니다. $100A$는 $32,000/(400 \times 0.8)$처럼 효율과 역률은 반영했지만 3상식의 $\sqrt{3}$을 빠뜨릴 때 나오는 값이다. 올바르게는 $\sqrt{3}$이 분모에 남아 $\frac{100}{\sqrt{3}}A$가 된다.
③ X: $\frac{80}{\sqrt{3}}A$가 아니다. 이 값은 $24kW$를 그대로 입력전력으로 보고 효율 75%를 반영하지 않을 때 나온다. 올바르게는 출력 $24kW$를 0.75로 나누어 $32kW$를 사용한다.
④ O: $P_{in} = 32kW$를 $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$에 대입하면 $I_L = \frac{100}{\sqrt{3}}A$가 되므로 옳다.

오답 포인트

정격 $24kW$를 전동기 출력으로 보아야 하는데, 이를 그대로 입력전력으로 쓰면 ③이 나온다. 또 3상 전력식의 $\sqrt{3}$이나 역률 0.8을 빠뜨리면 ①, ②처럼 정수형 오답으로 흐른다.

다시 나오면 이렇게 판단

전동기 전류 계산은 출력전력에서 효율을 먼저 반영해 입력전력을 구하고, 그 다음 $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$에 대입해 판단한다. Y결선이라는 조건은 선간전압과 상전압의 관계를 확인하게 하지만, 3상 전체 전력식에서는 선간전압 V_L과 선전류 I_L를 그대로 쓴다.

암기 포인트

전동기 입력전력은 출력전력 나누기 효율이고, 3상 전력은 $\sqrt{3}$ ×선간전압×선전류×역률이다.

NoteBase

문 17. 변압기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 스코트 결선 변압기의 이용률은 57.7[%]이다.

② 권선의 저항을 줄이면 전압변동률이 줄어든다.

③ $\Delta - Y$ 결선은 결선 자체만으로 $\sqrt{3}$배의 승압효과가 있고 발전기를 송전계통에 접속하는 승압변압기에 사용된다.

④ 변압기의 2차측을 단락하고 1차측에 낮은 전압을 가하여 1차 전류를 정격전류와 같도록 조정하였을 때의 1차측 전압을 임피던스 전압이라 한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 변압기 결선별 이용률, 전압변동률, 승압 결선, 임피던스 전압의 정의를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

스코트 결선은 3상과 2상을 변환하는 특수 결선이며, 단상 변압기 2대의 용량을 같은 방식으로 쓰지 않는다.
전압변동률은 권선 저항과 누설 리액턴스에 의한 내부 전압강하가 작을수록 작아진다.
$\Delta - Y$ 결선은 선간전압 기준으로 $\sqrt{3}$배 승압 효과가 있어 발전기와 송전계통 사이의 승압변압기에 쓰인다.
임피던스 전압은 2차측 단락 상태에서 정격전류가 흐르도록 1차측에 가한 낮은 전압이다.

선지별 해설

1번 X: 스코트 결선 변압기의 이용률을 57.7%라고 한 부분이 틀렸다. 스코트 결선의 이용률은 보통 $\frac{\sqrt{3}}{1+0.866} \times 100 \approx 92.8\%$로 본다. 57.7%는 주로 V결선 출력비와 연결되는 값이므로, 올바른 표현은 "스코트 결선 변압기의 이용률은 약 92.8%이다"이다.
2번 O: 권선 저항은 부하전류가 흐를 때 내부 전압강하를 만드는 성분이다. 권선 저항을 줄이면 저항 전압강하가 작아져 전압변동률도 줄어든다.
3번 O: $\Delta - Y$ 결선은 2차를 Y로 두면 선간전압이 상전압의 $\sqrt{3}$배가 되는 효과가 있다. 그래서 발전기 전압을 송전계통 전압으로 높이는 승압변압기에 사용할 수 있다.
4번 O: 2차측을 단락하고 1차측에 낮은 전압을 가해 1차 전류가 정격전류가 되게 한 때의 1차측 전압이 임피던스 전압이다. 단락시험에서 얻는 전압이라는 점이 정의와 맞다.

오답 포인트

1번은 스코트 결선의 이용률과 V결선의 출력비를 섞은 함정이다. 57.7%라는 숫자만 보고 결선 이름을 확인하지 않으면 틀린 설명을 맞는 설명으로 처리하게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

결선 문제는 먼저 결선 이름을 확인한 뒤 그 결선에 대응하는 대표 수치를 연결한다. 스코트 결선은 3상-2상 변환과 약 92.8% 이용률, V결선은 이용률 86.6%와 출력비 57.7%로 구분한다.

암기 포인트

스코트는 3상-2상 변환과 92.8%, V결선은 이용률 86.6%와 출력비 57.7%이다.

NoteBase

문 18. 6.6[kVA], 6, 600/660[V] **단상변압기 1 턴(turn)당 유도기전력이** 10[V]**일 때의 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 변압기는 이상적으로 동작한다)**

① 1차측 권수는 660이다.

② 전부하에서 2차측 권선의 전류는 1[A]이다.

③ 무부하에서 전원 주파수가 감소하면 철심의 최대자속은 증가한다.

④ 전압과 자속이 정현파인 경우 유도기전력과 자속의 위상차는 90 °이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단상변압기의 권수, 정격전류, 유도기전력과 자속의 관계를 이용해 틀린 선지를 찾는 문제이다.

조건 정리

정격용량은 $6.6kVA$, 전압은 $6600/660V$, 1턴당 유도기전력은 $10V/turn$이다.
이상 변압기이므로 1차와 2차의 정격용량은 같고, 전부하 전류는 $I = S/V$로 계산한다.

사용할 공식

권수는 $N = E/e_t$이다. 여기서 e_t는 1턴당 유도기전력이다.
정격전류는 $I = S/V$이다.
정현파 변압기 유도기전력은 $E = 4.44fN\Phi_m$이므로, 전압과 권수가 일정하면 최대자속 Φ_m은 주파수 f에 반비례한다.

계산 과정

1차 권수는 $N_1 = 6600/10 = 660$이다.
2차 권수는 $N_2 = 660/10 = 66$이다.
2차 전부하 전류는 $I_2 = 6600VA/660V = 10A$이다.

선지 판단

① O: 1차 전압이 $6600V$이고 1턴당 유도기전력이 $10V$이므로 1차 권수는 $6600/10 = 660$이다.
② X: 전부하에서 2차측 권선 전류는 $I_2 = S/V_2 = 6600/660 = 10A$이다. 틀린 표현은 $1A$이고, 올바르게는 $10A$이다.
③ O: 무부하에서 전원 전압과 권수가 일정하면 $E = 4.44fN\Phi_m$에 따라 주파수 f가 감소할 때 최대자속 Φ_m은 증가한다.
④ O: 자속이 정현파이면 유도기전력은 자속의 시간 미분에 비례하므로 유도기전력과 자속의 위상차는 90 ° 이다.

NoteBase

오답 포인트

②는 정격용량 $6.6kVA$를 $660V$로 나누어야 하는데, 전압비나 kVA 단위 처리에서 한 자리수를 잘못 잡으면 $1A$처럼 보일 수 있다. 전부하 전류는 권수비가 아니라 해당 권선의 정격전압과 전체 정격용량으로 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 정격 문제는 먼저 권수는 1턴당 전압으로 나누고, 전류는 정격용량을 각 권선 전압으로 나누어 판단한다. 주파수 변화 문제는 $E = 4.44fN\Phi_m$에서 전압과 권수가 일정한지를 확인한 뒤 f와 Φ_m의 반비례 관계로 판단한다.

암기 포인트

변압기에서 $N = E/e_t$, $I = S/V$, $E = 4.44fN\Phi_m$이다. 전압 일정이면 주파수 감소는 자속 증가로 연결된다.

NoteBase

문 19. 2극 3상 고정자를 사용하는 동기전동기와 유도전동기를 220 [V], 60 [Hz]의 전원으로 전부하에서 운전하고 있을 때의 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 유도전동기의 슬립은 0보다 크다)

① 유도전동기는 항복토크보다 작은 과부하가 걸리면 슬립이 증가한다.

② 동기전동기의 고정자에서 발생하는 회전자계 속도는 3,600 [rpm]이다.

③ 유도전동기의 고정자에서 발생하는 회전자계 속도는 슬립으로 인해 3,600 [rpm]보다 작다.

④ 동기전동기의 5 고조파 공간기자력은 기본파 성분과 반대방향이며 회전속도는 720 [rpm]이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 2극 3상 전동기의 동기속도와 유도전동기에서 슬립이 영향을 주는 대상을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

동기속도는 고정자 회전자계의 속도이며 $N_s = \frac{120f}{P}$로 계산한다. $f = 60$, $P = 2$이므로 $N_s = 3,600 rpm$이다.
유도전동기의 슬립은 회전자 속도를 동기속도보다 작게 만드는 값이지, 고정자 회전자계의 속도를 낮추는 값이 아니다.
3상 권선의 5고조파 공간기자력은 기본파와 반대방향으로 회전하며, 2극 60 Hz에서 그 기계적 회전속도는 $3,600/5 = 720 rpm$이다.

선지별 해설

1번 O: 유도전동기에서 부하 토크가 증가하면 회전자는 더 느려지고 슬립이 커져 전자토크가 증가한다.
항복토크보다 작은 범위에서는 안정 운전 영역이므로 과부하가 걸리면 슬립이 증가한다.
2번 O: 동기전동기의 고정자 회전자계 속도는 동기속도이다. 2극, 60 Hz이므로 $N_s = \frac{120 \times 60}{2} = 3,600 rpm$이다.
3번 X: 틀린 부분은 "유도전동기의 고정자에서 발생하는 회전자계 속도는 슬립으로 인해 3,600 rpm보다 작다"이다. 올바르게는 유도전동기의 고정자 회전자계도 전원 주파수와 극수로 정해지는 동기속도 $3,600 rpm$으로 회전하고, 슬립 때문에 $3,600 rpm$보다 작아지는 것은 회전자 속도이다.
4번 O: 3상 권선의 공간고조파에서 5고조파는 기본파와 반대방향으로 회전한다. 속도는 기본파 동기속도의 1/5이므로 $3,600/5 = 720 rpm$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 슬립을 고정자 회전자계 속도에 적용하는 것이다. 유도전동기에서 슬립은 회전자와 회전자계 사이의 상대속도 비율이므로 회전자 속도를 낮게 만들 뿐, 고정자 회전자계의 동기속도 자체를 바꾸지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

전원 주파수와 극수가 주어지면 먼저 $N_s = 120f/P$로 고정자 회전자계 속도를 정한다. 이후 유도전동기는 회전자 속도 $N = (1 - s)N_s$, 동기전동기는 정상상태 회전자 속도 $N = N_s$로 구별한다.

암기 포인트

고정자 회전자계는 동기속도, 유도전동기 회전자는 슬립만큼 느림, 5고조파 공간기자력은 역방향에 속도는 기본파의 1/5이다.

NoteBase

문 20. 농형 유도전동기의 회전자 도체를 구리에서 알루미늄으로 교체할 때 발생하는 현상으로 옳은 것은?

① 기동전류가 증가한다.

② 기동토크가 감소한다.

③ 무부하전류가 증가한다.

④ 정격속도와 정격효율이 모두 감소한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 농형 유도전동기 회전자 도체 재료를 구리에서 알루미늄으로 바꿀 때 회전자 저항 증가가 운전 특성에 미치는 영향을 묻는다.

핵심 개념

알루미늄은 구리보다 전기저항률이 크므로 같은 형상의 회전자 도체로 보면 회전자 저항이 증가한다. 회전자 저항이 증가하면 정격 부하에서 필요한 토크를 내기 위한 슬립이 커지고, 그만큼 회전속도는 낮아지며 회전자 동손 증가로 효율도 낮아진다.

선지별 해설

① X: 알루미늄 도체는 구리 도체보다 저항이 커져 기동 시 등가 임피던스가 커지는 방향이므로 기동전류가 증가한다고 보기 어렵다. 틀린 표현은 '기동전류가 증가한다'이며, 올바르게는 기동전류는 감소하는 경향이 있다.
② X: 회전자 저항이 증가하면 농형 유도전동기의 기동토크는 보통 증가하는 방향으로 작용한다. 틀린 표현은 '기동토크가 감소한다'이며, 올바르게는 기동토크는 증가하는 경향이 있다.
③ X: 무부하전류는 주로 자속을 만들기 위한 여자전류 성분이므로 전원 전압, 주파수, 철심 조건의 영향을 크게 받는다. 회전자 도체를 알루미늄으로 바꾸는 효과를 무부하전류 증가로 대표하지 않는다. 틀린 표현은 '무부하전류가 증가한다'이며, 올바르게는 무부하전류는 거의 변하지 않는다고 본다.
④ O: 회전자 저항 증가로 정격 부하에서 슬립이 커지면 회전속도는 낮아진다. 또한 회전자 동손이 증가하므로 정격효율도 감소한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 알루미늄 도체가 가볍다는 점을 전류나 효율 개선으로 연결하는 것이다. 이 문제에서는 무게보다 전기저항률 차이가 핵심이며, 저항 증가가 정격속도와 효율을 낮추는 방향으로 작용한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

회전자 도체 재료 변경 문제는 먼저 도체 저항이 증가하는지 감소하는지를 판단한다. 회전자 저항이 증가하면 기동전류는 줄어드는 방향, 기동토크는 보통 커지는 방향, 정격 운전에서는 슬립 증가로 속도와 효율이 낮아지는 방향으로 정리한다.

암기 포인트

구리에서 알루미늄으로 바뀌면 회전자 저항 증가, 정격 슬립 증가, 정격속도 감소, 정격효율 감소이다.

NoteBase

문 21. 동기전동기의 동작 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 전동기의 출력은 일정하고, 철심의 자기포화는 무시한다)

① 계자전류를 조정하여 역률제어가 가능하다.

② 계자전류를 증가시키면 전기자의 역기전력이 증가한다.

③ 계자전류를 과여자로 하면 동기전동기는 용량성 부하로 동작한다.

④ 역률 1에서 계자전류를 증가시키면 역률은 지상이고 전기자전류는 증가한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 동기전동기에서 계자전류 변화가 역기전력, 전기자전류, 역률의 진상·지상 상태에 미치는 영향을 묻는다.

핵심 개념

동기전동기는 계자전류로 여자 정도를 조정하여 전기자전류와 역률을 바꿀 수 있다.
부족여자 상태에서는 지상전류가 흐르며 유도성 부하처럼 동작하고, 정상여자 부근에서는 역률 1이 되며 전기자전류가 최소가 된다.
과여자 상태에서는 진상전류가 흐르며 용량성 부하처럼 동작하고, 전기자전류는 다시 증가한다.

선지별 해설

1번 O: 계자전류를 조정하면 여자 정도가 바뀌고, 이에 따라 전기자전류의 위상이 달라지므로 역률제어가 가능하다.
2번 O: 철심의 자기포화를 무시하면 계자전류가 증가할수록 공극자속이 증가하고 전기자의 역기전력도 증가한다.
3번 O: 계자전류를 과여자로 하면 동기전동기는 진상전류를 취하므로 계통에서 보아 용량성 부하로 동작한다.
4번 X: 틀린 부분은 "역률은 지상"이다. 역률 1 상태에서 계자전류를 더 증가시키면 과여자 상태가 되므로 역률은 진상이 되고, 전기자전류는 증가한다.

오답 포인트

4번은 전기자전류 증가 부분은 맞지만 역률 방향을 지상으로 바꿔 놓은 선지이다. 역률 1을 기준으로 계자전류를 증가시키면 지상이 아니라 진상으로 넘어간다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

동기전동기에서 계자전류가 부족하면 지상·유도성, 계자전류가 알맞으면 역률 1, 계자전류가 과하면 진상·용량성으로 판단한다. 역률 1 지점에서 멀어질수록 전기자전류는 증가한다.

NoteBase

암기 포인트

동기전동기는 부족여자 지상, 과여자 진상으로 정리된다. 과여자는 용량성 부하처럼 보인다.

NoteBase

문 22. 100 [V], 8,500 [W] 직류 분권전동기의 전부하 효율이 85 [%]일 때, 전기자전류[A]는? (단, 계자전류는 2 [A]이고 전기자 반작용 및 브러시의 전압강하는 무시한다)

① 98

② 100

③ 102

④ 104

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전부하 효율로 직류 분권전동기의 입력전류를 구한 뒤, 계자전류를 제외하여 전기자전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

정격전압은 $100V$, 출력은 $8,500W$, 전부하 효율은 85%, 계자전류는 $2A$이다.
구해야 할 값은 전원에서 들어오는 선전류가 아니라 전기자전류 I_a이다.
전기자 반작용과 브러시 전압강하는 무시하므로 입력전력과 전류 분배 관계만 사용한다.

사용할 공식

전동기의 효율은 $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$이므로 $P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta}$이다.
직류 분권전동기에서는 선전류가 전기자전류와 계자전류로 나뉘므로 $I = I_a + I_f$, 따라서 $I_a = I - I_f$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 전부하 효율과 출력이 주어져 전체 입력전류를 먼저 구할 수 있고,
분권전동기에서는 계자권선이 전기자와 병렬로 연결되어 계자전류가 따로 흐르기 때문이다.

계산 과정

1. 입력전력은 $P_{in} = \frac{8,500}{0.85} = 10,000W$이다.
2. 선전류는 $I = \frac{P_{in}}{V} = \frac{10,000}{100} = 100A$이다.
3. 전기자전류는 $I_a = I - I_f = 100 - 2 = 98A$이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산 결과 전기자전류가 $98A$이므로 맞는 선지이다.
② X: $100A$는 전기자전류가 아니라 전원에서 공급되는 선전류이다. 올바르게는 선전류 $100A$에서 계자전류 $2A$를 뺀 $98A$가 전기자전류이다.
③ X: $102A$는 선전류에 계자전류를 더한 값으로, 전동기의 분권 전류 관계를 반대로 적용한 값이다. 올바르게는 $I_a = I - I_f$이므로 $98A$이다.
④ X: $104A$는 주어진 입력전력과 전류 분배 관계에서 나올 수 없는 값이다. 올바른 계산은 입력전류 $100A$에서 계자전류 $2A$만 한 번 빼는 것이므로 $98A$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 효율로 구한 $100A$를 곧바로 전기자전류로 착각하는 점이다. 분권전동기에서는 계자권선이 전원에 병렬로 연결되므로 선전류 안에 계자전류가 포함되어 있고, 전기자전류는 그만큼 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

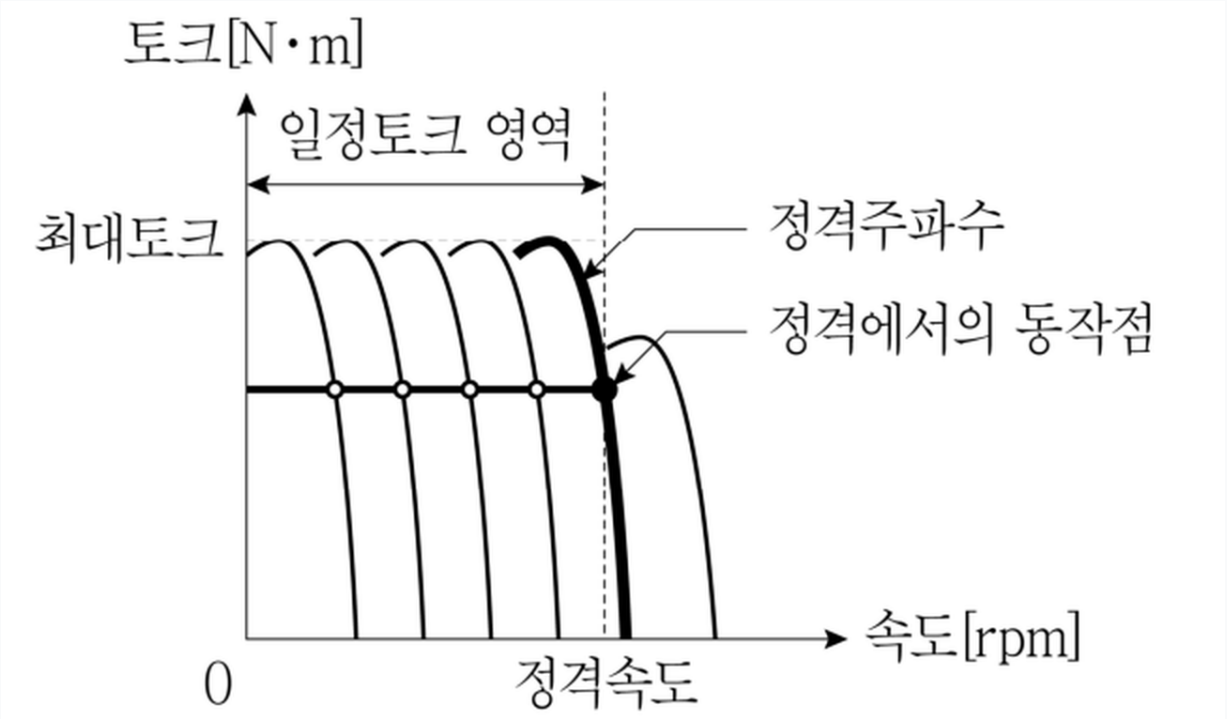
직류 분권전동기 계산에서는 먼저 $P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta}$로 입력전력을 구하고, $I = \frac{P_{in}}{V}$로 선전류를 구한 뒤, 전기자전류는 $I_a = I - I_f$로 판단한다.

암기 포인트

분권전동기에서는 $I = I_a + I_f$이고, 전기자전류는 선전류에서 계자전류를 뺀 값이다.

NoteBase

문 23. 220[V], 60[Hz], 3, 564[rpm] **정격의 2극 3상 유도전동기를 인버터를 활용한 일정** *V*/*f* **제어법으로 그림과 같이 일정토크 영역에서 운전한다. 인버터의 출력 주파수가** 30[Hz]**일 때, 전부하 속도**[rpm]**는? (단, 고정자 임피던스와 회전자 리액턴스 성분은 무시한다)**



① 1,746

② 1,764

③ 1,773

④ 1,778

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 일정 *V*/*f* 제어의 일정토크 영역에서 전부하 토크가 같으면 슬립 주파수, 곧 슬립속도가 정격 때와 같다는 점을 이용해 속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

정격 조건: 2극, 60*Hz*, 정격 전부하 속도 3,564*rpm*이다.
구하는 값: 인버터 출력 주파수 30*Hz*일 때의 전부하 속도이다.
주의할 조건: 일정 *V*/*f* 제어의 일정토크 영역이고, 고정자 임피던스와 회전자 리액턴스 성분을 무시하므로 같은 토크에서는 슬립 주파수를 정격과 같게 본다.

NoteBase

사용할 공식

동기속도 공식은 $N_s = \frac{120f}{P}$ 이다.
정격 슬립속도는 $N_{s1} - N_1$ 이다.
일정 V/f 제어에서 자속이 일정하고 문제의 손실 성분을 무시하면 토크는 슬립 주파수에 의해 정해지므로, 동일 전부하 토크에서는 슬립속도가 정격 슬립속도와 같다.

계산 과정

정격 $60Hz$에서 동기속도는 $N_{s1} = \frac{120 \times 60}{2} = 3{,}600rpm$ 이다.
정격 전부하 속도가 $3{,}564rpm$이므로 정격 슬립속도는 $3{,}600 - 3{,}564 = 36rpm$ 이다.
$30Hz$에서 동기속도는 $N_{s2} = \frac{120 \times 30}{2} = 1{,}800rpm$ 이다.
같은 전부하 토크에서는 슬립속도 $36rpm$을 그대로 빼므로 전부하 속도는 $1{,}800 - 36 = 1{,}764rpm$ 이다.

선지 판단

① X: $1{,}746rpm$은 $1{,}800rpm$에서 $54rpm$을 뺀 값에 해당한다. 이 문제에서는 정격 슬립속도 $36rpm$을 유지해야 하므로 틀리며, 올바른 값은 $1{,}764rpm$이다.
② O: $30Hz$의 동기속도 $1{,}800rpm$에서 정격 슬립속도 $36rpm$을 빼면 $1{,}764rpm$이 된다.
③ X: $1{,}773rpm$은 슬립속도를 $27rpm$으로 본 값이다. 동일 전부하 토크 조건에서는 슬립속도를 임의로 줄이지 않고 정격 슬립속도 $36rpm$을 적용하므로, 올바른 값은 $1{,}764rpm$이다.
④ X: $1{,}778rpm$은 슬립속도를 약 $22rpm$으로 본 값이다. 일정 V/f 제어의 일정토크 영역에서는 정격 전부하 슬립속도 $36rpm$을 빼야 하므로, 올바른 값은 $1{,}764rpm$이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 정격 슬립률 1% 자체를 그대로 적용하거나 슬립속도를 주파수에 비례해 줄이는 착각이다. 일정 V/f 제어의 일정토크 영역에서는 같은 토크에 대해 슬립 주파수가 같아지고, 2극 기계에서는 그 결과 슬립속도 $36rpm$이 유지된다.

다시 나오면 이렇게 판단

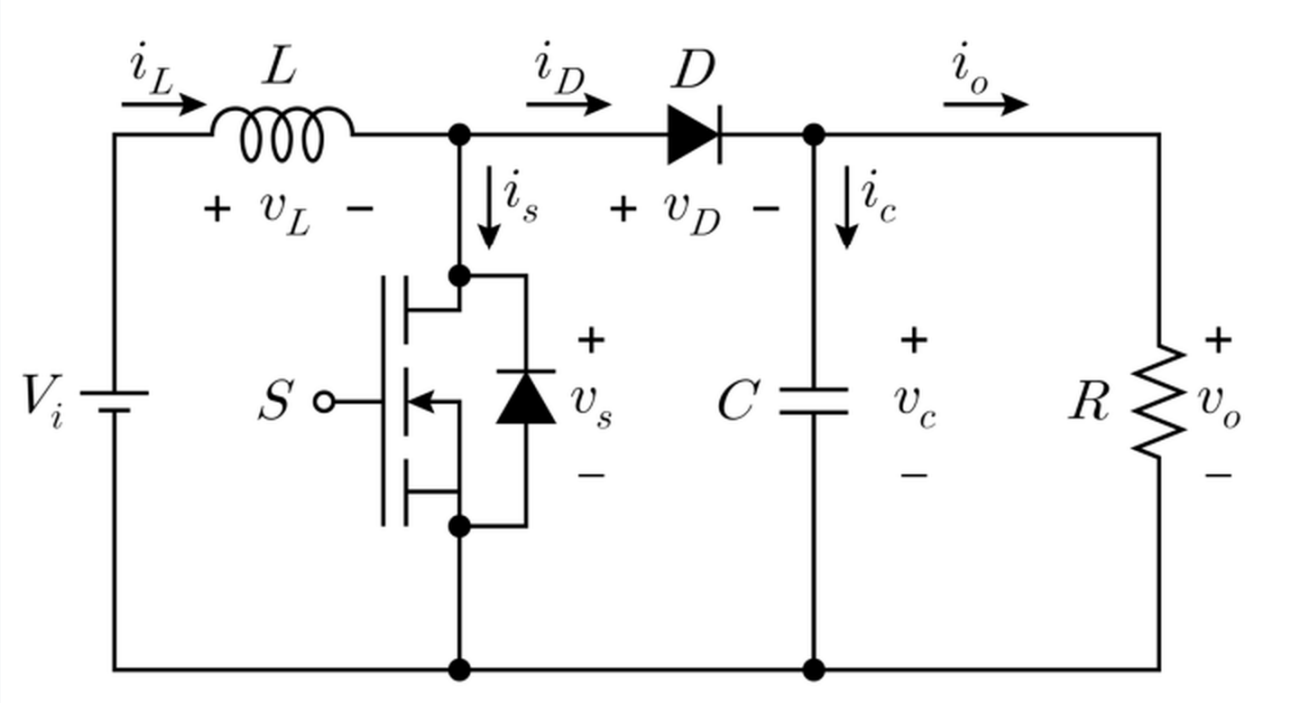
정격 속도에서 먼저 정격 동기속도와 정격 슬립속도를 구한다. 그 다음 새 주파수의 동기속도를 구하고, 일정 V/f 일정토크 조건이면 정격 슬립속도를 그대로 빼서 전부하 속도를 판단한다.

암기 포인트

일정 V/f 일정토크 운전에서는 전부하 슬립률보다 전부하 슬립속도 유지가 핵심이다.

NoteBase

문 24. 그림의 전력변환회로에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 회로는 정상상태이며, i_L은 S의 스위칭 주기 동안 연속적이다)



① L이 증가하면 출력전압 v_o의 리플은 증가한다.

② S의 스위칭 주파수가 증가하면 출력전압 v_o의 리플은 증가한다.

③ D를 통해 흐르는 전류 i_D의 평균값은 출력전류 i_o의 평균값과 같다.

④ 듀티비가 0.5보다 작은 경우 출력전압 v_o는 입력전압 V_i보다 낮은 특성을 가지는 강압형 컨버터로 동작한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 그림의 회로가 인덕터, 스위치, 다이오드, 출력 커패시터로 이루어진 승압형 컨버터임을 파악하고 정상상태 평균전류와 리플 특성을 판단하는 문제이다.

핵심 개념

승압형 컨버터의 정상상태에서는 커패시터 전압이 주기적으로 반복되므로 커패시터 전류의 한 주기 평균값은 0이다. 따라서 출력단 노드에서 $i_D = i_C + i_o$이고, 평균값을 취하면 $\overline{i_D} = \overline{i_o}$가 된다. 이상적인 연속전류모드 승압형 컨버터의 전압 변환비는 $V_o = V_i/(1 - D)$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: L이 증가하면 인덕터 전류 리플 Δi_L은 작아지는 방향으로 변한다. 출력전압 리플이 증가한다고 볼 수 없으므로 틀린 표현이다. 올바르게는 L이 증가하면 인덕터 전류 리플이 감소하고, 출력 리플은 증가하지 않거나 회로 조건에 따라 감소하는 경향을 가진다.
② X: 스위칭 주파수 f_s가 증가하면 한 주기 동안 커패시터가 충전·방전되는 시간이 짧아지므로 출력전압 리플은 감소하는 방향으로 변한다. 올바르게는 f_s가 증가하면 출력전압 v_o의 리플은 작아진다.
③ O: 출력단 노드에서 다이오드 전류는 커패시터 전류와 부하전류로 나뉜다. 정상상태에서는 커패시터 전류 i_C의 평균값이 0이므로 다이오드 전류 i_D의 평균값은 출력전류 i_o의 평균값과 같다.
④ X: 그림의 회로는 승압형 컨버터이며 이상적인 연속전류모드에서 $V_o = V_i/(1-D)$이다. $0 < D < 0.5$이면 V_o는 V_i보다 크고 $2V_i$보다 작은 범위가 된다. 따라서 출력전압이 입력전압보다 낮은 강압형 컨버터로 동작한다는 표현이 틀리다.

오답 포인트

리플을 키우는 요소와 줄이는 요소를 반대로 기억하면 ①, ②에 걸린다. 또한 다이오드 전류는 순간적으로는 스위칭 구간에만 흐르지만, 출력 커패시터의 평균전류가 0이라는 정상상태 조건을 적용하면 평균값은 부하전류 평균값과 같다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 회로 형태가 승압형인지 확인한다. 그 다음 정상상태에서는 인덕터 평균전압과 커패시터 평균전류가 0이라는 조건을 적용하고, 리플은 L, C, 스위칭 주파수가 커질수록 작아지는 방향인지 확인한다.

암기 포인트

승압형 컨버터는 $V_o = V_i/(1-D)$, 정상상태 출력 커패시터 평균전류는 0, 따라서 $\overline{i_D} = \overline{i_o}$이다.

NoteBase

문 25. 매입형 영구자석 동기전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 공극의 길이는 일정하다)

① d축(직축) 전류가 0이면, 릴럭턴스토크를 이용할 수 없다.

② 일반적으로 d축(직축) 인덕턴스가 q축(횡축) 인덕턴스보다 작다.

③ 마그네틱토크는 계자자속과 전기자자속 사이의 각도가 45 °일 때 최대이다.

④ 전기자전류의 기자력이 공극자속에 미치는 영향은 표면부착형 영구자석 동기전동기에 비해 크다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 매입형 영구자석 동기전동기(IPMSM)에서 마그네틱 토크와 릴럭턴스 토크의 발생 조건을 구별하는지를 묻는다.

핵심 개념

IPMSM은 영구자석이 회전자 내부에 매입되어 d축과 q축 자기저항이 달라지는 전동기이다. 이 구조에서는 $L_q > L_d$인 살리언시가 생기므로 영구자석 자속에 의한 마그네틱 토크와 인덕턴스 차이에 의한 릴럭턴스 토크를 함께 이용할 수 있다. 토크는 대체로 $T \propto \psi_f i_q + (L_d - L_q) i_d i_q$로 볼 수 있으며, 앞 항이 마그네틱 토크이고 뒤 항이 릴럭턴스 토크이다.

선지별 해설

1번 O: d축 전류 i_d가 0이면 릴럭턴스 토크 항 $(L_d - L_q) i_d i_q$가 0이 된다. 따라서 릴럭턴스 토크를 이용할 수 없다는 설명은 옳다.
2번 O: 매입형 영구자석 동기전동기는 보통 영구자석이 있는 d축의 자기저항이 커져 d축 인덕턴스 L_d가 q축 인덕턴스 L_q보다 작다. 따라서 $L_d < L_q$라는 설명은 옳다.
3번 X: 틀린 부분은 "마그네틱토크는 계자자속과 전기자자속 사이의 각도가 45 °일 때 최대"라는 표현이다. 마그네틱 토크는 영구자석 계자자속과 전기자자속이 전기적으로 직교하는 90 ° 부근에서 최대가 된다. 45 ° 최대 조건은 릴럭턴스 토크에서 나타나는 조건으로 보아야 한다. 올바르게는 "마그네틱 토크는 계자자속과 전기자자속이 90 °일 때 최대이고, 릴럭턴스 토크는 살리언시 성분 때문에 45 ° 조건과 관련된다"이다.
4번 O: IPMSM은 회전자 내부 자석과 철심 구조 때문에 살리언시가 크고 전기자 반작용 및 약계자 제어의 영향이 크게 나타난다. 따라서 전기자전류의 기자력이 공극자속에 미치는 영향이 표면부착형 영구자석 동기전동기보다 크다는 설명은 옳다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 3번의 45 °를 마그네틱 토크의 최대 조건으로 바꾸어 둔 점이다. 45 °는 릴럭턴스 토크의 각도 조건과 연결되고, 영구자석 자속에 의한 마그네틱 토크는 직교 성분인 90 °에서 최대가 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

IPMSM 문항에서는 먼저 L_d와 L_q의 크기를 본다. 일반적으로 $L_q > L_d$이면 릴럭턴스 토크 이용 가능성이 있고, 마그네틱 토크는 영구자석 자속과 전기자자속의 직교 관계, 릴럭턴스 토크는 살리언시에 의한 2θ 성분으로 판단한다.

암기 포인트

IPMSM은 $L_q > L_d$, 마그네틱 토크 최대는 90 °, 릴럭턴스 토크 최대는 45 °로 정리된다.

NoteBase