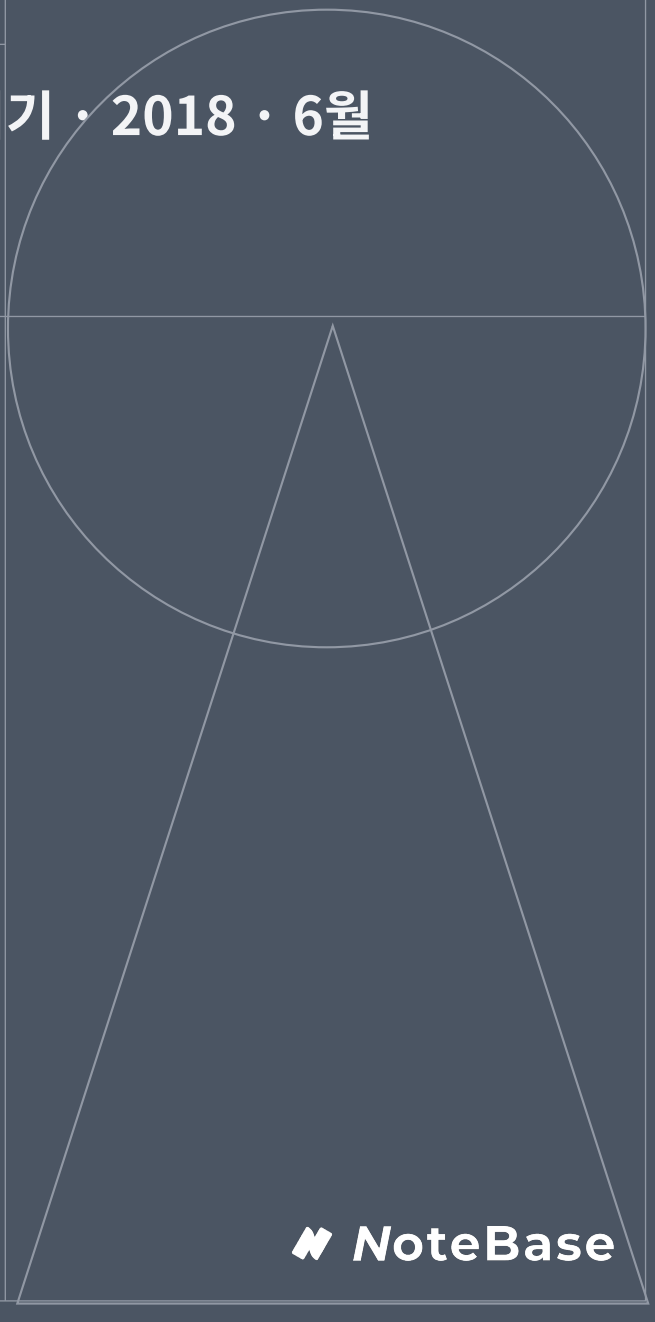
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2018 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2018 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2018 · 6월

문 1. 자극수 8, 전체 도체수 200, 극당 자속수 0.01[Wb], 1,200[RPM]으로 회전하는 단중 파권 직류 타여자 발전기의 기계적 출력이 0.8[kW]일 때, 전동기의 토크[N·m] 값은?

① 1.6

② 3.2

③ 4.8

④ 6.4

정답 4번

간단한 해설

토크는 **기계적 출력을 각속도로 나눈 값**이다. 1,200 rpm을 각속도로 환산하여 800 W를 나누면 약 6.4 N·m이다.

계산 과정

기계적 출력 P, 토크 T, 각속도 ω 사이에는 $P = T\omega$가 성립한다. 토크가 회전시키며 하는 일을 시간으로 나눈 것이 기계적 출력이므로, **같은 회전축의 출력과 각속도**로 토크를 구할 수 있다. 주어진 기계적 출력은 0.8 kW = 800 W이고, 회전수 n은 1,200 rpm이다.

회전수 환산: rpm은 1분 동안의 회전 횟수이다. 한 바퀴가 2π rad이고 1분은 60초이므로, **초당 회전각**으로 바꾸면 $\omega = \frac{2\pi n}{60}$이다. 따라서 $\omega = \frac{2\pi \cdot 1{,}200}{60} = 40\pi \text{rad/s}$이다.

토크 계산: 출력 관계를 토크에 대해 정리하면 $T = \frac{P}{\omega}$이다. 값을 대입하면 $T = \frac{800}{40\pi} \approx 6.37 \text{N·m}$이다. 소수 첫째 자리까지 나타내면 6.4 N·m로, ④의 6.4에 해당한다.

NoteBase

문 2. 전기기기에서 철심의 재료로 주로 사용되는 강자성체에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 강자성체는 높은 투자율을 갖고 있다.

② 강자성체의 내부에서 발생하는 자계밀도는 포화 현상을 갖는다.

③ 자성체에 가해지는 외부자속의 변화에 따라 자화곡선이 달라지는 히스테리시스 현상이 존재한다.

④ 강자성체는 일반적으로 잔류자속과 보자력이 큰 경자성체(경철)를 사용한다.

정답 4번

간단한 해설

철심에는 자속의 변화를 쉽게 따라가고 히스테리시스 손실이 작은 **연자성체**를 주로 사용한다. ④의 경자성체는 보자력이 커서 자화 상태를 유지하기 쉬우므로 **영구자석**에 적합하다.

선지별 해설

① O: 투자율은 외부 자계에 의해 물질 내부에 자속이 얼마나 잘 형성되는지를 나타낸다. 강자성체는 포화에 이르기 전의 통상적인 사용 범위에서 **공기보다 투자율이 매우 크므로**, 같은 자계에서도 큰 자속밀도를 얻을 수 있다. 이 성질 때문에 전기기기의 철심 재료로 사용된다.

② O: 외부 자계를 강하게 하면 강자성체 내부의 자구들이 자계 방향으로 정렬하면서 자화가 커진다. 대부분의 자구가 정렬하면 **자화가 포화**되어, 자계를 더 강하게 해도 자속밀도의 증가가 크게 둔화된다. 선지는 이러한 자기포화 특성을 설명한다.

③ O: 강자성체의 자화 상태는 현재의 외부 자계뿐 아니라 **이전에 자화된 이력**에도 영향을 받는다. 따라서 자계를 증가시킬 때와 감소시킬 때 같은 자계에서도 자속밀도가 달라져 히스테리시스 곡선이 형성된다. 자계를 제거한 뒤에도 자속이 남는 잔류자속 역시 이와 관련된 현상이다.

④ X: 전기기기의 철심에는 일반적으로 경자성체가 아니라 **보자력이 작고 히스테리시스 손실이 작은 연자성체**를 사용한다. 보자력은 자화 후 남아 있는 자속밀도를 0으로 만드는 데 필요한 반대 방향 자계의 세기이다. 보자력이 작으면 자화 상태를 쉽게 바꿀 수 있어 반복적으로 자속이 변하는 철심에 유리하다. 잔류자속과 보자력이 큰 경자성체는 자화 상태를 오래 유지하는 영구자석에 적합하다.

NoteBase

문 3. 동기 전동기의 기동 방법으로 가장 옳지 않은 것은?

① 주파수 제어를 이용한 기동

② 원동기를 이용한 기동

③ 제동권선을 이용한 기동

④ 저항 제어를 이용한 기동

정답 4번

간단한 해설

저항을 조절하는 것만으로는 동기 전동기의 **기동 토크를 만들 수 없다**. 회전자 회로에 외부 저항을 넣어 기동 특성을 개선하는 방법은 **권선형 유도 전동기**의 기동 방법이다.

선지별 해설

일반적인 동기 전동기는 정지 상태에서 정격 주파수의 전원과 직류 계자만 투입하면 스스로 기동하지 못한다. 회전자계가 빠르게 회전하는 동안 정지한 회전자에 작용하는 토크의 방향이 번갈아 바뀌어 평균 기동토크가 0이 되기 때문이다. 따라서 회전자가 회전자계를 따라가도록 하거나 별도의 가속 토크를 만들어야 한다.

① O: 전원 주파수를 낮추면 고정자의 회전자계가 느리게 회전하므로 회전자가 이를 따라갈 수 있다. 이후 **주파수를 서서히 높여** 회전자를 가속하고 정상 운전 속도에 도달하게 한다.

② O: 외부 원동기로 회전자를 **동기속도 부근까지 가속**한 뒤, 전원과 계자를 적절히 투입하여 회전자가 고정자의 회전자계와 동기 상태에 들어가게 한다. 처음의 가속에 필요한 기계적 힘을 원동기가 공급한다.

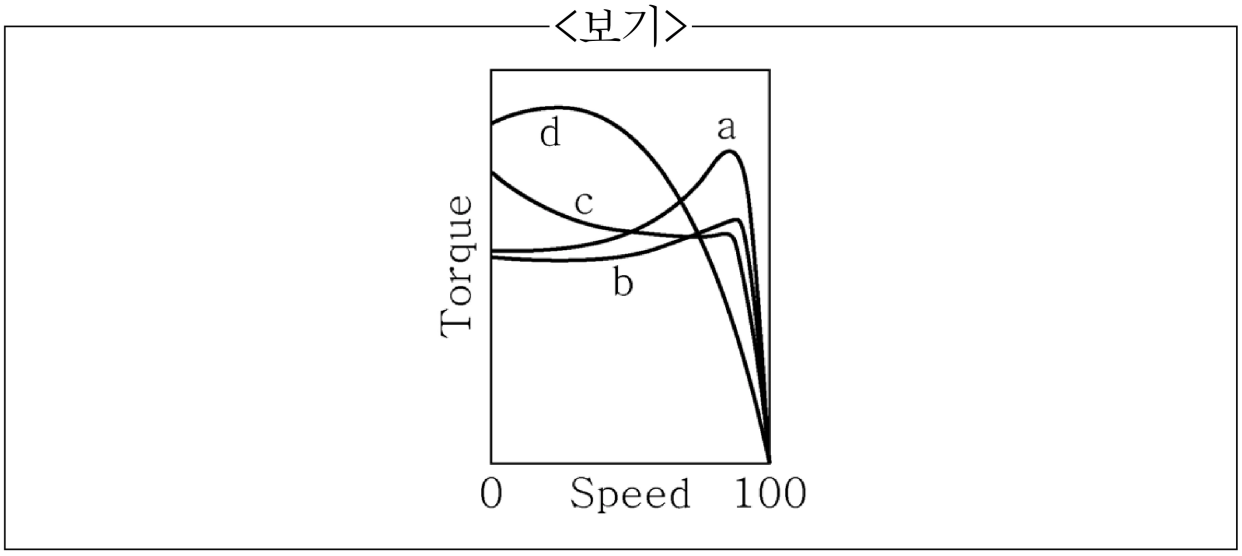
③ O: 회전자에 설치된 제동권선은 단락된 도체로 이루어져 있다. 기동할 때 회전자계에 의해 제동권선에 유도전류가 흐르면 **유도 전동기와 같은 원리로 기동 토크**가 발생한다. 동기속도 부근에 도달한 후 계자권선에 직류를 공급하면 동기 운전으로 이행한다.

④ X: 저항을 조절하는 것만으로는 정지한 동기 전동기를 가속할 기동 토크가 생기지 않는다. 회전자 회로에 외부 저항을 넣어 기동전류를 줄이고 기동토크를 높이는 방식은 **권선형 유도 전동기의 저항 기동**이다. 동기 전동기의 기동에는 주파수 제어, 원동기 또는 제동권선 등을 이용한다.

NoteBase

문 5. 유도 전동기의 NEMA 표준 설계 등급에 따른 토크-속도 특성이 <보기>와 같을 때 펀치 프레스, 전단기와 같이 빨리 가속해야 하거나 큰 충격이 필요한 간헐적인 부하에 사용되는 설계 등급은?

<보기>



① a

② b

③ c

④ d

정답 4번

간단한 해설

펀치 프레스와 전단기 같은 간헐적 충격 부하에는 **큰 기동 토크와 높은 슬립**을 갖는 NEMA D형이 적합하다.
그림의 d는 정지 상태에서 토크가 가장 크고 저속 영역에서도 큰 토크를 내는 곡선이다.

NoteBase

도식 해설

가로축은 속도, 세로축은 토크이다. 속도 0에서 곡선의 높이가 기동 토크를 나타내며, **d의 기동 토크가 가장 크다**. 또한 d는 최대 토크가 저속 영역에서 나타나는 형태로, NEMA D형의 특성에 해당한다.

D형은 큰 기동 토크와 높은 슬립을 갖는다. 전동기 토크가 부하 토크보다 클수록 같은 관성의 부하를 더 빨리 가속할 수 있으므로, 큰 기동 토크는 빠른 가속에 유리하다. 슬립은 회전자 속도가 동기속도보다 뒤처지는 정도이며, D형은 부하 변화에 따른 비교적 큰 속도 변동을 허용하는 운전에 적합하다. 따라서 펀치 프레스·전단기처럼 **간헐적으로 큰 토크가 필요한 부하**에는 그림의 d에 해당하는 D형을 사용한다.

c도 기동 토크가 큰 C형이지만, D형과 달리 낮은 슬립을 갖는 부하 기동용 등급이다. a와 b는 각각 A형과 B형으로, 그림에서도 d보다 기동 토크가 작다. 특히 a의 높은 봉우리는 고속 영역의 최대 토크를 나타내므로 **기동 토크와 최대 토크를 구별**해야 한다.

NoteBase

문 6. 이상적인 단상 변압기의 2차 단자를 개방하고 1차 단자에 60[Hz], 200[V]의 전압을 가하였을 때, 2차 단자전압은 100[V]이며, 철심의 자속밀도는 1[T]이다. 이 변압기의 1차 단자전압이 120[Hz], 400[V]로 되었을 때, 철심의 자속밀도[T] 값은?

① 0.5

② 1

③ 2

④ 4

정답 2번

간단한 해설

같은 변압기에서 철심의 자속밀도는 **1차 전압을 주파수로 나눈 값**에 비례한다. 전압과 주파수가 모두 2배가 되어 이 비가 일정하므로, 자속밀도는 처음과 같은 1 T이다.

계산 과정

적용 관계: 정현파 교류에서 이상적인 변압기의 1차 전압은 $V = 4.44fNAB$이다. 여기서 V는 1차 전압의 실효값, f는 주파수, N은 1차 권수, A는 철심 단면적, B는 최대 자속밀도이다. 이상적인 변압기는 내부 전압강하가 없으므로 1차 단자전압을 이 식에 사용할 수 있다. 같은 변압기에서는 N과 A가 일정하므로 **자속밀도는 전압에 비례하고 주파수에 반비례**한다.

변화 비율: 변경 후 값을 각각 V′, f′, B′라 하면 $\frac{B'}{B} = \frac{V'}{V} \cdot \frac{f}{f'}$이다. 주어진 값을 대입하면 $\frac{B'}{B} = \frac{400}{200} \cdot \frac{60}{120} = 1$이다. 전압의 증가 효과와 주파수의 증가 효과가 상쇄되어 자속밀도의 변화 비율은 1이 된다.

결과: 처음 자속밀도가 1 T이므로 변경 후에도 1 T이며, ②의 1에 해당한다.

NoteBase

문 7. 유도전동기의 속도제어법에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 전압제어법은 토크 변동이 크고, 좁은 범위에서 속도제어가 가능하다.

② 일정자속제어법은 주파수와 전압의 비를 일정하게 함으로써 자속을 일정하게 유지하여 전압 제한범위까지 속도제어가 가능하다.

③ 2차저항제어법은 권선형 유도기에서 회전자 권선 저항을 제어하여 속도제어가 가능하지만 2차저항이 커지면 효율이 나빠진다.

④ 농형 유도기의 극수절환법을 사용하기 위해서는 회전자의 극수도 고정자의 극수 변화에 따라 맞추어 바꿔줘야 한다.

정답 4번

간단한 해설

농형 유도기의 회전자에는 고정자의 회전자계에 의해 전류가 유도되며, 그 전류가 만드는 자계의 극수는 고정자 극수에 맞춰진다. 따라서 극수절환 시 **회전자 극수를 별도로 바꾸는 조작은 필요하지 않다**.

선지별 해설

① O: 전압제어법은 주파수를 일정하게 두고 고정자에 가하는 전압을 바꾸어 슬립과 속도를 조절한다. 같은 주파수와 슬립에서 발생 토크는 대략 $T \propto V^2$이므로 **전압 변화에 따른 토크 변화가 크다**. 전압을 낮추면 최대토크도 감소하지만 최대토크가 발생하는 슬립은 거의 변하지 않아, 안정적으로 속도를 조절할 수 있는 범위가 좁다.

② O: 일정자속제어법은 **전압과 주파수를 같은 비율로 조절**하는 방식이다. 고정자 임피던스에 의한 전압강하를 무시하면 자속은 $\Phi \propto \frac{V}{f}$의 관계를 가지므로, 전압 V와 주파수 f의 비를 일정하게 유지하면 자속도 거의 일정해진다. 주파수를 바꾸어 속도를 제어하되, 전압이 허용 상한에 도달할 때까지 이 관계를 유지할 수 있다. 전압 상한 이후에 주파수만 더 높이면 자속이 감소한다.

③ O: 2차저항제어법은 권선형 유도전동기의 회전자 회로에 슬립링을 통해 외부 가변저항을 접속하는 방식이다. 같은 부하토크에서 저항을 늘리면 **슬립이 증가하여 속도가 낮아진다**. 이때 회전자 회로와 외부 저항에서 열로 소모되는 전력의 비중이 커지므로 효율이 나빠진다.

④ X: 농형 회전자는 도체봉의 양 끝이 단락환으로 연결되어 있으며, 특정 극수에 맞춘 권선 접속을 갖지 않는다. 고정자의 극수를 바꾸면 유도전류의 분포가 달라져 회전자에도 그에 맞는 극수의 자계가 형성된다. 따라서 극수절환법은 **고정자 권선의 접속 등을 바꾸어 극수를 변경**하면 되며, 회전자 극수를 별도로 바꾸어 줄 필요가 없다.

NoteBase

문 8. 직류기의 보상권선에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 정류를 원활하게 한다.

② 보극을 설치하는 방법에 비해 전기자 반작용 상쇄효과가 작다.

③ 전기자 반작용에 의한 기자력과 전기적으로 180°위상이 되도록 설치한다.

④ 주로 대형 직류기에 많이 사용된다.

정답 2번

간단한 해설

보상권선은 주자극 표면에 설치되어 **주자극 아래의 전기자 반작용을 직접 상쇄**한다. 따라서 보극을 설치하는 방법보다 전기자 반작용 상쇄효과가 작다는 설명은 옳지 않다.

선지별 해설

① O: 정류는 브러시를 지나는 전기자 코일의 전류 방향이 바뀌는 과정이다. 보상권선은 전기자 반작용에 따른 **주자속의 왜곡을 줄여** 불꽃 발생을 억제하고 정류를 원활하게 한다.

② X: 보상권선은 주자극 표면의 슬롯에 분포하여 주자극 아래의 전기자 기자력을 직접 상쇄한다. 보극은 주자극 사이에 설치되어 주로 정류 영역의 전기자 반작용을 억제하고 정류를 돕는다. 따라서 주자극 아래의 전기자 반작용에 대해서는 보상권선의 **상쇄효과가 더 크다**. 선지의 '작다'를 '크다'로 고쳐야 한다.

③ O: 기자력은 자기회로에 자속을 만들어 내는 작용이다. 보상권선은 전기자권선과 직렬로 연결하고, 주자극 아래에서 전기자 도체와 반대 방향으로 전류가 흐르도록 배치한다. 이에 따라 보상권선의 기자력이 전기자 반작용의 기자력과 **서로 반대 방향**으로 작용한다. 선지의 '전기적으로 180°위상'은 이러한 반대 방향의 관계를 뜻한다.

④ O: 대형 직류기는 전기자전류가 크고 부하 변동에 따른 전기자 반작용의 영향도 커서 자속 왜곡을 억제할 필요가 크다. 보상권선은 전기자와 직렬로 연결되어 **전기자전류의 변화에 따라 보상 작용도 변하므로**, 대형 직류기나 부하 변동이 심한 직류기에 주로 사용된다.

NoteBase

문 9. 전기기기에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 전기에너지-전기에너지의 상호변환 및 전기에너지-기계 에너지의 상호변환을 하는 기기를 지칭한다.

② 전기기기의 에너지변환은 전계 또는 자계를 이용하며, 보통 에너지밀도가 큰 전계를 에너지변환의 매개로 사용한다.

③ 일반적인 전기기기의 전자계는 시변계이며, 전자계 지배방정식으로 맥스웰방정식이 적용된다.

④ 전기기기에서 발생되는 유도기전력은 플레밍의 오른손 법칙을 이용하여 구할 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '에너지밀도가 큰 전계'는 **에너지밀도가 큰 자계**로 고쳐야 한다. 일반적인 전기기기는 실용적인 운전 조건에서 전계보다 큰 에너지밀도를 얻을 수 있는 자계를 에너지변환의 주된 매개로 사용한다.

선지별 해설

① O: 전기기기는 전기에너지의 형태를 바꾸거나 전기에너지와 기계에너지를 상호변환하는 기기이다. 변압기는 전압·전류의 크기를 바꾸어 전기에너지를 전달하고, **전동기는 전기에너지를 기계에너지로**, 발전기는 기계에너지를 전기에너지로 변환한다.

② X: 전계와 자계 모두 에너지변환에 이용할 수 있지만, 일반적인 전기기기는 **자계를 주된 변환 매개**로 사용한다. 전계는 절연파괴 때문에 높일 수 있는 세기에 한계가 있어, 실용적인 운전 조건에서는 자계를 이용할 때 더 큰 에너지밀도를 얻기 쉽다. 따라서 '보통 에너지밀도가 큰 전계를 사용한다'는 설명은 '보통 에너지밀도가 큰 자계를 사용한다'로 고쳐야 한다.

③ O: 시변계는 **시간에 따라 변하는 전계·자계**이다. 일반적인 전기기기에서는 교류 전류나 회전 운동 등에 따라 전자계가 시간에 따라 변하며, 전계·자계와 전하·전류의 관계를 지배하는 기본 방정식은 맥스웰방정식이다. 자속 변화에 의해 유도기전력이 발생하는 전자유도 현상도 이 방정식에 포함된다.

④ O: 도체가 자속을 가로질러 움직일 때 발생하는 **유도기전력의 방향**은 플레밍의 오른손 법칙으로 정할 수 있다. 오른손의 엄지·검지·중지를 서로 수직으로 펼쳐 엄지를 도체의 운동 방향, 검지를 자계 방향에 맞추면 중지가 유도기전력의 방향을 가리킨다. 이 법칙은 방향을 정하는 법칙이며, 유도기전력의 크기는 자속의 변화율 등으로 계산한다.

NoteBase

문 10. 3상 동기 발전기의 정격전압은 6,600[V], 정격전류는 240[A]이다. 이 발전기의 계자전류가 100[A]일 때, 무부하 단자전압은 6,600[V]이고, 3상 단락전류는 300[A]이다. 이 발전기에 정격전류와 같은 단락전류를 흘리는 데 필요한 계자전류[A]의 값은?

① 40

② 60

③ 80

④ 100

정답 3번

간단한 해설

동기 발전기의 3상 단락전류는 같은 회전속도에서 **계자전류에 비례**한다. 따라서 단락전류를 300 A에서 240 A로 줄이려면 계자전류도 같은 비율로 줄여 80 A로 한다.

계산 과정

단락특성의 적용: 같은 회전속도에서 동기 발전기를 3상 단락하면 전기자 반작용의 감자 작용으로 자속이 작아 철심이 거의 포화되지 않는다. 따라서 단락특성은 거의 직선이며, **단락전류와 계자전류가 비례**한다고 볼 수 있다.

필요한 계자전류 계산: 계자전류가 100 A일 때 단락전류는 300 A이다. 구하려는 단락전류는 정격전류와 같은 240 A이므로, 필요한 계자전류를 I_f라 하면 $\frac{I_f}{100} = \frac{240}{300}$이다. 따라서 $I_f = 100 \cdot \frac{240}{300} = 80\text{A}$이다. 여기서 $\frac{240}{300}$은 기존 단락전류에 대한 목표 단락전류의 비율이며, 계자전류에도 같은 비율을 적용한다.

필요한 계자전류는 80 A이며, 이는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 4극 3상인 원통형 회전자 동기 발전기가 있다. Y결선, 60[Hz], 공극길이 $g = 4$[cm], 계자권선수 $N_f = 60$, 권선계수 $K_f = 1.0$, 계자전류 $I_f = 400$[A]일 때, 극당 공극 자속 밀도 기본파 최댓값 $(B_{ag1})_{peak}$ [T]의 값은?

① $\frac{\mu_0}{\pi} 5.5 \times 10^5$
② $\frac{\mu_0}{\pi} 6.0 \times 10^5$
③ $\frac{\mu_0}{\pi} 6.5 \times 10^5$
④ $\frac{\mu_0}{\pi} 7.0 \times 10^5$

정답 2번

간단한 해설

계자권선의 **극당 유효 권선수**는 15회이며, 기본파 기자력에 μ_0/g를 곱하면 공극 자속 밀도의 최댓값이 된다. 공극길이 4 cm를 0.04 m로 환산하여 계산하면 $\frac{\mu_0}{\pi} \cdot 6.0 \times 10^5$ T이다.

계산 과정

1. 조건과 적용 가정: 극수를 P라 하면 $P = 4$, 전체 계자권선수는 $N_f = 60$, 권선계수는 $K_f = 1.0$, 계자전류는 $I_f = 400$ A이다. 공극길이는 **미터 단위로 환산**하여 g = 0.04 m를 사용한다. 원통형 회전자의 균일한 공극을 가정하고 철심의 자기저항을 무시하여, 계자전류가 만드는 공간 기본파 자계를 구한다.

2. 기본파 기자력: 권선계수는 실제 권선의 기본파 기자력을 보정하는 계수이다. 극당 유효 권선수는 $\frac{K_f N_f}{P} = \frac{1.0 \cdot 60}{4} = 15$회이다. 권선의 기자력 분포에서 공간 기본파를 구하면 $\frac{4}{\pi}$의 계수가 붙으므로, 기본파 기자력의 최댓값은 $F_{1,\,\mathrm{peak}} = \frac{4}{\pi} \frac{K_f N_f}{P} I_f$이다. 수치를 대입하면 $F_{1,\,\mathrm{peak}} = \frac{4}{\pi} \cdot 15 \cdot 400 = \frac{24000}{\pi}$ A·회이다.

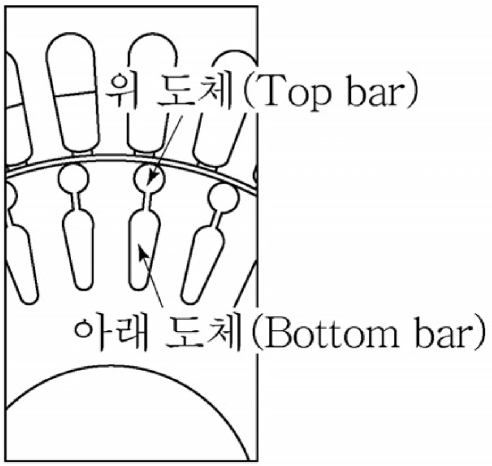
3. 공극 자속 밀도: 기자력이 주로 공극에 걸리므로 기본파 자계의 최댓값은 $H_{1,\,\mathrm{peak}} = \frac{F_{1,\,\mathrm{peak}}}{g}$이고, 공극에서는 $B = \mu_0 H$가 성립한다. 따라서 $(B_{ag1})_{\mathrm{peak}} = \frac{\mu_0}{g} F_{1,\,\mathrm{peak}}$이다. 이를 계산하면 $(B_{ag1})_{\mathrm{peak}} = \frac{\mu_0}{0.04} \cdot \frac{24000}{\pi}$, 즉 $\frac{\mu_0}{\pi} \cdot 6.0 \times 10^5$ T이다. 여기서 구한 값은 공간 기본파의 **최댓값**이므로 실효값으로 바꾸기 위한 나눗셈은 하지 않는다.

계산한 $\frac{\mu_0}{\pi} \cdot 6.0 \times 10^5$ T는 ②의 값과 일치한다. 3상·Y결선·60 Hz는 전기자 전압이나 회전속도 등을 구할 때 쓰이는 조건이며, 주어진 계자전류가 만드는 자속 밀도의 위 계산에는 별도 계수로 들어가지 않는다.

NoteBase

문 12. 일반 농형 전동기와 비교하여 <보기>와 같은 2중 농형 유도 전동기의 특징에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>



① 위쪽 도체는 아래쪽 도체에 비해 높은 저항률을 갖는다.

② 위쪽 도체는 아래쪽 도체에 비해 누설인덕턴스가 작다.

③ 저슬립 운전영역에서는 2차측 임피던스에서 저항이 차지하는 비중이 작아지게 된다.

④ 기동 시에는 2차측 전류가 위쪽 도체에 집중적으로 흐른다.

정답 3번

간단한 해설

저슬립 운전영역에서는 회전자 전류의 주파수가 낮아져 누설리액턴스가 작아진다. 따라서 2차측 임피던스에서 저항이 차지하는 비중은 작아지는 것이 아니라 **커진다**.

NoteBase

선지별 해설

① O: 그림의 위쪽 도체는 공극에 가까운 외측 농형 도체이고, 아래쪽 도체는 회전자 내부에 있는 내측 농형 도체이다. 외측 도체에는 황동 등 **저항률이 높은 재료**를, 내측 도체에는 구리 등 저항률이 낮은 재료를 사용한다. 외측 농형은 높은 저항으로 기동 특성을 개선하고, 내측 농형은 낮은 저항으로 정상 운전 시 손실을 줄인다.

② O: 위쪽 도체는 공극에 가까워 도체 주위의 누설자속 경로가 철심 깊숙이 있는 아래쪽 도체보다 자기저항이 크다. 따라서 위쪽 도체에 쇄교하는 누설자속이 적어 **누설인덕턴스가 작다**. 아래쪽 도체는 철심 내부에 깊이 묻혀 있어 누설인덕턴스가 크다.

③ X: 회전자 전류의 주파수는 $f_2 = sf_1$이다. 여기서 s는 슬립, f_1은 전원 주파수, f_2는 회전자 전류의 주파수이다. 저슬립 영역에서는 회전자 주파수가 낮아지고, 주파수에 비례하는 누설리액턴스도 작아진다. 따라서 2차측 임피던스에서 **저항의 상대적 비중은 커진다**. 이는 저항 자체가 증가한다는 뜻이 아니라 리액턴스의 영향이 줄어든다는 뜻이다. 이때 전류는 저항이 낮은 아래쪽 도체에 더 많이 흐른다.

④ O: 기동 시에는 슬립이 1이므로 회전자 전류의 주파수가 전원 주파수와 같다. 이때 누설인덕턴스가 큰 아래쪽 도체는 누설리액턴스도 커져 전류가 흐르기 어렵다. 따라서 저항이 높더라도 누설리액턴스가 작은 **위쪽 도체에 전류가 집중**된다.

NoteBase

문 13. 변압기의 표유부하손을 설명한 것으로 가장 옳은 것은?

① 동손, 철손

② 부하 전류 중 누전에 의한 손실

③ 권선 이외 부분의 누설 자속에 의한 손실

④ 무부하 시 여자 전류에 의한 동손

정답 3번

간단한 해설

표유부하손은 부하 전류가 만드는 **누설 자속**이 탱크나 조임쇠 등 권선 이외의 금속 부분에 와전류를 유도하여 발생하는 추가 손실이다.

공통 해설

변압기에 부하 전류가 흐르면 누설 자속이 생기며, 이 자속의 일부는 권선 밖의 탱크나 조임쇠 같은 금속 구조물을 통과한다. 시간에 따라 변하는 자속은 금속 내부에 고리 모양으로 흐르는 전류인 와전류를 유도하고, 이 전류가 금속의 저항 때문에 열을 발생시킨다. 이러한 **권선 이외 부분의 누설 자속에 의한 추가 손실**이 표유부하손에 해당한다.

여기서 구별 기준은 손실을 일으키는 원인과 발생 위치이다. 동손·철손을 통틀어 표유부하손이라고 하는 것은 아니며, 일반적인 권선 저항손이나 주자속에 의한 철손과 구별한다. 또한 누설 자속은 자기장의 일부가 주된 자기 경로를 벗어나는 현상으로, 절연 불량 등으로 전류가 새는 **누전과는 다르다**. 무부하 때 여자 전류가 권선 저항에서 발생시키는 동손도 권선 내부의 저항손이므로, 부하 전류의 누설 자속이 권선 밖에서 일으키는 손실이라는 설명에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 14. 선형 유도 전동기에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 속도가 낮을수록 단부효과가 증가한다.

② 이동파의 동기속도는 주파수와 극 피치에 비례한다.

③ 전동기의 입구 모서리에서 발생하는 자속밀도는 전동기 중간 지점에서 발생하는 자속밀도보다 낮다.

④ 회전형 유도 전동기에 비하여 일반적으로 공극이 크다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '속도가 낮을수록'은 '**속도가 높을수록**'으로 고쳐야 한다. 속도가 높아지면 2차 도체가 입구에서 자속이 충분히 형성되기 전에 더 멀리 이동하므로, 자속 분포가 흐트러지는 단부효과가 커진다.

선지별 해설

① X: 단부효과는 길이가 유한한 1차 철심의 입구와 출구에서 자속이 형성·소멸하면서 공극 자속 분포가 불균일해지는 현상이다. 자속이 형성되는 데에는 시간이 필요하므로, 다른 조건이 같으면 **속도가 높을수록** 자속 형성이 지연되는 구간이 길어져 단부효과가 커진다. 따라서 '속도가 낮을수록 단부효과가 증가한다'는 속도와 단부효과의 관계를 반대로 서술한 것이다.

② O: 극 피치 τ는 인접한 서로 다른 극 사이의 거리이며, 이동자계의 한 파장은 극 피치의 두 배이다. 전원 한 주기 동안 자계가 한 파장만큼 이동하므로 동기속도는 $v_s = 2\tau f$이다. 여기서 f는 전원 주파수(Hz), τ는 극 피치(m), v_s는 동기속도(m/s)이므로, 이동파의 동기속도는 **주파수와 극 피치에 각각 비례**한다.

③ O: 입구로 들어오는 2차 도체에는 자속의 증가를 방해하는 방향으로 유도전류가 흐른다. 이 전류가 자속의 형성을 지연시키므로 **입구의 자속밀도가 중간 지점보다 낮다**. 입구에서 멀어질수록 이러한 과도현상이 줄어들어 자속이 충분히 형성된다.

④ O: 선형 유도 전동기는 1차측과 2차측이 직선 방향으로 상대운동하므로, 이동 중의 진동과 정렬 오차를 고려하여 **접촉을 막을 기계적 여유**를 확보해야 한다. 이 때문에 회전형 유도 전동기에 비해 일반적으로 공극을 크게 둔다. 공극이 커지면 자속을 만드는 데 필요한 여자전류도 증가한다.

NoteBase

문 15. 단자전압이 200[V]에 4[kW]인 직류 분권 발전기의 유기기전력이 210[V]이고 계자저항이 1,000[Ω]이면 전기자 저항[Ω]의 근삿값은?

① 0.3

② 0.5

③ 0.7

④ 0.9

정답 2번

간단한 해설

분권 발전기의 전기자전류는 **부하전류와 계자전류의 합**이므로 20.2 A이다. 유기기전력과 단자전압의 차이 10 V를 이 전류로 나누면 전기자저항은 약 0.5 Ω이다.

계산 과정

부하전류: 단자전압을 V, 부하에 공급하는 출력을 P, 부하전류를 I_L이라 한다. 4 kW = 4,000 W이고 직류의 전력 관계 $P = VI_L$을 적용하면 $I_L = \frac{4,000}{200} = 20\text{A}$이다.

계자전류: 분권 발전기는 계자권선이 부하와 병렬로 연결되어 있으므로 **계자권선에도 단자전압 200 V**가 걸린다. 계자저항을 R_f, 계자전류를 I_f라 하면 $I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{200}{1,000} = 0.2\text{A}$이다.

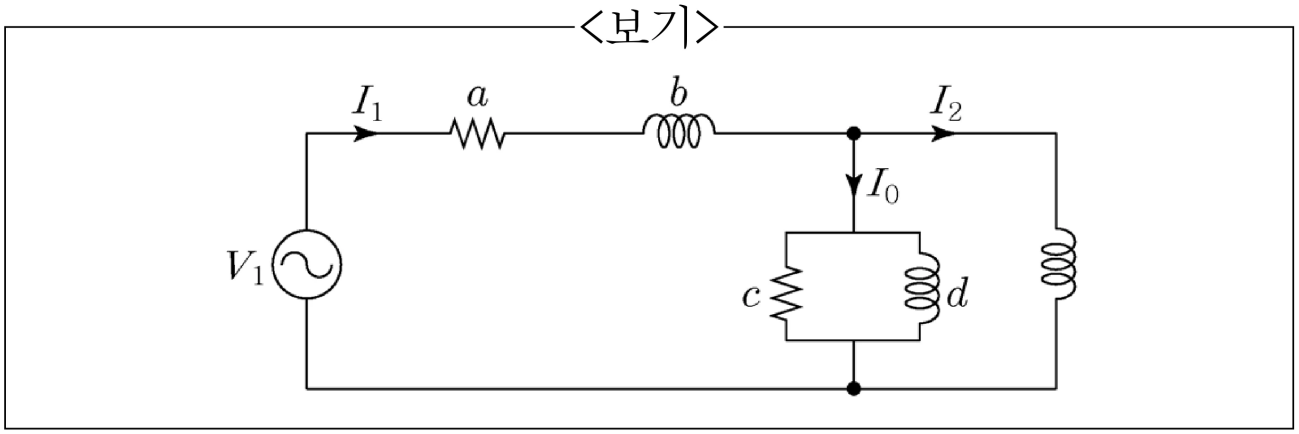
전기자전류: 발전기에서 전기자가 공급하는 전류는 부하와 계자권선으로 나뉜다. 따라서 전기자전류 I_a는 **두 전류를 더하여** 구하며, $I_a = I_L + I_f = 20 + 0.2 = 20.2\text{A}$이다.

전기자저항: 유기기전력을 E, 전기자저항을 R_a라 한다. 별도의 브러시 전압강하가 주어지지 않았으므로 이를 무시한 발전기의 전압 관계 $E = V + I_aR_a$를 적용한다. 유기기전력과 단자전압의 차이 210 − 200 = 10 V가 전기자저항에서의 전압강하이다. 따라서 $R_a = \frac{E - V}{I_a} = \frac{10}{20.2} \approx 0.495\Omega$이며, 가장 가까운 값은 ②의 0.5 Ω이다.

NoteBase

문 16. 실제 변압기 등가회로의 1차측이 <보기>와 같을 때, 등가회로의 회로 상수 중 누설 자속에 의한 영향을 가장 많이 받는 것은? (단, V_1, I_1, I_2, I_0는 각각 입력전압, 1차측 전류, 1차측 부하전류, 여자 전류다.)

<보기>



① a

② b

③ c

④ d

정답 2번

간단한 해설

누설 자속은 한쪽 권선에는 쇄교하지만 다른 쪽 권선에는 쇄교하지 않는 자속으로, 등가회로에서는 **직렬 누설 리액턴스**로 나타낸다. 그림에서 이에 해당하는 것은 직렬 코일로 표시된 b이다.

도식 해설

b: 입력 전류 I_1이 흐르는 경로에서 저항 a와 직렬로 연결된 코일은 1차 권선의 **누설 리액턴스**를 나타낸다. 누설 자속은 두 권선을 함께 쇄교하여 전압을 유도하는 주자속과 달리 한쪽 권선에만 쇄교한다. 이 누설 자속의 변화로 생기는 유도 전압을 직렬 리액턴스에 의한 전압 강하로 표현하므로, 누설 자속에 의한 영향을 나타내는 회로 상수는 b이다.

d: 여자 전류 I_0가 흐르는 병렬 가지의 코일은 **주자속을 만드는 여자 리액턴스**이다. b와 d는 모두 코일 기호로 그려져 있지만, b는 누설 자속의 영향을, d는 철심을 자화하여 두 권선에 공통으로 쇄교하는 주자속을 만드는 작용을 나타낸다.

a와 c: 직렬 저항 a는 권선 저항으로서 동손을 나타내고, 병렬 저항 c는 철심의 히스테리시스손과 와전류손을 합한 철손을 나타낸다. 이들은 누설 자속에 의한 유도 작용을 표현하는 회로 상수가 아니다.

NoteBase

문 17. 정격속도로 회전하는 분권 발전기의 자여자에 의한 전압 확립이 실패하는 이유로 가장 옳지 않은 것은?

① 발전기 내부의 잔류 자속이 부족한 경우

② 발전기를 반대 방향으로 회전시키는 경우

③ 계자 저항값이 임계 저항값보다 작은 경우

④ 계자 권선의 극성을 바꾸어 연결하는 경우

정답 3번

간단한 해설

계자 저항이 **임계 저항보다 작은 것**은 분권 발전기의 전압 확립에 필요한 조건이다. 저항 때문에 전압 확립이 실패하는 경우는 계자 저항이 임계 저항보다 클 때이다.

선지별 해설

분권 발전기는 잔류 자속으로 생긴 작은 유기기전력을 계자 권선에 인가하여 계자 전류를 흘린다. 이 전류가 잔류 자속을 강화하면 자속과 유기기전력이 커지고, 다시 계자 전류가 증가하는 과정으로 전압이 확립된다.

① O: 잔류 자속은 전압 확립을 시작하는 데 필요한 최초의 유기기전력을 만든다. **잔류 자속이 부족하면** 초기 유기기전력과 계자 전류가 충분히 생기지 않아 자여자에 의한 전압 확립이 실패할 수 있다.

② O: 정상적으로 전압이 확립되는 계자 접속을 그대로 두고 회전 방향만 반대로 바꾸면 유기기전력의 극성과 계자 전류의 방향이 바뀐다. 이에 따라 계자 전류가 만드는 자속이 **잔류 자속을 약화하는 방향**이 되어 전압이 확립되지 않는다.

③ X: 임계 저항은 주어진 회전속도에서 자여자로 전압을 확립할 수 있는 계자 회로 저항의 한계이다. 계자 저항이 **임계 저항보다 작으면** 자속을 강화하는 계자 전류가 증가할 수 있으므로, 이 조건 자체는 전압 확립의 실패 원인이 아니다. 실패 원인으로 고치려면 '계자 저항값이 임계 저항값보다 큰 경우'라고 해야 한다. 저항이 너무 크면 계자 전류가 충분히 증가하지 못하기 때문이다.

④ O: 정상적인 회전 방향을 유지하면서 계자 권선의 접속 극성만 반대로 바꾸면, 같은 단자 전압에 대해 계자 전류가 만드는 자속의 방향이 반대가 된다. 이 자속이 **잔류 자속을 상쇄하는 방향**으로 작용하므로 자속과 전압이 누적해서 증가하지 못한다.

NoteBase

문 18. 3상 동기 발전기에 무부하 전압보다 90° 뒤진 전기자 전류가 흐를 때, 전기자 반작용으로 가장 옳은 것은?

① 감자 작용을 받는다.

② 증자 작용을 받는다.

③ 교차 자화 작용을 받는다.

④ 자기 여자 작용을 받는다.

정답 1번

간단한 해설

전기자 전류가 무부하 전압보다 90° 뒤지면 전기자 자기장이 계자 자기장과 반대 방향으로 작용한다. 계자 자속을 약화시키므로 **감자 작용**이 일어난다.

공통 해설

전기자 반작용은 전기자 전류가 만든 자기장이 계자 자기장에 영향을 미치는 현상이다. 동기 발전기에서는 무부하 전압인 유도 기전력에 대한 전기자 전류의 위상에 따라 그 작용이 달라진다.

전기자 전류가 무부하 전압보다 90° 뒤지면, 전기자 기자력은 계자 기자력과 **같은 축에서 반대 방향**으로 작용한다. 기자력은 자속을 만들어 내는 구동력이며, 두 기자력이 서로 상쇄되는 방향이므로 합성 기자력과 자속이 감소한다. 이처럼 계자 자속을 직접 약화시키는 전기자 반작용을 **감자 작용**이라고 한다.

NoteBase

문 19. 유도 전동기의 특성에서 토크와 2차 입력, 동기속도의 관계는?

① 토크는 2차 입력과 동기속도의 자승에 비례한다.

② 토크는 2차 입력에 반비례하고, 동기속도에 비례한다.

③ 토크는 2차 입력에 비례하고, 동기속도에 반비례한다.

④ 토크는 2차 입력과 동기속도의 곱에 비례한다.

정답 3번

간단한 해설

유도 전동기의 토크는 $T = \frac{P_2}{\omega_s}$이므로 **2차 입력에 비례**하고 **동기속도에 반비례**한다. 여기서 P_2는 회전자로 전달되는 전력이고, ω_s는 동기각속도이다.

공통 해설

2차 입력 P_2는 고정자에서 공극을 통해 회전자로 전달되는 전력이며 단위는 W이다. 여기서 토크 T는 기계손을 빼기 전의 발생 토크로, 단위는 N·m이다. 동기각속도 ω_s의 단위는 rad/s이며, 동기속도 n_s를 rpm으로 나타내면 $\omega_s = \frac{2\pi n_s}{60}$이다.

슬립을 s라 하면 2차 입력 중 회전자 동손은 sP_2, 기계적 에너지로 변환되는 전력은 $P_m = (1-s)P_2$이다. 회전자의 실제 각속도도 $\omega_m = (1-s)\omega_s$이므로, 회전 중에는 $T = \frac{P_m}{\omega_m} = \frac{P_2}{\omega_s}$로 정리된다. 즉 **2차 입력을 사용할 때는 동기각속도로 나눈다**.

이 관계에서 동기속도를 일정하게 두면 2차 입력이 커지는 비율만큼 토크가 커지고, 2차 입력을 일정하게 두면 동기속도가 커지는 비율만큼 토크가 작아진다. 따라서 토크는 **2차 입력에 비례하고 동기속도에 반비례**한다. 동기속도의 자승이나 2차 입력과 동기속도의 곱에 비례하는 관계가 아니다.

NoteBase

문 20. 마그네틱 토크만을 발생시키는 전동기는?

① 표면부착형 영구자석전동기

② 매입형 영구자석전동기

③ 릴럭턴스 동기전동기

④ 스위치드 릴럭턴스 전동기

정답 1번

간단한 해설

표면부착형 영구자석전동기는 기본 모델에서 회전자 방향에 따른 자기저항 차이를 무시하므로 **릴럭턴스 토크가 발생하지 않는다**. 영구자석의 자속과 고정자 전류의 상호작용에 의한 **마그네틱 토크만** 발생한다.

공통 해설

이 문항에서 마그네틱 토크는 영구자석의 자속과 고정자 전류의 상호작용으로 생기는 토크를 뜻한다. 릴럭턴스 토크는 회전자가 자속이 통과하기 쉬운 방향, 즉 자기저항이 작은 방향으로 정렬하려는 성질 때문에 생긴다.
따라서 '마그네틱 토크만' 발생하려면 **영구자석에 의한 토크는 있고 릴럭턴스 토크는 없어야 한다**.

표면부착형 영구자석전동기는 자석이 회전자 표면에 부착되어 있으며, 기본 모델에서는 회전자 방향에 따른 자기저항 차이인 돌극성을 무시한다. 이에 따라 d축과 q축 인덕턴스가 $L_d = L_q$이므로 두 인덕턴스의 차이에 의해 생기는 릴럭턴스 토크가 0이 된다. 영구자석 자속은 존재하므로 **마그네틱 토크만 발생하는 조건**에 해당한다.

매입형 영구자석전동기는 자석이 회전자 내부에 매입되어 방향에 따른 자기저항 차이가 생기므로 마그네틱 토크와 릴럭턴스 토크를 함께 이용할 수 있다.

릴럭턴스 동기전동기와 스위치드 릴럭턴스 전동기는 기본 구조에 영구자석이 없으며, 자기저항이 작아지는 방향으로 회전자를 끌어당기는 **릴럭턴스 토크**를 이용한다. 따라서 이들은 마그네틱 토크만 발생시키는 전동기에 해당하지 않는다.

NoteBase