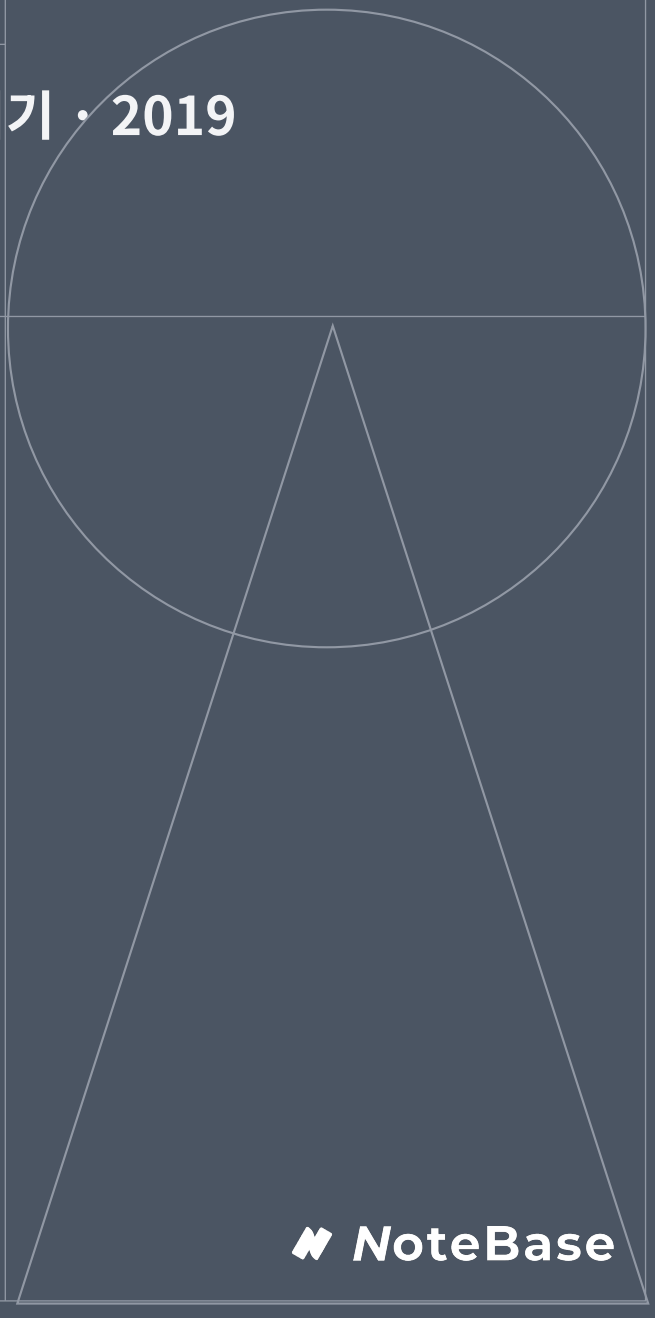
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2019



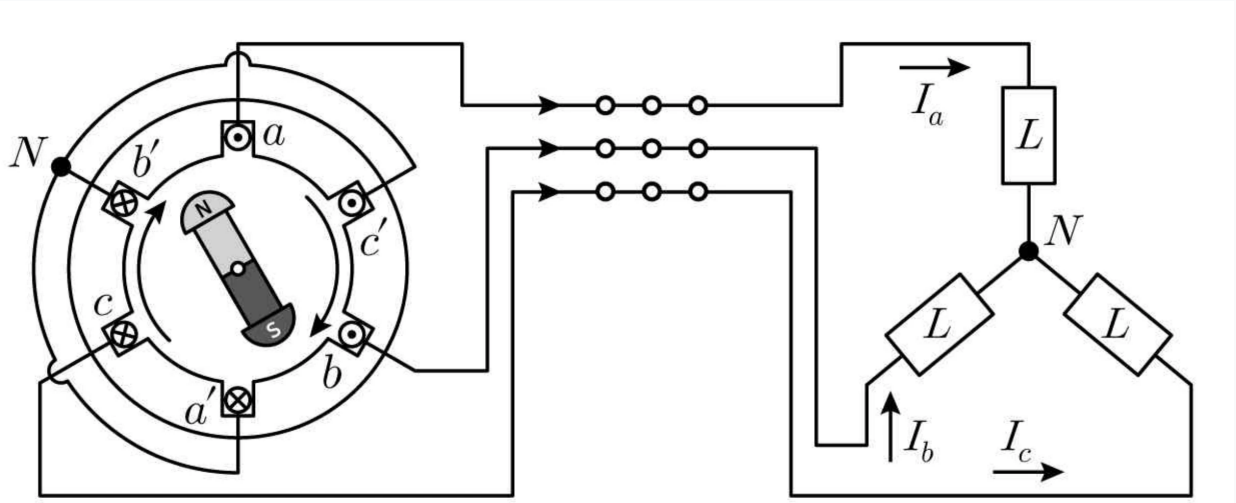
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2019

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2019

문 1. 그림과 같이 인덕턴스만의 부하로 운전하는 동기 발전기에서 나타나는 전기자 반작용에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 유도 기전력보다 $\frac{\pi}{2}$ [rad]만큼 앞선 전기자 전류가 흐른다.

② 교차 자화 작용을 한다.

③ 직축 반작용을 한다.

④ 증자 작용을 한다.

정답 3번

간단한 해설

순인덕턴스 부하에서는 전기자 자계가 회전자 자극축과 같은 축에서 계자 자계와 반대 방향으로 작용한다.
따라서 계자 자속을 약화시키는 **직축 감자 작용**이 나타난다.

NoteBase

선지별 해설

그림 오른쪽의 세 부하는 모두 L로 표시된 인덕턴스이다. 전기자 반작용은 전기자 전류가 만드는 자계가 회전자의 계자 자계에 미치는 영향을 말한다.

① X: 순인덕턴스 부하의 전류는 전압보다 위상이 늦다. 전기자 저항을 무시하는 기본 해석에서 전기자 전류는 유도 기전력보다 $\frac{\pi}{2}$ rad만큼 **뒤진다**. 따라서 선지의 '앞선'을 '뒤진'으로 고쳐야 한다.

② X: 교차 자화 작용은 전기자 자계가 회전자 자극축에 **직각인 방향**으로 작용하여 자속 분포를 변형시키는 것이다. 이 문제의 순인덕턴스 부하에서는 전기자 자계가 자극축과 같은 축에 놓이므로 직축 반작용이 나타난다.

③ O: 직축 반작용은 전기자 자계가 회전자의 N극과 S극을 잇는 자극축을 따라 작용하는 것이다. 순인덕턴스 부하에서는 전기자 자계가 계자 자계와 **같은 축에서 반대 방향**으로 작용하므로 직축 감자 반작용에 해당한다.

④ X: 증자 작용은 전기자 자계가 계자 자계를 보강하여 자속을 증가시키는 것이다. 이 부하에서는 두 자계가 서로 반대 방향이어서 계자 자속을 약화시키므로 **감자 작용**을 한다.

NoteBase

문 2. 단상 유도 전동기의 기동을 위한 기동 장치에 해당하지 않는 것은?

① 세이딩 코일형

② 분상 기동형

③ 콘덴서 기동형

④ Y−△ 기동형

정답 4번

간단한 해설

Y−△ 기동형은 **삼상 유도 전동기의 기동 전류를 줄이는 방식**이다. 단상 유도 전동기에 필요한 기동 토크를 만들어 주는 기동 방식에는 해당하지 않는다.

공통 해설

단상 유도 전동기는 주권선에 단상 교류만 공급하면 맥동 자기장이 생기며, 정지 상태에서는 서로 반대 방향의 토크가 상쇄되어 스스로 기동하지 못한다. 따라서 단상 유도 전동기의 기동 장치는 **공간적으로 떨어진 자속 사이에 시간적인 위상차를 만들어** 한 방향의 기동 토크가 생기도록 해야 한다.

세이딩 코일형은 자극 일부에 설치한 단락 코일을 이용하여 그 부분의 자속과 나머지 부분의 자속 사이에 시간차를 만든다. 분상 기동형은 주권선과 보조권선의 전기적 특성을 다르게 하여 두 권선 전류 사이에 위상차를 만든다. 콘덴서 기동형은 보조권선에 콘덴서를 직렬로 연결하여 전류의 위상차를 만든다. 세 방식은 모두 이 위상차를 이용하여 단상 전원으로 기동 토크를 얻는다.

Y−△ 기동형은 삼상 유도 전동기의 권선을 처음에는 Y로 접속하여 권선에 걸리는 전압과 기동 전류를 낮추고, 가속한 뒤 △로 전환하는 방식이다. 삼상 전원은 그 자체로 회전 자기장을 만들므로, 이 방식의 목적은 **단상의 기동 토크 발생이 아니라 삼상의 기동 전류 제한**이다. 따라서 단상 유도 전동기의 기동 장치에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 3. 단상 변압기의 3상 결선 방식 중, 여자 전류의 3고조파가 순환 전류로 흐를 수 있으므로 기전력이 정현파이고 유도장애가 없으며, 발전소 저전압을 송전 전압으로 승압할 때 주로 사용되는 결선 방식은?

① Y−Y

② Y−△

③ △−△

④ △−Y

정답 4번

간단한 해설

△ **결선**은 여자 전류의 3고조파가 내부에서 순환할 경로를 제공하여 기전력의 파형 왜곡을 억제한다. 발전소의 승압용 변압기는 고전압측을 **Y 결선**으로 하면 권선의 절연 부담을 줄일 수 있어, 저전압측 △·고전압측 Y의 결선을 주로 사용한다.

핵심 풀이

3고조파의 순환 경로: 3상의 여자 전류에 포함된 3고조파 성분은 서로 동상이다. △ 결선은 세 권선이 폐회로를 이루므로 이 성분이 △ **내부에서 순환**할 수 있다. 순환 전류는 자속과 유도 기전력의 파형 왜곡을 억제하며, 외부 선전류에는 이 순환 성분이 나타나지 않는다. 문제의 '유도장애가 없다'는 설명은 이러한 3고조파에 의한 유도장애를 억제한다는 의미이다.

승압용 고전압측의 결선: 발전소에서 송전 전압으로 승압할 때는 1차가 저전압측, 2차가 고전압측이다. Y 결선에서는 선간전압을 V_L, 각 권선에 걸리는 상전압을 V_{ph}라 하면 $V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$이다. 따라서 같은 선간전압에서 권선에 걸리는 전압이 △ 결선보다 낮아, **고전압측 권선의 절연 부담**을 줄일 수 있다.

두 단서의 적용: Y−Y에는 △ 폐회로가 없으므로 제시된 3고조파 순환 경로가 없다. Y−△와 △−△는 △ 내부 순환 경로를 갖지만, 2차 고전압측을 Y로 구성하는 승압용 결선의 특징과 다르다. 저전압측의 △ 순환 경로와 고전압측의 Y 결선을 함께 갖춘 방식이 △**−Y 결선**이다.

NoteBase

문 4. 1차측 권수가 1,500인 변압기에서 2차측에 접속한 32[Ω]의 저항을 1차측으로 환산했을 때 800[Ω]으로 되었다면, 2차측 권수는?

① 100

② 150

③ 300

④ 600

정답 3번

간단한 해설

저항은 권수비의 제곱으로 환산되므로, 1차측 환산 저항이 2차측 저항의 25배이면 **권수비는 5**이다. 2차측 권수는 1,500권을 5로 나눈 300권이다.

계산 과정

저항 환산 관계: 1차측과 2차측 권수를 각각 N_1, N_2라 하고, 권수비를 $a = \frac{N_1}{N_2}$라 하자. 이상 변압기에서 전압은 권수비에 비례하고 전류는 그 역비로 변하므로, 전압을 전류로 나눈 저항은 **권수비의 제곱**으로 환산된다. 따라서 2차측 저항 R_2를 1차측으로 환산한 저항 R_2'는 $R_2' = a^2 R_2$이다.

권수비 계산: 2차측 저항은 32 Ω이고 1차측 환산 저항은 800 Ω이므로, $a^2 = \frac{800}{32} = 25$이다. 권수는 양수이므로 $a = \sqrt{25} = 5$이다. 이는 **1차측 권수가 2차측 권수의 5배**라는 뜻이다.

2차측 권수 계산: $N_1 = 1{,}500$이므로 $N_2 = \frac{N_1}{a} = \frac{1{,}500}{5} = 300$이다. 따라서 2차측 권수는 300권이며, ③의 300에 해당한다.

NoteBase

문 5. 타여자 직류 전동기의 현재 속도가 1,000 [rpm]이다. 동일한 부하에서 계자 전류, 단자 전압, 전기자 저항을 모두 2배로 증가시키는 경우 전동기의 회전 속도[rpm]는? (단, 계자 전류와 자속은 선형 관계이며, 전기자 반작용 및 브러시 접촉에 의한 전압 강하는 무시한다)

① 500

② 1,000

③ 2,000

④ 4,000

정답 2번

간단한 해설

전기자 전류가 일정한 조건으로 해석하면, 단자 전압과 전기자 저항이 함께 2배가 되어 **역기전력도 2배**가 된다. 자속 역시 2배이므로 역기전력과 자속의 비로 정해지는 회전 속도는 **1,000 rpm을 유지**한다.

계산 과정

적용 조건과 속도식: 이 문항의 '동일한 부하'를 **전기자 전류가 일정한 조건**으로 해석하여 계산한다. 변화 전의 단자 전압, 전기자 전류, 전기자 저항, 자속을 각각 V, I_a, R_a, Φ_1이라 하고, 변화 전후를 아래첨자 1, 2로 구분한다. 브러시 접촉 전압 강하를 무시하면 역기전력은 $E_1 = V - I_a R_a$이다. 또한 역기전력은 자속과 회전 속도에 비례하므로 $N = \frac{E}{k\Phi}$이다. 여기서 k는 같은 전동기에서 변하지 않는 상수이다.

자속의 변화: 계자 전류와 자속이 선형 관계이므로 계자 전류를 2배로 하면 $\Phi_2 = 2\Phi_1$이 된다. 전기자 반작용을 무시하므로 그에 따른 자속 변화는 고려하지 않는다.

역기전력의 변화: 단자 전압과 전기자 저항은 각각 $2V$, $2R_a$가 된다. 전기자 전류를 일정하게 두었으므로 $E_2 = 2V - I_a(2R_a)$이고, 이를 묶으면 $E_2 = 2(V - I_a R_a) = 2E_1$이다. 전기자 저항에 의한 전압 강하를 버리는 것이 아니라, **그 전압 강하도 2배**가 되는 점을 반영한 것이다.

회전 속도 계산: 속도식에서 변화 전후의 비는 $\frac{N_2}{N_1} = \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{\Phi_1}{\Phi_2}$이다. 역기전력과 자속의 변화비를 대입하면 $\frac{N_2}{N_1} = 2 \cdot \frac{1}{2} = 1$이 된다. 따라서 회전 속도는 변화 전과 같은 1,000 rpm으로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 직류 분권 발전기의 정격 전압이 220[V], 정격 출력이 11[kW], 계자 전류는 2[A]이다. 발전기의 유기 기전력[V]은? (단, 전기자 저항은 0.5[Ω]이고, 전기자 반작용 및 브러시 접촉에 의한 전압 강하는 무시한다)

① 174

② 194

③ 226

④ 246

정답 4번

간단한 해설

직류 분권 발전기의 전기자 전류는 **부하 전류와 계자 전류의 합**이므로 52 A이다. 유기 기전력은 단자 전압에 전기자 저항의 전압 강하를 더한 **246 V**이다.

계산 과정

1. 부하 전류: 정격 출력 11 kW는 부하에 공급하는 전력이므로 11000 W로 환산한다. 단자 전압을 V, 부하 전류를 I_L이라 하면 직류 출력은 $P = VI_L$이다. 따라서 $I_L = \frac{P}{V} = \frac{11000}{220} = 50\text{A}$이다.

2. 전기자 전류: 분권 발전기는 계자 권선이 부하와 병렬로 연결되어 전기자에서 나온 전류가 부하와 계자로 나뉜다. 따라서 전기자 전류는 **부하 전류에 계자 전류를 더한 값**이다. 계자 전류가 $I_f = 2\text{A}$이므로 $I_a = I_L + I_f = 50 + 2 = 52\text{A}$이다.

3. 유기 기전력: 발전기 내부에서 유기된 기전력 중 일부가 전기자 저항에서 전압 강하로 소모되므로, 유기 기전력은 **단자 전압보다 전기자 저항의 전압 강하만큼 크다**. 전기자 반작용과 브러시 접촉에 의한 전압 강하를 무시하면 $E = V + I_a R_a$이다. 전기자 저항은 $R_a = 0.5\Omega$이므로 전압 강하는 $52 \times 0.5 = 26$ V이고, 유기 기전력은 $220 + 26 = 246$ V이다. 이는 ④의 246 V와 일치한다.

NoteBase

문 7. 동기 발전기의 병렬 운전 조건에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 기전력의 크기가 같을 것
ㄴ. 기전력의 위상이 같을 것
ㄷ. 기전력의 파형이 같을 것
ㄹ. 기전력의 주파수가 같을 것

① ㄱ, ㄷ
② ㄱ, ㄴ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

간단한 해설

병렬 접속할 두 발전기 사이에 전압 차가 있으면 부하와 무관한 순환전류가 흐른다. 이를 막으려면 **접속 순간의 전압이 일치**해야 하며, 그 뒤에도 위상 관계가 유지되도록 **주파수도 같아야** 한다.

보기별 해설

동기 발전기의 병렬 접속은 두 발전기의 전압을 맞춘 상태에서 연결하는 것이다. 여기서 위상을 같게 한다는 조건은 병렬 운전 중 부하를 분담하는 모든 상태에서 내부 기전력의 위상차가 항상 0이어야 한다는 뜻이 아니라, 접속 순간에 전압의 위상을 맞춘다는 뜻이다.

ㄱ. O: 기전력의 크기가 다르면 두 발전기 사이의 전압 차 때문에 순환전류가 흐른다. 특히 무효전류가 흐르면서 불필요한 손실과 발열이 생기므로, 병렬 접속 전에는 **전압의 크기를 같게** 맞춘다.

ㄴ. O: 크기와 주파수가 같아도 위상이 다르면 접속 순간에 두 전압의 순간값이 달라질 수 있다. 이 상태로 연결하면 큰 전류와 기계적 충격이 발생할 수 있으므로, **접속 순간에 대응하는 전압의 위상을 일치**시켜야 한다.

ㄷ. O: 실효값과 기본파의 주파수·위상이 같더라도 파형이 다르면 매 순간의 전압은 서로 다를 수 있다. 이 차이로 고조파 순환전류가 흐를 수 있으므로 **기전력의 파형도 같아야** 한다.

ㄹ. O: 주파수가 다르면 두 전압이 반복되는 속도가 달라져 위상차가 계속 변한다. 한순간 위상을 맞추어도 곧 어긋나므로, 동기 상태를 유지하려면 **기전력의 주파수가 같아야** 한다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ은 모두 동기 발전기의 병렬 운전 조건에 해당하며, 이를 모두 포함한 조합은 ④이다.

NoteBase

문 8. 0.5[Ω]의 전기자 저항을 가지는 직류 분권 전동기가 220[V] 전원에 연결되어 있다. 이 전동기에서 계자 전류는 고정되어 여자되며, 전부하 시 1,200[rpm]으로 운전하고 40[A]의 전기자 전류를 가진다. 전기자 회로에서 1[Ω]의 전기자 저항을 추가로 접속시켰을 때의 전동기 회전 속도[rpm]는? (단, 부하 토크는 일정한 값으로 유지하고 있고, 전기자 반작용 및 브러시 접촉에 의한 전압 강하는 무시한다)

① 800

② 960

③ 1,400

④ 1,500

정답 2번

간단한 해설

계자 전류와 부하 토크가 일정하므로 **전기자 전류는 40 A로 유지**된다. 저항을 추가하면 역기전력이 200 V에서 160 V로 감소하며, 자속이 일정할 때 **회전 속도는 역기전력에 비례**하므로 960 rpm이 된다.

계산 과정

1. 전기자 전류: 계자 전류가 고정되고 전기자 반작용을 무시하므로 자속 Φ는 일정하다. 직류 전동기의 토크는 $T = k_T \Phi I_a$이며, k_T는 전동기의 구조에 따른 상수, I_a는 전기자 전류이다. 따라서 **일정한 부하 토크를 유지하려면 전기자 전류도 일정**해야 하므로 저항 추가 후에도 40 A이다.

2. 저항 추가 전 역기전력: 브러시 접촉 전압 강하를 무시하면 전원 전압은 역기전력과 전기자 회로의 저항 전압 강하의 합이다. 즉 $E = V - I_a R$이며, E는 역기전력, V는 전원 전압, R은 전기자 회로의 전체 직렬 저항이다. 처음에는 저항이 0.5 Ω이므로 저항 전압 강하는 $40 \times 0.5 = 20$ V이고, 역기전력은 $220 - 20 = 200$ V이다.

3. 저항 추가 후 역기전력: 기존 저항에 1 Ω을 추가하므로 **전체 직렬 저항은 0.5 + 1 = 1.5 Ω**이다. 전기자 전류는 40 A이므로 저항 전압 강하는 $40 \times 1.5 = 60$ V이고, 역기전력은 $220 - 60 = 160$ V이다.

4. 회전 속도: 역기전력은 $E = k_E \Phi n$으로 나타내며, k_E는 전동기의 구조와 속도 단위에 따른 상수, n은 회전 속도이다. 자속이 일정하므로 속도비는 역기전력의 비와 같다. 추가 전후를 각각 1, 2로 표시하면 $\frac{n_2}{n_1} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{160}{200}$이다. 따라서 $n_2 = 1{,}200 \cdot \frac{160}{200} = 960$ rpm이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 풍력 발전기에서 사용되는 영구 자석형 동기 발전기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 증속기어 없이 사용할 수 있다.

② 컨버터를 이용하여 유효 전력과 무효 전력을 모두 제어할 수 있다.

③ 브러시가 필요하기 때문에 지속적인 유지보수가 필요하다.

④ 유도기에 비해 발전효율이 높다.

정답 3번

간단한 해설

영구 자석형 동기 발전기는 회전자의 자계를 영구 자석으로 만들므로 **여자용 브러시가 필요 없다**. 따라서 브러시 마모에 따른 주기적인 교체·보수가 줄어든다.

선지별 해설

① O: 극수를 많게 설계하면 풍력 터빈의 낮은 회전속도에서도 발전할 수 있어, 터빈과 발전기를 직접 연결하는 **증속기어 없는 직접 구동**이 가능하다. 영구 자석형 동기 발전기가 반드시 증속기어를 사용하지 않는다는 뜻은 아니며, 기어 없이도 사용할 수 있다는 설명이다.

② O: 발전기와 전력 계통 사이에 전력 변환용 컨버터를 두면 계통으로 흐르는 전류의 크기와 위상을 조절할 수 있다. 이를 통해 컨버터의 정격 범위 안에서 **유효 전력과 무효 전력을 모두 제어**할 수 있다.

③ X: 영구 자석이 회전자 자속을 공급하므로 회전자에 여자 전류를 보내기 위한 **슬립링과 브러시가 필요 없다**. 따라서 '브러시가 필요하기 때문에 지속적인 유지보수가 필요하다'는 설명은 잘못이다. 브러시 마모에 따른 유지보수 부담은 줄지만, 베어링 등 다른 부품의 점검까지 없어지는 것은 아니다.

④ O: 유도기는 회전자에 유도 전류가 흘러 회전자 동손이 발생한다. 영구 자석형 동기 발전기는 영구 자석으로 회전자 자계를 만들므로 **회전자 여자 전류에 따른 동손이 없다**. 이러한 손실 감소로 일반적으로 유도기에 비해 발전효율이 높다.

NoteBase

문 10. 정격 200 [V], 5 [kW]인 평복권(외분권) 직류 발전기의 분권 계자 저항이 100 [Ω]이며, 직권 계자 및 전기자 저항이 각각 0.4 [Ω] 및 0.6 [Ω]이다. 이 발전기의 무부하 시 전기자 유기 기전력[V]은? (단, 전기자 반작용 및 브러시 접촉에 의한 전압 강하는 무시한다)

① 174

② 198

③ 202

④ 227

정답 3번

간단한 해설

평복권 발전기는 **무부하와 정격부하의 단자전압이 같으므로** 무부하 단자전압도 200 V이다. 무부하에도 분권 계자전류 2 A가 전기자와 직권 계자를 흐르므로, 내부 전압강하 2 V를 더한 유기 기전력은 202 V이다.

계산 과정

무부하 단자전압: 평복권 발전기는 일정한 회전속도에서 무부하와 정격부하의 단자전압이 같도록 직권 계자의 보상 작용을 맞춘 발전기이다. 따라서 무부하 단자전압 V_0는 정격전압과 같은 200 V이다.

무부하 전기자전류: 외분권은 분권 계자가 전기자와 직권 계자의 직렬 회로 전체에 병렬로 연결되는 방식이다. 분권 계자에는 단자전압이 걸리므로, 분권 계자전류는 $I_f = \frac{V_0}{R_f} = \frac{200}{100} = 2\text{A}$이다. 무부하에서는 외부 부하전류만 0이고 **분권 계자전류는 계속 흐른다**. 따라서 전기자전류는 $I_{a0} = I_f = 2\text{A}$이며, 직권 계자에도 같은 전류가 흐른다.

무부하 유기 기전력: 발전기의 유기 기전력은 단자전압에 내부 저항의 전압강하를 더한 값이다. 전기자 반작용과 브러시 접촉 전압강하를 무시하므로 $E_0 = V_0 + I_{a0}(R_a + R_s)$를 적용한다. 전기자 저항 0.6 Ω과 직권 계자 저항 0.4 Ω의 합은 1 Ω이고, 내부 전압강하는 $2 \times 1 = 2$ V이다.

따라서 무부하 전기자 유기 기전력은 200 + 2 = 202 V이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 1차 및 2차 정격 전압이 같은 A, B 2대의 단상 변압기가 있다. 그 용량 및 임피던스강하가 A기는 25 [kVA], 4 [%], B기는 20 [kVA], 3 [%]일 때, 이 2대의 변압기를 병렬 운전하는 경우 A, B 변압기의 부하 분담비 $S_A : S_B$는?

① 15 : 16

② 21 : 13

③ 5 : 4

④ 3 : 4

정답 1번

간단한 해설

병렬 변압기의 부하 분담량은 **정격용량에 비례하고 퍼센트 임피던스강하에 반비례**한다. 따라서 $S_A : S_B = \frac{25}{4} : \frac{20}{3} = 15 : 16$이다.

계산 과정

부하 분담의 기준: 여자전류를 무시하고 정상적인 병렬 운전으로 두 변압기의 2차 유기전압이 같다고 본다. 병렬로 연결된 2차 단자전압도 같으므로 각 변압기의 내부 임피던스에 걸리는 전압 강하가 같다. 따라서 전류는 **같은 측으로 환산한 실제 임피던스에 반비례**한다. 부하 분담용량 S_A, S_B는 각 변압기가 공급하는 피상전력이며, 단자전압이 같으므로 그 비는 전류비와 같다.

퍼센트 임피던스강하의 환산: 퍼센트 임피던스강하는 정격전류가 흐를 때 등가임피던스에 생기는 전압 강하를 정격전압의 백분율로 나타낸 값이다. 정격전압이 같으면 정격전류는 정격용량에 비례하므로, 실제 임피던스는 퍼센트 임피던스강하를 정격용량으로 나눈 값에 비례한다. 따라서 **각 기기의 정격용량 기준을 함께 반영**해야 한다. 정격용량을 K_A, K_B, 퍼센트 임피던스강하의 수치를 p_A, p_B라 하면 $S_A : S_B = \frac{K_A}{p_A} : \frac{K_B}{p_B}$이다.

수치 대입: A기의 정격용량과 임피던스강하는 25 kVA, 4%이고, B기는 20 kVA, 3%이다. 따라서 $S_A : S_B = \frac{25}{4} : \frac{20}{3}$이다. 두 비례값에 공통으로 12를 곱하면 75 : 80이 되고, 이를 약분하면 15 : 16이다. 이는 같은 부하를 분담할 때 A기가 15의 몫, B기가 16의 몫을 맡는다는 뜻이며, 비이므로 단위는 없다. ①의 15 : 16과 일치한다.

NoteBase

문 12. 정격 출력이 200 [kVA]인 단상 변압기의 철손이 1 [kW], 전부하 동손이 4 [kW]이다. 이 변압기 최대 효율 시의 부하[kVA]는?

① 20

② 40

③ 70

④ 100

정답 4번

간단한 해설

변압기는 **동손과 철손이 같을 때** 효율이 최대가 된다. 동손은 부하율의 제곱에 비례하므로 전부하 동손 4 kW가 철손 1 kW와 같아지는 부하율은 1/2이며, 이때 부하는 100 kVA이다.

계산 과정

부하율을 $x = \frac{S}{S_n}$라 하자. 여기서 S는 현재 부하의 피상전력, S_n은 정격 용량 200 kVA이다. 전압과 주파수가 일정하면 철손은 부하에 거의 관계없이 1 kW로 일정하다. 동손은 권선 전류의 제곱에 비례하고, 전압이 일정할 때 전류는 부하율에 비례하므로 $P_{cu} = x^2 P_{cu,\,n} = 4x^2 \text{kW}$이다. $P_{cu,\,n}$은 전부하 동손 4 kW이다.

역률이 일정하면 출력은 부하율에 비례하지만 동손은 부하율의 제곱에 비례한다. 이때 출력에 대한 손실의 비율이 가장 작아지는 조건은 **동손과 철손이 같은 것**이다. 따라서 $4x^2 = 1$이며, $x = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2}$이다. 이는 최대 효율이 정격 부하의 절반에서 나타난다는 뜻이다.

최대 효율 시의 부하는 $S = xS_n = \frac{1}{2} \cdot 200 = 100 \text{kVA}$이다. 따라서 ④의 100 kVA에 해당한다.

NoteBase

문 13. 단상 반파 위상 제어 정류 회로를 이용하여 200 [V], 60 [Hz]의 교류를 정류하고자 한다. 위상각 0 [rad]에서의 직류 전압의 평균치를 E_0라고 할 때, 위상각을 $\frac{\pi}{3}$ [rad]으로 바꾼다면 직류 전압의 평균치는?

① $\frac{3}{4}E_0$
② $\frac{2+\sqrt{2}}{4}E_0$
③ $\frac{2+\sqrt{3}}{4}E_0$
④ E_0

정답 1번

간단한 해설

반파 위상 제어의 평균전압은 $1+\cos\alpha$**에 비례**한다. 점호각이 $\frac{\pi}{3}$ rad이면 이 계수가 2에서 $\frac{3}{2}$로 줄어들므로, 평균전압은 $\frac{3}{4}E_0$가 된다.

계산 과정

평균전압의 기준: 전원전압을 $v=V_m\sin\theta$, 점호각을 α라 두며, V_m은 전원전압의 최대값이다. 소자의 전압강하를 무시하고 점호 후 양의 반주기 끝까지 도통하는 기본 반파 정류 모델을 적용한다. 출력전압은 $\alpha\le\theta\le\pi$에서 전원전압과 같고 나머지 구간에서는 0이다. 직류 평균전압은 도통 구간만의 평균이 아니라 **한 주기 전체의 평균**이므로, 적분값을 2π로 나눈다. 따라서 $E(\alpha)=\frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi}V_m\sin\theta d\theta$이고, 적분하면 $E(\alpha)=\frac{V_m}{2\pi}(1+\cos\alpha)$이다.

점호각이 0일 때: $\cos 0=1$이므로 $E_0=\frac{V_m}{2\pi}(1+1)=\frac{V_m}{\pi}$이다. 이는 양의 반주기 전체가 출력되는 경우의 평균전압이다.

점호각을 바꾼 뒤: $\cos\frac{\pi}{3}=\frac{1}{2}$이므로 $E\left(\frac{\pi}{3}\right)=\frac{V_m}{2\pi}\left(1+\frac{1}{2}\right)=\frac{3V_m}{4\pi}$이다. **도통 구간의 길이 비만으로 평균전압을 구할 수는 없다.** 구간 안에서도 전압이 사인파로 변하기 때문에 파형의 면적을 비교해야 한다.

처음 평균전압과의 관계: $\frac{E(\pi/3)}{E_0}=\frac{3V_m/(4\pi)}{V_m/\pi}=\frac{3}{4}$이다. 같은 전원의 전압 크기는 비를 구할 때 약분되며, 위상각으로 계산한 이 비에는 주파수도 영향을 주지 않는다. 따라서 주어진 200 V, 60 Hz를 따로 대입할 필요 없이, 바뀐 평균전압은 $\frac{3}{4}E_0$로 ①에 해당한다.

NoteBase

문 14. 200 [V], 10 [kW], 6극, 3상 유도 전동기를 정격 전압으로 기동하면 기동 전류는 정격 전류의 400 [%], 기동 토크는 전부하 토크의 250 [%]이다. 이 전동기의 기동 전류를 정격 전류의 200 [%]로 제한하는 단자 전압[V]은 얼마이며, 이때의 기동 토크는 전부하 토크의 몇 [%]인가?

① 단자 전압[V]: 100, 기동 토크[%]: 62.5

② 단자 전압[V]: 100, 기동 토크[%]: 125

③ 단자 전압[V]: 50, 기동 토크[%]: 62.5

④ 단자 전압[V]: 50, 기동 토크[%]: 125

정답 1번

간단한 해설

기동 전류는 단자 전압에 비례하고, 기동 토크는 **단자 전압의 제곱에 비례**한다. 기동 전류를 절반으로 줄이면 단자 전압은 100 V가 되고, 기동 토크는 기존의 1/4로 줄어 전부하 토크의 62.5%가 된다.

계산 과정

적용 관계: 같은 주파수와 결선에서 전압만 낮추는 기동을 생각한다. 기동 순간에는 회전자가 정지해 슬립이 1이고, 등가 임피던스를 일정하게 보면 **기동 전류는 전압에 비례**한다. 또한 기동 토크는 전압의 제곱에 비례하므로, 전압을 어떤 비율로 낮추면 전류는 그 비율로, 토크는 그 비율의 제곱으로 줄어든다.

단자 전압: 정격 전압 200 V에서 기동 전류는 정격 전류의 400%이며, 제한하려는 값은 정격 전류의 200%이다. 두 백분율의 기준이 같으므로 전류비는 $\frac{200}{400} = \frac{1}{2}$이다. 전압비도 같으므로 필요한 단자 전압은 $V = 200 \cdot \frac{1}{2} = 100\text{V}$이다.

기동 토크: 전압이 절반이 되므로 기동 토크는 정격 전압으로 기동할 때의 $\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$이 된다. 정격 전압에서의 기동 토크가 전부하 토크의 250%이므로, 감압 후에는 $250\% \cdot \frac{1}{4} = 62.5\%$이다. 여기서 **62.5%의 기준은 전부하 토크**이다.

단자 전압 100 V와 기동 토크 62.5%의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 15. 전력변환 장치에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① AC-DC 컨버터로 쓰이는 회로는 일반적으로 정류기라고 부르며, 다이오드 정류기를 이용할 경우 전원 전압의 최댓값에 의하여 평균 출력 전압의 크기가 고정된다.

② DC-DC 컨버터는 직류 전원을 반도체 소자와 수동 소자들을 이용하여 출력 전압을 변환하는 장치이다.

③ DC-AC 컨버터(인버터)는 교류의 크기는 임의로 변환 가능하지만 그 주파수는 변환할 수 없다.

④ 직접적으로 AC를 AC로 변환하는 컨버터는 주파수를 변경할 수 없는 장치도 있지만 주파수 변환이 필요할 경우에는 사이클로 컨버터를 사용한다.

정답 3번

간단한 해설

인버터는 직류를 교류로 바꾸면서 출력 교류의 **크기와 주파수를 모두 조절**할 수 있다. 스위칭 제어로 교류 파형의 반복 주기를 바꿀 수 있으므로 '주파수는 변환할 수 없다'는 설명이 잘못되었다.

선지별 해설

① O: AC-DC 컨버터인 정류기는 교류를 직류로 변환한다. 다이오드는 회로의 전압 조건에 따라 도통하므로, 제어 신호로 도통 시작 시점을 바꾸어 평균 출력 전압을 조절할 수 없다. 따라서 **정류 회로와 부하 조건이 같다면** 평균 출력 전압은 전원 전압의 최댓값에 따라 정해진다.

② O: DC-DC 컨버터는 직류 입력을 다른 크기의 직류 출력으로 변환한다. 반도체 소자의 켜짐·꺼짐을 제어하고 인덕터·커패시터 등의 수동 소자로 에너지를 저장하거나 출력의 맥동을 줄인다. 회로 방식에 따라 입력보다 낮은 전압 또는 높은 전압을 얻을 수 있다.

③ X: 인버터는 직류를 교류로 변환하며, 제어 방식에 따라 출력 교류의 **전압 크기와 주파수를 모두 조절**할 수 있다. 출력 교류의 기본파가 한 주기를 이루는 시간을 바꾸면 주파수가 달라지고, 펄스폭 변조 등으로 기본파 전압의 크기를 조절할 수 있다. 따라서 '주파수는 변환할 수 없다'는 '출력 주파수도 조절할 수 있다'로 고쳐야 한다.

④ O: AC-AC 변환 장치 중 교류 전압 제어기는 입력과 같은 주파수를 유지하면서 전압의 실효값을 조절한다. 반면 사이클로 컨버터는 **직류 중간 단계를 거치지 않고** 입력 교류의 일부 구간들을 조합하여 다른 주파수의 교류를 만든다. 따라서 교류를 직접 교류로 변환하면서 주파수까지 바꾸는 데 사용할 수 있다.

NoteBase

문 16. 유도 전동기의 벡터 제어에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 대표적 방법으로는 V/f 일정제어가 있다.

② $d-q$변환에 의한 가상의 좌표계에서 제어한다.

③ 자속의 순시위치 정보가 필요하다.

④ 스칼라 제어에 비하여 응답성이 빠르고, 속도 및 위치 오차가 작다.

정답 1번

간단한 해설

V/f 일정제어는 전압과 주파수의 비를 일정하게 유지하는 **스칼라 제어**의 대표적인 방법이다. 벡터 제어는 전류의 크기와 위상을 고려하여 **자속 성분과 토크 성분을 분리해 제어**한다.

선지별 해설

① X: V/f 일정제어는 **스칼라 제어의 대표적인 방법**이다. 고정자 저항에 의한 전압 강하를 무시할 수 있는 운전 영역에서 전압을 주파수에 비례시켜 자속의 크기를 거의 일정하게 유지한다. 벡터 제어는 단순히 이 비율을 유지하는 방식이 아니라, 전류를 자속을 만드는 성분과 토크를 만드는 성분으로 나누어 제어한다.

② O: 3상 전류를 수학적으로 변환하여 **자속과 함께 회전하는 직교 좌표계**의 d축·q축 성분으로 나타낸다. 회전자 자속 방향을 d축에 맞추면 자속을 만드는 전류 성분과 토크를 만드는 전류 성분을 분리하여 제어할 수 있다. 이 좌표계는 실제 권선을 바꾸는 것이 아니라 제어를 위해 설정한 가상의 좌표계이다.

③ O: 자속 방향에 맞추어 좌표계를 변환하려면 **자속 벡터가 그 순간 향하는 각도**를 알아야 한다. 이것이 자속의 순시위치 정보이다. 이 정보는 검출하거나 전동기 모델을 이용해 추정할 수 있으므로, 자속을 직접 측정하는 센서가 반드시 필요하다는 뜻은 아니다.

④ O: 자속 성분과 토크 성분을 분리하여 제어하면 부하나 속도 지령이 변할 때 **필요한 토크를 신속하게 조절**할 수 있다. 따라서 스칼라 제어보다 동적 응답이 빠르며, 적절한 속도·위치 피드백 제어를 구성하면 지령값과 실제값 사이의 오차를 작게 할 수 있다.

NoteBase

문 17. 유도 전동기가 정지할 때 2차 1상의 전압이 220 [V]이고, 6극 60 [Hz]인 유도 전동기가 1,080 [rpm]으로 회전할 경우 2차 전압[V]과 슬립 주파수[Hz]는?

① 2차 전압[V]: 22, 슬립 주파수[Hz]: 6

② 2차 전압[V]: 33, 슬립 주파수[Hz]: 9

③ 2차 전압[V]: 44, 슬립 주파수[Hz]: 12

④ 2차 전압[V]: 66, 슬립 주파수[Hz]: 18

정답 1번

간단한 해설

동기속도는 1,200 rpm이므로 1,080 rpm으로 회전할 때의 **슬립은 0.1**이다. 2차 유도전압과 슬립 주파수는 모두 슬립에 비례하므로 각각 22 V, 6 Hz가 된다.

계산 과정

동기속도: 전원 주파수를 f_1, 극수를 P라 하면 회전자계의 속도인 동기속도는 $n_s = \frac{120 f_1}{P}$이다. 6극, 60 Hz이므로 $n_s = \frac{120 \cdot 60}{6} = 1{,}200\text{rpm}$이다.

슬립: 회전자의 속도 n이 동기속도보다 얼마나 느린지를 **동기속도에 대한 비율**로 나타낸 것이 슬립 s이다. 따라서 $s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1{,}200 - 1{,}080}{1{,}200} = 0.1$이다. 이는 회전자계와 회전자의 상대속도가 동기속도의 10%라는 뜻이다.

2차 전압: 정지 시에는 회전자가 움직이지 않아 슬립이 1이다. 자속이 일정하면 회전자에 유도되는 2차 전압은 **회전자계와 회전자의 상대속도에 비례**하므로, 운전 중 전압은 정지 시 전압의 슬립 배가 된다. 정지 시 2차 1상 전압을 E_{20}이라 하면 $E_2 = sE_{20}$이므로, $E_2 = 0.1 \cdot 220 = 22\text{V}$이다. 주어진 220 V가 1상 전압이므로 별도의 선간전압 환산은 필요하지 않다.

슬립 주파수: 회전자에서 보는 자계의 변화 속도도 상대속도에 비례한다. 따라서 2차 전압·전류의 주파수인 슬립 주파수는 $f_2 = sf_1$이며, $f_2 = 0.1 \cdot 60 = 6\text{Hz}$이다.

계산한 2차 전압 22 V와 슬립 주파수 6 Hz의 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 18. 동기 발전기에서 단락비가 큰 기계에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 동기 임피던스가 크다.
ㄴ. 철손이 증가하여 효율이 떨어진다.
ㄷ. 전압변동률이 작으며 안정도가 향상된다.
ㄹ. 과부하 내량이 크고 장거리 송전선의 충전 용량이 크다.
ㅁ. 전기자 전류의 기자력에 비해 상대적으로 계자 기자력이 작아서 전기자 반작용에 의한 영향이 적게 된다.

① ㄱ, ㄴ, ㄹ
② ㄱ, ㄷ, ㅁ
③ ㄴ, ㄷ, ㄹ
④ ㄷ, ㄹ, ㅁ

정답 3번

간단한 해설

단락비가 큰 발전기는 **동기 임피던스가 작고**, 전기자 반작용의 상대적 영향이 작아 전압변동률과 안정도 면에서 유리하다. 이는 전기자 기자력에 비해 **계자 기자력이 상대적으로 크기** 때문이며, 철 사용량이 늘어 철손과 효율 면에서는 불리해진다.

NoteBase

보기별 해설

단락비는 정격속도에서 무부하 정격전압을 만드는 계자전류를, 3상 단락 시 정격 전기자전류를 흘리는 데 필요한 계자전류로 나눈 값이다. 전기자 저항을 무시하면 단락비는 정격값을 기준으로 한 단위법 동기 리액턴스의 역수에 해당한다.

ㄱ. X: 단락비가 클수록 단위법 동기 리액턴스가 작으므로 **동기 임피던스도 작다**. '동기 임피던스가 크다'는 단락비가 작은 기계의 특성이다.

ㄴ. O: 같은 정격에서 단락비가 큰 기계는 철을 많이 사용하는 철기계의 특성을 갖는다. 철심 사용량이 많아져 **철손이 증가**하는 경향이 있으며, 같은 출력을 낼 때 손실이 커지면 효율이 떨어진다. 철손은 철심의 자화가 반복되면서 생기는 히스테리시스손과 와전류손이다.

ㄷ. O: 동기 임피던스가 작으면 같은 부하전류 변화에 따른 내부 전압변화가 작아 **전압변동률이 작다**. 또한 같은 전압 조건에서 동기를 유지하며 전달할 수 있는 전력의 한계가 커져 안정도가 향상된다.

ㄹ. O: 동기 리액턴스가 작으면 동기를 유지하면서 부담할 수 있는 부하의 한계가 높아져 **과부하 내량이 크다**. 장거리 송전선을 무부하로 충전할 때 흐르는 진상전류에 의한 전압상승의 영향도 작아, 안정적으로 충전할 수 있는 선로 용량이 크다. 여기서 충전용량은 발전기가 감당할 수 있는 선로 충전 능력을 뜻한다.

ㅁ. X: 단락비가 큰 기계는 일반적으로 공극이 크고, 필요한 자속을 만들기 위한 **계자 기자력이 전기자 기자력에 비해 상대적으로 크다**. 따라서 전기자 반작용의 상대적 영향이 작아진다. 영향이 작다는 결론은 맞지만, 그 이유를 '계자 기자력이 작아서'라고 한 부분이 반대이다.

옳은 보기는 ㄴ, ㄷ, ㄹ이며, 이 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 19. 전력용 반도체 소자 중 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① IGBT는 PNPN 층으로 만들어져 있다.

② IGBT는 게이트 전류에 의해 제어되는 전류제어형 소자이다.

③ IGBT는 전력용 MOSFET와 전력용 BJT의 장점을 가지는 고전압 대전류용 전력용 반도체 소자이다.

④ IGBT는 게이트의 턴 온 및 턴 오프 동작을 위해서 정(+), 부(-) 전압을 인가하는 구동 회로를 사용한다.

정답 2번

간단한 해설

IGBT는 게이트 전류가 아니라 **게이트–이미터 사이의 전압**으로 도통 상태를 제어하는 전압제어형 소자이다. 스위칭 순간에 흐르는 게이트 충·방전 전류와 제어 방식을 구별해야 한다.

선지별 해설

① O: 기본적인 IGBT는 컬렉터에서 이미터 방향으로 P–N–P–N의 네 반도체 영역이 이어지는 구조이다. 게이트 아래에는 절연막이 있으며, 게이트 전압으로 채널의 형성과 소멸을 제어한다.

② X: IGBT의 게이트는 절연되어 있으므로, 도통을 유지하기 위해 게이트에 지속적인 전류를 공급하는 방식으로 제어하지 않는다. **게이트–이미터 전압으로 제어하는 전압제어형 소자**로 고쳐야 한다. 다만 턴 온과 턴 오프 순간에는 게이트 용량을 충전하거나 방전하기 위한 전류가 흐른다. 이 전류가 필요하다는 사실이 전류제어형이라는 뜻은 아니다.

③ O: IGBT는 MOSFET의 **높은 입력 임피던스와 전압 구동의 편리함**에 BJT의 낮은 도통 전압 특성을 결합한 소자이다. 도통할 때 전자와 정공이 증가하여 내부 저항이 낮아지는 전도도 변조가 일어나므로, 고전압·대전류를 다루는 전력 변환에 적합하다.

④ O: 이미터를 기준으로 게이트에 정(+)전압을 인가하여 턴 온하고 부(−)전압을 인가하여 턴 오프하는 양극성 게이트 구동 회로를 사용할 수 있다. 음의 게이트 전압은 꺼진 상태에서 잡음에 의해 다시 켜지는 현상을 억제하는 데 도움이 된다. 다만 **턴 오프에 음전압이 반드시 필요한 것은 아니며**, 게이트–이미터 전압을 0 V로 낮추는 구동 방식도 사용한다.

NoteBase

문 20. 이중 농형 유도 전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 기동 토크가 크고 운전 효율이 좋다.

② 내부 도체는 외부 도체에 비해 낮은 저항의 도체 바로 구성된다.

③ 기동 시 내부 도체의 리액턴스가 바깥쪽 도체의 리액턴스보다 크다.

④ 기동 시 표피효과로 인하여 내부 도체로 전류가 대부분 흐른다.

정답 4번

간단한 해설

기동 시에는 회전자 전류의 주파수가 높아 내부 도체의 리액턴스가 커지므로, 전류가 **외부 도체에 집중**된다. ④의 '내부 도체로 전류가 대부분 흐른다'는 설명은 전류가 집중되는 위치를 반대로 서술했다.

선지별 해설

① O: 이중 농형 유도 전동기는 외부 도체의 높은 저항을 이용하여 큰 기동 토크를 얻는다. 정상 운전 시에는 회전자 전류의 주파수가 낮아져 리액턴스가 작아지고, 저항이 낮은 내부 도체에 전류가 주로 흐른다. 이때 **회전자 동손이 줄어** 운전 효율이 좋다.

② O: 내부 도체는 외부 도체보다 단면적을 크게 하는 등 **저항이 낮도록** 구성한다. 외부 도체는 높은 저항으로 기동 특성을 개선하고, 내부 도체는 낮은 저항으로 정상 운전 시 손실을 줄이는 역할을 한다.

③ O: 내부 도체는 회전자 철심의 깊은 곳에 있어 외부 도체보다 쇄교하는 누설 자속이 많고 누설 인덕턴스가 크다. 기동 시에는 회전자 전류의 주파수도 높으므로 **내부 도체의 누설 리액턴스가 더 크다**.

④ X: 기동 시에는 내부 도체의 큰 리액턴스가 내부로 흐르는 전류를 억제한다. 따라서 표피효과에 의해 전류가 주로 흐르는 곳은 **내부 도체가 아니라 외부 도체**이다. 내부 도체에 전류가 주로 흐르는 것은 속도가 올라가 회전자 전류의 주파수와 리액턴스가 낮아진 정상 운전 상태이다.

NoteBase