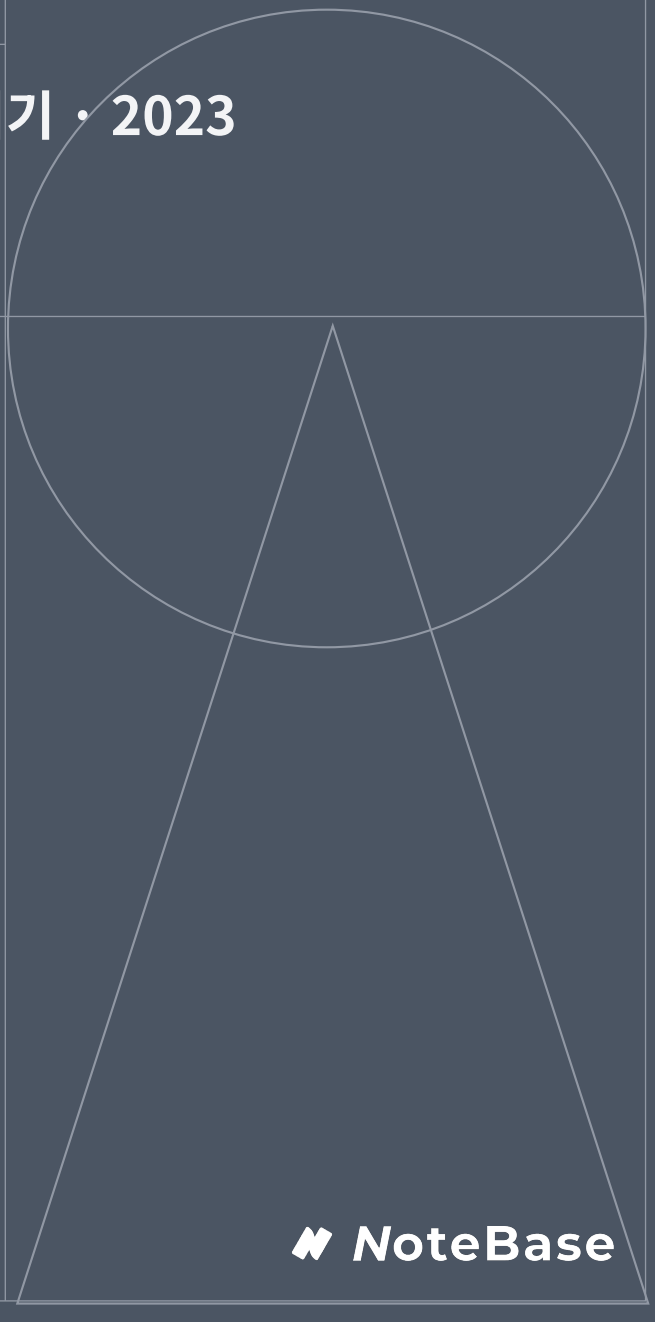
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2023

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2023

문 1. 직류발전기를 병렬운전할 때, 균압선이 필요한 결선방식만을 모두 고르면?

ㄱ. 분권
ㄴ. 직권
ㄷ. 복권
ㄹ. 타여자

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 3번

간단한 해설

직권계자를 가진 발전기는 한 대의 전류 증가가 계자 자속과 유기기전력을 높여 **부하분담의 불균형을 확대**할 수 있다. 균압선은 직권계자에 흐르는 전류가 각 발전기의 전기자전류 변화에 따라 따로 변하지 않도록 하여 병렬운전을 안정시킨다.

NoteBase

보기별 해설

균압선은 병렬운전하는 발전기들의 직권계자와 전기자 사이 접속점을 서로 잇는 저저항 도체이다. 직권계자들을 병렬로 연결하여, 한 발전기의 전기자전류 증가가 그 발전기의 직권계자만 강화하는 현상을 막는다.

ㄱ. 분권: 계자권선이 전기자와 병렬로 연결되어 있고 **직권계자가 없다**. 부하전류 증가가 직권계자를 강화하여 부하가 한쪽으로 쏠리는 현상이 없으므로, 이를 막기 위한 균압선은 필요하지 않다.

ㄴ. 직권: 계자권선이 전기자와 직렬로 연결된다. 균압선 없이 병렬운전하면 한 대의 전류가 조금 늘어날 때 계자 자속과 유기기전력이 증가하여 그 발전기가 부하를 더 많이 맡게 된다. 다른 발전기는 전류와 자속이 줄어 불균형이 커지므로 **균압선으로 직권계자에 미치는 영향을 억제**해야 한다.

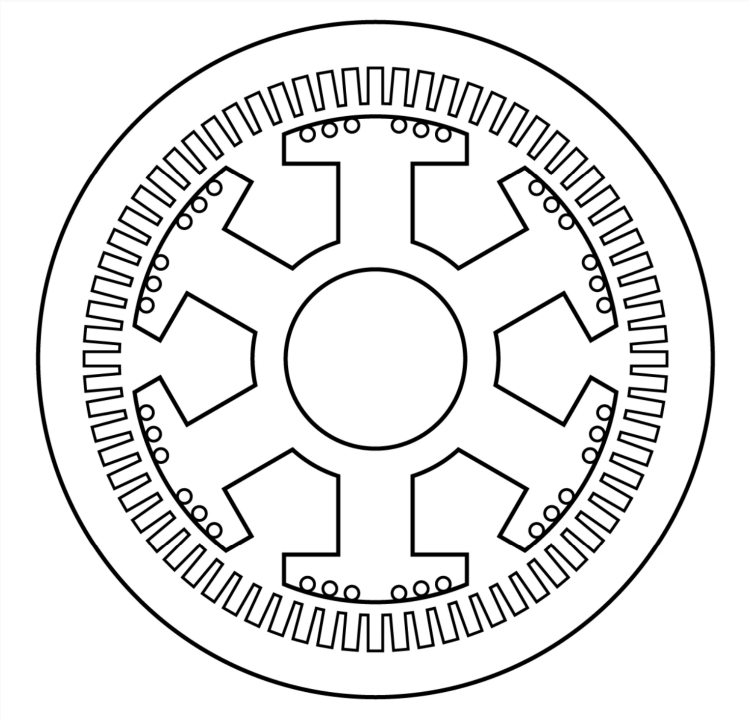
ㄷ. 복권: 분권계자와 직권계자를 모두 갖는다. **가동복권의 평복권·과복권**에서는 한 대의 부하전류 증가가 직권계자를 강화하여 유기기전력을 높이고, 다시 부하전류를 늘리는 불안정한 작용을 일으킬 수 있다. 균압선으로 직권계자들을 병렬로 연결하면 각 직권계자전류가 해당 발전기의 전기자전류에만 좌우되지 않아 부하분담이 안정된다.

ㄹ. 타여자: 계자전류를 **별도의 외부 전원**에서 공급한다. 부하전류가 증가해도 그 전류가 직권계자를 거쳐 자속을 강화하는 구조가 아니므로, 직권계자에 의한 불균형을 막는 균압선은 필요하지 않다.

균압선이 필요한 결선방식은 ㄴ의 직권과 ㄷ의 복권이므로, ③의 조합에 해당한다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 3상 동기발전기가 슬롯수 72개의 고정자를 가질 때, 매극 매상당 슬롯수는?



① 3

② 4

③ 8

④ 9

정답 2번

간단한 해설

그림의 회전자는 **6극**이므로 전체 슬롯을 6개 극에 나누고, 다시 3상에 나눈다. 매극 매상당 슬롯수는 **4개**이다.

계산 과정

그림에서 회전자 바깥쪽으로 돌출된 자극은 6개이므로 극수 P = 6이다. 문제에서 전체 고정자 슬롯수 Z = 72, 상수 m = 3이 주어졌다. 이때 극수는 **극쌍수가 아니라 전체 자극의 수**이다.

매극 매상당 슬롯수 q는 한 극에 대응하는 고정자 슬롯 중 한 상에 배정되는 슬롯의 수이다. 따라서 전체 슬롯수를 극수와 상수로 나누어 $q = \frac{Z}{Pm}$으로 구한다.

먼저 한 극에 대응하는 슬롯수는 $\frac{72}{6} = 12$개이다. 이를 3상에 나누면 $q = \frac{12}{3} = 4$개이다. 따라서 매극 매상당 슬롯수는 4개이며 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 변압기의 3상 결선법에 대한 설명으로 옳은 것은?

① Y−△ 결선에서는 1차와 2차 선간전압 사이에 60°의 위상차가 있다.

② △−Y 결선은 승압용에서 주로 사용된다.

③ △−△ 결선에서는 중성점 접지가 가능하다.

④ Y−Y 결선이 가장 많이 사용된다.

정답 2번

간단한 해설

△−Y 결선은 발전소에서 발전기 전압을 송전 전압으로 높이는 **승압용**에 널리 쓰인다. 고압측을 Y로 결선하면 각 권선에 걸리는 전압이 선간전압보다 낮아 **권선 절연에 유리**하고, 중성점 접지도 가능하다.

선지별 해설

① X: Y−△ 결선의 통상적인 1차·2차 선간전압 위상차는 60°가 아니라 **30°**이다. Y 결선에서는 선간전압이 두 상전압의 차로 만들어져 상전압과 30°의 위상차가 생기지만, △ 결선에서는 선간전압과 해당 권선의 상전압이 같다. 이 차이로 양측 선간전압 사이에 위상차가 생긴다. 앞섬과 뒤짐은 권선의 극성과 접속 방식에 따라 달라진다.

② O: △−Y 결선은 저압측인 1차를 △, 고압측인 2차를 Y로 연결하여 발전소의 승압용 등에 널리 사용한다. 평형 3상에서 Y 결선의 권선 상전압은 $V_{상} = V_{선}/\sqrt{3}$이므로, 같은 선간전압을 견디는 △ 결선보다 **각 권선의 절연 부담이 작다**. 또한 고압측 Y 결선의 중성점을 접지할 수 있다. 다만 승압·강압 여부는 결선뿐 아니라 권수비에도 달려 있으므로 △−Y가 승압에만 쓰이는 것은 아니다.

③ X: △−△ 결선은 각 상의 권선을 삼각형의 폐회로로 이어 연결하므로 **중성점이 없다**. 따라서 이 결선 자체의 중성점을 접지할 수 없다. 중성점 접지는 세 권선의 한쪽 끝을 공통으로 묶는 Y 결선측에서 가능하다.

④ X: Y−Y 결선이 가장 많이 사용된다고 일반화할 수 없다. 중성점 처리 등에 따라 제3고조파 전류의 통로가 확보되지 않으면 **상전압 파형의 왜곡**이 발생할 수 있어 대책이 필요하다. △ 권선을 포함하는 결선은 제3고조파 전류가 △ 내부를 순환할 수 있다는 장점이 있으며, 실제로는 승압·강압 목적과 접지·부하 조건에 따라 △−Y, Y−△, △−△ 등의 결선을 선택한다.

NoteBase

문 4. 3상 유도전동기의 특징에 해당하지 않는 것은?

① 구조가 단순하고 유지보수가 쉽다.

② 부하증감에 대해 속도의 변화가 작다.

③ 동기속도에서 토크가 발생하지 않는다.

④ 브러시와 정류자를 이용하므로 크기에 비해 출력이 크다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '브러시와 정류자를 이용한다'는 설명이 잘못되었다. 3상 유도전동기는 **정류자 없이 전자기 유도**로 회전자에 전류를 유도하여 토크를 발생시키며, 농형은 브러시도 사용하지 않는다.

선지별 해설

① O: 널리 쓰이는 농형 유도전동기는 회전자 도체를 양 끝의 단락환으로 연결한 구조이며, **브러시와 정류자가 없다**. 따라서 이들 접촉부의 마모나 정류 불량을 관리할 필요가 없어 구조가 단순하고 유지보수가 쉽다.

② O: 전원 주파수가 일정한 정상 운전 범위에서는 부하가 증가하면 속도가 조금 낮아져 회전자와 회전자계 사이의 속도 차이인 슬립이 커진다. 이에 따라 유도전류와 토크가 증가하여 부하와 균형을 이룬다. 따라서 **부하 변화에 따른 속도 변화가 작다**. 다만 과부하로 최대토크를 넘는 경우까지 속도가 거의 일정하다는 뜻은 아니다.

③ O: 동기속도는 고정자가 만드는 회전자계의 회전속도이다. 회전자가 이 속도와 같아지면 **회전자계와 회전자 사이의 상대속도가 0**이 되어 회전자에 기전력과 전류가 유도되지 않으므로 토크도 발생하지 않는다. 따라서 전동기로 부하를 구동할 때는 동기속도보다 조금 낮은 속도로 회전한다.

④ X: 3상 유도전동기는 고정자의 회전자계가 회전자에 전류를 유도하고, 그 전류와 자계의 상호작용으로 토크를 발생시킨다. 따라서 브러시와 정류자를 이용하기 때문에 출력이 크다는 설명은 적용되지 않으며, **정류자 없이 전자기 유도로 토크를 발생시킨다**고 해야 한다. 농형은 브러시도 없으며, 권선형에서 사용하는 브러시는 회전자 권선을 외부 회로에 연결하는 슬립링과 접촉하는 것으로 정류자를 사용하는 구조와 다르다.

NoteBase

문 5. 전기자 총도체수 160인 4극 중권 직류전동기의 극당 자속이 0.01 [Wb], 전기자 전류가 100 [A]일 때 발생 토크[N·m]는? (단, π는 3.14로 계산하며, 최종값은 소수 둘째 자리에서 반올림한다)

① 22.5

② 25.5

③ 34.9

④ 40.0

정답 2번

간단한 해설

중권에서는 **병렬 회로수와 극수가 같아** 토크식에서 두 값이 약분된다. 총도체수 160, 극당 자속 0.01 Wb, 전기자 전류 100 A를 대입하고 π = 3.14로 계산하면 발생 토크는 약 25.4777 N·m이며, 요구한 반올림 결과는 **25.5 N·m**이다.

계산 과정

총도체수는 Z = 160, 극수는 P = 4, 극당 자속은 Φ = 0.01 Wb, 전기자 전류는 $I_a = 100$ A이다. 중권의 **병렬 회로수 a는 극수 P와 같으므로** a = 4이다. 전기자 전류는 이 병렬 회로들로 나뉘므로 각 회로의 전류는 $\frac{I_a}{a} = \frac{100}{4} = 25$ A이다.

직류전동기의 발생 토크는 자속과 전기자 도체에 흐르는 전류의 상호작용으로 생기는 전자기 토크이며, $T = \frac{PZ\Phi I_a}{2\pi a}$로 구한다. 이 식의 전류는 **각 회로의 전류가 아닌 전체 전기자 전류**이다. 중권 조건 a = P를 적용하면 $T = \frac{Z\Phi I_a}{2\pi}$로 정리된다.

주어진 값과 π = 3.14를 대입하면 $T = \frac{160 \times 0.01 \times 100}{2 \times 3.14} \approx 25.4777$ N·m이다. 자속을 Wb, 전류를 A로 대입했으므로 계산된 토크의 단위는 N·m이다.

소수 둘째 자리의 숫자가 7이므로 첫째 자리까지 반올림한 발생 토크는 25.5 N·m이다. 따라서 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 직류 분권발전기에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 단자 전압이 낮아지면 계자 전류는 증가한다.

② 계자 저항이 클수록 무부하 전압이 상승한다.

③ 보상 권선은 전기자 권선과 병렬로 결선한다.

④ 부하에 의한 전압 변동이 타여자발전기에 비하여 크다.

정답 4번

간단한 해설

분권발전기는 부하 증가로 단자 전압이 낮아지면 **계자 전류와 자속도 감소**하여 유도 기전력이 더 낮아진다. 계자 전류를 별도 전원으로 유지하는 타여자발전기보다 전압 강하가 커지는 이유이다.

선지별 해설

① X: 분권 계자 권선은 발전기 단자에 병렬로 연결된다. 단자 전압을 V, 계자 회로 저항을 R_f, 계자 전류를 I_f라 하면 $I_f = \frac{V}{R_f}$이다. 계자 저항이 일정할 때 단자 전압이 낮아지면 계자 전류는 **증가하지 않고 감소**한다.

② X: 회전 속도가 일정하고 정상적으로 전압이 확립되는 범위에서 계자 저항을 높이면 **계자 전류와 자속이 감소**하여 무부하 전압은 낮아진다. 무부하 전압을 높이려면 계자 저항을 줄여야 한다. 이는 무부하 전압이 무부하 포화곡선과 계자 저항선의 교점으로 정해지는 관계로도 설명할 수 있다.

③ X: 보상 권선은 전기자 반작용에 의한 주자속의 왜곡을 줄이는 권선이며, 전기자 권선과 **직렬로 연결**한다. 전기자 전류가 증가할수록 보상 권선의 전류도 함께 증가하고, 전기자 반작용과 반대 방향의 기자력이 생겨 부하 변화에 따라 보상 작용이 이루어진다.

④ O: 회전 속도와 계자 저항을 일정하게 유지할 때 부하가 증가하면 전기자 회로의 저항에 의한 전압 강하와 전기자 반작용으로 단자 전압이 낮아진다. 분권발전기는 여기에 **단자 전압 저하에 따른 계자 전류 감소**가 더해져 자속과 유도 기전력이 추가로 줄어든다. 타여자발전기는 별도 전원으로 계자 전류를 일정하게 유지할 수 있으므로, 같은 무부하 전압에서 비교하면 분권발전기의 부하에 의한 전압 변동이 더 크다.

NoteBase

문 7. 직류기의 전기자 반작용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전기자 전류에 의해 공극자속이 왜곡되는 현상을 말한다.

② 발전기의 경우 자기적 중성점을 회전방향으로 이동시킨다.

③ 전기자 반작용이 증가할수록 극당 자속은 증가한다.

④ 전동기의 경우 토크를 감소시키고, 발전기의 경우 유도기전력을 저하시킨다.

정답 3번

간단한 해설

③의 '극당 자속은 증가한다'가 잘못된 설명이다. 실제 직류기에서는 전기자 반작용으로 자속이 왜곡되고, **자기포화에 따른 감자 작용**으로 극당 자속이 감소한다.

선지별 해설

① O: 전기자 권선에 전류가 흐르면 전기자 자체의 자기장이 생긴다. 이 자기장이 계자의 주자기장과 합성되어 **공극자속의 분포를 왜곡**하는 현상이 전기자 반작용이다.

② O: 자기적 중성축은 전기자 도체에 회전으로 인한 유도기전력이 생기지 않는 위치를 잇는 축이다. 발전기에서는 전기자 자기장과 계자 자기장이 합성되면서 이 축이 **회전방향으로 이동**한다. 전동기에서는 회전방향과 반대로 이동한다.

③ X: 전기자 반작용은 한쪽 자극 끝의 자속을 강화하고 다른 쪽의 자속을 약화시킨다. 실제 직류기에서는 강화되는 쪽의 철심이 자기포화에 가까워 자속 증가가 제한되므로, 증가량보다 감소량이 커져 **극당 전체 자속은 감소**한다. 따라서 '증가한다'는 '감소한다'로 고쳐야 한다. 다만 자기포화를 무시한 이상적인 순수 교차자화에서는 자속 분포만 왜곡되고 극당 전체 자속은 변하지 않는다.

④ O: 전동기의 토크는 극당 자속과 전기자 전류의 곱에 비례하므로, **같은 전기자 전류에서** 자속이 감소하면 토크가 감소한다. 발전기의 유도기전력은 극당 자속과 회전속도의 곱에 비례하므로, **같은 회전속도에서** 자속이 감소하면 유도기전력이 낮아진다. 이는 전기자 반작용의 감자 작용으로 인한 영향이다.

NoteBase

문 8. 5 [kV], 10 [MVA], Y 결선 3상 동기발전기의 단락비가 0.5일 때, 동기임피던스[Ω]는?

① 0.5

② 2

③ 5

④ 10

정답 3번

간단한 해설

무부하에서 정격전압을 만드는 여자전류로 단락시험을 하면, 단락비 0.5에 따라 단락전류는 **정격전류의 0.5배**이다. 이때 상전압을 단락전류로 나누면 동기임피던스는 **5 Ω**이다.

계산 과정

1. 정격값과 상전압·전류: 정격 선간전압은 $V = 5000\text{V}$, 3상 전체 정격 피상전력은 $S = 10{,}000{,}000\text{VA}$이다. Y 결선에서는 **상전압은 선간전압의 $1/\sqrt{3}$배이고, 상전류는 선전류와 같다**. 따라서 상전압은 $V_\phi = V/\sqrt{3}$, 정격전류는 $I_n = \frac{S}{\sqrt{3}V}$이다.

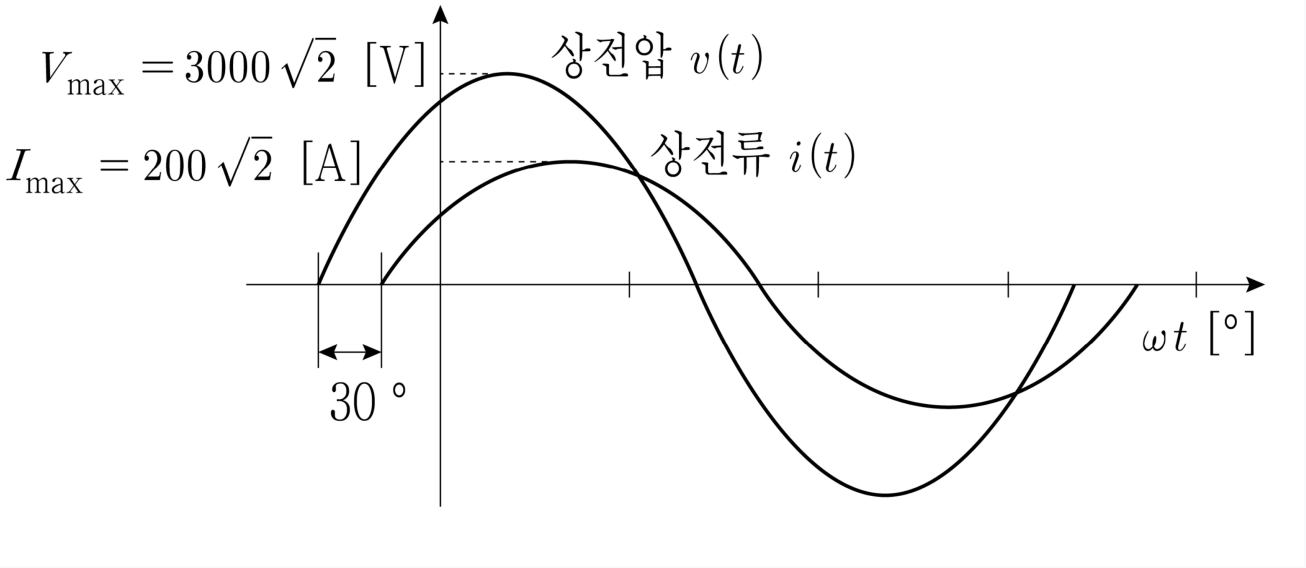
2. 단락비와 단락전류: 단락비 K는 무부하에서 정격전압을 만드는 여자전류를, 3상 단락 상태에서 정격전류를 흐르게 하는 여자전류로 나눈 값이다. 단락특성은 여자전류와 단락전류가 비례하는 직선이므로, 무부하 정격전압에 해당하는 여자전류에서의 단락전류는 $I_{sc} = KI_n = 0.5I_n$이다. 즉 이 조건의 단락전류는 **정격전류의 절반**이다.

3. 동기임피던스 계산: 동기임피던스는 **동일한 여자전류**에서 얻은 무부하 상전압을 단락 상전류로 나눈 값이다. Y 결선에서는 단락 선전류와 상전류가 같으므로 앞에서 구한 관계를 적용한다.
$Z_s = \frac{V_\phi}{I_{sc}} = \frac{V^2}{KS}$
여기에 정격값과 단락비를 대입하면 $Z_s = \frac{5000^2}{0.5 \cdot 10{,}000{,}000} = 5\Omega$이다.

동기임피던스는 5 Ω으로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 그림은 3상 수전단의 전압과 전류 파형이다. 역률을 1로 개선하기 위해 동기조상기가 공급해야 하는 무효전력[kVAR]은?



① −900

② −300

③ 300

④ 900

정답 4번

간단한 해설

전류가 전압보다 **30° 늦으므로** 수전단은 지상 무효전력을 소비한다. 역률을 1로 만들려면 이를 상쇄하는 **진상 무효전력 900 kVAR**를 동기조상기가 공급해야 한다.

NoteBase

계산 과정

파형 판독: 그림에서 상전류가 0을 지나 증가하는 시점은 상전압보다 오른쪽에 있고, 두 시점의 차이는 30°이다. 따라서 **전류가 전압보다 30° 늦는 지상 부하**이며, 전압과 전류의 위상차 ϕ는 30°이다.

실효값: 정현파의 실효값은 최댓값을 $\sqrt{2}$로 나눈 값이다. 그림의 상전압과 상전류를 실효값으로 바꾸면 $V_\phi = \frac{3000\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 3000\,\text{V}$, $I_\phi = \frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 200\,\text{A}$이다. 따라서 계산에 사용할 상전압은 3 kV, 상전류는 200 A이다.

3상 무효전력: 한 상의 무효전력은 $V_\phi I_\phi \sin\phi$이므로, 평형 3상의 전체 무효전력은 $Q = 3V_\phi I_\phi \sin\phi$이다. 주어진 값은 **상전압과 상전류**이므로 세 상을 합하는 계수 3을 사용한다. 전압을 kV, 전류를 A로 대입하면 결과의 단위는 kVAR이며, $Q = 3 \cdot 3 \cdot 200 \cdot 0.5 = 900$ kVAR이다. 이는 수전단이 소비하는 지상 무효전력이다.

보상 무효전력: 역률이 1이면 전원에서 공급되는 무효전력은 0이 되어야 한다. 따라서 동기조상기를 과여자로 운전하여 부하의 지상 무효전력과 크기가 같은 진상 무효전력을 공급한다. 부하의 무효전력 소비를 양수로 잡으면 동기조상기의 소비 무효전력은 −900 kVAR이지만, 문제에서 묻는 **공급 무효전력은 900 kVAR**이므로 ④에 해당한다.

NoteBase

문 10. 권수비가 200 : 20인 이상적인 단상변압기의 1차측이 120∠0° [V], 60 [Hz]의 전원에 연결되고 2차측은 100∠10° [Ω]의 부하에 연결될 때, 1차측 전류[mA]는?

① $12\angle -10^\circ$

② $12\angle 10^\circ$

③ $120\angle -10^\circ$

④ $120\angle 10^\circ$

정답 1번

간단한 해설

이상적인 변압기에서는 전압은 권수에 비례하고 전류는 권수에 반비례한다. 부하 임피던스의 위상이 +10°이므로 1차측 전류는 전원 전압보다 **10° 늦으며**, 그 값은 $12\angle -10^\circ$ mA이다.

계산 과정

1. 2차측 전압: 1·2차 권수를 각각 N_1, N_2라 하면 권수비는 $a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{200}{20} = 10$이다. 이상적인 변압기에서는 전압이 권수에 비례하므로 $V_2 = \frac{V_1}{a}$이고, $V_2 = \frac{120\angle 0^\circ}{10} = 12\angle 0^\circ$ V이다.

2. 부하 전류: 2차측 부하 임피던스가 $Z_L = 100\angle 10^\circ\,\Omega$이므로 옴의 법칙에 따라 $I_2 = \frac{V_2}{Z_L}$이다. 따라서 $I_2 = \frac{12\angle 0^\circ}{100\angle 10^\circ} = 0.12\angle -10^\circ$ A이다. 극형식의 나눗셈에서는 크기를 나누고 **분모의 위상각을 빼므로**, 전류는 전압보다 10° 늦는다.

3. 1차측 전류: 이상적인 변압기는 여자전류와 손실을 무시하므로 전류의 크기는 **권수에 반비례**한다. 1차측에서 전원으로부터 들어오는 전류와 2차측에서 부하로 흐르는 전류를 기준으로 $I_1 = \frac{I_2}{a}$이므로, $I_1 = \frac{0.12\angle -10^\circ}{10} = 0.012\angle -10^\circ$ A이다. 1 A = 1,000 mA이므로 $I_1 = 12\angle -10^\circ$ mA이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 슬립 0.04로 운전 중인 3상 유도전동기의 입력이 50 [kW], 고정자 동손이 1 [kW]일 때, 회전자 동손[kW]은? (단, 철손은 무시한다)

① 1.96

② 2.04

③ 3.28

④ 4.16

정답 1번

간단한 해설

회전자 동손은 **회전자 입력에 슬립을 곱한 값**이다. 철손을 무시하면 회전자 입력은 49 kW이므로 회전자 동손은 1.96 kW이다.

계산 과정

철손을 무시하므로 고정자에 공급된 50 kW에서 **고정자 동손 1 kW를 뺀 전력**이 공극을 통해 회전자로 전달된다. 따라서 회전자 입력 P_2는 50 - 1 = 49 kW이다.

유도전동기에서는 회전자 입력 중 **슬립 s에 해당하는 비율**이 회전자 동손으로 소모되고, 나머지는 기계적 전력으로 변환된다. 따라서 회전자 동손을 P_{c2}라 하면 $P_{c2} = sP_2$이다.

슬립 s = 0.04를 적용하면 회전자 동손은 0.04 × 49 = 1.96 kW이다. 이는 ①의 1.96 kW와 일치한다.

NoteBase

문 12. DC－DC 컨버터 중 변압기를 사용하는 것은?

① Buck 컨버터

② Boost 컨버터

③ Buck－Boost 컨버터

④ Flyback 컨버터

정답 4번

간단한 해설

Flyback 컨버터는 **1차·2차 권선을 갖는 변압기**를 사용하여 입력과 출력을 전기적으로 절연하면서 에너지를 전달한다.

공통 해설

변압기를 사용하는지를 판단하려면 입력과 출력 사이에 자기적으로 결합된 1차·2차 권선이 있는지를 살핀다. 기본형 Buck, Boost, Buck－Boost 컨버터는 **단일 인덕터를 이용하는 비절연형**이므로 변압기를 사용하지 않는다. 비절연형은 입력과 출력이 전기적으로 분리되어 있지 않은 회로를 뜻한다.

Flyback 컨버터는 Buck－Boost의 인덕터를 1차·2차 권선이 결합된 변압기로 바꾼 구조이다. 스위치가 켜지면 1차측에서 자기 에너지를 저장하고, 스위치가 꺼지면 그 에너지를 2차측을 통해 출력으로 전달한다. 두 권선은 전기적으로 직접 연결되지 않고 자기적으로 결합되어 있으므로 **입출력 사이의 절연**이 가능하다. 이처럼 에너지 저장과 전달에 사용하는 결합 인덕터를 플라이백 변압기라고 하며, 문제에서 묻는 변압기 사용 컨버터에 해당한다.

NoteBase

문 13. 단상전압 $v(t) = \sqrt{2}V_0 \sin \omega t$ [V]를 하나의 SCR을 이용하여 점호각 $\alpha = 60^\circ$로 위상제어할 때, 저항부하에 공급되는 평균 전압[V]은?

① $\frac{3}{2\sqrt{2}\pi}V_0$
② $\frac{\sqrt{2}}{\pi}V_0$
③ $\frac{3}{\sqrt{2}\pi}V_0$
④ $\frac{2\sqrt{2}}{\pi}V_0$

정답 1번

간단한 해설

SCR 하나를 사용하므로 양의 반주기 중 **60°에서 180°까지**만 부하에 전압이 공급된다. 이를 **한 주기 전체**에 대해 평균하면 $\frac{3}{2\sqrt{2}\pi}V_0$ V이다.

계산 과정

1. 전압과 도통 구간: 주어진 전압의 최댓값은 $V_m = \sqrt{2}V_0$이고, V_0는 입력 전압의 실효값이다. SCR의 전압강하를 무시하는 이상적인 반파 제어로 계산한다. $\theta = \omega t$라 하면 SCR은 점호각 $\alpha = 60^\circ = \frac{\pi}{3}$에서 켜진다. 저항부하에서는 전류가 전압과 같은 위상이므로 $\theta = \pi$에서 전류가 0이 되어 꺼진다. 따라서 **점호각부터 양의 반주기가 끝날 때까지** 부하 전압은 입력 전압과 같고, 점호 전과 음의 반주기에는 0이다.

2. 평균 전압식: 평균 전압은 도통 구간만의 평균이 아니라, 전압이 0인 구간까지 포함한 **한 주기 전체의 평균**이다. 따라서 적분 구간은 도통 구간으로 잡되, 분모는 한 주기의 각도인 2π로 둔다.
$V_{av} = \frac{1}{2\pi}\int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin\theta d\theta$.
$\sin\theta$를 적분하면 $-\cos\theta$이므로, $V_{av} = \frac{V_m}{2\pi}(1 + \cos\alpha)$이다.

3. 수치 대입: $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$와 $V_m = \sqrt{2}V_0$를 대입한다.
$V_{av} = \frac{\sqrt{2}V_0}{2\pi}\left(1 + \frac{1}{2}\right)$.
이를 정리하면 $V_{av} = \frac{3\sqrt{2}}{4\pi}V_0 = \frac{3}{2\sqrt{2}\pi}V_0$ V이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 정격주파수 50 [Hz]의 변압기를 1차측 전압을 유지하며 60 [Hz]로 운전할 때 발생하는 현상이 아닌 것은? (단, 부하는 저항성이다)

① 무부하 2차측 전압은 동일하다.

② 자화전류가 감소한다.

③ 철손이 감소한다.

④ 전압변동률이 감소한다.

정답 4번

간단한 해설

저항성 부하에서는 **역률이 1**이므로 전압변동률은 주로 권선의 저항강하로 결정된다. 권선저항을 일정하게 보는 통상 근사에서 주파수가 높아져도 전압변동률은 **거의 변하지 않는다**.

선지별 해설

정현파 전압에서 변압기의 유도기전력은 $E_1 = 4.44 f N_1 \Phi_m$이다. 여기서 f는 주파수, N_1은 1차 권선수, Φ_m은 최대자속이다. 1차 권선의 전압강하를 무시하면 $E_1 \simeq V_1$이므로, 1차 전압을 유지하며 50 Hz에서 60 Hz로 운전할 때 최대자속과 최대자속밀도는 감소한다.

① O: 무부하에서는 2차 전류에 의한 권선 전압강하가 없다. 무부하 2차 전압은 $V_{20} \simeq \frac{N_2}{N_1} V_1$이므로, **1차 전압과 권선비가 같으면** 주파수가 달라져도 거의 동일하다. 주파수 증가에 따라 최대자속이 감소하여 유도기전력 식의 주파수 증가 효과를 상쇄한다.

② O: 자화전류는 철심에 주자속을 만드는 데 필요한 전류이다. 1차 전압이 일정한 상태에서 주파수가 증가하면 최대자속이 감소하므로, 철심의 자화에 필요한 **자화전류도 감소**한다.

③ O: 철손은 히스테리시스손과 와전류손의 합이다. 최대자속밀도를 B_m이라 하면 통상적인 근사식은 $P_h \propto f B_m^{1.6}$, $P_e \propto f^2 B_m^2$이다. 전압이 일정할 때는 $B_m \propto \frac{1}{f}$이므로 히스테리시스손은 감소하고 와전류손은 거의 일정하다. 따라서 **히스테리시스손의 감소로 전체 철손이 감소**한다.

④ X: 전압변동률은 무부하 전압과 부하 단자전압의 차이를 부하 단자전압에 대한 백분율로 나타낸 값이다. 2차측으로 환산한 등가저항과 누설리액턴스를 각각 R, X, 부하전류를 I, 부하 단자전압을 V라 하면 근사 전압변동률은 $\varepsilon \simeq \frac{I(R\cos\varphi + X\sin\varphi)}{V} \cdot 100\%$이다. 저항성 부하는 $\cos\varphi = 1$, $\sin\varphi = 0$이므로 $\varepsilon \simeq \frac{IR}{V} \cdot 100\%$가 된다. 따라서 같은 부하 조건에서 권선저항을 일정하게 보면 전압변동률은 **감소하지 않고 거의 일정**하다. 주파수 증가로 누설리액턴스가 커져도 이 근사식에서는 역률각의 사인값이 0이어서 그 항이 반영되지 않는다.

NoteBase

문 15. 3상 유도전동기에서 3상 전류에 의한 합성자계의 크기는 한 상 전류에 의한 자계 최대치의 몇 배인가?

① 1.5

② 2

③ 2.5

④ 3

정답 1번

간단한 해설

평형 3상 전류가 만드는 자계는 공간적으로도 위상이 다른 세 자계를 합성한 것이다. 합성된 회전자계의 크기는 일정하며, 한 상이 만드는 자계 최대치의 **1.5배**이다.

공통 해설

대칭 3상 권선은 공간적으로 전기각 120°씩 떨어져 있고, 평형 3상 전류도 시간적으로 위상이 120°씩 다르다. 각 상은 자기 권선 축을 따라 크기와 방향이 주기적으로 변하는 맥동자계를 만들며, 세 자계는 **공간 방향을 고려하여 벡터로 합성**한다.

한 상이 만드는 자계의 최대치를 B_m, 합성 회전자계의 크기를 B_r라고 하면, 대칭 권선에 평형 정현파 3상 전류가 흐를 때 $B_r = \frac{3}{2}B_m$이다. 각 상의 자계는 시간에 따라 변하지만, 이들을 합친 자계는 **크기가 일정한 채 방향이 회전**한다. 따라서 문제에서 묻는 합성자계의 크기는 한 상 자계 최대치의 1.5배이다.

세 상의 자계는 같은 방향으로 동시에 최대가 되는 것이 아니므로, 한 상의 최대치를 세 번 더하여 3배로 구하지 않는다.

NoteBase

문 16. 60 [kVA], 3,300/110 [V] 단상변압기를 2차측 개방 시, 전류는 0.5 [A]이고 입력은 1,320 [W]일 때, 자화리액턴스 [kΩ]는? (단, 권선저항은 무시한다)

① 9

② 10

③ 11

④ 12

정답 3번

간단한 해설

무부하전류에는 철손을 공급하는 성분도 포함되므로 **자화전류만 분리**해야 한다. 철손전류 0.4 A와 직교하는 자화전류는 0.3 A이며, 자화리액턴스는 $X_m = \frac{3300}{0.3} = 11000\Omega$, 즉 11 kΩ이다.

계산 과정

2차측 개방은 무부하 상태이므로 주어진 0.5 A는 1차측 무부하전류 I_0이다. 1차측 전압은 $V_1 = 3300\text{V}$이고, 권선저항을 무시하므로 입력 1320 W는 철손에 해당한다. 무부하 등가회로에서는 1차측 전압강하를 무시하여 여자회로에 이 전압이 걸리는 것으로 본다.

철손전류 I_c는 전압과 동상인 유효전류 성분이다. 따라서 입력전력은 $P_0 = V_1 I_c$이며, $I_c = \frac{P_0}{V_1} = \frac{1320}{3300} = 0.4\text{A}$이다. 이는 무부하전류 중 **철손을 공급하는 성분**이다.

자화전류 I_m는 철심에 자속을 만드는 성분으로, 전압보다 위상이 90° 늦어 철손전류와 직교한다. 따라서 두 전류의 크기를 단순히 빼지 않고 **제곱합 관계** $I_0^2 = I_c^2 + I_m^2$를 적용한다. 이에 따라 $I_m = \sqrt{0.5^2 - 0.4^2} = 0.3\text{A}$이다.

자화리액턴스는 여자회로 전압을 자화전류로 나누어 구하므로 $X_m = \frac{V_1}{I_m} = \frac{3300}{0.3} = 11000\Omega$이다. 따라서 1차측 기준 자화리액턴스는 11 kΩ이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 3상 유도전동기의 슬립이 0.1에서 0.4가 될 때, 2차 전류는 3배가 된다면 기계적 출력은 몇 배가 되는가?

① $\frac{1}{3}$

② $\frac{3}{2}$

③ 3

④ 변화 없음

정답 2번

간단한 해설

같은 2차 저항에서 기계적 출력은 **2차 전류의 제곱**과 **슬립에 따른 비율** $\frac{1-s}{s}$의 곱에 비례한다. 전류가 3배가 되어도 슬립에 따른 비율이 줄어들므로, 기계적 출력은 $\frac{3}{2}$배가 된다.

계산 과정

변화 전후의 슬립을 각각 $s_a = 0.1$, $s_b = 0.4$, 한 상의 2차 전류를 각각 I_a, I_b라 두면 $I_b = 3I_a$이다. 같은 전동기의 2차 저항 R_2는 일정한 것으로 보고, 기계손은 별도로 고려하지 않는 기본 출력 관계를 적용한다.

3상 유도전동기의 2차 동손은 $P_c = 3I^2R_2$이다. 슬립 s는 2차 입력 중 동손으로 소모되는 비율이므로, 2차 입력은 $\frac{P_c}{s}$이고 나머지가 기계적 출력으로 변환된다. 따라서 $P_m = P_c\frac{1-s}{s} = 3I^2R_2\frac{1-s}{s}$이다. 즉, **전류 변화와 슬립 변화를 함께 반영**해야 한다.

슬립에 따른 비율은 변화 전에 $\frac{1-0.1}{0.1} = 9$, 변화 후에 $\frac{1-0.4}{0.4} = 1.5$이다. 이는 **2차 동손에 대한 기계적 출력의 비율**이 9에서 1.5로 줄었다는 뜻이다.

2차 전류가 3배가 되면 2차 동손은 전류의 제곱에 비례하여 9배가 된다. 변화 전후의 기계적 출력을 각각 P_a, P_b라 하면 $\frac{P_b}{P_a} = 9 \cdot \frac{1.5}{9} = \frac{3}{2}$이다. 따라서 기계적 출력은 처음의 $\frac{3}{2}$배가 되어 ②와 일치한다. 출력의 배수는 같은 단위의 전력을 나눈 값이므로 단위가 없다.

NoteBase

문 18. (가), (나)에 들어갈 내용을 바르게 연결한 것은?

펌프, 팬, 블로워 등의 부하는 (가)하는 토크 특성을 갖는다. (나)로 동작되는 교류전동기를 통해 이 부하를 가변속 운전하면 정속 운전에 비해 에너지 절감효과가 크다.

① (가): 속도에 비례, (나): 인버터

② (가): 속도에 비례, (나): 초퍼회로

③ (가): 속도의 제곱에 비례, (나): 인버터

④ (가): 속도의 제곱에 비례, (나): 초퍼회로

정답 3번

간단한 해설

펌프·팬·블로워의 대표적인 부하 토크는 **속도의 제곱에 비례**한다. **인버터로 공급 주파수를 조절**하여 필요한 만큼 속도를 낮추면 부하가 요구하는 동력이 크게 줄어 에너지를 절감할 수 있다.

빈칸별 해설

(가) 속도의 제곱에 비례: 문제의 펌프·팬·블로워는 유체를 이송하는 대표적인 제곱토크 부하이다. 회전속도를 n, 부하 토크를 T라 하면, 상사법칙이 적용되는 운전 조건에서 $T \propto n^2$이다. 즉, 속도에 단순 비례하는 것이 아니라 **속도의 제곱에 비례**하여 토크가 변한다. 축동력 P는 토크와 각속도 ω의 곱인 $P = T\omega$이고 각속도는 회전속도에 비례하므로, 이 부하의 축동력은 $P \propto n^3$이다. 따라서 필요한 유량이나 풍량이 적을 때 속도를 낮추면 요구 동력이 크게 감소한다. 실제 절감량은 운전 조건과 기기 효율 등에 따라 달라진다.

(나) 인버터: 인버터는 직류를 교류로 변환하며, 교류전동기 구동에서는 출력 주파수와 전압을 조절하여 속도를 제어한다. 필요한 유량이나 풍량에 맞춰 **전동기의 속도 자체를 낮추는 운전**이 가능하므로, 정속 상태에서 밸브나 댐퍼로 유량을 제한하는 방식보다 에너지 낭비를 줄일 수 있다. 반면 초퍼회로는 직류전압을 다른 크기의 직류전압으로 바꾸는 회로이므로, 그 자체로 교류전동기에 가변 주파수의 교류를 공급하는 장치는 아니다.

(가)는 속도의 제곱에 비례, (나)는 인버터이므로 두 내용을 바르게 연결한 선택지는 ③이다.

NoteBase

문 19. 유니버설 전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 와전류 억제를 위해 고정자 철심을 적층한다.

② 교류 운전 시 토크의 맥동은 피할 수 없다.

③ 정류지연을 억제하기 위해 저항이 큰 브러시를 사용한다.

④ 역률향상을 위해 계자 권선의 권수를 증가시킨다.

정답 4번

간단한 해설

계자 권선의 권수를 늘리면 인덕턴스와 유도 리액턴스가 커져 역률이 나빠진다. 역률을 높이려면 계자 권선의 **권수를 줄여 리액턴스를 낮춘다**.

선지별 해설

① O: 교류 운전에서는 고정자 철심을 지나는 자속이 시간에 따라 변하므로 철심 내부에 와전류가 유도된다. 철심을 얇은 강판으로 나누고 층 사이를 절연하여 적층하면 **와전류가 흐르는 경로의 저항을 높여** 와전류와 그에 따른 발열·손실을 줄일 수 있다.

② O: 유니버설 전동기는 계자 권선과 전기자 권선이 직렬로 연결된다. 교류 운전에서는 계자 자속과 전기자전류가 반주기마다 함께 방향을 바꾸므로 **토크의 방향은 유지되지만 크기는 변한다**. 토크는 자속과 전기자전류의 곱에 비례하므로 교류에 따른 맥동이 생긴다.

③ O: 정류는 브러시가 접촉하는 전기자 코일의 전류 방향을 바꾸는 과정이다. 코일의 인덕턴스는 전류 변화를 방해하여 정류지연을 일으킨다. **접촉저항이 큰 탄소 브러시**를 사용하면 정류 중 일시적으로 단락되는 코일의 전류를 제한하고 전류 반전을 도와 정류지연과 불꽃을 줄일 수 있다.

④ X: 같은 자기회로에서 계자 권선의 권수를 늘리면 인덕턴스와 유도 리액턴스가 증가한다. 그 결과 무효전압 강하와 전류의 위상지연이 커져 역률 개선에 불리하다. 역률을 높이려면 계자 권선의 **권수를 감소시켜 유도 리액턴스를 줄여야 한다**.

NoteBase

문 20. 전력반도체 소자에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① SCR는 정격용량이 큰 전력변환기에 적합하다.

② TRIAC은 턴온과 턴오프를 모두 제어할 수 있다.

③ MOSFET은 스위칭 주파수가 높은 전력변환기에 적합하다.

④ GTO는 단방향 전류 소자이다.

정답 2번

간단한 해설

TRIAC은 게이트 신호로 **턴온만 제어**할 수 있으며, 턴오프를 직접 제어할 수는 없다. 도통을 시작한 뒤에는 게이트 신호를 제거해도 전류가 흐르며, 주전류가 **유지전류보다 작아져야** 꺼진다.

선지별 해설

① O: SCR은 높은 전압을 차단하고 큰 전류를 흘릴 수 있으며, 도통 상태의 전압강하가 작아 도통손실이 비교적 작다. 따라서 **대용량 전력변환기**의 정류·전력제어 등에 적합하다.

② X: TRIAC은 양방향으로 전류를 흘릴 수 있는 사이리스터로, 게이트 신호로 턴온할 수 있다. 그러나 일단 도통 상태가 유지되면 게이트 신호를 제거해도 꺼지지 않는다. 턴오프하려면 **주전류가 유지전류보다 작아져야** 하며, 교류회로에서는 보통 전류의 영점 부근에서 자연 소호된다. 따라서 '턴온과 턴오프를 모두 제어'가 아니라 '게이트로 턴온을 제어'로 고쳐야 한다.

③ O: MOSFET은 다수 캐리어로 전류가 흐르는 소자여서 소수 캐리어의 축적에 따른 턴오프 지연이 작다. 따라서 **빠른 스위칭**이 가능하여 스위칭 주파수가 높은 전력변환기에 적합하다.

④ O: GTO는 주전류가 **애노드에서 캐소드 방향으로** 흐르는 단방향 전류 소자이다. 게이트에 양의 전류를 주어 턴온하고 충분한 음의 전류를 주어 턴오프할 수 있지만, 게이트 전류의 방향을 바꾼다고 주전류가 양방향으로 흐르는 것은 아니다.

NoteBase