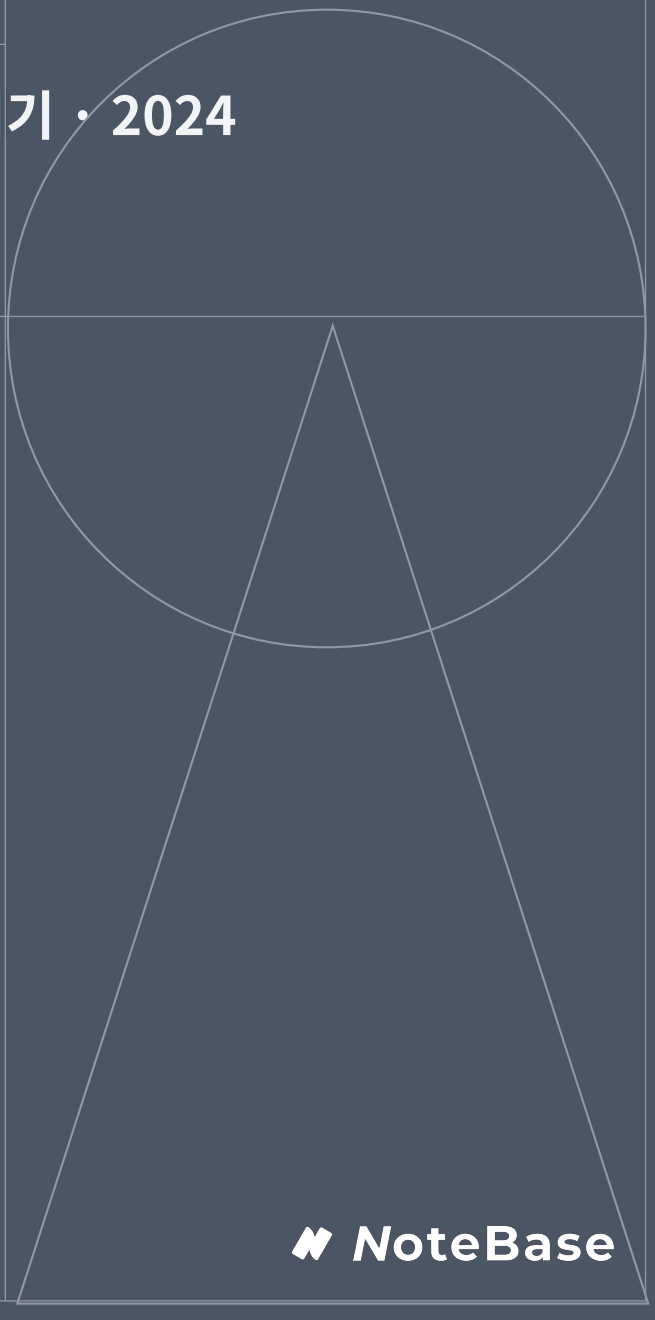
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2024

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2024

문 1. 변압기 오일의 절연내력 저하와 산화작용에 따른 열화를 방지하기 위해 설치하는 것은?

① 부싱

② 바니시

③ 오일 덕트

④ 콘서베이터

정답 4번

간단한 해설

콘서베이터는 절연유의 팽창·수축을 받아들이면서 **공기와의 접촉을 줄여** 수분 유입에 따른 절연내력 저하와 산화 열화를 억제한다.

공통 해설

절연유에 수분이 섞이면 절연내력이 낮아지고, 공기 중 산소와 반응하면 산화 열화가 진행된다. 따라서 절연유를 보존하려면 **공기와의 접촉을 억제**해야 한다. 콘서베이터는 변압기 본체 위쪽에 연결하는 보조 유조로, 온도가 올라 절연유가 팽창하면 받아들이고 온도가 내려 수축하면 본체로 되돌려 보낸다. 이로써 본체를 절연유로 채운 상태로 유지하면서 본체의 고온 절연유가 공기와 직접 접촉하는 것을 줄인다. 이러한 절연유 보존 기능이 문제에서 말하는 절연내력 저하와 산화 열화를 방지하는 역할에 해당한다.

NoteBase

문 2. 턴온, 턴오프 모두 게이트 전류(i_G)를 조절하여 제어할 수 있고, 온 상태를 유지하는 동안 문턱 전압을 감소하기 위해 지속적으로 i_G를 인가할 필요가 없으며, 음의 i_G를 흘리면 턴오프 동작을 하는 특성을 갖는 반도체 소자는?

① BJT

② GTO

③ Thyristor

④ TRIAC

정답 2번

간단한 해설

GTO는 **양의 게이트 전류로 턴온하고, 충분한 음의 게이트 전류로 턴오프**하는 사이리스터이다. 일단 래칭되어 주전류가 유지전류 이상으로 흐르면, 게이트 전류를 계속 공급하지 않아도 도통 상태를 유지할 수 있다.

공통 해설

GTO(Gate Turn-Off Thyristor)는 게이트 전류로 켜고 끌 수 있는 사이리스터이다. 애노드가 캐소드보다 양의 전위에 있을 때 양의 게이트 전류를 인가하면 턴온한다. 반대로 **충분한 크기의 음의 게이트 전류**를 흘리면 내부에 축적된 전하가 게이트를 통해 빠져나가고, 도통을 유지하던 내부의 재생 작용이 약해져 턴오프한다. 따라서 음의 게이트 전류로 턴오프한다는 조건이 GTO를 가리키는 결정적 단서이다.

턴온 후 도통 상태가 스스로 유지되는 현상을 래칭이라고 한다. 주전류가 래칭전류에 도달하여 래칭이 성립한 뒤에는, 주전류가 유지전류 이상이면 게이트 신호를 제거해도 도통할 수 있다. 이 기본 동작 때문에 도통 유지를 위해 게이트 전류를 반드시 계속 공급해야 하는 것은 아니다. 다만 실제 GTO 구동에서는 안정적인 도통과 온 상태 전압 강하의 저감을 위해 작은 양의 게이트 전류를 유지하기도 한다.

같은 제어 기준으로 보면, BJT는 게이트가 아닌 베이스 전류로 제어하며 도통 중에도 베이스 구동이 필요하다. 선지의 Thyristor는 일반적인 SCR을 뜻하며, SCR과 TRIAC은 게이트로 턴온할 수 있지만 **게이트 전류만으로 턴오프할 수는 없다**. 이들은 주전류를 유지전류 아래로 낮추는 등의 소호 조건이 필요하므로, 제시된 게이트 턴오프 특성과 구별된다.

NoteBase

문 3. 직권 직류전동기의 토크 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 토크는 속도에 반비례한다.

② 토크는 전기자전류의 제곱에 비례한다.

③ 전동차나 크레인과 같이 기동 토크가 큰 곳에 주로 사용된다.

④ 토크가 0에 가까워지면 속도가 너무 빨라지므로 무부하 상태로 운전하면 안된다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '속도에 반비례한다'는 설명은 비례 관계를 잘못 나타낸 것이다. 자기포화 전이고 전원전압이 일정하며 권선의 전압강하를 무시하면, 직권 직류전동기의 토크는 **속도의 제곱에 반비례**한다.

선지별 해설

직권 직류전동기는 계자권선과 전기자가 직렬로 연결되어 같은 전류가 흐른다. 토크는 $T = k_t \Phi I_a$, 역기전력은 $E = k_e \Phi n$으로 나타낸다. 여기서 T는 토크, Φ는 자속, I_a는 전기자전류, n은 회전속도이며, k_t와 k_e는 전동기의 구조에 따른 상수이다.

① X: 자기포화 전에는 자속이 전기자전류에 비례하므로 $T \propto I_a^2$이다. 전원전압이 일정하고 권선의 전압강하를 무시하면 역기전력도 거의 일정하므로 $n \propto \frac{1}{\Phi} \propto \frac{1}{I_a}$이다. 두 관계를 결합하면 $T \propto \frac{1}{n^2}$이므로, '속도에 반비례한다'를 **'속도의 제곱에 반비례한다'**로 고쳐야 한다.

② O: 토크는 자속과 전기자전류의 곱에 비례한다. **자기포화 전**에는 $\Phi \propto I_a$이므로 $T \propto I_a^2$이 성립한다. 다만 자기포화가 진행되어 자속이 거의 일정해지면 토크는 전기자전류에 거의 비례한다. 이 선지는 포화 전의 기본 특성을 설명한 것이다.

③ O: 기동 시에는 회전속도가 0이어서 역기전력이 발생하지 않으므로 큰 전기자전류가 흐르기 쉽다. 직권전동기는 이 전류가 계자에도 흘러 자속을 증가시키므로 **큰 기동 토크**를 얻을 수 있다. 따라서 정지 상태에서 무거운 부하를 움직여야 하는 전동차나 크레인 등에 적합하다.

④ O: 부하 토크가 작아지면 필요한 전기자전류가 줄고, 직렬로 연결된 계자의 자속도 약해진다. 일정한 전원전압에서 필요한 역기전력을 만들려면 $E = k_e \Phi n$에 따라 회전속도가 크게 높아져야 한다. 무부하에서는 기계적 손실 등으로 실제 속도가 무한대가 되지는 않지만, **위험한 과속**에 이를 수 있으므로 무부하 운전을 해서는 안 된다.

NoteBase

문 4. 10 [kVA], 1,000/100 [V] 단상 변압기에서 1차측으로 환산한 등가임피던스가 $6 + j8$ [Ω]일 때, 이 변압기의 최대 전압변동률[%]은?

① $\sqrt{10}$
② $\sqrt{20}$
③ 10
④ 20

정답 3번

간단한 해설

전압변동률의 근사식에서 최대값은 **임피던스 전압강하**를 같은 측의 정격전압으로 나눈 비율이다. 1차 정격전류 10 A와 등가임피던스 크기 10 Ω으로 구한 최대 전압강하가 100 V이므로, 최대 전압변동률은 **10%**이다.

계산 과정

1. 기준 측과 정격전류: 등가임피던스가 1차측으로 환산되어 있으므로 전압과 전류도 **1차측 기준**으로 맞춘다. 정격용량은 10 kVA = 10,000 VA이고 1차 정격전압은 1,000 V이다. 단상 변압기의 정격전류는 정격 피상전력을 정격전압으로 나누어 구한다. 따라서 $I_{1n} = \frac{10{,}000}{1{,}000} = 10\text{A}$이다.

2. 등가임피던스의 크기: 등가저항 R = 6 Ω과 등가리액턴스 X = 8 Ω은 복소임피던스의 실수부와 허수부이므로 단순히 더하지 않는다. 크기는 $|Z| = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10\Omega$이다.

3. 전압강하의 최대 조건: 여자전류를 무시한 전압변동률의 근사식에서, 지상 부하의 전압강하는 $\Delta V \simeq I_{1n}(R\cos\varphi + X\sin\varphi)$이다. 여기서 φ는 부하전류가 전압보다 늦는 각도이다. 괄호 안의 최대값은 $\sqrt{R^2 + X^2} = |Z|$이며, $\tan\varphi = \frac{X}{R}$일 때 얻어진다. 이 문제에서는 **지상역률 0.6**, 즉 $\cos\varphi = 0.6$, $\sin\varphi = 0.8$일 때 저항과 리액턴스의 전압강하 성분이 최대가 된다. 이때 $6 \times 0.6 + 8 \times 0.8 = 10$이므로 최대 전압강하는 $10 \times 10 = 100$ V이다.

4. 최대 전압변동률: 전압강하를 같은 기준 측의 정격전압으로 나누고 백분율로 나타낸다. 따라서 $\varepsilon_{\max} = \frac{100}{1{,}000} \cdot 100 = 10\%$이다. 이는 선택지 ③의 10에 해당한다.

NoteBase

문 5. 극수를 모르는 3상 동기전동기의 전기자권선에 100 [Hz]의 3상 평형 전류를 인가할 때, 전동기의 동기속도[rpm]가 될 수 없는 것은?

① 2,000

② 3,000

③ 4,000

④ 6,000

정답 3번

간단한 해설

동기전동기의 극수는 N극과 S극이 쌍을 이루므로 **양의 짝수**이어야 한다. 100 Hz에서 4,000 rpm으로 회전하려면 3극이어야 하므로 동기속도가 될 수 없다.

계산 과정

3상 평형 전류가 만드는 회전자계의 속도가 동기속도이다. 전원 주파수를 f [Hz], 전체 극수를 P, 동기속도를 n_s [rpm]이라 하면 $n_s = \frac{120f}{P}$이다. 회전자계가 기계적으로 한 바퀴 도는 동안 전류가 P/2주기 진행하므로 초당 회전수는 $\frac{2f}{P}$이고, 이를 분당 회전수로 바꾸어 120이라는 계수가 나온다. N극과 S극은 쌍을 이루므로 **P는 2, 4, 6, …인 짝수**이다.

주어진 주파수 100 Hz를 대입하면 $n_s = \frac{12{,}000}{P}$ rpm이다. 따라서 2극, 4극, 6극일 때의 동기속도는 각각 6,000 rpm, 3,000 rpm, 2,000 rpm이다. 이 세 속도는 모두 가능한 극수에 대응한다.

4,000 rpm에 필요한 극수를 역산하면 $P = \frac{12{,}000}{4{,}000} = 3$이다. **3극은 극쌍을 이룰 수 없으므로** 4,000 rpm은 동기속도가 될 수 없으며, 이에 해당하는 선택지는 ③이다.

NoteBase

문 6. 직류기의 전기자 반작용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 자속의 총량이 줄어드는 감자효과가 나타난다.

② 전기자 반작용을 줄이기 위해 보상권선을 설치한다.

③ 전기자 반작용의 영향으로 자기적 중성축이 이동한다.

④ 보극의 코일은 일반적으로 전기자권선에 병렬로 연결하여 전기자 반작용을 개선한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '병렬로 연결'은 **직렬로 연결**로 고쳐야 한다. 보극 권선에 전기자전류가 흐르게 하여, 부하에 따라 달라지는 전기자 반작용을 보상하고 정류를 개선한다.

선지별 해설

전기자 반작용은 전기자전류가 만든 자계가 주자계에 영향을 주어 자속 분포를 왜곡하거나 주자속을 약화시키는 현상이다.

① O: 전기자 자계는 주자극의 한쪽에서는 주자속을 강화하고 다른 쪽에서는 약화시킨다. 실제 직류기에서는 **자기포화로 자속 증가량이 제한**되어, 증가량보다 감소량이 커지므로 전체 주자속이 줄어드는 감자효과가 나타난다. 자기포화를 무시하고 브러시가 기하학적 중성축에 있는 이상적인 경우에는 횡자화에 의한 자속 왜곡만으로 전체 자속이 감소하지는 않는다.

② O: 보상권선은 주자극의 자극면에 설치하며, 자극 아래 전기자 도체가 만드는 자계를 **반대 방향의 자계로 상쇄**한다. 전기자권선과 직렬로 연결하므로 전기자전류가 증가하면 보상 작용도 커져 자속 분포의 왜곡을 줄인다.

③ O: 자기적 중성축은 전기자 도체의 유도기전력이 0이 되는 위치를 잇는 축이다. 전기자 반작용으로 **합성 자속의 분포가 왜곡**되면 유도기전력이 0이 되는 위치도 달라져 자기적 중성축이 이동한다.

④ X: 보극 권선은 일반적으로 전기자권선에 **직렬로 연결**한다. 보극은 주자극 사이에 설치되어 정류 영역의 전기자 반작용을 억제하고 정류를 돕는 기전력을 만든다. 직렬 연결로 같은 전기자전류가 흐르게 하면, 전기자전류가 커질 때 보극의 자계도 강해져 필요한 보상 작용이 함께 증가한다.

NoteBase

문 7. 변압기의 여자전류에 3고조파가 포함되는 주된 이유는?

① 철심이 도전율을 갖기 때문이다.

② 철심이 유전율을 갖기 때문이다.

③ 철심에 자기포화 현상이 있기 때문이다.

④ 철심에 히스테리시스 현상이 없기 때문이다.

정답 3번

간단한 해설

철심의 **자기포화** 때문에 자속과 여자전류가 비례하지 않아, 자속이 정현파로 변해도 여자전류는 찌그러진 파형이 된다. 이 비정현파 전류에 기본파와 함께 **3고조파**가 포함된다.

선지별 해설

여자전류는 변압기가 철심에 자속을 만들고 철손을 공급하기 위해 무부하에서도 전원에서 끌어오는 전류이다. 다음은 각 선지가 3고조파 발생의 주된 이유를 설명하는지에 대한 판단이다.

① X: 철심의 도전율은 변화하는 자속에 의해 철심 내부에 흐르는 **와전류 및 와전류손**과 관련된다. 도전율을 갖는다는 사실이 여자전류에 3고조파가 포함되는 주된 이유는 아니며, 핵심 원인은 자기포화에 따른 비선형 자화 특성이다.

② X: 유전율은 전기장에 대한 물질의 분극 특성을 나타낸다. 이 문제에서 여자전류의 파형을 왜곡시키는 것은 유전율이 아니라 **자기포화에 따른 비선형 자화 특성**이다.

③ O: 정현파 전압을 인가하고 권선의 전압강하를 무시하면 철심의 자속도 정현파로 변한다. 그러나 자기포화 영역에서는 자속을 조금 더 증가시키는 데에도 큰 자화전류가 필요하므로, 자속이 최대에 가까워질 때 전류가 급격히 증가한다. 따라서 **여자전류는 정현파가 아닌 뾰족한 파형**이 되며, 이를 주파수 성분으로 나누면 기본파 외에 3고조파 등의 홀수 고조파가 포함된다. 3고조파는 기본 주파수의 3배인 성분이다.

④ X: 실제 변압기 철심에는 **히스테리시스 현상이 존재**한다. 이는 자화 상태가 이전의 자화 이력에 영향을 받는 현상으로 히스테리시스손을 일으킨다. 히스테리시스를 무시하더라도 자기포화에 따른 비선형성이 있으면 여자전류에 고조파가 생기므로, '히스테리시스 현상이 없기 때문'이라는 설명은 적절하지 않다.

NoteBase

문 8. 직류전동기가 전부하에서 운전되고 있을 때, 회전자와 동일한 속도로 회전하지 않는 것은?

① 브러시
② 정류자
③ 전기자 권선
④ 전기자 철심

정답 1번

간단한 해설

브러시는 회전하는 정류자에 접촉하여 전류를 전달하지만, **자신은 고정되어 회전하지 않는다**. 정류자와 전기자 권선·철심은 회전자와 함께 회전한다.

공통 해설

직류전동기에서는 부품이 **회전축과 함께 회전하도록 결합되어 있는지**로 회전 여부를 구분한다. 전기자 철심은 회전축에 고정되고, 전기자 권선은 그 철심에 설치된다. 정류자도 같은 회전축에 결합되어 있으므로 이 세 부품은 모두 회전자와 동일한 속도로 회전한다.

브러시는 고정된 브러시 홀더에 지지되어 정류자 표면에 접촉한다. 정류자가 브러시 아래를 지나가면서 회전해도 브러시는 그 자리에 머물며 외부 회로와 전기자 권선 사이에 전류를 전달한다. 따라서 회전자와 동일한 속도로 회전하지 않는 부품은 **브러시**이다. 전부하 운전이라는 조건도 이러한 기계적 결합 관계를 바꾸지 않는다.

NoteBase

문 9. 다음과 같은 특징을 갖는 3상 변압기의 결선 방식은?

◯ 절연이 우수하고 순환전류가 흐르지 않는다.
◯ 중성점을 접지시키면 3고조파 성분에 의해 통신 장애를 일으킬 수 있다.

① △−△ 결선
② △−Y 결선
③ Y−△ 결선
④ Y−Y 결선

정답 4번

간단한 해설

Y−Y 결선은 △ **폐회로가 없어 권선 내부의 순환전류가 흐르지 않는다**. 다만 중성점을 접지하여 3고조파 전류의 귀로가 형성되면, 그 전류가 통신선에 유도 장해를 일으킬 수 있다.

공통 해설

결선에 △ **폐회로가 있는지**를 기준으로 구분한다. △ 결선은 세 권선을 고리처럼 연결하므로 3고조파 전류가 권선 내부를 순환할 수 있다. 제시된 △−△, △−Y, Y−△ 결선은 모두 △ 권선을 포함하지만, Y−Y 결선에는 이러한 폐회로가 없다. 따라서 지문의 '순환전류가 흐르지 않는다'는 특징은 Y−Y 결선에 해당한다. 여기서 순환전류는 △ 폐회로 안을 도는 전류를 뜻하며, 접지 경로로 흐르는 전류와 구별해야 한다.

Y 결선은 세 상 권선의 한쪽 끝을 중성점에 모은 구조이다. 평형 3상에서 권선 하나에 걸리는 상전압은 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$이므로, 같은 선간전압의 △ 결선보다 권선의 절연 부담이 작다. Y−Y 결선은 1차와 2차가 모두 Y 결선이어서 이러한 절연상의 이점이 있다.

3고조파 성분은 세 상에서 위상이 같아 중성점에서 서로 상쇄되지 않는다. **중성점 접지로 전원까지 이어지는 귀로가 형성되면** 3고조파 전류가 선로와 중성점·접지 경로를 통해 흐를 수 있으며, 인접 통신선에 유도 장해를 일으킬 수 있다. 이는 △ 권선 내부의 순환전류가 없다는 특징과 모순되지 않는다.

NoteBase

문 10. 전기자전류가 50 [A], 전기자저항이 0.2 [Ω]인 분권 직류전동기가 130 [V], 1,200 [rpm]에서 운전되고 있을 때, 토크[N·m]는?

① $\frac{100}{\pi}$
② $\frac{150}{\pi}$
③ $\frac{200}{\pi}$
④ $\frac{300}{\pi}$

정답 2번

간단한 해설

토크는 전기자 동손을 뺀 **기계적 변환전력**을 각속도로 나누어 구한다. 역기전력 120 V에 따른 변환전력은 6,000 W이므로 토크는 $\frac{150}{\pi}$N · m이다.

계산 과정

역기전력: 단자전압 V = 130 V, 전기자전류 $I_a = 50$A, 전기자저항 $R_a = 0.2\Omega$, 회전속도 n = 1,200 rpm이다. 별도로 주어지지 않은 브러시 전압강하는 무시한다. 전동기에서는 단자전압에서 **전기자저항의 전압강하를 빼면** 역기전력 E가 된다. 따라서 $E = V - I_aR_a$이고, E = 130 − 50 × 0.2 = 120 V이다.

기계적 변환전력: 전기자 입력 중 동손을 제외하고 기계적 에너지로 변환되는 전력은 $P_m = EI_a$이다. 따라서 $P_m = 120 \cdot 50 = 6{,}000$W이다. 전기자 입력 130 × 50 = 6,500 W를 그대로 사용하면 **전기자 동손 500 W까지 포함**하게 된다.

각속도: 1회전은 2π rad이고 1분은 60초이므로, rpm을 rad/s로 바꾸려면 $\frac{2\pi}{60}$을 곱한다. 따라서 $\omega = \frac{2\pi n}{60}$에 n = 1,200을 대입하면 $\omega = 40\pi$rad/s이다.

토크: 회전운동의 전력 관계 $P_m = T\omega$를 이용하면 발생토크는 $T = \frac{P_m}{\omega}$이다. 계산하면 $T = \frac{6{,}000}{40\pi} = \frac{150}{\pi}$N · m로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 3상 4극 유도전동기의 고정자가 가질 수 없는 슬롯 수는?

① 4

② 12

③ 24

④ 36

정답 1번

간단한 해설

통상적인 3상 대칭 권선은 세 상에 슬롯을 고르게 배분하므로, 고정자 슬롯 수가 **3의 배수**여야 한다. 4슬롯은 이 조건을 만족하지 못한다.

계산 과정

슬롯 수를 S, 상수를 m, 극수를 P라 하면, 매극·매상 슬롯 수 q는 $q = \frac{S}{mP}$이다. 이는 한 극 아래에서 한 상에 배분되는 평균 슬롯 수를 뜻한다. 이 문제에서는 m = 3, P = 4이므로 $q = \frac{S}{12}$이다.

12·24·36슬롯을 대입하면 q는 각각 1·2·3이다. 한 극의 각 상에 슬롯을 각각 1개·2개·3개씩 배치하는 **정수슬롯 권선**을 구성할 수 있으므로, 모두 3상 4극 고정자의 슬롯 수로 가능하다.

4슬롯은 통상적인 3상 대칭 권선의 배분 조건을 만족하지 못한다. 세 상이 같은 수의 슬롯을 사용하려면 슬롯 수가 3의 배수여야 하지만, $\frac{4}{3}$은 정수가 아니므로 **세 상에 동일하게 슬롯을 배분할 수 없다**. 따라서 가질 수 없는 슬롯 수는 ①의 4개이다.

NoteBase

문 12. 동기발전기에서 기전력의 파형을 개선하기 위한 방법으로 옳지 않은 것은?

① 회전자를 회전 계자형으로 한다.

② 전기자 철심을 스큐(skew)슬롯으로 만든다.

③ 권선의 권선 피치를 자극 피치보다 짧게 한다.

④ 매극 매상의 코일을 2개 이상 슬롯에 분산하여 감는다.

정답 1번

간단한 해설

①의 회전 계자형은 전기자를 고정하여 절연과 출력 인출을 쉽게 하는 구조이다. **계자를 회전시키는 것 자체는 고조파를 줄이는 방법이 아니며**, 파형을 개선하려면 슬롯이나 권선의 배치 등을 통해 고조파 성분을 억제해야 한다.

선지별 해설

기전력 파형을 개선한다는 것은 기본파에 섞인 고조파 성분을 줄여 파형을 정현파에 가깝게 만드는 것이다.

① X: 회전 계자형은 계자가 회전하고 기전력이 유도되는 전기자는 고정된 구조이다. 고전압 전기자 권선의 절연이 쉽고, 발생 전력을 고정된 단자에서 직접 꺼낼 수 있다는 장점이 있다. 그러나 **회전 계자형의 채택 자체가 고조파를 억제하지는 않는다**. 기전력의 파형 개선에는 스큐 슬롯, 단절권, 분포권처럼 고조파를 줄이는 설계가 필요하다.

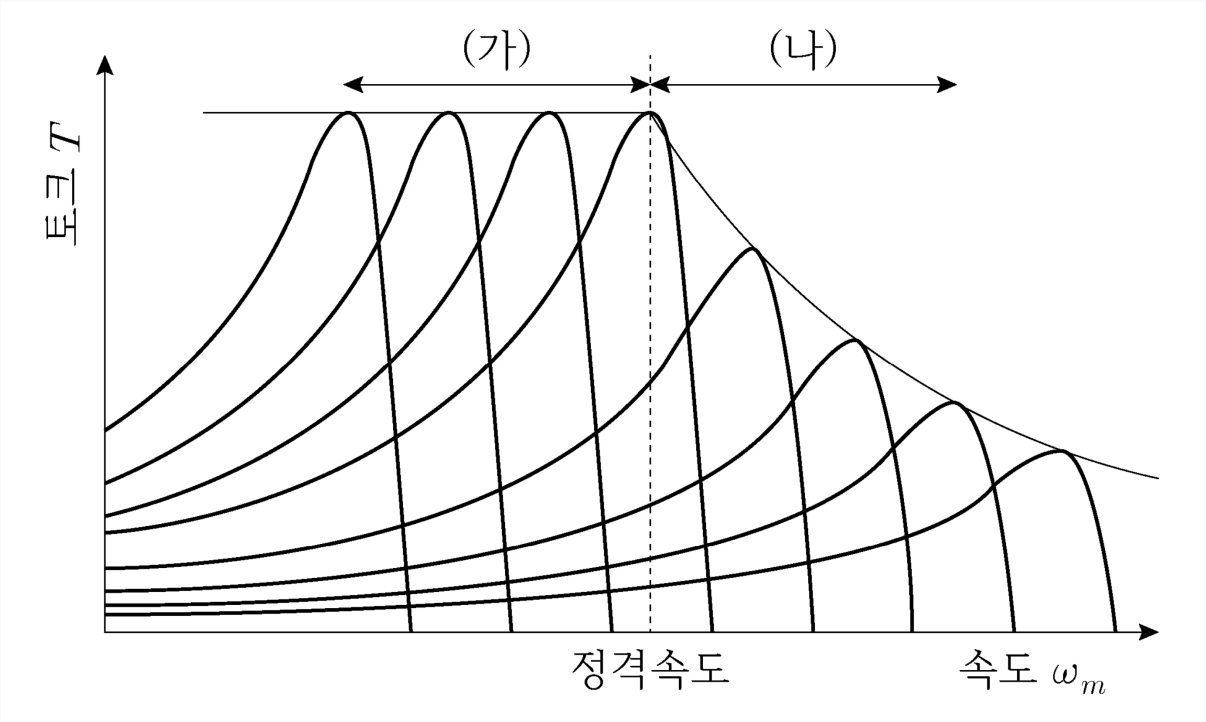
② O: 스큐 슬롯은 철심의 슬롯을 축 방향에 대해 비스듬하게 만든 것이다. 이때 철심 길이 방향의 각 위치에서 발생하는 슬롯 고조파에 위상차가 생긴다. 이 성분들이 합쳐질 때 **서로 상쇄되어 슬롯 고조파가 감소**하므로 기전력 파형이 개선된다.

③ O: 코일의 양쪽 변 사이 간격인 권선 피치를 자극 피치보다 짧게 하는 것을 단절권이라고 한다. 코일 양변에 유도되는 고조파 기전력의 위상 관계를 이용하여 합성 고조파 기전력을 줄인다. **단절각을 적절히 선택하면 특정 차수의 고조파를 제거**할 수 있어 파형 개선에 이용된다.

④ O: 매극 매상의 코일을 둘 이상의 슬롯에 나누어 감는 것을 분포권이라고 한다. 서로 다른 슬롯의 코일에는 위치 차이에 따른 기전력의 위상차가 생긴다. 이 기전력들을 합성하면 **고조파 성분이 부분적으로 상쇄**되어, 한 슬롯에 집중하여 감은 경우보다 기전력 파형을 정현파에 가깝게 만들 수 있다.

NoteBase

문 13. 그림의 (가)와 (나) 영역에 적합한 3상 유도전동기의 속도제어 방법은?



① (가): 주파수 제어법, (나): 전압 제어법

② (가): 전압 제어법, (나): 주파수 제어법

③ (가): 전압/주파수 일정 제어법, (나): 주파수 제어법

④ (가): 주파수 제어법, (나): 전압/주파수 일정 제어법

정답 3번

간단한 해설

그림의 (가)는 최대토크가 거의 일정하므로 **전압/주파수 비를 일정하게** 유지하는 영역이다. (나)는 **전압을 고정하고 주파수를 높여** 자속이 약해지는 영역으로, 속도가 높아질수록 최대토크가 감소한다.

NoteBase

대응 관계 해설

그림의 세로축은 토크, 가로축은 회전속도이며, 각 곡선의 꼭대기는 해당 조건에서의 최대토크를 나타낸다. 공급 주파수를 높이면 회전자계의 동기속도가 높아져 토크–속도 곡선이 오른쪽으로 이동한다.

(가): 전압/주파수 일정 제어법. 정격속도 이하에서 여러 곡선의 최대토크가 같은 높이에 놓여 있다. 고정자 저항에 의한 전압강하를 무시하면 자속 Φ는 $\Phi \propto \frac{V}{f}$의 관계를 따르므로, 주파수에 비례하여 전압도 조절하면 **자속과 최대토크를 거의 일정하게** 유지할 수 있다. 여기서 V는 공급 전압, f는 공급 주파수이다. 주파수를 고정한 채 전압만 바꾸는 전압 제어법은 동기속도가 변하지 않으므로, 곡선의 속도 위치가 달라지는 그림의 특성과 구별된다.

(나): 주파수 제어법. 정격속도 이상에서는 전압의 한계 때문에 **전압을 정격값으로 고정하고 주파수만 높인다**. 이에 따라 $\frac{V}{f}$가 작아져 자속이 감소하는 약계자 영역이 된다. 그림에서 오른쪽으로 갈수록 곡선의 꼭대기가 낮아지는 것은 이러한 최대토크의 감소를 나타낸다.

(가)에는 전압/주파수 일정 제어법, (나)에는 주파수 제어법을 대응시키므로 ③과 일치한다.

NoteBase

문 14. 히스테리시스 전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 동기전동기의 일종이다.

② 회전자에 유도전류가 발생하지 않는다.

③ 별다른 장치 없이 스스로 기동이 가능하다.

④ 회전자에 도체 홈이 없어 소음과 진동 면에서 유리하다.

정답 2번

간단한 해설

회전자에 권선이 없어도 기동·가속 중에는 회전자계를 따라잡지 못하므로 회전자 내부에 **유도전류인 와전류가 발생한다**. 따라서 유도전류가 전혀 발생하지 않는다는 설명은 잘못이다.

선지별 해설

① O: 히스테리시스 전동기는 정상 운전 시 회전자의 자극이 고정자 회전자계와 동기되어 **동기속도로 회전**하는 동기전동기의 일종이다. 기동 중에는 동기속도보다 느리게 회전하지만, 이것이 동기전동기라는 분류와 모순되지는 않는다.

② X: 기동·가속 중에는 회전자계와 회전자 사이에 상대속도가 있으므로 회전자 내부의 자속이 변하여 **와전류가 유도된다**. 이 와전류에 의한 토크가 히스테리시스 토크와 함께 작용한다. 따라서 '유도전류가 발생하지 않는다'는 '기동·가속 중에는 와전류가 발생한다'로 고쳐야 한다. 동기속도에 도달하면 기본파 회전자계와의 상대속도가 없어져 그에 의한 와전류와 와전류 토크는 사라진다.

③ O: 고정자에서 회전자계가 만들어지면 회전자 재료의 자화가 그 자기장을 뒤따르는 히스테리시스 특성에 의해 토크가 생긴다. **정지 상태에서도 기동토크가 발생**하므로 외부에서 회전자를 돌려 주는 별도의 기동장치 없이 스스로 기동하여 동기속도까지 가속할 수 있다.

④ O: 회전자는 도체를 넣는 홈이나 돌출된 이가 없는 **매끈한 원통형 구조**이다. 홈과 이에 따른 공극 자기장의 요동이 작아 토크가 부드럽게 발생하므로 소음과 진동을 줄이는 데 유리하다.

NoteBase

문 15. 3상 유도전압조정기에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 단락권선이 필요 없다.

② 2차 권선은 회전자에 감는다.

③ 1차 권선에 교번자계가 발생한다.

④ 입력전압과 출력전압의 위상이 동일하다.

정답 1번

간단한 해설

3상 유도전압조정기에서는 회전자 위치가 달라져도 2차 부하전류가 만드는 자계를 1차 전류가 보상할 수 있다. 따라서 단상 조정기와 달리 **별도의 단락권선이 필요 없다**.

선지별 해설

① O: 단상 유도전압조정기의 단락권선은 두 주권선의 축이 어긋날 때 커지는 2차 권선의 누설리액턴스를 줄여 전압강하를 억제한다. 3상에서는 회전자 위치에 관계없이 2차 부하전류의 기자력, 즉 자속을 만드는 작용을 1차 전류의 기자력이 보상할 수 있으므로 **별도의 단락권선이 필요 없다**.

② X: 통상적인 3상 유도전압조정기는 **1차 분로권선을 회전자에, 2차 직렬권선을 고정자에** 감는다. 1차 권선은 전원에 병렬로 연결하여 자계를 만들고, 2차 권선은 부하와 직렬로 연결하여 선로에 조정전압을 더한다. 따라서 2차 권선을 회전자에 감는다는 설명은 권선의 위치를 바꾼 것이다.

③ X: 1차의 3상 권선이 만드는 합성자계는 **교번자계가 아니라 회전자계**이다. 공간적으로 120°의 전기각을 두고 배치된 권선에 위상이 120°씩 다른 평형 3상 전류가 흐르면 합성자계의 방향이 회전한다. 교번자계는 자계의 축이 고정된 채 크기와 방향이 주기적으로 바뀌는 자계로, 단상 유도전압조정기의 작동 원리에 해당한다.

④ X: 회전자의 각도를 바꾸면 2차 권선에 유도되는 조정전압의 위상이 변한다. 출력전압은 입력전압과 이 조정전압을 **위상까지 고려하여 벡터로 더한 값**이므로, 일반적으로 입력전압과 출력전압 사이에 위상차가 생긴다. 따라서 두 전압의 위상이 항상 동일한 것은 아니다.

NoteBase

문 16. 브러시리스 직류전동기(BLDC)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 회전자의 위치를 구간별로 검출하여 인가전류를 결정한다.

② 1상 여자 방식이 2상 여자 방식보다 발생하는 토크가 크다.

③ 구형파 형태의 전기자전류가 인가되면 토크리플이 발생한다.

④ 직류전동기의 정류자와 브러시의 기능을 반도체 스위치로 구현한 것이다.

정답 2번

간단한 해설

②의 토크 크기 관계가 반대이다. 같은 상전류 조건에서 비교하면, 두 상이 함께 토크를 만드는 **2상 여자 방식의 토크가 1상 여자 방식보다 크다**.

선지별 해설

① O: BLDC는 회전자 자석의 위치에 맞추어 전류를 흘릴 권선과 전류 방향을 바꾸어야 회전 토크를 유지한다. 따라서 홀 센서 등으로 **회전자 위치 구간**을 알아내고, 그 구간에 맞는 반도체 스위치를 켜서 전류를 인가한다. 대표적인 3상 6단계 구동에서는 전기각 60°마다 통전 상태를 전환한다.

② X: 같은 상전류 조건에서 비교하면 **2상 여자 방식이 1상 여자 방식보다 큰 토크**를 발생한다. 1상 여자는 한 상의 권선에 전류를 흘리지만, 2상 여자는 두 상의 권선에 전류를 흘려 각 상이 같은 회전 방향으로 토크를 만들도록 한다. 두 상의 토크가 합쳐지므로 선지의 토크 크기 관계를 반대로 고쳐야 한다.

③ O: 토크리플은 회전 중 토크가 일정하지 않고 주기적으로 변동하는 현상이다. 실제 구형파 구동에서는 **권선 인덕턴스로 인해 전류가 순간적으로 바뀌지 못하므로**, 통전 상을 전환할 때 전류의 증가와 감소가 맞지 않으면 토크가 출렁인다. 다만 이상적인 사다리꼴 역기전력과 구형파 전류가 정확히 맞는 경우에는 일정한 토크를 만들 수 있으므로, 구형파 자체가 언제나 리플을 만든다는 뜻은 아니다.

④ O: 일반 직류전동기는 브러시와 정류자가 회전자 위치에 따라 권선의 전류 방향을 바꾸어 토크 방향을 유지한다. BLDC는 위치 정보에 따라 MOSFET 등의 반도체 스위치를 제어하여 이 역할을 수행한다. 즉, 기계적인 정류 기능을 **전자식 정류**로 구현한 전동기이다.

NoteBase

문 17. 정상상태에서 운전 중인 동기전동기의 부하가 변화할 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 계자전류는 일정하고, 탈조는 발생하지 않는다)

① 부하가 증가해도 역률이 변하지 않는다.

② 부하가 증가하면 전기자전류는 증가한다.

③ 부하가 변하여도 역기전력의 크기는 동일하다.

④ 부하 변화에 관계없이 일정한 속도로 운전된다.

정답 1번

간단한 해설

계자전류를 일정하게 유지해도 부하가 변하면 전기자전류와 전압 사이의 위상차가 달라지므로 **역률은 일정하지 않다**. 일정하게 유지되는 것은 정상상태의 회전속도와 역기전력의 크기이다.

선지별 해설

① X: 역률은 전압과 전류 사이 위상차의 코사인값이다. 부하가 증가하면 회전자가 회전자계보다 뒤지는 각도인 부하각이 커지고, 전기자전류의 크기와 위상이 달라진다. 따라서 계자전류가 일정해도 **부하 변화에 따라 역률이 변한다**. 역률이 커지는지 작아지는지는 최초의 여자 상태와 부하에 따라 달라진다.

② O: 부하가 증가하면 같은 속도에서 더 큰 토크와 유효전력이 필요하므로 부하각이 커진다. 같은 전원에서 계자전류가 일정할 때에는 전원 전압과 역기전력의 크기가 일정하므로, 부하각이 커질수록 두 전압의 벡터 차가 커진다. 이 벡터 차에 의해 흐르는 **전기자전류의 크기도 증가한다**.

③ O: 계자전류가 일정하므로 계자자속이 일정하고, 탈조가 발생하지 않으므로 정상상태의 회전속도도 일정하다. 역기전력의 크기는 계자자속과 회전속도의 곱에 비례하므로 변하지 않는다. 부하 변화로 달라지는 것은 역기전력의 **크기가 아니라 전원 전압에 대한 위상**이다.

④ O: 동기전동기의 회전자는 회전자계와 동기를 유지하며 회전한다. 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{p}$이며, f는 전원 주파수, p는 극수, 동기속도의 단위는 rpm이다. 주파수와 극수가 일정하고 **탈조가 발생하지 않으면**, 부하 변화 후의 정상상태에서도 동기속도로 운전한다. 부하 증가는 정상상태의 속도 감소가 아니라 부하각 증가로 수용한다.

NoteBase

문 18. 3상 유도전동기의 동작 특성에서 슬립이 0과 1일 때, 값이 모두 '0'인 것은?

① 역률

② 출력

③ 입력 전력

④ 2차 동손

정답 2번

간단한 해설

슬립이 0이면 회전자에 전류가 유도되지 않아 **토크가 0**이고, 슬립이 1이면 **회전속도가 0**이다. 기계적 출력은 토크와 각속도의 곱이므로 두 경우 모두 0이다.

선지별 해설

슬립은 동기속도에 대한 회전자 속도의 상대적인 차이로, $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다. 여기서 n_s는 동기속도, n은 회전자 속도이다. 따라서 s = 0은 동기속도로 회전하는 상태이고, s = 1은 정지 상태이다.

① 역률: 슬립이 1인 정지 상태에서도 권선저항에서 유효전력이 소비되므로 역률은 0이 아니다. 기동 시 역률이 낮다는 것은 **역률이 0이라는 뜻은 아니다**.

② 출력: 기계적 출력은 $P = T\omega$이며, T는 토크, ω는 회전자의 기계적 각속도이다. 슬립이 0이면 회전자와 회전자계 사이의 상대속도가 없어 2차 유도기전력과 전류가 0이 되고, 유도 토크도 0이 된다. 슬립이 1이면 기동 토크가 발생하더라도 회전자가 정지해 각속도가 0이다. 따라서 **슬립이 0일 때는 토크 때문에, 1일 때는 속도 때문에** 기계적 출력이 각각 0이 된다.

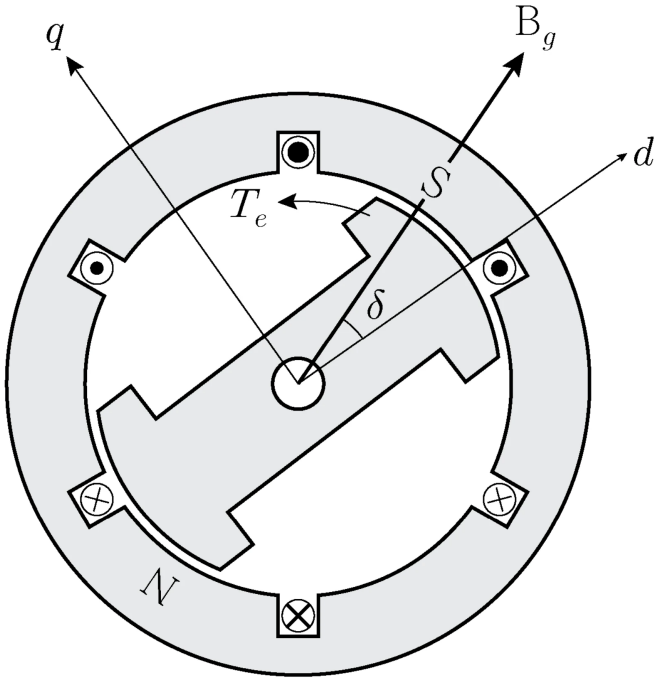
③ 입력 전력: 기계적 출력이 0이어도 전원에서 공급되는 전력이 모두 0이 되는 것은 아니다. 슬립이 0인 동기속도 상태에서도 고정자의 철손과 동손을 공급해야 하며, 슬립이 1인 정지 상태에서도 고정자와 회전자의 동손 등이 발생한다. 따라서 **출력 0과 입력 전력 0을 구별**해야 한다.

④ 2차 동손: 회전자 권선의 저항에서 2차 전류에 의해 발생하는 열손실이다. 슬립이 0이면 2차 전류가 0이므로 2차 동손도 0이다. 그러나 슬립이 1이면 2차 전류가 흐르므로 **정지 상태에서도 2차 동손이 발생**한다.

두 슬립 조건에서 모두 값이 0인 물리량은 기계적 출력이며, ②의 '출력'에 해당한다.

NoteBase

문 19. 그림의 전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 정현파 전류에 의해 구동한다.

② d축 인덕턴스가 q축 인덕턴스보다 크다.

③ 최대토크를 높이려면 돌극비가 커야 한다.

④ 무부하에서 d축이 회전자계와 이루는 각도가 최대가 된다.

정답 4번

간단한 해설

무부하에서는 회전자의 **자기저항이 작은 d축이 회전자계와 거의 나란해져** 두 방향 사이의 각도가 0에 가까워진다. 부하를 구동할 토크가 필요해지면 이 각도가 커지므로, 무부하에서 각도가 최대가 된다는 설명은 틀리다.

NoteBase

선지별 해설

그림은 회전자 돌극의 방향에 따라 자기저항이 달라지는 동기 릴럭턴스 전동기이다. 회전자는 자기저항이 작은 d축을 고정자의 회전자계 방향으로 정렬하려는 릴럭턴스 토크를 받아 동기속도로 회전한다. 그림의 δ는 d축과 공극 자계 방향 사이의 각도이다.

① O: 고정자에 **3상 정현파 전류**를 흘려 회전자계를 만든다. 회전자는 이 회전자계를 따라 동기속도로 회전하며, 두 축의 자기저항 차이에 의해 토크를 발생시킨다.

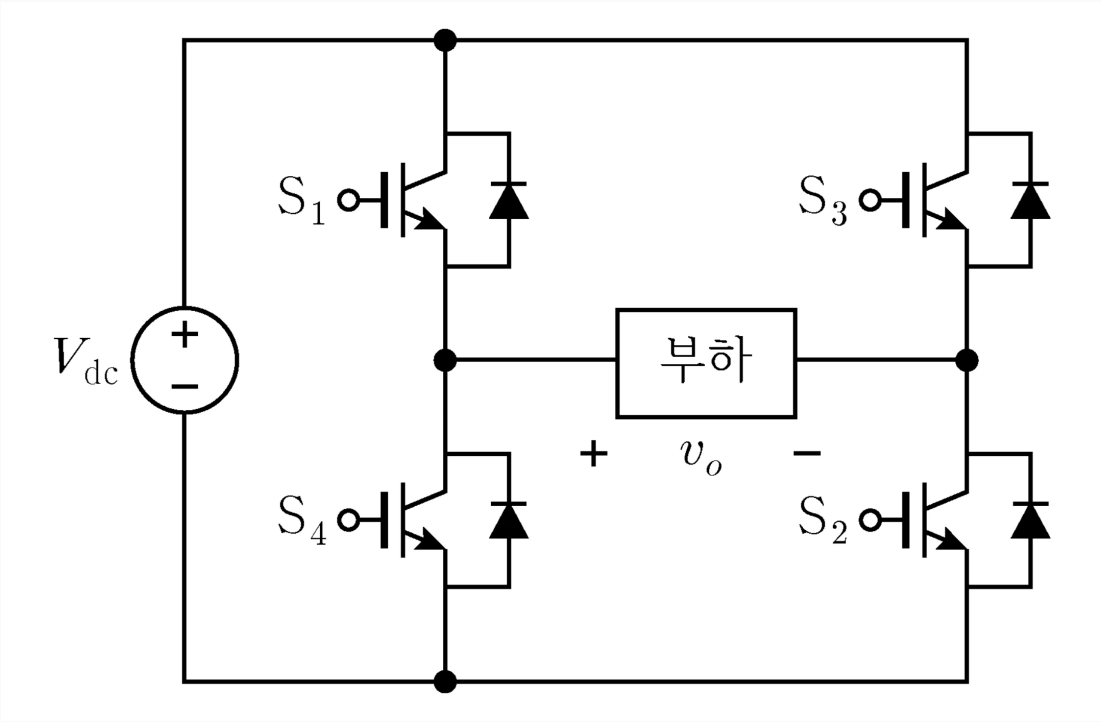
② O: 그림에서 d축은 돌극의 철심이 길게 이어지는 방향이고, q축은 공극이 큰 방향이다. 따라서 d축의 자기저항이 더 작아 같은 전류로 더 많은 자속이 쇄교하므로 **d축 인덕턴스가 q축 인덕턴스보다 크다**. 이를 $L_d > L_q$로 나타낸다.

③ O: 돌극비는 두 축 인덕턴스의 비인 L_d/L_q이다. 같은 전류 조건에서 릴럭턴스 토크는 두 축 인덕턴스의 차이 $L_d - L_q$가 클수록 커진다. 따라서 d축 인덕턴스를 크게 유지하면서 q축 인덕턴스를 낮춰 **두 축의 자기적 비대칭을 크게** 하는 것이 최대토크를 높이는 설계 방향이다.

④ X: 무부하에서는 외부 부하를 구동할 토크가 필요하지 않으므로, 회전자의 d축이 회전자계 방향과 거의 일치하는 안정된 상태로 회전한다. 손실을 무시하면 **무부하에서 δ는 0**이며, 실제로는 손실을 보상할 작은 토크 때문에 약간의 각도가 생길 수 있다. 부하가 증가하면 필요한 토크를 만들기 위해 안정 운전 범위에서 δ가 증가한다. 따라서 '무부하에서 각도가 최대가 된다'는 표현은 '무부하에서 각도는 0에 가깝다'로 고친다.

NoteBase

문 20. 그림과 같은 단상 풀브리지 인버터에서 발생하지 않아야 하는 스위칭상태는?



① S_1과 S_2 동시 턴온
② S_1과 S_3 동시 턴온
③ S_2과 S_3 동시 턴온
④ S_3과 S_4 동시 턴온

정답 3번

간단한 해설

S_2와 S_3는 **같은 레그의 아래쪽·위쪽 스위치**이다. 동시에 켜지면 부하를 거치지 않고 직류 전원의 양극과 음극이 연결되어 **전원 단락**이 발생한다.

NoteBase

공통 해설

풀브리지 인버터의 레그는 직류 전원의 양극과 음극 사이에 위아래 스위치를 직렬로 연결한 가지이다. **같은 레그의 두 스위치를 동시에 켜면** 부하를 거치지 않는 도통 경로가 생겨 전원이 단락되고 큰 전류가 흐를 수 있으므로, 이 상태를 금지해야 한다.

그림의 왼쪽 레그는 S_1과 S_4, 오른쪽 레그는 S_3과 S_2로 구성된다. 따라서 S_2와 S_3를 동시에 켜면 전원 양극 → S_3 → S_2 → 전원 음극으로 단락 경로가 형성된다.

나머지 후보인 S_1과 S_2, S_1과 S_3, S_3과 S_4는 모두 서로 다른 레그의 스위치 쌍이다. 대각선 쌍은 부하 양단을 전원의 서로 반대 단자에 연결하고, 위쪽 스위치 쌍은 부하 양단을 모두 양극에 연결한다. 두 경우 모두 **같은 레그를 통한 전원 단락 경로가 생기지 않는다**.

NoteBase