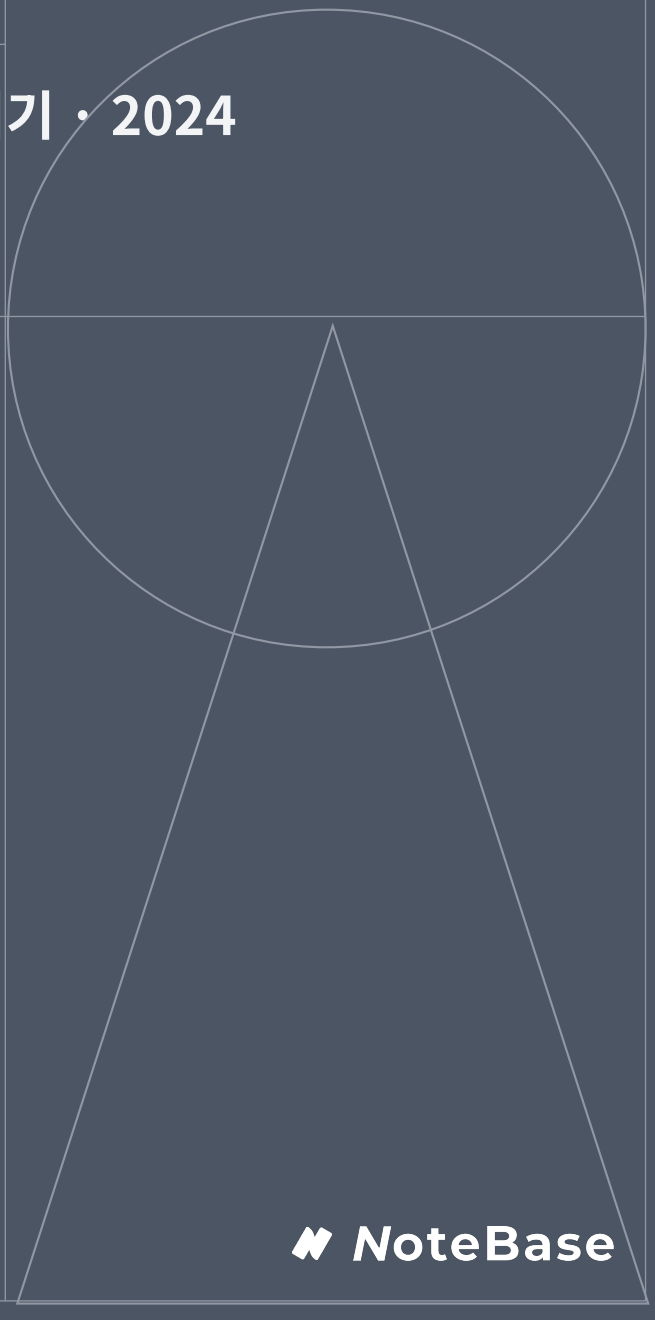
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2024

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2024

문 1. 주파수가 60 [Hz]이고 극수가 4인 유도전동기가 1,728 [rpm]으로 회전하고 있을 때, 슬립은?

① 0.01

② 0.025

③ 0.04

④ 0.05

정답 3번

간단한 해설

슬립은 **동기속도를 기준으로 한 회전속도 차이의 비율**이다. 동기속도 1,800 rpm보다 실제 속도가 72 rpm 낮으므로, 슬립은 0.04(4%)이다.

계산 과정

동기속도 계산: 동기속도는 고정자가 만드는 회전자계의 회전속도이다. 주파수를 f, 극수를 P라 하면, 극수가 많을수록 한 바퀴 회전에 필요한 전기적 주기가 늘어나므로 $n_s = \frac{120f}{P}$로 구한다. 주파수가 Hz일 때 동기속도의 단위는 rpm이며, 주어진 60 Hz와 4극을 대입하면 $n_s = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1800\text{rpm}$이다.

슬립 계산: 실제 회전자 속도를 n이라 하면 슬립은 $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다. 속도 차이를 **실제 회전자 속도가 아닌 동기속도로 나누는 것**에 유의한다. 속도 차이 1,800 - 1,728 = 72 rpm은 회전자계에 비해 회전자가 뒤처지는 속도를 뜻한다. 따라서 $s = \frac{72}{1800} = 0.04$이며, 같은 단위의 속도끼리 나눈 비율이므로 슬립에는 단위가 없다.

선택지 연결: 슬립 0.04는 백분율로 4%이며, ③의 0.04에 해당한다.

NoteBase

문 2. 직류전동기의 속도제어에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전원전압의 주파수를 변경하여 속도를 제어하는 방법

② 전기자회로에 직렬로 저항을 연결하여 속도를 제어하는 방법

③ 전기자에 가해지는 단자전압을 변화시켜 속도를 조정하는 방법

④ 계자전류의 가감으로 계자자속을 변화시켜 속도를 제어하는 방법

정답 1번

간단한 해설

직류전원에는 교류처럼 속도제어에 이용할 **전원 주파수가 없다**. 직류전동기의 속도는 전기자회로의 저항, 전기자 단자전압, 계자자속을 변화시켜 제어한다.

선지별 해설

브러시 전압강하 등을 무시한 정상상태에서 직류전동기의 속도는 $n = \frac{V - I_a R}{k\Phi}$로 나타낸다. 여기서 V는 전기자 단자전압, I_a는 전기자전류, R은 외부 저항을 포함한 전기자회로의 전체 저항, Φ는 계자자속, k는 전동기의 구조와 단위에 따른 상수이다. 전압에서 저항에 의한 전압강하를 뺀 값이 역기전력이며, 역기전력은 자속과 속도의 곱에 비례한다.

① X: 직류전원은 전압의 극성이 주기적으로 바뀌는 교류전원이 아니므로, **전원 주파수를 바꾸는 방식은 직류전동기의 일반적인 속도제어법에 해당하지 않는다**. 전원 주파수로 회전자계의 속도를 바꾸는 방식은 유도전동기나 동기전동기 등 교류전동기의 속도제어에 이용된다. 직류전동기에는 저항제어, 전기자전압제어, 계자제어를 적용한다.

② O: 전기자회로에 직렬 저항을 추가하면 부하전류가 흐를 때 **저항에 의한 전압강하가 증가**한다. 같은 전원전압과 계자자속에서 역기전력이 작아지므로 속도를 낮출 수 있다. 이를 저항제어라고 하며, 추가 저항에서 전력손실이 발생한다.

③ O: 계자자속을 일정하게 유지하고 **전기자 단자전압을 변화**시키면 속도를 조정할 수 있다. 전기자회로의 저항에 의한 전압강하가 작을 때 속도는 단자전압에 거의 비례하므로, 단자전압을 낮추면 속도가 낮아진다. 이를 전기자전압제어라고 한다.

④ O: 계자전류를 조절하면 계자자속이 변한다. 전기자 단자전압이 일정하고 저항에 의한 전압강하의 변화가 작을 때, 속도는 계자자속에 대체로 반비례한다. 따라서 **계자전류를 줄여 자속을 약하게 하면 속도가 증가**한다. 이를 계자제어라고 한다.

NoteBase

문 3. 동기발전기의 병렬운전 조건에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 기전력의 위상이 같을 것
ㄴ. 기전력의 크기가 같을 것
ㄷ. 발전기의 용량이 같을 것
ㄹ. 기전력의 주파수가 같을 것

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

정답 2번

간단한 해설

동기발전기를 병렬로 접속할 때는 **기전력의 위상·크기·주파수**를 일치시켜야 한다. 발전기의 **용량까지 같을 필요는 없으며**, 용량이 다르면 각 발전기의 허용 범위에 맞게 부하를 분담한다.

보기별 해설

ㄱ. O: 병렬 접속 순간에는 대응하는 기전력의 **위상이 같아야 한다**. 위상이 다르면 두 전압 사이에 차이가 생겨 큰 과도전류가 흐르고 발전기에 기계적 충격을 줄 수 있다.

ㄴ. O: 병렬 접속할 기전력의 **크기를 같게 맞추어야 한다**. 전압 크기가 다르면 외부 부하와 무관하게 발전기 사이에 순환전류가 흐르며, 주로 무효전력의 불균형을 일으킨다. 이를 줄이려면 여자전류를 조절하여 전압을 맞춘다.

ㄷ. X: 발전기의 **용량이 같아야 하는 것은 아니다**. 용량은 발전기가 감당할 수 있는 부하의 한계를 나타내며, 접속할 전압의 일치 조건과는 다르다. 용량이 서로 달라도 병렬운전할 수 있고, 각 발전기에 과부하가 걸리지 않도록 부하 분담을 조절하면 된다.

ㄹ. O: 기전력의 **주파수가 같아야 한다**. 주파수가 다르면 어느 순간 위상이 같더라도 시간이 지나면서 위상차가 계속 변한다. 따라서 안정적으로 병렬 접속하려면 원동기의 속도를 조절하여 주파수를 맞추어야 한다.

병렬운전 조건에 해당하는 보기는 ㄱ, ㄴ, ㄹ이며, 이 조합은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 4. 직류기의 전기자 권선법에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 단중 파권은 대형기기에 주로 사용된다.

② 단중 중권은 고전압, 소전류에 적합하다.

③ 단중 파권에서 전기자 병렬회로의 수는 항상 2이다.

④ 단중 중권은 병렬회로 사이에 균압결선이 필요하지 않다.

정답 3번

간단한 해설

단중 파권은 자극 수가 달라져도 전기자 권선이 **두 개의 병렬회로**를 이룬다. 병렬회로 수가 자극 수와 같은 단중 중권과 구별된다.

선지별 해설

① X: 단중 파권은 병렬회로가 2개이므로, 여러 병렬회로로 전류를 나누는 중권보다 대전류를 다루는 데 불리하다. 일반적으로 고전압·소전류의 소형 직류기에 사용하며, 대전류를 다루는 대형 직류기에는 **중권**을 주로 사용한다.

② X: 단중 중권의 병렬회로 수는 자극 수와 같다. 여러 경로로 전류가 나뉘어 흐르므로 **저전압·대전류**에 적합하다. 반대로 단중 파권은 같은 전기자 도체 수에서 한 경로에 직렬로 연결되는 도체가 많아 고전압·소전류에 적합하다.

③ O: 단중 파권은 여러 자극 아래의 코일을 차례로 직렬 연결하여 두 병렬 경로를 이루는 권선법이다. 따라서 전기자 병렬회로 수는 **자극 수와 관계없이 항상 2개**이다. 자극 수가 늘어날 때 병렬회로 수도 함께 늘어나는 단중 중권과 다르다.

④ X: 단중 중권에서는 자극별 자속의 차이로 병렬회로 사이에 유도기전력 차이가 생길 수 있다. 이 차이로 순환전류가 브러시를 통해 흐르면 전류가 불균등해지고 불꽃이 발생할 수 있으므로 **균압결선이 필요하다**. 균압결선은 이론상 같은 전위인 권선 지점을 연결하여 순환전류가 브러시를 우회하도록 한다.

NoteBase

문 5. 정격용량이 10 [kVA]인 이상변압기(ideal transformer)의 1차측 정격전압이 5 [kV]이고 2차측 정격전압이 100 [V]일 때, 2차측의 정격전류[A]는?

① 2

② 20

③ 50

④ 100

정답 4번

간단한 해설

2차측 정격전류는 **정격용량을 2차측 정격전압으로 나눈 값**이다. 10 kVA는 10,000 VA이므로 $\frac{10,000}{100} = 100$ A이다.

계산 과정

이상변압기는 손실이 없어 1차측과 2차측의 피상전력이 같다. 정격용량을 S, 2차측 정격전압과 정격전류를 각각 V_2, I_2라 하면 $S = V_2 I_2$이다. 따라서 2차측 정격전류는 **2차측 전압**을 기준으로 $I_2 = \frac{S}{V_2}$로 구한다.

전압이 V 단위이므로 용량도 **kVA에서 VA로 환산**한다. 10 kVA = 10,000 VA이고 2차측 정격전압은 100 V이므로, $I_2 = \frac{10,000}{100} = 100\text{A}$이다.

2차측 정격전류는 100 A이며, 이는 ④의 100에 해당한다.

NoteBase

문 6. 3상 원통형(비철극기) 동기발전기의 전기자반작용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전기자전류가 무부하 유기기전력보다 위상이 $\frac{\pi}{2}$ [rad] 앞선 경우에 전기자기자력은 횡축반작용(증자작용)을 한다.

② 전기자전류가 무부하 유기기전력보다 위상이 $\frac{\pi}{2}$ [rad] 뒤진 경우에 전기자기자력은 직축반작용(감자작용)을 한다.

③ 전기자전류가 무부하 유기기전력과 동상인 경우에 전기자기자력은 주자계에 대하여 교차자화작용을 한다.

④ 전기자전류에 의한 회전자속이 계자자속에 영향을 미치는 현상을 전기자반작용이라 한다.

정답 1번

간단한 해설

전기자전류가 무부하 유기기전력보다 $\frac{\pi}{2}$ rad 앞서면 주자계를 강화하는 **직축반작용(증자작용)**이 나타난다. ①의 증자작용을 횡축반작용으로 분류한 부분이 잘못되었다.

선지별 해설

① X: 전기자전류가 무부하 유기기전력보다 $\frac{\pi}{2}$ rad 앞서면 전기자 기자력이 계자 기자력과 같은 방향으로 작용하여 주자계를 강화한다. 따라서 증자작용은 맞지만, 그 분류는 **횡축반작용이 아니라 직축반작용**이다. 직축은 계자 자극의 중심축이며, 이 축을 따라 작용하는 전기자 기자력은 방향에 따라 주자계를 강화하거나 약화한다.

② O: 전기자전류가 무부하 유기기전력보다 $\frac{\pi}{2}$ rad 뒤지면 전기자 기자력이 계자 기자력과 **반대 방향**으로 작용한다. 주자계를 약화하므로 직축반작용 중 감자작용에 해당한다.

③ O: 전기자전류가 무부하 유기기전력과 동상이면 전기자 기자력의 축이 주자계의 축과 전기각으로 90°를 이룬다. 주자계를 가로지르는 방향으로 작용하여 자속 분포를 왜곡하므로 **횡축반작용, 즉 교차자화작용**이라고 한다.

④ O: 3상 전기자전류는 동기속도로 회전하는 자계를 만든다. 이 자계가 계자자계와 합성되어 **주자계의 크기나 분포를 변화시키는 현상**이 전기자반작용이다. 따라서 전기자전류에 의한 회전자속이 계자자속에 영향을 미친다는 설명은 그 정의에 해당한다.

NoteBase

문 7. 철심의 단면적이 0.05 [m^2]인 단상변압기의 1차측 전압은 1,332 [V], 주파수는 50 [Hz]이다. 철심의 최대자속밀도가 1.2 [T]일 때, 2차측에 199.8 [V]의 유도전압을 발생하려면 2차측 권선의 턴수는? (단, 철심에서 외부로의 누설 자속은 무시한다)

① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 3번

간단한 해설

철심의 최대자속은 0.06 Wb이고, 주파수 50 Hz에서 **권선 1턴당 유도전압은 13.32 V**이다. 따라서 199.8 V를 얻는 데 필요한 권선 수는 15턴이다.

계산 과정

유도전압 관계: 누설 자속을 무시하므로 철심의 자속이 2차 권선에도 쇄교한다. **정현파 자속을 가정**하면 2차 유도전압의 실효값은 $E_2 = 4.44 f N_2 \Phi_m$이다. 여기서 f는 주파수, N_2는 2차 권선 수, Φ_m은 철심의 최대자속이다.

최대자속: 자속밀도는 단위 면적당 자속이므로, 최대자속밀도에 철심 단면적을 곱한다. $\Phi_m = B_m A$에 1.2 T와 0.05 m^2를 대입하면 $\Phi_m = 1.2 \cdot 0.05 = 0.06 \text{Wb}$이다.

권선 1턴당 유도전압: $e_{\text{turn}} = 4.44 f \Phi_m$이므로 $e_{\text{turn}} = 4.44 \cdot 50 \cdot 0.06 = 13.32 \text{V}$이다. 이는 같은 철심 자속과 주파수에서 **권선을 1턴 감았을 때 발생하는 유도전압**이다.

2차 권선 수: 목표 유도전압 199.8 V를 1턴당 유도전압으로 나눈다. $N_2 = \frac{199.8}{13.32} = 15$이므로 필요한 권선 수는 15턴이며, ③의 15에 해당한다.

NoteBase

문 8. 동기전동기의 위상특성곡선(V곡선)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 역률이 1인 경우 전기자전류는 최소가 된다.

② 계자전류를 가감함으로써 전기자전류의 위상을 조정할 수 있다.

③ 역률 1인 상태에서 계자전류를 증가시키면 역률은 지상으로 되고 전기자전류는 증가한다.

④ 공급전압과 부하를 일정하게 유지하면서 계자전류를 변화시켜 전기자전류의 변화를 나타낸 곡선이다.

정답 3번

간단한 해설

역률 1인 상태에서 계자전류를 증가시키면 과여자가 되어 역률은 **지상이 아니라 진상**으로 바뀐다. 전기자전류는 역률 1일 때 최소이므로, 이 상태에서 계자전류를 더 증가시키면 전기자전류의 크기도 증가한다.

선지별 해설

① O: 공급전압과 부하가 일정하고 손실 변화를 무시하면, 유효전력을 전달하는 전류 성분은 일정하다. 역률이 1이면 무효전류 성분이 없어 **전기자전류의 크기가 최소**가 된다. 역률이 1에서 벗어나면 무효전류 성분이 더해져 전체 전류가 커진다.

② O: 계자전류를 가감하면 회전자 자속과 내부 유기기전력이 달라져 무효전력의 수수 상태가 바뀐다. 이에 따라 공급전압에 대한 전기자전류의 위상을 조정할 수 있다. 부족여자에서는 전류가 전압보다 늦는 지상, 과여자에서는 전류가 전압보다 앞서는 진상이 된다.

③ X: 역률 1인 상태에서 계자전류를 증가시키면 **과여자에 의한 진상역률**이 된다. 따라서 '지상'을 '진상'으로 고쳐야 한다. 이때 진상 무효전류 성분이 생기므로 전기자전류의 크기가 증가한다는 부분은 맞다.

④ O: V곡선은 **공급전압과 부하를 일정하게 유지**한 상태에서 계자전류에 따른 전기자전류의 크기를 나타낸 곡선이다. 가로축은 계자전류, 세로축은 전기자전류이며, 계자전류를 증가시키면 전기자전류가 감소하다가 역률 1에서 최소가 된 뒤 다시 증가하여 V자 모양을 이룬다.

NoteBase

문 9. 농형유도전동기는 심구효과를 어느 정도 이용하는지에 따라 몇 가지 유형으로 나누어진다. 대표적으로 NEMA 분류법에서는 농형유도전동기를 A, B, C, D의 4가지 설계 유형으로 나누고 있다. 각 설계 유형에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① A형은 회전자 도체 단면적이 크며, C형과 D형보다 전부하시 운전효율이 높다.

② B형의 회전자 슬롯은 심구형이며, A형보다 높은 기동토크를 갖는다.

③ C형의 회전자 슬롯은 이중 농형이며, B형보다 높은 기동토크를 갖는다.

④ D형은 회전자 도체 단면적이 작으며, C형보다 높은 기동토크를 갖는다.

정답 2번

간단한 해설

B형은 심구형 회전자를 사용하지만, 기동토크는 **A형과 비슷한 수준**이다. A형에 비해 개선되는 주된 특성은 **기동전류가 작다는 점**이다.

선지별 해설

① O: A형은 회전자 도체의 단면적이 커서 저항이 작다. 따라서 전부하 운전에서 회전자 동손이 작아, 기동토크를 높이기 위해 회전자 저항을 크게 한 C형·D형보다 **운전효율이 높다**.

② X: B형의 회전자 슬롯이 심구형이라는 설명은 맞지만, 'A형보다 높은 기동토크'라는 설명은 잘못이다. B형은 기동 시 도체 위쪽으로 전류가 몰리는 심구효과를 이용한다. 대표적인 설계 특성을 비교하면 **A형과 비슷한 기동토크를 유지하면서 기동전류를 줄인다**.

③ O: C형은 바깥쪽의 고저항 도체와 안쪽의 저저항 도체로 이루어진 **이중 농형** 회전자를 사용한다. 기동 시에는 누설리액턴스가 작은 바깥쪽 도체로 전류가 주로 흘러 유효 회전자 저항이 커지므로, B형보다 높은 기동토크를 얻는다. 정상 운전에서는 안쪽의 저저항 도체에도 전류가 흘러 운전 손실을 줄인다.

④ O: D형은 회전자 도체의 단면적이 작아 저항이 크며, 도체를 회전자 표면 가까이에 배치하여 누설리액턴스를 작게 한다. 이러한 구조로 최대토크가 큰 슬립 영역에서 발생하여 **C형보다 높은 기동토크**를 얻는다. 다만 전부하 운전에서도 슬립과 회전자 동손이 커서 효율은 낮다.

NoteBase

문 10. 전부하에서 슬립 0.08로 회전하고 있는 3상 유도전동기가 있다. 전동기의 1차 입력이 115 [kW]일 때 다음 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 전동기의 철손 및 1차 동손의 합은 15 [kW]이고, 기계손 및 표유부하손은 무시한다)

① 기계적 출력은 92 [kW]이다.

② 2차 효율은 80 [%]이다.

③ 동기 와트는 100 [kW]이다.

④ 회전자 동손은 8 [kW]이다.

정답 2번

간단한 해설

2차 효율은 **2차 입력에 대한 기계적 출력의 비율**이므로 92%이다. ②의 80%는 1차 입력 115 kW를 기준으로 한 전동기 전체 효율이다.

선지별 해설

1차 입력에서 철손과 1차 동손을 빼면 회전자로 전달되는 2차 입력이 된다. 2차 입력을 P_2라 하면 $P_2 = 115 - 15 = 100\text{kW}$이다. 이 전력은 회전자 동손과 기계적으로 변환되는 출력으로 나뉘며, 슬립 $s = 0.08$은 2차 입력 중 회전자 동손이 차지하는 비율이다.

① O: 기계적 출력은 2차 입력에서 회전자 동손을 뺀 값이므로 $P_m = (1 - s)P_2$이다. 따라서 $0.92 \times 100 = 92$ kW이다. **기계손과 표유부하손을 무시**하므로 이 값이 축출력과도 같다.

② X: 2차 효율은 **2차 입력을 분모**로 하여 구한다. 따라서 $\eta_2 = \frac{92}{100} \cdot 100 = 92\%$이므로 80%를 92%로 고쳐야 한다. 반면 전동기 전체 효율은 1차 입력을 기준으로 하므로 $\eta = \frac{92}{115} \cdot 100 = 80\%$이다.

③ O: 동기 와트는 발생 토크에 동기 각속도를 곱한 전력으로, **2차 입력과 같다**. 따라서 1차 입력에서 철손과 1차 동손을 뺀 100 kW이다. 회전자 동손을 빼기 전의 값이라는 점에서 기계적 출력 92 kW와 구별된다.

④ O: 회전자 동손은 **2차 입력에 슬립을 곱한 값**이다. 회전자 동손을 P_c라 하면 $P_c = sP_2$이므로 $0.08 \times 100 = 8$ kW이다.

NoteBase

문 11. 4극 단중 중권 직류기가 1,200 [rpm]의 속도로 회전할 때 생성되는 유기기전력[V]은? (단, 매극당 유효자속이 0.01 [Wb]이고, 전기자 총도체수는 150이다)

① 15

② 30

③ 60

④ 1,800

정답 2번

간단한 해설

단중 중권은 **병렬회로 수가 극수와 같으므로** 유기기전력 식에서 두 값이 약분된다. 주어진 자속·총도체수·회전속도를 대입하면 유기기전력은 **30 V**이다.

계산 과정

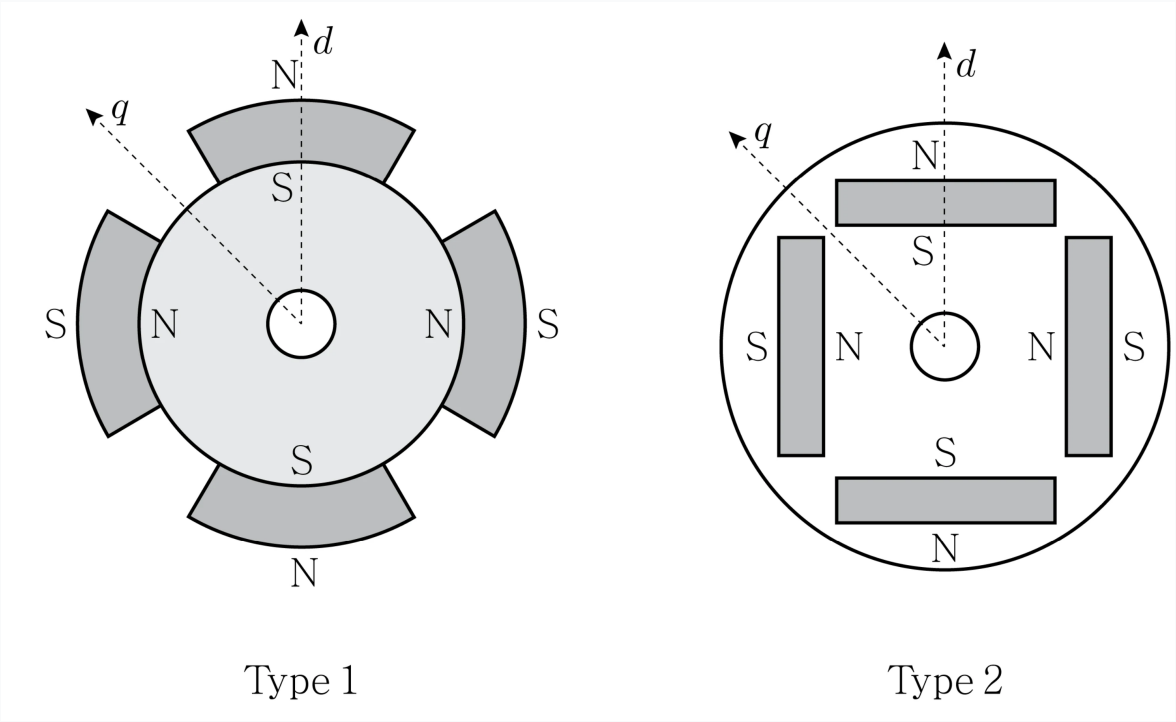
직류기의 유기기전력을 E, 극수를 p, 매극당 유효자속을 Φ, 전기자 총도체수를 Z, 회전속도를 N, 전기자 병렬회로 수를 a라 한다. 주어진 값은 p = 4, $\Phi = 0.01\text{Wb}$, Z = 150, N = 1,200 rpm이다. **단중 중권에서는 병렬회로 수가 극수와 같으므로** a = p = 4이다.

한 도체가 한 바퀴 회전하며 쇄교하는 자속량은 $p\Phi$이고, 초당 회전수는 $N/60$이다. 여기에 한 병렬회로에서 직렬로 연결된 도체 수 Z/a를 곱하면 유기기전력은 $E = \frac{p\Phi ZN}{60a}$가 된다. 이 문제에서는 a = p이므로 $E = \frac{\Phi ZN}{60}$으로 계산한다.

회전속도를 초당 회전수로 바꾸면 $\frac{1200}{60} = 20$회/초이다. 따라서 $E = 0.01 \cdot 150 \cdot 20 = 30\text{V}$이다. 유기기전력 30 V는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같은 두 가지 회전자 타입의 영구자석 동기전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① Type 1은 제작이 간단하고 약계자 제어영역이 작다.

② Type 2는 자석이 회전자 철심 내부에 있어 고속동작에 유리하다.

③ Type 1은 전기자전류를 q축과 전기적으로 90°가 되도록 제어하면 최대토크를 얻을 수 있다.

④ Type 2는 자석이 전기자권선과 떨어져 있어서 열에 의한 감자의 염려가 작다.

정답 3번

간단한 해설

③의 'q축과 전기적으로 90°'는 'd축과 전기적으로 90°'로 고쳐야 한다. 표면부착형인 Type 1은 같은 크기의 전류에서 **전류를 q축 방향으로** 흘릴 때 최대토크를 얻는다.

NoteBase

선지별 해설

그림에서 Type 1은 자석이 회전자 바깥 표면에 붙어 있는 표면부착형(SPM), Type 2는 자석이 회전자 철심 안에 들어 있는 매입형(IPM)이다. d축은 영구자석의 자속 방향이고, q축은 d축과 전기각 90°를 이루는 방향이다.

① O: Type 1은 회전자 표면에 자석을 붙이는 구조이므로 매입형에 비해 제작이 간단하다. 약계자 제어는 전기자전류로 자석 자속을 상쇄하여 고속에서 역기전력을 낮추는 제어이다. 표면부착형은 일반적으로 d축 인덕턴스가 작아 자속을 충분히 약화시키려면 큰 전류가 필요하므로, 전류 제한 안에서 확보할 수 있는 **약계자 제어영역이 상대적으로 작다**.

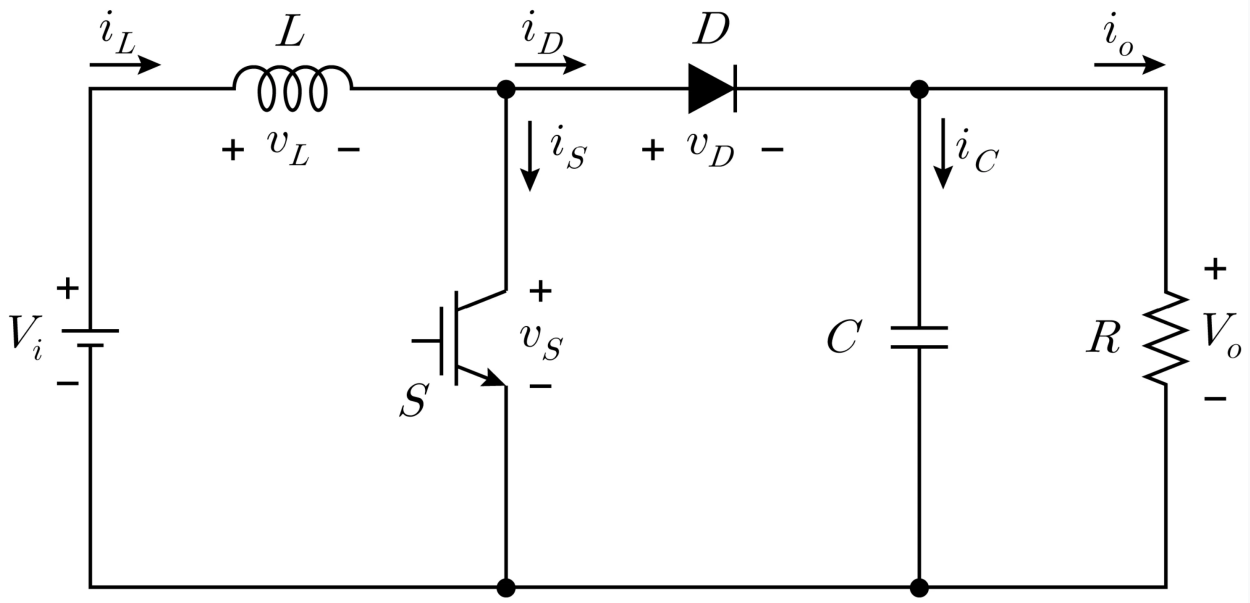
② O: Type 2는 자석이 **회전자 철심 내부에 고정**되어 있다. 따라서 고속 회전 시 원심력으로 자석이 이탈하는 것을 억제하기 쉬워, 표면부착형보다 기계적으로 고속동작에 유리하다.

③ X: 표면부착형인 Type 1은 d축과 q축의 인덕턴스가 거의 같아 릴럭턴스 토크가 거의 없고, 토크는 q축 전류에 비례한다. 약계자 제어가 필요하지 않은 영역에서 같은 크기의 전류로 최대토크를 얻으려면 d축 전류를 0으로 하고 전류를 모두 q축 성분으로 사용해야 한다. 즉 전기자전류를 **q축과 나란하게, d축과 전기각 90°가 되도록** 제어한다. 반대로 q축과 90°가 되면 전류가 d축 방향이 되어 q축 전류가 0이므로 토크를 얻지 못한다.

④ O: 감자는 영구자석의 자력이 약해지는 현상으로, 자석의 온도 상승이 원인이 될 수 있다. 그림과 같은 구조 비교에서 Type 2의 자석은 철심 내부에 있어 고정자 전기자권선에서 더 떨어져 있으므로, 표면부착형에 비해 **권선 발열의 직접적인 영향을 덜 받는다**. 다만 매입형도 자석 온도가 지나치게 높아지면 감자가 발생할 수 있으며, 실제 위험은 자석 재질과 냉각 조건에도 좌우된다.

NoteBase

문 13. 그림과 같은 컨버터회로에서 입력전압 V_i = 100 [V]이고 듀티비(duty ratio)가 0.5일 때, 출력전압 V_o [V]는? (단, 모든 소자는 이상적으로 동작하고, 커패시턴스 C와 인덕턴스 L은 충분히 크다고 가정한다)



① 50

② 100

③ 150

④ 200

정답 4번

간단한 해설

그림은 **승압형 컨버터**이며, 이상적인 연속전류 모드에서 전압 관계는 $V_o = \frac{V_i}{1-d}$이다. 듀티비가 0.5이면 출력전압은 입력전압의 2배인 **200 V**가 된다.

NoteBase

계산 과정

회로와 조건: 입력 쪽 인덕터 뒤의 접점에서 스위치가 아래쪽 공통선으로 연결되고, 다이오드를 거쳐 출력 커패시터와 부하로 이어지므로 승압형 컨버터이다. 인덕턴스가 충분히 크므로 **인덕터 전류가 끊기지 않는 연속전류 모드**로 해석한다. 커패시턴스가 충분히 커 출력전압의 맥동은 무시한다. 스위칭 주기를 T, 스위치가 켜져 있는 시간의 비율인 듀티비를 d라 두면, 켜짐 시간은 dT, 꺼짐 시간은 $(1-d)T$이다.

스위치 켜짐: 스위치가 도통하면 인덕터 오른쪽 접점이 아래쪽 공통선과 연결된다. 다이오드는 역바이어스되어 차단되고, 입력전압이 인덕터에 걸리므로 그림의 극성 기준으로 $v_L = V_i$이다. 인덕터 전류가 증가하면서 에너지가 저장되고, 이 동안 부하에는 커패시터가 에너지를 공급한다.

스위치 꺼짐: 스위치가 차단되어도 인덕터 전류는 같은 방향으로 계속 흐르며 다이오드를 통해 출력으로 전달된다. 이상적인 다이오드의 도통 전압은 0이므로 $v_L = V_i - V_o$이다. 이때 **입력전원과 인덕터가 함께 출력에 에너지를 공급**하며 인덕터 전류는 감소한다.

인덕터 전압의 평형: 정상상태에서는 한 주기 후 인덕터 전류가 원래 값으로 돌아오므로, 한 주기 동안 **인덕터 전압의 시간 적분이 0**이다. 따라서 $V_i dT + (V_i - V_o)(1-d)T = 0$이다. 주기 T로 나누어 정리하면 $V_i = V_o(1-d)$, 즉 $V_o = \frac{V_i}{1-d}$를 얻는다.

수치 대입: $V_i = 100\text{V}$, $d = 0.5$를 대입하면 $V_o = \frac{100}{1-0.5} = 200\text{V}$이다. 듀티비가 0.5이므로 입력전압이 2배로 승압되며, 계산한 200 V는 ④에 해당한다.

NoteBase

문 14. 전력용 반도체 스위치 중 턴온(turn-on) 제어는 가능하나 턴오프(turn-off) 제어는 불가능한 소자는?

① 다이오드

② BJT

③ IGBT

④ SCR

정답 4번

간단한 해설

SCR은 게이트 신호로 턴온할 수 있지만, 일단 도통 상태가 유지되면 **게이트 신호만으로 턴오프할 수 없다**. 끄려면 외부 회로에서 애노드 전류를 유지전류 미만으로 낮춰야 한다.

선지별 해설

① 다이오드: 별도의 제어 단자가 없어 외부 제어 신호로 턴온·턴오프 시점을 지정할 수 없다. 양단 전압과 회로의 전류 조건에 따라 도통하거나 차단하는 **비제어 소자**이므로, 턴온 제어가 가능하다는 조건을 만족하지 않는다.

② BJT: 베이스 전류를 공급하여 턴온하고, 베이스 구동을 제거하거나 역방향 베이스 전류를 흘려 턴오프할 수 있다. 따라서 **턴온과 턴오프를 모두 제어**하는 소자이다.

③ IGBT: 게이트와 이미터 사이의 전압으로 도통 상태를 제어한다. 게이트 전압을 높여 턴온하고 낮춰 턴오프할 수 있으므로, **턴오프도 제어 가능**하다.

④ SCR: 애노드가 캐소드보다 양의 전위인 순방향 바이어스 상태에서 게이트 전류를 가하면 턴온할 수 있다. 일단 켜져 도통이 유지되면 내부의 재생 작용으로 게이트 신호를 제거해도 전류가 계속 흐른다. 게이트로 끌 수 없으며, 턴오프하려면 애노드 전류를 **유지전류 미만**으로 낮추고 차단 상태를 회복할 시간을 확보해야 한다.

따라서 턴온만 제어할 수 있는 반제어 소자는 ④ SCR이다.

NoteBase

문 15. 다음 중 정격 토크에 대한 기동토크비가 가장 작은 단상유도전동기는?

① 콘덴서기동형

② 반발기동형

③ 분상기동형

④ 셰이딩코일형

정답 4번

간단한 해설

셰이딩코일형은 자극 일부를 감싼 단락 코일로 자속의 위상차를 만들어 기동한다. 이때 생기는 회전 자계가 약해 **정격 토크에 대한 기동토크비가 가장 작다**.

선지별 해설

기동토크비는 기동토크를 정격 토크로 나눈 값이다. 전동기 크기에 따른 토크의 절대값이 아니라, 각 전동기가 정격 토크에 비해 얼마나 큰 토크로 출발하는지를 비교한다.

① 콘덴서기동형: 보조권선에 콘덴서를 직렬로 연결하여 주권선 전류와 보조권선 전류 사이의 **위상차를 크게** 한다. 이로써 기동 시 회전 자계를 효과적으로 만들어 큰 기동토크를 얻으므로, 기동토크비가 셰이딩코일형보다 크다.

② 반발기동형: 기동할 때 정류자와 브러시를 이용하여 회전자 전류의 경로를 정하고, 고정자 자계와 회전자 자계의 상호작용으로 **큰 기동토크**를 얻는다. 기동 후에는 유도전동기로 운전하는 방식으로, 기동토크비가 셰이딩코일형보다 크다.

③ 분상기동형: 주권선과 보조권선의 저항·리액턴스 비를 다르게 하여 두 권선 전류에 위상차를 만든다. 콘덴서기동형보다 위상차가 작아 기동토크도 작지만, **셰이딩코일형보다는 기동토크비가 크다**.

④ 셰이딩코일형: 자극 일부를 감싼 단락 코일에 유도전류가 흘러 그 부분의 자속 변화를 지연시킨다. 코일로 감싼 부분과 감싸지 않은 부분 사이의 자속 위상차로 기동하지만, 자극면을 따라 이동하는 자계가 약하여 **기동토크가 매우 작다**.

네 방식의 일반적인 기동 특성을 비교하면, 정격 토크에 대한 기동토크비가 가장 작은 것은 ④의 셰이딩코일형이다.

NoteBase

문 16. 단자전압 220 [V], 전기자저항 0.2 [Ω]인 직류분권발전기의 회전수가 1,200 [rpm]일 때, 전기자전류는 100 [A]이다. 이 발전기의 단자전압과 전기자전류를 기존과 동일한 값으로 하여 전동기로 운전할 때의 회전수 [rpm]는? (단, 전기자반작용에 의한 전압강하와 브러시의 접촉에 의한 전압강하는 무시한다)

① 1,000

② 1,100

③ 1,200

④ 1,440

정답 1번

간단한 해설

분권 계자권선에 걸리는 단자전압이 같으므로 **자속은 일정**하다. 발전기의 유기기전력은 240 V, 전동기의 역기전력은 200 V이므로, 기전력에 비례하는 회전수는 1,000 rpm이다.

계산 과정

자속 조건: 분권기는 계자권선이 단자에 병렬로 연결되어 있다. 같은 기기에서 단자전압이 220 V로 유지되면 계자전류가 같으므로 **자속도 일정**하다. 직류기의 기전력은 $E = k\Phi n$이며, k는 기기 상수, Φ는 자속, n은 회전수이다. 따라서 이 문제에서는 기전력과 회전수가 비례한다.

발전기 유기기전력: 단자전압을 V, 전기자전류를 I_a, 전기자저항을 R_a라 하자. 전기자반작용과 브러시 접촉에 의한 전압강하를 무시하면, 발전기 내부에서 발생한 기전력은 전기자저항의 전압강하만큼 단자전압보다 크다. 따라서 $E_g = V + I_a R_a$이고, $220 + 100 \times 0.2 = 240$ V이다. 이 값이 1,200 rpm에서의 유기기전력이다.

전동기 역기전력: 전동기로 운전하면 공급된 단자전압 중 일부가 전기자저항에서 강하하므로, 역기전력은 **단자전압에서 저항 전압강하를 뺀 값**이다. 따라서 $E_m = V - I_a R_a$이고, $220 - 100 \times 0.2 = 200$ V이다. 발전기와 전동기는 전기자전류의 흐름이 달라 저항 전압강하를 반영하는 부호가 달라진다.

회전수 계산: 발전기 회전수를 n_g, 전동기 회전수를 n_m이라 하면, 자속이 같으므로 $\frac{n_m}{n_g} = \frac{E_m}{E_g}$이다. 따라서 $n_m = 1{,}200 \cdot \frac{200}{240} = 1{,}000$rpm이다. 전동기로 운전할 때의 회전수는 1,000 rpm으로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 10 [kVA], 1,000/100 [V] 변압기에서 1차측으로 환산한 등가 임피던스가 3+j4 [Ω]일 때 이 변압기의 %리액턴스 강하[%]는?

① 3

② 4

③ 5

④ 10

정답 2번

간단한 해설

%리액턴스 강하는 **정격전류에 의한 리액턴스 전압강하를 정격전압과 비교한 비율**이다. 1차 정격전류 10 A와 리액턴스 4 Ω를 적용하면 전압강하는 40 V이므로, 1,000 V에 대한 비율은 4%이다.

계산 과정

1차측 기준량: 등가 임피던스가 1차측으로 환산되어 있으므로 **전압과 전류도 1차측 기준**으로 맞춘다.
정격용량은 10 kVA = 10,000 VA이고, 1차 정격전압은 1,000 V이다. 등가 임피던스 3 + j4 Ω에서 저항은 3 Ω, 리액턴스는 4 Ω이다. 리액턴스 강하에는 임피던스의 크기가 아니라 리액턴스 4 Ω를 사용한다.

정격전류: 변압기의 정격용량을 S_n, 1차 정격전압을 V_{1n}이라 하면 1차 정격전류는 $I_{1n} = \frac{S_n}{V_{1n}}$이다. 따라서 $I_{1n} = \frac{10{,}000}{1{,}000} = 10\text{A}$이다.

리액턴스 전압강하: 정격전류가 등가 리액턴스를 흐를 때의 전압강하 크기는 $I_{1n}X_1$이다. 여기서는 $10 \times 4 = 40$ V이며, 이는 **정격전류에서의 리액턴스 성분 전압강하**를 뜻한다.

백분율 환산: %리액턴스 강하는 이 전압강하를 같은 측의 정격전압으로 나눈 뒤 100을 곱한다.
$x\% = \frac{I_{1n}X_1}{V_{1n}} \cdot 100$이므로 $x\% = \frac{40}{1{,}000} \cdot 100 = 4\%$이다. 따라서 구한 4%는 ②의 4에 해당한다.

NoteBase

문 18. 변압기에 사용되는 절연유의 요구 특성으로 옳지 않은 것은?

① 절연 내력이 커야 한다.

② 공기보다 투자율이 높아야 한다.

③ 유동성이 풍부하고 비열이 커야 한다.

④ 절연 재료 및 금속과 접하여도 화학 작용을 일으키지 않아야 한다.

정답 2번

간단한 해설

절연유는 전기 절연과 냉각을 담당하며, 투자율은 공기와 거의 같다. 자속을 잘 통하게 하는 높은 투자율은 철심에 필요한 특성이며, **절연유에 요구되는 특성이 아니다**.

선지별 해설

① O: 절연 내력은 전압이 가해졌을 때 절연 파괴를 견디는 능력이다. 절연유는 권선 사이와 권선·접지된 부분 사이를 절연하므로, **절연 내력이 커야** 내부에서 방전이나 절연 파괴가 일어나는 것을 막을 수 있다.

② X: 절연유는 비자성 재료로, 투자율이 공기와 거의 같다. 변압기에서 자속이 잘 통하도록 높은 투자율을 갖추어야 하는 부분은 **절연유가 아니라 철심**이다. 절연유에는 전기 절연과 냉각에 적합한 특성이 요구되므로 '공기보다 투자율이 높아야 한다'는 요구는 적절하지 않다.

③ O: 절연유는 권선과 철심에서 발생한 열을 받아 외부로 전달한다. **유동성이 좋으면 순환이 원활**하여 열을 운반하기 쉽고, 비열이 크면 같은 질량이 같은 양의 열을 받아도 온도 상승이 작아 냉각에 유리하다.

④ O: 절연유는 절연 재료와 금속에 계속 접촉하므로 **접촉 재료와 화학적으로 안정**해야 한다. 이들과 반응하여 절연 재료를 열화시키거나 금속을 부식시키면 절연 성능과 변압기의 신뢰성이 저하된다.

NoteBase

문 19. 2,500 [rpm]의 정격속도를 가진 유도전동기로 팬(Fan)을 1,000 [rpm]의 속도로 구동하고 있다. 이 팬의 속도를 2,000 [rpm]으로 증가시킬 때 유도전동기의 출력은 속도 1,000 [rpm]일 때보다 몇 배로 증가해야 하는가? (단, 팬은 정상 상태로 구동하고 있다)

① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 4번

간단한 해설

팬 부하에서는 필요한 출력이 **회전속도의 세제곱에 비례**한다. 속도가 1,000 rpm에서 2,000 rpm으로 2배가 되므로, 필요한 출력은 $2^3 = 8$배가 된다.

계산 과정

팬의 회전속도를 n, 부하토크를 T, 필요한 기계적 출력을 P라고 하자. 일반적인 팬 부하의 토크는 $T \propto n^2$의 관계를 갖는다. 정상 상태에서는 전동기가 팬의 부하토크를 감당하며, 출력은 $P = T\omega$이다. 각속도 ω도 n에 비례하므로 **출력은 속도의 세제곱에 비례**하여 $P \propto n^3$이 된다.

변경 전 속도는 $n_1 = 1{,}000$rpm, 변경 후 속도는 $n_2 = 2{,}000$rpm이므로 속도비는 $\frac{n_2}{n_1} = \frac{2{,}000}{1{,}000} = 2$이다. 전동기의 정격속도 2,500 rpm은 **이 문제에서 출력비를 구하는 기준속도가 아니다**. 비교 기준은 팬을 1,000 rpm으로 구동할 때의 출력이다.

변경 전후 출력을 각각 P_1, P_2라 하면 $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 = 2^3 = 8$이다. 따라서 필요한 전동기 출력은 기존의 8배이며, ④의 8에 해당한다.

NoteBase

문 20. 전력변환기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 인버터는 직류를 교류로 변환하는 전력변환기이다.

② 직류-직류 컨버터에서 입력전압보다 출력전압을 크게 할 수 있다.

③ 교류를 직류로 변환하는 전력변환기는 다이오드 정류기, 위상 제어 정류기 등이 있다.

④ 교류를 교류로 직접 변환하면서 전압과 주파수를 동시에 가변하는 전력변환기는 없다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '없다'는 설명은 **사이클로컨버터**의 기능과 어긋난다. 사이클로컨버터는 중간 직류 단계를 거치지 않고 교류를 교류로 직접 변환하면서 **출력전압과 주파수를 함께 가변**할 수 있다.

선지별 해설

① O: 인버터는 **직류를 교류로 변환**하는 장치이다. 직류 전원을 반도체 스위치로 제어하여 출력전압의 극성이 번갈아 바뀌도록 한다.

② O: 직류-직류 컨버터에는 출력전압을 입력전압보다 높이는 **승압형 컨버터**가 있다. 대표적인 부스트 컨버터는 인덕터에 저장한 에너지를 방출할 때 입력 전원의 에너지와 함께 출력 측에 전달하여 전압을 높인다. 따라서 직류-직류 변환이 전압을 낮추는 것에만 한정되지는 않는다.

③ O: 정류기는 **교류를 직류로 변환**하는 장치이다. 다이오드 정류기는 다이오드의 한쪽 방향으로만 전류를 흐르게 하는 성질을 이용한다. 위상 제어 정류기는 사이리스터 등의 점호 시점을 조절하여 직류 출력전압의 평균값을 제어한다.

④ X: **사이클로컨버터**는 중간 직류 단계를 거치지 않고 입력 교류의 파형 일부를 선택하여 출력 교류 파형을 구성한다. 이때 스위칭을 제어하여 출력전압의 크기와 주파수를 함께 바꿀 수 있다. 따라서 '그러한 전력변환기는 없다'는 표현은 '사이클로컨버터 등이 있다'로 고쳐야 한다.

NoteBase