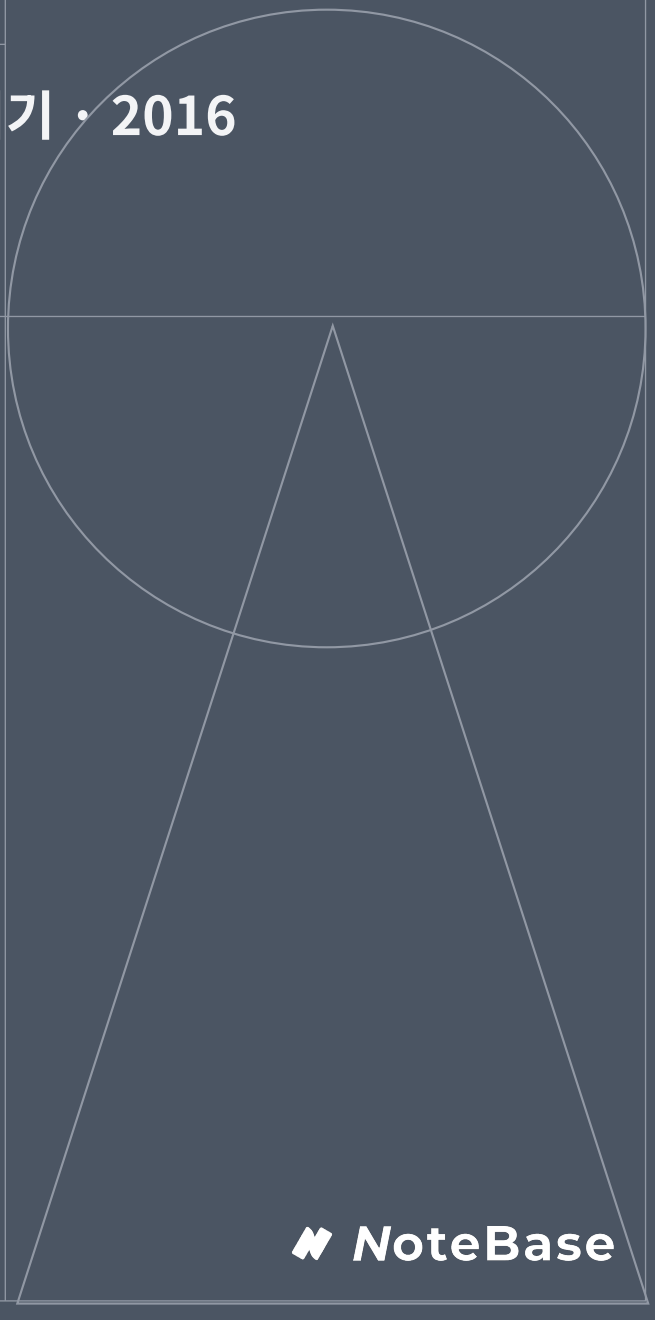
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2016



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2016

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2016

문 1. 보극이 없는 직류전동기의 브러시 위치를 무부하 중성점으로부터 이동시키는 이유와 이동 방향은?

① 정류작용이 잘 되게 하기 위하여 전동기 회전 방향으로 브러시를 이동한다.

② 정류작용이 잘 되게 하기 위하여 전동기 회전 반대 방향으로 브러시를 이동한다.

③ 유기기전력을 증가시키기 위하여 전동기 회전 방향으로 브러시를 이동한다.

④ 유기기전력을 증가시키기 위하여 전동기 회전 반대 방향으로 브러시를 이동한다.

정답 2번

간단한 해설

보극이 없는 직류전동기에서는 전기자 반작용으로 중성점이 **회전 반대 방향**으로 이동한다. 브러시도 그 방향으로 옮겨 **정류 시 불꽃을 줄이고 전류 반전을 원활하게** 한다.

NoteBase

선지별 해설

정류는 전기자 코일이 회전하면서 그 코일에 흐르는 전류의 방향이 바뀌는 과정이다. 이때 브러시가 정류자편에 걸쳐 코일을 잠시 단락하므로, 코일의 회전에 의한 유기기전력이 0이 되는 자기적 중성점 부근에서 정류가 이루어지도록 브러시 위치를 맞춘다. 전기자 전류가 만드는 자계가 주자계를 왜곡하는 전기자 반작용이 생기면 이 중성점도 이동한다.

① X: 정류를 개선하려는 목적은 맞지만 이동 방향이 반대이다. 직류전동기의 중성점은 전기자 반작용으로 회전 반대 방향으로 이동하므로, 브러시도 **회전 반대 방향**으로 옮겨야 한다.

② O: 보극이 없는 직류전동기에서는 브러시를 무부하 중성점에서 회전 반대 방향으로 옮겨, 전기자 반작용으로 이동한 중성점에 맞춘다. 이는 정류 중 단락되는 코일의 유기기전력에 따른 불꽃 발생을 줄여 **정류작용을 개선**하기 위한 조치이다.

③ X: 브러시 이동의 목적과 방향이 모두 잘못되었다. 유기기전력을 증가시키려는 것이 아니라 **정류를 개선**하려는 것이며, 이동 방향도 전동기의 회전 방향이 아니라 회전 반대 방향이다.

④ X: 회전 반대 방향으로 옮긴다는 점은 맞지만 목적이 잘못되었다. 브러시를 이동시키는 것은 유기기전력을 증가시키기 위해서가 아니라, 이동한 중성점에 맞추어 **정류 시 불꽃을 줄이기 위해서**이다.

NoteBase

문 2. 직류기 손실 중 기계손이 아닌 것은?

① 베어링손

② 와전류손

③ 브러시 마찰손

④ 풍손

정답 2번

간단한 해설

와전류손은 철심 내부에 유도된 전류가 철심의 저항에서 열로 소모되는 **철손**이다. 마찰이나 공기 저항으로 발생하는 기계손과 구별된다.

공통 해설

기계손은 회전할 때 **접촉부의 마찰이나 공기 저항**을 이기는 데 소모되는 동력이다. 베어링손과 브러시 마찰손은 접촉부의 마찰에서, 풍손은 회전부와 공기 사이의 저항에서 발생하므로 기계손에 속한다.

와전류손은 철심을 통과하는 자속이 변할 때 철심 내부에 고리 모양으로 흐르는 전류가 유도되어 발생한다. 이 전류가 철심의 저항에서 열을 발생시키므로, 와전류손은 기계적 마찰에 따른 손실이 아니라 **철손**으로 분류한다.

NoteBase

문 3. 무부하로 회전하고 있는 3상 동기전동기를 과여자로 운전하는 경우에 발생하는 현상으로 옳은 것은? (단, 전동기의 손실은 무시한다)

① 증자작용이 일어난다.

② 공급전압보다 위상이 90° 앞선 전류가 흐른다.

③ 탈조가 발생한다.

④ 유효전력이 증가한다.

정답 2번

간단한 해설

과여자된 동기전동기에는 공급전압보다 앞서는 진상전류가 흐른다. 특히 **무부하이고 손실을 무시**하면 유효전력 성분이 없어 전류의 위상이 공급전압보다 **90° 앞선다**.

선지별 해설

① X: 전기자반작용은 전기자전류가 만드는 자계가 계자 자계에 영향을 주는 현상이다. 무부하 과여자 상태에서는 전기자 자계가 계자 자계를 약화시키는 방향으로 작용하므로 증자작용이 아니라 **감자작용**이 일어난다.

② O: 과여자는 계자전류를 정상 여자 상태보다 크게 하여 내부 유기기전력을 높인 상태로, 동기전동기는 이때 공급전압보다 앞서는 진상전류를 받는다. 주어진 조건에서는 기계적 출력과 손실이 모두 0이므로 공급전원에서 받는 유효전력도 0이다. 따라서 전류는 **유효전력 성분 없이 무효전력 성분만** 가지며, 공급전압보다 위상이 90° 앞선다.

③ X: 탈조는 회전자가 고정자의 회전자계와 동기 상태를 유지하지 못하는 현상이다. 과여자 자체가 탈조를 뜻하지 않으며, 주어진 무부하 정상운전에서는 부하를 구동할 토크가 필요하지 않으므로 **동기속도를 유지**한다.

④ X: 무부하이므로 축으로 내보내는 기계적 출력이 0이고, 손실도 무시하므로 고정자에서 받는 **유효전력은 0**이다. 이 조건에서 과여자는 무효전력을 공급하는 진상 운전 상태를 만들며, 유효전력을 증가시키는 것은 아니다.

NoteBase

문 4. 변압기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전압변동률은 누설 리액턴스와 권선 저항에 의해 영향을 받으며, 일반적으로 클수록 좋다.

② 변압기의 동손은 전류의 제곱에 비례하고, 철손은 전압의 제곱에 거의 비례한다.

③ 자화 전류는 인가된 전압과 90° 위상차를 가지고, 철손 전류는 인가된 전압과 동상이다.

④ 철심의 저항률을 높이고 적층된 철심을 사용하면 와전류손을 줄일 수 있다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '클수록 좋다'는 설명이 잘못되었다. 전압변동률은 부하 변화에 따른 2차 단자전압의 변화를 나타내므로, 일반적으로 **작을수록 전압을 일정하게 유지하기 좋다**.

선지별 해설

① X: 전압변동률은 1차 전압을 일정하게 유지할 때 무부하와 부하 상태 사이의 2차 단자전압 변화를 나타낸다. 권선 저항과 누설 리액턴스에서 생기는 전압강하의 영향을 받으며, 부하의 크기와 역률에도 좌우된다. 일반적으로 **전압변동률이 작을수록** 부하 변화에 따른 전압 변화가 작아 좋으므로, '클수록 좋다'를 '작을수록 좋다'로 고친다.

② O: 동손은 권선 저항에서 열로 소모되는 전력이다. 권선 전류를 I, 저항을 R이라 하면 $P_{Cu} = I^2R$이므로, 저항이 일정할 때 동손은 전류의 제곱에 비례한다. 철손은 철심에서 발생하는 히스테리시스손과 와전류손의 합이다. **주파수가 일정하고 등가 철손 저항을 일정하게 보는 근사**에서는 $P_{Fe} \approx \frac{V^2}{R_{Fe}}$로 나타내므로, 인가 전압 V의 제곱에 거의 비례한다. 여기서 R_{Fe}는 철손을 나타내는 등가 저항이다.

③ O: 정현파 정상상태의 근사 등가회로에서 자화 전류는 철심의 자속을 만드는 무효 성분으로, 인가 전압보다 **90° 뒤진다**. 철손 전류는 철심에서 소모되는 유효전력을 공급하는 저항성 성분이므로 인가 전압과 동상이다. 이 두 성분을 벡터로 합한 것이 무부하 전류이다.

④ O: 와전류손은 시간에 따라 변하는 자속이 철심 내부에 순환 전류를 유도하여 발생하는 열손실이다. 철심 재료의 저항률을 높이면 유도되는 와전류가 작아진다. 또한 얇은 강판을 **서로 절연하여 적층**하면 와전류의 순환 경로가 제한되어 와전류손을 줄일 수 있다.

NoteBase

문 5. 다음 ㉠, ㉡, ㉢에 들어갈 용어를 바르게 나열한 것은?

변압기의 무부하 전류를 (㉠) 전류라 한다. 이 무부하 전류는 변압기 철심에 자속을 생성하는 데 사용되는 (㉡) 전류와 히스테리시스 손실과 와전류 손실에 사용되는 (㉢) 전류의 합이다.

① ㉠: 자화, ㉡: 여자, ㉢: 철손

② ㉠: 여자, ㉡: 자화, ㉢: 철손

③ ㉠: 자화, ㉡: 철손, ㉢: 동손

④ ㉠: 동손, ㉡: 자화, ㉢: 철손

정답 2번

간단한 해설

변압기는 무부하에서도 자속을 만들고 철손을 공급해야 하므로 **여자 전류**가 흐른다. 이 중 철심에 자속을 만드는 성분이 **자화 전류**이다.

빈칸별 해설

㉠ 여자 전류: 2차 측을 개방한 무부하 상태에서는 2차 전류가 흐르지 않지만, 1차 측에는 철심의 자속을 형성하고 철손을 공급하는 전류가 흐른다. 이 **무부하 전류 전체**를 여자 전류라 하며, 자화 전류와 철손 전류로 나누어 설명한다.

㉡ 자화 전류: 여자 전류 중 **철심에 자속을 만드는 성분**이다. 따라서 지문의 '철심에 자속을 생성하는 데 사용되는'에 들어갈 용어는 자화이다. 여자 전류가 전체 전류를 뜻하는 데 비해 자화 전류는 그 구성 성분이라는 점을 구별한다.

㉢ 철손 전류: 철심에서 발생하는 **히스테리시스 손실과 와전류 손실을 공급하는 성분**이다. 히스테리시스 손실은 철심의 자화 방향이 반복해서 바뀌면서 발생하고, 와전류 손실은 변화하는 자속에 의해 철심 내부에 유도된 전류가 흐르면서 발생한다. 두 손실은 철손에 속한다. 권선의 저항에서 발생하는 동손과는 구별된다.

㉠ 여자, ㉡ 자화, ㉢ 철손의 조합은 ②와 일치한다.

NoteBase

문 6. 85[%] 부하에서 최대 효율을 가지는 직류발전기가 전부하로 운전될 때, 고정손과 부하손의 비율은?

① 고정손: 1.19, 부하손: 1

② 고정손: 1, 부하손: 1

③ 고정손: 0.81, 부하손: 1

④ 고정손: 0.72, 부하손: 1

정답 4번

간단한 해설

최대 효율에서는 **고정손과 그 부하에서의 부하손이 같다**. 부하손은 전류의 제곱에 비례하므로, 전부하 부하손을 1로 보면 고정손은 $0.85^2 = 0.7225$로 약 0.72이다.

계산 과정

1. 부하에 따른 손실: 고정손을 P_c, 전부하 부하손을 P_v, 전부하에 대한 부하율을 x라 하자. 고정손은 부하가 변해도 일정하고, 부하손은 동손처럼 **전류의 제곱에 비례**하는 손실로 계산한다. 따라서 부하율 x에서의 부하손은 $x^2 P_v$이다.

2. 최대 효율 조건 적용: 최대 효율이 되는 부하에서는 **고정손과 그때의 부하손이 같으므로** $P_c = x^2 P_v$이다. 최대 효율 부하율이 85%이므로 $x = 0.85$를 대입하면 $P_c = 0.85^2 P_v = 0.7225 P_v$이다. 즉, 고정손은 전부하 부하손의 0.7225배이다.

3. 전부하에서의 비율: 전부하에서는 부하손이 P_v이고 고정손은 여전히 P_c이다. 따라서 $\frac{P_c}{P_v} = 0.7225$이며, 고정손 : 부하손 = 0.7225 : 1 ≈ 0.72 : 1로 ④에 해당한다. 두 손실의 비이므로 단위는 없다.

NoteBase

문 7. 10,000 [kVA], 8,000 [V]의 Y결선 3상 동기발전기가 있다. 1상의 동기 임피던스가 4 [Ω]이면 이 발전기의 단락비는?

① 1.2

② 1.4

③ 1.6

④ 1.8

정답 3번

간단한 해설

단락비는 무부하에서 정격전압을 발생시키는 여자 상태의 **단락전류를 정격전류로 나눈 값**이다. Y결선의 상전압과 정격전류를 구해 적용하면 단락비는 1.6이며, 단위가 없다.

계산 과정

단락비의 의미: 단락비는 무부하에서 정격전압을 발생시키는 계자전류와 3상 단락 상태에서 정격전류를 흘리는 계자전류의 비이다. 단락특성에서는 전기자전류가 계자전류에 비례하므로, 무부하 정격전압에 해당하는 여자 상태의 단락전류를 정격전류로 나누어 구할 수 있다.

상전압과 정격전류: 정격용량 S_n은 3상 전체의 피상전력으로 10,000 kVA = 10,000,000 VA이고, 정격전압 V_L은 선간전압 8,000 V이다. Y결선에서는 **상전압과 선간전압을 구분하고 상전류는 선전류와 같게 적용한다**. 따라서 $V_\phi = \frac{8,000}{\sqrt{3}} \approx 4,618.8\text{V}$이다. 3상 피상전력 관계 $S_n = \sqrt{3} V_L I_n$으로부터 정격전류는 $I_n = \frac{10,000,000}{\sqrt{3} \cdot 8,000} \approx 721.7\text{A}$이다.

단락전류: 1상의 동기 임피던스 Z_s가 4 Ω이므로, **상전압을 1상의 임피던스로 나누어** 단락전류를 구한다. 무부하에서 정격전압을 발생시키던 여자 상태를 유지하면 $I_s = \frac{V_\phi}{Z_s} = \frac{8,000}{4\sqrt{3}} \approx 1,154.7\text{A}$이다.

단락비: $K_s = \frac{I_s}{I_n} = \frac{1,154.7}{721.7} \approx 1.6$이다. 단락전류가 정격전류의 1.6배라는 뜻이며, 전류끼리의 비이므로 단위는 없다. 계산한 1.6은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 20극인 권선형 유도전동기를 60[Hz]의 전원에 접속하고 전부하로 운전할 때, 2차 회로의 주파수가 6[Hz]이다. 이때 2차 동손이 600[W]라면 기계적 출력[kW]은?

① 3.4

② 4.4

③ 5.4

④ 6.4

정답 3번

간단한 해설

2차 주파수와 전원 주파수의 비로 구한 **슬립은 0.1**이다. 2차 입력의 10%가 동손이고 나머지 90%가 기계적 동력으로 변환되므로, 기계손을 무시한 출력은 **5.4 kW**이다.

계산 과정

슬립 계산: 전원 주파수를 f_1, 2차 회로의 주파수를 f_2, 슬립을 s라 하면 $f_2 = sf_1$이다. 회전자에서 유도되는 전압의 주파수는 회전자와 회전자계의 상대속도에 비례하기 때문이다. 따라서 $s = \frac{f_2}{f_1} = \frac{6}{60} = 0.1$이다. 주파수의 비로 슬립을 구할 수 있으므로 20극이라는 조건으로 동기속도를 따로 계산할 필요는 없다.

2차 입력 계산: 2차 입력 P_2 중 슬립 s에 해당하는 비율이 **2차 동손** P_{c2}이 되므로 $P_{c2} = sP_2$이다. 주어진 동손 600 W를 대입하면 $P_2 = \frac{600}{0.1} = 6000\text{W}$이다. 이 값은 고정자에서 공극을 거쳐 회전자로 전달된 전력이다.

기계적 출력 계산: 2차 입력에서 동손을 뺀 나머지가 기계적 동력으로 변환된다. 기계손이 주어지지 않았으므로 **기계손을 무시**하면 $P_m = (1 - s)P_2$이다. 따라서 $0.9 \times 6000 = 5400\ \text{W} = 5.4\ \text{kW}$이며, 선택지 ③의 5.4에 해당한다.

NoteBase

문 9. 내부 임피던스가 8[Ω]인 앰프에 32[Ω]의 임피던스를 가진 스피커를 연결할 때 임피던스 정합용 변압기를 사용하여 최대 전력을 전달하고자 한다. 이 정합용 변압기의 앰프 측 권선수가 200이라면 스피커 측 권선수는?

① 50

② 100

③ 200

④ 400

정답 4번

간단한 해설

변압기에서 임피던스비는 **권수비의 제곱**이다. 스피커 임피던스가 앰프 내부 임피던스의 4배이므로 스피커 측 권선수는 앰프 측의 2배인 400회이다.

계산 과정

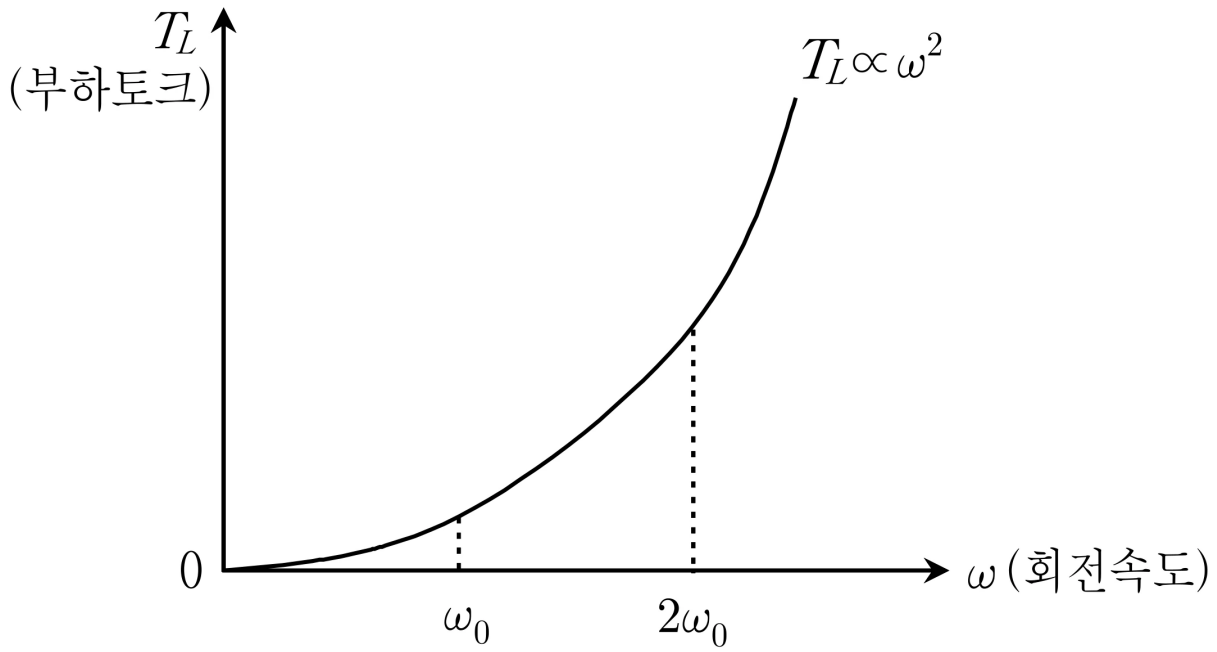
앰프 측을 1차, 스피커 측을 2차로 두고 권선수를 각각 N_1, N_2라 하자. 변압기의 손실을 무시하면, 최대 전력 전달을 위해 스피커의 임피던스를 1차로 환산한 값이 **앰프 내부 임피던스 8 Ω과 같아야 한다**.

이상적인 변압기는 전압을 권수비에 비례하여, 전류를 그 역비로 변환하므로 임피던스는 권수비의 제곱에 따라 변환된다. 따라서 32 Ω인 스피커를 1차로 환산하면 $Z_{\text{in}} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \cdot 32$이고, 정합 조건은 $8 = \left(\frac{200}{N_2}\right)^2 \cdot 32$이다.

이를 권수비로 정리하면 $\frac{N_2}{200} = \sqrt{\frac{32}{8}} = 2$이다. 임피던스가 4배인 스피커 측에는 **권선수가 2배** 필요하다는 뜻이다. 따라서 스피커 측 권선수는 $200 \times 2 = 400$회로, ④의 400에 해당한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 부하 특성을 갖는 팬을 전동기로 운전하고 있다. 부하의 속도가 현재 속도보다 2배 빨라진 경우, 부하를 운전하는 데 요구되는 전동기의 전력은? (단, 전동기의 손실은 무시한다.)



① 1/2배가 된다.

② 동일하게 유지된다.

③ 4배가 된다.

④ 8배가 된다.

정답 4번

간단한 해설

팬의 부하토크는 회전속도의 제곱에 비례하고, 전력은 토크와 회전속도의 곱이다. 따라서 전력은 **회전속도의 세제곱에 비례**하므로 속도가 2배가 되면 필요한 전력은 8배가 된다.

NoteBase

계산 과정

그림의 가로축은 회전속도 ω, 세로축은 부하토크 T_L이며, $T_L \propto \omega^2$인 특성이 표시되어 있다. 회전속도가 ω_0에서 $2\omega_0$로 증가하면 부하토크는 $2^2 = 4$배가 된다. 이는 같은 팬을 두 배의 속도로 돌리려면 **토크도 4배 필요하다**는 뜻이다.

회전 운동에서 기계적 출력은 $P = T_L\omega$이다. 토크의 단위가 $\mathrm{N \cdot m}$, 각속도의 단위가 rad/s이면 출력의 단위는 W이다. 문제에서 **전동기의 손실을 무시**하므로 전동기에 필요한 전력은 팬에 전달하는 기계적 출력과 같다.

속도 변화 전후의 전력을 각각 P_0, P_1이라 하면, 토크가 4배이고 회전속도가 2배이므로 $\frac{P_1}{P_0} = 4 \cdot 2 = 8$이다. 필요한 전력은 기존의 8배가 되며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 분권 직류전동기의 속도 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 단자전압을 증가시키면 속도가 증가한다.

② 전기자 회로의 직렬저항을 감소시키면 속도가 증가한다.

③ 계자 회로의 저항을 감소시키면 속도가 증가한다.

④ 무부하 운전을 하더라도 탈주(runaway)하지 않고, 최대속도에서 안정적으로 운전된다.

정답 3번

간단한 해설

계자 회로의 저항을 줄이면 계자전류와 자속이 증가하여 **속도는 감소한다**. 속도를 높이는 계자 제어는 반대로 **계자저항을 늘려 자속을 약하게** 하는 방식이다.

선지별 해설

분권 직류전동기는 계자권선과 전기자 회로가 병렬로 연결된다. 브러시 전압강하를 무시하면 역기전력은 $E = V - I_a R$, 속도는 $n = \frac{V - I_a R}{k\Phi}$이다. 여기서 V는 단자전압, I_a는 전기자전류, R은 외부 직렬저항을 포함한 전기자 회로의 전체 저항, Φ는 계자 자속, k는 전동기 상수이다. 속도는 역기전력이 클수록 높고, 같은 역기전력에서는 자속이 클수록 낮다.

① O: 계자 자속을 일정하게 유지하는 전압 제어에서 단자전압을 높이면 전기자에 걸리는 유효 전압이 커진다. 기존 속도에서는 전기자전류와 토크가 증가하여 전동기가 가속하고, 더 높은 속도에서 역기전력이 증가하여 새로운 평형에 도달한다.

② O: 계자 자속과 부하토크가 같으면 필요한 전기자전류도 거의 같다. 이때 전기자 회로의 직렬저항을 줄이면 **저항에 의한 전압강하가 감소**하므로 역기전력이 커지고 속도가 증가한다.

③ X: 단자전압이 일정할 때 계자전류는 $I_f = \frac{V}{R_f}$이며, R_f는 계자 회로의 전체 저항이다. 계자저항을 줄이면 계자전류가 증가하고 자속이 강해져 **속도가 감소한다**. 따라서 '저항을 감소시키면 속도가 증가한다'를 '저항을 증가시켜 계자전류와 자속을 줄이면 속도가 증가한다'로 고쳐야 한다.

④ O: **계자 회로가 정상적으로 여자되는 조건**에서는 무부하가 되어 전기자전류가 작아져도 계자전류와 자속은 유지된다. 전기자 회로의 전압강하가 작아지면서 속도는 높아지지만, 역기전력이 단자전압에 가까워지므로 탈주하지 않고 유한한 무부하속도에서 안정된다. 이때의 최대속도는 같은 단자전압과 계자 설정에서 부하를 줄여 도달하는 속도를 뜻한다. 계자 회로가 단선되어 자속이 크게 약해지는 경우는 이 정상 운전 조건에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 12. 무한모선(infinite bus)과 병렬로 연결된 동기발전기에서 유효전력 분담을 늘리기 위한 방법은?

① 동기발전기의 계자전류를 증가시킨다.

② 동기발전기의 계자전류를 감소시킨다.

③ 동기발전기의 원동기 속도를 증가시킨다.

④ 동기발전기의 원동기 속도를 감소시킨다.

정답 3번

간단한 해설

무한모선과 병렬 운전하는 동기발전기의 유효전력 분담은 **원동기의 기계적 입력**을 늘려 증가시킨다. '원동기 속도를 증가시킨다'는 조속기의 속도 설정을 높이는 조작을 뜻하며, 정상상태의 실제 회전속도는 동기속도로 유지된다.

선지별 해설

무한모선은 발전기의 출력이 변해도 전압과 주파수가 일정한 전력계통이다. 병렬 운전 중인 동기발전기의 정상상태 회전속도는 이 주파수에 대응하는 동기속도로 유지된다. 유효전력은 원동기로부터 공급받는 기계적 입력으로 조절하고, 계자전류는 주로 무효전력과 역률을 조절한다.

① X: 계자전류를 증가시키면 내부 유도기전력이 커지고 무효전력 공급이 증가하는 방향으로 변한다. 원동기의 기계적 입력을 그대로 두면 유효전력 분담을 늘리는 조작이 되지 않는다. 유효전력 분담을 늘리려면 **계자전류가 아니라 원동기 입력**을 증가시켜야 한다.

② X: 계자전류를 감소시키는 것은 여자 수준을 낮춰 무효전력과 역률을 바꾸는 조작이다. 원동기 입력이 일정한 상태에서 계자전류만 줄여서는 유효전력 분담을 늘릴 수 없다. 필요한 조작은 원동기의 기계적 입력 증가이다.

③ O: '원동기 속도를 증가시킨다'는 **조속기의 속도 설정을 높여 기계적 입력을 증가**시키는 조작을 뜻한다. 입력을 늘리면 회전자가 일시적으로 가속되어 부하각, 즉 내부 유도기전력과 모선 전압 사이의 위상차가 커진다. 안정 운전 범위에서 유효전력 출력이 증가하고 새로운 평형에 도달하면 실제 회전속도는 다시 동기속도가 된다. 따라서 정상상태의 회전속도를 계속 높이는 것으로 이해하면 안 된다.

④ X: 조속기의 속도 설정을 낮추어 원동기 입력을 감소시키면 유효전력 분담도 줄어든다. 분담을 늘리려면 조속기를 **속도 설정을 높이는 방향**으로 조작하여 원동기 입력을 증가시켜야 한다. 이때도 정상상태의 실제 회전속도는 동기속도로 유지된다.

NoteBase

문 13. 3상 권선형 유도전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 높은 회전자 저항은 유도전동기의 기동 토크를 감소시킨다.

② 유도전동기에서 최대 토크가 발생하는 슬립과 속도는 회전자 저항으로 제어할 수 있다.

③ 유도전동기는 기기의 극수나 주파수 또는 단자전압을 변화시킴으로써 속도를 변화시킬 수 있다.

④ 유도전동기의 최대 토크값은 회전자 저항과는 무관하다.

정답 1번

간단한 해설

권선형 유도전동기는 회전자에 외부 저항을 넣어 **기동 토크를 증가**시킬 수 있다. 다만 저항을 무한히 키울수록 증가하는 것은 아니며, 기동 토크가 최대가 되는 저항값을 넘으면 다시 감소한다.

선지별 해설

권선형 유도전동기는 슬립링을 통해 회전자 권선에 외부 저항을 연결할 수 있다. 다음에서 R_2는 외부 저항을 포함한 회전자 한 상의 총저항, X_2는 정지 시 회전자 한 상의 누설 리액턴스이다. 저항 변화의 효과는 전원 전압과 주파수가 일정한 조건에서 비교한다.

① X: 회전자 저항이 높아지면 기동 토크가 감소한다고 일반화할 수 없다. 고정자 임피던스에 의한 전압강하를 무시하면 기동 토크는 $T_{\text{st}} \propto \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2}$이다. 따라서 $R_2 < X_2$인 범위에서는 저항을 늘릴수록 기동 토크가 증가하고, $R_2 = X_2$일 때 최대가 된다. 이를 이용해 **적절한 외부 저항으로 기동 토크를 높인다**. 이 값을 넘겨 저항을 더 키우면 기동 토크는 감소한다.

② O: 최대 토크가 발생하는 슬립은 회전자 저항에 비례한다. 위와 같은 근사에서 그 슬립은 $s_m = \frac{R_2}{X_2}$이다. 동기속도를 n_s라 하면 회전자 속도는 $n = (1 - s)n_s$이므로, **회전자 저항을 늘리면 최대 토크 발생 슬립은 커지고 그때의 속도는 낮아진다**. 외부 저항을 조절하여 최대 토크가 발생하는 위치를 바꿀 수 있다.

③ O: 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{P}$이고 실제 속도는 $n = (1 - s)n_s$이다. 여기서 f는 전원 주파수[Hz], P는 극수이며 속도의 단위는 rpm이다. **극수나 주파수를 바꾸면 동기속도가 변한다**. 단자전압을 바꾸면 같은 슬립에서 발생하는 토크가 전압의 제곱에 비례하여 변하므로, 부하가 걸린 상태에서는 부하 토크와 평형을 이루는 슬립과 속도를 바꿀 수 있다. 전압 제어는 동기속도 자체를 바꾸는 방식이 아니며, 가능한 속도 범위는 부하 특성과 안정 운전 조건에 따라 제한된다.

④ O: 전원 전압·주파수와 다른 등가회로 정수가 일정하면 **최대 토크의 크기는 회전자 저항과 무관**하다. 최대 토크 조건에서는 회전자 저항과 슬립의 비가 일정해지므로, 저항을 바꾸어도 토크의 최댓값은 변하지 않는다. 저항 변화는 토크 곡선의 최고점 높이가 아니라 그 최고점이 나타나는 슬립과 속도를 바꾼다.

NoteBase

문 14. 입력 펄스 신호에 대하여 일정한 각도만큼 회전하며 회전 속도는 입력 펄스의 주파수에 비례하는 전동기는?

① 스테핑 전동기
② 타여자 직류전동기
③ 유도전동기
④ 동기전동기

정답 1번

간단한 해설

스테핑 전동기는 **입력 펄스마다 일정한 스텝각**만큼 회전한다. 같은 스텝각에서 펄스의 주파수가 높아지면 단위 시간에 이동하는 스텝 수가 늘어나므로 회전 속도가 주파수에 비례한다.

공통 해설

스테핑 전동기는 입력 펄스에 따라 구동회로가 권선의 여자 상태를 순차적으로 바꾸어 회전자를 일정한 각도씩 이동시키는 전동기이다. 이때 한 펄스에 대응하는 회전각을 '스텝각'이라고 한다. 따라서 **펄스 수는 회전각을, 펄스 주파수는 회전 속도를 결정**한다.

같은 구동 방식으로 스텝각이 일정하고 회전자가 펄스를 놓치지 않고 따라가는 정상 동작에서는, 펄스 주파수를 두 배로 높이면 1초 동안 이동하는 스텝 수도 두 배가 되어 회전 속도가 두 배가 된다. 문제의 '펄스마다 일정한 각도 회전'과 '펄스 주파수에 비례하는 속도'는 이 작동 원리를 설명한다. 여기서 주파수는 **회전 단계를 지시하는 입력 펄스의 반복 횟수**를 뜻하며, 교류 전원의 주파수와 구별한다.

NoteBase

문 15. 부하전류와 입력전압이 일정하게 운전되고 있는 변압기의 주파수가 60 [Hz]에서 50 [Hz]로 낮아질 경우 발생하는 현상으로 옳은 것은?

① 철손 증가

② 철손 감소

③ 동손 증가

④ 동손 감소

정답 1번

간단한 해설

입력전압이 일정할 때 주파수가 낮아지면 **철심의 최대 자속밀도가 증가**한다. 이로 인해 히스테리시스손이 커져 **전체 철손이 증가**한다.

선지별 해설

정현파 전압을 인가한 변압기에서 권선의 전압강하를 무시하면 $V \approx 4.44 f N A B_m$이다. 여기서 V는 입력전압의 실효값, f는 주파수, N은 권선수, A는 철심 단면적, B_m은 최대 자속밀도이다. 같은 변압기에서 입력전압이 일정하므로 B_m은 주파수에 반비례한다. 따라서 60 Hz에서 50 Hz로 낮아지면 자속밀도가 커진다. 동손은 권선저항 변화와 여자전류의 영향을 무시하는 통상적인 근사로 판단한다.

① O: 철손은 히스테리시스손과 와류손의 합이다. 통상적인 근사식에서 히스테리시스손은 $P_h \propto f B_m^{1.6}$이고, 전압이 일정하면 $B_m \propto 1/f$이므로 $P_h \propto f^{-0.6}$이다. 따라서 주파수가 낮아질수록 **히스테리시스손은 증가**한다. 한편 와류손은 $P_e \propto f^2 B_m^2$이므로 주파수 감소와 자속밀도 증가의 효과가 상쇄되어 거의 일정하다. 두 손실을 합한 철손은 증가한다.

② X: 주파수만 낮아진다고 철손이 감소하는 것은 아니다. 이 문제에서는 **입력전압이 일정하여 자속밀도가 커지므로** 히스테리시스손이 증가하고, 전체 철손도 증가한다.

③ X: 동손은 권선의 저항에서 발생하는 줄열 손실이며 $P_{cu} = I^2 R$로 나타낸다. 부하전류 I와 권선저항 R이 일정한 조건에서는 **동손은 거의 일정**하므로 증가한다고 볼 수 없다.

④ X: 동손은 주파수 자체보다 권선전류의 제곱과 권선저항에 의해 정해진다. 이 문제에서는 부하전류가 일정하므로, 권선저항을 일정하게 보는 근사에서 **동손은 감소하지 않고 거의 일정**하다.

NoteBase

문 16. 다이오드 1개를 이용한 반파정류회로에 부하저항 R이 연결되어 있다. 이때 교류 입력전압의 실효값을 E[V]라 할 때 전류 I[A]의 평균값은? (단, 정류기의 전압 강하는 무시한다)

① $\frac{E}{2R}$
② $\frac{\sqrt{2}E}{\pi R}$
③ $\frac{\sqrt{3}E}{6\pi R}$
④ $\frac{4\sqrt{2}E}{\pi R}$

정답 2번

간단한 해설

반파정류에서는 한 반주기만 전류가 흐르므로, **한 주기 전체의 평균전류**는 최대전류를 π로 나눈 값이다.
입력전압의 실효값이 E이면 최대전류는 $\frac{\sqrt{2}E}{R}$이므로 평균전류는 $\frac{\sqrt{2}E}{\pi R}$ A이다.

계산 과정

1. 최대전류: 정현파 교류에서 전압의 최댓값은 실효값의 $\sqrt{2}$배이므로 $E_m = \sqrt{2}E$이다. 정류기의 전압 강하를 무시하면 도통 중에는 입력전압이 그대로 부하저항 R에 걸린다. 따라서 옴의 법칙에 따라 최대전류는 $I_m = \frac{E_m}{R} = \frac{\sqrt{2}E}{R}$이다.

2. 전류가 흐르는 구간: 다이오드는 순방향 반주기에서만 도통하고 역방향 반주기에서는 차단된다. 도통 구간을 $0 \le \theta \le \pi$로 잡으면 전류는 $i = I_m \sin\theta$이고, 나머지 반주기의 전류는 0이다.

3. 평균전류: 평균은 전류가 흐르는 반주기만이 아니라 **전류가 0인 구간까지 포함한 한 주기 전체**를 기준으로 구한다. 위상각으로 나타낸 한 주기는 2π이므로 $I_{avg} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} I_m \sin\theta d\theta$이다. 적분값이 $2I_m$이므로 $I_{avg} = \frac{I_m}{\pi}$가 된다.

4. 결과: 최대전류를 대입하면 $I_{avg} = \frac{\sqrt{2}E}{\pi R}$ A이며, ②의 식과 일치한다.

NoteBase

문 17. 교류전원으로부터 전력변환장치를 사용하여 교류전동기를 가변속 운전하려 한다. 이를 위해 필요한 전력변환장치의 종류와 그 연결 순서가 바르게 나열된 것은?

① 인버터 → 다이오드 정류기

② DC/DC 컨버터 → 인버터

③ 다이오드 정류기 → 인버터

④ 인버터 → 위상제어 정류기

정답 3번

간단한 해설

교류전동기를 가변속 운전하려면 **주파수를 조절할 수 있는 교류**를 공급해야 한다. 이를 위해 전원 교류를 먼저 직류로 바꾸고, 인버터에서 원하는 주파수와 전압의 교류를 만든다.

올바른 순서

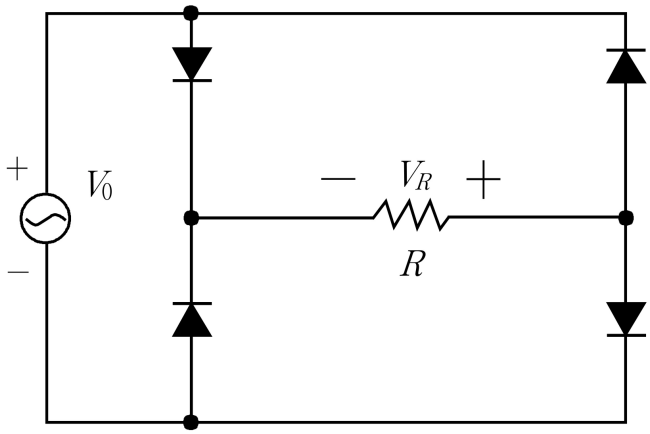
다이오드 정류기 → 인버터

다이오드 정류기: 전원에서 공급되는 교류를 **직류로 변환**하여 다음 단계인 인버터의 입력 전원을 마련한다. 직류를 입력받는 인버터나 DC/DC 컨버터를 교류전원에 바로 연결하는 순서는 맞지 않는다.

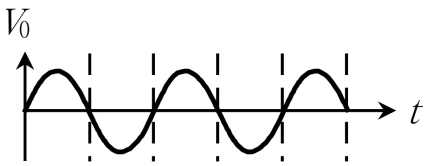
인버터: 앞 단계에서 얻은 직류를 **주파수와 전압을 조절할 수 있는 교류로 변환**하여 전동기에 공급한다. 주파수를 바꾸면 전동기 회전자계의 회전속도가 달라져 가변속 운전이 가능하다. 마지막에 다이오드 정류기나 위상제어 정류기를 두면 출력이 직류가 되므로 교류전동기에 필요한 교류를 공급할 수 없다.

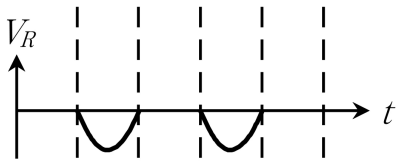
NoteBase

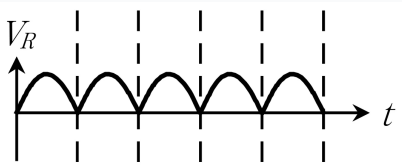
문 18. 다음 회로에서 교류전압 V_0의 파형이 보기와 같을 때, 저항 R에서 측정되는 전압 V_R의 파형은?

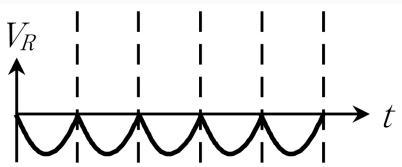


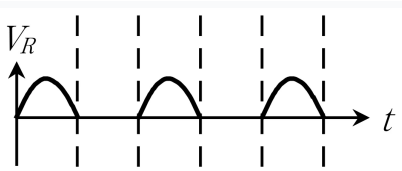
<보 기>



① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

NoteBase

간단한 해설

입력의 두 반주기 모두 저항 전류가 왼쪽에서 오른쪽으로 흐른다. 그런데 측정 극성은 오른쪽이 +이므로, V_R은 **매 반주기 음의 방향으로 나타나는 전파정류 파형**이다.

도식 해설

측정 극성: 그림에서 입력 V_0는 위쪽이 +, 아래쪽이 −이고, 저항 전압 V_R은 왼쪽이 −, 오른쪽이 +이다. 따라서 V_R은 **오른쪽 전위에서 왼쪽 전위를 뺀 값**이다. 다이오드의 순방향 전압강하를 무시하는 이상적인 경우로 해석한다.

양의 반주기: 전원의 위쪽 전위가 더 높으므로 왼쪽 위와 오른쪽 아래 다이오드가 도통한다. 전류는 전원 위쪽 → 왼쪽 위 다이오드 → 저항의 왼쪽에서 오른쪽 → 오른쪽 아래 다이오드 → 전원 아래쪽으로 흐른다. 저항의 왼쪽 전위가 더 높으므로, 표시된 극성으로 측정한 V_R은 음수이다.

음의 반주기: 전원의 아래쪽 전위가 더 높아지면 왼쪽 아래와 오른쪽 위 다이오드가 도통한다. 전류는 전원 아래쪽 → 왼쪽 아래 다이오드 → 저항의 왼쪽에서 오른쪽 → 오른쪽 위 다이오드 → 전원 위쪽으로 흐른다. 입력 극성이 바뀌어도 **저항을 지나는 전류 방향은 그대로**이므로 V_R은 이 반주기에도 음수이다.

출력 파형: 이상적인 다이오드에서는 매 반주기 입력전압의 절댓값이 저항 양단에 걸리므로 $V_R = -|V_0|$이다. 입력이 0을 지날 때마다 출력도 0이 되고, 그 사이에는 시간축 아래쪽으로 반파가 이어지는 ③의 파형이 된다. ②는 전압의 측정 극성을 반대로 잡았을 때의 양의 전파정류 파형이며, ①과 ④는 한쪽 반주기에만 출력이 나타나는 반파정류 파형이다.

NoteBase

문 19. 3상 460[V], 100[kW], 60[Hz], 4극 유도전동기가 0.05의 슬립으로 운전되고 있다. 회전자 및 고정자에 대한 회전자 자계의 상대속도[rpm]는?

① 회전자에 대한 회전자 자계의 상대속도: 90, 고정자에 대한 회전자 자계의 상대속도: 1,800

② 회전자에 대한 회전자 자계의 상대속도: 0, 고정자에 대한 회전자 자계의 상대속도: 1,800

③ 회전자에 대한 회전자 자계의 상대속도: 90, 고정자에 대한 회전자 자계의 상대속도: 0

④ 회전자에 대한 회전자 자계의 상대속도: 1,710, 고정자에 대한 회전자 자계의 상대속도: 0

정답 1번

간단한 해설

회전자 자계는 회전자에 대해 **슬립속도**인 90 rpm으로 회전한다. 고정자에서는 회전자 자체의 회전속도가 더해지므로 **동기속도**인 1,800 rpm으로 보인다.

계산 과정

동기속도: 전원 주파수 $f = 60$ Hz, 극수 $P = 4$, 슬립 $s = 0.05$이다. 고정자 회전자계의 속도인 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{P}$이다. 따라서 $n_s = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1{,}800$ rpm이다.

회전자의 기계적 속도: 슬립은 동기속도에 대한 회전자의 뒤처짐 비율로, $s = \frac{n_s - n_r}{n_s}$이다. 여기서 n_r는 고정자 기준 회전자의 속도이다. 따라서 $n_r = (1 - s)n_s$이며, $0.95 \times 1{,}800 = 1{,}710$ rpm이다.

회전자 기준 회전자 자계의 속도: 회전자에는 슬립 주파수의 전류가 유도되므로, 회전자 전류의 주파수는 $f_r = sf$이다. 이 값은 $0.05 \times 60 = 3$ Hz이다. 이 전류가 만드는 자계는 **회전자에 고정되어 있지 않고**, 회전자에 대해 $\frac{120f_r}{P} = \frac{120 \cdot 3}{4} = 90$ rpm으로 회전한다.

고정자 기준 회전자 자계의 속도: 전동기 운전에서 회전자 자계는 회전자에 대해 회전자와 같은 방향으로 회전한다. 따라서 고정자 기준 속도는 **회전자의 기계적 속도와 회전자 기준 자계 속도의 합**인 $1{,}710 + 90 = 1{,}800$ rpm이다. 회전자 기준 90 rpm, 고정자 기준 1,800 rpm이므로 ①과 일치한다.

NoteBase

문 20. 4극, 60[Hz]인 3상 유도전동기가 1,750[rpm]으로 회전하고 있을 때, 전원의 a상, b상, c상 중에서 a상과 c상을 서로 바꾸어 접속하면 이때의 슬립은?

① 0.028

② 1.028

③ 1.972

④ 2.029

정답 3번

간단한 해설

두 상을 바꾸면 **회전자계의 회전 방향이 반대**가 되지만, 회전자는 관성 때문에 바꾼 직후에도 기존 방향으로 회전한다. 따라서 회전자계와 회전자의 상대속도는 3,550 rpm이고, 이를 동기속도 1,800 rpm으로 나눈 슬립은 약 1.972이다.

계산 과정

동기속도: 전원 주파수를 f, 극수를 P라 하면 회전자계의 동기속도는 $N_s = \frac{120f}{P}$이다. 따라서 $N_s = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1{,}800\text{rpm}$이다.

접속 변경 직후의 속도: a상과 c상을 서로 바꾸면 상순서가 바뀌어 회전자계가 반대 방향으로 회전한다. 주파수와 극수는 같으므로 동기속도의 크기는 변하지 않는다. 이때 **회전자의 속도는 관성 때문에 순간적으로 반전되지 않는다**. 새 회전자계의 방향을 양의 방향으로 잡으면 동기속도는 1,800 rpm이고, 회전자 속도는 −1,750 rpm이다.

슬립 계산: 슬립은 **회전자계와 회전자의 상대속도를 동기속도로 나눈 비율**이므로 $s = \frac{N_s - N_r}{N_s}$이다. 여기서 N_r는 회전자 속도이다. 두 회전 방향이 반대이므로 상대속도의 크기는 1,800 + 1,750 = 3,550 rpm이다. 따라서 $s = \frac{1{,}800 - (-1{,}750)}{1{,}800} = \frac{3{,}550}{1{,}800} \approx 1.972$이다. 슬립은 속도의 비이므로 단위가 없으며, 회전자계와 회전자가 반대 방향으로 도는 이 순간에는 1보다 크다.

계산한 슬립 약 1.972는 ③의 값과 일치한다.

NoteBase