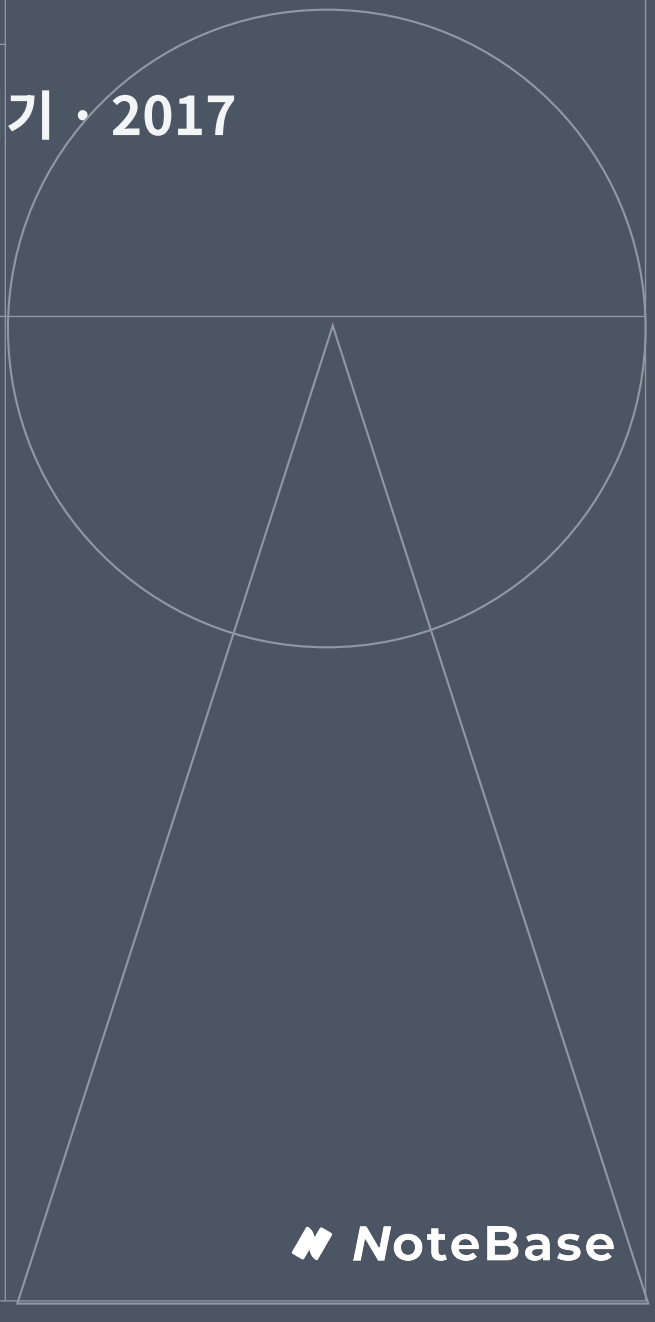
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2017

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2017

문 1. 동기기에서의 부하각이란?

① 부하전류와 여자전압 사이의 위상각

② 부하전류와 계자전류 사이의 위상각

③ 부하전류와 단자전압 사이의 위상각

④ 단자전압과 여자전압 사이의 위상각

정답 4번

간단한 해설

동기기의 부하각은 **단자전압과 여자전압 사이의 위상각**이다.

공통 해설

동기기의 부하각은 단자전압과 여자전압의 위상차를 전기각으로 나타낸 것이다. 여기서 여자전압은 계자 자속에 의해 전기자 권선에 유기되는 내부 기전력을 뜻한다. 따라서 부하각을 구할 때 비교하는 대상은 **단자전압과 내부 기전력이라는 두 전압**이다. 부하전류와 여자전압, 계자전류 또는 단자전압 사이의 위상각은 이 정의에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 2. 회전자계 이론을 기반으로 한 단상 유도전동기의 정방향 회전자계의 속도가 n_0 [rpm], 회전자의 정방향 회전속도가 n [rpm]일 때 역방향 회전자계에 대한 슬립[pu]은?

① $\frac{n_0 - n}{n_0}$
② $\frac{2n_0 - n}{n_0}$
③ $\frac{n_0 + n}{n_0}$
④ $\frac{2n_0 + n}{n_0}$

정답 3번

간단한 해설

역방향 회전자계와 회전자는 **서로 반대 방향**으로 회전하므로 상대속도는 $n_0 + n$이다. 이를 동기속도 n_0로 나누면 역방향 슬립은 $\frac{n_0 + n}{n_0}$ pu이다.

계산 과정

회전자계 이론에서는 단상 유도전동기의 교번자계를 서로 반대 방향으로 회전하는 두 자계로 나누어 생각한다. 정방향 자계의 속도가 n_0 rpm이면 역방향 자계도 같은 크기의 속도로 반대 방향으로 회전한다. 회전자는 정방향으로 n rpm으로 회전한다.

상대속도: 역방향 자계와 회전자는 **회전 방향이 반대이므로 속도의 크기를 더한다**. 따라서 역방향 자계가 회전자에 대해 움직이는 상대속도의 크기는 $n_0 + n$ rpm이다. $n_0 - n$은 같은 방향으로 회전하는 정방향 자계와 회전자 사이의 상대속도이다.

슬립 계산: 슬립은 자계와 회전자의 상대속도를 해당 자계의 동기속도로 나눈 비율이다. 역방향 슬립을 s_b라 하면 $s_b = \frac{n_0 + n}{n_0}$이다. 분자와 분모가 모두 rpm이므로 단위가 소거되며, 이 비율을 pu로 나타낸다. 이는 ③의 식에 해당한다.

NoteBase

문 3. 단자전압 150 [V], 전기자전류 10 [A], 전기자저항 2 [Ω], 회전속도 1800 [rpm]인 직류전동기의 역기전력[V]은?

① 100

② 110

③ 120

④ 130

정답 4번

간단한 해설

직류전동기의 역기전력은 **단자전압에서 전기자저항의 전압강하를 뺀 값**이다. 전압강하가 10 × 2 = 20 V이므로 역기전력은 150 − 20 = 130 V이다.

계산 과정

단자전압을 V, 역기전력을 E, 전기자전류를 I_a, 전기자저항을 R_a라 한다. 역기전력은 전기자의 회전으로 발생하여 인가전압에 반대 방향으로 작용한다. 브러시 전압강하를 무시하면 전기자 회로의 전압 관계는 $V = E + I_a R_a$이므로, **단자전압에서 저항 전압강하를 빼서** 역기전력을 구한다.

전기자저항의 전압강하: $I_a R_a$에 전기자전류 10 A와 전기자저항 2 Ω을 대입하면 10 × 2 = 20 V이다. 이는 단자전압 중 전기자저항에 걸리는 전압이다.

역기전력: $E = V - I_a R_a$이므로 150 − 20 = 130 V이다. 회전속도 1800 rpm은 주어져 있지만, 단자전압과 저항 전압강하로 역기전력을 직접 구할 수 있으므로 이 계산에는 사용하지 않는다.

계산한 역기전력 130 V는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 권선형 유도전동기의 2차측 단자에 외부저항 R을 삽입하였다. 이 저항 R을 증가시킨 경우의 설명으로 옳지 않은 것은?

① 최대 토크 발생 슬립이 증가한다.

② 최대 토크가 감소한다.

③ 기동 토크가 증가한다.

④ 기동 전류가 감소한다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '최대 토크가 감소한다'는 설명은 최대 토크의 크기와 발생 위치를 혼동한 것이다. 전원 전압과 주파수가 일정하면 외부저항을 늘려도 **최대 토크의 크기는 일정**하고, 그 토크가 발생하는 슬립이 커진다.

선지별 해설

전원 전압과 주파수가 일정하고, 외부저항 이외의 회로 조건은 같다고 두고 토크·슬립 특성의 변화를 살펴본다.

① O: 슬립은 동기속도에 비해 회전자 속도가 얼마나 낮은지를 나타내는 비율이다. 회전자 권선 자체의 저항을 r_2라 하면, 다른 회로 조건이 일정할 때 최대 토크 발생 슬립은 $s_m \propto r_2 + R$의 관계를 갖는다. 따라서 외부저항을 늘리면 **최대 토크 발생 슬립이 증가**하며, 최대 토크가 발생하는 회전속도는 낮아진다.

② X: 전원 전압과 주파수가 일정하면 **최대 토크의 크기는 회전자 저항과 무관**하다. 유도전동기의 등가회로에서 토크를 결정하는 회전자 저항 항은 $(r_2 + R)/s$의 형태이다. 저항이 커져도 슬립이 그에 비례하여 커지면 이 값이 같아지므로 같은 최대 토크를 낼 수 있다. 따라서 '최대 토크가 감소한다'는 '최대 토크는 일정하다'로 고쳐야 한다.

③ O: 외부저항은 기동 시 회전자 전류의 위상 지연을 줄여 회전자 역률을 개선한다. **최대 기동 토크에 도달하기 전의 저항 범위**에서는 이 효과로 기동 토크가 증가한다. 최대 토크 발생 슬립이 기동 상태인 s = 1에 이르면 기동 토크가 최대가 된다. 다만 그보다 저항을 더 크게 하면 기동 토크가 다시 감소하므로, 저항을 무한히 늘려도 계속 증가한다는 뜻은 아니다.

④ O: 기동 시에는 회전자가 정지해 있어 s = 1이다. 전원 조건이 같을 때 외부저항을 늘리면 **회전자 회로의 임피던스 크기가 증가**하여 회전자 기동 전류가 감소한다. 이에 따라 고정자 측에서 공급하는 기동 전류도 줄어든다.

NoteBase

문 5. 정격출력 5000 [kVA], 정격전압 6600 [V]인 3상 동기발전기가 있다. 무부하 시에 정격전압을 발생시키는 여자전류에 대한 3상 단락전류(지속 단락전류)는 500 [A]이다. 이 동기발전기의 단락비[pu]는?

① $\frac{0.66}{\sqrt{3}}$
② $\frac{0.66}{3}$
③ $\sqrt{3} \times 0.66$
④ 3×0.66

정답 3번

간단한 해설

무부하에서 정격전압을 만드는 여자전류를 기준으로, 단락비는 **지속 단락전류를 정격전류로 나눈 값**이다. 3상 정격전류를 적용하면 단락비는 $0.66\sqrt{3}$ pu가 된다.

계산 과정

단락비는 무부하에서 정격전압을 발생시키는 여자전류를, 3상 단락 상태에서 정격전류를 흘리는 여자전류로 나눈 값이다. 단락특성에서 단락전류는 여자전류에 비례하므로, **무부하 정격전압에 해당하는 여자전류**에서의 지속 단락전류를 정격전류로 나누어 구할 수 있다. 단락비를 K, 그 지속 단락전류를 I_s, 정격전류를 I_n이라 하면 $K = \frac{I_s}{I_n}$이다.

정격전류: 정격출력 5000 kVA는 3상 전체의 피상전력이며 5000000 VA이다. 정격전압 6600 V는 선간전압이므로 **3상 피상전력과 선전류의 관계**인 $S_n = \sqrt{3} V_n I_n$을 적용한다. 따라서 정격전류는 $I_n = \frac{5000000}{\sqrt{3} \cdot 6600}$ A이며, 약 437.4 A이다.

단락비: 주어진 지속 단락전류 500 A를 정격전류로 나누면 $K = \frac{500 \cdot \sqrt{3} \cdot 6600}{5000000}$이다. 따라서 단락비는 $0.66\sqrt{3}$ pu이며, ③의 $\sqrt{3} \cdot 0.66$과 같다. 같은 단위의 전류끼리 나눈 값이므로 단락비는 무차원 비이다.

NoteBase

문 6. 지상 역률 0.6의 부하 300[kW]에 100[kW]를 소비하는 동기 전동기를 병렬로 접속하여 합성 부하 역률을 지상 0.8로 하기 위해 필요한 동기전동기의 진상 무효전력[kvar]은?

① 100

② 150

③ 200

④ 250

정답 1번

간단한 해설

동기전동기가 소비하는 100 kW까지 더하면 **합성 유효전력은 400 kW**이다. 지상 역률 0.8에서 필요한 무효전력은 300 kvar이므로, 기존 부하의 지상 무효전력 400 kvar 중 100 kvar을 **진상 무효전력으로 상쇄**해야 한다.

계산 과정

전력 관계: 유효전력을 P, 무효전력을 Q, 전압과 전류의 위상차를 ϕ라 하면 역률은 $\cos\phi$이고, $Q = P\tan\phi$이다. 여기서 $\tan\phi = \frac{\sqrt{1-\cos^2\phi}}{\cos\phi}$이다. 지상 무효전력을 양수로 정하면 진상 무효전력은 음수이며, 병렬 부하의 유효전력과 무효전력은 각각 부호를 고려하여 더한다.

기존 부하의 무효전력: 유효전력이 300 kW이고 지상 역률이 0.6이므로 $\sin\phi_1 = \sqrt{1-0.6^2} = 0.8$이다. 따라서 $Q_1 = 300 \cdot \frac{0.8}{0.6} = 400\text{kvar}$이며, 이는 기존 부하가 요구하는 지상 무효전력이다.

목표 합성 무효전력: 동기전동기도 유효전력을 소비하므로 **합성 유효전력에 100 kW를 더한다**. 합성 유효전력은 300 + 100 = 400 kW이다. 목표 지상 역률이 0.8이면 $\sin\phi_2 = \sqrt{1-0.8^2} = 0.6$이므로, 합성 부하의 무효전력은 $Q_2 = 400 \cdot \frac{0.6}{0.8} = 300\text{kvar}$이어야 한다.

필요한 동기전동기 무효전력: $Q_2 = Q_1 + Q_\text{m}$이므로 $Q_\text{m} = 300 - 400 = -100\text{kvar}$이다. 음수는 동기전동기가 **진상 무효전력을 공급하여 지상 무효전력을 상쇄**한다는 뜻이다. 따라서 필요한 진상 무효전력의 크기는 100 kvar이며, ①의 100에 해당한다.

NoteBase

문 7. 변압기의 정수산정을 위한 개방회로 시험과 단락회로 시험에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 개방회로 시험에서는 변압기의 한 쪽 권선을 정격부하에, 다른 쪽 권선을 정격 선간전압에 연결한다.

② 단락회로 시험에서는 변압기의 저전압 단자를 단락시키고 고전압 단자를 가변 전압원에 연결한다.

③ 개방회로 시험을 통해 여자 어드미턴스의 크기와 각을 결정할 수 있다.

④ 단락회로 시험에서는 입력전압이 정격전압보다 매우 낮기 때문에 여자전류를 무시할 수 있다.

정답 1번

간단한 해설

개방회로 시험에서는 한쪽 권선을 정격부하에 연결하지 않고 **개방**하며, 다른 쪽 권선에 정격 주파수의 정격전압을 가한다. 부하전류가 흐르지 않는 상태에서 여자 특성을 측정하는 시험이다.

선지별 해설

① X: 개방회로 시험은 한쪽 권선을 **부하 없이 개방**하고, 다른 쪽 권선에 정격 주파수의 정격전압을 가하여 실시한다. 일반적으로 고압측을 개방하고 저압측에 전압을 가한다. 따라서 '한 쪽 권선을 정격부하에' 연결한다는 부분은 '한쪽 권선을 개방한다'로 고쳐야 한다.

② O: 단락회로 시험은 일반적으로 저압측 단자를 단락하고 고압측에 가변 전압원을 연결한다. 전압을 낮은 값부터 서서히 높여 **정격전류가 흐르도록** 조정한다. 고압측은 정격전류가 더 작으므로 전원과 전류계의 전류 용량을 줄일 수 있다.

③ O: 개방회로 시험에서 측정하는 무부하전류는 거의 여자전류이므로, 전압과 전류의 비로 **여자 어드미턴스의 크기**를 구할 수 있다. 단상 기준으로 시험전압을 V_0, 무부하전류를 I_0, 입력전력을 P_0라 하면 $|Y_0| = \frac{I_0}{V_0}$이다. 또한 $\cos\phi_0 = \frac{P_0}{V_0 I_0}$로 역률각을 구한다. 여자전류가 전압보다 늦으므로 여자 어드미턴스의 위상각은 $-\phi_0$이다.

④ O: 단락회로 시험에서는 권선의 직렬 임피던스가 작아 정격전류를 흘리는 데 필요한 전압이 정격전압보다 매우 낮다. 정격 주파수에서 인가전압이 낮으면 철심 자속과 여자전류도 작아지므로, 여자전류를 **정격전류에 비해 무시**할 수 있다. 이에 따라 주로 권선의 등가저항과 누설리액턴스를 구한다.

NoteBase

문 8. 220 [V], 4극, 60 [Hz]의 3상 권선형 유도전동기가 1710 [rpm]으로 운전되고 있다. 동일한 토크에서 회전속도를 1620 [rpm]으로 운전하기 위해 2차 측에 삽입해야 하는 상당 저항[Ω]은? (단, 이 전동기 2차 회로의 상당 권선저항은 0.5 [Ω]이다)

① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 2.0

정답 1번

간단한 해설

같은 전압·주파수에서 동일한 토크를 유지하려면 **2차 총저항과 슬립의 비**가 일정해야 한다. 슬립이 0.05에서 0.10으로 두 배가 되므로 총저항은 1.0 Ω이 되어야 하며, 기존 권선저항을 제외한 **추가 저항은 0.5 Ω**이다.

계산 과정

동기속도: 주파수 $f = 60\text{Hz}$, 극수 $P = 4$이므로 동기속도는 $N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1800\text{rpm}$이다. 2차에 저항을 삽입해도 주파수와 극수가 같으므로 동기속도는 변하지 않는다.

슬립 계산: 슬립은 동기속도에 대한 회전자 속도의 뒤처짐 비율로, $s = \frac{N_s - N}{N_s}$이다. 삽입 전에는 $s_1 = \frac{1800 - 1710}{1800} = 0.05$, 삽입 후에는 $s_2 = \frac{1800 - 1620}{1800} = 0.10$이다. 즉, 속도가 낮아지면서 **슬립은 두 배**가 된다.

동일 토크 조건: 기존의 2차 상당 권선저항을 R_2, 상당 삽입저항을 R_a라 하면 삽입 후 총저항은 $R_2 + R_a$이다. 같은 전압·주파수에서 2차 저항제어로 동일한 토크를 유지하는 운전점은 **2차 총저항을 슬립으로 나눈 값**이 같다. 따라서 $\frac{R_2}{s_1} = \frac{R_2 + R_a}{s_2}$를 적용한다.

삽입저항 계산: 필요한 총저항은 $R_2 + R_a = 0.5 \cdot \frac{0.10}{0.05} = 1.0\Omega$이다. 이 값에는 기존 권선저항 0.5 Ω이 포함되어 있으므로, **외부에 추가할 상당 저항**은 1.0 − 0.5 = 0.5 Ω이다.

따라서 삽입해야 하는 상당 저항은 0.5 Ω으로, ①에 해당한다.

NoteBase

문 9. 무부하 포화곡선이 $V_0 = \frac{730 I_f}{25 + I_f}$로 주어지는 직류 분권발전기가 있다. 계자회로 저항이 20 [Ω]이면 발전기의 단자전압[V]은? (단, I_f는 계자전류, V_0는 무부하 전압이다)

① 200

② 210

③ 220

④ 230

정답 4번

간단한 해설

분권 계자권선은 단자에 병렬로 연결되므로, 정상 발전 시 단자전압은 **무부하 포화곡선과 계자저항선이 만나는 전압**이다. 두 관계를 함께 풀면 계자전류는 11.5 A이고 단자전압은 230 V이다.

계산 과정

단자전압을 V라 하면, 분권 계자권선은 발전기 단자에 병렬로 연결되므로 계자회로에 옴의 법칙을 적용하여 $V = 20 I_f$를 얻는다. 주어진 무부하 포화곡선으로 운전점을 구할 때는 전기자회로의 전압강하를 무시하여 $V = V_0$로 놓는다. 따라서 **계자회로의 전압 관계와 포화곡선식을 동시에 만족**해야 하므로 $20 I_f = \frac{730 I_f}{25 + I_f}$이다.

정상적으로 전압이 발생하는 운전점에서는 $I_f \neq 0$이므로 양변을 I_f로 나누면 $20 = \frac{730}{25 + I_f}$이다. 이를 정리하면 $25 + I_f = \frac{730}{20} = 36.5$이므로 $I_f = 11.5\text{A}$이다. 이는 해당 운전점에서 계자권선에 흐르는 전류이다. 원래 식의 영전류 해는 전압도 0인 상태이므로 정상 발전 운전점으로 선택하지 않는다.

구한 계자전류를 계자회로의 전압 관계에 대입하면 $V = 20 \times 11.5 = 230\text{V}$이다. 따라서 단자전압은 230 V이며 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 전압비 10000/220 [V]인 Δ-Y 배전변압기가 1[%]의 저항과 5[%]의 리액턴스를 가진다. 고압측으로 환산한 임피던스가 $Z = 100 + j500$ [Ω]인 경우 이 변압기의 정격용량[kVA]은?

① 30

② 35

③ 40

④ 45

정답 1번

간단한 해설

고압측이 Δ 결선이므로 **상전압은 선간전압과 같은 10,000 V**이다. 퍼센트 저항 1%와 저항 100 Ω에서 정격 상전류는 1 A가 되며, 세 상의 용량을 합하면 30 kVA이다.

계산 과정

1. 고압측의 상전압: 주어진 임피던스는 고압측으로 환산한 값이므로 고압측 전압과 전류를 기준으로 계산한다. 고압측은 Δ 결선이어서 각 상의 권선이 두 선 사이에 연결되므로, **상전압과 선간전압이 같다**. 따라서 고압측 정격 상전압은 $V_\phi = 10000$ V이고, 환산 등가저항 R은 100 Ω, 리액턴스 X는 500 Ω이다.

2. 정격 상전류: 퍼센트 저항은 정격전류에 의한 저항 전압강하를 정격 상전압에 대한 백분율로 나타낸 값이다. 정격 상전류를 I_ϕ라 하면 $\frac{I_\phi R}{V_\phi} \cdot 100 = 1$이다. 이를 풀면 $I_\phi = \frac{0.01 \cdot 10000}{100} = 1$ A이다. 이 1 A는 **Δ 권선 한 상에 흐르는 전류**이다.

3. 리액턴스 조건 확인: 같은 상전류를 적용하면 퍼센트 리액턴스는 $\frac{I_\phi X}{V_\phi} \cdot 100$이다. 수치를 대입한 $\frac{1 \cdot 500}{10000} \cdot 100 = 5\%$는 주어진 5%와 일치한다.

4. 3상 정격용량: 한 상의 피상전력은 $V_\phi I_\phi$이므로, 3상 전체의 정격용량은 $S = 3V_\phi I_\phi$이다. 따라서 3 × 10,000 × 1 = 30,000 VA = 30 kVA이다. 구한 정격용량 30 kVA는 ①의 30에 해당한다.

NoteBase

문 11. BLDC 전동기에서 직류기의 정류작용을 위한 정류자와 브러시의 역할을 하는 구성요소는?

① 전류센서와 다이오드 정류기

② 전류센서와 인버터

③ 홀센서와 다이오드 정류기

④ 홀센서와 인버터

정답 4번

간단한 해설

BLDC 전동기는 **홀센서로 회전자 위치를 검출**하고, 그 위치에 맞춰 **인버터로 권선 전류를 전환**한다. 이 전자식 정류가 직류기의 정류자와 브러시가 하던 기계적 정류를 대신한다.

구성 요소별 해설

직류 전동기의 정류자와 브러시는 회전자의 위치에 따라 권선에 흐르는 전류 방향을 바꾸어 토크가 같은 회전 방향으로 작용하게 한다. BLDC 전동기는 기계적 접촉 대신 위치 검출과 반도체 스위칭을 결합하여 이 정류작용을 수행한다.

위치 검출 요소 — 홀센서: 회전자 영구자석의 자기장을 감지하여 **회전자의 위치 정보**를 제어회로에 전달한다. 제어회로는 이 정보를 이용해 어느 권선에 언제 전류를 흘릴지 결정한다. 전류센서는 흐르는 전류의 크기 등을 검출하는 장치이므로, 이 문항에서 요구하는 회전자 위치 검출 요소는 홀센서이다.

전류 전환 요소 — 인버터: 제어회로의 신호에 따라 반도체 스위치를 켜고 꺼서 직류 전원으로부터 각 상 권선에 전류를 순차적으로 공급한다. 즉, **회전자 위치에 맞춰 통전할 상과 전류 방향을 전환**한다. 다이오드 정류기는 교류를 직류로 바꾸는 장치로, 제어 신호에 따라 권선의 통전 순서를 바꾸는 인버터를 대신하지 못한다.

따라서 위치 검출과 전류 전환을 함께 수행할 구성은 홀센서와 인버터의 조합이며, 이는 ④에 해당한다.

NoteBase

문 12. 변압기의 3상 결선법에서 병렬운전이 불가능한 경우는?

① Δ-Y와 Δ-Y

② Δ-Y와 Δ-Δ

③ Y-Y와 Δ-Δ

④ Δ-Δ와 Δ-Δ

정답 2번

간단한 해설

Δ-Y 결선은 1차와 2차 선간전압 사이에 30°의 위상변위가 생기지만, 통상적인 Δ-Δ 결선은 위상변위가 없다. 두 변압기의 2차 전압에 **30°의 위상차**가 남으므로 병렬로 연결하면 큰 순환전류가 흐른다.

공통 해설

3상 변압기를 병렬운전하려면 같은 1차 전원에 연결했을 때, 병렬 접속할 **2차 대응 단자의 전압이 크기와 위상에서 일치**해야 한다. 전압의 크기가 같아도 위상이 다르면 두 전압의 차에 의해 변압기 사이에 순환전류가 흐른다. 변압기의 내부 임피던스가 작으므로 이 전류가 매우 커질 수 있다.

통상적인 결선에서 1차와 2차 선간전압 사이의 위상변위는 Δ-Y가 30°이고, Y-Y와 Δ-Δ는 0°이다. 따라서 Δ-Y끼리는 위상변위의 방향까지 같으면 위상을 맞출 수 있고, Δ-Δ끼리도 위상을 맞출 수 있다. Y-Y와 Δ-Δ 역시 결선 명칭은 다르지만 위상변위가 같으므로 병렬운전이 가능하다. 여기서는 전압비·극성·상순 등 나머지 병렬운전 조건도 충족하는 것으로 본다.

반면 **Δ-Y와 Δ-Δ는 위상변위가 서로 달라** 같은 1차 전원을 인가해도 2차 선간전압 사이에 30°의 위상차가 생긴다. 따라서 두 결선의 변압기는 그대로 병렬운전할 수 없다.

NoteBase

문 13. 직류 전원전압 E, 스위칭 주기 T, on 시간 T_{on}인 직류 초퍼의 평균 출력전압 V_d에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 강압 초퍼의 경우 V_d는 이론적으로 0~E의 범위 내에서 연속적으로 제어할 수 있다.

② 강압 초퍼에서는 $\frac{T_{on}}{T}$이 $\frac{1}{2}$일 때, V_d는 $\frac{1}{4}E$가 된다.

③ 승압 초퍼의 경우 V_d는 직류 전원전압 E보다 낮은 값에서는 제어할 수 없다.

④ 승압 초퍼에서는 $\frac{T_{on}}{T}$이 $\frac{1}{2}$일 때, V_d는 $2E$가 된다.

정답 2번

간단한 해설

강압 초퍼의 평균 출력전압은 **통류율에 비례**하므로 $V_d = \frac{T_{on}}{T}E$이다. 통류율이 1/2이면 평균 출력전압은 $\frac{1}{4}E$가 아니라 $\frac{1}{2}E$이다.

선지별 해설

통류율 $D = \frac{T_{on}}{T}$는 한 스위칭 주기 중 스위치가 켜져 있는 시간의 비율이다. 전압 강하와 손실을 무시한 이상적인 정상상태를 기준으로 하며, 승압 초퍼의 전압 관계는 인덕터 전류가 연속인 경우를 적용한다.

① O: 강압 초퍼의 스위칭 출력전압은 켜진 동안 E, 꺼진 동안 0이므로 한 주기의 평균은 $V_d = DE$이다. 따라서 통류율을 0에서 1까지 변화시키면 평균 출력전압을 **0에서 전원전압까지** 연속적으로 조절할 수 있다.

② X: 강압 초퍼에 $D = \frac{1}{2}$을 대입하면 $V_d = \frac{1}{2}E$이다. 전원전압이 주기의 절반 동안 출력에 가해지므로 평균도 **전원전압의 절반**이 된다. 선지의 $\frac{1}{4}E$는 $\frac{1}{2}E$로 고쳐야 한다.

③ O: 승압 초퍼는 스위치가 켜진 동안 인덕터에 에너지를 저장하고, 꺼진 동안 전원과 인덕터가 함께 출력 측에 에너지를 공급한다. 정상상태에서 인덕터의 한 주기 평균 전압이 0이어야 하므로 $ED + (E - V_d)(1 - D) = 0$이며, 이를 정리하면 $V_d = \frac{E}{1-D}$이다. $0 \le D < 1$에서 $V_d \ge E$이므로 **전원전압보다 낮게 제어할 수 없다**.

④ O: 승압 초퍼의 관계식에 $D = \frac{1}{2}$을 대입하면 $V_d = \frac{E}{1-\frac{1}{2}} = 2E$이다. 이때 꺼진 시간의 비율도 1/2이므로 평균 출력전압은 전원전압의 두 배가 된다.

NoteBase

문 14. 지하철에서 트랙션(traction) 전동기에 남아 있는 에너지를 지하철 객차 내의 히터로 보내 열에너지로 소모시키는 제동방법은?

① 회생제동
② 역상제동
③ 발전제동
④ 마찰제동

정답 3번

간단한 해설

전동기를 발전기로 동작시켜 얻은 전기에너지를 **히터의 저항에서 열로 소비**하며 속도를 줄이는 방식이 발전제동이다. 전기에너지를 전원으로 돌려보내는 회생제동과는 에너지가 전달되는 곳이 다르다.

공통 해설

발전제동은 전동기를 **발전기로 동작**시켜 차량의 운동에너지를 전기에너지로 바꾸고, 이 전력을 저항성 부하에서 열로 소비하는 제동방법이다. 발전기가 부하에 전력을 공급할 때 회전을 방해하는 방향의 토크가 생겨 차량의 속도가 줄어든다. 에너지의 흐름은 '차량의 운동에너지 → 전기에너지 → 저항에서 발생하는 열에너지'이다.

문제에서는 객차의 히터가 전력을 소비하는 저항성 부하에 해당한다. 따라서 트랙션 전동기가 만들어 낸 전력을 히터로 보내 열로 소비하는 것은 발전제동에 해당한다. 구별 기준은 단순히 열이 발생한다는 것이 아니라, **발전한 전력을 저항에서 소비한다**는 점이다. 같은 발전 작용을 이용하더라도 전력을 전원 측으로 돌려보내면 회생제동이다.

NoteBase

문 15. SCR을 이용한 인버터 회로에서 SCR이 도통 상태에 있을 때 부하전류가 20[A]이다. 이 상태에서 게이트 전류를 $\frac{1}{4}$배로 감소시킨 경우 부하전류[A]는?

① 0

② 5

③ 10

④ 20

정답 4번

간단한 해설

SCR은 일단 도통이 확립되면 **게이트 전류를 줄여도 도통 상태를 유지**한다. 게이트 전류만 1/4배로 줄인 것이므로 부하전류는 20 A로 유지된다.

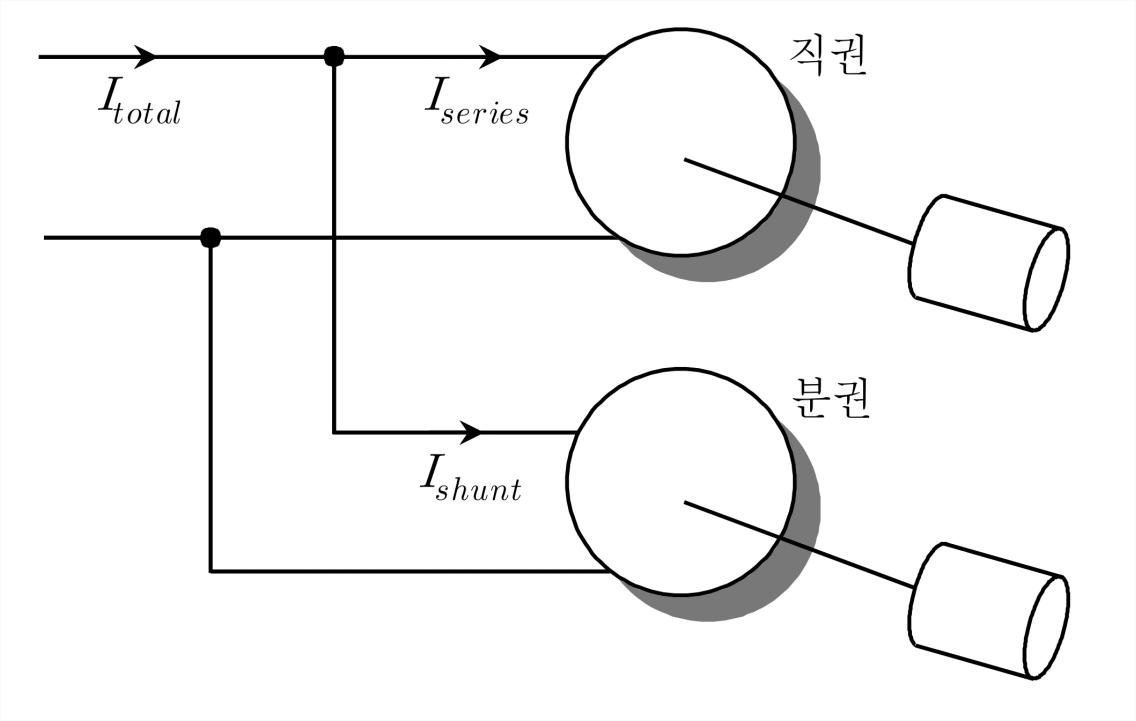
공통 해설

SCR의 게이트 전류는 도통을 시작시키는 점호 신호이다. 일단 도통이 확립되면 애노드 전류가 **유지전류 이상인 동안** 게이트 신호를 제거해도 도통이 계속된다. 유지전류는 도통 상태를 유지하는 데 필요한 최소 애노드 전류이다. 도통 중인 부하전류의 크기는 게이트 전류에 비례하는 것이 아니라 전원과 부하 조건에 의해 결정된다.

문제에서는 이미 부하전류 20 A가 흐르는 도통 상태에서 게이트 전류만 1/4배로 줄였다. 전원이나 부하 조건을 바꾼 것이 아니므로 부하전류는 20 A로 유지된다. 게이트 전류의 감소만으로 전류가 끊기거나 5 A, 10 A로 줄어들지는 않는다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 일정 전압으로 부하를 구동중인 직류 직권전동기와 직류 분권전동기에 같은 크기의 전류가 공급되고 있다. 각각의 전동기에 인가된 부하토크가 4배로 증가할 때 I_{series}, I_{shunt} 및 I_{total}의 변화는? (단, 자기포화 및 전기자 반작용은 무시한다)



① I_{series}: 4배로 증가, I_{shunt}: 2배로 증가, I_{total}: 3배로 증가

② I_{series}: 4배로 증가, I_{shunt}: 2배로 증가, I_{total}: 6배로 증가

③ I_{series}: 2배로 증가, I_{shunt}: 4배로 증가, I_{total}: 3배로 증가

④ I_{series}: 2배로 증가, I_{shunt}: 4배로 증가, I_{total}: 6배로 증가

정답 3번

간단한 해설

직권전동기의 토크는 **전류의 제곱**에, 자속이 일정한 분권전동기의 토크는 **전기자전류**에 비례한다. 분권 계자전류가 작아 공급전류를 전기자전류와 거의 같게 보는 근사에서, 토크가 4배가 되면 두 공급전류는 각각 2배와 4배가 된다. 처음 두 공급전류가 같으므로 전체 전류는 3배가 된다.

NoteBase

계산 과정

직류전동기의 토크는 $T = k\Phi I_a$이다. 여기서 k는 전동기 구조에 따른 상수, Φ는 자속, I_a는 전기자전류이다. 부하 변화 전후의 정상 운전을 비교하여 부하토크의 증가비를 전동기 토크의 증가비에 적용한다. 처음 각 전동기에 공급되는 같은 크기의 전류를 I_0, 변화 후의 전류를 프라임 기호로 나타낸다.

직권전동기: 계자권선과 전기자가 직렬이므로 $I_a = I_{series}$이다. **자기포화를 무시**하면 자속도 전류에 비례하므로 $\Phi \propto I_{series}$, 따라서 $T \propto I_{series}^2$이다. 토크가 4배가 되려면 $\left(\frac{I'_{series}}{I_0}\right)^2 = 4$이므로 $I'_{series} = 2I_0$이다. 즉, 직권전동기의 공급전류는 2배가 된다.

분권전동기: 계자권선에는 일정한 전압이 걸리므로 계자전류와 자속이 일정하다. 전기자 반작용도 무시하므로 $T \propto I_a$이고, 토크가 4배가 되면 전기자전류도 4배가 된다. 그림의 I_{shunt}는 분권전동기에 들어가는 공급전류로, 엄밀하게는 전기자전류와 계자전류의 합이다. 여기서는 **작은 계자전류를 무시하여** $I_{shunt} \approx I_a$로 보는 통상적인 근사를 적용하므로 $I'_{shunt} \approx 4I_0$이다. 계자전류 자체는 일정하게 유지된다.

전체 전류: 그림의 분기점에서 $I_{total} = I_{series} + I_{shunt}$이다. 처음에는 두 전류가 같으므로 $I_{total} = 2I_0$이고, 부하 증가 후에는 앞의 근사에서 $I'_{total} = 2I_0 + 4I_0 = 6I_0$이다. 따라서 증가비는 $\frac{I'_{total}}{I_{total}} = \frac{6I_0}{2I_0} = 3$이다. **처음 전체 전류는 한 전동기 전류의 2배**이므로, 부하 증가 후의 합이 $6I_0$라고 해서 전체 전류가 6배가 되는 것은 아니다.

직권전동기 전류 2배, 분권전동기 전류 4배, 전체 전류 3배의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 17. 다음 중 변압기의 손실에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 동손은 변압기의 1차 및 2차 권선에서 열로 발생하는 저항 손실이며, 권선에 흐르는 전류의 크기에 비례한다.

② 와전류손은 변압기의 철심에서 발생하는 와전류로 인한 손실이며, 변압기에 인가되는 전압의 제곱에 비례한다.

③ 히스테리시스손은 철심 내에 있는 자구들의 재배열로 인해 발생한다.

④ 변압기의 최대효율은 무부하손과 부하손이 같을 때 나타난다.

정답 1번

간단한 해설

동손은 권선 저항에서 발생하는 손실로, 저항이 일정하면 **전류의 제곱에 비례**한다. 따라서 전류가 2배가 되면 동손은 4배가 된다.

선지별 해설

① X: 동손은 1차·2차 권선의 저항에서 전기에너지가 열로 소모되는 손실이다. 각 권선의 전류 실효값을 I_1, I_2, 저항을 R_1, R_2라 하면 동손은 $P_{cu} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$이다. 따라서 저항이 일정할 때 동손은 전류의 크기 자체가 아니라 **전류의 제곱에 비례**한다.

② O: 와전류손은 철심 내부에 유도된 순환 전류가 철심의 저항에서 열을 발생시키는 손실이다. 같은 변압기에서 **주파수와 전압 파형이 일정**하고 권선 전압강하를 무시하면, 최대 자속밀도는 인가전압에 비례한다. 와전류손은 이 조건에서 최대 자속밀도의 제곱에 비례하므로 인가전압의 제곱에 비례한다.

③ O: 교류 자계의 방향이 바뀔 때 철심 내부 자구의 자화 방향도 바뀐다. 이때 자구벽의 이동과 자화 방향의 회전에 에너지가 소모되어 히스테리시스손이 발생한다. **자화와 탈자를 한 주기 반복할 때의 손실**은 철심 재료의 히스테리시스 곡선이 둘러싼 면적과 관련된다.

④ O: 전압·주파수와 부하 역률이 일정하고, 무부하손은 일정하며 부하손은 부하전류의 제곱에 비례한다고 보는 통상적인 조건에서 최대효율은 **무부하손과 부하손이 같을 때** 나타난다. 부하가 증가하면 출력에 대한 무부하손의 비중은 작아지는 반면, 출력에 대한 부하손의 비중은 커진다. 두 손실이 같은 부하점에서 출력당 총손실이 최소가 되어 효율이 최대가 된다.

NoteBase

문 18. 정격전압을 인가한 직류 분권전동기의 무부하 회전속도는 1200 [rpm]이다. 이 전동기의 계자전류만을 1.2배로 조정했을 때, 전동기의 무부하 회전속도[rpm]는? (단, 자기포화는 무시한다)

① 800

② 900

③ 1000

④ 1100

정답 3번

간단한 해설

자기포화를 무시하면 자속은 계자전류에 비례하며, 같은 전압의 무부하 운전에서는 **회전속도가 자속에 반비례**한다. 계자전류가 1.2배가 되므로 회전속도는 $\frac{1200}{1.2} = 1000$ rpm으로 감소한다.

계산 과정

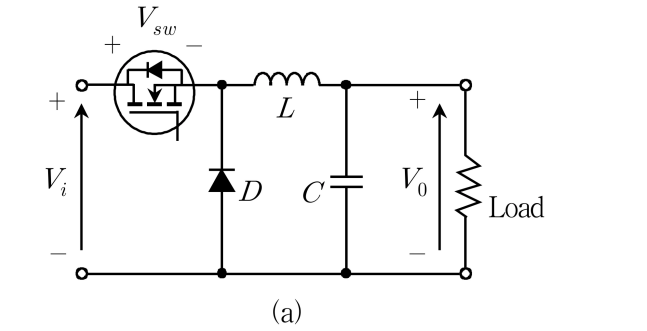
1. 무부하에서의 속도 관계: 직류전동기의 역기전력은 $E = k\Phi n$이다. 여기서 k는 전동기 구조에 따른 상수, Φ는 자극당 자속, n은 회전속도이다. 무부하에서는 전기자전류가 작으므로 **전기자 저항에 의한 전압강하를 무시**하여 역기전력을 인가전압과 거의 같게 본다. 계자전류만 조정하므로 인가전압은 일정하고, 따라서 Φn도 거의 일정하다.

2. 계자전류와 자속의 변화: 조정 전후의 계자전류를 각각 I_{f1}, I_{f2}, 자속을 각각 Φ_1, Φ_2라 하자. **자기포화를 무시하므로 자속은 계자전류에 비례**한다. 따라서 $I_{f2} = 1.2I_{f1}$이면 $\Phi_2 = 1.2\Phi_1$이다. 이는 회전속도가 1.2배가 된다는 뜻이 아니라, 역기전력을 만드는 자속이 1.2배가 된다는 뜻이다.

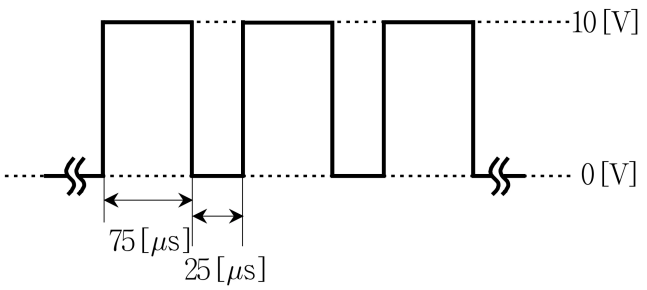
3. 조정 후 회전속도: 조정 전후의 회전속도를 각각 n_1, n_2라 하면, $\Phi_1 n_1 = \Phi_2 n_2$에서 $n_2 = n_1 \frac{\Phi_1}{\Phi_2}$이다. 주어진 값을 대입하면 $n_2 = \frac{1200}{1.2} = 1000$ rpm이다. 자속이 증가한 만큼 속도가 낮아져 같은 역기전력을 유지하며, 계산한 1000 rpm은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 19. 그림 (a)와 같은 Buck 컨버터가 정상상태로 동작하고 있다. 스위치 양단 전압 V_{sw}가 그림 (b)와 같을 때 부하로 출력되는 전압[V]은? (단, 모든 소자는 이상적으로 동작한다)



(a)



(b)

① 10.0

② 7.5

③ 5.0

④ 2.5

정답 4번

간단한 해설

스위치 양단 전압이 10 V인 75 μs는 **스위치가 꺼진 시간**이고, 0 V인 25 μs가 켜진 시간이다. 한 주기 100 μs 중 도통 비율이 0.25이므로 입력전압 10 V에 대한 출력전압은 2.5 V이다.

NoteBase

계산 과정

파형의 해석: 그림 (b)는 출력전압이 아니라 스위치 양단 전압이다. 이상적인 스위치는 **켜졌을 때 양단 전압이 0 V**이므로 도통 시간은 25 μs이고, 차단 시간은 75 μs이다. 차단 중에는 다이오드가 인덕터 전류의 통로를 제공하여 스위치 오른쪽 접점의 전위를 아래쪽 공통선과 같게 한다. 따라서 이때 스위치에 걸리는 10 V가 입력전압 V_i이다.

평균전압 계산: 한 주기는 75 + 25 = 100 μs이다. 스위치 양단 전압은 75 μs 동안 10 V, 나머지 25 μs 동안 0 V이므로, 시간 비율로 가중평균하면 $\overline{V_{sw}} = \frac{10 \cdot 75 + 0 \cdot 25}{100} = 7.5\text{V}$이다.

출력전압 계산: 인덕터 전압의 기준을 왼쪽이 +가 되도록 잡으면 회로의 전압 관계는 $v_L = V_i - V_{sw} - v_0$이다. 정상상태에서는 인덕터 전류가 매 주기 같은 값으로 돌아오므로 **한 주기 평균 인덕터 전압은 0**이다. 따라서 부하의 직류 출력전압은 $V_0 = V_i - \overline{V_{sw}}$이며, 10 − 7.5 = 2.5 V로 계산된다. 이는 ④의 2.5 V에 해당한다.

NoteBase

문 20. 60 [Hz], 200 [V], 7.5 [kW]인 3상 유도전동기의 전부하 슬립[%]은? (단, 회전자 동손은 0.4 [kW], 기계손은 0.1 [kW]이다)

① 4.0

② 4.5

③ 5.0

④ 5.5

정답 3번

간단한 해설

회전자 입력은 축출력에 기계손과 회전자 동손을 더한 8.0 kW이다. 슬립은 **회전자 입력에 대한 회전자 동손의 비율**이므로 전부하 슬립은 5.0%이다.

계산 과정

정격출력 7.5 kW는 전부하 때 축으로 내보내는 기계적 출력이다. 회전자 입력인 공극전력은 회전자 동손과 회전자에서 발생한 기계적 출력으로 나뉘며, 발생한 기계적 출력에서 기계손을 빼면 축출력이 된다.

회전자에서 발생한 기계적 출력: 축출력에 **기계손을 더하여** 구한다. 따라서 7.5 + 0.1 = 7.6 kW이다.

회전자 입력: 발생한 기계적 출력에 회전자 동손을 더하므로 7.6 + 0.4 = 8.0 kW이다. 이는 고정자에서 공극을 통해 회전자로 전달된 전력이다.

슬립: 회전자 입력을 P_g, 회전자 동손을 P_c, 슬립을 s라 하면 $P_c = sP_g$가 성립한다. 즉 회전자 입력 중 슬립에 해당하는 비율이 회전자 동손으로 소모되므로, **축출력이 아니라 회전자 입력을 분모로** 사용한다. 따라서 $s = \frac{P_c}{P_g} = \frac{0.4}{8.0} = 0.05$이며, 백분율로 나타내면 $0.05 \times 100 = 5.0\%$이다.

전부하 슬립 5.0%는 ③의 5.0에 해당한다. 주어진 60 Hz와 200 V는 이 전력 관계를 이용한 슬립 계산에 직접 사용하지 않는다.

NoteBase