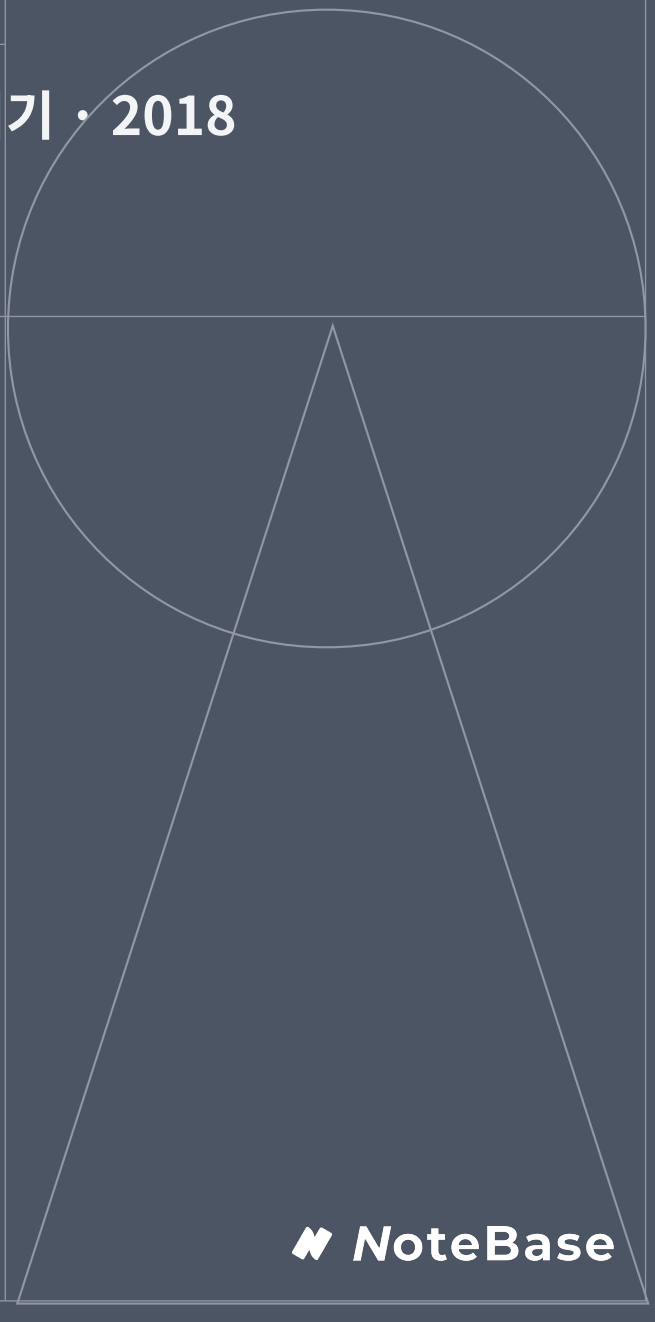
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2018

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2018

문 1. 주권선과 전기적으로 90°의 위치에 보조권선을 설치하고, 두 권선의 전류 위상차를 이용하여 기동토크를 발생시키는 단상유도전동기는?

① 반발기동형 단상유도전동기

② 반발유도형 단상유도전동기

③ 분상기동형 단상유도전동기

④ 셰이딩코일형 단상유도전동기

정답 3번

간단한 해설

주권선과 전기적으로 90° 떨어진 보조권선에 **위상이 다른 전류**를 흘려 기동토크를 만드는 것이 분상기동형의 원리이다. 여기서 90°는 두 권선의 배치 각도이며, 전류의 위상차가 반드시 90°라는 뜻은 아니다.

공통 해설

분상기동형 단상유도전동기는 주권선 외에 보조권선을 두고, 두 권선에 흐르는 전류의 위상차로 기동토크를 얻는 전동기이다. 주권선만으로는 정지 상태에서 한쪽 방향으로 회전을 시작할 기동토크가 생기지 않으므로, 주권선과 전기적으로 90° 떨어진 위치에 보조권선을 설치한다.

두 권선은 저항과 리액턴스의 비율을 다르게 설계한다. 보조권선은 주권선보다 저항의 비중이 커서 전류가 전압보다 뒤지는 정도가 작다. 이에 따라 두 권선의 전류에 시간적인 위상차가 생기고, 공간적으로 떨어진 두 권선의 자계가 합쳐져 회전하는 자계와 기동토크를 만든다. 따라서 문제의 보조권선 배치와 전류 위상차를 이용하는 기동 방식은 분상기동형에 해당한다. **권선의 공간적 배치 각도 90°**와 **전류의 시간적 위상차**는 구별해야 한다.

NoteBase

문 2. 전기자 반작용이 발생하는 전기기기에 해당하지 않는 것은?

① 동기발전기

② 직류전동기

③ 동기전동기

④ 3권선변압기

정답 4번

간단한 해설

3권선변압기는 권선 사이의 **상호유도로 전력을 전달하는 정지기기**이다. 전기자 전류가 계자의 주자속에 영향을 주는 전기자 반작용은 발생하지 않는다.

공통 해설

전기자 반작용은 **전기자 전류가 만드는 자속이 계자의 주자속에 영향을 주는 현상**이다. 전기자 전류가 흐르면 계자가 만든 자기장에 전기자가 만든 자기장이 더해져, 합성 자속의 크기나 분포가 달라진다.

동기발전기와 동기전동기에서는 고정자의 전기자 권선에 흐르는 전류가 회전자의 계자 자속에 영향을 준다. 직류전동기에서는 회전자의 전기자 전류가 고정자의 계자 자속에 영향을 준다. 세 기기는 모두 전기자 전류가 흐를 때 전기자 반작용이 발생한다.

3권선변압기는 철심에 감긴 세 권선 사이의 상호유도로 전력을 전달하며, 회전기의 전기자·계자 구조를 갖지 않는다. 부하가 연결되면 출력 측 권선의 전류가 만드는 기자력을 보상하도록 입력 측 전류가 증가한다. 이러한 권선 간 기자력의 평형은 **전기자 반작용에 해당하지 않는다**.

NoteBase

문 3. 다이오드를 이용한 정류회로에서 출력전압의 맥동률이 가장 작은 정류회로는? (단, 부하는 순저항부하이다)

① 단상 반파정류

② 단상 전파정류

③ 성형 3상 반파정류

④ 성형 6상 반파정류

정답 4번

간단한 해설

성형 6상 반파정류는 한 주기에 **6개의 맥동**이 이어지며 각 상의 전압이 최대값 부근에서 차례로 출력을 담당한다. 따라서 출력전압의 골이 얕아져 직류 평균값에 대한 **교류 성분의 비율**이 가장 작다.

선지별 해설

맥동률은 출력전압의 직류 평균값에 대한 교류 성분 실효값의 비율이며, 작을수록 출력이 일정한 직류에 가깝다. 여기서는 평활회로가 없는 이상적인 다이오드와 정현파 전원을 기준으로 비교한다. 순저항부하에서는 출력전류가 출력전압에 비례하며, 다상 반파정류에서는 순간 전압이 가장 높은 상의 다이오드가 차례로 도통한다.

① 단상 반파정류: 한 주기의 한쪽 반주기만 출력에 나타나므로 맥동은 주기당 1개이다. 나머지 반주기에는 **출력전압이 0**이 되어 변동이 크며, 맥동률은 약 1.21이다.

② 단상 전파정류: 두 반주기를 같은 극성으로 출력하므로 맥동은 주기당 2개이다. 반파정류처럼 반주기 전체가 비지는 않지만, **매 반주기 경계에서 출력이 0**이 된다. 맥동률은 약 0.48로 단상 반파정류보다 작다.

③ 성형 3상 반파정류: 120°의 위상차를 갖는 세 상이 번갈아 출력을 담당하여 맥동은 주기당 3개이다. 한 상의 전압이 낮아지면 다른 상이 도통하므로 **출력이 0까지 떨어지지 않는다**. 맥동률은 약 0.183으로 단상 전파정류보다 작다.

④ 성형 6상 반파정류: 60°의 위상차를 갖는 여섯 상이 번갈아 출력을 담당하여 맥동은 주기당 6개이다. 3상 반파정류보다 도통하는 상이 자주 바뀌고 각 상의 **최대값 부근을 더 짧게 이어 사용**하므로 출력의 고저 차가 작다. 맥동률은 약 0.042이다.

맥동률은 단상 반파정류 > 단상 전파정류 > 성형 3상 반파정류 > 성형 6상 반파정류 순으로 작아진다. 따라서 네 회로 중 출력전압의 맥동률이 가장 작은 것은 ④의 성형 6상 반파정류이다.

NoteBase

문 4. 이상적인 단상변압기의 1차 측 권선 수는 200, 2차 측 권선 수는 400이다. 1차 측 권선은 220[V], 50[Hz] 전원에, 2차 측 권선은 2[A], 지상역률 0.8의 부하에 연결될 때, 부하에서 소비되는 전력[W]은?

① 600

② 654

③ 704

④ 734

정답 3번

간단한 해설

이상적인 변압기는 **전압비가 권수비와 같으므로** 2차 전압은 440 V이다. 부하의 소비전력은 피상전력에 **역률 0.8을 곱한 유효전력**이므로 704 W이다.

계산 과정

1. 2차 전압 구하기: 1차와 2차의 권선 수를 각각 N_1, N_2, 전압의 실효값을 각각 V_1, V_2라 한다. 이상적인 변압기에서는 권선의 전압강하가 없고 두 권선에 같은 주자속이 쇄교하므로 **전압비가 권수비와 같다**. 따라서 $V_2 = V_1\frac{N_2}{N_1}$이다. 주어진 값을 대입하면 $V_2 = 220 \cdot \frac{400}{200} = 440\text{V}$이다. 2차 권선 수가 1차의 두 배이므로 전압도 두 배로 높아진다.

2. 부하의 소비전력 구하기: 부하전류의 실효값은 $I_2 = 2\text{A}$, 역률은 $\cos\varphi = 0.8$이다. 단상 교류에서 전압과 전류의 실효값을 곱한 피상전력은 $440 \times 2 = 880\ \text{VA}$이다. 이 중 실제로 소비되는 유효전력은 **피상전력에 역률을 곱하여** 구한다. 따라서 $P = V_2 I_2 \cos\varphi$에 따라 $440 \times 2 \times 0.8 = 704\ \text{W}$이다. 지상역률은 전류의 위상이 전압보다 늦다는 뜻이며, 이 계산에서는 주어진 역률 0.8을 그대로 적용한다.

부하에서 소비되는 전력은 704 W이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 심구형 및 2중농형 3상 유도전동기의 회전자에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 적절한 회전자 도체의 형상과 배치를 이용하여 기동 시 실효 저항이 직류 저항의 수배가 되도록 하는 것이다.

② 2중농형 회전자의 경우 슬롯의 외측 도체는 내측 도체보다 저항이 낮다.

③ 심구형 회전자의 경우 고정자 측으로 환산된 실효 저항과 누설 리액턴스는 회전자 속도에 따라 변한다.

④ 심구형 회전자의 경우 슬롯 안의 도체에 전류가 흐르면 슬롯 아래 부분에 가까운 도체일수록 많은 누설자속과 쇄교된다.

정답 2번

간단한 해설

2중농형 회전자의 외측 도체는 내측 도체보다 **저항이 높고 누설 리액턴스는 작다**. 기동 시에는 내측 도체의 큰 누설 리액턴스 때문에 전류가 외측 도체에 집중되어 높은 기동 토크를 얻는다.

선지별 해설

① O: 심구형과 2중농형은 회전자 도체의 형상과 배치를 이용하여 **기동 시 실효 저항을 크게** 만드는 구조이다. 심구형에서는 기동 시 전류가 도체의 윗부분에 집중되어 전류가 흐르는 유효 단면적이 작아지고, 2중농형에서는 저항이 큰 외측 도체에 전류가 집중된다. 이러한 구조로 기동 시 실효 저항이 직류 저항의 수배가 되도록 하여 기동 특성을 개선한다.

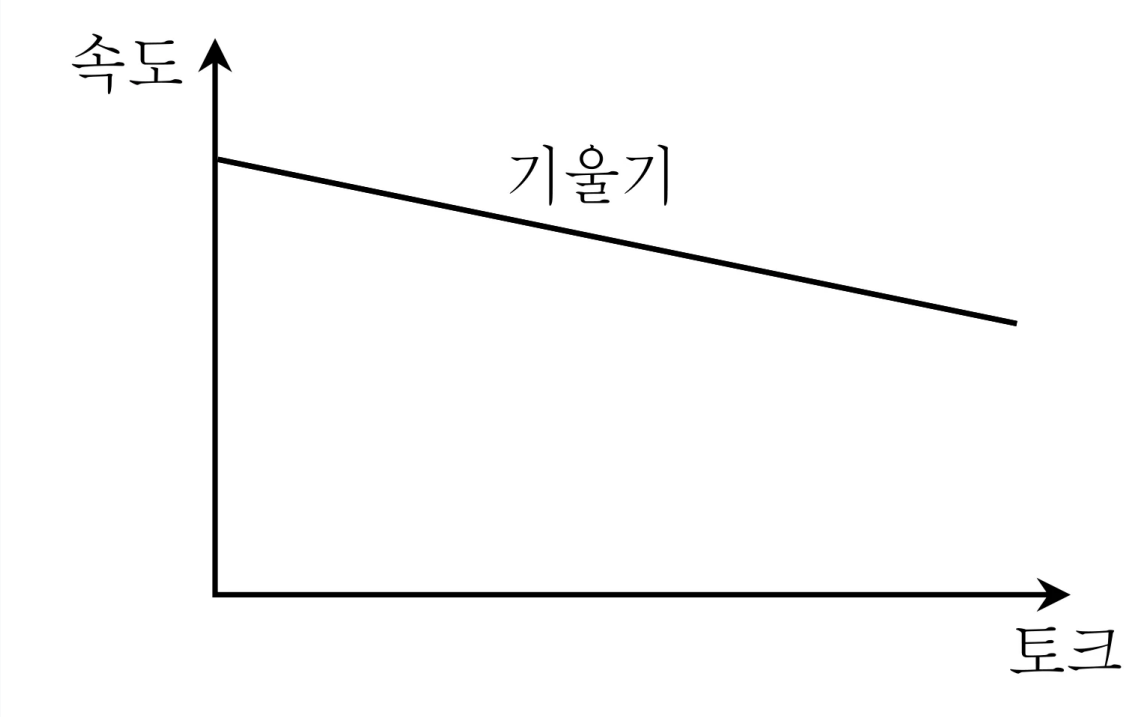
② X: 2중농형의 외측 도체는 내측 도체보다 **저항이 높다**. 외측 도체는 누설 리액턴스가 작고, 깊이 배치된 내측 도체는 저항이 낮지만 누설 리액턴스가 크다. 기동 시에는 회전자 전류의 주파수가 높아 내측 도체의 리액턴스가 커지므로 전류가 주로 외측 도체에 흐른다. 정상 운전 시에는 주파수가 낮아져 리액턴스의 영향이 작아지므로 저항이 낮은 내측 도체에 전류가 더 많이 흐른다.

③ O: 회전자 속도가 동기속도에 가까워질수록 슬립이 작아져 회전자 전류의 주파수가 낮아진다. 심구형에서는 이에 따라 **도체 내부의 전류 분포가 달라지므로** 실효 저항과 유효 누설 인덕턴스가 변한다. 따라서 고정자 측으로 환산한 실효 저항과 누설 리액턴스도 회전자 속도에 따라 달라진다.

④ O: 심구형 도체를 높이별로 나누어 생각하면, 슬롯 아랫부분의 도체일수록 슬롯 내부의 **더 많은 누설자속과 쇄교**하므로 누설 인덕턴스가 크다. 기동 시에는 이 부분의 누설 리액턴스도 커져 전류가 흐르기 어려워지고, 상대적으로 누설 리액턴스가 작은 윗부분에 전류가 집중된다.

NoteBase

문 6. 다음 그림과 같은 타여자 직류전동기의 토크-속도 특성 곡선에서 기울기는? (단, K_a는 상수, R_a는 전기자 저항, Φ는 계자 자속이다)



① $-\frac{R_a}{(K_a\Phi)^2}$
② $-\frac{K_a\Phi}{R_a}$
③ $-\frac{(K_a\Phi)^2}{R_a}$
④ $-\frac{R_a}{K_a\Phi}$

정답 1번

간단한 해설

전기자 전압과 계자 자속이 일정하면 토크가 커질수록 전기자 저항의 전압강하가 증가하여 속도가 낮아진다.
속도를 토크의 함수로 정리하면 **토크의 계수**가 기울기이므로 $-\frac{R_a}{(K_a\Phi)^2}$이다.

NoteBase

계산 과정

축과 조건: 그림의 세로축은 속도, 가로축은 토크이므로 기울기는 **토크 변화량에 대한 속도 변화량**이다. 전기자 전압과 계자 자속이 일정한 정상상태의 기본 특성을 구하며, 브러시 전압강하와 전기자 반작용은 무시한다. 전기자 전압을 V_a, 전기자 전류를 I_a, 역기전력을 E_a, 각속도를 ω, 토크를 T라 두며, 각속도와 토크의 단위는 각각 rad/s와 N·m이다.

기본 관계식: 전기자에 공급한 전압은 역기전력과 저항의 전압강하의 합이므로 $V_a = E_a + I_a R_a$이다. 역기전력은 자속과 속도에 비례하여 $E_a = K_a \Phi \omega$이고, 토크는 자속과 전기자 전류에 비례하여 $T = K_a \Phi I_a$이다.

전기자 전류 제거: 토크식에서 $I_a = \frac{T}{K_a \Phi}$를 얻는다. 이를 전압식에 대입하면 $V_a = K_a \Phi \omega + \frac{R_a T}{K_a \Phi}$이다. 여기서 $\frac{R_a T}{K_a \Phi}$는 토크를 발생시키는 전기자 전류에 따른 저항의 전압강하이다.

속도식 정리: 위 식을 속도에 관해 풀면 $\omega = \frac{V_a}{K_a \Phi} - \frac{R_a}{(K_a \Phi)^2} T$이다. 첫 항은 이 기본 모형에서 토크가 0일 때의 속도이고, 두 번째 항은 토크 증가에 따른 속도 감소분을 나타낸다.

기울기: 전압과 자속이 일정하므로 속도식은 토크에 대한 직선식이다. 따라서 $\frac{\Delta \omega}{\Delta T} = -\frac{R_a}{(K_a \Phi)^2}$이며, 이는 ①의 식과 일치한다. 음의 부호는 **토크가 증가하면 속도가 감소함**을 뜻하며 그림의 우하향 직선과도 맞는다.

NoteBase

문 7. 8극, 50 [Hz] 3상 유도전동기가 600 [rpm]의 속도로 운전될 때 토크가 500 [N · m]이라면 기계적 출력[kW]은?

① 5π

② 10π

③ 100π

④ 300π

정답 2번

간단한 해설

기계적 출력은 **토크와 실제 회전 각속도의 곱**이다. 600 rpm은 20πrad/s이므로, 토크 500 N·m를 곱하면 출력은 10πkW이다.

계산 과정

기계적 출력의 관계: 토크를 T, 회전 각속도를 ω라 하면 기계적 출력은 $P = T\omega$이다. 토크가 일정할 때 회전각에 비례하여 일이 증가하므로, 단위 시간당 일인 출력은 토크에 각속도를 곱해 구한다. 주어진 토크는 500 N·m이며, 속도는 **실제 회전속도인 600 rpm**을 사용한다. 극수와 주파수로 구하는 동기속도를 대신 넣지 않는다.

각속도 환산: 600 rpm은 1분에 600회전한다는 뜻이다. 1회전은 2π rad, 1분은 60초이므로 $\omega = \frac{2\pi n}{60}$이다. 여기에 회전속도 $n = 600$ rpm을 대입하면 $\omega = 20\pi$rad/s이다.

출력 계산: $P = 500 \cdot 20\pi = 10000\pi$W이다. **W를 kW로 바꾸려면 1000으로 나누므로**, $P = \frac{10000\pi}{1000} = 10\pi$kW이다. 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 권선형 3상 유도전동기의 2차저항 속도제어 방법의 특징으로 옳은 것은?

① 부하에 대한 속도 변동이 적다.

② 최대 토크가 발생하는 슬립을 제어할 수 있다.

③ 역률이 좋고 운전 효율이 양호하다.

④ 전부하로 장시간 운전하여도 온도상승이 적다.

정답 2번

간단한 해설

2차회로의 외부저항을 늘리면 **최대 토크가 발생하는 슬립이 커진다**. 전원 조건이 같으면 최대 토크의 크기는 거의 유지되면서, 그 토크가 발생하는 회전속도는 낮아진다.

선지별 해설

2차저항 속도제어는 권선형 유도전동기의 회전자 회로에 슬립링을 통해 외부저항을 넣어 속도를 조절하는 방법이다. 슬립은 동기속도와 회전자 속도의 차이를 동기속도로 나눈 비율이므로, 슬립이 커지면 회전속도는 낮아진다.

① X: 외부저항을 일정하게 둔 상태에서 부하토크가 증가하면 슬립이 커지고 속도가 떨어진다. 저항을 크게 넣을수록 같은 부하 변화에 대한 속도 변화가 커지므로, **부하에 대한 속도 변동이 큰 편**이다.

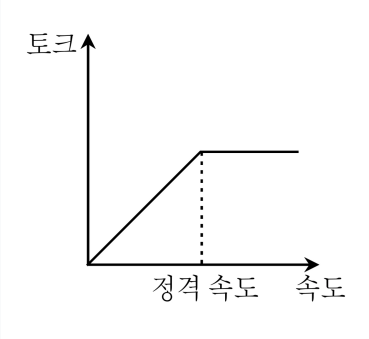
② O: 전원 전압과 주파수가 일정할 때 2차회로의 전체 저항을 늘리면 **최대 토크가 발생하는 슬립이 커진다**. 최대 토크의 크기는 거의 변하지 않고 토크-속도 특성의 최대점이 낮은 속도 쪽으로 이동하므로, 외부저항으로 최대 토크 발생 슬립을 조절할 수 있다.

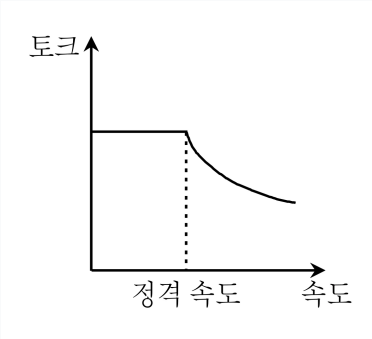
③ X: 역률은 부하와 운전점에 따라 달라지며, 저항을 넣었다고 고효율 운전이 되는 것은 아니다. 저속으로 제어할수록 회전자에 전달된 전력 중 외부저항 등을 통해 열로 소모되는 비중이 커져 **운전 효율이 낮아진다**. 따라서 역률과 운전 효율이 모두 양호한 제어법이라는 설명은 성립하지 않는다.

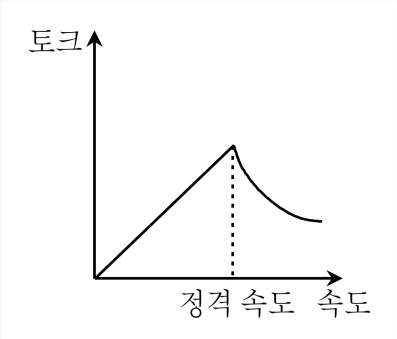
④ X: 외부저항에서는 운전 중 계속 열이 발생하므로 충분한 방열 능력이 필요하다. 또한 축에 달린 팬으로 냉각하는 전동기는 저속에서 냉각 능력이 떨어지므로, 전부하로 장시간 운전할 때 **온도상승이 작다고 일반화할 수 없다**. 전동기의 냉각 조건과 외부저항의 연속 사용 정격을 고려해야 한다.

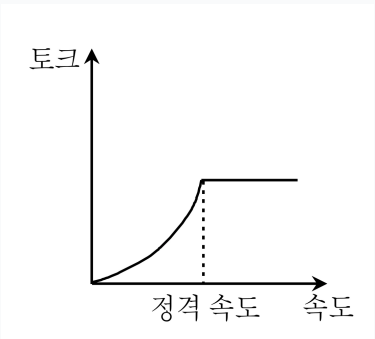
NoteBase

문 9. 타여자 직류전동기의 속도제어에서 정격속도 이하에서는 전기자 전압제어, 정격속도 이상에서는 계자전류제어를 나타낸 특성곡선은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 2번

간단한 해설

정격속도 이하에서는 자속과 전기자전류를 일정하게 유지하므로 **토크가 일정**하다. 정격속도 이상에서는 계자를 약하게 하여 속도를 높이므로, **출력이 거의 일정한 상태에서 토크가 감소**한다.

NoteBase

도식 해설

그래프의 가로축은 속도, 세로축은 토크이며, 점선은 정격속도를 나타낸다. 전기자전류를 정격값으로 유지하는 표준 속도제어 특성에서 토크는 $T = k_t \Phi I_a$이다. 여기서 Φ는 자속, I_a는 전기자전류, k_t는 전동기의 토크 상수이다.

정격속도 이하: 계자전류를 일정하게 유지하여 자속을 고정하고, 전기자 전압을 조절하여 속도를 바꾼다. 자속과 전기자전류가 일정하면 토크도 일정하므로 **수평선인 정토크 구간**이 된다. 전압을 높여 속도를 올린다고 해서 토크까지 비례하여 증가하는 것은 아니다.

정격속도 이상: 전기자 전압은 정격값으로 유지하고, 계자전류를 줄여 자속을 약하게 하는 약계자제어를 한다. 역기전력은 $E = k_e \Phi \omega$이며, ω는 각속도, k_e는 역기전력 상수이다. 전기자 저항에 의한 전압강하를 무시하면 역기전력이 거의 일정하므로, 자속이 감소하는 만큼 속도가 증가한다. 이때 전기자전류가 일정하면 자속에 비례하는 토크는 감소한다. 따라서 기계적 출력 $P = T\omega$가 거의 일정하여 **토크가 속도에 반비례**하는 하강 곡선이 된다.

특성곡선 판독: 정격속도까지는 수평이고 그 이후에는 오른쪽으로 갈수록 토크가 감소하는 곡선이 ②이다. ①·③·④는 정격속도 이하에서 토크가 속도와 함께 증가하므로 전기자 전압제어의 정토크 특성과 맞지 않는다.

NoteBase

문 11. 단상 배전선 전압 200[V]를 220[V]로 승압하는 단권변압기의 자기용량[kVA]은? (단, 부하용량은 110[kVA]이다)

① 90

② 100

③ 9

④ 10

정답 4번

간단한 해설

단권변압기의 자기용량은 **승압분 20 V에 해당하는 전자유도 용량**이다. 부하용량 110 kVA에 승압분과 출력전압의 비율을 곱하면 자기용량은 10 kVA이다.

계산 과정

승압 전 전압을 V_1, 출력전압을 V_2라 하면 각각 200 V, 220 V이다. 단권변압기의 **직렬권선에는 두 전압의 차이**가 걸리므로, 직렬권선 전압은 $V_s = V_2 - V_1 = 20\text{V}$이다.

부하용량 S_L은 피상전력이므로 단상에서 $S_L = V_2 I_2$가 성립한다. 110 kVA = 110000 VA이므로 부하전류는 $I_2 = \frac{110000}{220} = 500\text{A}$이다. 직렬권선은 부하와 직렬로 연결되어 이 부하전류가 흐른다.

자기용량 S_m은 전체 부하용량 중 **전자유도로 전달하는 부분의 용량**으로, 직렬권선 전압과 그 전류의 곱이다. 따라서 $S_m = V_s I_2$이며, $S_m = 20 \cdot 500 = 10000\text{VA}$이다. 이를 kVA로 환산하면 10 kVA로, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 전압을 일정하게 유지하는 정전압 특성이 있는 다이오드는?

① 쇼트키 다이오드

② 바리스터 다이오드

③ 정류 다이오드

④ 제너 다이오드

정답 4번

간단한 해설

제너 다이오드는 **역방향 항복 영역**에서 전류가 변해도 양단 전압이 거의 일정하게 유지되는 특성을 이용하여 전압을 안정시킨다.

공통 해설

정전압 특성은 흐르는 전류가 변해도 소자 양단의 전압이 거의 일정하게 유지되는 성질이다. 제너 다이오드에 역방향 전압을 가하면 항복 전압 부근에서 전류가 급격히 증가하지만, 전압의 변화는 작다. 이 **역방향 항복 영역의 작은 전압 변화**를 이용하므로, 전압을 일정하게 유지하는 소자는 제너 다이오드이다.

정전압 회로에서는 제너 다이오드를 부하와 병렬로 연결하고 역방향 항복 영역에서 동작시킨다. 전원 쪽에 직렬 저항을 두어 전류를 제한하며, 제너 전류와 소비전력이 허용 범위에 있도록 해야 한다. 즉, 모든 전압·전류에서 일정한 전압을 유지하는 것이 아니라 **적절한 역방향 동작 범위**에서 정전압 특성을 얻는다.

NoteBase

문 13. 단상 반파정류회로에서 출력 직류전압 135 [V]를 얻는 데 필요한 입력 교류전압의 실횻값 [V]은? (단, 정류소자의 전압강하는 무시한다)

① 150

② 300

③ 380

④ 405

정답 2번

간단한 해설

단상 반파정류의 출력 직류전압은 **출력 전압의 한 주기 평균값**으로, 입력 교류전압 실횻값의 약 0.45배이다. 따라서 출력 135 V를 얻으려면 입력 실횻값은 약 **300 V**가 필요하다.

계산 과정

1. 출력 직류전압과 최댓값의 관계: 입력 교류를 정현파로 보고 그 최댓값을 V_m, 입력 실횻값을 V라 한다. 정류소자의 전압강하를 무시하면 반파정류 출력은 한쪽 반주기에는 입력 전압과 같고, 나머지 반주기에는 0이다. 이 파형을 **한 주기 전체에 걸쳐 평균**한 출력 직류전압은 $V_{\mathrm{dc}} = \frac{V_m}{\pi}$이다.

2. 입력 실횻값으로 환산: 정현파의 최댓값과 실횻값 사이에는 $V_m = \sqrt{2}V$의 관계가 있다. 이를 평균값 식에 대입하면 $V_{\mathrm{dc}} = \frac{\sqrt{2}}{\pi}V$이다. 즉, 반파정류의 출력 직류전압은 입력 실횻값의 약 0.45배이며, **출력의 평균값과 입력의 실횻값을 구분**해야 한다.

3. 필요한 입력 전압 계산: 출력 직류전압 135 V를 대입하여 입력 실횻값을 구하면 $V = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot 135 \approx 299.9\mathrm{V}$이다. 따라서 필요한 입력 교류전압의 실횻값은 약 300 V로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 6극, 슬롯 수 90인 3상 동기발전기에서 전기자 코일을 감을 때, 상 유기기전력의 제5고조파를 제거하기 위해 전기자 코일의 두 변이 1번 슬롯과 몇 번 슬롯에 감겨야 하는가?

① 10번

② 11번

③ 12번

④ 13번

정답 4번

간단한 해설

제5고조파를 제거하려면 전기각 180°의 전절권보다 **36° 짧게** 감아야 한다. 이 발전기에서는 코일 두 변의 간격이 12슬롯이므로, 1번 슬롯에서 12칸 떨어진 13번 슬롯에 다른 변을 놓는다.

계산 과정

극당 슬롯 수: 한 극에 해당하는 슬롯 수는 $\frac{90}{6} = 15$개이다. 한 극 간격은 전기각 180°이므로, 인접 슬롯 사이의 전기각은 $\frac{180^\circ}{15} = 12^\circ$이다.

제5고조파 제거 조건: 전절권의 코일 간격 180°에서 줄인 전기각을 단절각 α라고 하면, 제5고조파의 단절계수는 $k_{p5} = \cos\left(\frac{5\alpha}{2}\right)$이다. **단절계수가 0**이면 코일 두 변에서 유도된 제5고조파 기전력이 서로 상쇄된다. 따라서 $\frac{5\alpha}{2} = 90^\circ$가 되도록 하며, 필요한 단절각은 $\alpha = \frac{180^\circ}{5} = 36^\circ$이다.

코일 간격: 필요한 코일 간격은 전기각 180° − 36° = 144°이다. 슬롯 한 칸이 전기각 12°이므로 두 변 사이의 슬롯 간격은 $\frac{144^\circ}{12^\circ} = 12$칸이다.

슬롯 번호: 코일 간격은 **두 슬롯 번호의 차이**이다. 한 변이 1번 슬롯에 있으면 다른 변은 1 + 12 = 13번 슬롯에 놓이므로, ④의 13번에 해당한다.

NoteBase

문 15. 3상 동기발전기에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 무한대 모선에 동기발전기를 병렬운전하기 위해서는 발전기들의 전압, 주파수가 같아야 하며 상회전방향과는 무관하다.

② 12극 동기발전기의 출력전압 주파수를 60[Hz]로 하면 회전자 속도는 600[rpm]이 된다.

③ 돌극형 회전자보다 원통형 회전자가 저속용에 더 적합하다.

④ 회전자 계자권선에는 교류전류가 흐른다.

정답 2번

간단한 해설

동기발전기의 회전자 속도는 **주파수와 극수**로 정해지며, 주파수가 f Hz이고 극수가 P이면 $n = \frac{120f}{P}$ rpm이다. 12극에서 60 Hz를 발생시키려면 회전자 속도는 600 rpm이어야 한다.

선지별 해설

① X: 무한대 모선은 발전기의 출력 변화에도 전압과 주파수가 일정하게 유지되는 계통으로 본다. 여기에 발전기를 병렬로 연결하려면 전압의 크기와 주파수뿐 아니라 **상 회전방향, 즉 상순서도 같아야 한다**. 차단기를 투입하는 순간에는 대응하는 각 상의 전압 위상도 일치해야 한다. 상순서가 다르면 한 상의 위상을 맞추더라도 나머지 상의 전압이 일치하지 않아 큰 전류가 흐를 수 있다.

② O: 동기발전기는 회전자가 1회전할 때 극쌍 수만큼 전압의 주기가 반복된다. 12극은 6극쌍이므로 **회전자 1회전당 6주기**가 발생한다. 회전자 속도를 n rpm, 극수를 P, 주파수를 f Hz라 하면 $f = \frac{P}{2} \cdot \frac{n}{60}$이다. 따라서 $n = \frac{120f}{P}$이며, 주어진 값을 대입하면 $n = \frac{120 \cdot 60}{12} = 600$ rpm이다.

③ X: **저속용에는 돌극형, 고속용에는 원통형** 회전자가 적합하다. 같은 주파수를 발생시킬 때 회전속도가 낮을수록 많은 극이 필요하므로, 여러 자극을 배치하기 쉬운 돌극형이 저속 발전기에 쓰인다. 원통형은 돌출된 자극이 없는 견고한 구조여서 고속 회전의 원심력에 견디기 유리하다.

④ X: 회전자 계자권선에는 **직류전류**를 흘려 자극을 만든다. 이 자극이 회전자와 함께 회전하면서 고정자 전기자권선에 쇄교하는 자속을 주기적으로 변화시켜 3상 교류전압을 유도한다. 계자에 공급하는 전류와 전기자에 발생하는 전압을 구별해야 한다.

NoteBase

문 16. Y결선 3상 원통형 동기발전기의 정격출력이 9,000 [kW], 상 정격전류가 500 [A], 역률이 0.75일 때, 1상의 동기리액턴스[Ω]는? (단, 권선 저항은 무시하며, 1상의 동기리액턴스는 0.9 [pu]이다)

① 10.8

② 12.0

③ 14.4

④ 15.2

정답 3번

간단한 해설

정격 피상전력은 9,000 kW를 역률 0.75로 나눈 12,000 kVA이다. 이 값과 상전류 500 A로 구한 1상 기준 임피던스는 16 Ω이므로, 동기리액턴스는 **0.9 × 16 = 14.4 Ω**이다.

계산 과정

1. 기준 피상전력: 발전기의 정격값을 기준으로 삼는다. 정격출력 9,000 kW는 3상 전체의 유효전력이므로, 기준 피상전력은 **유효전력을 역률로 나눈 값**이다.
S_ b=9,0000.75=12,000 kVA
즉, 기준 피상전력은 12,000,000 VA이다.

2. 1상 기준 임피던스: 정격 상전압을 V, 정격 상전류를 I라 하면 3상 피상전력은 S_ b=3VI이고, 1상 기준 임피던스는 Z_ b=(V)/(I)이다. 두 관계를 결합하면 상전압을 따로 계산하지 않고도 다음과 같이 구할 수 있다. 이때 **3상 전체 피상전력을 사용하므로 분모에 3이 들어간다**.
Z_ b=(S_ b)/(3I^2)
Z_ b=12,000,0003×500^2=16 Ω
Y결선에서는 선전류와 상전류가 같으며, 주어진 500 A를 상전류 I에 적용한다.

3. 동기리액턴스 환산: 리액턴스의 pu값은 **실제 리액턴스를 기준 임피던스로 나눈 비**이다. 따라서 실제 동기리액턴스는 주어진 0.9 pu에 기준 임피던스 16 Ω을 곱한 값이다.
X_ s=0.9Z_ b
0.9 × 16 = 14.4 Ω

따라서 1상의 동기리액턴스는 14.4 Ω이며, 이에 해당하는 선지는 ③이다.

NoteBase

문 17. 1차 공급전압과 주파수가 일정한 변압기에서 1차 코일의 권수만 $\frac{1}{3}$배로 줄였을 때, 여자전류와 최대자속은 몇 배로 변화하는가? (단, 권수 변화에 따른 1차 저항 및 1차 누설리액턴스는 동일하게 설계하며, 변압기 철심은 포화되지 않는다)

① 여자전류: 9배, 최대자속: 3배

② 여자전류: $\frac{1}{9}$배, 최대자속: $\frac{1}{3}$배

③ 여자전류: 9배, 최대자속: $\frac{1}{3}$배

④ 여자전류: $\frac{1}{9}$배, 최대자속: 3배

정답 1번

간단한 해설

공급전압과 주파수가 일정하면 최대자속은 **권수에 반비례**하므로 3배가 된다. 비포화 철심에서 이 자속을 만들기 위해 필요한 여자전류는 **자속에 비례하고 권수에 반비례**하므로 9배가 된다.

계산 과정

조건과 기호: 변경 전 1차 권수를 N_1, 최대자속을 Φ_m, 여자전류를 I_m이라 하고, 변경 후 값에는 프라임을 붙인다. 주어진 조건은 $N_1' = N_1/3$이며, 공급전압 V_1과 주파수 f는 일정하다. 1차 저항과 누설리액턴스는 문제 조건대로 유지하고, 아래 계산에는 **권선의 전압강하를 무시하는 통상적인 근사**를 적용한다.

최대자속: 정현파 정상상태에서 1차 유도기전력의 실효값은 $E_1 = 4.44 f N_1 \Phi_m$이다. 전압강하를 무시하면 $E_1 \approx V_1$이므로, 같은 전압과 주파수를 유지하려면 **권수와 최대자속의 곱이 일정**해야 한다. 따라서 $\frac{\Phi_m'}{\Phi_m} = \frac{N_1}{N_1'} = \frac{N_1}{N_1/3} = 3$이다. 권수를 줄이면 한 바퀴당 필요한 유도기전력이 커지므로 최대자속이 3배로 증가한다.

여자전류: 철심이 포화되지 않는 선형 자기회로에서는 자기저항을 일정하게 보므로, 자속은 기자력인 '권수 × 여자전류'에 비례한다. 따라서 **여자전류는 자속에 비례하고 권수에 반비례**한다. 최대자속이 3배가 된 상태에서 권수는 1/3배로 줄었으므로, $\frac{I_m'}{I_m} = \frac{\Phi_m'}{\Phi_m} \cdot \frac{N_1}{N_1'} = 3 \cdot 3 = 9$이다. 즉, 자속을 3배로 만드는 데 필요한 기자력이 3배이고, 줄어든 권수로 그 기자력을 만들려면 전류가 추가로 3배 필요하다.

여자전류는 9배, 최대자속은 3배가 되므로 ①의 변화 배율과 일치한다.

NoteBase

문 18. 변압기의 철심을 비자성체인 플라스틱으로 교체한 경우 발생하는 현상으로 옳지 않은 것은?

① 2차측 유기기전력에는 변화가 없다.

② 1차측 입력전류의 고조파 성분이 감소한다.

③ 1차측 입력전류가 크게 증가한다.

④ 변압기 코일에서의 발열은 증가하나, 플라스틱에는 직접적인 발열이 없다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '변화가 없다'는 설명과 달리, 플라스틱으로 교체하면 두 권선의 **자기결합이 약해져 2차측 유기기전력이 감소**한다. 플라스틱은 철심처럼 자속을 모아 두 권선을 연결하는 역할을 하지 못한다.

선지별 해설

교체 전후에 같은 교류 전압과 주파수를 가하는 경우를 비교한다.

① X: 철심은 자속이 쉽게 흐르는 통로를 만들어 1차측과 2차측을 자기적으로 결합한다. 이를 플라스틱으로 바꾸면 자기결합이 약해지고, 2차 권선에 쇄교하는 자속의 변화가 작아져 **2차측 유기기전력이 감소**한다. 따라서 '변화가 없다'를 '감소한다'로 고쳐야 한다. 권수가 그대로여도 두 권선을 연결하는 자속의 조건까지 같게 유지되는 것은 아니다.

② O: 철심의 자화 특성은 비선형이므로 정현파 전압을 가해도 여자전류의 파형이 왜곡되어 고조파가 포함된다. 플라스틱으로 교체하면 **철심의 비선형 자화에 따른 왜곡이 줄어들어** 입력전류의 고조파 성분이 감소한다. 전류 파형의 왜곡이 줄어드는 것과 전류의 전체 크기가 작아지는 것은 별개이다.

③ O: 철심을 플라스틱으로 교체하면 투자율이 낮아지고 자기저항이 커져 **여자 인덕턴스가 크게 감소**한다. 유도성 리액턴스는 $X_L = 2\pi f L$이므로 같은 주파수에서 인덕턴스가 작아지면 전류를 제한하는 작용도 약해진다. 같은 교류 전압을 가하면 1차측 입력전류가 크게 증가한다.

④ O: 1차측 전류가 증가하면 권선 저항에서 발생하는 동손 $P_{cu,1} = I_1^2 R_1$이 커져 코일의 발열이 증가한다. 일반적인 절연성 플라스틱에는 철심과 같은 **히스테리시스손과 와전류손에 의한 직접적인 발열이 없다**. 다만 코일에서 발생한 열이 전달되어 플라스틱의 온도가 올라갈 수는 있다.

NoteBase

문 19. 40 [kW], 200 [V], 1,700 [rpm] 정격의 보상권선이 있는 타여자 직류발전기가 있다. 전기자 저항은 0.05 [Ω], 보상권선 저항은 0.01 [Ω], 계자권선 저항은 100 [Ω]일 때, 정격 운전시 유기기전력[V]은? (단, 전기자 반작용과 브러시의 전압 강하는 무시한다)

① 208

② 210

③ 212

④ 214

정답 3번

간단한 해설

타여자 발전기는 계자전류를 외부 전원에서 공급하므로 전기자전류는 부하전류와 같은 200 A이다.
유기기전력은 단자전압에 **전기자와 보상권선의 저항에 의한 전압 강하** 12 V를 더한 212 V이다.

계산 과정

전기자전류: 정격 출력은 40 kW = 40,000 W이고 단자전압은 200 V이다. 타여자 발전기의 계자권선은 **별도 전원으로 여자**되므로, 발전기의 출력에서 계자전류가 분기되지 않는다. 따라서 전기자전류 I_a는 부하전류와 같으며, 출력 관계 $P = VI_a$에서 $I_a = \frac{40000}{200} = 200\text{A}$이다. 계자권선 저항 100 Ω은 이 전기자전류 계산에 포함하지 않는다.

내부 전압 강하: 보상권선은 **전기자와 직렬로 연결**되어 같은 전기자전류가 흐른다. 전기자 저항 R_a와 보상권선 저항 R_c를 합하면 0.05 + 0.01 = 0.06 Ω이다. 따라서 두 권선에서 생기는 전체 저항 전압 강하는 200 × 0.06 = 12 V이다.

유기기전력: 발전기 내부에서 발생한 전압 중 일부가 권선 저항에서 강하하므로, **유기기전력은 단자전압보다 내부 전압 강하만큼 크다**. 전기자 반작용과 브러시 전압 강하를 무시하면 $E = V + I_a(R_a + R_c)$이므로, 유기기전력은 200 + 12 = 212 V이며 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 2중중권 6극 직류기의 전기자권선의 병렬회로 수는?

① 2

② 4

③ 6

④ 12

정답 4번

간단한 해설

중권의 병렬회로 수는 **중수와 극수의 곱**이다. 2중중권 6극이므로 2 × 6 = 12개이다.

계산 과정

전기자권선의 병렬회로 수는 브러시 사이에서 전류가 나뉘어 흐르는 경로의 수이다. 단중중권의 병렬회로 수는 극수와 같고, m중중권에서는 그 수가 m배가 된다. 따라서 중수를 m, 극수를 P, 병렬회로 수를 a라 하면 $a = mP$ 이다.

이 문제는 **2중중권이므로 m = 2**이고, 6극이므로 P = 6이다. 이를 대입하면 $a = 2 \cdot 6 = 12$이므로 병렬회로 수는 12개이며, ④의 12에 해당한다.

NoteBase