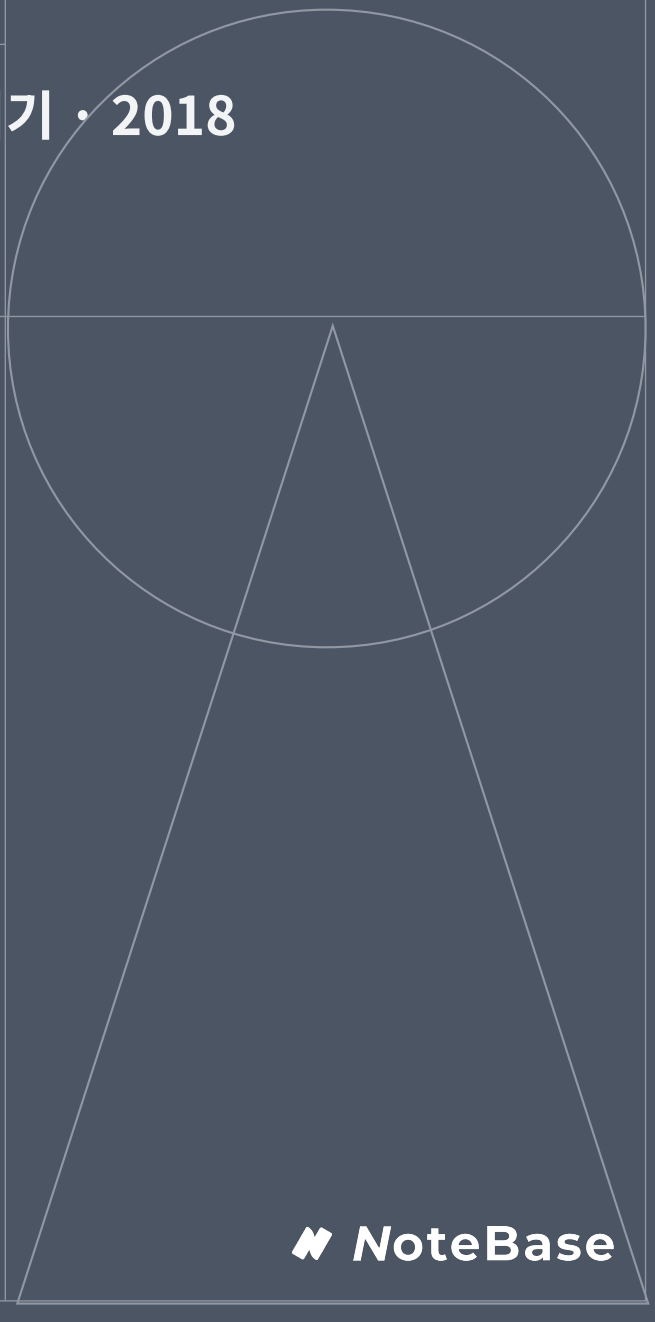
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2018

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2018

문 1. 3상 변압기의 결선방법 중 수전단 변전소용 변압기와 같이 고전압을 저전압으로 강압할 때, 주로 사용되는 것은?

① Δ−Δ 결선

② Y−Y 결선

③ Y−Δ 결선

④ Δ−Y 결선

정답 3번

간단한 해설

Y−Δ 결선은 고전압측을 Y로 연결하여 **각 상 권선에 걸리는 전압과 절연 부담을 줄이는** 강압용 결선이다. 수전단에서는 이 결선으로 고전압을 받아 저전압측의 Δ 결선으로 전력을 공급한다.

공통 해설

이 문제의 결선 표기는 1차측−2차측의 순서이다. 수전단 변전소에서 고전압을 저전압으로 낮출 때 주로 사용하는 Y−Δ 결선은 **고전압인 1차측을 Y, 저전압인 2차측을 Δ**로 연결한 것이다.

평형 3상에서 선간전압을 V_L, 각 상 권선의 전압을 V_ϕ라 하면, Y 결선은 $V_\phi = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$, Δ 결선은 $V_\phi = V_L$이다. 따라서 고전압측을 Y로 연결하면 같은 선간전압에서도 각 상 권선에 걸리는 전압이 낮아져 권선의 절연에 유리하다. 또한 Y−Δ 결선에서는 1차측 선간전압이 상전압의 $\sqrt{3}$배이고 2차측 선간전압은 상전압과 같으므로, 선간전압의 비는 $\frac{V_{L2}}{V_{L1}} = \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{N_2}{N_1}$이다. 여기서 N_1, N_2는 각각 1차측과 2차측의 상 권선수이다. 즉, 같은 권수비라면 결선 자체도 선간전압을 낮추는 방향으로 작용한다.

Y−Y와 Δ−Δ는 양쪽 결선이 같아 선간전압의 비가 권수비와 같고, Δ−Y는 반대로 선간전압의 비가 권수비의 $\sqrt{3}$배가 된다. 이 차이로 수전단 강압용의 Y−Δ와 반대 구성인 Δ−Y를 구별한다. 다만 **실제 승압·강압은 권수비와 결선에 함께 좌우된다**. 다른 결선으로 강압할 수 없다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 2. 3상 농형 유도전동기에서 고정자 권선의 결선을 △에서 Y로 바꾸면 기동 전류의 변화로 옳은 것은?

① 3배로 증가

② $\sqrt{3}$배로 증가

③ $\frac{1}{\sqrt{3}}$배로 감소

④ $\frac{1}{3}$배로 감소

정답 4번

간단한 해설

같은 선간전압에서 △결선을 Y결선으로 바꾸면 각 권선에 걸리는 전압이 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배로 줄어든다. 여기에 결선별 상전류와 선전류의 관계를 적용하면, **기동 선전류**는 △결선일 때의 $\frac{1}{3}$배로 감소한다.

계산 과정

비교 조건: 기동 전류는 **전원에서 전동기로 흐르는 선전류**를 뜻한다. 같은 선간전압 V_L에서 결선만 바꾸며, 각 권선의 기동 임피던스 크기를 동일한 Z로 두고 비교한다. 상전류는 각 권선에 흐르는 전류이다.

△결선: 각 권선에 선간전압이 그대로 걸리므로 상전류는 $I_{\phi\Delta} = \frac{V_L}{Z}$이다. 선전류는 상전류의 $\sqrt{3}$배이므로 $I_{L\Delta} = \frac{\sqrt{3}V_L}{Z}$이다.

Y결선: 각 권선에 걸리는 전압은 $\frac{V_L}{\sqrt{3}}$이므로 상전류는 $I_{\phi Y} = \frac{V_L}{\sqrt{3}Z}$이다. Y결선에서는 **선전류와 상전류가 같으므로** $I_{LY} = \frac{V_L}{\sqrt{3}Z}$이다.

변화 비율: 두 선전류의 비는 $\frac{I_{LY}}{I_{L\Delta}} = \frac{1}{3}$이다. 권선 전압 감소에 따른 상전류의 변화뿐 아니라, △결선과 Y결선의 선전류·상전류 관계 차이까지 반영한 결과이다. 따라서 기동 전류는 기존의 $\frac{1}{3}$배로 감소하며, ④에 해당한다.

NoteBase

문 3. 극수 8, 동기속도 3,000[rpm]인 동기발전기와 병렬 운전하는 극수가 6인 동기발전기의 회전수[rpm]는?

① 3,600

② 3,800

③ 4,000

④ 4,200

정답 3번

간단한 해설

병렬 운전하는 동기발전기는 **발생 주파수가 같아야** 하므로, 회전수는 극수에 반비례한다. 극수가 8에서 6으로 줄어들면 회전수는 $\frac{8}{6}$배가 되어 4,000 rpm이다.

계산 과정

동기발전기의 극수를 P, 회전수를 n(rpm), 발생 주파수를 f(Hz)라 하면 $f = \frac{Pn}{120}$이다. 회전자 1회전마다 극쌍수인 $\frac{P}{2}$만큼 전기적 주기가 발생하고, rpm을 초당 회전수로 바꾸려면 60으로 나누므로 이 관계가 성립한다.

기준 발전기는 극수가 8이고 회전수가 3,000 rpm이므로 발생 주파수는 $f = \frac{8 \cdot 3{,}000}{120} = 200$ Hz이다. 이 200 Hz가 **두 발전기에 공통으로 적용되는 주파수**이다.

극수가 6인 발전기도 200 Hz를 발생시켜야 하므로 $n = \frac{120f}{P}$에 대입한다. 회전수는 $n = \frac{120 \cdot 200}{6} = 4{,}000$ rpm이다. 같은 주파수에서 극수가 적으면 1회전당 발생하는 전기적 주기가 적으므로 **더 빠르게 회전해야** 한다.

따라서 요구되는 회전수는 4,000 rpm으로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 동기발전기의 전기자 권선을 단절권으로 하는 이유는?

① 절연 증가

② 유효 자속 증가

③ 역률 개선

④ 고조파 개선

정답 4번

간단한 해설

단절권은 코일 피치를 짧게 하여 특정 고조파 기전력을 줄이고, 발생 전압의 파형을 정현파에 가깝게 만든다. 주된 목적은 **고조파 감소에 의한 파형 개선**이다.

공통 해설

단절권은 코일 양쪽 변 사이의 간격인 코일 피치를 **1극 피치(전기각 180°)보다 짧게** 한 권선이다. 코일 피치가 1극 피치인 전절권과 달리, 코일 양쪽 변에서 발생한 유도기전력의 위상 관계를 조절한다.

고조파는 기본파 주파수의 정수배 주파수를 갖는 성분으로, 발생 전압의 파형을 정현파에서 벗어나게 한다. 코일 피치를 적절히 선택하면 양쪽 코일 변의 고조파 기전력이 합성될 때 **특정 차수의 고조파가 상쇄**되어 감소하거나 제거된다. 기본파 기전력도 다소 감소하지만, 억제하려는 고조파 성분을 크게 줄여 전압 파형을 개선할 수 있다.

따라서 단절권의 적용 목적은 유도기전력의 합성 관계를 이용한 고조파 개선이다. 절연 증가·유효 자속 증가·역률 개선은 이 권선 방식을 채택하는 주된 이유에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 5. 100 [W], 220/22 [V]의 2권선 변압기를 승압 단권변압기로 결선을 변경하고 저압측에 전압 220 [V]를 공급할 때, 고압측 전압 [V]은?

① 242

② 264

③ 2,200

④ 2,420

정답 1번

간단한 해설

승압 단권변압기는 두 권선의 전압이 **더해지도록 직렬 연결**한다. 220 V에 22 V가 더해지므로 고압측 전압은 242 V이다.

계산 과정

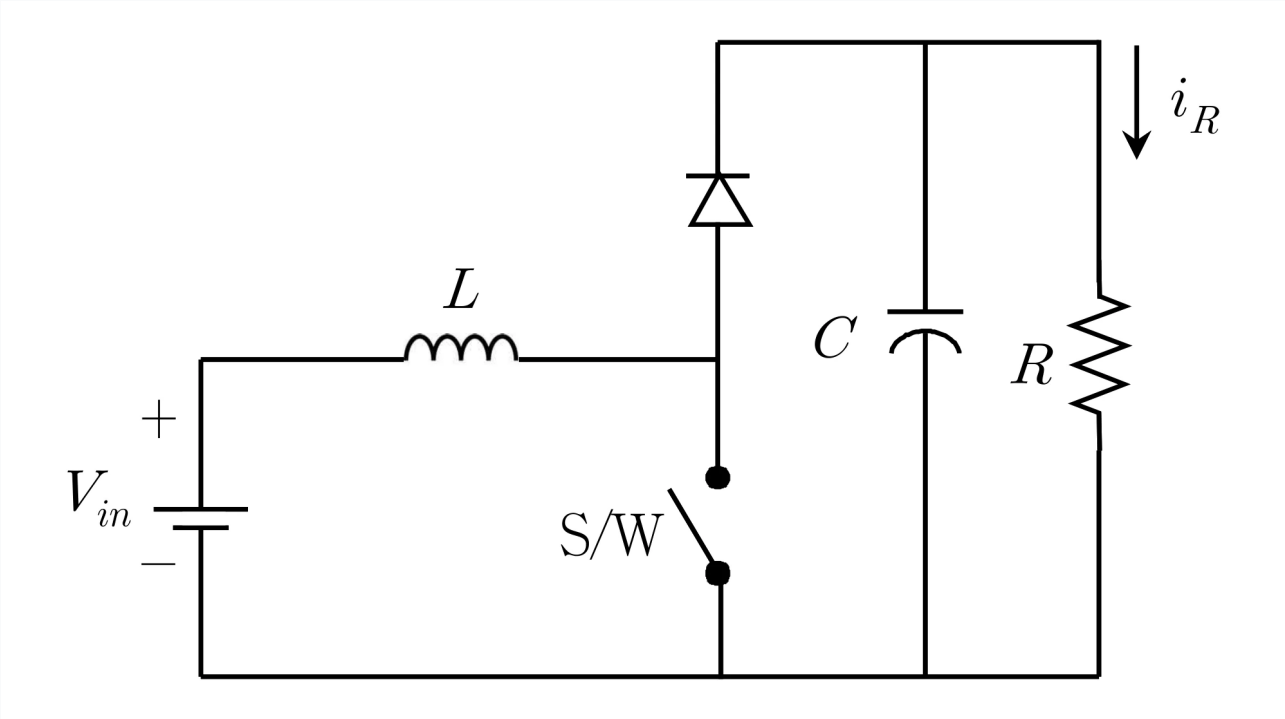
원래 220 V 권선을 공통권선으로, 22 V 권선을 직렬권선으로 사용한다. 단권변압기의 저압측은 공통권선 양단이므로, 공급전압 220 V는 **원래 220 V 권선에 인가**된다.

권선의 전압강하를 무시하면 각 권선의 전압은 권수에 비례하므로, 결선을 바꾸어도 두 권선의 전압비는 220 : 22이다. 따라서 직렬권선에 유도되는 전압은 $E_s = 220 \cdot \frac{22}{220} = 22\text{V}$이다. 이 22 V가 입력전압에 추가되는 승압분이다.

승압 결선에서는 두 권선의 전압이 같은 방향으로 더해지며, 고압측은 두 권선 전체의 양단이다. 따라서 고압측 전압은 220 + 22 = 242 V로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 컨버터에서 입력전압 V_{in}은 200 [V], 스위치(S/W)의 듀티비는 0.5, 부하저항 R은 10 [Ω]이다. 이 컨버터의 부하저항 R에 흐르는 전류 i_R의 평균치[A]는? (단, 커패시턴스 C와 인덕턴스 L은 충분히 크다고 가정한다)



① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 4번

간단한 해설

그림은 입력전압을 높이는 **승압형 컨버터**이며, 듀티비가 0.5이면 출력전압은 입력전압의 2배인 400 V이다.
부하저항이 10 Ω이므로 부하전류의 평균치는 **40 A**이다.

NoteBase

계산 과정

회로와 조건: 입력전원에 직렬로 인덕터가 있고, 인덕터 뒤의 접점에서 스위치가 아래쪽 공통선으로 연결되며 다이오드는 출력 쪽으로 연결되어 있다. 이는 승압형 컨버터의 구성이다. 충분히 큰 인덕턴스와 커패시턴스 조건에서 인덕터 전류는 연속이고 출력전압의 맥동은 작다고 본다. 스위치와 다이오드는 이상적으로 동작한다고 가정한다. 듀티비 D는 한 주기 중 스위치가 켜져 있는 시간의 비율이며, 여기서는 0.5이다.

스위치가 켜진 구간: 다이오드는 역바이어스되어 차단되고, 입력전원이 인덕터에 에너지를 저장한다. 인덕터 전압을 왼쪽 전위에서 오른쪽 전위를 뺀 값으로 잡으면 $v_L = V_{in}$이다. 이때 부하에는 커패시터가 전력을 공급한다.

스위치가 꺼진 구간: 인덕터 전류가 다이오드를 통해 출력으로 흐르며, **입력전원과 인덕터가 함께 출력에 에너지를 공급**한다. 출력전압을 V_o라 하면 인덕터 전압은 $v_L = V_{in} - V_o$이다.

출력전압 계산: 정상상태에서는 한 주기 후 인덕터 전류가 원래 값으로 돌아오므로 **인덕터 전압의 한 주기 평균은 0**이다. 따라서 $DV_{in} + (1-D)(V_{in} - V_o) = 0$이며, 이를 정리하면 $V_o = \frac{V_{in}}{1-D}$이다. 주어진 값을 대입하면 $V_o = \frac{200}{1-0.5} = 400\text{V}$이다. 즉 부하저항 양단에 걸리는 평균전압은 400 V이다.

부하전류 계산: 저항에는 옴의 법칙이 적용되므로 평균전류는 평균전압을 저항으로 나눈 값이다. 따라서 $\overline{i_R} = \frac{V_o}{R} = \frac{400}{10} = 40\text{A}$이며, 이는 ④의 40 A와 일치한다.

NoteBase

문 7. 변압기의 각종 전류에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 1차측 전류는 자속 생성을 위한 여자전류와 2차측으로 공급되는 부하전류로 구성된다.

② 무부하 전류는 철손전류와 자화전류로 구성되며, 두 전류의 위상은 같다.

③ 정현파 전압을 인가하더라도 무부하 전류는 고조파 성분을 갖는 경우가 많다.

④ 1차측 전류에서 여자전류를 제외한다면, 1차측과 2차측 권선 기자력의 크기는 동일하다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '두 전류의 위상은 같다'가 잘못되었다. 등가회로에서 철손전류는 전압과 동상이고 자화전류는 전압보다 90° 늦으므로, 두 성분의 위상은 **90° 차이**가 난다.

선지별 해설

① O: 1차측 전류는 철심의 자속을 만들고 철손을 공급하는 여자전류와, 2차측 부하에 전력을 전달하기 위한 부하전류 성분의 벡터합이다. 여기서 부하전류 성분은 2차측 전류 자체가 아니라 **2차측 전류를 권수비에 따라 1차측으로 환산한 전류**이다.

② X: 무부하 전류는 철손을 공급하는 철손전류와 자속을 형성하는 자화전류로 나뉜다. 정현파 등가회로에서 철손전류는 여자분기 전압과 동상이고, 자화전류는 그 전압보다 90° 늦는다. 따라서 '위상은 같다'를 **'위상은 90° 차이가 난다'**로 고쳐야 한다. 두 전류는 크기를 단순히 더하는 것이 아니라 벡터로 합성한다.

③ O: 철심은 자화전류가 증가해도 자속이 같은 비율로 증가하지 않는 **비선형 자화 특성**을 가진다. 특히 포화 영역에서는 자속을 조금 더 증가시키는 데 큰 전류가 필요하다. 따라서 정현파 전압으로 자속이 거의 정현파가 되더라도 이를 만드는 자화전류는 찌그러질 수 있어, 무부하 전류에 고조파가 포함된다.

④ O: 2차측에 부하전류가 흐르면 주자속을 감소시키려는 기자력이 생기고, 1차측에는 이를 상쇄하는 부하전류 성분이 추가로 흐른다. 여자전류를 제외한 1차측 전류의 크기를 I_{1L}, 2차측 전류의 크기를 I_2, 각 권수를 N_1, N_2라 하면 $N_1 I_{1L} = N_2 I_2$이다. 따라서 두 권선의 부하전류에 의한 기자력은 **크기가 같고 작용 방향이 반대**이다.

NoteBase

문 8. 1,200 [rpm]에서 정격출력 16 [kW]인 전동기에 축 반경 40 [cm]인 벨트가 연결되어 있을 때, 정격 조건에서 이 벨트에 작용하는 힘[N]은?

① 1000/π

② 1200/π

③ 1400/π

④ 1600/π

정답 1번

간단한 해설

벨트에 전달되는 동력은 **힘과 벨트 속력의 곱**이다. 벨트의 속력이 16π m/s이므로, 16 kW를 전달하는 힘은 $\frac{1000}{\pi}$ N이다.

계산 과정

단위 환산: 정격출력은 축에서 전달되는 기계적 동력이므로 P = 16,000 W를 사용한다. 축의 **반지름**은 r = 0.40 m이고, 회전속도 1,200 rpm은 $n = \frac{1200}{60} = 20$회/s이다.

벨트의 속력: 벨트가 축에서 미끄러지지 않는 것으로 보면, 축이 한 바퀴 도는 동안 벨트는 축의 둘레인 $2\pi r$만큼 이동한다. 따라서 벨트의 속력은 $v = 2\pi rn$이고, $v = 2\pi \cdot 0.40 \cdot 20 = 16\pi$ m/s이다. 이는 벨트가 1초 동안 이동하는 거리이다.

힘 계산: 벨트를 움직이는 접선방향 힘을 F라 하면, 단위시간에 하는 일은 힘과 이동 속력의 곱이므로 **동력과 힘의 관계**는 $P = Fv$이다. 따라서 $F = \frac{P}{v} = \frac{16000}{16\pi} = \frac{1000}{\pi}$ N이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 3,300 [V], 60 [Hz], 10극, 170 [kW]의 3상 유도전동기가 전부하에서 회전자 동손이 5 [kW], 기계손이 5 [kW]일 때, 회전수[rpm]는?

① 694

② 700

③ 706

④ 712

정답 2번

간단한 해설

슬립은 **회전자 입력에 대한 회전자 동손의 비율**이며, 회전자 입력은 축출력과 기계손, 회전자 동손을 합한 180 kW이다. 따라서 슬립은 $\frac{1}{36}$이고, 동기속도 720 rpm에 이를 적용한 회전수는 700 rpm이다.

계산 과정

1. 동기속도: 주파수 $f = 60\text{Hz}$, 극수 $p = 10$일 때 회전자계를 이루는 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{p}$이다. 따라서 $n_s = \frac{120 \times 60}{10} = 720\text{rpm}$이다.

2. 회전자 입력: 전부하 출력 170 kW는 축에서 얻는 기계적 출력이다. 회전자에서 발생한 기계적 동력은 **축출력에 기계손을 더한 값**이므로 170 + 5 = 175 kW이다. 회전자 입력 P_2는 이 동력과 회전자 동손의 합이므로 175 + 5 = 180 kW이다.

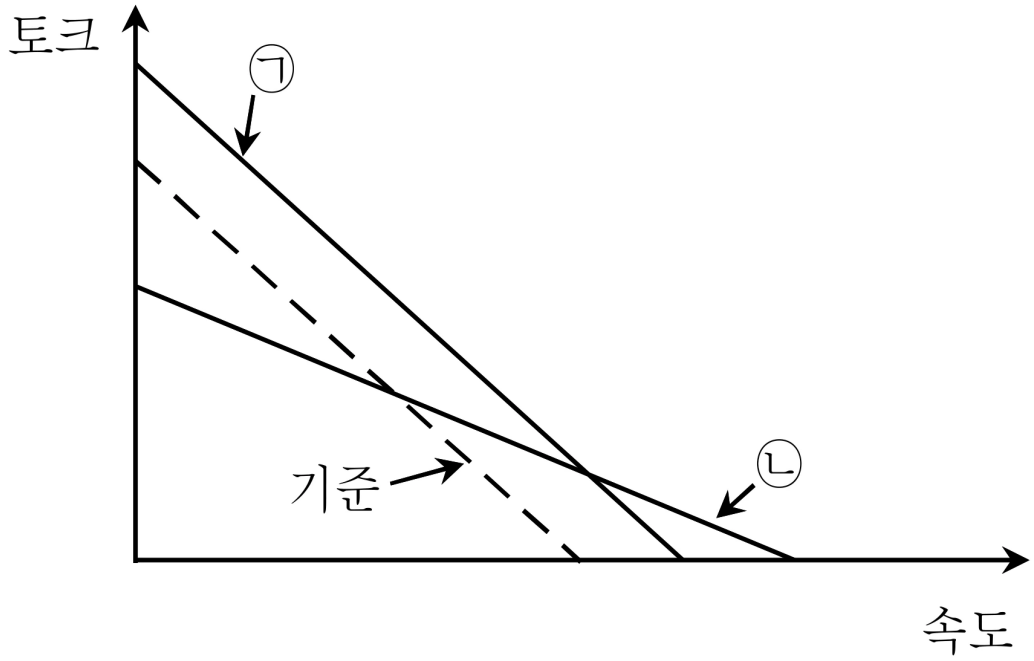
3. 슬립: 유도전동기에서 회전자 입력 중 슬립 s에 해당하는 비율은 회전자 동손으로 소비되고, 나머지는 기계적 동력으로 변환된다. 회전자 동손을 P_c라 하면 $P_c = sP_2$이므로 $s = \frac{P_c}{P_2} = \frac{5}{180} = \frac{1}{36}$이다. 분모에는 **축출력이 아니라 회전자 입력**을 사용한다.

4. 회전수: 슬립은 동기속도에 대한 회전자의 속도 차이 비율로, $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다. 이를 회전수 n에 대해 정리하면 $n = (1 - s)n_s$이다. 따라서 $n = \left(1 - \frac{1}{36}\right) \times 720 = 700\text{rpm}$이다.

회전수 700 rpm은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 그림은 직류 분권전동기의 속도와 토크의 관계를 나타낸다. 점선으로 나타낸 기준 특성으로부터 ㉠과 ㉡의 속도-토크 특성으로 변경하려고 할 때, 각각의 제어 방법으로 옳은 것은?



① ㉠: 전기자전압 증가, ㉡: 계자저항 감소

② ㉠: 전기자전압 감소, ㉡: 계자저항 감소

③ ㉠: 전기자전압 증가, ㉡: 계자저항 증가

④ ㉠: 전기자전압 감소, ㉡: 계자저항 증가

정답 3번

간단한 해설

㉠처럼 기준선과 평행하게 위쪽으로 이동하는 특성은 자속을 일정하게 두고 **전기자전압을 증가**시키면 얻어진다.
㉡처럼 토크축 절편이 낮아지고 속도축 절편이 커지면서 기울기가 완만해지는 특성은 **계자저항을 증가시켜 자속을 약화**시키면 얻어진다.

NoteBase

대응 관계 해설

그림의 가로축은 속도, 세로축은 토크이다. 전기자전압을 V_a, 전기자저항을 R_a, 전기자전류를 I_a, 자속을 Φ, 각속도를 ω, 전동기 상수를 k라 하자. 전기자반작용과 브러시 전압강하를 무시한 정상상태에서 전압 관계는 $V_a = R_a I_a + k\Phi\omega$, 토크 관계는 $T = k\Phi I_a$이다. 두 식에서 전류를 소거하면 $T = \frac{k\Phi V_a}{R_a} - \frac{(k\Phi)^2}{R_a}\omega$가 된다. 따라서 토크축 절편은 $\frac{k\Phi V_a}{R_a}$, 기울기는 $-\frac{(k\Phi)^2}{R_a}$, 속도축 절편은 $\frac{V_a}{k\Phi}$이다.

㉠: **전기자전압 증가**에 해당한다. 자속과 전기자저항을 일정하게 두면 전기자전압을 높여도 기울기는 변하지 않고 토크축 절편과 속도축 절편이 모두 커진다. 이 때문에 기준 점선보다 위쪽에 평행한 직선이 나타난다. 전기자전압을 감소시키면 반대로 아래쪽으로 평행 이동한다.

㉡: **계자저항 증가에 따른 자속 감소**에 해당한다. 전기자전압과 계자회로에 걸리는 전압을 일정하게 두고 계자회로의 저항을 늘리면 계자전류가 줄어 자속이 약해진다. 자속이 감소하면 토크축 절편과 기울기의 절댓값은 작아지고, 속도축 절편은 커진다. 따라서 그림처럼 토크축에서 더 낮게 출발하고 속도축에서는 더 오른쪽에 도달하는 완만한 직선이 된다. 계자저항을 감소시켜 자속을 강화하면 이와 반대로 변한다.

㉠은 전기자전압 증가, ㉡은 계자저항 증가이므로 이 대응은 ③의 구성과 일치한다.

NoteBase

문 11. 정격에서 백분율 저항강하 2[%], 백분율 리액턴스 강하 4[%]의 단상 변압기를 역률 80[%]의 전부하로 운전할 때, 전압변동률 [%]은?

① 3.2

② 4.0

③ 4.8

④ 5.4

정답 2번

간단한 해설

전부하에서 전압변동률은 **저항강하의 역률 성분과 리액턴스 강하의 무효율 성분을 더해** 구한다. 지상 역률 0.8로 계산하면 무효율은 0.6이므로, 전압변동률은 $2 \times 0.8 + 4 \times 0.6 = 4.0\%$이다.

계산 과정

주어진 조건: 백분율 저항강하를 p, 백분율 리액턴스 강하를 q라 하면 $p = 2$, $q = 4$이다. **전부하이므로 정격전류에서의 강하를 그대로 적용**한다. 진상이라는 별도 조건이 없으므로 통상적인 지상 역률 부하로 해석한다.

역률과 무효율: 전압과 전류의 위상차를 ϕ라 하면 역률은 $\cos\phi = 0.8$이다. 따라서 무효율은 $\sin\phi = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$이다. 역률 80%를 80이 아닌 0.8로 대입한다.

적용 공식: 전압변동률은 1차 전압이 일정할 때 무부하와 전부하의 2차 전압 차이를 전부하 2차 전압에 대한 백분율로 나타낸 값이다. 변압기 내부 전압강하가 작은 경우, 지상 부하의 전압변동률은 $\varepsilon \simeq p\cos\phi + q\sin\phi$로 근사한다. 저항과 리액턴스에 의한 전압강하를 단자전압 방향으로 각각 환산한 값이며, **지상 부하에서는 두 성분을 더한다**.

수치 대입: 저항강하의 기여분은 $2 \times 0.8 = 1.6\%$, 리액턴스 강하의 기여분은 $4 \times 0.6 = 2.4\%$이다. 따라서 전압변동률은 $1.6 + 2.4 = 4.0\%$이며, ②의 4.0에 해당한다.

NoteBase

문 12. 다음 직류발전기의 종류 중 정전압 특성이 가장 좋은 것은?

① 직권발전기

② 분권발전기

③ 타여자발전기

④ 차동복권발전기

정답 3번

간단한 해설

타여자발전기는 계자전류를 **별도의 직류전원**으로 공급하므로, 부하가 변해도 계자전류를 일정하게 유지할 수 있다. 분권발전기처럼 단자전압 저하가 계자전류 감소로 이어지지 않아, 제시된 종류 중 **전압 변동이 가장 작다**.

선지별 해설

정전압 특성이 좋다는 것은 부하전류가 변할 때 단자전압의 변화가 작다는 뜻이다. 회전속도와 여자회로의 설정을 일정하게 둔 기본 외부 특성을 기준으로 비교한다.

① 직권발전기: 계자권선이 부하와 직렬로 연결되어 있어 **부하전류가 곧 계자전류**가 된다. 부하전류가 증가하면 자기포화에 이르기 전에는 자속과 유도기전력이 커져 단자전압이 크게 상승한다. 따라서 부하 변화에도 전압을 일정하게 유지하는 특성이 좋지 않다.

② 분권발전기: 계자권선이 발전기 단자에 병렬로 연결되어 있다. 부하전류가 증가하면 전기자 저항의 전압강하와 전기자반작용으로 단자전압이 낮아진다. 이때 **계자전류까지 감소**하여 자속과 유도기전력이 더 작아지므로, 타여자발전기보다 단자전압의 감소가 크다.

③ 타여자발전기: 계자권선에 별도의 직류전원으로 전류를 공급한다. 따라서 **단자전압이 낮아져도 계자전류를 일정하게 유지**할 수 있다. 부하 증가에 따른 전기자 저항의 전압강하와 전기자반작용 때문에 단자전압이 어느 정도 감소하지만, 분권발전기에서 나타나는 계자전류 감소에 따른 추가적인 전압 저하가 없어 전압 변동이 작다.

④ 차동복권발전기: 직권계자의 자속이 분권계자의 자속을 상쇄하는 방향으로 작용한다. 부하전류가 증가할수록 직권계자의 반대 방향 자속이 커져 **전체 자속이 감소**하고, 유도기전력과 단자전압이 크게 낮아진다. 따라서 정전압 특성이 좋지 않다.

따라서 제시된 발전기 중 부하 변화에 따른 단자전압 변동이 가장 작은 것은 ③ 타여자발전기이다.

NoteBase

문 13. 6극, 60[Hz]의 3상 권선형 유도전동기의 회전자 저항이 r_2이고 전부하 슬립이 5[%]일 때, 1,080[rpm]에서 전부하와 동일한 토크로 운전하려면, 회전자에 직렬로 추가해야 할 저항은?

① $0.5r_2$

② r_2

③ $1.5r_2$

④ $2r_2$

정답 2번

간단한 해설

같은 토크로 운전할 때는 **슬립이 회전자 총저항에 비례**한다. 1,080 rpm에서 슬립은 10%로 전부하 슬립의 2배이므로, 총저항을 $2r_2$로 만들기 위해 추가할 저항은 r_2이다.

계산 과정

동기속도: 극수 $P=6$, 주파수 $f=60\text{Hz}$이므로 회전자계의 동기속도는 $N_s=\frac{120f}{P}=\frac{120\cdot 60}{6}=1{,}200\text{rpm}$이다.

슬립: 슬립은 동기속도에 대한 회전속도 차이의 비율이다. 목표 회전속도 $N=1{,}080\text{rpm}$에서 $s_2=\frac{N_s-N}{N_s}=\frac{1{,}200-1{,}080}{1{,}200}=0.10$이다. 기존 전부하 슬립은 $s_1=0.05$이므로 목표 슬립은 기존의 2배이다.

회전자 총저항: 전원 전압과 주파수가 일정할 때, 권선형 유도전동기의 비례추이 원리에 따라 **같은 토크의 정상 운전점에서 슬립은 회전자 총저항에 비례**한다. 추가 저항을 R라 하면 기존 총저항은 r_2, 추가 후 총저항은 r_2+R이므로 $\frac{r_2+R}{r_2}=\frac{s_2}{s_1}=\frac{0.10}{0.05}=2$이다.

추가 저항: $r_2+R=2r_2$이므로 $R=2r_2-r_2=r_2$이다. 구하는 값은 **총저항이 아니라 직렬로 추가할 저항**이며, 이는 ②의 r_2에 해당한다.

NoteBase

문 14. 태양전지(Solar-cell)를 이용한 태양광 발전으로부터 얻은 전력으로 220 [V]의 유도전동기를 사용한 펌프를 운전하려고 할 때, 필요한 전력변환장치를 순서대로 바르게 나열한 것은?

① 태양전지 → 인버터 → 다이오드정류기 → 유도전동기

② 태양전지 → DC/DC 컨버터 → 다이오드정류기 → 유도전동기

③ 태양전지 → 다이오드정류기 → DC/DC 컨버터 → 유도전동기

④ 태양전지 → DC/DC 컨버터 → 인버터 → 유도전동기

정답 4번

간단한 해설

태양전지의 출력은 직류이므로 **DC/DC 컨버터로 직류 전압을 조정**한 뒤, **인버터로 교류로 변환**하여 220 V 유도전동기에 공급한다. 다이오드정류기는 교류를 직류로 바꾸므로 전동기에 필요한 교류를 만드는 장치가 아니다.

올바른 순서

태양전지 → DC/DC 컨버터 → 인버터 → 유도전동기

태양전지: 빛에너지를 전기에너지로 바꾸며 **직류 전력**을 출력한다. 유도전동기는 교류로 운전하므로 이 출력을 그대로 공급할 수 없다.

DC/DC 컨버터: 태양전지에서 나온 직류를 받아 **인버터 입력에 적합한 직류 전압으로 조정**한다. 직류 전압의 크기를 바꾸는 단계이며, 출력은 여전히 직류이다.

인버터: 앞 단계에서 조정한 직류를 **교류로 변환**하여 전동기에 필요한 220 V 교류 전원을 만든다.
다이오드정류기는 반대로 교류를 직류로 변환하므로 이 자리를 대신할 수 없으며, 인버터 뒤에 두면 교류를 다시 직류로 바꾸게 된다.

유도전동기: 인버터에서 공급된 적절한 전압과 주파수의 교류 전력으로 회전력을 발생시켜 펌프를 구동한다.

NoteBase

문 15. 전기자저항 0.2 [Ω], 단자전압 100 [V]인 타여자 직류발전기의 전부하전류가 100 [A]일 때, 전압변동률[%]은? (단, 브러시의 전압강하와 전기자반작용은 무시한다)

① 15

② 20

③ 25

④ 30

정답 2번

간단한 해설

전기자저항에 의한 전압강하가 20 V이므로 무부하전압은 120 V이다. 전압변동률은 이 전압 차이를 **전부하 단자전압 100 V 기준**으로 나타낸 20%이다.

계산 과정

타여자 직류발전기는 계자전류를 별도 전원에서 공급하므로 **전기자전류와 부하전류가 같다**. 따라서 전부하 전기자전류는 $I_a = 100\text{A}$이고, 전기자저항은 $R_a = 0.2\Omega$이다. 전기자저항에 의한 전압강하는 I_aR_a이므로 $100 \times 0.2 = 20$ V이다.

브러시 전압강하를 무시하면 발전기의 유기기전력은 단자전압에 내부 전압강하를 더한 $E = V + I_aR_a$이다. 전부하 단자전압이 100 V이므로 유기기전력은 $100 + 20 = 120$ V이다. 전압변동률은 회전속도와 계자전류를 유지한 채 부하를 제거하여 구한다. 전기자반작용을 무시하므로 유기기전력은 그대로이고, 무부하에서는 전기자전류가 0이 되어 내부 전압강하가 사라진다. 따라서 무부하 단자전압은 $V_0 = 120\text{V}$이다.

발전기의 전압변동률은 무부하전압과 전부하전압의 차이를 **전부하 단자전압으로 나눈 백분율**이다. 따라서 $\varepsilon = \frac{V_0 - V}{V} \times 100\%$에 대입하면 $\varepsilon = \frac{120 - 100}{100} \times 100\% = 20\%$이다. 이는 ②의 20에 해당한다.

NoteBase

문 16. 전기자저항이 0.2 [Ω]인 타여자 직류발전기가 속도 1,000 [rpm], 단자전압 480 [V]로 100 [A]의 부하전류를 공급하고 있다. 이 발전기가 500 [rpm]에서 100 [A]의 부하전류를 공급한다면 단자전압[V]은? (단, 계자전류는 동일하고, 브러시의 전압강하와 전기자반작용은 무시한다)

① 220

② 230

③ 240

④ 250

정답 2번

간단한 해설

계자전류가 같으면 **유기기전력은 회전속도에 비례**하므로 속도를 절반으로 낮출 때 500 V에서 250 V로 줄어든다. 부하전류는 그대로여서 전기자저항의 전압강하 20 V를 빼면 단자전압은 230 V이다.

계산 과정

조건과 전압강하: 타여자 발전기는 계자전류를 외부 전원에서 공급하므로 전기자전류 I_a는 부하전류와 같은 100 A이다. 전기자저항 R_a가 0.2 Ω이므로 전기자 내부의 전압강하는 $I_aR_a = 100 \cdot 0.2 = 20\text{V}$이다. 두 운전 조건에서 부하전류가 같으므로 이 전압강하도 같다.

1,000 rpm에서의 유기기전력: 브러시 전압강하를 무시하면 발전기의 단자전압 V는 유기기전력 E에서 내부 전압강하를 뺀 $V = E - I_aR_a$이다. 따라서 처음의 유기기전력은 $E_1 = 480 + 20 = 500\text{V}$이다. 속도에 따른 변화를 계산할 기준은 단자전압 480 V가 아니라 **내부에서 발생한 유기기전력 500 V**이다.

500 rpm에서의 유기기전력: 계자전류가 동일하고 전기자반작용을 무시하므로 자속은 일정하다. 직류발전기의 유기기전력은 자속과 회전속도의 곱에 비례하므로, 자속이 일정한 이 문제에서는 회전속도 비율만 적용한다. $E_2 = E_1\frac{n_2}{n_1}$에서 n_1, n_2는 각각 변경 전후의 회전속도이다. 따라서 $E_2 = 500 \cdot \frac{500}{1{,}000} = 250\text{V}$이다.

500 rpm에서의 단자전압: 유기기전력 250 V에서 **그대로 유지되는 내부 전압강하 20 V**를 빼면 $V_2 = 250 - 20 = 230\text{V}$이다. 이는 ②의 230 V에 해당한다.

NoteBase

문 17. 직류전원으로 직류전동기의 속도와 회전방향을 제어하기 위해 가장 적합한 회로는?

① H 브리지 초퍼 회로

② 휘스톤 브리지 회로

③ 3상 인버터 회로

④ 전파정류회로

정답 1번

간단한 해설

H 브리지 초퍼는 **PWM으로 전동기에 가하는 평균 전압**을 조절하고, 스위칭 조합으로 **전압의 극성**을 바꿀 수 있어 직류전동기의 속도와 회전방향을 함께 제어한다.

공통 해설

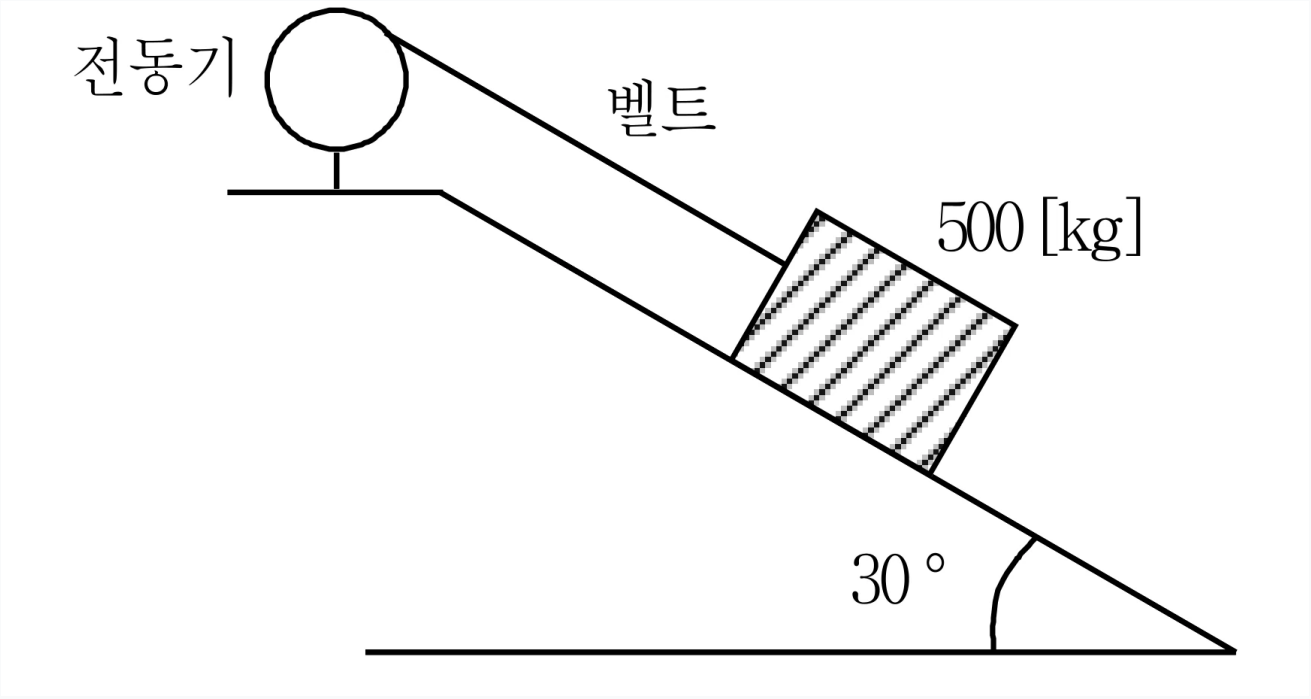
직류전원으로 직류전동기의 속도와 회전방향을 함께 제어하려면, 전동기에 가하는 **직류 평균 전압의 크기와 극성**을 모두 바꿀 수 있어야 한다. 이 기능을 갖춘 회로가 H 브리지 초퍼이다.

H 브리지 초퍼는 네 개의 스위치를 브리지 형태로 배치하고 전동기를 두 중간점 사이에 연결한다. PWM은 스위치를 주기적으로 켜고 끄면서 한 주기 중 켜져 있는 시간의 비율을 조절하는 방식이다. 이 비율을 바꾸면 전동기에 가해지는 평균 전압이 달라지므로 속도를 조절할 수 있다.

한쪽 대각선의 스위치 쌍을 켰을 때와 반대쪽 대각선의 스위치 쌍을 켰을 때는 전동기 양단의 전압 극성이 반대가 된다. 영구자석형처럼 **계자 자속의 방향이 일정한 직류전동기**에서는 전기자 전류의 방향을 반대로 하여 토크 방향을 바꾸고 역회전시킬 수 있다. 따라서 H 브리지 초퍼는 직류전원에서 속도 조절과 정·역회전을 모두 구현한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 30°의 경사면으로 벨트를 이용하여 500 [kg]의 물체를 0.1 [m/sec]의 속력으로 끌어올리는 전동기를 설계할 때, 요구되는 전동기의 최소한의 출력[W]은? (단, 전동기－벨트 연결부의 효율은 70[%]로 가정하고, 경사면의 마찰은 무시한다)



① 330

② 340

③ 350

④ 360

정답 3번

간단한 해설

경사면을 따라 일정한 속력으로 올릴 때 필요한 동력은 중력의 경사면 방향 성분과 속력의 곱인 245 W이다.
연결부의 **효율 70%를 반영하여 필요한 동력을 0.7로 나누면** 전동기의 최소 출력은 350 W이다.

NoteBase

계산 과정

끌어올리는 힘: 물체의 질량은 500 kg, 경사각은 30°이며 중력가속도는 9.8 m/s^2로 둔다. 마찰이 없고 일정한 속력으로 움직이므로 벨트의 당기는 힘은 **중력의 경사면 방향 성분**과 같아야 한다. 따라서 $F = mg\sin 30^\circ$이며, $500 \times 9.8 \times 0.5 = 2{,}450$ N이다.

물체에 전달되는 동력: 힘과 같은 방향의 속력이 0.1 m/s이므로 P_물체 = Fv를 적용한다. $2{,}450 \times 0.1 = 245$ W이며, 이는 물체를 올리는 데 실제로 쓰이는 동력이다.

전동기의 최소 출력: 연결부 효율 70%는 전동기 출력의 70%만 물체를 올리는 데 전달된다는 뜻이다. 따라서 = P_물체P_전동기이고, 필요한 전동기 출력은 **전달 동력을 효율로 나누어** 구한다. P_전동기 = (245)/(0.7) = 350 W이므로, 요구되는 최소 출력은 350 W로 ③에 해당한다.

NoteBase

문 19. 효율 90[%]인 3상 동기발전기가 200[kVA], 역률 90[%]의 전력을 부하에 공급할 때, 이 발전기를 운전하기 위한 원동기의 입력 [kW]은? (단, 원동기의 효율은 80[%]이다)

① 220

② 230

③ 240

④ 250

정답 4번

간단한 해설

부하의 유효전력은 피상전력에 역률을 곱한 180 kW이다. 이 전력을 공급하려면 **발전기와 원동기의 효율을 모두 반영**해야 하므로, 원동기 입력은 $\frac{180}{0.90 \cdot 0.80} = 250\text{kW}$이다.

계산 과정

부하 유효전력: 주어진 200 kVA는 3상 전체의 피상전력 S이고, 역률은 $\cos\phi = 0.90$이다. 발전기가 부하에 공급하는 **유효전력은 피상전력에 역률을 곱한 값**이므로, $P = S\cos\phi$에 따라 $200 \times 0.90 = 180$ kW이다.

발전기 기계 입력: 효율은 입력에 대한 출력의 비율이므로, 필요한 입력은 출력을 효율로 나누어 구한다. 발전기의 전기 출력이 180 kW이고 효율이 90%이므로 기계 입력은 $\frac{180}{0.90} = 200\text{kW}$이다. 이 값은 **원동기가 발전기 축에 공급해야 하는 기계 출력**이다.

원동기 입력: 원동기는 200 kW의 기계 출력을 내야 하며 효율은 80%이다. 따라서 원동기 자체에 필요한 입력은 $\frac{200}{0.80} = 250\text{kW}$이다.

원동기의 입력은 250 kW이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 3상 유도전동기로 직류 분권발전기를 운전하고 있다. 운전을 멈추고 유도전동기의 고정자 두 상의 결선을 서로 바꿔 운전할 때, 발전기의 출력 전압은?

① 출력 전압이 발생하지 않는다.

② 출력 전압의 극성은 반대가 되지만, 크기는 상승한다.

③ 출력 전압의 극성은 반대가 되지만, 크기는 동일하다.

④ 출력 전압의 극성과 크기는 모두 동일하다.

정답 1번

간단한 해설

고정자 두 상의 결선을 바꾸면 유도전동기와 발전기의 회전 방향이 반대가 된다. 발전기 결선은 그대로이므로 계자전류가 잔류자기를 약화시키는 방향으로 흘러 **자기여자가 성립하지 않는다**.

공통 해설

3상 유도전동기의 두 상 결선을 서로 바꾸면 상순서가 바뀌어 회전자계와 회전자의 회전 방향이 반대가 된다. 따라서 이 전동기로 구동하는 직류 분권발전기도 반대 방향으로 회전한다.

분권발전기는 계자권선을 전기자 단자에 병렬로 연결하여, 자체적으로 발생한 전압으로 계자전류를 공급한다. 처음에는 자극에 남아 있는 잔류자기로 작은 기전력이 발생한다. 이 기전력에 의한 계자전류가 **잔류자기를 강화하는 방향**으로 흘러야 자속과 유도기전력이 서로 증가하면서 전압이 확립된다.

발전기의 계자 결선을 바꾸지 않고 회전 방향만 반대로 하면, 잔류자기로 생기는 초기 기전력의 극성과 계자전류의 방향이 반대가 된다. 그 결과 계자전류가 잔류자기를 약화시키므로 **전압이 확립되지 않는다**. 따라서 기존 전압의 극성이나 크기만 바뀐 정상 출력이 생기는 것이 아니라, 출력 전압이 발생하지 않는 것으로 판단한다. 여기서 '발생하지 않는다'는 잔류자기로 인한 미소 전압까지 완전히 0이라는 뜻이 아니라, 자기여자에 의한 정상 출력 전압이 형성되지 않는다는 뜻이다.

NoteBase