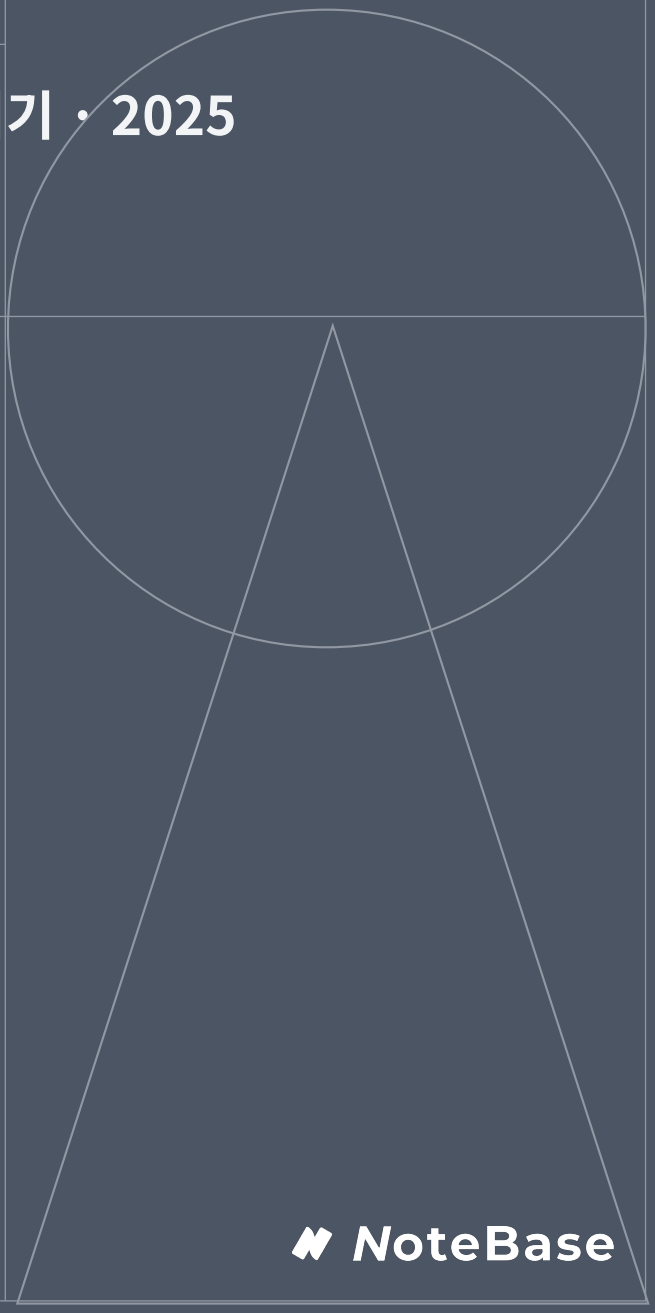
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2025

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2025

문 1. 동기발전기의 동기리액턴스가 증가할 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 단락전류가 감소한다.

② 최대출력이 감소한다.

③ 철손이 감소하고 효율이 높아진다.

④ 부하변화에 따른 단자전압 변동이 감소한다.

정답 4번

간단한 해설

동기리액턴스가 커지면 같은 전류에 의한 리액턴스 전압강하가 커진다. 따라서 여자조건이 일정한 통상적인 지상부하 운전에서는 부하변화에 따른 **단자전압 변동이 증가**한다.

NoteBase

선지별 해설

동기리액턴스는 전기자 반작용과 누설자속의 영향을 합쳐 나타낸 리액턴스이다. 전류가 흐를 때 내부 유기기전력과 단자전압 사이에 전압차를 만든다. 아래 전류·출력 관계는 전기자 저항을 무시한 근사이다.

① O: 같은 내부 유기기전력에서 정상상태 단락전류는 $I_{sc} \approx \frac{E}{X_s}$이다. 여기서 E는 1상 내부 유기기전력, X_s는 1상 동기리액턴스이다. 동기리액턴스가 커지면 **정상상태 단락전류가 감소**한다. 단락 직후의 과도전류와 구별한다.

② O: 원통형 3상 동기발전기의 전력각 특성은 $P = \frac{3EV}{X_s}\sin\delta$로 나타낸다. V는 1상 단자전압, δ는 내부 유기기전력과 단자전압 사이의 부하각이다. E와 V가 같을 때 최대 전달전력은 $P_{\max} = \frac{3EV}{X_s}$이므로, 동기리액턴스가 커지면 **안정도 한계로 정해지는 최대출력**이 감소한다.

③ O: 이 내용은 **단락비가 작은 발전기의 설계 특성**에 관한 설명이다. 단락비는 정격 무부하전압을 만드는 계자전류를 정격 단락전류를 흘리는 계자전류로 나눈 값이며, 단위법 동기리액턴스와 대략 역수 관계이다. 동기리액턴스가 큰 저단락비 설계에서는 일반적으로 기기의 크기와 철심량을 줄일 수 있어 철손이 감소하고 효율이 높아진다. 이는 철심량 등 설계 차이를 포함한 경향이며, 리액턴스 자체에서 유효전력 손실이 발생한다는 뜻은 아니다.

④ X: 여자조건이 일정하고 통상적인 지상부하가 증가하면, 전기자 반작용과 리액턴스 전압강하 때문에 단자전압이 낮아진다. 동기리액턴스가 클수록 같은 전류 변화에 따른 전압차가 커지므로, '단자전압 변동이 감소한다'는 **'단자전압 변동이 증가한다'**로 고친다. 전압변동을 줄이는 쪽은 동기리액턴스가 작고 단락비가 큰 설계이다.

NoteBase

문 2. 전기자저항이 0.5 [Ω]인 분권직류전동기가 단자전압 220 [V], 전기자전류 20 [A], 토크 T_o [N·m]로 운전 중이다. 동일한 단자전압에서 전기자전류가 40 [A]로 증가했을 때, 토크 [N·m]는? (단, 자속은 일정하다)

① $\frac{T_o}{2}$

② T_o

③ $2T_o$

④ $4T_o$

정답 3번

간단한 해설

자속이 일정한 직류전동기의 토크는 **전기자전류에 비례**한다. 전기자전류가 20 A에서 40 A로 2배가 되므로 토크도 처음의 2배인 $2T_o$ N·m가 된다.

계산 과정

직류전동기의 발생 토크는 $T = k\Phi I_a$이다. 여기서 k는 전동기 구조에 따른 상수, Φ는 자속, I_a는 전기자전류이다. 같은 전동기에서 **자속이 일정**하므로 토크는 전기자전류에 비례한다.

처음 전기자전류 20 A일 때의 토크가 T_o이고, 변화 후 전기자전류는 40 A이다. 변화 후 토크를 T라 하면 $\frac{T}{T_o} = \frac{40}{20} = 2$이다. 이 비는 **토크가 처음의 몇 배인지**를 나타내므로, 전기자전류가 2배가 되면 토크도 2배가 된다.

따라서 변화 후 토크는 $T = 2T_o$이며, 단위는 N·m이다. 이는 ③의 $2T_o$에 해당한다.

NoteBase

문 3. 동기기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 동기발전기는 주로 회전계자형이 사용된다.

② 동기발전기의 단락비를 크게 하면 안정도가 높아진다.

③ 동기전동기가 무부하로 운전되면 역률을 조정할 수 없다.

④ 동기전동기의 역률은 계자전류가 일정한 상태에서 부하에 따라 변한다.

정답 3번

간단한 해설

동기전동기는 무부하에서도 **계자전류를 바꾸어 역률을 조정**할 수 있다. 과여자로 운전하면 진상전류가 흘러 전력계통의 지상 무효전력을 보상하는 동기조상기로 이용할 수 있다.

선지별 해설

① O: 회전계자형은 계자를 회전자에, 전기자 권선을 고정자에 배치한다. 발전된 전력을 고정자에서 직접 꺼내므로 큰 출력전류를 회전 접촉부로 전달할 필요가 없고, **고전압 전기자 권선의 절연과 냉각**도 쉽다. 이러한 장점 때문에 동기발전기는 주로 회전계자형을 사용한다.

② O: 단락비는 무부하에서 정격전압을 만드는 계자전류를, 3상 단락 상태에서 정격전기자전류를 흐르게 하는 계자전류로 나눈 값이다. 단락비가 클수록 단위법으로 나타낸 동기리액턴스가 작아져, 다른 조건이 같을 때 **동기화를 유지하려는 힘인 동기화력**이 커진다. 따라서 부하 변동 등으로 동기 상태에서 벗어나려 할 때 이를 유지하는 능력인 안정도가 높아진다.

③ X: 무부하란 축에서 외부로 공급하는 기계적 출력이 없다는 뜻이며, 계자전류를 조정할 수 없다는 뜻이 아니다. 무부하에서도 계자전류를 바꾸면 전기자전류의 무효성분이 달라져 역률이 변한다. **부족여자에서는 지상전류, 과여자에서는 진상전류**가 흐른다. 특히 과여자 무부하 운전으로 진상 무효전력을 공급하는 기기를 동기조상기라고 한다. 실제 무부하 운전에서도 기기 손실을 충당할 유효전력은 전원에서 공급받는다.

④ O: 전원전압과 주파수가 일정하고 계자전류도 일정할 때, 부하가 변하면 이에 필요한 유효전력을 받도록 회전자와 회전자계 사이의 부하각이 변한다. 이때 전기자전류의 크기와 전압에 대한 위상도 달라지므로 역률이 변한다. 즉, **계자전류가 일정하다고 역률까지 일정한 것은 아니다**.

NoteBase

문 4. 권선비가 $a = \frac{N_1}{N_2}$인 단상변압기 3대를 Y-Δ결선할 때, 선간전압의 비($\frac{V_1}{V_2}$)는?

① $\sqrt{3}a$
② $\frac{a}{\sqrt{3}}$
③ $\frac{\sqrt{3}}{a}$
④ $\frac{1}{\sqrt{3}a}$

정답 1번

간단한 해설

1차 Y결선에서는 **선간전압이 권선전압의 $\sqrt{3}$배**이고, 2차 Δ결선에서는 **선간전압과 권선전압이 같다**. 따라서 선간전압비는 권선비에 $\sqrt{3}$을 곱한 $\sqrt{3}a$이다.

계산 과정

권선전압비: 각 단상변압기의 1차·2차 권선전압의 실효값을 각각 U_1, U_2, 1차·2차 선간전압의 실효값을 각각 V_1, V_2라 한다. 권선의 전압강하를 무시하면 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = a$이다. 권선비는 **각 변압기의 권선에 걸리는 전압의 비**이므로, 결선에 따른 선간전압 관계를 별도로 적용한다.

1차 Y결선: 각 권선은 선과 중성점 사이에 연결된다. 평형 3상에서 선간전압은 위상차가 120°인 두 권선전압의 벡터 차이이므로, 그 크기는 **권선전압의 $\sqrt{3}$배**이다. 따라서 $V_1 = \sqrt{3}U_1$이다.

2차 Δ결선: 각 권선이 두 선 사이에 직접 연결되므로 **선간전압과 권선전압이 같다**. 따라서 $V_2 = U_2$이다.

선간전압비 계산: 두 결선의 관계를 대입하면 $\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{3}\frac{U_1}{U_2}$이다. 여기에 권선전압비 a를 적용하면 $\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{3}a$가 된다. 선간전압의 비는 단위가 없는 양이며, 이 결과는 ①에 해당한다.

NoteBase

문 5. 동기전동기의 기동법 중 유도전동기의 원리에 의해 기동토크를 발생시켜 동기속도 부근까지 가속하는 기동법은?

① 저항 기동법
② 원동기 기동법
③ 제동권선 기동법
④ 주파수제어 기동법

정답 3번

간단한 해설

제동권선에 유도된 전류와 고정자의 회전자계가 상호작용하여 기동토크를 만든다. 이 토크로 동기속도 부근까지 가속하므로 유도전동기의 원리를 이용한 기동법에 해당한다.

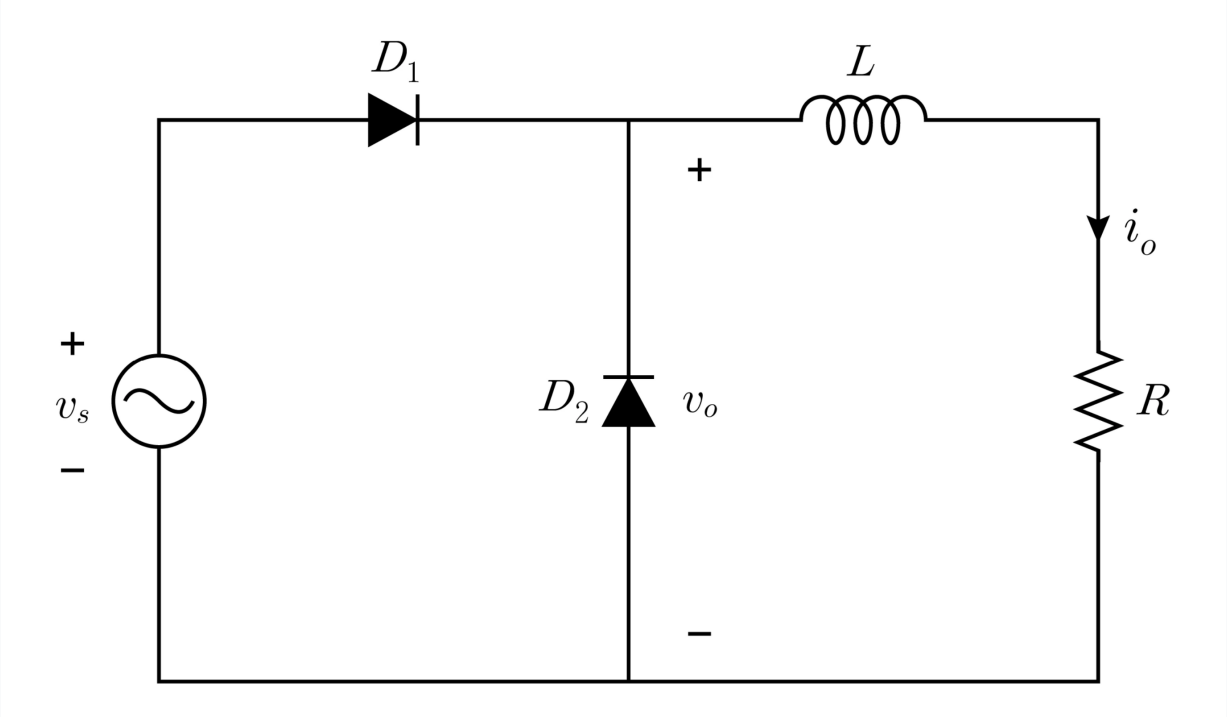
공통 해설

제동권선 기동법은 동기전동기의 회전자에 설치된 **단락된 제동권선을 유도전동기의 회전자 도체처럼 이용**하는 방법이다. 고정자에 교류를 공급하면 회전자계가 만들어지고, 정지한 회전자의 제동권선에는 전압과 전류가 유도된다. 이 유도전류와 회전자계의 상호작용으로 기동토크가 발생하여 회전자가 가속된다.

회전자가 동기속도 부근에 이르면 계자권선에 직류 여자를 하여 **동기운전으로 이행**한다. 따라서 문제의 '유도전동기의 원리로 기동토크를 발생시켜 동기속도 부근까지 가속한다'는 설명은 제동권선 기동법의 작동 원리에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 반파정류회로에서 전원전압 v_s가 $\sqrt{2}(100\pi)\sin(120\pi t)$ [V]이고, 부하저항 R이 10 [Ω]일 때, 부하전류 i_o의 평균값[A]은? (단, 다이오드는 이상적으로 동작하며, 부하인덕턴스 L은 매우 크다)



① $\frac{10}{\pi}$
② $\frac{10}{\sqrt{2}}$
③ $10\sqrt{2}$
④ 10π

정답 3번

간단한 해설

환류 다이오드 D_2 때문에 전원의 음의 반주기에는 부하전압이 0이 된다. 정상상태에서 **인덕터 전압의 한 주기 평균은 0**이므로, 부하전류의 평균값은 $I_{o,\,\mathrm{avg}} = \frac{V_m}{\pi R} = 10\sqrt{2}$ A이다.

NoteBase

계산 과정

1. 도통 구간과 부하전압: 그림에서 D_2는 직렬 연결된 인덕터와 저항의 양단에 환류 경로를 만든다. 전원의 양의 반주기에는 D_1이 도통하여 $v_o = v_s$가 된다. 음의 반주기에는 D_1이 차단되고, 인덕터에 저장된 에너지로 부하전류가 L, R, D_2를 거쳐 같은 방향으로 흐른다. 이때 이상적인 D_2가 도통하므로 **부하전압은 0**이다. 매우 큰 인덕턴스는 부하전류의 변동을 작게 하여 연속적으로 흐르게 한다.

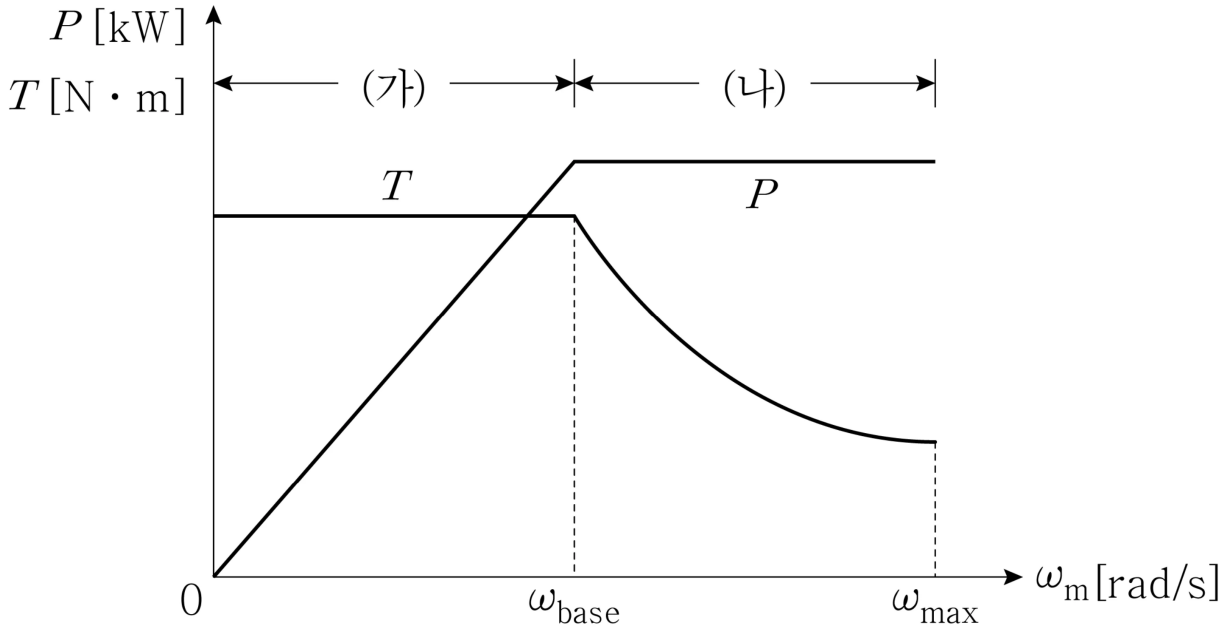
2. 부하전압의 평균값: 전원전압의 최댓값은 $V_m = 100\sqrt{2}\pi$ V이다. $\theta = 120\pi t$로 놓으면 한 주기는 $0 \le \theta \le 2\pi$이고, 부하전압은 양의 반주기에만 전원전압과 같다. 따라서 **한 주기 전체를 기준으로 평균**을 구하면 $V_{o,\,\mathrm{avg}} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} V_m \sin\theta d\theta = \frac{V_m}{\pi}$이다. 이를 대입하면 $V_{o,\,\mathrm{avg}} = 100\sqrt{2}$ V이다.

3. 평균 전압과 평균 전류의 관계: 정상상태에서는 한 주기가 지난 뒤 인덕터 전류가 같은 값으로 돌아오므로 **인덕터 전압의 평균은 0**이다. 부하의 전압 관계 $v_o = L\frac{di_o}{dt} + Ri_o$에 한 주기 평균을 취하면 $V_{o,\,\mathrm{avg}} = RI_{o,\,\mathrm{avg}}$가 된다. 따라서 부하전압의 평균값을 저항으로 나누어 부하전류의 평균값을 구한다.

4. 평균 전류 계산: $I_{o,\,\mathrm{avg}} = \frac{100\sqrt{2}}{10} = 10\sqrt{2}$ A이다. 이 값은 선택지 ③의 $10\sqrt{2}$와 일치한다.

NoteBase

문 7. 그림의 (가)와 (나) 영역에 적합한 타여자 직류전동기의 속도제어법은?



① (가): 계자 제어법, (나): 전기자전압 제어법

② (가): 전기자저항 제어법, (나): 전기자전압 제어법

③ (가): 전기자전압 제어법, (나): 전기자저항 제어법

④ (가): 전기자전압 제어법, (나): 계자 제어법

정답 4번

간단한 해설

(가)는 속도가 증가해도 토크가 일정한 **정토크 영역**으로, 자속을 일정하게 두고 전기자전압을 조절한다. (나)는 출력이 일정하고 토크가 감소하는 **정출력 영역**으로, 계자자속을 약하게 하여 기준속도 이상으로 운전한다.

NoteBase

대응 관계 해설

타여자 직류전동기는 계자전류와 전기자전압을 각각 조절할 수 있다. 기본 관계는 $E = k\Phi\omega_m$, $T = k\Phi I_a$이다. 여기서 E는 역기전력, k는 전동기 상수, Φ는 계자자속, I_a는 전기자전류이다. 손실을 무시하고 출력의 단위를 W로 맞추면 $P = T\omega_m$이므로, 같은 출력에서는 속도가 높을수록 토크가 작아진다.

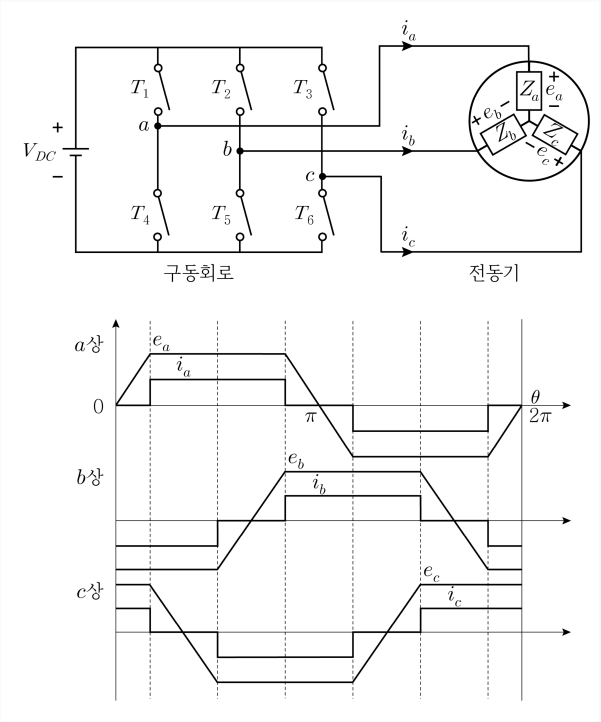
(가): 전기자전압 제어법. 그림에서 0부터 기준속도 ω_{base}까지는 토크 T가 수평이고 출력 P가 속도에 비례하여 증가한다. **계자자속과 전기자전류를 일정하게 유지**하면 토크가 일정하다. 이때 전기자전압을 높이면 역기전력이 커지고 속도가 증가하므로, 기준속도 이하의 정토크 운전에 적합하다.

(나): 계자 제어법. 기준속도 ω_{base}부터 최대속도 ω_{max}까지는 출력 P가 수평이고 토크 T가 감소한다. 전기자전압이 정격값에 도달한 뒤에는 **계자전류를 줄여 자속을 약하게** 하여 속도를 높인다. 전기자저항에 의한 전압강하를 무시하면 역기전력이 거의 일정하므로 자속과 속도는 반비례한다. 전기자전류를 일정한 허용값으로 유지하면 토크는 자속에 비례하여 감소하고, 토크와 속도의 곱인 출력은 거의 일정하게 유지된다. 전기자저항 제어는 직렬저항의 전압강하로 속도를 낮추는 방식이므로 이 고속 정출력 영역에 대응하지 않는다.

(가)의 전기자전압 제어법과 (나)의 계자 제어법을 연결한 조합은 ④이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 구동회로와 상 역기전력, 상전류를 갖는 전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 회전계자형 구조를 갖는다.

② 회전자 위치 정보가 필요하다.

③ 공극 자속이 정현파 분포를 갖는다.

④ 한 상은 개방되고 나머지 두 상은 직렬로 전원에 연결된다.

정답 3번

간단한 해설

그림의 사다리꼴 상 역기전력과 구형파 상전류는 **브러시리스 직류전동기(BLDC)**의 특성이다. 이 전동기의 공극 자속은 **정현파가 아닌 비정현파 분포**를 가지므로, 정현파 분포라는 설명은 맞지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① O: BLDC 전동기는 고정자에 전기자 권선을 두고 회전자에 영구자석을 둔다. 자속을 만드는 계자가 회전하므로 **회전계자형** 구조이다.

② O: 회전자 자극의 위치에 맞춰 전류가 흐르는 상과 전류 방향을 바꾸어야 회전 방향의 토크를 계속 발생시킬 수 있다. 따라서 전자식 정류에는 **회전자 위치 정보**가 필요하다. 이 정보는 홀 센서로 검출하거나 역기전력 등으로 추정할 수 있으므로, 위치 정보가 필요하다는 것이 반드시 위치 센서를 설치해야 한다는 뜻은 아니다.

③ X: 그림에서 각 상의 역기전력은 양·음의 평탄한 구간을 갖는 **사다리꼴 파형**이다. 이는 구형파 전류로 구동하는 BLDC 전동기의 특징이며, 공극 자속은 정현파가 아니라 평탄한 구간을 갖는 비정현파 분포로 설계된다. 이러한 자속 분포와 권선 배치에 의해 사다리꼴 상 역기전력이 형성된다. 선지의 '정현파 분포'는 '비정현파 분포'로 고쳐야 한다.

④ O: 그림의 이상적인 통전 구간에서는 한 상의 전류가 0이고, 나머지 두 상에는 크기가 같고 방향이 반대인 전류가 흐른다. Y결선의 중성점을 통해 **두 상 권선이 직렬로 연결**되어 전류 경로를 이루기 때문이다. 예를 들어 구동회로의 T_1과 T_5를 켜면 전류는 직류전원의 양극에서 a상 권선, 중성점, b상 권선을 거쳐 음극으로 돌아가고, c상은 개방된다.

NoteBase

문 9. 8극, 60 [Hz], 3상 Y결선의 권선형 유도전동기가 855 [rpm]으로 정격운전 중이다. 회전자 각 상저항 r_2의 6배가 되는 저항을 2차측에 추가로 접속하여 동일한 정격토크로 운전할 때, 회전수[rpm]는?

① 585

② 630

③ 675

④ 720

정답 1번

간단한 해설

같은 토크로 운전할 때 슬립은 **2차 총저항에 비례**한다. 기존 저항의 6배를 추가하면 총저항은 7배가 되므로 슬립은 5%에서 35%로 커지고, 동기속도 900 rpm에 대한 회전수는 585 rpm이 된다.

계산 과정

동기속도: 주파수 $f = 60$ Hz, 극수 $P = 8$이므로 회전자계의 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{P}$에 따라 $n_s = \frac{120 \cdot 60}{8} = 900$ rpm이다. 저항을 추가해도 주파수와 극수가 같으므로 동기속도는 변하지 않는다.

처음 슬립: 슬립은 동기속도에 대한 회전자의 상대적인 속도 차이이다. 처음 회전수가 855 rpm이므로 $s_0 = \frac{900 - 855}{900} = 0.05$이다. 즉, 처음에는 동기속도보다 5% 느리게 회전한다.

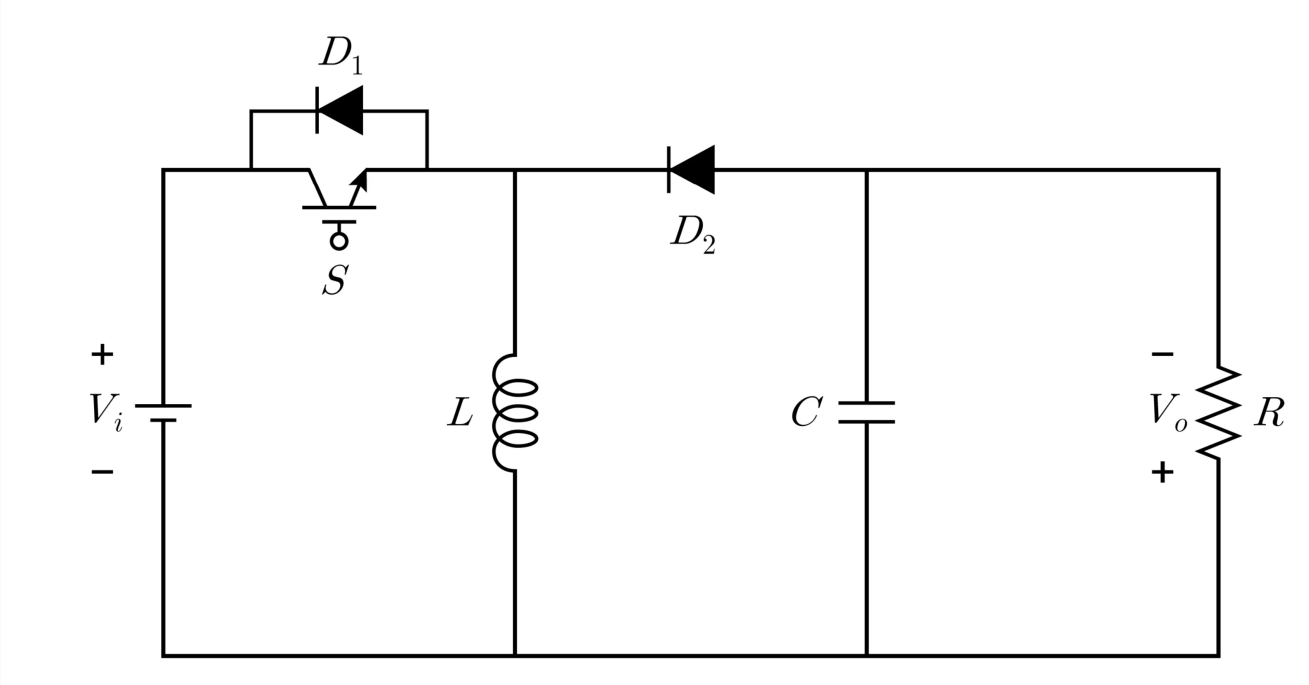
추가 후 총저항: 회전자 각 상의 기존 저항이 r_2이고 추가 저항이 $6r_2$이므로, 각 상의 총저항은 $R_2 = r_2 + 6r_2 = 7r_2$이다. 추가한 저항만이 아니라 **기존 저항을 포함한 총저항**을 사용한다.

변경 후 슬립: 전원 전압과 주파수가 일정할 때, 같은 토크를 내는 안정 운전점에서는 **2차 총저항과 슬립의 비**가 일정하다. 따라서 $\frac{r_2}{s_0} = \frac{R_2}{s_1}$이고, 총저항이 7배가 되었으므로 $s_1 = 7s_0 = 7 \cdot 0.05 = 0.35$이다. 이는 동기속도와 회전수의 차이가 동기속도의 35%가 된다는 뜻이다.

변경 후 회전수: $n = n_s(1 - s_1)$이므로 $n = 900(1 - 0.35) = 585$ rpm이다. 계산된 회전수 585 rpm은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 컨버터가 정상상태로 동작하고 있을 때, 전압전달비 ($\frac{V_o}{V_i}$)를 듀티비 D로 나타내면? (단, 모든 소자는 이상적으로 동작하고 인덕터의 전류는 연속이다)



① D

② $\frac{1}{1-D}$

③ $\frac{2}{1-D}$

④ $\frac{D}{1-D}$

정답 4번

간단한 해설

정상상태에서는 인덕터에 걸리는 **한 주기 평균전압이 0**이므로 $DV_i = (1-D)V_o$가 성립한다. 그림은 출력전압의 +극을 아래쪽에 두었으므로, 표시된 극성에 따른 전압전달비는 $\frac{V_o}{V_i} = \frac{D}{1-D}$이다.

NoteBase

계산 과정

전압 기준과 동작 조건: 그림은 스위치와 인덕터를 이용하는 반전형 벅부스트 컨버터이다. 아래쪽 공통선을 기준으로 입력 위쪽은 양전위이고 출력 위쪽은 음전위이다. 다만 그림의 V_o는 **아래쪽이 +극, 위쪽이 −극**이므로 출력 위쪽의 전위는 $-V_o$이다. 인덕터 전압 v_L은 위쪽 전위에서 아래쪽 전위를 뺀 값으로 정한다. 스위칭 주기를 T라 하면 듀티비 D는 스위치 도통시간의 비율이며, 도통시간은 DT, 차단시간은 $(1-D)T$이다.

스위치 S 도통: 입력전원이 인덕터에 직접 연결되고 다이오드 D_2는 역바이어스된다. 이상적인 스위치의 전압강하는 0이므로 $v_L = V_i$이다. 이 구간에는 인덕터 전류가 증가하면서 에너지가 저장되고, 커패시터가 부하에 전력을 공급한다.

스위치 S 차단: 연속인 인덕터 전류는 같은 방향으로 계속 흘러야 하므로 D_2가 도통하고 인덕터의 에너지가 출력으로 전달된다. 이상적인 다이오드의 전압강하는 0이므로 인덕터 위쪽과 출력 위쪽은 같은 전위가 되어 $v_L = -V_o$이다. 이 음의 전압에 의해 인덕터 전류가 감소한다.

인덕터 볼트초 평형: $v_L = L\frac{di_L}{dt}$이므로 인덕터에 걸린 전압의 시간적 누적값은 전류 변화량에 비례한다. 정상상태에서는 **한 주기 뒤 인덕터 전류가 원래 값으로 돌아오므로** 도통 구간의 증가량과 차단 구간의 감소량이 상쇄되어야 한다. 따라서 $V_i DT - V_o(1-D)T = 0$이고, 주기 T를 약분하면 $DV_i = (1-D)V_o$이다.

전압전달비: 위 식을 정리하면 $\frac{V_o}{V_i} = \frac{D}{1-D}$이며, 이는 ④의 식과 일치한다. 전압끼리의 비이므로 단위는 없다. 반전형 회로여도 이 문제에서는 출력전압의 기준 극성을 입력과 반대로 표시했기 때문에 전달비 앞에 음의 부호를 붙이지 않는다.

NoteBase

문 11. 5 [kVA], 50 [Hz] 단상변압기에 1차전압 3,000 [V]를 인가하여 무부하 운전 중이다. 여자어드미턴스와 여자컨덕턴스가 각각 5×10^{-5} [℧]와 5×10^{-6} [℧]일 때, 여자전류[A]와 철손[W]은? (단, 권선저항과 누설리액턴스는 무시한다)

① 여자전류[A]: 0.15, 철손[W]: 15

② 여자전류[A]: 0.15, 철손[W]: 45

③ 여자전류[A]: 0.6, 철손[W]: 15

④ 여자전류[A]: 0.6, 철손[W]: 45

정답 2번

간단한 해설

여자전류는 전압에 **여자어드미턴스**를 곱한 0.15 A이고, 철손은 전압의 제곱에 **여자컨덕턴스**를 곱한 45 W이다. 여자어드미턴스는 전체 여자전류를, 여자컨덕턴스는 철손에 해당하는 유효전력 성분을 결정한다.

계산 과정

무부하 운전에서는 2차측 부하전류가 흐르지 않고, 1차측에는 여자전류가 흐른다. 권선저항과 누설리액턴스를 무시하므로 **여자회로에 걸리는 전압은 인가전압과 같은 3,000 V**이다. 이 전압의 실효값을 V_1, 여자어드미턴스의 크기를 Y_0, 여자컨덕턴스를 G_0라 한다.

여자전류: 어드미턴스는 전압에 대한 전류의 비이므로 여자전류의 실효값은 $I_0 = V_1 Y_0$이다. 따라서 $I_0 = 3{,}000 \times 5 \times 10^{-5}$이므로 0.15 A이다. 여기에는 철손을 공급하는 전류 성분과 자속을 만드는 자화전류 성분이 함께 포함된다.

철손: 여자컨덕턴스는 여자회로에서 **유효전력을 소비하는 성분**을 나타낸다. 전압과 동상인 철손전류는 $I_c = V_1 G_0$이므로 $I_c = 3{,}000 \times 5 \times 10^{-6}$, 즉 0.015 A이다. 따라서 철손은 $P_{\text{Fe}} = V_1 I_c = V_1^2 G_0$이며, $3{,}000 \times 0.015 = 45$ W이다.

여자전류 0.15 A와 철손 45 W의 조합은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 12. 직류기의 전기자반작용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 자속의 분포가 왜곡된다.

② 발전기에서 유기기전력을 증가시킨다.

③ 정류자편 사이의 절연이 파괴되어 불꽃이 발생할 수 있다.

④ 전동기에서 회전방향의 반대방향으로 자기적 중성축이 이동한다.

정답 2번

간단한 해설

전기자반작용으로 자속이 한쪽에 몰리면 자기포화 때문에 자속의 증가분보다 감소분이 커져 전체 주자속이 줄어든다. 따라서 같은 회전속도에서 발전기의 유기기전력은 **증가하는 것이 아니라 감소**한다.

선지별 해설

① O: 전기자반작용은 전기자전류가 만든 자속이 주자속에 영향을 주는 현상이다. 두 자속이 합쳐지면서 한쪽 자극 끝에서는 자속이 강화되고 반대쪽에서는 약해져, 공극의 **자속 분포가 왜곡**된다.

② X: 실제 직류기에서는 자속이 강화되는 쪽의 철심이 자기포화에 가까워 자속 증가가 제한된다. 반대쪽의 자속 감소를 충분히 보충하지 못하므로 극당 자속이 줄어드는 **감자작용**이 나타난다. 회전속도가 같으면 발전기의 유기기전력은 극당 자속에 비례하므로, '유기기전력을 증가시킨다'는 '유기기전력을 감소시킨다'로 고쳐야 한다.

③ O: 자속 분포가 왜곡되면 자속밀도가 국부적으로 커지는 부분이 생겨, 그 부분을 지나는 코일의 유기기전력과 연결된 정류자편 사이의 전압이 높아질 수 있다. 특히 과부하 등으로 이 전압이 **절연내력을 넘으면** 절연파괴와 불꽃이 발생할 수 있다. 이는 발전기 전체의 유기기전력이 증가한다는 뜻과는 다르다.

④ O: 자기적 중성축은 회전하는 전기자 도체에 유기기전력이 생기지 않는 위치를 나타내는 축이다.
전기자반작용으로 합성자속의 방향이 바뀌면서 전동기의 자기적 중성축은 **회전방향의 반대방향**으로 이동한다.
발전기에서는 회전방향과 같은 방향으로 이동한다.

NoteBase

문 13. 스테핑 전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 피드백 장치 없이 회전시킬 수 있다.

② 분당 회전수와 분당 펄스수는 반비례한다.

③ 가변릴럭턴스형, 영구자석형, 복합형으로 분류된다.

④ 공급되는 전기적 펄스열에 따라 정해진 각도만큼 회전한다.

정답 2번

간단한 해설

스텝각이 일정하고 탈조가 없으면 분당 회전수는 분당 펄스수에 **비례한다**. 펄스 하나당 회전하는 각도가 같으므로 같은 시간에 더 많은 펄스를 공급할수록 더 빨리 회전한다.

선지별 해설

① O: 스테핑 전동기는 입력 펄스에 맞춰 일정한 각도씩 움직이므로, 펄스수를 세어 회전 위치를 제어하는 **개방루프 제어**가 가능하다. 따라서 위치를 검출해 되먹임하는 피드백 장치가 반드시 필요한 것은 아니다. 다만 부하나 펄스 주파수가 허용 범위를 벗어나 펄스를 따라가지 못하는 탈조가 발생하면 실제 위치와 명령 위치가 달라질 수 있다.

② X: 스텝각이 일정하고 탈조 없이 동작할 때 분당 회전수와 분당 펄스수는 **반비례가 아니라 비례**한다. 스텝각을 θ도, 분당 펄스수를 P, 분당 회전수를 n이라 하면 $n = \frac{P\theta}{360}$이다. 1분 동안의 총 회전각을 한 바퀴의 각도인 360°로 나누어 분당 회전수를 구하는 관계이므로, 펄스수를 두 배로 늘리면 회전수도 두 배가 된다.

③ O: 스테핑 전동기는 회전자 구조와 토크 발생 원리에 따라 가변릴럭턴스형, 영구자석형, 복합형으로 분류한다. 가변릴럭턴스형은 자기가 통과하기 쉬운 위치로 회전자가 이동하는 원리를 이용하고, 영구자석형은 회전자에 영구자석을 사용한다. 복합형은 **영구자석과 톱니 구조를 결합**하여 두 형식의 특징을 함께 이용한다.

④ O: 펄스열에 따라 고정자 권선의 여자 상태를 순차적으로 바꾸면 회전자가 그에 대응하는 위치로 이동한다. 따라서 일정한 구동 방식에서 각 펄스에 대응하여 정해진 각도인 스텝각만큼 회전하며, **누적 펄스수로 총 회전각**을 제어할 수 있다.

NoteBase

문 14. 변압기에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 철심이 포화되면 여자전류가 급격히 증가한다.

② 전압변동률은 부하의 역률에 따라 변하지 않는다.

③ 철심의 저항률을 낮추어 와전류 손실을 저감시킬 수 있다.

④ 변압기의 온도가 최대 155 °C까지 상승한다면 E종 절연재를 사용하여야 한다.

정답 1번

간단한 해설

철심이 포화되면 자속을 조금 더 늘리는 데에도 큰 자화력이 필요하므로 **여자전류가 급격히 증가**한다.

선지별 해설

① O: 여자전류는 철심에 자속을 형성하기 위해 흐르는 전류이다. 철심이 포화영역에 들어가면 자계를 크게 증가시켜도 자속은 조금만 증가한다. 따라서 자속을 더 형성하는 데 필요한 **여자전류가 급격히 커진다**.

② X: 전압변동률은 1차 전압을 일정하게 유지할 때 무부하와 부하 운전 사이에서 2차 단자전압이 얼마나 변하는지를 나타낸다. 같은 크기의 부하전류라도 역률에 따라 권선 저항과 누설리액턴스에 의한 전압강하의 위상 관계가 달라지므로, 전압변동률은 **부하의 역률에 따라 변한다**. 진상 부하에서는 전압변동률이 음수가 될 수도 있다.

③ X: 와전류는 철심 내부에서 자속의 변화로 유도되어 흐르는 전류이며, 이 전류가 철심에서 열로 소모하는 전력이 와전류 손실이다. 같은 자속 변화와 철심 형상에서는 저항률이 낮을수록 와전류가 쉽게 흘러 손실이 커진다. 손실을 줄이려면 철심 재료의 **저항률을 높여야 한다**. 얇은 강판을 서로 절연하여 적층하는 것도 와전류의 흐름을 억제하는 방법이다.

④ X: 절연재의 허용최고온도는 **E종이 120 °C, F종이 155 °C**이다. 따라서 사용 중 최고온도가 155 °C에 이르는 경우에는 E종으로는 부족하며, F종 이상의 내열 등급이 필요하다. 이 온도는 주위온도에 대한 온도상승분이 아니라 절연재가 견딜 수 있는 최고온도를 뜻한다.

NoteBase

문 15. 극수 P인 3상 유도전동기에서 동기속도 N_s [rpm], 회전자속도 N [rpm], 슬립 s, 2차입력 P_2 [W], 2차동손 P_{c2} [W], 기계적 동력으로 변환되는 출력 P_o [W], 토크 T [N·m]라고 할 때, 관계식이 옳은 것은?

① $s = \frac{2\pi}{P}(N_s - N)$

② $N = \frac{1-s}{s}N_s$

③ $T = \frac{30}{\pi}\frac{P_2}{N}s$

④ $\frac{P_{c2}}{P_o} = \frac{N_s - N}{N}$

정답 4번

간단한 해설

2차입력 중 **슬립에 해당하는 비율은 2차동손**이 되고, 나머지는 기계적 동력으로 변환된다. 따라서 $\frac{P_{c2}}{P_o} = \frac{s}{1-s}$ 이며, 슬립의 정의를 대입하면 $\frac{N_s - N}{N}$이 된다.

선지별 해설

① X: 슬립은 동기속도에 대한 상대적인 속도 차이이므로 $s = \frac{N_s - N}{N_s}$이다. **속도 차이를 동기속도로 나누어야** 단위가 없는 비율이 된다. 극수와 속도 차이를 선지처럼 곱한 식은 슬립의 정의에 맞지 않는다.

② X: 슬립의 정의에서 $sN_s = N_s - N$이므로 $N = (1-s)N_s$이다. 회전자속도는 동기속도의 **1에서 슬립을 뺀 비율**이며, 선지처럼 다시 슬립으로 나누지 않는다.

③ X: 토크는 **기계적 변환출력을 회전자 각속도로 나눈 값**이다. rpm을 rad/s로 바꾸면 $\omega = \frac{2\pi N}{60}$이므로 $T = \frac{30}{\pi}\frac{P_o}{N}$이다. $P_o = (1-s)P_2$를 대입하면 $T = \frac{30}{\pi}\frac{(1-s)P_2}{N}$이며 단위는 N·m이다. 선지의 sP_2는 기계적 변환출력이 아니라 2차동손이므로, 마지막 인자 s를 $1-s$로 고쳐야 한다.

④ O: 2차입력은 2차동손과 기계적 변환출력으로 나뉘므로 $P_{c2} = sP_2$, $P_o = (1-s)P_2$이다. 여기서 P_o는 **기계손을 빼기 전의 변환출력**이다. 두 전력의 비는 $\frac{P_{c2}}{P_o} = \frac{s}{1-s}$이다. $s = \frac{N_s - N}{N_s}$, $1 - s = \frac{N}{N_s}$를 대입하면 $\frac{P_{c2}}{P_o} = \frac{N_s - N}{N}$이 된다.

NoteBase

문 16. 2차측 무부하전압이 220 [V]인 단상변압기에 10 [Ω]의 저항부하를 연결할 때, 전압변동률이 10 [%]이다. 이때, 2차측 전류[A]는?

① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 2번

간단한 해설

전압변동률 10%는 무부하전압이 **부하전압의 1.1배**라는 뜻이다. 따라서 부하전압은 200 V이고, 10 Ω 저항에 흐르는 전류는 **20 A**이다.

계산 과정

1차측 전압을 일정하게 유지할 때, 전압변동률은 무부하일 때와 부하를 연결했을 때의 2차측 전압 차이를 **부하전압을 기준으로** 나타낸 값이다. 무부하전압을 V_{20}, 부하전압을 V_2라 하면, 주어진 전압변동률 10%로부터 $\frac{V_{20}-V_2}{V_2}=0.10$이다.

부하전압 계산: 무부하전압 220 V를 대입하면 $220-V_2=0.10V_2$, 즉 $220=1.10V_2$이다. 따라서 $V_2=\frac{220}{1.10}=200\text{V}$이다. 이는 저항부하 양단에 실제로 걸리는 전압이며, 무부하전압보다 20 V 낮다.

2차측 전류 계산: 저항부하가 10 Ω이므로 옴의 법칙을 적용한다. 부하저항을 R, 2차측 전류를 I_2라 하면 $I_2=\frac{V_2}{R}=\frac{200}{10}=20\text{A}$이다. 따라서 2차측 전류는 20 A로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 정격출력 3.5 [kW], 전원주파수 60 [Hz]인 4극 3상 농형유도전동기가 전부하 시 1,750 [rpm]으로 운전될 때, 동기와트[kW]는? (단, 기계적 손실은 무시한다)

① 3.4

② 3.5

③ 3.6

④ 3.7

정답 3번

간단한 해설

동기와트는 회전자에 전달되는 공극전력이며, 기계적 손실이 없을 때 **출력은 동기와트의 (1−슬립)배**이다. 동기속도 1,800 rpm과 실제 속도 1,750 rpm을 적용하면 동기와트는 3.6 kW이다.

계산 과정

동기속도: 전원주파수를 f, 극수를 p라 하면 회전자계의 동기속도는 $N_s = \frac{120f}{p}$이다. 60 Hz, 4극이므로 $N_s = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1{,}800$ rpm이다.

슬립: 실제 회전속도 N은 1,750 rpm이다. 슬립은 동기속도에 대한 속도 차의 비이므로 $s = \frac{N_s - N}{N_s}$이고, $s = \frac{1{,}800 - 1{,}750}{1{,}800} = \frac{1}{36}$이다. 따라서 $1 - s = \frac{35}{36}$은 실제 속도와 동기속도의 비이다.

출력과 동기와트의 관계: 동기와트 P_2는 고정자에서 공극을 통해 회전자에 전달되는 전력이다. 이 중 sP_2가 회전자 동손으로 소모되고, $(1 - s)P_2$가 기계적 동력으로 변환된다. **기계적 손실을 무시**하므로 변환된 기계적 동력이 전부하 축출력 3.5 kW와 같아 $P_{\text{out}} = (1 - s)P_2$가 성립한다.

동기와트 계산: $P_2 = \frac{P_{\text{out}}}{1 - s}$에 대입하면 $P_2 = 3.5 \cdot \frac{36}{35} = 3.6$ kW이다. 회전자 동손을 포함하므로 동기와트는 축출력 3.5 kW보다 크며, 계산값 3.6 kW는 ③에 해당한다.

NoteBase

문 18. 변압기의 단락조건과 동일한 현상이 발생하는 3상 유도전동기의 운전상태는?

① 구속운전

② 정격운전

③ 무부하운전

④ 플러깅운전

정답 1번

간단한 해설

구속운전에서는 회전자가 정지하여 **슬립이 1**이 된다. 이때 유도전동기는 고정자를 1차측, 회전자를 2차측으로 하는 **2차측이 단락된 변압기**와 같은 상태가 된다.

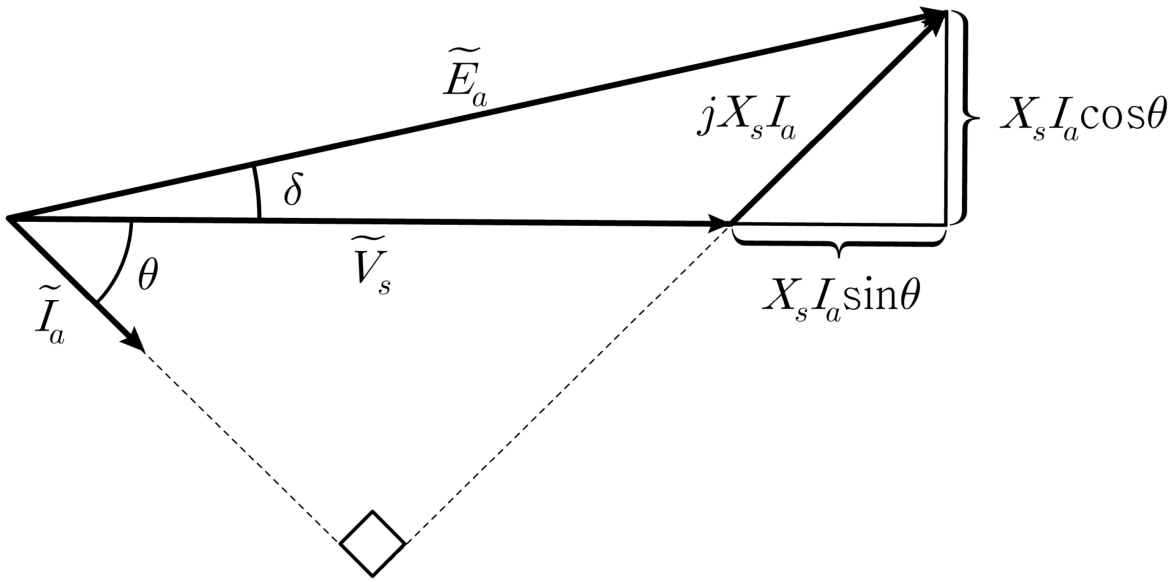
공통 해설

유도전동기의 고정자와 회전자는 각각 변압기의 1차측과 2차측에 대응한다. 회전자 회로가 단락된 상태에서 회전자를 고정하면 기계적 출력 없이 전류가 흐르므로, **2차측을 단락한 변압기**와 같은 전기적 상태가 된다. 이처럼 회전자를 움직이지 못하게 한 상태가 구속운전이다.

이를 구별하는 기준은 회전자와 회전자계의 상대속도를 나타내는 슬립이다. 동기속도를 n_s, 회전자 속도를 n이라 하면 $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다. 구속운전에서는 회전자 속도가 0이므로 **슬립은 1**이고, 회전자 전류의 주파수도 전원 주파수와 같아진다. 정격운전과 무부하운전에서는 회전자가 회전자계와 같은 방향으로 동기속도보다 느리게 회전하므로 슬립이 0보다 크고 1보다 작다. 플러깅운전은 회전자계와 회전자의 회전 방향이 반대인 제동 상태로, 회전자가 아직 회전 중일 때 슬립이 1보다 크다. 따라서 변압기의 단락조건에 대응하는 회전자 정지 상태와 구별된다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 동기발전기의 페이서도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① $E_a\cos\delta = V_s$이면 무효전력은 0이 된다.

② 최대출력전력은 부하각 $\delta = 90^\circ$에서 발생한다.

③ $\tilde{I}_a$가 $\tilde{V}_s$보다 위상이 뒤지면 양의 무효전력 값을 갖는다.

④ $X_sI_a\sin\theta$와 $X_sI_a\cos\theta$는 각각 유효전력과 무효전력에 비례한다.

정답 4번

간단한 해설

④는 유효전력과 무효전력의 대응을 바꾸어 설명했다. $X_sI_a\sin\theta$는 **무효전력**에, $X_sI_a\cos\theta$는 **유효전력**에 비례한다.

NoteBase

선지별 해설

그림은 전기자저항을 무시한 동기발전기의 페이서도로, $\tilde{E}_a = \tilde{V}_s + jX_s\tilde{I}_a$의 관계를 나타낸다. V_s는 한 상의 단자전압, E_a는 내부유기기전력, I_a는 전기자전류의 실횻값이며, X_s는 동기리액턴스이다. δ는 내부유기기전력이 단자전압보다 앞서는 부하각이고, θ는 전류가 단자전압보다 뒤지는 역률각이다. 한 상의 출력 유효전력과 무효전력은 각각 $P = V_sI_a\cos\theta$, $Q = V_sI_a\sin\theta$이다.

① O: 그림의 수평 방향에서 $E_a\cos\delta - V_s = X_sI_a\sin\theta$가 성립한다. 따라서 $Q = \frac{V_s}{X_s}(E_a\cos\delta - V_s)$이므로, **내부유기기전력의 수평 성분이 단자전압과 같으면** 무효전력은 0이 된다.

② O: 그림의 수직 방향에서 $E_a\sin\delta = X_sI_a\cos\theta$가 성립하므로, 유효전력은 $P = \frac{V_sE_a}{X_s}\sin\delta$이다. **단자전압과 내부유기기전력의 크기가 일정할 때** $\sin\delta$가 최대인 $\delta = 90\,^\circ$에서 최대출력전력이 발생한다.

③ O: 그림처럼 전류가 단자전압보다 뒤지는 지상역률에서는 $\sin\theta > 0$이다. 따라서 $Q = V_sI_a\sin\theta > 0$이 되어 발전기는 **양의 무효전력을 외부로 공급한다**.

④ X: $X_sI_a\sin\theta$는 그림에서 리액턴스 전압강하의 수평 성분이고, $X_sI_a\cos\theta$는 수직 성분이다. 두 성분에 각각 $\frac{V_s}{X_s}$를 곱하면 $V_sI_a\sin\theta = Q$, $V_sI_a\cos\theta = P$가 된다. 따라서 두 성분은 순서대로 **무효전력과 유효전력**에 비례한다.

NoteBase

문 20. 무부하에서 유기기전력이 200 [V]인 타여자 직류발전기의 자속을 2배로 하고, 회전속도를 $\frac{1}{2}$배로 하여 부하전류가 50 [A] 흐를 때, 단자전압[V]은? (단, 전기자저항은 0.1 [Ω], 브러시에 의한 전압강하는 2 [V]이고 전기자반작용은 무시한다)

① 192

② 193

③ 194

④ 195

정답 2번

간단한 해설

자속이 2배, 회전속도가 1/2배가 되면 두 값의 곱이 같으므로 유기기전력은 **200 V로 유지**된다. 여기서 전기자저항에 의한 전압강하 5 V와 브러시 전압강하 2 V를 빼면 단자전압은 193 V이다.

계산 과정

유기기전력: 직류발전기의 유기기전력은 $E = k\Phi n$이다. 여기서 k는 기계의 구조에 따른 상수, Φ는 자속, n은 회전속도이다. 같은 발전기에서는 유기기전력이 **자속과 회전속도의 곱에 비례**하므로, 조건 변경 후 유기기전력은 $200 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} = 200\text{V}$이다. 전기자반작용을 무시하므로 부하전류에 따른 자속 감소는 고려하지 않는다.

전기자저항의 전압강하: 타여자 발전기는 계자전류를 외부 전원에서 공급받으므로 **전기자전류가 부하전류와 같다**. 따라서 전기자전류 I_a는 50 A이고, 전기자저항 R_a가 0.1 Ω이므로 전기자저항에 의한 전압강하 I_aR_a는 $50 \times 0.1 = 5$ V이다.

단자전압: 발전기가 부하에 전력을 공급할 때는 내부 전압강하만큼 단자전압이 유기기전력보다 낮아진다. 브러시 전압강하를 V_b라 하면 $V = E - I_aR_a - V_b$이므로, 단자전압은 $200 - 5 - 2 = 193$ V이다. 이는 ②의 193 V에 해당한다.

NoteBase