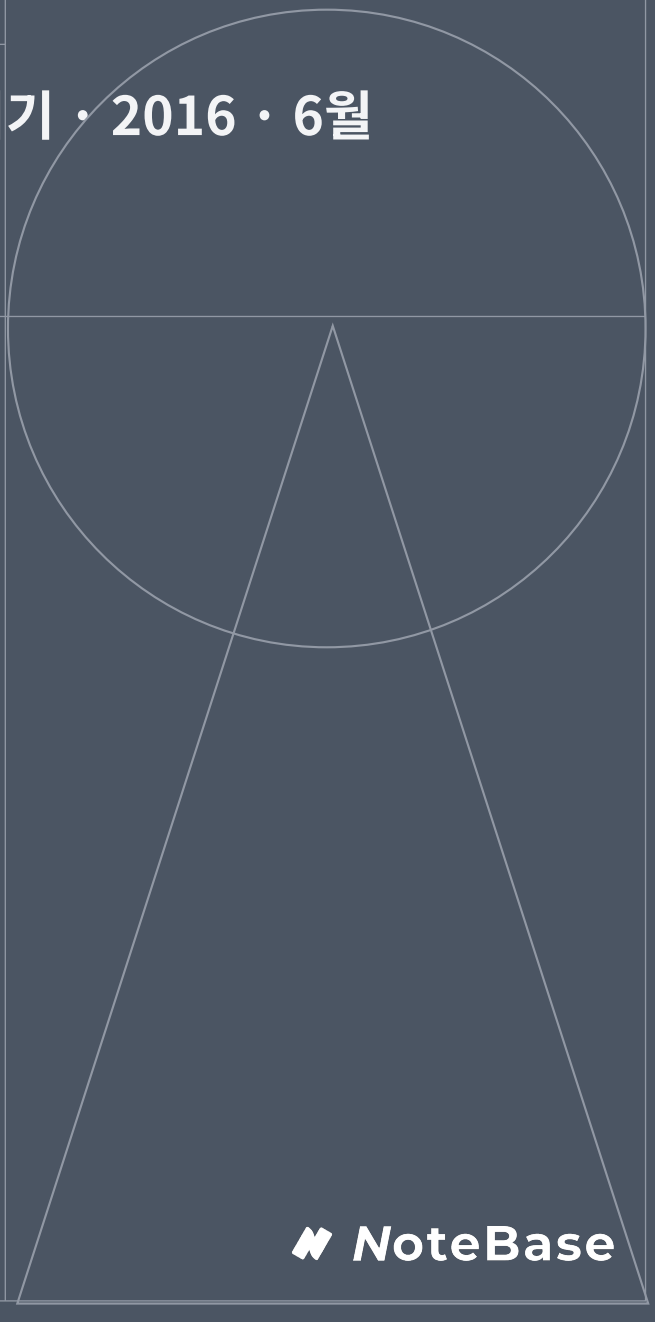
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2016 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2016 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2016 · 6월

문 1. 극수 p의 3상 유도전동기가 주파수 f [Hz], 슬립 s, 토크 T [N·m]로 회전하고 있을 때 기계적 출력 [W]은?

① $T\frac{4\pi f}{p} \times (1-s)$

② $T\frac{4pf}{\pi} \times (1-s)$

③ $T\frac{4\pi f}{p}s$

④ $T\frac{\pi f}{2p} \times (1-s)$

정답 1번

간단한 해설

기계적 출력은 **토크와 회전자 각속도의 곱**이다. 회전자 속도는 동기속도의 $1-s$배이므로, 출력은 $P = T\frac{4\pi f}{p}(1-s)$ [W]이다.

계산 과정

1. 동기속도: 극수 p는 극쌍 수가 아니라 전체 극의 수이다. 회전자계가 기계적으로 한 바퀴 회전하는 동안 전기적으로 $p/2$주기가 지나므로, 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{p}$ [rpm]이다.

2. 회전자 속도: 슬립은 동기속도에 대한 회전자 속도의 상대적인 차이로, $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다. 따라서 실제 회전자 속도는 $n = (1-s)n_s$이다. 이를 분당 회전수에서 각속도로 바꾸면 $\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{4\pi f}{p}(1-s)$ [rad/s]이다. 출력 계산에는 **동기속도가 아닌 실제 회전자 속도**를 사용한다.

3. 기계적 출력: 회전 운동의 동력은 토크와 각속도의 곱이므로 $P = T\omega$이다. 위에서 구한 각속도를 대입하면 $P = T\frac{4\pi f}{p}(1-s)$ [W]이며, 이는 ①의 식과 같다. 토크의 단위가 N·m이고 각속도의 단위가 rad/s이므로 출력의 단위는 W이다.

NoteBase

문 2. 전력변환기기에 관한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 스위칭 소자인 사이리스터(Thyristor)는 off 제어가 가능한 단방향 전류 소자이다.

② 사이클로(Cyclro) 컨버터로 3상 동기전동기를 구동하는 것이 가능하다.

③ 부스트(Boost) 컨버터로 직류 직권전동기를 구동하는 것이 가능하다.

④ 전류형 인버터에는 리액터(Reactor)를 설치해야 한다.

정답 1번

간단한 해설

일반 사이리스터(SCR)는 게이트 신호로 켤 수 있지만, **게이트 신호만으로 끌 수는 없다**. 꺼지게 하려면 소자에 흐르는 전류를 유지전류보다 작게 낮추어야 한다.

선지별 해설

① X: 일반 사이리스터(SCR)는 순방향 전압이 인가된 상태에서 게이트에 점호 신호를 주면 켜지는 단방향 전류 소자이다. 일단 도통하면 게이트 신호를 제거해도 전류가 유지전류 이상인 동안 도통을 계속한다. 따라서 'off 제어가 가능하다'는 표현은 **'게이트로 on 제어는 가능하지만 off 제어는 불가능하다'**로 고쳐야 한다. 소자를 끄려면 외부 회로의 작용으로 전류를 유지전류보다 작게 낮추어야 한다.

② O: 사이클로 컨버터는 교류를 원하는 주파수의 교류로 직접 변환하는 장치이다. 3상 출력을 만들어 동기전동기에 공급하면 **공급 주파수를 조절하여 동기속도를 바꿀 수 있다**. 따라서 3상 동기전동기의 가변속 구동에 사용할 수 있다.

③ O: 부스트 컨버터는 직류 입력전압을 더 높은 직류 전압으로 변환하는 승압형 컨버터이다. 직류 직권전동기는 계자권선과 전기자권선이 직렬로 연결되어 있으며, 이 직렬 회로에 부스트 컨버터의 출력을 공급할 수 있다. 스위칭 듀티비로 **전동기에 공급하는 직류 전압을 조절**하여 구동할 수 있다.

④ O: 전류형 인버터는 직류 측에서 거의 일정한 전류를 공급받아 교류로 변환한다. 이를 위해 직류 회로에 **큰 인덕턴스의 평활 리액터를 직렬로 설치**한다. 리액터는 전류의 급격한 변화를 억제하여 직류 전류의 맥동을 줄이고, 인버터 입력이 전류원에 가깝게 되도록 한다.

NoteBase

문 3. 어느 한 공장이 100[kVA]인 동일 정격의 단상 변압기 2대를 V결선으로 운영하고 있다. 변압기의 용량이 부족하여 동일한 한 대의 변압기를 추가하여 Δ결선하였다. 변압기를 추가하기 전에 비해 늘어난 용량[kVA]으로 가장 가까운 값은?

① 100.0

② 126.8

③ 150.0

④ 173.1

정답 2번

간단한 해설

한 대의 정격용량이 100 kVA일 때, V결선의 공급 용량은 $100\sqrt{3}$ kVA이고 Δ결선의 공급 용량은 300 kVA이다. 따라서 **결선 변경 전후의 용량 차이**는 약 126.8 kVA이다.

계산 과정

조건: 변압기 한 대의 정격용량을 $S_1 = 100\text{kVA}$로 두고, 평형 3상 부하를 기준으로 계산한다. 선간전압을 V_L, 선전류를 I_L이라 하면 3상 피상전력은 $S = \sqrt{3} V_L I_L$이다.

V결선의 용량: 두 변압기 각각의 권선전압은 선간전압과 같고, **권선전류는 선전류와 같다**. 따라서 각 변압기가 정격에 도달할 때 $V_L I_L = S_1$이므로, V결선의 공급 용량은 $S_V = \sqrt{3} S_1$이다. 수치를 대입하면 $S_V = 100\sqrt{3} \approx 173.2\text{kVA}$이다. 이는 두 변압기의 정격용량을 단순히 더한 200 kVA와 다르다.

Δ결선의 용량: 동일한 변압기 세 대가 평형 3상 부하를 나누어 공급하므로, 각 변압기를 정격까지 사용하면 전체 용량은 **한 대 정격용량의 3배**이다. 따라서 $S_\Delta = 3S_1$이며, $3 \times 100 = 300$ kVA이다.

증가 용량: 구하려는 값은 추가 후 전체 용량이 아니라 **추가 후 용량에서 추가 전 용량을 뺀 값**이다. 증가분은 $300 - 100\sqrt{3} \approx 126.8\text{kVA}$이므로 ②의 126.8 kVA에 해당한다.

NoteBase

문 4. 직류 분권전동기의 단자 전압과 계자전류는 일정하고 부하토크가 2배로 되면 전기자전류는 어떻게 되는가?

① 불변

② 1/2배

③ 2배

④ 4배

정답 3번

간단한 해설

계자전류가 일정하면 자속을 일정하게 보므로 **토크는 전기자전류에 비례**한다. 부하토크가 2배가 되면 전기자전류도 2배가 된다.

계산 과정

직류전동기의 발생토크는 $T = k\Phi I_a$이다. 여기서 T는 발생토크, k는 전동기 구조에 따른 상수, Φ는 자속, I_a는 전기자전류이다. 분권전동기는 계자권선이 전원에 병렬로 연결되어 있으며, 주어진 조건에서는 계자전류가 일정하므로 **자속도 일정하게 본다**. 따라서 토크의 변화 비율은 전기자전류의 변화 비율과 같다.

정상상태에서 손실토크를 무시하면 발생토크는 부하토크와 같다. 변화 전후를 각각 아래첨자 1, 2로 나타내면 $\frac{I_{a2}}{I_{a1}} = \frac{T_2}{T_1} = 2$이다. 즉, 전기자전류는 처음의 2배가 되며, 이는 ③의 2배에 해당한다.

NoteBase

문 5. 3150/210[V]인 변압기의 용량이 각각 250[kVA], 200[kVA]이고 %임피던스 강하가 각각 2.5[%], 3[%]이다. 두 변압기가 300[kVA]의 부하를 분담하고 있다. 각 변압기의 부하 분담용량으로 가장 가까운 값은?

① 150.0[kVA], 150.0[kVA]

② 163.6[kVA], 136.4[kVA]

③ 166.7[kVA], 133.3[kVA]

④ 180.0[kVA], 120.0[kVA]

정답 4번

간단한 해설

병렬운전하는 변압기의 부하 분담용량은 **정격용량에 비례하고 %임피던스에 반비례**한다. 분담비는 $\frac{250}{2.5} : \frac{200}{3} = 3 : 2$이므로, 300 kVA를 각각 180.0 kVA와 120.0 kVA로 나누어 부담한다.

계산 과정

250 kVA 변압기의 분담용량을 S_1, 200 kVA 변압기의 분담용량을 S_2라 한다. 두 변압기의 정격전압은 모두 3150/210 V로 같다. 임피던스각이 같고 순환전류를 무시하는 통상적인 병렬운전 조건으로 계산한다.

병렬운전에서는 두 변압기의 임피던스에 걸리는 전압강하가 같으므로 분담전류는 실제 임피던스에 반비례한다. 또한 공통 부하전압에서 분담용량은 분담전류에 비례한다. 주어진 %임피던스는 **각 변압기의 정격용량을 기준으로 한 값**이므로, 분담용량의 비를 구할 때에는 각 정격용량을 해당 %임피던스로 나눈다. 따라서 분담비는 $S_1 : S_2 = \frac{250}{2.5} : \frac{200}{3} = 3 : 2$이다. 이는 전체 부하를 다섯 몫으로 나누어 첫 변압기가 세 몫, 둘째 변압기가 두 몫을 맡는다는 뜻이다.

전체 부하가 300 kVA이므로 첫 변압기의 분담용량은 $S_1 = 300 \cdot \frac{3}{5} = 180.0\text{kVA}$이다. 둘째 변압기의 분담용량은 $S_2 = 300 \cdot \frac{2}{5} = 120.0\text{kVA}$이다.

두 분담용량의 합은 180.0 + 120.0 = 300.0 kVA로 전체 부하와 일치하며, 각각의 정격용량인 250 kVA와 200 kVA도 넘지 않는다. 따라서 180.0 kVA, 120.0 kVA를 제시한 ④에 해당한다.

NoteBase

문 6. 권선을 단절권으로 감아서 동기발전기에서 발생하는 제3고조파를 없애려고 한다. 자극 피치에 대한 권선 피치의 비는?

① 17/18

② 13/15

③ 3/4

④ 2/3

정답 4번

간단한 해설

제3고조파를 없애려면 두 코일변에서 유도되는 제3고조파 기전력이 서로 상쇄되어야 한다. 이 조건은 **권선 피치가 전기각 120°**일 때 성립하므로, 자극 피치 180°에 대한 비는 $\frac{2}{3}$이다.

계산 과정

자극 피치는 인접한 N극과 S극 중심 사이의 간격으로, **전기각 180°**에 해당한다. 권선 피치를 전기각 θ로 나타내면 단절권에서는 $0 < \theta < 180\,^\circ$이다. 제3고조파의 단절계수는 $k_{p3} = \sin\left(\frac{3\theta}{2}\right)$이며, 기본파에 대한 공간적 위상차가 제3고조파에서는 3배가 되므로 각도에 3을 곱한다.

제3고조파 기전력을 제거하려면 **제3고조파의 단절계수를 0**으로 만들어야 한다. 따라서 $\sin\left(\frac{3\theta}{2}\right) = 0$이다. 단절권의 범위에서 이를 만족하는 조건은 $\frac{3\theta}{2} = 180\,^\circ$이므로, 권선 피치는 $\theta = 120\,^\circ$가 된다.

구하는 비는 권선 피치를 자극 피치로 나눈 값이므로 $\frac{120^\circ}{180^\circ} = \frac{2}{3}$이다. 두 피치를 같은 전기각 기준으로 나누므로 단위가 없는 비이며, ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. △결선의 3상 유도전동기를 Y결선으로 변경한 경우의 기동토크는 △결선 시의 몇 배가 되는가?

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

정답 1번

간단한 해설

같은 선간전압에서 △결선을 Y결선으로 바꾸면 각 권선에 걸리는 상전압은 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배가 된다. 기동토크는 **상전압의 제곱에 비례**하므로 △결선 시의 1/3배로 감소한다.

계산 과정

같은 전동기에 공급하는 **선간전압과 주파수를 그대로 유지**하고 결선만 바꾼다고 본다. 선간전압을 V_L, 각 권선에 걸리는 상전압을 V_ϕ라 한다.

상전압 비교: △결선은 각 권선이 두 전원선 사이에 직접 연결되므로 $V_{\phi\,\triangle} = V_L$이다. Y결선에서는 각 권선이 전원선과 중성점 사이에 연결되므로 $V_{\phi Y} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$이다. 따라서 Y결선의 상전압은 △결선의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$배이다.

기동토크의 관계: 기동 시에는 회전자가 정지하여 슬립이 1이다. 같은 전동기를 같은 주파수에서 비교하면 기동 시 권선의 임피던스 조건이 같으므로, 기동토크는 **권선에 걸리는 상전압의 제곱에 비례**한다. 즉, $T \propto V_\phi^2$이다.

토크비 계산: Y결선과 △결선의 기동토크를 각각 T_Y, $T_\triangle$라 하면 $\frac{T_Y}{T_\triangle} = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{1}{3}$이다. 전압비를 제곱해야 하므로 기동토크는 △결선 시의 1/3배이며, ①의 값에 해당한다. 토크끼리 나눈 비이므로 단위는 없다.

NoteBase

문 8. 직류 타여자 발전기의 부하전류가 증가할 때 단자 전압이 감소하도록 하는 원인으로 가장 옳지 않은 것은?

① 보상권선 저항

② 브러시 저항

③ 계자권선 저항

④ 보극권선 저항

정답 3번

간단한 해설

타여자 발전기의 **계자권선은 별도의 외부 전원**으로 여자되며, 부하전류가 흐르는 전기자 회로와 분리되어 있다. 따라서 계자권선 저항은 부하전류 증가에 따른 전기자 회로의 내부 전압강하를 일으키는 저항에 포함되지 않는다.

공통 해설

회전속도와 여자 조건을 일정하게 유지하는 타여자 발전기에서 단자전압은 유기기전력에서 전기자 회로의 내부 전압강하를 뺀 값이다. 전기자전류는 부하전류와 같으므로, 부하전류가 증가하면 **전기자전류가 흐르는 경로의 저항**에 의한 전압강하가 커진다.

보상권선과 보극권선은 전기자와 직렬로 연결되어 전기자전류가 흐른다. 따라서 보상권선 저항과 보극권선 저항은 부하전류 증가에 따라 전압강하를 증가시키는 내부 저항에 포함된다. 브러시 역시 전기자전류가 흐르는 통로에 있으므로, 브러시 저항과 접촉에 따른 전압강하도 단자전압을 낮추는 요인에 포함된다.

계자권선은 **독립된 외부 여자 회로**에 연결되어 부하전류가 흐르지 않는다. 외부 여자전압과 계자 회로 저항이 일정하면 부하전류가 증가해도 계자전류는 일정하게 유지된다. 따라서 계자권선 저항은 이 문제에서 묻는 부하전류 증가에 따른 단자전압 감소의 원인에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 9. 다음 직류발전기에 대한 설명 중 옳은 것을 모두 고른 것은?

ㄱ. 교차기자력은 계자기자력과 전기각도 90°의 방향으로 발생하는 기자력이다.
ㄴ. 편자작용에 의해 직류발전기는 전기적 중성축이 회전방향으로 이동한다.
ㄷ. 보극이나 보상권선을 설치하여 전기자 반작용에 의한 악영향을 줄일 수 있다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

간단한 해설

전기자전류가 만든 자계가 주자계를 왜곡하는 편자작용 때문에 직류발전기의 전기적 중성축은 **회전방향**으로 이동한다. **보극과 보상권선**은 이러한 전기자 반작용의 악영향을 줄인다.

보기별 해설

ㄱ. O: 교차기자력은 계자기자력의 축에 대해 **전기각 90° 방향**으로 작용하는 전기자기자력 성분이다. 계자자속의 분포를 한쪽에서는 강화하고 다른 쪽에서는 약화시켜 왜곡하는 편자작용을 일으킨다.

ㄴ. O: 전기적 중성축은 전기자 도체에 유도되는 기전력이 0인 위치를 잇는 축이다. 부하전류가 흐르면 전기자 자계와 계자 자계가 합성되어 자속 분포가 왜곡되고 중성축의 위치가 달라진다. 직류발전기에서는 이 축이 **회전방향으로 이동**한다.

ㄷ. O: **보극은 주자극 사이의 정류 영역**에서 전기자 반작용을 보상하여 정류를 개선한다. **보상권선은 주자극의 극면**에 설치하여 전기자 자계에 반대되는 자계를 만들고 주자극 아래의 자속 왜곡을 줄인다. 따라서 두 장치 모두 전기자 반작용에 따른 악영향을 줄이는 방법이다.

ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 이들을 함께 포함한 ④에 해당한다.

NoteBase

문 10. 직류 분권전동기가 단자 전압 100[V], 전기자전류 25[A], 회전속도 1500[rpm]로 운전되고 있다. 이때의 토크 T[N·m]으로 가장 가까운 값은? (단, 전기자 회로의 저항은 0.2[Ω]이며, 브러시 전압강하 및 전기자 반작용의 영향은 무시한다.)

① 8.3

② 10.8

③ 13.1

④ 15.1

정답 4번

간단한 해설

전기자 입력에서 **전기자 동손을 뺀 변환 전력**을 각속도로 나누어 토크를 구한다. 역기전력은 95 V, 변환 전력은 2375 W이므로 토크는 약 15.1 N·m이다.

계산 과정

역기전력: 단자 전압 V = 100 V, 전기자전류 $I_a = 25$ A, 전기자 회로 저항 $R_a = 0.2\ \Omega$이다. 브러시 전압강하를 무시하면 단자 전압은 역기전력과 전기자 저항의 전압강하의 합이므로, $E = V - I_a R_a$이다. 따라서 역기전력은 100 - 25 × 0.2 = 95 V이다.

변환 전력: 전기자 입력에는 저항에서 열로 소모되는 동손이 포함된다. 따라서 토크를 발생시키는 **기계적 변환 전력**은 전기자 입력에서 동손을 뺀 $P = VI_a - I_a^2 R_a = EI_a$이다. 이를 계산하면 95 × 25 = 2375 W이다.

각속도: 회전속도 n = 1500 rpm은 1분 동안 1500회 회전한다는 뜻이다. 1회전은 2π rad이고 1분은 60초이므로, **초당 회전각**으로 바꾸면 $\omega = \frac{2\pi n}{60}$이다. 따라서 $\omega = 50\pi$ rad/s이다.

토크: 회전 운동의 동력 관계 $P = T\omega$에서 토크는 $T = \frac{P}{\omega}$이다. 따라서 $T = \frac{2375}{50\pi} \approx 15.1$ N·m이며, 가장 가까운 값은 ④의 15.1이다.

NoteBase

문 11. 3상 동기전동기에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 제동권선은 전동기의 기동에 사용될 수 있다.

② 원통형 동기전동기의 출력은 동기리액턴스에 반비례한다.

③ 무부하로 운전 중인 전동기의 계자전류를 감소시키면 단자에 진상전류가 흐르게 된다.

④ 계자전류의 변화에 따른 전기자전류의 변화를 나타낸 것을 V곡선이라 한다.

정답 3번

간단한 해설

계자전류를 줄여 부족여자로 운전하면 **지상전류**가 흐른다. 진상전류는 계자전류를 늘려 **과여자**로 운전할 때 흐른다.

선지별 해설

① O: 제동권선은 회전자에 설치된 단락권선으로, 기동할 때 회전자계에 의해 전류가 유도되어 **유도전동기와 같은 원리로 기동토크**를 발생시킨다. 동기속도 가까이까지 가속한 뒤 계자권선에 직류를 공급하면 동기운전으로 들어갈 수 있다.

② O: 원통형 동기전동기에서 전기자저항과 회전손실을 무시하면 출력은 $P = \frac{3VE}{X_s}\sin\delta$로 나타낸다. 여기서 V는 상전압, E는 1상당 내부 유기기전력, X_s는 1상당 동기리액턴스, δ는 부하각이다. 따라서 **상전압·내부 유기기전력·부하각이 같을 때** 출력은 동기리액턴스에 반비례한다.

③ X: 무부하에서도 계자전류에 따라 전류의 위상이 달라진다. 단위역률에 해당하는 값보다 계자전류를 작게 하면 부족여자가 되어, 부족한 자화를 전원에서 보충하므로 전압보다 뒤지는 **지상전류**가 흐른다. 반대로 계자전류를 크게 하여 과여자로 운전하면 전압보다 앞서는 **진상전류**가 흐른다. 따라서 계자전류 감소에 따른 부족여자의 전류를 진상전류로 설명한 부분을 지상전류로 고쳐야 한다.

④ O: 단자전압과 부하를 일정하게 유지하면서 계자전류를 바꿀 때 전기자전류가 어떻게 변하는지 나타낸 것이 V곡선이다. 가로축은 계자전류, 세로축은 전기자전류이며, **단위역률 부근에서 전기자전류가 최소**가 된다. 이 지점에서 계자전류를 줄이거나 늘리면 무효전류가 증가하여 전기자전류가 커지므로 V자 모양을 이룬다.

NoteBase

문 12. 직류 분권발전기의 전기자권선에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 전기자권선은 모두 단절권이다.

② 전기자권선은 대부분 폐로권이다.

③ 전기자권선은 대부분 고상권이다.

④ 파권의 브러시 수는 극수와 관계없이 2개이다.

정답 1번

간단한 해설

전기자권선의 코일 간격은 일반적으로 **한 극피치인 전절권**을 기준으로 한다. 단절권은 코일 간격이 한 극피치보다 짧은 권선이므로, 전기자권선이 '모두 단절권'이라는 설명은 성립하지 않는다.

선지별 해설

① X: 코일의 두 유효변 사이 간격이 한 극피치이면 전절권, 그보다 짧으면 단절권이다. 한 극피치는 이웃한 N극과 S극 사이의 간격으로, 전기각 180°에 해당한다. 직류기의 전기자권선은 일반적으로 **전절권 또는 이에 가까운 코일 간격**을 사용하며, 두 유효변에서 유기되는 기전력이 코일의 연결 방향을 따라 더해지게 한다. 슬롯 배치나 정류 개선 등을 위해 간격을 조금 줄일 수는 있지만, 모두 단절권인 것은 아니다.

② O: 폐로권은 코일들을 차례로 연결한 뒤 끝을 처음으로 되돌려 **권선 전체가 닫힌 회로**를 이루게 한 방식이다. 일반적인 직류기의 중권과 파권은 폐로권이며, 정류자와 브러시를 통해 외부 회로로 전류를 꺼낸다. 폐로권이라는 말은 외부 부하가 단락되어 있다는 뜻이 아니라 전기자권선 자체의 연결 형태를 뜻한다.

③ O: 고상권은 원통형 전기자 철심의 바깥쪽 슬롯에 코일의 두 유효변을 배치하는 방식이다. 두 유효변 모두 주자속을 끊어 기전력을 발생시키므로 **권선 도체를 효과적으로 이용**할 수 있다. 철심 안쪽의 도체가 기전력 발생에 거의 기여하지 못하는 환상권보다 유리하여 일반적인 직류기에 널리 쓰인다.

④ O: 통상적인 단중 파권은 극수가 달라져도 브러시 사이의 병렬회로 수가 2개이다. 따라서 기본적으로 필요한 브러시는 양극과 음극 각 1개씩, **극수와 관계없이 총 2개**이다. 이 선지는 이러한 기본 브러시 수를 뜻한다. 실제 설계에서는 브러시 하나가 담당하는 전류를 줄이려고 브러시를 추가할 수 있으므로, 모든 실제 기계의 설치 개수가 반드시 2개라는 뜻으로 확대하지 않는다.

NoteBase

문 13. 매극의 유효자속이 0.01[Wb], 전기자 총 도체수가 100인 4극의 단중 중권 직류발전기를 1200[rpm]으로 회전시킬 때의 기전력[V]은?

① 10

② 20

③ 50

④ 100

정답 2번

간단한 해설

단중 중권은 **병렬회로 수가 극수와 같으므로** 기전력 식에서 극수와 병렬회로 수가 약분된다. 매극의 유효자속·총 도체수·회전속도를 적용하면 기전력은 20 V이다.

계산 과정

단중 중권에서는 **병렬회로 수 A가 극수 P와 같다**. 따라서 이 발전기는 P = 4, A = 4이며, 각 병렬회로에 직렬로 연결되는 도체수는 $Z/A = 100/4 = 25$개이다. 여기서 Z는 전기자 총 도체수이다.

직류발전기의 기전력은 $E = \frac{P\Phi Zn}{60A}$이다. Φ는 매극의 유효자속(Wb), n은 회전속도(rpm)이다. 도체 하나가 1회전할 때 자르는 자속은 PΦ이고, 초당 회전수는 $n/60$이므로 도체 하나의 평균 유도기전력은 $P\Phi n/60$이다. 여기에 한 병렬회로의 직렬 도체수 Z/A를 곱한다. 병렬로 연결된 회로들의 전압은 같으므로 회로 수만큼 전압을 더하지 않는다.

단중 중권의 A = P를 적용하면 $E = \frac{\Phi Zn}{60}$으로 정리된다. 주어진 Φ = 0.01 Wb, Z = 100, n = 1200 rpm을 대입하면 $E = \frac{0.01 \cdot 100 \cdot 1200}{60} = 20\text{V}$이다.

계산한 기전력 20 V는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 3상 동기발전기의 단락시험 시 발생하는 전기자 반작용으로 가장 적절한 것은?

① 증자작용

② 감자작용

③ 교차자화작용

④ 아무작용도 일어나지 않는다.

정답 2번

간단한 해설

단락시험에서는 전기자전류가 유도기전력보다 거의 90° 늦어 전기자 자기장이 계자 자기장을 약화시킨다.
따라서 전기자 반작용은 **감자작용**으로 나타난다.

공통 해설

전기자 반작용은 전기자전류가 만드는 자기장이 계자 자기장에 영향을 주는 현상이다. 그 작용은 전기자전류와 유도기전력의 위상 관계에 따라 달라진다.

3상 동기발전기의 단락시험에서는 전기자 단자를 단락한 상태로 계자를 여자하여 전기자전류를 흘린다.
전기자회로는 저항보다 유도성 리액턴스의 영향이 크므로, 정상상태의 단락전류는 유도기전력보다 **거의 90° 늦는다**. 이때 전기자 자기장은 계자 자기장과 거의 반대 방향으로 작용하여 합성 자속을 줄인다. 이를 감자작용이라고 한다.

따라서 단락시험의 전기자 반작용은 계자 자속을 강화하는 증자작용이나 자속축에 직각으로 작용하는 교차자화작용이 아니라, **계자 자속을 약화시키는 감자작용**이다. 단자전압이 0이어도 전기자전류는 흐르므로 전기자 반작용이 없다고 할 수 없다.

NoteBase

문 15. 두 대의 3상 동기발전기의 병렬운전에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 원동기의 속도는 부하전류의 변화와 관계없이 일정한 속도를 유지해야 한다.

② 병렬운전 중 어느 한 발전기의 속도가 빨라지면 동기화력이 발생한다.

③ 병렬운전 중 어느 한 발전기의 여자를 세게 하면 두 발전기 사이에 무효순환전류가 흐른다.

④ 병렬운전 중 어느 한 발전기의 여자를 세게 하면 그 발전기에서 감자작용이 일어난다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '부하전류의 변화와 관계없이 일정한 속도'는 일반적인 병렬운전의 조속기 특성으로 적절하지 않다. 안정적인 부하 분담을 위해서는 부하가 증가할수록 속도가 낮아지는 **수하특성**을 사용한다.

선지별 해설

① X: 별도의 부하분담 제어가 없는 일반적인 병렬운전에서는 원동기의 조속기에 **부하가 증가하면 속도가 낮아지는 수하특성**을 둔다. 이 특성에 따라 공통 운전 주파수에서 각 발전기가 맡는 유효전력이 정해져 부하를 안정적으로 나눌 수 있다. 두 원동기가 각각 부하와 무관하게 일정한 속도만 유지하려 하면 작은 속도 설정 차이로도 부하가 한쪽에 치우칠 수 있다. 병렬운전 중 각 발전기가 계통 주파수에 맞는 동기속도로 회전한다는 사실과 조속기의 속도·부하 특성이 수평이라는 주장은 구별해야 한다. 별도의 부하분담 제어를 갖춘 정속 운전도 가능하므로, 부하와 무관한 일정 속도 유지를 병렬운전의 필수 조건으로 볼 수는 없다.

② O: 한 발전기가 순간적으로 빨라지려 하면 그 발전기의 유기기전력 위상이 상대적으로 앞선다. 이 위상 차이로 동기화전류가 흐르고, 앞선 발전기는 유효전력 출력과 제동토크가 증가하여 속도 상승을 억제받는다. 상대적으로 뒤처진 발전기에는 반대 작용이 생긴다. 이처럼 **위상 차이를 줄여 동기를 유지하려는 복원작용**을 동기화력이라고 한다.

③ O: 원동기 입력을 그대로 두고 한 발전기의 여자를 세게 하면 그 발전기의 유기기전력이 커진다. 두 발전기의 유기기전력 크기에 차이가 생겨 발전기 사이에 순환전류가 흐른다. 동기발전기는 전기자 저항보다 동기리액턴스가 크므로 이 전류는 주로 **무효전류 성분**이며, 여자 조절은 주로 무효전력 분담과 역률을 바꾼다.

④ O: 여자를 세게 한 발전기에서 흘러나오는 무효순환전류 성분은 그 발전기의 유기기전력에 대해 지상 성분이다. 이 성분에 의한 전기자 자기장은 계자 자기장을 약화하는 **감자작용**을 하여 여자 증가에 따른 자속 증가를 억제한다. 따라서 여자 자체를 강화하는 작용과, 그 결과 생긴 순환전류의 전기자반작용은 방향이 서로 다르다.

NoteBase

문 16. 3상 유도전동기의 1차 권선 저항이 15[Ω], 1차측으로 환산한 2차 권선 저항은 9[Ω], 슬립이 0.1일 때, 효율[%]로 가장 가까운 값은? (단, 여자 전류는 무시하고, 손실은 1차 권선 및 2차 권선에 의한 동손만 존재한다.)

① 66

② 77

③ 88

④ 99

정답 2번

간단한 해설

전체 효율은 **1차 동손과 2차 동손을 모두 반영**한 출력/입력 비율로 구한다. 슬립으로 구한 90%는 2차 입력에 대한 기계적 출력의 비율이며, 1차 동손까지 포함한 전체 효율은 약 **77.14%**이다.

계산 과정

조건과 전류: 1차 권선 저항은 $R_1 = 15\Omega$, 1차측 환산 2차 권선 저항은 $R_2' = 9\Omega$, 슬립은 $s = 0.1$이다. **여자 전류를 무시**하므로 1차 전류와 1차측으로 환산한 2차 전류가 같다. 이 상전류를 I로 둔다.

입력 전력: 공극을 통해 회전자에 전달되는 2차 입력 P_g는 $P_g = 3I^2\frac{R_2'}{s}$이다. 철손이 없으므로 전동기 전체 입력은 여기에 **1차 동손을 더한 값**이다.
$P_{\text{in}} = 3I^2\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)$

출력 전력: 2차 입력 중 슬립 s에 해당하는 비율은 2차 동손으로 소모되고, 나머지 $1 - s$가 기계적 출력으로 변환된다. **기계손도 없으므로** 변환된 기계적 출력이 그대로 축출력이다.
$P_{\text{out}} = 3I^2R_2'\frac{1-s}{s}$

효율 계산: 효율은 전체 입력에 대한 축출력의 백분율이다. 입력과 출력에 공통인 $3I^2$가 약분되므로 전류의 크기를 구할 필요가 없다.
$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \cdot 100$
$\eta = \frac{(1-s)R_2'}{sR_1 + R_2'} \cdot 100$
$\eta = \frac{0.9 \cdot 9}{0.1 \cdot 15 + 9} \cdot 100 \approx 77.14\%$ 따라서 가장 가까운 값은 ②의 77%이다.

NoteBase

문 17. 정격 출력 5000[kVA], 정격 전압 6600[V]인 3상 동기 발전기가 있다. 무부하 시에 정격 전압이 되는 여자 전류에 대한 3상 단락 전류(지속 단락 전류)는 500[A]이다. 이 동기 발전기의 단락비로 가장 가까운 값은?

① 0.875

② 1.00

③ 1.14

④ 1.52

정답 3번

간단한 해설

단락비는 **무부하에서 정격 전압을 만드는 여자 전류에 대응하는 지속 단락 전류와 정격 전류의 비**로 구할 수 있다. 정격 전류가 약 437.4 A이므로 단락비는 $\frac{500}{437.4} \approx 1.14$이다.

계산 과정

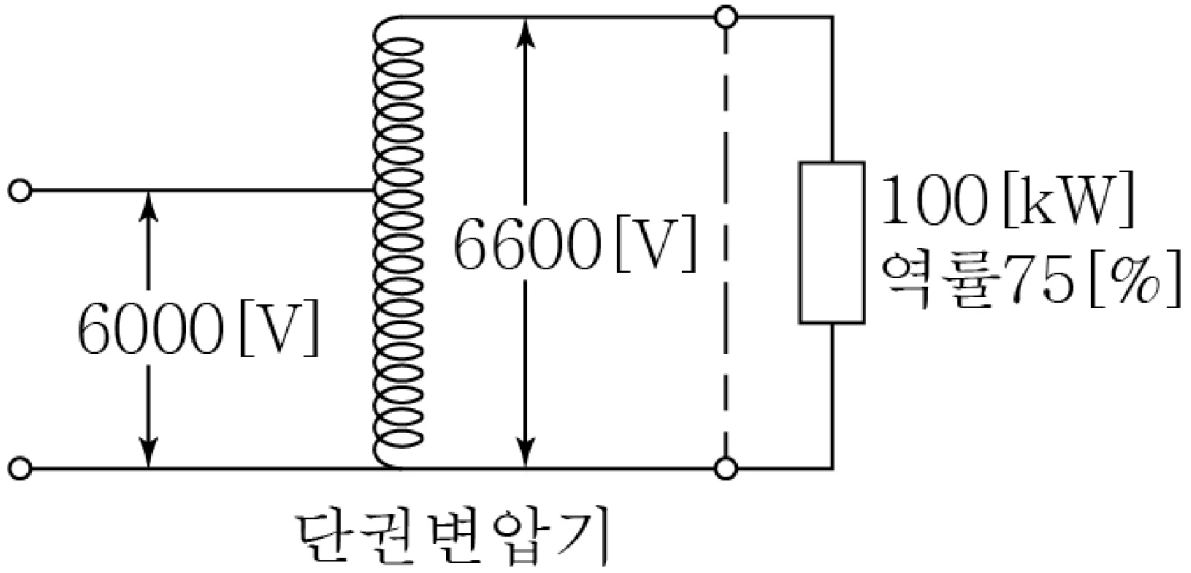
1. 단락비의 기준: 단락비는 무부하에서 정격 전압을 만드는 데 필요한 여자 전류를, 3상 단락 상태에서 정격 전류를 흐르게 하는 데 필요한 여자 전류로 나눈 값이다. 단락 특성에서는 전기자 전류가 여자 전류에 비례하므로, **무부하 정격 전압에 대응하는 지속 단락 전류를 정격 전류로 나누어도** 같은 비를 얻는다. 이 문제에서 분자는 주어진 지속 단락 전류 500 A이다.

2. 정격 전류 계산: 정격 용량 S_n은 5000 kVA = 5,000,000 VA이고, 정격 선간 전압 V_L은 6600 V이다. 3상 피상전력 관계 $S_n = \sqrt{3} V_L I_n$을 적용하면 정격 선전류는 $I_n = \frac{5000000}{\sqrt{3} \cdot 6600} \approx 437.4\text{A}$이다. 용량이 **kVA로 주어졌으므로 역률을 곱하지 않는다**.

3. 단락비 계산: $\text{SCR} = \frac{500}{437.4} \approx 1.143$이다. 전류끼리 나눈 비이므로 단위가 없으며, 가장 가까운 값은 ③의 1.14이다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 정격 1차 전압 6000[V], 정격 2차 전압 6600[V]인 단상 단권 변압기가 있다. 소비 전력 100[kW], 역률 75[%](지상)인 단상 부하에 정격 전압으로 전력을 공급하는 데 필요한 단권 변압기의 자기 용량[kVA]으로 가장 가까운 값은? (단, 권선 저항, 누설 리액턴스 및 철손은 무시한다.)



① 9.1

② 12.1

③ 100

④ 121

정답 2번

간단한 해설

단권 변압기의 자기 용량은 부하 전체 용량 중 **전자유도로 전달되는 부분**이며, 이 승압 접속에서는 부하 피상전력에 $\frac{6600-6000}{6600}$을 곱한 값이다. 역률을 반영한 부하 피상전력은 약 133.3 kVA이므로 자기 용량은 약 12.1 kVA이다.

NoteBase

계산 과정

1. 부하의 피상전력: 소비 전력 100 kW는 유효전력이다. 권선의 용량은 전압과 전류의 곱인 **피상전력**을 기준으로 하므로, 지상 역률 75%를 0.75로 놓고 $S_L = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{100}{0.75} \approx 133.33\text{kVA}$로 구한다.

2. 부하 전류: 부하에는 전체 권선의 전압 6600 V, 즉 6.6 kV가 걸린다. 단상에서 $S_L = V_2 I_2$이므로 부하 전류는 $I_2 = \frac{133.33}{6.6} \approx 20.20\text{A}$이다.

3. 자기 용량: 그림에서 전원은 공통 권선의 6000 V 구간에, 부하는 전체 권선의 6600 V 구간에 연결되어 있다. 따라서 직렬 권선의 전압은 6600 − 6000 = 600 V, 즉 0.6 kV이다. 단권 변압기는 일부 전력을 전기적 연결로 직접 전달하며, 자기 용량은 **전자유도로 전달하는 용량**이다. 직렬 권선에는 부하 전류가 흐르므로, 손실과 전압 강하를 무시하면 자기 용량은 직렬 권선 전압과 부하 전류의 곱으로 구한다. $S_m = (V_2 - V_1) I_2$에 대입하면 $S_m \approx 0.6 \cdot 20.20 = 12.12\text{kVA}$이다.

계산값 약 12.12 kVA에 가장 가까운 값은 ②의 12.1 kVA이다.

NoteBase

문 19. 전부하의 $\frac{1}{2}$일 때 효율이 최대가 되는 단상 변압기가 있다. 이 변압기의 부하가 전부하의 $\frac{3}{4}$일 때의 동손 P_c와 철손 P_i의 비 $\left(\frac{P_c}{P_i}\right)$로 가장 가까운 값은? (단, 2차 전압 및 부하 역률은 일정하다.)

① 0.56

② 1.13

③ 1.50

④ 2.25

정답 4번

간단한 해설

최대 효율이 되는 부하에서는 **동손과 철손이 같다**. 철손은 일정하고 동손은 **부하율의 제곱에 비례**하므로, 부하가 전부하의 1/2에서 3/4로 증가하면 동손은 철손의 2.25배가 된다.

계산 과정

부하율을 x, 전부하 동손을 P_{cN}이라 하자. 2차 전압과 부하 역률이 일정하므로 부하율은 2차 전류의 비와 같다. 동손은 권선 저항에서 발생하는 손실로 전류의 제곱에 비례하므로 $P_c(x) = x^2 P_{cN}$이다. 철손 P_i는 부하 변화에 대해 일정한 손실로 취급한다.

최대 효율 조건은 **그 부하에서의 동손과 철손이 같아지는 것**이다. 전부하의 $\frac{1}{2}$에서 효율이 최대이므로 $\left(\frac{1}{2}\right)^2 P_{cN} = P_i$이다. 따라서 $P_{cN} = 4P_i$이며, 이는 전부하 동손이 철손의 4배라는 뜻이다.

전부하의 $\frac{3}{4}$에서 동손은 $P_c = \left(\frac{3}{4}\right)^2 P_{cN}$이다. 앞에서 구한 관계를 대입하면 $\frac{P_c}{P_i} = \left(\frac{3}{4}\right)^2 \cdot 4 = \frac{9}{4} = 2.25$이다. 두 손실의 비이므로 단위는 없으며, ④의 2.25와 일치한다.

NoteBase

문 20. 직류 발전기를 병렬운전하려고 한다. 다음 중 필요한 조건이 아닌 것은?

① 각 발전기의 단자 전압의 극성이 동일할 것

② 각 발전기의 전부하 단자전압이 동일할 것

③ 각 발전기의 외부특성곡선이 수하특성일 것

④ 각 발전기의 계자전류가 동일할 것

정답 4번

간단한 해설

④의 **계자전류가 동일할 필요는 없다**. 각 발전기의 계자전류는 단자전압을 맞추고 부하를 적절히 분담하도록 개별적으로 조정한다.

선지별 해설

① O: 병렬로 연결할 때는 **양극끼리, 음극끼리** 접속해야 한다. 극성을 반대로 연결하면 발전기 사이의 회로에서 기전력이 서로 더해져 매우 큰 전류가 흐를 수 있다.

② O: 각 발전기가 전부하를 공급할 때의 단자전압이 같아야 **같은 모선 전압에서 각자의 정격 부하를 분담**할 수 있다. 병렬운전 중인 발전기들은 공통 모선에 연결되어 단자전압이 같으므로, 전부하 단자전압도 이에 맞아야 한다. 병렬 투입 전에도 투입할 발전기의 단자전압을 모선 전압에 맞추어 큰 순환전류를 방지한다.

③ O: 외부특성곡선은 부하전류에 따른 단자전압의 변화를 나타낸다. **수하특성은 부하전류가 증가하면 단자전압이 낮아지는 특성**이다. 한 발전기의 분담전류가 증가하면 그 발전기의 전압이 낮아지는 방향으로 작용하여 전류가 계속 증가하는 것을 억제하므로, 안정적인 부하 분담에 유리하다.

④ X: 계자전류는 주자속을 형성하는 전류이며, 이를 조정하면 발전기의 유기기전력과 부하 분담이 달라진다. 발전기마다 계자권선과 자기적 특성이 다를 수 있으므로, 같은 단자전압을 얻는 데 필요한 계자전류도 서로 다를 수 있다. 따라서 계자전류를 같게 하는 것이 아니라 **단자전압과 필요한 부하 분담에 맞게 각각 조정**해야 한다.

NoteBase