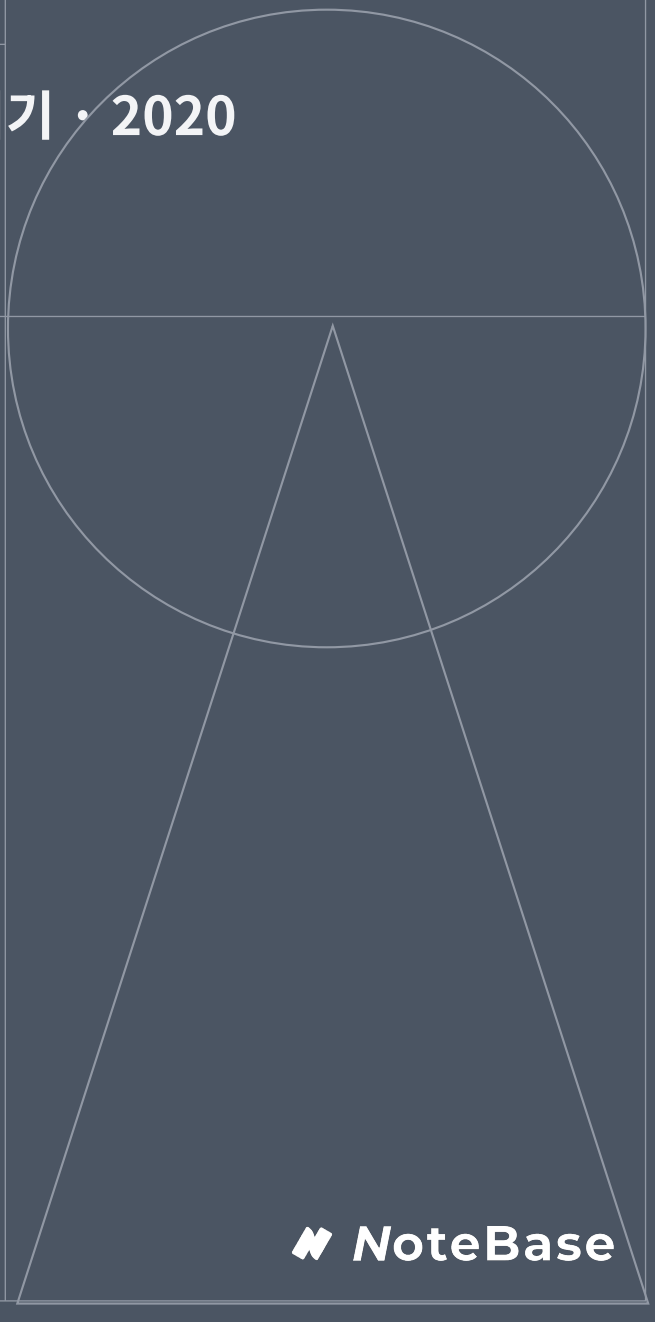
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2020

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2020

문 1. 정격전압 6,600 [V], 정격전류 300 [A]인 3상 동기발전기에서 계자전류 180 [A]일 때 무부하 시험에 의한 무부하 단자전압은 6,600 [V]이고, 단락시험에 의한 3상 단락전류가 300 [A]일 때 계자전류는 120 [A]이다. 이 발전기의 단락비는?

① $\frac{3}{5}$
② $\frac{5}{3}$
③ $\frac{2}{3}$
④ $\frac{3}{2}$

정답 4번

간단한 해설

단락비는 **무부하에서 정격전압을 만드는 계자전류를, 단락 상태에서 정격전류를 흐르게 하는 계자전류로 나눈 값**이다. 따라서 $\frac{180}{120} = \frac{3}{2}$이며, 계자전류끼리의 비이므로 단위가 없다.

계산 과정

단락비 K는 정격속도에서 무부하 정격전압을 발생시키는 데 필요한 계자전류 I_{f0}와, 3상 단락 시 정격전류를 흐르게 하는 데 필요한 계자전류 I_{fs}의 비이다. 따라서 $K = \frac{I_{f0}}{I_{fs}}$로 계산한다.

무부하 단자전압 6,600 V는 정격전압과 같으므로 I_{f0}는 180 A이다. 3상 단락전류 300 A도 정격전류와 같으므로 I_{fs}는 120 A이다. 이때 비를 구할 대상은 **단자전압과 단락전류가 아니라 두 시험의 계자전류**이다.

이를 대입하면 $K = \frac{180}{120} = \frac{3}{2}$이다. 분자와 분모의 단위 A가 약분되므로 단락비는 무차원량이며, 계산값은 ④의 $\frac{3}{2}$와 일치한다.

NoteBase

문 2. 단상반파 정류회로 정류기에서 입력교류 전압의 실횻값을 E[V]라고 할 때, 직류전류 평균값[A]은? (단, 정류기의 전압강하는 e[V]이고, 부하저항은 R[Ω]이다)

① $\left(\frac{\sqrt{2}}{\pi}E-e\right)\times\frac{1}{R}$
② $\left(\frac{2}{\pi}E-e\right)\times\frac{1}{R}$
③ $\left(\frac{2\sqrt{2}}{\pi}E-e\right)\times\frac{1}{R}$
④ $\left(\frac{1}{\pi}E-e\right)\times\frac{1}{R}$

정답 1번

간단한 해설

단상 반파 정류는 한쪽 반주기만 이용하므로 이상적인 직류 평균전압은 $\frac{\sqrt{2}}{\pi}E$이다. 여기에 **정류기 전압강하를 차감**하고 부하저항으로 나누면 평균전류는 $\left(\frac{\sqrt{2}}{\pi}E-e\right)\frac{1}{R}$[A]이다.

계산 과정

입력전압의 변환: 정현파 교류를 기준으로, 실효값이 E[V]이면 최댓값은 $V_m=\sqrt{2}E$[V]이다. 반파 정류의 평균값을 구할 때는 **실효값을 먼저 최댓값으로 바꾼다**.

이상적인 평균전압: 정류기 전압강하를 무시하면 한쪽 반주기의 정현파만 부하에 나타나고 나머지 반주기에는 출력이 0이다. 따라서 **출력이 없는 반주기까지 포함한 한 주기**를 기준으로 평균을 구해야 한다. 위상각을 θ라 하면 $V_0=\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi}V_m\sin\theta d\theta$이고, 적분값이 $2V_m$이므로 $V_0=\frac{V_m}{\pi}=\frac{\sqrt{2}}{\pi}E$[V]이다.

전압강하와 부하전류: 이 문항에서는 e[V]를 **직류 평균전압에서 차감하는 전압강하**로 반영한다. 부하의 평균전압은 $V_d=\frac{\sqrt{2}}{\pi}E-e$[V]이고, 저항 R[Ω]에 옴의 법칙을 적용하면 $I_d=\frac{V_d}{R}$이다. 따라서 $I_d=\left(\frac{\sqrt{2}}{\pi}E-e\right)\frac{1}{R}$[A]이며, 이는 ①의 식과 일치한다.

NoteBase

문 3. 직류발전기의 구성 요소에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 계자(field): 전기자가 쇄교하는 자속을 만드는 부분

② 브러시(brush): 정류자면에 접촉하여 전기자 권선과 외부회로를 연결하는 부분

③ 전기자(armature): 원동기로 회전시켜 자속을 끊으면서 기전력을 유도하는 부분

④ 정류자(commutator): 브러시와 접촉하여 전기자 권선에 유도되는 기전력을 교류로 변환하는 부분

정답 4번

간단한 해설

④의 '교류로 변환'은 **직류로 변환**으로 고쳐야 한다. 직류발전기의 정류자는 전기자 권선에서 발생한 교류 기전력을 브러시를 통해 외부로 꺼낼 때 극성이 일정하게 되도록 한다.

선지별 해설

① O: 계자는 전기자 권선과 쇄교하는 **자속을 만드는 부분**이다. 쇄교란 자속이 권선의 고리 안을 통과하여 연결되는 것을 뜻한다. 계자가 만든 자기장 속에서 전기자가 회전하면 권선에 기전력이 유도된다.

② O: 브러시는 회전하는 정류자면에 접촉하여 **전기자 권선과 외부회로를 전기적으로 연결**한다. 발전기에서는 이 접촉을 통해 전기자에서 발생한 전류를 외부회로로 전달한다.

③ O: 전기자는 원동기에 의해 회전하면서 계자가 만든 자속을 끊어 **기전력이 유도되는 부분**이다. 권선이 N극과 S극 아래를 번갈아 지나므로 전기자 권선 내부에 유도되는 기전력의 방향은 주기적으로 바뀐다.

④ X: 정류자는 전기자 권선에 유도된 **교류 기전력을 외부회로에 직류로 공급**하게 하는 부분이다. 권선의 유도 기전력 방향이 바뀔 때 브러시와 연결되는 정류자편도 바뀌어, 브러시에서 꺼내는 전압의 극성이 일정하게 유지된다. 따라서 '교류로 변환'은 '직류로 변환'으로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 4. 60 [Hz] 8극인 3상 유도전동기의 전부하에서 슬립이 5[%]일 때 회전자의 속도[rpm]는?

① 855

② 870

③ 885

④ 900

정답 1번

간단한 해설

60 Hz·8극인 전동기의 동기속도는 900 rpm이다. 슬립 5%는 회전자 속도가 동기속도보다 5% 낮다는 뜻이므로, 회전자는 **동기속도의 95%인 855 rpm**으로 회전한다.

계산 과정

동기속도 계산: 동기속도는 고정자가 만드는 회전자계의 회전 속도이다. 전원 주파수를 f[Hz], 극수를 P라 하면 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{P}$이며, 단위는 rpm이다. 주어진 f = 60, P = 8을 대입하면 $n_s = \frac{120 \times 60}{8} = 900$ rpm이다.

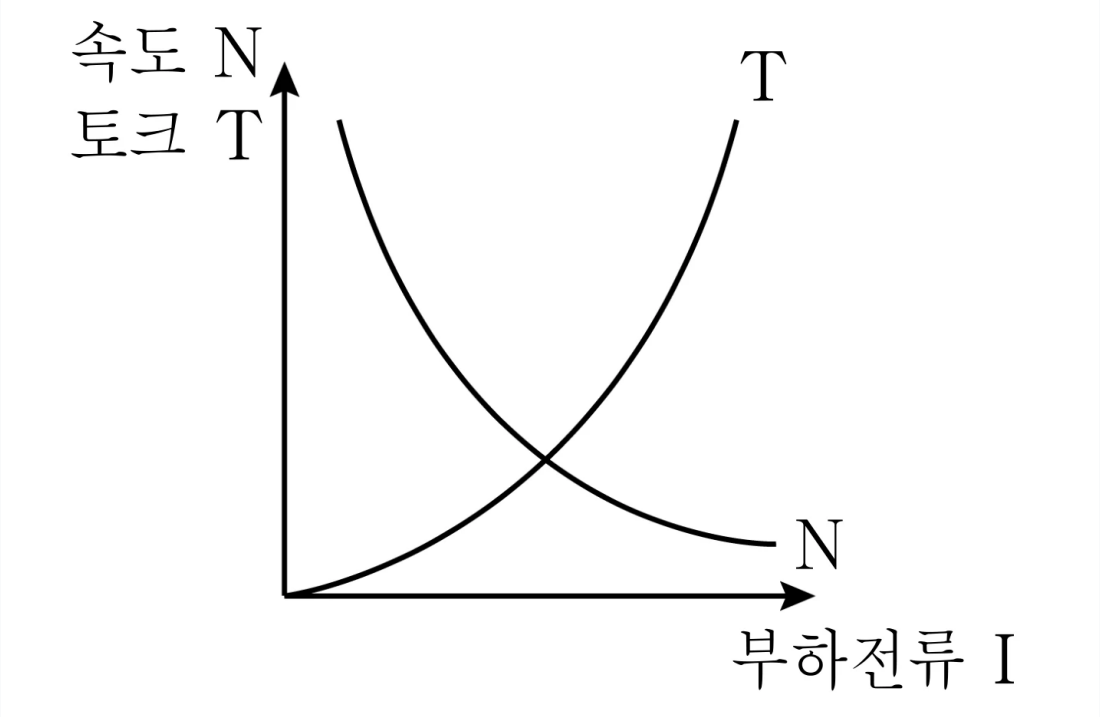
슬립의 의미와 적용: 회전자 속도를 n이라 하면 슬립은 $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다. 즉, **동기속도를 기준으로 한 회전자와 회전자계의 속도 차 비율**이다. 전부하 슬립 5%를 s = 0.05로 바꾸어 적용하면 회전자 속도는 동기속도의 95%가 된다.

회전자 속도 계산: 슬립의 정의를 회전자 속도에 대해 정리하면 $n = (1 - s)n_s$이다. 따라서 $n = (1 - 0.05) \times 900 = 855$ rpm이다. 슬립에 해당하는 속도 차는 45 rpm이며, 이를 동기속도 900 rpm에서 뺀 값이다.

따라서 전부하에서 회전자 속도는 855 rpm이므로 ①에 해당한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 속도특성과 토크특성 곡선을 나타내는 직류전동기는? (단, 자속의 포화는 무시한다)



① 직권 전동기

② 분권 전동기

③ 가동복권 전동기

④ 차동복권 전동기

정답 1번

간단한 해설

그림의 토크가 전류 증가에 따라 포물선 모양으로 커지는 것은, 포화를 무시한 직권 전동기에서 **자속이 전류에 비례**하여 $T \propto I^2$이 되기 때문이다. 전류가 작아지면 자속도 약해지므로 속도는 크게 높아진다.

NoteBase

도식 해설

토크 T 곡선: 가로축은 부하전류 I이고, T 곡선은 원점에서 출발하여 전류가 커질수록 기울기가 커진다. 직권 전동기는 계자권선과 전기자가 직렬이므로 같은 전류가 흐른다. 자속의 포화를 무시하면 자속 Φ는 I에 비례한다. 토크는 $T = k_t \Phi I$이므로 **전류의 제곱에 비례**하여 증가한다. 여기서 k_t는 전동기의 토크 상수이다.

속도 N 곡선: N 곡선은 전류가 작은 쪽에서 높고, 전류가 증가하면 급격히 낮아진 뒤 완만해진다. 일정한 공급전압 V에서 속도는 $N = \frac{V - IR}{k_e \Phi}$로 나타낸다. R은 전기자권선과 직권 계자권선의 합성 저항이고, k_e는 역기전력 상수이다. 권선 저항에 의한 전압 강하를 작게 보면 $N \propto \frac{1}{\Phi}$이며, 직권 전동기에서는 $\Phi \propto I$이므로 $N \propto \frac{1}{I}$인 특성을 보인다. 즉, **전류 감소로 자속이 약해질수록 속도가 높아진다**.

전동기 구별: 분권 전동기는 일정한 공급전압에서 자속이 거의 일정하므로 토크가 전기자전류에 거의 비례하고 속도 변화도 작다. 복권 전동기는 분권 자속에 직권 자속을 더하거나 빼는 방식이다. 가동복권은 두 자속이 같은 방향이고, 차동복권은 반대 방향이므로 부하 증가에 따른 자속 변화가 서로 다르다. 두 복권 전동기 모두 분권 계자가 있어 전류가 작아질 때도 그 자속이 유지된다. 그림처럼 토크가 전류의 제곱에 비례하고 작은 전류에서 속도가 크게 높아지는 두 특성은 **직권 전동기**에 해당한다.

NoteBase

문 6. 단권변압기(auto-transformer)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 1차측과 2차측이 절연되어 있지 않아 저압측도 고압측과 같은 절연을 시행하여야 한다.

② 동일 출력에서 일반 변압기에 비해 소형이 가능하며 경제적이다.

③ 권수비가 1에 가까울수록 동손이 적고 누설자속이 없어 전압 변동률이 작다.

④ 3상 결선에는 사용할 수 없다.

정답 4번

간단한 해설

단권변압기는 **3상 결선에도 사용할 수 있다**. 각 상에 공통권선을 두어 3상 전압을 변환할 수 있으므로, 권선 일부를 공용한다는 구조가 단상 사용만을 뜻하지는 않는다.

선지별 해설

① O: 단권변압기는 하나의 권선 일부를 1차측과 2차측이 함께 사용하는 변압기이다. 두 회로가 **전기적으로 연결되어 있어 절연되지 않으므로**, 저압측이라는 이유만으로 절연 수준을 낮출 수 없다. 저압측도 고압측 전위에 노출될 수 있어 고압측과 같은 절연 수준을 확보해야 한다.

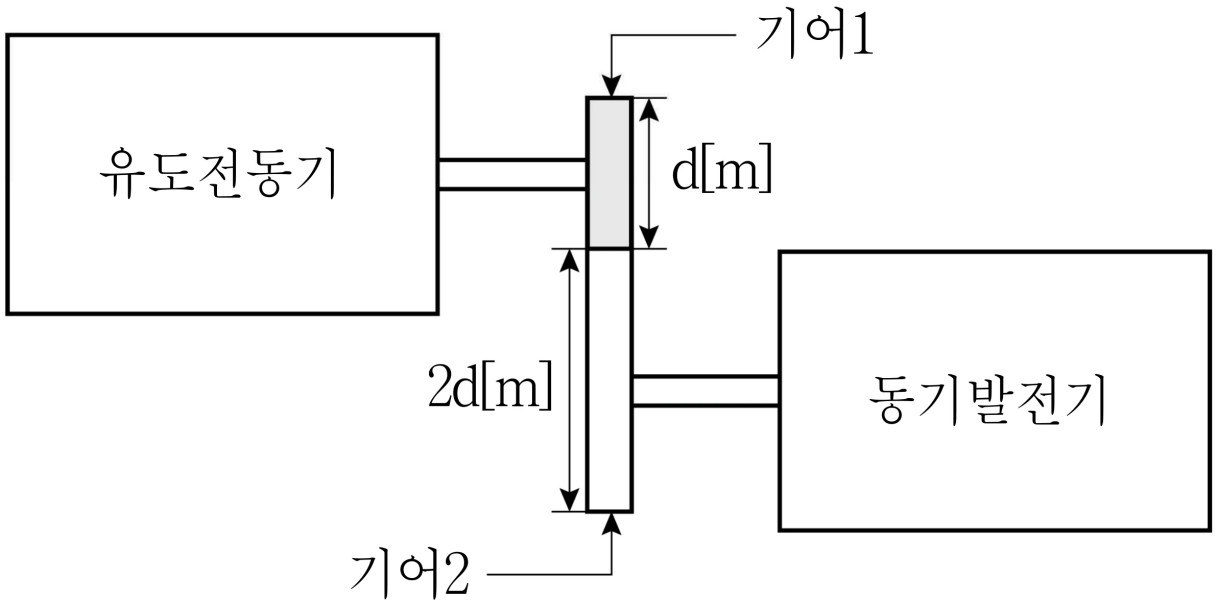
② O: 단권변압기는 부하에 공급하는 전력의 일부를 전기적 연결을 통해 직접 전달하고, 나머지를 변압 작용으로 전달한다. 따라서 **변압 작용으로 처리하는 자기용량이 부하용량보다 작아**, 같은 출력을 내는 일반적인 복권변압기보다 철심과 권선 재료를 줄일 수 있다. 이 때문에 소형화가 가능하고 경제적이다.

③ O: 권수비가 1에 가까우면 두 측의 전압 차이가 작아 변압 작용으로 전달해야 하는 전력의 비중이 작아진다. 이에 따라 권선 재료와 동손을 줄이는 데 유리하며, 누설리액턴스가 작아 부하에 따른 전압강하와 전압변동률도 작다. 다만 선지의 '누설자속이 없어'는 근사적으로 이해해야 하며, 실제 기기에서는 누설자속이 항상 0인 것이 아니라 **누설자속과 누설리액턴스가 작다**고 설명하는 것이 정확하다.

④ X: 단권변압기는 **단상과 3상 모두에 사용할 수 있다**. 예를 들어 각 상의 권선을 Y결선으로 연결하고 각 권선의 탭에서 전압을 취하면 3상 단권변압기로 사용할 수 있다. 따라서 '3상 결선에는 사용할 수 없다'는 '3상 결선에도 사용할 수 있다'로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 3상 220 [V], 60 [Hz] 전원에서 슬립 0.1로 운전되고 있는 2극 유도전동기에 4극 동기발전기가 연결되어 있을 때, 동기발전기의 출력전압 주파수[Hz]는? (단, 기어1과 기어2의 기어비는 1:2이다)



① 50

② 54

③ 98

④ 108

정답 2번

간단한 해설

슬립 0.1인 유도전동기의 실제 회전속도는 3240 rpm이며, 기어비 1:2에 의해 발전기는 **절반인 1620 rpm**으로 회전한다. 4극 발전기는 한 바퀴 회전할 때 전압이 두 주기 발생하므로 출력 주파수는 **54 Hz**이다.

NoteBase

계산 과정

유도전동기의 회전속도: 전원 주파수를 f_m, 전동기 극수를 P_m이라 하면 회전자계의 동기속도는 $n_s = \frac{120 f_m}{P_m}$이다. 60 Hz, 2극이므로 $n_s = \frac{120 \cdot 60}{2} = 3600$rpm이다. 슬립은 동기속도에 대한 회전자 속도의 뒤처짐 비율로, $s = \frac{n_s - n_m}{n_s}$이다. 따라서 슬립 0.1이면 실제 회전속도는 **동기속도의 90%**이며, $n_m = (1 - 0.1) \cdot 3600$에서 3240 rpm이다.

기어에 의한 속도 변화: 그림에서 전동기에 연결된 기어1의 지름은 d, 발전기에 연결된 기어2의 지름은 2d이다. 맞물린 기어는 접촉부의 원주속도가 같으므로 **회전속도는 기어 지름에 반비례**한다. 발전기 회전속도를 n_g라 하면 $n_g = n_m \frac{d}{2d}$이므로, $n_g = 3240 \cdot \frac{1}{2} = 1620$rpm이다.

발전기 출력 주파수: 동기발전기는 한 쌍의 자극을 지날 때 전압이 한 주기 발생한다. 따라서 4극이면 **한 바퀴에 두 주기**가 발생한다. 발전기 극수를 P_g라 하면 출력 주파수는 $f_g = \frac{P_g n_g}{120}$이며, $f_g = \frac{4 \cdot 1620}{120} = 54$Hz이다. 전원전압 220 V는 이 회전속도·극수 관계를 이용한 주파수 계산에 필요하지 않다.

출력전압의 주파수는 54 Hz로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 농형 유도전동기의 기동법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전전압 기동은 5 [kW] 이하의 소용량 전동기에 정격전압을 직접 가하여 기동하는 방법이다.

② Y-Δ 기동은 기동 시에는 고정자 권선을 Y결선하여 기동하고 운전상태에서는 고정자 권선을 Δ결선으로 변경하는 방법이다.

③ 와드 레오나드(Ward Leonard) 기동은 전동기의 2차 회로에 기동저항을 접속하여 기동전류를 제한하여 기동하고 서서히 기동저항을 변경하는 방법이다.

④ 리액터 기동은 전동기의 1차측에 가변리액터를 접속하여 기동전류를 제한하고 가속 후 가변리액터를 단락하는 방법이다.

정답 3번

간단한 해설

③의 2차 회로에 기동저항을 넣는 방법은 **권선형 유도전동기의 2차 저항 기동**이다. 와드 레오나드 방식은 발전기의 출력전압을 조절하여 **직류전동기의 전기자 전압**을 바꾸는 방식이다.

선지별 해설

① O: 전전압 기동은 전동기에 **정격전압을 직접 인가**하는 방법이다. 별도의 감압 장치가 없어 간단하지만 기동전류가 크므로, 선지에서 제시한 5 kW 이하의 소용량 전동기처럼 전원 계통에 미치는 영향을 감당할 수 있는 경우에 사용한다.

② O: Y-Δ 기동은 정상 운전 시 Δ결선으로 사용하는 전동기를 기동할 때만 Y결선으로 연결하는 방법이다. 같은 전원 선간전압에서 Y결선은 Δ결선보다 각 고정자 권선에 걸리는 전압이 낮아 **기동전류를 줄일 수 있다**. 충분히 가속한 뒤 Δ결선으로 전환하여 정상 운전한다.

③ X: 2차 회로에 외부 기동저항을 접속하고 가속하면서 저항을 줄이는 것은 **권선형 유도전동기의 2차 저항 기동**이다. 권선형은 슬립링을 통해 회전자 회로에 외부 저항을 연결할 수 있지만, 농형은 회전자 도체가 양 끝의 단락환으로 연결되어 있어 이 방법을 적용할 수 없다. 와드 레오나드 방식은 직류발전기의 계자전류를 조절하여 발전기 출력전압을 바꾸고, 이를 공급받는 **직류전동기의 전기자 전압**을 조절하여 기동과 속도 제어를 하는 방식이다.

④ O: 리액터 기동은 전동기의 1차측, 즉 고정자와 전원 사이에 리액터를 직렬로 연결하는 방법이다. 리액터의 전압강하로 고정자에 걸리는 전압을 낮추어 기동전류를 제한한다. 가속 후에는 **리액터를 단락하여 우회**시키고 전동기에 전원전압을 그대로 인가한다.

NoteBase

문 9. 단자전압 150 [V], 단자전류 11 [A], 정격 회전속도 2,500 [rpm]으로 전부하 운전되는 직류 분권 전동기의 전기자 권선에 저항 R_s [Ω]을 삽입하여 회전속도를 1,500 [rpm]으로 조정하려고 할 때, 저항 R_s [Ω]는? (단, 토크는 일정하며, 전기자 저항은 0.5 [Ω], 계자 저항은 150 [Ω]이다)

① 5.1

② 5.5

③ 5.8

④ 6.1

정답 3번

간단한 해설

분권 계자의 자속이 일정하고 토크도 일정하므로 **전기자전류는 10 A로 유지**된다. 역기전력은 회전속도에 비례하므로 145 V에서 87 V로 낮아져야 하며, 그 차이 58 V를 삽입 저항에서 강하시키려면 5.8 Ω이 필요하다.

계산 과정

계자전류와 전기자전류: 분권전동기는 계자 권선이 전원에 병렬로 연결되므로 계자전류는 $I_f = \frac{150}{150} = 1\text{A}$이다. 단자전류 11 A는 계자전류와 전기자전류의 합이므로, **계자전류를 뺀 전기자전류**는 $I_a = 11 - 1 = 10\text{A}$이다.

속도 조정 전후의 조건: 저항은 전기자 회로에만 삽입하므로 계자 권선에는 계속 150 V가 걸린다. 따라서 계자전류와 자속 Φ는 일정하다. 전동기의 토크는 $T = k_T \Phi I_a$이므로, **자속과 토크가 모두 일정하면 전기자전류도 일정**하여 조정 후에도 10 A이다. 여기서 k_T는 전동기의 토크 상수이다.

역기전력의 변화: 브러시 전압강하를 무시하면 삽입 전 역기전력은 $E_1 = V - I_a R_a$이다. 따라서 $E_1 = 150 - 10 \cdot 0.5 = 145\text{V}$이다. 역기전력은 $E = k_E \Phi n$이며, k_E는 전동기의 상수, n은 회전속도이다. 자속이 일정하므로 **역기전력의 비는 회전속도의 비와 같다**. 따라서 조정 후 역기전력은 $E_2 = 145 \cdot \frac{1500}{2500} = 87\text{V}$이다.

삽입 저항의 계산: 조정 후 전기자 회로에는 $V = E_2 + I_a(R_a + R_s)$가 성립한다. 전기자 권선 자체의 전압강하는 여전히 $10 \times 0.5 = 5$ V이므로, **삽입 저항에 걸리는 전압**은 $150 - 87 - 5 = 58$ V이다. 따라서 $R_s = \frac{58}{10} = 5.8\Omega$이다.

필요한 삽입 저항은 5.8 Ω으로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 정격용량이 10 [kVA]이고 철손과 전부하동손이 각각 160 [W], 640 [W]인 변압기가 있다. 이 변압기는 부하역률 72 [%]에서 전부하 효율이 A [%]이며, 전부하의 $\frac{1}{B}$에서 최대효율이 나타날 때, A [%]와 B는?

① A [%]: 90, B: 2

② A [%]: 92, B: 2

③ A [%]: 90, B: 4

④ A [%]: 92, B: 4

정답 1번

간단한 해설

전부하 유효출력은 역률을 반영한 7200 W이며, 여기에 철손과 동손 800 W를 더한 입력에 대한 효율은 **90 %**이다. 최대효율은 **동손과 철손이 같을 때** 나타나므로 전부하의 1/2에서 얻어지고, B는 2이다.

계산 과정

전부하 효율 A: 정격용량 10 kVA는 피상전력이므로, **유효출력은 역률을 곱하여** 구한다. 전부하 유효출력을 P_2라 하면 $P_2 = 10000 \times 0.72 = 7200\text{W}$이다. 전부하 총손실은 철손 160 W와 동손 640 W의 합인 800 W이다. 입력은 출력과 손실의 합이므로 효율은 $\eta = \frac{7200}{7200 + 800} \times 100 = 90\%$이다. 따라서 A = 90이다.

최대효율 부하율과 B: 정격 전압과 주파수가 일정할 때 철손은 거의 일정하고, 동손은 전류의 제곱에 비례한다. 부하율을 x라 하면 동손은 $640x^2\text{W}$가 된다. 일정한 부하역률에서 변압기의 효율이 최대가 되는 조건은 **그 부하에서의 동손 = 철손**이다. 따라서 $640x^2 = 160$에서 $x = \sqrt{\frac{160}{640}} = \frac{1}{2}$이다. 이는 전부하 전류의 절반에서 동손이 160 W로 줄어 철손과 같아진다는 뜻이다. 문제에서 이 부하율을 $\frac{1}{B}$로 나타냈으므로 B = 2이다.

A = 90, B = 2이므로 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. SCR을 이용한 인버터 회로가 있다. SCR가 도통상태에서 20[A]의 부하전류가 흐를 때, 게이트 동작 범위 내에서 게이트 전류를 $\frac{1}{2}$배로 감소하면 부하전류[A]는?

① 0

② 10

③ 20

④ 40

정답 3번

간단한 해설

SCR은 일단 도통하면 게이트 전류로 부하전류의 크기를 조절하지 않는다. 따라서 도통 중인 SCR의 게이트 전류를 절반으로 줄여도 부하전류는 **20 A로 유지**된다.

공통 해설

SCR의 게이트 전류는 차단 상태의 소자를 도통시키는 기동 신호이다. 일단 정상적으로 도통한 뒤에는 내부의 재생 작용으로 도통 상태를 유지하며, 부하전류가 도통 유지에 필요한 최소 전류인 유지전류보다 큰 동안에는 게이트 신호를 제거해도 도통이 계속된다. 이때 부하전류의 크기는 **전원과 부하 조건에 의해 결정**된다.

문제에서는 SCR이 이미 도통하여 20 A가 흐르고 있고, 게이트 동작 범위 안에서 게이트 전류만 절반으로 줄인다. 전원과 부하 조건이 그대로이므로 부하전류는 **게이트 전류에 비례해 감소하지 않으며**, 도통도 중단되지 않는다. 따라서 부하전류는 처음과 같은 20 A이다.

NoteBase

문 12. 6극, 60 [Hz], 200 [V], 7.5 [kW]인 3상 유도전동기가 960 [rpm]으로 회전하고 있을 때, 2차 주파수[Hz]는?

① 6

② 8

③ 10

④ 12

정답 4번

간단한 해설

유도전동기의 **2차 주파수는 전원 주파수에 슬립을 곱한 값**이다. 동기속도는 1,200 rpm이고 실제 회전속도는 960 rpm이므로 슬립은 0.2이며, 2차 주파수는 12 Hz이다.

계산 과정

동기속도: 극수 $P = 6$, 전원 주파수 $f_1 = 60\text{Hz}$, 회전자 속도 $n = 960\text{rpm}$이다. 회전자계가 한 바퀴 회전하는 동안 극쌍 수만큼 전기적 주기가 반복되므로, 회전자계의 속도인 동기속도는 $n_s = \frac{120f_1}{P}$이다. 따라서 $n_s = \frac{120 \times 60}{6} = 1{,}200\text{rpm}$이다.

슬립: 슬립은 **동기속도에 대한 회전자계와 회전자의 속도 차의 비율**이다. 속도 차는 1,200 − 960 = 240 rpm이므로 $s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{240}{1{,}200} = 0.2$이다. 이는 회전자계에 대한 회전자의 상대속도가 동기속도의 20%라는 뜻이다.

2차 주파수: 회전자에 유도되는 전압과 전류의 주파수는 **회전자계와 회전자의 상대속도**에 비례한다. 따라서 전원 주파수의 슬립 배가 되어 $f_2 = sf_1$이고, $f_2 = 0.2 \times 60 = 12\text{Hz}$이다. 구한 12 Hz는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 직류전동기의 속도 제어법으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 저항 제어법 ㄴ. 전압 제어법
ㄷ. 계자 제어법 ㄹ. 주파수 제어법

① ㄱ, ㄴ
② ㄷ, ㄹ
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 3번

간단한 해설

직류전동기는 **전기자 회로 저항·전기자 전압·계자 자속**을 바꾸어 속도를 제어한다. 주파수 제어는 교류전동기의 회전자계 속도를 바꾸는 방식이다.

보기별 해설

직류전동기의 정상상태 속도는 $n = \frac{V_a - I_a R_a}{k\Phi}$로 나타낸다. 여기서 V_a는 전기자 인가 전압, I_a는 전기자 전류, R_a는 전기자 회로의 전체 저항, Φ는 계자 자속, k는 전동기 구조와 단위에 따른 상수이다. 분자의 전압은 회전에 의해 발생하는 역기전력이다.

ㄱ. O: 저항 제어법은 전기자 회로에 직렬로 넣은 저항을 조절하는 방법이다. 계자 자속과 부하 토크가 일정하면 저항이 커질수록 **저항에서의 전압 강하가 증가**하여 역기전력과 속도가 낮아진다.

ㄴ. O: 전압 제어법은 **전기자에 인가하는 전압**을 바꾸는 방법이다. 계자 자속이 일정하고 전기자 저항의 전압 강하를 무시할 수 있으면 속도는 인가 전압에 비례하므로, 전압을 낮추면 속도가 낮아진다.

ㄷ. O: 계자 제어법은 계자 전류를 조절하여 자속을 바꾸는 방법이다. 전기자 인가 전압이 일정하고 전기자 저항의 전압 강하를 무시할 수 있으면 속도는 자속에 반비례하므로, **계자 자속을 약하게 하면 속도가 높아진다**.

ㄹ. X: 주파수 제어법은 교류 전원의 주파수를 바꾸어 교류전동기의 **회전자계 속도**를 조절하는 방법이다.
직류전동기는 전원 주파수로 회전자계 속도를 정하는 방식이 아니므로, 직류전동기의 속도 제어법에는 해당하지 않는다.

직류전동기의 속도 제어법에 해당하는 것은 ㄱ·ㄴ·ㄷ이며, 이는 ③의 조합이다.

NoteBase

문 14. 단상반파 정류회로와 단상전파 정류회로의 정류효율비(단상반파 정류효율/단상전파 정류효율)는?

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

정답 2번

간단한 해설

정류효율은 전체 입력 전력 중 직류 출력 전력이 차지하는 비율이다. 이상적인 단상 반파 정류의 효율은 $\frac{4}{\pi^2}$, 전파 정류의 효율은 $\frac{8}{\pi^2}$이므로, **반파 정류효율은 전파 정류효율의 절반**이다.

계산 과정

정현파 교류를 이상적인 다이오드와 저항 부하로 정류하고 평활회로는 없는 기본 회로를 기준으로 한다.
정류효율은 **입력 전력에 대한 직류 출력 전력의 비**이다. 부하 저항이 같으므로 $\eta = \left(\frac{I_{dc}}{I_{rms}}\right)^2$로 구한다. 여기서 I_{dc}는 부하 전류의 평균값, I_{rms}는 부하 전류 전체의 실효값이다.

단상 반파 정류: 한 주기 중 **반주기만 전류가 흐른다**. 전류의 최댓값을 I_m이라 하면, 한 주기 기준 평균값은 $I_{dc,\,h} = \frac{I_m}{\pi}$, 실효값은 $I_{rms,\,h} = \frac{I_m}{2}$이다. 따라서 반파 정류효율은 $\eta_h = \frac{4}{\pi^2}$이다.

단상 전파 정류: 음의 반주기도 같은 방향의 전류로 바꾸므로 **두 반주기를 모두 이용**한다. 평균값은 $I_{dc,\,f} = \frac{2I_m}{\pi}$, 실효값은 $I_{rms,\,f} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$이다. 따라서 전파 정류효율은 $\eta_f = \frac{8}{\pi^2}$이다.

요구한 비는 반파 효율을 전파 효율로 나눈 값이므로 $\frac{\eta_h}{\eta_f} = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$이다. 두 효율의 공통 인자인 π^2이 약분되며, 이 값은 ②의 $\frac{1}{2}$에 해당한다. 효율끼리의 비이므로 단위는 없다.

NoteBase

문 15. 3상 동기발전기가 540 [kVA]의 전력을 역률 0.85의 부하에 공급하고 있다. 발전기의 효율이 0.9이며 발전기 운전용 원동기의 효율이 0.85일 때, 원동기의 입력[kW]은?

① 540

② 600

③ 635

④ 706

정답 2번

간단한 해설

부하에 공급하는 유효전력은 540 × 0.85 = 459 kW이다. 이 값을 **발전기 효율과 원동기 효율로 차례로 나누면** 원동기의 입력은 600 kW가 된다.

계산 과정

1. 발전기의 전기 출력: 540 kVA는 3상 전체의 피상전력이다. 효율 계산에는 **유효전력**을 사용하므로, 피상전력에 역률 0.85를 곱한다. 부하에 공급하는 유효전력은 540 × 0.85 = 459 kW이다.

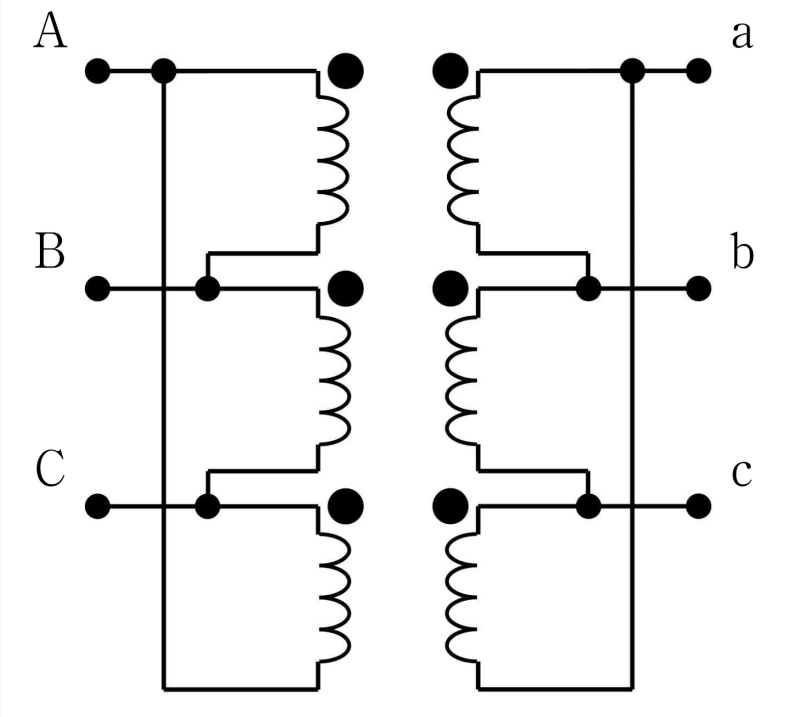
2. 발전기의 기계 입력: 효율은 =출력입력이므로 입력은 출력을 효율로 나누어 구한다. 발전기 효율이 0.9이므로 필요한 기계 입력은 $\frac{459}{0.9} = 510\text{kW}$이다. 이 값은 **원동기가 발전기에 전달하는 기계 출력**이다.

3. 원동기의 입력: 원동기는 입력 에너지의 0.85를 기계 출력으로 변환한다. 따라서 기계 출력 510 kW를 얻기 위한 입력은 $\frac{510}{0.85} = 600\text{kW}$이다.

원동기의 입력은 600 kW로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 단상 변압기 3대를 이용한 3상 결선 방식에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 상전압이 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 배이므로 절연이 용이하다.

② 1차측 선간전압과 2차측 선간전압 사이에 30° 위상차가 발생한다.

③ 접지선을 통해 제3고조파가 흐르므로 통신선에 유도장해가 발생한다.

④ 변압기 한 대가 고장이 나도 V-V결선으로 운전을 계속할 수 있다.

정답 4번

간단한 해설

Δ-Δ결선은 고장 난 변압기 한 대를 분리해도 나머지 두 대로 **V-V결선 운전**을 할 수 있다. 다만 공급 가능한 용량이 줄어들므로 남은 변압기가 과부하되지 않도록 부하를 제한해야 한다.

NoteBase

선지별 해설

그림에서 1차 권선은 A-B, B-C, C-A 사이에, 2차 권선은 a-b, b-c, c-a 사이에 연결되어 각각 닫힌 고리를 이룬다. 따라서 양쪽 모두 Δ결선인 Δ-Δ결선이다. 여기서 상전압은 각 변압기 권선에 걸리는 전압을 뜻한다.

① X: Δ결선에서는 각 권선이 두 선 사이에 직접 연결되므로 **상전압과 선간전압이 같다**. 상전압이 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 배가 되어 권선의 절연에 유리한 것은 Y결선의 특성이다.

② X: 그림은 1·2차의 대응 권선이 같은 극성 방향으로 연결된 Δ-Δ결선이므로, 대응하는 1·2차 선간전압 사이의 위상차는 **0°**이다. 30°의 위상차는 Y-Δ결선이나 Δ-Y결선에서 나타난다.

③ X: Δ결선에서는 평형 상태의 제3고조파 전류가 **Δ결선 내부를 순환**하며 외부 선전류에는 나타나지 않는다. 그림에는 중성점이나 중성점 접지선도 없으므로, 접지선을 통해 제3고조파가 흘러 통신선에 유도장해를 준다는 설명은 이 결선의 특성이 아니다.

④ O: 고장 난 변압기 한 대를 분리하면 닫힌 Δ의 한 변이 열린 **V-V결선**이 된다. 남은 두 변압기가 두 선간전압을 만들고 나머지 선간전압은 이들의 벡터 관계로 정해지므로 3상 전력을 계속 공급할 수 있다. 다만 공급 가능한 용량은 원래 Δ-Δ결선보다 감소하므로 남은 변압기가 과부하되지 않도록 부하를 제한해야 한다.

NoteBase

문 17. 5 [kVA], 3,300/200 [V]인 단상 변압기의 %저항강하와 %리액턴스 강하가 각각 3[%], 4[%]이다. 이 변압기에 지상 역률 0.8의 정격부하를 걸었을 때, 전압변동률[%]은? (단, 소수점 첫째 자리까지만 구할 것)

① 0.1

② 4.8

③ 5.0

④ 5.6

정답 2번

간단한 해설

지상 부하의 전압변동률은 **저항강하와 리액턴스강하의 전압 방향 성분을 더해** 구한다. 역률이 0.8이면 무효율은 0.6이므로, 전압변동률은 $3 \times 0.8 + 4 \times 0.6 = 4.8\%$이다.

계산 과정

1. 부하 조건과 위상각: 역률각을 φ라 하면 $\cos\varphi = 0.8$이다. 지상 부하이므로 전류는 전압보다 늦으며, 무효율은 $\sin\varphi = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$이다.

2. 적용 공식: 전압변동률은 1차 전압을 일정하게 유지할 때 무부하와 부하 시의 2차 전압 차이를 부하 시 2차 전압에 대한 백분율로 나타낸 값이다. 정격부하에서 %저항강하를 p, %리액턴스강하를 q라 하면, 지상 부하의 전압변동률은 $\varepsilon \approx p\cos\varphi + q\sin\varphi$로 구한다. 이는 내부 전압강하 중 단자전압 방향의 성분을 합한 근사식으로, **지상 부하에서는 리액턴스강하 항도 더한다**. 주어진 3%와 4%가 이미 정격전류에 대한 값이고 부하도 정격부하이므로, 용량이나 변압비로 다시 환산할 필요가 없다.

3. 수치 대입: 저항강하의 전압 방향 성분은 $3 \times 0.8 = 2.4\%$이고, 리액턴스강하의 전압 방향 성분은 $4 \times 0.6 = 2.4\%$이다. 두 성분을 더하면 전압변동률은 $2.4 + 2.4 = 4.8\%$이다.

4. 선택지 연결: 소수점 첫째 자리까지 나타낸 전압변동률은 4.8%로, ②의 값에 해당한다.

NoteBase

문 18. 자극 피치(pole pitch)를 T_d, 전원주파수를 f라고 할 때, 리니어 전동기(linear motor)의 동기속도에 대한 설명으로 옳은 것은?

① T_d와 f에 비례한다.

② T_d에 비례하고 f에 반비례한다.

③ T_d에 반비례하고 f에 비례한다.

④ T_d와 f에 반비례한다.

정답 1번

간단한 해설

리니어 전동기의 동기속도는 $v_s = 2T_d f$이므로 **자극 피치와 전원주파수에 각각 비례한다**. 전원 한 주기 동안 진행자계가 두 자극 피치만큼 이동하기 때문이다.

공통 해설

리니어 전동기의 동기속도는 진행자계가 직선 방향으로 이동하는 속도이다. 자극 피치 T_d는 이웃한 N극과 S극 사이의 거리이며, 같은 극이 다시 나타나는 공간적 간격은 $2T_d$이다. 전원 한 주기 동안 진행자계가 이 간격만큼 이동하고, 1초에 f주기가 반복되므로 동기속도는 $v_s = 2T_d f$이다. 자극 피치를 m, 주파수를 Hz로 나타내면 속도의 단위는 m/s이다.

이 관계에서 주파수를 일정하게 두면 자극 피치가 커지는 만큼 한 주기 동안 이동하는 거리가 커지고, 자극 피치를 일정하게 두면 주파수가 커지는 만큼 1초 동안 반복되는 주기 수가 늘어난다. 따라서 동기속도는 **두 양에 각각 비례**하며, 어느 한쪽이나 양쪽에 반비례하는 관계가 아니다.

NoteBase

문 19. 6극, 회전속도 1,000[rpm]인 3상 동기발전기가 Y결선으로 운전하고 있을 때, 발전기 단자전압의 실횻값[V]은? (단, 발전기의 극당 자속 0.2[Wb], 권선수 100, 권선계수는 0.65이다)

① $650\sqrt{2}\pi$

② $650\sqrt{3}\pi$

③ $650\sqrt{6}\pi$

④ 1300π

정답 3번

간단한 해설

극수와 회전속도로 구한 주파수는 50 Hz이다. 이때 상전압의 실횻값은 $650\sqrt{2}\pi$V이며, **Y결선의 선간전압은 상전압의 $\sqrt{3}$배**이므로 단자전압은 $650\sqrt{6}\pi$V이다.

계산 과정

1. 주파수 계산: 극수를 P, 회전속도를 n[rpm]이라 하면, 회전자 1회전에 P/2회의 전기적 주기가 생긴다. rpm을 초당 회전수로 바꾸어 주파수를 구하면 $f = \frac{Pn}{120}$이다. 따라서 $f = \frac{6 \cdot 1000}{120} = 50$Hz이다.

2. 상전압 계산: 정현파 자속을 기준으로 한 **한 상의 유기기전력 실횻값**은 $E_{ph} = \sqrt{2}\pi k_w f N \Phi$이다. 여기서 권선계수는 $k_w = 0.65$, 한 상의 권선수는 N = 100, 극당 자속은 Φ = 0.2 Wb이다. 권선계수는 실제 권선 배치에 따른 유기기전력의 감소를 반영한다. 계수 부분은 $0.65 \times 50 \times 100 \times 0.2 = 650$이므로, $E_{ph} = 650\sqrt{2}\pi$V이다. 문제에서 내부 전압강하가 별도로 주어지지 않았으므로 이 값을 상전압으로 사용한다.

3. 단자전압 계산: 3상 발전기의 단자전압은 선간전압이다. Y결선에서 선간전압은 위상차가 120°인 두 상전압의 차이이므로 **상전압의 $\sqrt{3}$배**가 된다. 따라서 $V_L = \sqrt{3}E_{ph}$이며, $V_L = 650\sqrt{6}\pi$V로 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 극수 6, 전기자 도체수 300, 극당 자속 0.04 [Wb], 회전속도 1,200 [rpm]인 직류 분권 발전기가 있다. 전기자 권선 방법이 단중 중권일 때 유기기전력 E_A[V]와 단중 파권일 때 유기기전력 E_B[V]는?

① E_A[V]: 240, E_B[V]: 720

② E_A[V]: 120, E_B[V]: 360

③ E_A[V]: 720, E_B[V]: 240

④ E_A[V]: 360, E_B[V]: 120

정답 1번

간단한 해설

단중 중권의 병렬 회로수는 **극수와 같은 6개**, 단중 파권은 **극수와 관계없이 2개**이다. 같은 자속과 속도에서 병렬 회로수가 적을수록 한 회로에 직렬로 연결된 도체수가 많아지므로, 유기기전력은 $E_A = 240\text{V}$, $E_B = 720\text{V}$가 된다.

계산 과정

유기기전력은 한 병렬 회로에 직렬로 연결된 도체들의 기전력을 더한 값이다. 극수를 P, 극당 자속을 Φ, 회전속도를 n[rpm], 전체 전기자 도체수를 Z, 병렬 회로수를 a라 하면 도체 하나의 평균 유기기전력은 $e = \frac{P\Phi n}{60}$, 발전기의 유기기전력은 $E = e\frac{Z}{a}$이다. 도체 하나가 한 바퀴 동안 쇄교하는 자속은 $P\Phi$이고 초당 회전수는 $\frac{n}{60}$이므로 첫 식이 성립한다. 두 번째 식의 $\frac{Z}{a}$는 **한 회로에 직렬로 연결된 도체수**이다.

도체 하나의 유기기전력: P = 6, Φ = 0.04 Wb, n = 1,200 rpm을 대입하면 $e = \frac{6 \cdot 0.04 \cdot 1200}{60} = 4.8\text{V}$이다. 자속과 회전속도가 같으므로 이 값은 두 권선 방식에 공통으로 적용된다.

단중 중권의 E_A: 병렬 회로수가 **극수와 같으므로** a = 6이다. 한 회로의 직렬 도체수는 $\frac{300}{6} = 50$개이고, $E_A = 4.8 \cdot 50 = 240\text{V}$이다.

단중 파권의 E_B: 병렬 회로수는 **극수와 관계없이 2개**이므로 a = 2이다. 한 회로의 직렬 도체수는 $\frac{300}{2} = 150$개이고, $E_B = 4.8 \cdot 150 = 720\text{V}$이다.

따라서 E_A는 240 V, E_B는 720 V이며, 이 값의 쌍은 ①에 해당한다.

NoteBase