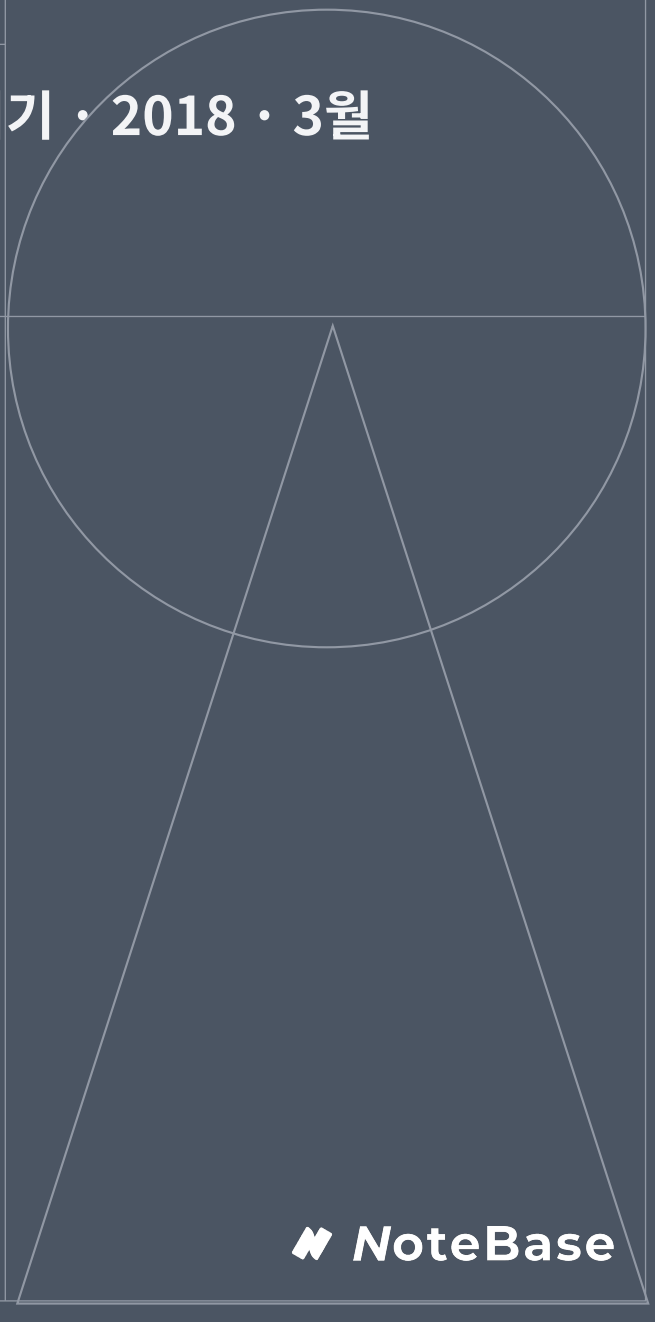
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2018 · 3월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2018 · 3월

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2018 · 3월

문 1. 1차측 권선이 50회, 전압 444[V], 주파수 50[Hz], 정격용량이 50[kVA]인 변압기가 정현파 전원에 연결되어 있다. 철심에서 교번하는 정현파 자속의 최댓값은?

① 0.03Wb

② 0.04Wb

③ 0.05Wb

④ 0.06Wb

정답 2번

간단한 해설

정현파 자속에 의한 유기기전력의 **실효값**은 $E_1 = 4.44 f N_1 \Phi_m$이므로, 주어진 조건에서 **최대 자속은 0.04 Wb**이다.

계산 과정

조건과 적용식: 1차 권선수는 $N_1 = 50$회, 전압의 실효값은 444 V, 주파수는 50 Hz이다. 권선의 전압강하를 무시하면 1차 유기기전력의 실효값 E_1을 인가전압 444 V로 놓을 수 있다. 정현파 자속에 패러데이의 전자유도 법칙을 적용하면 $E_1 = 4.44 f N_1 \Phi_m$이다. 여기서 f는 주파수, Φ_m은 **자속의 최댓값**이며, 4.44는 정현파 자속의 최댓값과 유기기전력의 실효값을 연결하는 계수이다.

최대 자속 계산: 유기기전력 식을 자속에 대해 정리하여 값을 대입하면 $\Phi_m = \frac{E_1}{4.44 f N_1}$, $\Phi_m = \frac{444}{4.44 \cdot 50 \cdot 50} = 0.04$ Wb이다. 정격용량 50 kVA는 변압기가 공급할 수 있는 피상전력의 기준으로, 이 자속 계산에는 사용하지 않는다.

따라서 철심에서 교번하는 정현파 자속의 최댓값은 0.04 Wb이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 2. 직류 분권발전기의 전기자저항이 0.2[Ω], 계자저항이 50[Ω], 전기자전류가 50[A], 유도기전력이 210[V]일 때 부하출력은?

① 8.6kW

② 9.2kW

③ 9.8kW

④ 10.4kW

정답 2번

간단한 해설

분권발전기에서는 **전기자전류에서 계자전류를 뺀 전류**가 부하로 흐른다. 단자전압 200 V와 부하전류 46 A를 곱하면 부하출력은 9.2 kW이다.

계산 과정

단자전압: 유도기전력을 E, 전기자전류를 I_a, 전기자저항을 R_a라 하면, 발전기의 단자전압은 **유도기전력에서 전기자저항의 전압강하를 뺀 값**이다. 주어진 값으로 $V = E - I_a R_a$를 계산하면 $210 - 50 \times 0.2 = 200$ V이다.

계자전류: 분권 계자권선은 부하와 병렬로 연결되므로 계자권선에도 단자전압 200 V가 걸린다. 계자저항을 R_f라 하면 옴의 법칙에 따라 $I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{200}{50} = 4$A이다.

부하전류: 전기자에서 나온 전류는 계자권선과 부하로 나뉜다. 따라서 부하전류는 **전기자전류에서 계자전류를 뺀 값**이며, $I_L = I_a - I_f$에 따라 $50 - 4 = 46$ A이다.

부하출력: 직류 부하에 공급되는 전력은 단자전압과 부하전류의 곱이므로 $P_L = VI_L$이다. $200 \times 46 = 9{,}200$ W = 9.2 kW이며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 농형 유도전동기와 권선형 유도전동기에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 권선형 유도전동기는 소형 및 중형에 널리 사용된다.

② 농형 유도전동기는 취급이 쉽고 효율이 좋다.

③ 농형 유도전동기는 구조가 간단하다.

④ 권선형 유도전동기는 속도 조절이 용이하다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '소형 및 중형에 널리 사용된다'는 **농형 유도전동기**의 일반적인 용도를 설명한 것이다. 권선형은 회전자에 외부 저항을 연결할 수 있어 **큰 기동 토크나 속도 조절이 필요한 용도**에 적합하다.

선지별 해설

① X: 소형·중형의 일반적인 용도에 널리 쓰이는 것은 **농형 유도전동기**이다. 농형은 구조가 간단하고 가격이 저렴하며 유지·보수가 쉽다. 권선형은 회전자 권선에 슬립 링과 브러시를 통해 외부 저항을 연결하는 구조로, 큰 기동 토크나 속도 조절이 필요한 용도에 주로 사용된다.

② O: 농형은 **브러시와 슬립 링이 없어** 점검과 유지·보수가 쉬우므로 취급이 간편하다. 또한 회전자 외부 저항에서 발생하는 추가 손실이 없어 일반적인 운전에서 효율이 좋다.

③ O: 농형의 회전자는 철심의 슬롯에 넣은 도체 막대의 양 끝을 **단락환으로 연결**한 구조이다. 권선형처럼 회전자 권선의 단자를 슬립 링과 브러시로 외부에 연결할 필요가 없어 구조가 간단하다.

④ O: 권선형은 슬립 링과 브러시를 통해 **회전자 회로의 외부 저항을 조절**할 수 있다. 부하가 걸린 상태에서 외부 저항을 늘리면 같은 부하 토크를 내는 데 필요한 슬립이 커져 회전속도가 낮아지므로 속도 조절이 가능하다. 다만 저항에서 전력이 열로 소모되므로 저항에 의한 속도 조절은 효율 저하를 수반한다.

NoteBase

문 4. 극수가 8극이고 회전수가 900[rpm]인 동기발전기와 병렬 운전하는 동기발전기의 극수가 12극이라면 회전수는?

① 400rpm

② 500rpm

③ 600rpm

④ 700rpm

정답 3번

간단한 해설

병렬 운전하는 동기발전기는 **발생 전압의 주파수가 같아야** 하므로, 회전수는 극수에 반비례한다. 따라서 12극 발전기의 회전수는 $900 \cdot \frac{8}{12} = 600$ rpm이다.

계산 과정

동기발전기의 극수를 P, 회전수를 N[rpm], 발생 전압의 주파수를 f[Hz]라 하면 $f = \frac{PN}{120}$이다. 한 바퀴 회전할 때 극쌍 수인 P/2만큼 전기적 주기가 생기고, 분당 회전수를 초당 회전수로 바꾸려면 60으로 나누므로 분모가 120이 된다. 병렬 운전하는 두 발전기는 **주파수가 같아야** 하므로 이 관계를 두 발전기에 공통으로 적용한다.

먼저 8극, 900 rpm 발전기의 주파수는 $f = \frac{8 \cdot 900}{120} = 60$ Hz이다. 이 60 Hz가 병렬 운전하는 12극 발전기에서도 유지되어야 하는 주파수이다.

12극 발전기의 회전수를 N_2라 하면 $N_2 = \frac{120f}{12}$이다. 따라서 $N_2 = \frac{120 \cdot 60}{12} = 600$ rpm이다. 같은 주파수에서는 **극수가 증가하면 회전수는 감소**하므로, 8극 발전기보다 느리게 회전한다. 계산한 600 rpm은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 60[Hz], 6극, 15[kW]인 3상 유도전동기가 1,080[rpm]으로 회전할 때, 회전자 효율은? (단, 기계손은 무시한다.)

① 80%

② 85%

③ 90%

④ 95%

정답 3번

간단한 해설

기계손을 무시하면 회전자 효율은 **회전속도를 동기속도로 나눈 비율**이다. 동기속도가 1,200 rpm이므로 회전자 효율은 $\frac{1,080}{1,200} \times 100 = 90\%$이다.

계산 과정

동기속도: 주파수 f = 60 Hz, 극수 p = 6일 때 회전자계의 회전속도는 $N_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 60}{6} = 1,200\text{rpm}$이다. 주파수는 초당 전기적 반복 횟수이므로 극수를 반영하고 분당 회전수로 환산한다.

슬립: 실제 회전자 속도 N = 1,080 rpm은 동기속도보다 120 rpm 낮다. 슬립은 이 속도 차이를 **동기속도를 기준으로** 나타낸 비율이므로 $s = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{1,200 - 1,080}{1,200} = 0.1$이다.

회전자 효율: 회전자 입력을 P_2라 하면 회전자 동손은 sP_2, 기계적 변환출력은 $(1 - s)P_2$이다. **기계손을 무시**하므로 기계적 변환출력이 축출력이 된다. 따라서 회전자 입력 중 출력으로 전달되는 비율은 $\eta_r = \frac{(1 - s)P_2}{P_2} = 1 - s = 0.9$이다. 이는 전동기 전체 입력을 기준으로 한 전체 효율과 구별된다.

회전자 입력의 10%는 회전자 동손으로 소비되고 90%가 출력으로 전달된다. 따라서 회전자 효율은 90%이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 6. 3상권선에 의한 회전자계의 고조파성분 중 제7고조파에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 기본파와 반대 방향으로 7배의 속도로 회전한다.

② 기본파와 같은 방향으로 7배의 속도로 회전한다.

③ 기본파와 반대 방향으로 1/7배의 속도로 회전한다.

④ 기본파와 같은 방향으로 1/7배의 속도로 회전한다.

정답 4번

간단한 해설

제7고조파는 **기본파와 같은 방향**으로 회전한다. 권선의 공간 고조파는 차수가 높을수록 극수가 늘어나므로, 제7고조파의 회전속도는 기본파의 **1/7배**이다.

선지별 해설

3상권선의 공간 고조파는 권선이 만드는 자계의 공간적 분포에 포함된 고조파이다. 평형 3상 전류가 흐를 때 차수가 $6k+1$인 성분은 기본파와 같은 방향으로, $6k-1$인 성분은 반대 방향으로 회전한다. 여기서 k는 양의 정수이다. 제7고조파는 $7 = 6 \times 1 + 1$이므로 기본파와 같은 방향으로 회전한다.

기본파의 극수를 P, 전원 주파수를 f라 하면 기본파의 회전속도는 $n_1 = \frac{120f}{P}$ rpm이다. 제7 공간 고조파는 **주파수는 같고 극수는 7배**이므로, 회전속도는 $n_7 = \frac{120f}{7P} = \frac{n_1}{7}$ rpm이다.

① X: 제7고조파는 기본파와 같은 방향으로 회전하며, 속도는 기본파의 1/7배이다. 따라서 이 선지는 회전 방향과 속도 배율을 모두 잘못 설명했다.

② X: 기본파와 같은 방향으로 회전한다는 부분은 맞지만, 속도는 7배가 아니라 **1/7배**이다. 공간 고조파의 극수가 늘어나면 같은 전원 주파수에서 회전속도는 낮아진다.

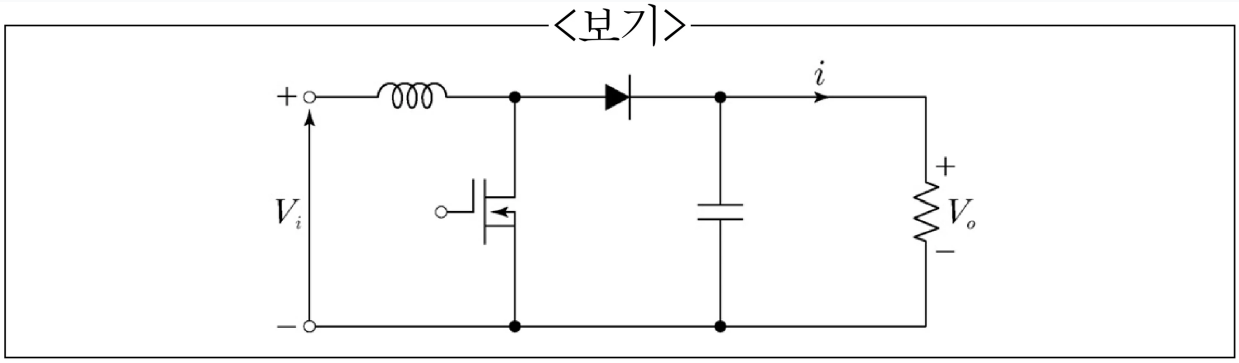
③ X: 속도가 기본파의 1/7배라는 부분은 맞지만, 회전 방향은 반대가 아니라 **기본파와 같은 방향**이다. 제7고조파는 차수가 6k + 1인 성분에 해당한다.

④ O: 제7고조파는 기본파와 같은 방향으로 회전하고, 극수가 기본파의 7배이므로 회전속도는 기본파의 1/7배이다.

NoteBase

문 7. <보기>와 같이 DC-DC 컨버터의 듀티비가 D일 때, 출력 전압은? (단, 인덕터 전류는 일정하며, 커패시터의 값은 출력전압의 리플을 무시할 수 있을 정도로 크다고 가정한다.)

<보기>



① $V_o = DV_i$

② $V_o = \frac{1}{1-D}V_i$

③ $V_o = \frac{D}{1-D}V_i$

④ $V_o = \frac{1}{D}V_i$

정답 2번

간단한 해설

이 회로는 **승압형 컨버터**로, 스위치가 꺼질 때 입력 전원과 인덕터가 함께 출력 측에 에너지를 공급한다.
정상상태에서 인덕터의 전압·시간 평형을 적용하면 출력 전압은 $V_o = \frac{V_i}{1-D}$가 된다.

NoteBase

계산 과정

조건과 변수: 입력에 인덕터가 직렬로 연결되고, 인덕터 뒤의 접점에서 스위치가 접지로 이어지는 승압형 회로이다. 소자의 손실과 전압 강하를 무시하고, 주어진 전류 및 리플 조건에서 정상상태의 연속전류 동작을 해석한다. 입력·출력 전압을 각각 V_i, V_o, 스위칭 주기를 T라 하면 듀티비는 $D = \frac{t_{on}}{T}$이다. 따라서 켜짐 시간은 DT, 꺼짐 시간은 $(1-D)T$이다.

스위치가 켜진 구간: 인덕터 오른쪽 접점이 접지에 연결되고 다이오드는 역바이어스되어 차단된다. 인덕터 전압을 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 잡으면 $v_L = V_i$이며, 인덕터에 에너지가 저장된다. 이때 부하에는 **커패시터가 에너지를 공급**한다.

스위치가 꺼진 구간: 인덕터 전류가 다이오드를 통해 출력 측으로 흐른다. 입력 전원과 인덕터가 함께 커패시터와 부하에 에너지를 공급하며, 같은 기준 방향의 인덕터 전압은 $v_L = V_i - V_o$이다.

전압·시간 평형: 정상상태에서는 한 주기 뒤 인덕터 전류가 원래 값으로 돌아오므로 **한 주기 평균 인덕터 전압은 0**이다. 두 구간의 전압에 지속 시간을 곱하여 더하면 $V_i DT + (V_i - V_o)(1-D)T = 0$이다. 양변을 T로 나누고 정리하면 $V_i - V_o(1-D) = 0$을 얻는다.

출력 전압: 따라서 $V_o = \frac{1}{1-D} V_i$이며, ②의 식과 일치한다. $0 < D < 1$에서 전압 이득 $\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1-D}$는 1보다 크므로 출력은 입력과 같은 극성으로 승압된다. V_i를 V 단위로 넣으면 V_o도 V 단위이다.

NoteBase

문 8. △ 결선 변압기 중 단상 변압기 1개가 고장나 V결선으로 운전되고 있다. 이때 V결선된 변압기의 이용률과 △ 결선 변압기에 대한 V결선 변압기의 2차 출력비는? (단, 부하에 의한 역률은 1이다.)

① 변압기 이용률: $\frac{\sqrt{3}}{2}$, 2차 출력비: $\frac{1}{\sqrt{3}}$
② 변압기 이용률: $\frac{1}{\sqrt{3}}$, 2차 출력비: $\frac{\sqrt{3}}{2}$
③ 변압기 이용률: $\sqrt{\frac{2}{3}}$, 2차 출력비: $\frac{1}{\sqrt{3}}$
④ 변압기 이용률: $\frac{\sqrt{3}}{2}$, 2차 출력비: $\sqrt{\frac{2}{3}}$

정답 1번

간단한 해설

V결선의 3상 출력 용량은 단상 변압기 1대 용량의 $\sqrt{3}$배이다. **이용률은 남은 2대의 용량 합계**를 기준으로 하므로 $\frac{\sqrt{3}}{2}$, **출력비는 원래 3대의 △결선 용량**을 기준으로 하므로 $\frac{1}{\sqrt{3}}$이다.

계산 과정

결선별 용량은 같은 정격의 단상 변압기로 평형 3상 부하를 공급하는 경우를 기준으로 비교한다. 단상 변압기 1대의 2차 정격 전압을 V, 정격 전류를 I, 정격 용량을 $S = VI$라 하자. V를 V 단위, I를 A 단위로 나타내면 S의 단위는 VA이다. 부하 역률이 1이므로 피상전력의 비와 유효출력의 비는 같다.

V결선의 출력 용량: 남은 2대로 3상 전력을 공급하며, 각 변압기 권선의 전압은 선간전압과 같고 권선전류는 선전류와 같다. 따라서 각 권선에 정격 전류 I가 흐를 때 3상 출력 용량은 $S_V = \sqrt{3}VI = \sqrt{3}S$이다. 이는 2대의 정격 용량을 단순히 더한 2S보다 작다.

변압기 이용률: 실제로 사용하는 **2대의 정격 용량 합계 2S**에 대한 V결선 출력 용량의 비이다. 따라서 $\frac{S_V}{2S} = \frac{\sqrt{3}S}{2S} = \frac{\sqrt{3}}{2}$로, 약 86.6%이다.

2차 출력비: 원래 △결선은 3대가 각각 정격 용량을 담당하므로 전체 용량은 $S_\triangle = 3S$이다. **고장 전 3대의 용량 3S**를 분모로 하여 $\frac{S_V}{S_\triangle} = \frac{\sqrt{3}S}{3S} = \frac{1}{\sqrt{3}}$을 얻으며, 약 57.7%이다.

따라서 이용률 $\frac{\sqrt{3}}{2}$, 2차 출력비 $\frac{1}{\sqrt{3}}$의 조합이므로 ①에 해당한다.

NoteBase

문 9. 동기발전기 출력이 400[kVA]이고 발전기의 운전용 원동기의 입력이 500[kW]인 경우 동기발전기의 효율은? (단, 동기발전기의 역률은 0.9이며, 원동기의 효율은 0.8이다.)

① 0.72

② 0.81

③ 0.90

④ 0.92

정답 3번

간단한 해설

발전기의 효율은 **유효전력 출력과 기계적 입력의 비**이다. 역률을 반영한 출력은 360 kW이고 원동기가 공급하는 기계적 입력은 400 kW이므로, 효율은 0.90(90%)이다.

계산 과정

발전기의 전기적 출력: 400 kVA는 피상전력 S이며, 효율 계산에는 **역률을 곱한 유효전력**을 사용한다. 역률을 $\cos\phi$라 하면 $P_{\text{out}} = S\cos\phi$이므로, 유효전력 출력은 $400 \times 0.9 = 360$ kW이다.

발전기의 기계적 입력: 원동기는 입력 에너지의 일부를 손실로 소모하고 나머지를 기계적 출력으로 전달한다. 원동기의 효율이 0.8이므로 기계적 출력은 $500 \times 0.8 = 400$ kW이다. 이 값이 **발전기 축에 공급되는 입력**이다.

발전기 효율: 발전기 자체의 효율은 전기적 유효전력 출력을 기계적 입력으로 나눈 $\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$이다. 따라서 $\eta = \frac{360}{400} = 0.90$이다. 효율은 단위가 없는 비이며 90%로도 표시한다. 이는 ③의 0.90에 해당한다.

NoteBase

문 10. 계기용 변성기에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 계기용 변성기는 고전압이나 대전류를 측정하기 위하여 1차 권선과 2차 권선의 임피던스 강하를 최대한 높여야 한다.

② 계기용 변성기는 변압비와 변류비를 정확하게 하기 위하여 철심재료의 투자율이 큰 강판을 사용해 여자전류를 적게 한다.

③ 계기용 변성기 중 P.T는 1차측을 측정하려는 회로에 병렬로 접속하고 2차측을 단락하여 피측정회로의 전압을 측정한다.

④ 계기용 변성기 중 C.T는 1차측을 측정하려는 회로에 직렬로 접속하고 2차측을 개방하여 피측정회로의 전류를 측정한다.

정답 2번

간단한 해설

철심의 **투자율이 크면** 같은 자속을 만드는 데 필요한 여자전류가 작아진다. 여자전류로 인한 오차를 줄여 1차와 2차의 전압·전류 비를 더 정확하게 유지할 수 있다.

선지별 해설

① X: 권선의 저항과 누설 리액턴스에 의한 임피던스 강하는 측정 오차의 원인이 된다. 1차와 2차 사이의 비례관계를 정확하게 유지하려면 권선의 **임피던스 강하를 작게** 해야 한다.

② O: 투자율은 자화되기 쉬운 정도를 나타낸다. 투자율이 큰 철심은 같은 자속을 형성하는 데 필요한 자화력이 작으므로 **여자전류를 줄일 수 있다**. 여자전류는 이상적인 전압·전류 변환관계에서 벗어나는 오차를 일으키므로, 이를 작게 하면 변압비와 변류비의 정확도가 높아진다.

③ X: 계기용 변압기(P.T)의 1차측을 측정 회로에 병렬로 접속한다는 부분은 맞다. 그러나 2차측에는 **임피던스가 큰 전압계를 접속**하여 거의 무부하 상태로 전압을 측정한다. 2차측을 단락하면 큰 전류가 흘러 권선이 손상될 수 있으므로 단락해서는 안 된다.

④ X: 계기용 변류기(C.T)의 1차측을 측정 회로에 직렬로 접속한다는 부분은 맞다. 2차측은 임피던스가 작은 전류계에 연결하여 단락에 가까운 폐회로로 운전한다. **1차 전류가 흐르는 동안 2차측을 개방해서는 안 된다**. 개방하면 2차 전류의 감자작용이 사라져 철심 자속이 커지고, 2차측에 위험한 고전압이 유도될 수 있다.

NoteBase

문 12. 3상 12극 동기발전기의 총 슬롯수가 72개일 때, 권선의 기본파에 대한 분포권계수는? (단, $\sin\frac{\pi}{12}=0.26$, $\sin\frac{\pi}{6}=0.5$이다.)

① 0.86

② 0.90

③ 0.96

④ 1.00

정답 3번

간단한 해설

매극 매상 슬롯수는 2개이고, 인접 슬롯의 전기각은 30°이다. 이를 **기본파 분포권계수** 식에 적용하면 약 0.96이 된다.

계산 과정

분포권계수는 여러 슬롯에 나누어 배치한 권선의 합성 유도기전력을, 같은 권선을 한곳에 집중시켰을 때의 유도기전력으로 나눈 값이다. 슬롯마다 유도기전력의 위상이 달라 벡터합이 산술합보다 작아진다.

1. 매극 매상 슬롯수: 총 슬롯수를 $S=72$, 극수를 $P=12$, 상수를 $m=3$이라 하면 $q=\frac{S}{Pm}=\frac{72}{12\cdot 3}=2$이다. 즉, 한 극 아래에서 한 상의 권선이 2개 슬롯에 분포한다.

2. 슬롯 사이의 전기각: 매극 슬롯수는 $\frac{72}{12}=6$개이다. 한 극 간격은 **전기각 180°**이므로 인접 슬롯 사이의 전기각은 $\beta=\frac{180^\circ}{6}=30^\circ=\frac{\pi}{6}$이다.

3. 기본파 분포권계수: 크기가 같고 위상차가 일정한 슬롯 기전력들을 벡터합하므로 $k_d=\frac{\sin(q\beta/2)}{q\sin(\beta/2)}$를 적용한다. 여기서 $q\beta/2=\pi/6$, $\beta/2=\pi/12$이므로, 주어진 사인값을 대입하면 $k_d=\frac{0.5}{2\cdot 0.26}\approx 0.96$이다. 분포권계수는 단위가 없는 비율이며, 계산값은 ③의 0.96에 해당한다.

NoteBase

문 13. 4극, 800[W], 220[V], 60[Hz], 1,530[rpm]의 정격을 갖는 3상 유도전동기가 축에 연결된 부하에 정격출력을 전달하고 있다. 이때 공극을 통하여 회전자에 전달되는 2차측 입력은? (단, 전동기의 풍손과 마찰손 합은 50[W]이며, 2차 철손과 표유부하손은 무시한다.)

① 950W

② 1,000W

③ 1,050W

④ 1,100W

정답 2번

간단한 해설

회전자에서 발생한 기계적 출력은 축출력에 **풍손과 마찰손을 더한 850 W**이다. 슬립이 0.15이므로 이 값은 2차측 입력의 85%이며, 2차측 입력은 $\frac{850}{0.85} = 1{,}000\text{W}$이다.

계산 과정

1. 동기속도와 슬립: 극수 $p = 4$, 주파수 $f = 60\text{Hz}$일 때 회전자계의 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{p}$이므로 $n_s = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1{,}800\text{rpm}$이다. 회전자 속도는 $n = 1{,}530\text{rpm}$이므로 슬립은 $s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1{,}800 - 1{,}530}{1{,}800} = 0.15$이다.

2. 발생 기계출력: 부하에 전달되는 정격출력 800 W는 축출력이다. 회전자에서 발생한 기계적 출력 중 일부가 풍손과 마찰손으로 소모되므로, **손실이 빠지기 전의 발생 기계출력**은 $P_m = 800 + 50 = 850$ W이다.

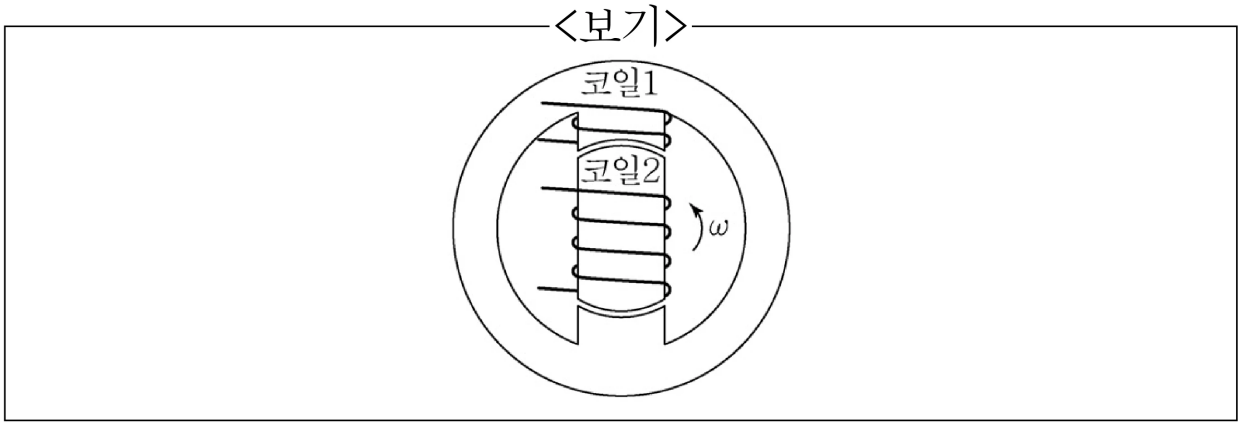
3. 2차측 입력: 공극을 통해 회전자에 전달된 입력을 P_2라 하면, 2차 철손과 표유부하손을 무시할 때 2차 동손은 sP_2, 발생 기계출력은 $P_m = (1 - s)P_2$이다. 따라서 850 W는 **2차측 입력에서 2차 동손을 뺀 값**이며, $P_2 = \frac{P_m}{1 - s} = \frac{850}{1 - 0.15} = 1{,}000\text{W}$이다.

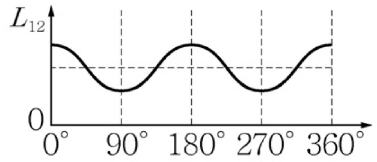
구한 2차측 입력 1,000 W는 ②의 값과 일치한다.

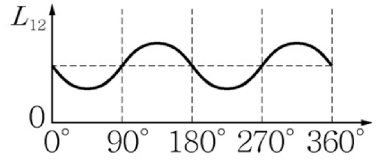
NoteBase

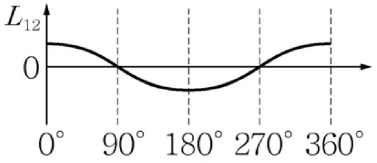
문 14. <보기>와 같이 돌극형 회전기기에서 회전자가 1회전 하였을 때 코일의 상호인덕턴스 변화는? (단, 그림의 회전자 위치에서 회전을 시작한다.)

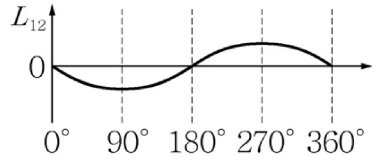
<보기>



① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

간단한 해설

출발 위치에서는 두 코일의 자기축이 일치하여 상호인덕턴스가 양의 최댓값이고, 180° 회전하면 쇄교자속 방향이 반대가 되어 **음의 최솟값**이 된다. 따라서 한 바퀴 동안 **코사인 형태로 한 주기** 변화한다.

NoteBase

도식 해설

출발 위치와 변화 원리: 코일1은 고정자에, 코일2는 회전자에 감겨 있으며, 그림의 출발 위치에서는 두 코일의 자기축이 일치한다. 상호인덕턴스는 한 코일의 전류가 다른 코일에 만들어 주는 쇄교자속의 비례계수이다. 회전자 코일에 같은 방향의 전류를 흘린 채 반 바퀴 돌리면 고정자 코일에 쇄교하는 자속의 방향이 반대가 되므로, 상호인덕턴스도 **180° 회전 후 부호가 반대**가 된다.

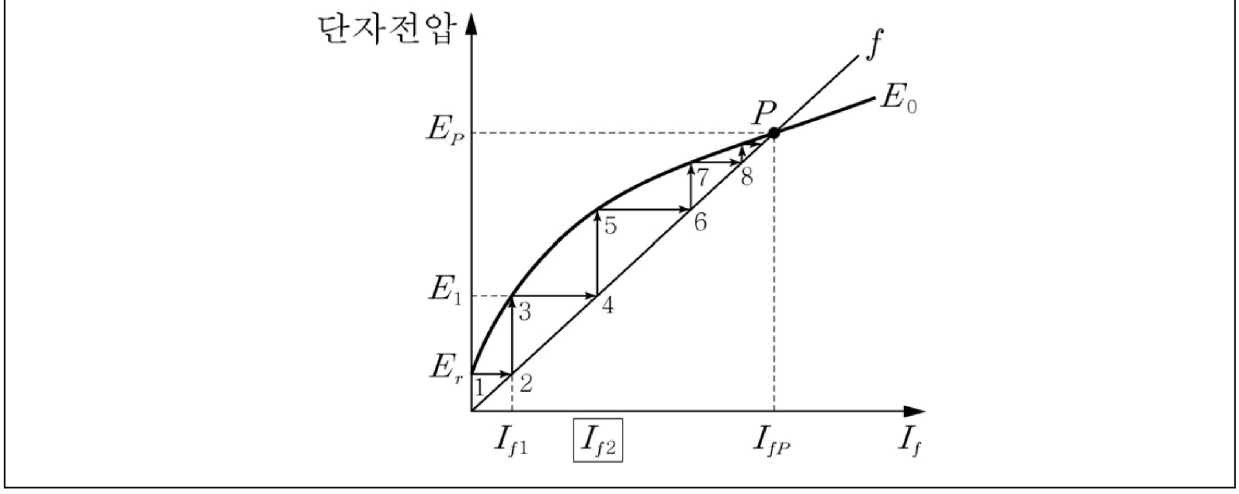
회전각별 변화: 출발 위치로부터의 회전각을 θ, 상호인덕턴스의 최댓값을 M이라 하면, 공간 고조파를 무시한 기본파 관계는 $L_{12}(\theta) = M\cos\theta$이다. 0°에서는 양의 최댓값, 자기축이 직각인 90°에서는 0, 180°에서는 음의 최솟값, 270°에서는 다시 0이 되고, 360°에서 처음의 양의 최댓값으로 돌아온다. 음수는 결합이 사라졌다는 뜻이 아니라 **기준에 대한 쇄교자속 방향이 반대**라는 뜻이다.

그래프 구별: 이처럼 양의 최댓값에서 출발하여 180°에서 음의 최솟값을 거치고 360°에서 처음 값으로 돌아오는 곡선이 ③이다. ①과 ②는 항상 양수이고 180°마다 반복되므로 상호인덕턴스의 부호 반전을 나타내지 못한다. ④는 0°에서 값이 0이므로 두 자기축이 일치한 출발 위치와 맞지 않는다.

NoteBase

문 15. <보기>는 계자저항 2.5[Ω], 전기자저항 5[Ω]의 직류 분권 발전기의 무부하 특성곡선에서 전압확립 과정을 나타낸다. 초기 전기자의 잔류자속에 의한 유도기전력 E_r이 15[V]라면, 그림에서의 계자전류 I_{f2}는? (단, 계자의 턴수는 100턴, 계자전류 I_{f1}에 의한 계자자속 시간변화율은 0.075[Wb/sec]이다.)

<보기>



① 2.1A

② 2.5A

③ 3.0A

④ 4.0A

정답 3번

간단한 해설

계자자속의 증가에 따른 **자기유도 전압**은 7.5 V이므로, 그림의 E_1은 15 + 7.5 = 22.5 V이다. 이를 **전기자저항까지 포함한 전체 저항** 7.5 Ω으로 나누면 I_{f2}는 3.0 A이다.

NoteBase

계산 과정

회로와 직선 f: 무부하에서는 외부 부하전류가 0이지만, **전기자에는 계자전류가 흐른다**. 따라서 전기자저항 R_a와 계자저항 R_f를 모두 반영하며, 전체 저항은 5 + 2.5 = 7.5 Ω이다. 그림의 직선 f는 $E = (R_a + R_f)I_f$인 저항선을 나타낸다.

첫 계자전류: 그림에서 잔류 유도기전력 E_r의 높이에서 직선 f까지 수평으로 이동한 점 2의 전류가 I_{f1}이다. 따라서 $I_{f1} = \frac{E_r}{R_a + R_f} = \frac{15}{7.5} = 2.0\text{A}$이다.

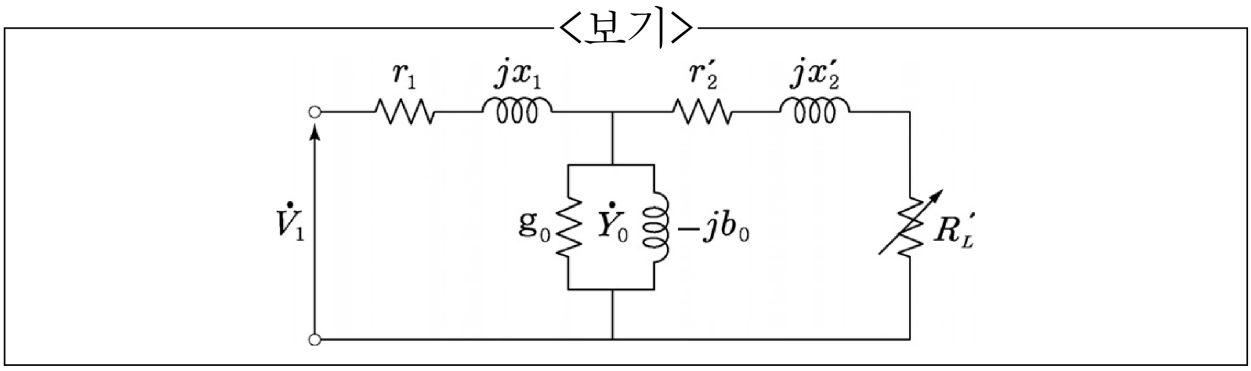
전압 상승: 계자자속이 증가하면 계자권선에는 전류 증가를 방해하는 자기유도 기전력이 생긴다. 그 크기는 $e_L = N\frac{d\Phi}{dt}$이며, 주어진 값으로 계산하면 100 × 0.075 = 7.5 V이다. 전압확립 중에는 발생기전력이 **저항 전압강하와 자기유도 전압의 합**을 공급한다. 따라서 점 3의 전압은 $E_1 = (R_a + R_f)I_{f1} + e_L$이고, 수치로는 15 + 7.5 = 22.5 V이다. 이때 점 2에서 점 3까지의 높이 차이가 7.5 V에 해당한다.

두 번째 계자전류: 점 3에서 같은 전압 높이를 유지하며 직선 f의 점 4로 이동하면 I_{f2}를 얻는다. 따라서 $I_{f2} = \frac{E_1}{R_a + R_f} = \frac{22.5}{7.5} = 3.0\text{A}$이며, ③의 3.0 A와 일치한다.

NoteBase

문 16. <보기>는 3상 4극 60[Hz] 유도전동기의 1상에 대한 등가회로이다. 2차 저항 r_2는 0.02[Ω], 2차 리액턴스 x_2는 0.1[Ω]이고 회전자의 회전속도가 1,710[rpm]일 때, 등가부하저항 R'_L은? (단, 권선비 $\alpha = 4$, 상수비 $\beta = 1$이다.)

<보기>



① 0.38Ω

② 1.52Ω

③ 5.12Ω

④ 6.08Ω

정답 4번

간단한 해설

등가부하저항은 1차로 환산한 2차 저항에 $\frac{1-s}{s}$를 곱한 값이다. 동기속도 1,800 rpm에서 슬립은 **0.05**, 환산 저항은 0.32 Ω이므로 등가부하저항은 **6.08 Ω**이다.

NoteBase

계산 과정

1. 동기속도와 슬립: 전원 주파수를 f, 극수를 P, 회전자 속도를 n이라 하면 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{P}$이다. 따라서 $n_s = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1{,}800\text{rpm}$이다. 슬립은 동기속도에 대한 회전자 속도의 상대적인 차이이므로 $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이며, $s = \frac{1{,}800 - 1{,}710}{1{,}800} = 0.05$이다.

2. 2차 저항의 1차 환산: 그림의 프라임 기호는 1차 측으로 환산한 값을 나타낸다. 주어진 상수비가 $\beta = 1$이므로 2차 저항에 **권선비의 제곱**을 곱한다. 즉, $r_2' = \alpha^2 r_2 = 4^2 \cdot 0.02 = 0.32\Omega$이다.

3. 등가부하저항의 의미: 그림에서 r_2'과 직렬로 연결된 R_L'은 **기계적 동력으로 변환되는 전력**을 저항으로 표현한 것이다. 회전자 측의 전체 등가저항은 $\frac{r_2'}{s} = r_2' + R_L'$로 나뉜다. 여기서 r_2'은 회전자 동손에 해당하므로, 이를 뺀 $R_L' = r_2' \frac{1-s}{s}$가 등가부하저항이다. 주어진 2차 리액턴스는 이 저항을 구하는 데 사용하지 않는다.

4. 수치 대입: $R_L' = 0.32 \cdot \frac{1 - 0.05}{0.05} = 6.08\Omega$이다. 이 값은 ④의 6.08 Ω과 일치한다.

NoteBase

문 17. 변압기의 결선방법 중 △-△결선의 특징으로 가장 옳지 않은 것은?

① 고장 시 V-V 결선으로 송전을 지속할 수 있다.

② 상에는 제3고조파 전류를 순환하여 정현파 기전력을 유도한다.

③ 중성점을 접지할 수 없다.

④ 고전압 계통의 송전선로에 유리하다.

정답 4번

간단한 해설

△결선은 각 상 권선에 선간전압이 그대로 걸리므로 절연 부담이 크다. 고전압 측에는 상 권선에 걸리는 전압을 낮출 수 있는 **Y결선이 절연상 유리하다**.

선지별 해설

① O: 단상 변압기 3대로 구성한 △-△결선에서 1대가 고장 나면, 고장 난 변압기를 분리하고 나머지 2대를 **V-V결선**으로 운전하여 3상 전력 공급을 계속할 수 있다. 다만 공급 가능한 용량이 줄어들므로 부하를 제한해야 한다.

② O: 철심의 비선형 자화 특성 때문에 정현파 자속을 만들기 위한 여자전류에는 제3고조파 성분이 필요하다. △결선은 **제3고조파 전류가 순환할 폐회로**를 제공하므로 자속과 유도기전력의 파형 왜곡을 줄여 정현파에 가까운 기전력을 얻을 수 있다.

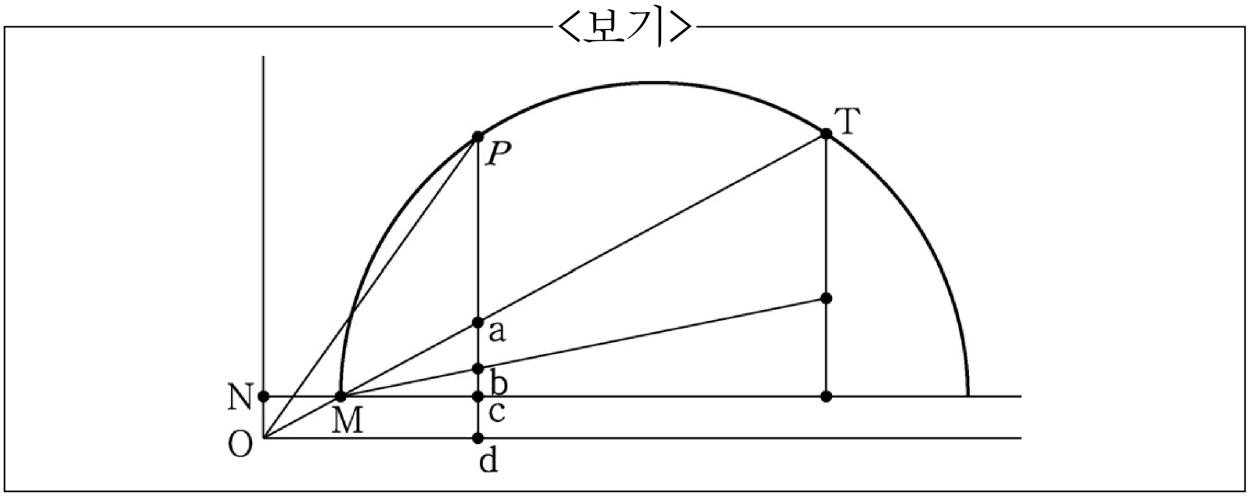
③ O: △결선은 세 상 권선을 고리 모양으로 연결하며, Y결선처럼 세 권선의 한쪽 끝이 모이는 **중성점이 없다**. 따라서 이 결선 자체의 중성점을 이용한 접지를 할 수 없다.

④ X: △결선의 상전압, 즉 각 상 권선 양단의 전압은 선간전압과 같다. 반면 Y결선의 상전압은 선간전압의 $1/\sqrt{3}$ 이므로 같은 선간전압에서 각 상 권선에 걸리는 전압이 더 낮다. 따라서 고전압 측에서는 권선의 절연 부담을 줄이는 **Y결선이 유리하며**, △-△결선은 고전압 송전용보다 저전압·대전류용에 적합하다.

NoteBase

문 18. <보기>는 4극, 정격 200[V], 60[Hz]인 3상 유도전동기의 원선도이다. 이 전동기가 P점에서 운전 중일 때 슬립과 동기 와트 각각의 값은? (단, $\overline{Pa} = 80$ mm, $\overline{ab} = 20$ mm, $\overline{bc} = 12$ mm, $\overline{cd} = 18$ mm이며, 전류척도 1A는 10mm이다.)

<보기>



① 0.2, $2\sqrt{3}$ kW

② 0.02, $20\sqrt{3}$ kW

③ 0.02, $2\sqrt{3}$ kW

④ 0.2, $20\sqrt{3}$ kW

정답 1번

간단한 해설

슬립은 **2차 입력 중 회전자 동손의 비율**이므로 $s = \frac{20}{80+20} = 0.2$이다. 동기 와트는 2차 입력을 뜻하므로, Pb의 길이 100 mm에 전력척도를 적용하면 $2\sqrt{3}$ kW가 된다.

NoteBase

계산 과정

원선도의 구간 읽기: P에서 아래로 내린 수직선은 출력선 MT와 a에서, 토크선과 b에서 만난다. 이때 Pa는 출력, ab는 회전자 동손, bc는 고정자 동손, cd는 고정손에 대응한다. 따라서 **2차 입력은 출력과 회전자 동손의 합**인 Pb에 대응하며, 그 길이는 80 + 20 = 100 mm이다. bc와 cd는 2차 입력에 더하지 않는다.

슬립 계산: 슬립 s는 동기속도에 대한 회전자의 상대적인 속도 차이이며, 전력 관계로는 회전자 동손을 2차 입력으로 나눈 값이다. 두 전력에 같은 전력척도가 적용되므로 길이의 비로 계산할 수 있다. 따라서 $s = \frac{\overline{ab}}{\overline{Pb}} = \frac{20}{100} = 0.2$이다. 이는 2차 입력의 20%가 회전자 동손이라는 뜻이다.

전력척도 계산: 원선도의 수직 길이는 전류의 유효성분에 대응한다. 평형 3상 유효전력은 $P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\phi$ 이므로, 선간전압 200 V와 전류척도를 이용해 길이를 전력으로 바꾼다. 전류척도는 **10 mm가 1 A**이므로 1 mm당 전력은 $k_P = \sqrt{3} \cdot 200 \cdot \frac{1}{10}$에서 $20\sqrt{3}$ W/mm이다.

동기 와트 계산: 동기 와트는 발생 토크 T에 동기 각속도 ω_s를 곱해 전력으로 표시한 값이며, $P_{syn} = T\omega_s = P_2$로 2차 입력과 같다. 따라서 Pb의 길이 100 mm에 전력척도를 곱하면 $P_{syn} = 100 \cdot 20\sqrt{3} = 2000\sqrt{3}$ W, 즉 $2\sqrt{3}$ kW이다.

구한 슬립 0.2와 동기 와트 $2\sqrt{3}$ kW의 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 20. <보기>의 설명에 해당되는 전동기는?

<보기>
이 전동기는 3상 중 1상만 통전되는 방식을 사용하고, 영구자석을 사용하지 않는 간단한 돌극 회전자 구조를 가지고 있다.
회전 시 토크리플이 크고 진동 및 소음이 크다는 단점이 있다.

① 스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched Reluctance Motor)
② 동기형 릴럭턴스 전동기(Synchronous Reluctance Motor)
③ 브러시리스 직류 전동기(Brushless DC Motor)
④ 단상 유도전동기(Single Phase Induction Motor)

정답 1번

간단한 해설

고정자 상권선을 차례로 통전하여 영구자석이 없는 돌극 회전자를 끌어당기는 방식은 스위치드 릴럭턴스 전동기의 특징이다. 통전 상과 회전자 위치에 따라 발생 토크가 달라져 토크리플이 크고 진동·소음이 발생하기 쉽다.

공통 해설

스위치드 릴럭턴스 전동기는 **회전자 위치에 맞춰 고정자 각 상의 통전을 전환**하여 릴럭턴스 토크를 얻는 전동기이다. 릴럭턴스는 자속이 흐르는 것을 방해하는 자기저항을 뜻한다. 고정자 권선에 전류를 흘리면 돌극 철심 회전자가 자기저항이 작아지는 위치, 즉 통전된 고정자 극과 정렬되는 방향으로 끌려간다. 다음 상으로 통전을 바꾸면 회전자가 새 위치를 향해 움직이므로 회전을 이어 갈 수 있다. 회전자에는 영구자석이나 권선이 필요하지 않아 구조가 단순하다.

보기의 '3상 중 1상만 통전'은 각 상을 차례로 여자하는 구동 방식을 설명한다. 이때 회전자 위치에 따라 각 상이 만드는 토크가 달라지고 상 전환 때에도 토크가 변동한다. 이처럼 회전 중 토크가 일정하지 않고 주기적으로 출렁이는 현상이 **토크리플**이다. 돌극 사이의 자기흡인력 변화는 진동과 소음도 유발한다. 따라서 보기의 구동 방식·회전자 구조·단점은 스위치드 릴럭턴스 전동기의 특성과 연결된다.

동기형 릴럭턴스 전동기도 영구자석 없이 릴럭턴스 토크를 이용할 수 있으므로, 영구자석이 없다는 조건만으로 두 전동기를 구별할 수는 없다. 동기형은 **고정자의 회전자계에 회전자가 동기하여 회전**하는 방식이며, 보기에서는 각 상의 통전을 순차적으로 전환하는 방식이 구별 단서이다.

NoteBase