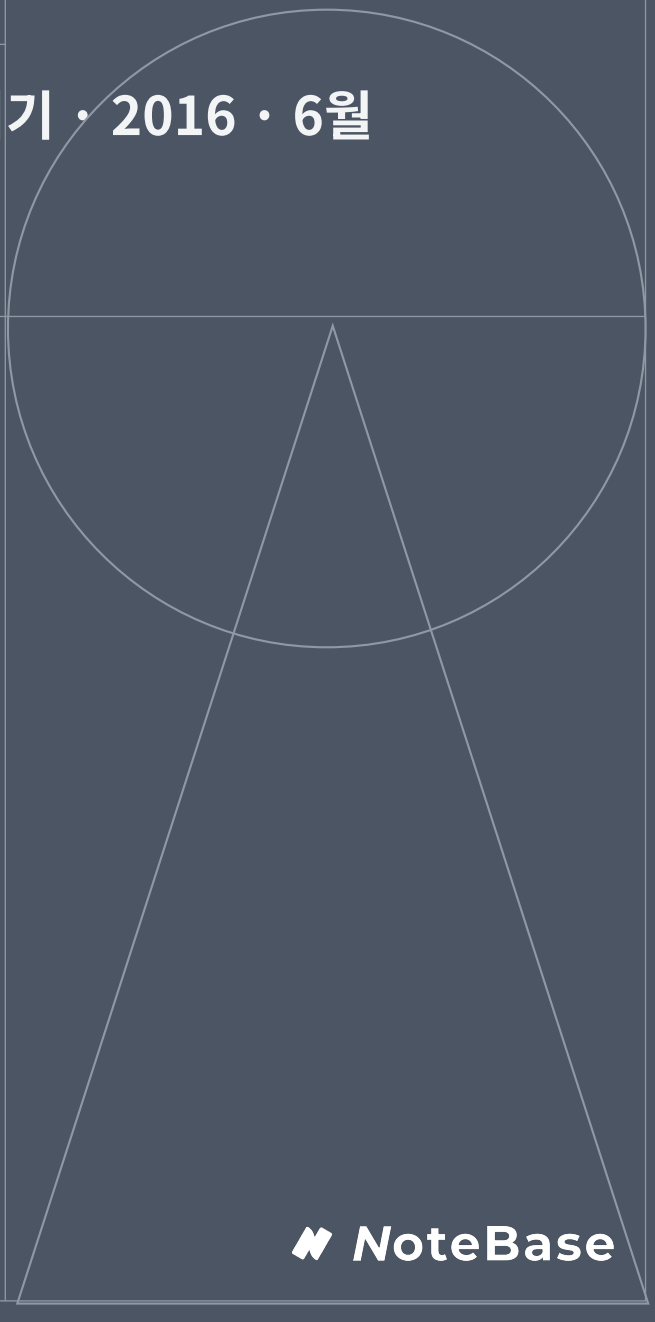
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 전기기기 · 2016 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 전기기기 · 2016 · 6월

공무원/서울시/7급 · 전기기기 · 2016 · 6월

문 1. 어느 과복권 발전기가 무부하일 때 속도 1,000[rpm]에서 단자 전압이 100[V]가 되고, 전부하일 때 속도 950[rpm]에서 단자 전압이 110[V]가 된다고 한다. 전부하일 때의 전기자 철심 내 자속은 무부하일 때의 값보다 20[%] 크다고 한다. 이때 총 전압강하[V]는 얼마인가?

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 타여자 발전기의 유기전압이 $E \propto n\Phi$에 비례한다는 관계를 이용해 전부하 시 총 전압강하를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 무부하 속도: 1,000 rpm
- 무부하 단자전압: 100 V
- 전부하 속도: 950 rpm
- 전부하 단자전압: 110 V
- 전부하 자속: 무부하의 1.2배

구해야 할 값:
- 전부하 시 총 전압강하

주의할 조건:
- 무부하에서는 전기자전류가 거의 없으므로 유기전압과 단자전압을 같게 본다.

NoteBase

사용할 공식

유기전압은 $E \propto n\Phi$이므로
$\frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2\Phi_2}{n_1\Phi_1}$
이 공식을 쓰는 이유:
문제에서 속도 변화와 자속 변화가 함께 주어졌으므로 전부하 유기전압은 속도와 자속의 비례관계로 계산해야 한다.

계산 과정

1. 무부하에서는 내부 전압강하가 없다고 보므로 무부하 유기전압은 $E_1 = 100V$이다.
2. 전부하 유기전압은
$E_2 = 100 \times \frac{950}{1000} \times 1.2 = 114V$
이다.
3. 전부하 단자전압이 110 V이므로 총 전압강하는
$\Delta V = E_2 - V = 114 - 110 = 4V$
이다.

선지별 해설

① X: 총 전압강하는 1 V가 아니다. 전부하 유기전압을 먼저 114 V로 구한 뒤 단자전압 110 V를 빼야 하므로 올바른 값은 4 V이다.
② X: 총 전압강하는 2 V가 아니다. 속도 감소와 자속 증가를 함께 반영하면 유기전압이 114 V가 되므로 전압강하는 4 V가 된다.
③ X: 총 전압강하는 3 V가 아니다. 무부하 100 V와 전부하 110 V의 차이만 보거나 속도 변화만 반영하면 오답이 되며, 올바르게는 4 V이다.
④ O: 전부하 유기전압이 114 V이고 실제 단자전압이 110 V이므로 총 전압강하는 4 V이다.

오답 포인트

속도는 5% 감소했지만 자속은 20% 증가하므로 두 조건을 동시에 반영해야 한다. 단자전압 110 V를 곧바로 유기전압으로 보거나 무부하와 전부하 단자전압의 차이만 비교하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

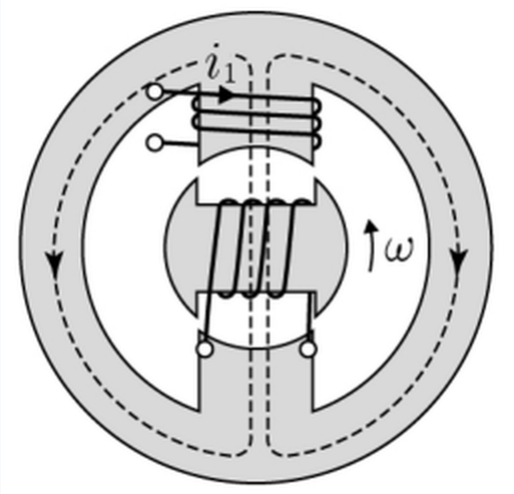
발전기 계산형 문제는 무부하 기준 유기전압을 먼저 잡고, 그다음 $E \propto n\Phi$로 운전점의 유기전압을 구한 뒤 마지막에 단자전압과의 차이로 내부 전압강하를 판단한다.

암기 포인트

직류 발전기 전압 판단은 유기전압 속도 × 자속, 총 전압강하는 유기전압 - 단자전압이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 이중 돌극형 회전기가 일정한 속도 ω [rad/sec]로 회전하는 경우, 회전기의 고정자 및 회전자 인덕턴스에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 회전기의 자기인덕턴스는 기계적 각도에 따라 변화한다.

② 고정자와 회전자의 기자력이 일정하면 자기인덕턴스 및 누설인덕턴스가 동일하다.

③ 회전기의 상호인덕턴스는 고정자와 회전자의 상대위치 함수이다.

④ 회전기의 자기저항은 고정자와 회전자 간의 공극 크기에 따라 변화한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이중 돌극형 회전기에서 공극 자기저항이 회전자 위치에 따라 달라질 때 자기인덕턴스와 상호인덕턴스의 성질을 구분하는 문제이다.

선지별 해설

① O: 이중 돌극형 회전기에서는 회전자 위치에 따라 공극 길이와 자로의 자기저항이 달라지므로 자기인덕턴스는 기계적 각도의 함수가 된다.

② X: 틀린 표현은 '자기인덕턴스 및 누설인덕턴스가 동일하다'이다. 기자력이 일정해도 자기인덕턴스는 자속 결합 정도와 공극 자로에 의해 정해지고, 누설인덕턴스는 결합되지 않는 누설자속 성분에 대응하므로 일반적으로 서로 같지 않다. 올바르게는 '기자력이 일정하더라도 자기인덕턴스와 누설인덕턴스는 일반적으로 동일하지 않다'이다.

③ O: 상호인덕턴스는 한 권선의 자속이 다른 권선과 얼마나 결합되는지로 정해지며, 고정자와 회전자의 상대위치가 바뀌면 결합자속이 달라지므로 상대위치의 함수가 된다.

④ O: 고정자와 회전자 사이의 공극이 커지면 자기저항이 증가하고, 공극이 작아지면 자기저항이 감소하므로 회전기의 자기저항은 공극 크기에 따라 변한다.

NoteBase

오답 포인트

②의 '기자력이 일정'이라는 조건 때문에 모든 인덕턴스가 같은 값으로 굳는다고 오해하기 쉽다. 그러나 인덕턴스는 기자력 자체보다 자속이 얼마나 결합되는지와 자로의 자기저항이 핵심이므로, 자기인덕턴스와 누설인덕턴스를 같은 개념처럼 묶으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

회전기 인덕턴스 문제는 먼저 공극과 상대위치가 변하는지를 확인한 뒤, 자기인덕턴스는 자기자속 결합, 상호인덕턴스는 권선 간 결합, 누설인덕턴스는 결합되지 않는 자속 성분으로 분리하여 판단한다.

암기 포인트

공극 변화 -> 자기저항 변화 -> 자기인덕턴스와 상호인덕턴스 변화이며, 누설인덕턴스가 자동으로 같아지는 것은 아니다.

NoteBase

문 3. 철손이 280[W]이고, 전부하동손이 320[W]인 10[kVA] 변압기의 전부하 역률이 0.9라 한다. 부하가 전부하의 1/4인가되고 있을 때, 변압기 효율[%]로 가장 가까운 값은?

① 88

② 90

③ 92

④ 94

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 철손은 일정하고 동손은 부하율의 제곱에 비례한다는 성질을 이용해 부분부하 효율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 정격용량 10kVA, 전부하 역률 0.9, 철손 280 W, 전부하 동손 320 W
구해야 할 값: 부하율이 1/4일 때 효율
주의할 조건: 출력은 kVA가 아니라 유효전력으로 계산하고, 동손은 부하율에 비례하지 않고 부하율의 제곱에 비례한다.

사용할 공식

효율은 $\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_i + P_c} \times 100$ 이다.
부분부하 동손은 $P_c = x^2 P_{c,FL}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 변압기에서 철손은 전압이 일정하면 거의 일정하고, 동손은 전류의 제곱에 비례하므로 부하율의 제곱으로 줄어들기 때문이다.

계산 과정

1. 부하율 1/4에서의 출력은 $P_{out} = 10{,}000 \times \frac{1}{4} \times 0.9 = 2{,}250W$ 이다.
2. 부하율 1/4에서의 동손은 $P_c = 320 \times \left(\frac{1}{4}\right)^2 = 20W$ 이다.
3. 총손실은 철손과 동손의 합이므로 $280 + 20 = 300W$ 이다.
4. 따라서 효율은 $\eta = \frac{2250}{2250 + 300} \times 100 \approx 88.24\%$ 이다.

NoteBase

선지 판단

1번: O. 계산 결과가 약 88.24%이므로 가장 가까운 값은 88%이다.
2번: X. 90%는 틀린 값이며 올바르게는 약 88.24%이다. 이 값은 10kVA에 부하율 1/4만 곱해 2.5 kW처럼 처리하여 역률 0.9를 빠뜨릴 때 나오는 오답에 가깝다.
3번: X. 92%는 틀린 값이며 올바르게는 약 88.24%이다. 92%가 되려면 총손실을 약 196 W로 잘못 잡아야 하는데, 철손만 이미 280 W이므로 성립할 수 없다.
4번: X. 94%는 틀린 값이며 올바르게는 약 88.24%이다. 94%가 되려면 총손실을 약 144 W 수준으로 보아야 하는데, 부분부하에서도 철손 280 W는 그대로 존재하므로 불가능하다.

오답 포인트

②처럼 90%를 고르는 경우는 kVA를 그대로 kW처럼 써서 역률 0.9를 빼먹는 실수가 많다. ③과 ④처럼 높은 효율을 고르는 경우는 부분부하에서도 철손 280 W가 계속 발생한다는 점을 놓쳐 총손실을 지나치게 작게 잡은 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 부분부하 효율 문제는 유효출력을 먼저 구하고, 동손은 전부하 동손에 부하율의 제곱을 곱해 줄인 뒤, 철손과 합한 총손실로 효율을 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

변압기 효율은 출력은 kVA×역률로, 철손은 일정하게, 동손은 부하율의 제곱으로 본다.

NoteBase

문 4. 60[Hz], 8극, 권선형 3상 유도전동기가 있다. 이 전동기를 운전하는데 450[rpm] 이상 가속되지 않는다고 하면, 그 원인은 무엇인가?

① 부족여자

② 2차회로 3상 단락

③ 고조파

④ 2차회로 1상 단선

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 권선형 3상 유도전동기의 2차회로 고장 중 반동기속도 부근에서 더 이상 가속되지 않는 원인을 판별할 수 있는지를 묻는다.

사례 정리

전원 주파수 60 Hz, 극수 8극이므로 동기속도는 $N_s = 120f/P = 120 \times 60/8 = 900rpm$이다.
실제 속도가 450rpm에서 멈추므로 전동기가 $N_s/2$ 부근에서 가속되지 않는 상태이다.
권선형 유도전동기이므로 2차회로의 단선·단락 여부가 회전자 전류와 토크 형성에 직접 영향을 준다.

핵심 개념

권선형 유도전동기에서 2차회로 1상이 단선되면 회전자 전류가 불평형이 되어 정상 회전자계와 토크가 크게 약해진다. 그 결과 반동기속도인 $N_s/2$ 부근 이상으로 잘 가속되지 않는 증상이 나타난다. 반대로 2차회로 3상 단락은 외부 저항을 제거한 뒤의 정상 운전 상태에 해당한다.

적용 기준

이 사례의 핵심 단서는 450rpm이라는 수치이다. 이를 동기속도 900rpm과 비교하면 정확히 $N_s/2$이므로, 일반적인 고조파 문제보다 권선형 유도전동기 2차회로 1상 단선의 전형적 증상으로 판단하는 것이 맞다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 부족여자는 동기전동기나 직류기처럼 별도의 여자 개념이 있는 기기에서 주로 쓰는 고장 표현이다. 유도전동기는 회전자 자속이 유도작용으로 생기므로 이 문항의 원인으로 보기 어렵다. 틀린 표현은 '부족여자'이고, 올바르게는 '유도전동기는 2차회로 불평형 같은 회전자 회로 고장을 본다.'이다.
2번 X: 권선형 유도전동기는 기동 후 외부 저항을 제거하면 2차회로를 3상 단락한 상태로 정상 운전한다. 따라서 3상 단락 자체는 450rpm에서 멈추는 고장 원인이 아니다. 틀린 표현은 '2차회로 3상 단락이 이상 상태'이고, 올바르게는 '2차회로 3상 단락은 정상 상태이며, 이상은 1상 단선 같은 불평형 고장이다.'이다.
3번 X: 고조파는 크롤링 같은 저속 운전의 원인이 될 수 있으나, 대표적으로 문제 되는 것은 특정 고조파 토크에 의한 매우 낮은 속도 운전이다. 이 문항처럼 정확히 반동기속도 $N_s/2$인 450rpm에서 더 올라가지 못하는 현상은 2차회로 1상 단선으로 보는 것이 맞다. 틀린 표현은 '450rpm 가속 불능의 원인을 고조파로 본다'이고, 올바르게는 '450rpm=$N_s/2$ 가속 불능은 2차회로 1상 단선의 전형적 증상이다.'이다.
4번 O: 2차회로 1상 단선이 되면 회전자 전류가 불평형이 되어 토크가 부족해지고, 권선형 유도전동기가 $N_s/2$ 이상으로 가속되지 못하는 현상이 나타난다. 문제의 450rpm은 동기속도 900rpm의 절반이므로 이 선택지가 맞다.

오답 포인트

450rpm이라는 숫자를 그냥 외운 현상과 연결하면 3번 고조파에 끌리기 쉽다. 이 문제는 먼저 동기속도 900rpm을 계산해 450rpm이 $N_s/2$라는 점을 잡아내야 풀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

유도전동기 이상 운전 문제는 먼저 $N_s = 120f/P$를 구해 실제 속도가 N_s, $N_s/2$, $N_s/7$ 중 어디에 걸리는지 본다. 그다음 정상 회로 상태인지, 회전자 불평형 고장인지 연결하면 정답을 좁힐 수 있다.

암기 포인트

권선형 유도전동기에서 $N_s/2$ 가속 불능은 2차회로 1상 단선, 2차회로 3상 단락은 정상 운전 상태이다.

NoteBase

문 5. 회전수 1500[rpm]으로 회전하고 있는 직류 분권전동기에 전기 동력계를 연결하여 측정하였더니, 전기 동력계의 저울이 4[kg]을 가리켰다. 이 전동기의 출력[W]은? (단, 전기 동력계의 암 길이는 0.5[m]이다.)

① 1000π

② 980π

③ 100π

④ 98π

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 브레이크 동력계의 하중으로 토크를 구한 뒤 $P = T\omega$로 축출력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 회전수 1500 rpm, 하중 4 kg, 암 길이 0.5m이다.
구해야 할 값은 전동기의 출력 P이다.
주의할 조건은 하중 4 kg을 힘으로 바꿀 때 $g = 9.8 m/s^2$를 곱해야 한다는 점이다.

사용할 공식

토크는 $T = Fr = mgr$, 출력은 $P = T\omega = \frac{2\pi N}{60} T$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 전기 동력계의 하중과 암 길이로 제동 토크를 바로 구할 수 있고, 회전수 1500 rpm으로 각속도를 구하면 기계적 출력이 토크와 각속도의 곱으로 정해지기 때문이다.

계산 과정

1. 제동력은 $F = mg = 4 \times 9.8 = 39.2 N$이다.
2. 토크는 $T = Fr = 39.2 \times 0.5 = 19.6 N \cdot m$이다.
3. 각속도는 $\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2\pi \times 1500}{60} = 50\pi rad/s$이다.
4. 출력은 $P = T\omega = 19.6 \times 50\pi = 980\pi W$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 1000π는 중력가속도를 $10 m/s^2$로 둔 근삿값이다. 이 문항은 근사 조건이 없으므로 $g = 9.8 m/s^2$를 적용한 $980\pi W$가 맞다. 틀린 값 1000π → 올바르게는 980π이다.
② O: 토크 $19.6 N \cdot m$와 각속도 $50\pi rad/s$를 곱하면 $980\pi W$가 된다. 계산 결과와 정확히 일치하므로 옳다.
③ X: 100π는 정답의 10분의 1이다. 보통 rpm을 각속도로 바꿀 때 $\frac{2\pi N}{60}$ 대신 10배 작게 계산하면 이런 값이 나온다. 틀린 값 100π → 올바르게는 980π이다.
④ X: 98π도 정답의 10분의 1이다. $g = 9.8$은 맞게 넣고 각속도를 10배 작게 잡았을 때 생기는 오답이다. 틀린 값 98π → 올바르게는 980π이다.

오답 포인트

하중 4 kg을 그대로 힘처럼 쓰거나, g를 임의로 10으로 바꾸거나, rpm을 rad/s로 바꾸는 $\frac{2\pi}{60}$ 변환에서 0 하나를 놓치면 오답이 된다. 특히 ③, ④는 각속도를 10배 작게 계산한 실수를 노린 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

동력계 문제는 하중으로 힘을 만든 뒤 암 길이를 곱해 토크를 구하고, 마지막에 $P = T\omega$를 적용하는 순서로 판단한다. 회전수는 반드시 $\omega = \frac{2\pi N}{60}$로 바꿔 검산한다.

암기 포인트

브레이크 동력계는 하중→ 토크→ 각속도→ 출력 순서이며, $P = \frac{2\pi N}{60} T$를 바로 연결하면 된다.

NoteBase

문 6. 3상 변압기는 다양한 결선 방식으로 구성될 수 있다. 다음의 결선 방식에 따른 특징으로 옳지 않은 것은?

① Y-Y 결선은 중성점 접지 시 제3고조파에 의한 통신장애를 일으킬 수 있다.

② Δ-Δ 결선은 각 상의 임피던스가 다를 경우 부하전류의 불평형이 나타난다.

③ Δ-Y 결선은 중성점이 비접지인 경우 유도기전력에 고조파가 포함되어 전압 파형이 흐트러질 수 있다.

④ Y-Δ 결선은 1차측 선간전압과 2차측 선간전압이 30°의 위상차를 가진다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 3상 변압기 결선별 제3고조파 처리, 불평형 부하 대응, 선간전압 위상차를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

Y-Y 결선은 중성점과 제3고조파 처리 조건이 중요하며, 접지 시 제3고조파 전류가 외부 회로로 흘러 통신장애 원인이 될 수 있다.
Δ-Δ 결선은 델타 내부에 순환 경로가 있어 제3고조파에 유리하고 불평형 부하에도 비교적 강하다.
Δ-Y, Y-Δ 결선은 Y와 Δ가 섞인 결선으로 선간전압 사이에 30° 위상차가 생기며, Δ권선이 제3고조파 전류의 순환 경로가 된다.

선지별 해설

1번 O: Y-Y 결선은 제3고조파 문제가 대표적이다. 중성점을 접지하면 제3고조파 전류가 통신선 등에 유도되어 통신장애를 일으킬 수 있으므로 맞는 설명이다.
2번 O: Δ-Δ 결선에서 각 상 변압기의 임피던스가 서로 다르면 각 권선에 분담되는 전류가 달라져 부하전류의 불평형이 나타날 수 있다. 임피던스 불균등이 전류 불평형으로 이어진다는 점이 핵심이다.
3번 X: 틀린 부분은 "Δ-Y 결선은 중성점이 비접지인 경우 유도기전력에 고조파가 포함되어 전압 파형이 흐트러질 수 있다"는 표현이다. 실제로는 Δ권선이 제3고조파 전류의 순환 통로가 되어 고조파 영향을 완화하므로, 이런 전압 파형 왜곡 문제는 Y-Y 결선에서 더 대표적으로 나타난다.
4번 O: Y-Δ 결선은 Y결선과 Δ결선이 조합된 결선이므로 1차측 선간전압과 2차측 선간전압 사이에 30°의 위상차가 생긴다. 혼합 결선의 대표 성질이므로 맞는 설명이다.

오답 포인트

Y가 들어가면 모두 제3고조파로 파형이 흐트러진다고 묶어 외우면 3번에 걸린다. 제3고조파 왜곡은 Y-Y의 약점이고, Δ가 포함되면 델타 권선이 고조파 순환 경로를 제공한다는 차이를 놓치기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

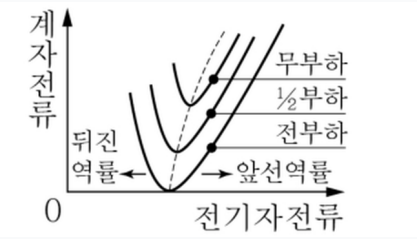
먼저 Δ권선이 있는지 확인한다. Δ가 있으면 제3고조파 순환 경로와 30° 위상차를 떠올리고, Y-Y이면 중성점 접지와 제3고조파 통신장애 가능성을 먼저 본다. 그다음 임피던스 불균등, 불평형 부하 대응 성질을 결선별로 연결하면 판단이 정리된다.

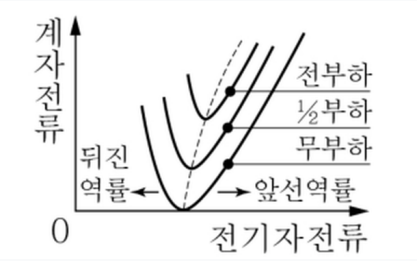
암기 포인트

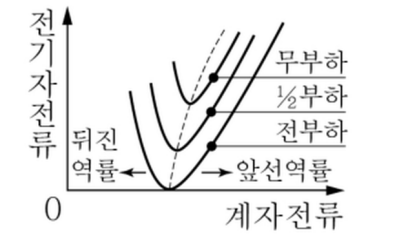
Y-Y는 제3고조파에 약하고, Δ는 제3고조파를 품고, Y-Δ·Δ-Y는 30° 위상차를 만든다.

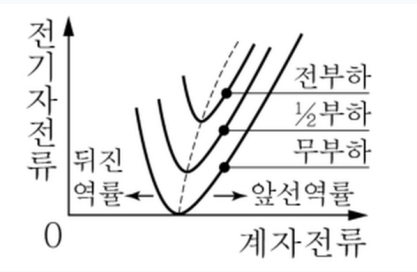
NoteBase

문 7. 다음 그림 중 동기전동기의 위상 특성 곡선으로 옳은 것은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 4번

출제 포인트

동기전동기의 V곡선은 세로축이 전기자전류, 가로축이 계자전류이며, 부하가 커질수록 최소 전기자전류점이 위로 올라가고 오른쪽으로 이동하는 성질을 묻는 문제이다.

선지 ①

X. 축의 배치가 반대로 되어 있다. 동기전동기의 위상 특성 곡선은 전기자전류를 계자전류의 함수로 그리므로 가로축은 계자전류, 세로축은 전기자전류가 되어야 한다. 틀린 표현은 축 배치이며, 올바르게는 가로축을 계자전류로, 세로축을 전기자전류로 두어야 한다.

NoteBase

선지 ②

X. 축의 배치가 반대로 되어 있을 뿐 아니라 부하 증가에 따른 곡선 표기도 맞지 않는다. 위상 특성 곡선은 가로축이 계자전류, 세로축이 전기자전류여야 한다. 틀린 표현은 축 배치와 부하 배열이며, 올바르게는 축을 바로잡고 전부하 곡선이 무부하 곡선보다 위에 와야 한다.

선지 ③

X. 가로축이 계자전류, 세로축이 전기자전류인 점은 맞지만 부하가 클수록 전기자전류의 최소값이 커져야 하는데 그림에서는 무부하 곡선이 가장 위에 놓여 있다. 틀린 표현은 부하별 곡선 위치이며, 올바르게는 무부하가 가장 아래, 1/2부하가 그 위, 전부하가 가장 위가 되어야 한다.

선지 ④

O. 가로축이 계자전류, 세로축이 전기자전류로 되어 있고, 왼쪽은 부족여자에 의한 뒤진역률, 오른쪽은 과여자에 의한 앞선역률을 나타낸다. 또한 부하가 무부하에서 전부하로 커질수록 V곡선의 최소점이 위로 올라가며 오른쪽으로 이동하므로 도식이 옳다.

오답 포인트

이 문항은 축 이름만 보고 넘기면 ③과 ④를 혼동하기 쉽다. 동기전동기 V곡선은 축 방향뿐 아니라 부하가 증가할수록 최소 전기자전류가 커지고 최소점이 오른쪽으로 이동한다는 점까지 함께 봐야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

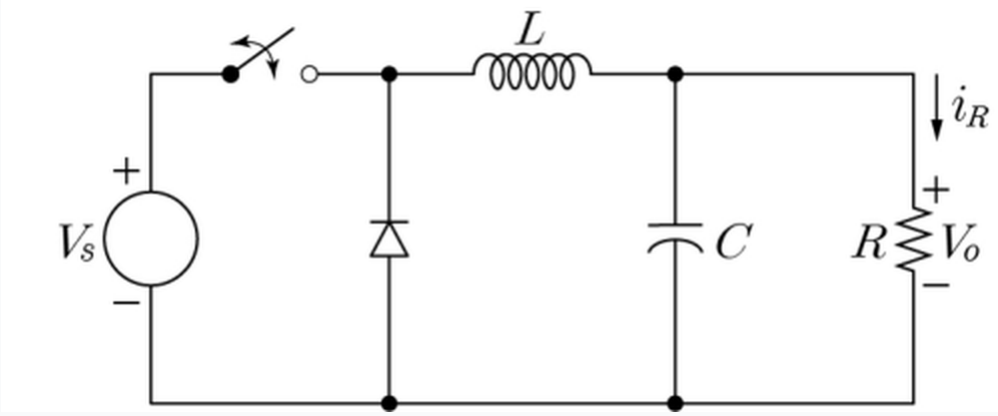
동기전동기 위상 특성 곡선 문제에서는 먼저 가로축이 계자전류, 세로축이 전기자전류인지 확인하고, 다음으로 무부하에서 전부하로 갈수록 곡선이 위쪽과 오른쪽으로 이동하는지를 확인하면 된다.

암기 포인트

동기전동기 V곡선은 I_f 가로축, I_a 세로축, 부하 증가 시 최소점은 위쪽·오른쪽으로 이동한다.

NoteBase

문 8. 다음과 같은 직류-직류 변환기에서 듀티비가 D일 때, 출력의 평균 전압 V_o와 입력전압 V_s의 관계를 올바르게 나타낸 것은?



① $V_o = DV_s/(1-D)$

② $V_o = V_s/(1-D)$

③ $V_o = DV_s$

④ $V_o = D/V_s$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 회로도가 강압형 버크 컨버터인지 판별하고 인덕터 전압평형으로 평균 출력전압 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로는 입력 전원 V_s 뒤에 스위치가 있고, 스위치 노드에 프리휠 다이오드가 달리며, 그 뒤에 L, C, 부하 R가 연결된 버크 컨버터이다.
구해야 할 값은 듀티비 D일 때 평균 출력전압 V_o와 입력전압 V_s의 관계이다.
이상소자 기준의 정상상태에서 인덕터 평균 전압은 0이 된다.

사용할 공식

버크 컨버터의 인덕터 전압평형식은
$D(V_s - V_o) + (1-D)(-V_o) = 0$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 스위치 온 구간에는 인덕터에 $V_s - V_o$가 걸리고, 스위치 오프 구간에는 프리휠 다이오드를 통해 $-V_o$가 걸리기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 스위치 온 구간의 인덕터 전압은 $v_L = V_s - V_o$이다.
2. 스위치 오프 구간의 인덕터 전압은 $v_L = -V_o$이다.
3. 정상상태에서 인덕터 평균 전압이 0이므로
$D(V_s - V_o) + (1 - D)(-V_o) = 0$
이다.
4. 이를 정리하면
$DV_s - DV_o - V_o + DV_o = 0$
$DV_s - V_o = 0$
$V_o = DV_s$
이다.

선지별 해설

① X: $V_o = \frac{DV_s}{1-D}$는 버크 컨버터 식이 아니다. 이 값은 버크-부스트 계열의 크기식과 비슷한 형태이며, 이 회로의 강압 동작과 맞지 않는다. 틀린 표현은 "/(1-D)"가 붙는 관계이고, 올바르게는 $V_o = DV_s$이다.
② X: $V_o = \frac{V_s}{1-D}$는 승압형 부스트 컨버터의 기본식이다. 이 회로는 스위치가 입력과 인덕터 사이에 있는 강압형이므로 출력이 입력보다 $1/(1-D)$배로 커지지 않는다. 틀린 표현은 "부스트 식을 적용한 것"이고, 올바르게는 $V_o = DV_s$이다.
③ O: 버크 컨버터는 인덕터 전압평형으로 $V_o = DV_s$가 된다. 회로 형태와 식이 일치하므로 옳다.
④ X: $V_o = D/V_s$는 차원부터 맞지 않는다. 듀티비 D는 무차원이고 V_s는 전압이므로 D/V_s는 전압식이 될 수 없다. 틀린 표현은 "전압을 나누는 형태"이고, 올바르게는 $V_o = DV_s$이다.

오답 포인트

버크, 부스트, 버크-부스트의 식을 서로 바꾸어 넣는 실수가 가장 흔하다. 이 문항은 회로도에서 다이오드 위치와 스위치 위치를 보고 강압형인지 먼저 구분하지 않으면 ①이나 ②로 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류-직류 변환기 문항은 먼저 회로가 강압형인지 승압형인지부터 판별한 다음, 정상상태 인덕터 전압평형을 세워 V_o 식을 정리하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

버크는 $V_o = DV_s$, 부스트는 $V_o = \frac{V_s}{1-D}$, 버크-부스트는 크기 기준으로 $|V_o| = \frac{DV_s}{1-D}$이다.

NoteBase

문 9. 직류전동기 운전 시 자속의 왜곡이 발생하여 기하학적 중성축에 브러시를 설치하면 브러시 접촉면에서 불꽃이 발생한다. 원활한 정류를 위한 브러시 이동에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 직류전동기는 한 방향으로만의 회전을 원칙으로 한다.)

① 회전자의 회전방향과 같은 방향으로 이동시켜야 한다.

② 회전자의 회전방향과 반대 방향으로 이동시켜야 한다.

③ 어떤 방향으로 이동시켜도 무관하다.

④ 어떤 방향으로도 이동시켜서는 안 된다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직류전동기에서 전기자 반작용으로 자속중성축이 회전방향의 반대로 이동하므로 브러시도 그 방향으로 옮겨야 한다는 점을 묻는 문제이다.

핵심 개념

기하학적 중성축은 주자극의 기하학적 중심 사이에 있는 이론상 중성 위치이다.
자속중성축은 전기자 반작용까지 반영한 실제 중성 위치이며 정류 불꽃을 줄이려면 브러시를 이 축에 맞춘다.
직류발전기는 자속중성축이 회전방향과 같게 이동하고, 직류전동기는 회전방향과 반대로 이동한다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 '회전방향과 같은 방향'이다. 직류전동기에서는 자속중성축이 회전방향의 반대로 이동하므로 브러시도 반대 방향으로 이동해야 한다.
② O: 직류전동기의 전기자 반작용은 자속을 왜곡시켜 실제 중성축을 회전방향의 반대로 옮긴다. 원활한 정류를 위해 브러시를 그 반대 방향으로 이동시키는 설명이 옳다.
③ X: 틀린 부분은 '어떤 방향으로 이동시켜도 무관하다'이다. 브러시는 자속중성축에 맞아야 하므로 이동 방향이 정류 상태를 직접 좌우한다.
④ X: 틀린 부분은 '어떤 방향으로도 이동시켜서는 안 된다'이다. 기하학적 중성축에 그대로 두면 불꽃이 생길 수 있으므로 직류전동기에서는 회전방향의 반대로 이동시켜 보정한다.

오답 포인트

직류발전기와 직류전동기의 브러시 이동 방향을 서로 바꾸어 외우면 ①과 ②를 뒤집게 된다. 이 문항의 함정은 '직류전동기'라는 조건을 놓치고 발전기 기준으로 판단하는 데 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

브러시 이동 문제는 먼저 기기가 발전기인지 전동기인지 구분한 뒤 자속중성축의 이동 방향을 판단하면 된다. 발전기는 회전방향과 같게, 전동기는 회전방향과 반대로 정리하면 선지가 바로 걸러진다.

암기 포인트

발전기는 순방향, 전동기는 역방향으로 브러시를 이동한다.

NoteBase

문 10. 다음 중 직류전동기로부터 일정토크를 얻기 위한 제어방법은 무엇인가?

① 주파수 제어

② 계자 제어

③ 저항 제어

④ 전압 제어

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직류전동기의 정토크 운전 영역과 각 속도제어 방식의 쓰임을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

전압 제어: 계자 자속을 거의 일정하게 두고 전기자 전압을 바꾸는 방식이며, 직류전동기의 정토크 영역을 만드는 대표적 방법이다.
계자 제어: 계자 자속을 약하게 하여 속도를 높이는 방식이며, 일반적으로 정출력 영역에 해당한다.
저항 제어: 전기자 회로에 저항을 넣어 전압 강하를 만들며, 손실이 크고 토크 특성도 불리하다.
주파수 제어: 주파수를 바꾸어 속도를 제어하는 방식으로 주로 교류전동기에 적용된다.

선지별 해설

① X: 주파수 제어는 교류전동기의 대표 제어 방식이다. 틀린 부분은 "직류전동기"에 주파수 제어를 대응시킨 점이다. 올바르게는 직류전동기의 일정토크 제어는 전기자 전압을 조정하는 전압 제어가 된다.
② X: 계자 제어는 계자 자속을 줄여 속도를 높이는 방법이므로 정토크 운전보다는 정출력 운전에 가깝다. 틀린 부분은 "일정토크"이다. 올바르게는 계자 제어는 약계자 속도제어 방식이다.
③ X: 저항 제어는 직류전동기 속도를 낮출 수는 있지만 저항 손실이 커서 효율이 나쁘고 토크를 일정하게 유지하는 제어법으로 보기 어렵다. 틀린 부분은 "일정토크를 얻기 위한"이라는 연결이다. 올바르게는 저항 제어는 손실을 감수한 간이 속도제어 방식이다.
④ O: 전압 제어는 계자 자속을 일정하게 유지한 채 전기자 전압을 바꾸는 방식이므로 직류전동기에서 정토크 영역을 형성한다. 따라서 일정토크를 얻기 위한 제어방법으로 맞다.

오답 포인트

계자 제어와 전압 제어를 모두 직류전동기 속도제어법으로 외우고 있으면 헷갈리기 쉽다. 이 문항은 "직류전동기인가"보다 "일정토크인가 정출력인가"를 구분해야 풀린다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

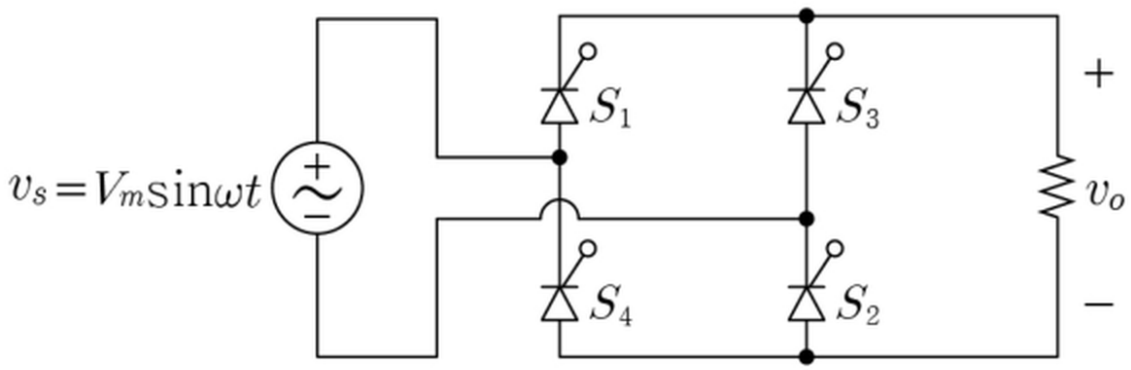
직류전동기 제어 문제에서 정토크를 묻으면 먼저 계자 자속을 일정하게 두는 영역을 떠올리면 된다. 자속 일정 상태에서 전기자 전압을 제어하면 정토크, 계자를 약하게 하면 정출력으로 판단한다.

암기 포인트

직류전동기에서는 전압 제어는 정토크, 계자 제어는 정출력으로 정리된다.

NoteBase

문 11. 다음과 같은 교류-직류 변환기에서 교류입력전압은 $V_m \sin \omega t$이며, SCR의 점호각을 α로 할 때, 부하전압 v_o의 평균치를 올바르게 나타낸 것은?



① $\frac{V_m}{\pi}(1+\cos\alpha)$
② $\frac{V_m}{\pi}\cos\alpha$
③ $\frac{V_m}{\pi}\sin\alpha$
④ $\frac{V_m}{\pi}(1+\sin\alpha)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 단상 전파 SCR 브리지 정류기에서 저항부하일 때 점호각 α를 반영한 평균 출력전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력전압은 $v_s = V_m \sin \omega t$이다.
구해야 할 값: 부하전압 v_o의 평균값이다.
주의할 조건: 부하는 저항부하이므로 각 반주기에서 SCR은 $\omega t = \alpha$부터 π까지, 다음 반주기에서는 $\omega t = \pi + \alpha$부터 2π까지 도통한다.

사용할 공식

$V_{o,avg} = \frac{1}{2\pi}\left(\int_{\alpha}^{\pi} V_m \sin\theta d\theta + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} (-V_m \sin\theta) d\theta\right) = \frac{V_m}{\pi}(1+\cos\alpha)$
이 공식을 쓰는 이유는 저항부하 전파제어 정류기에서는 각 반주기마다 점호 이후의 정현파 일부만 출력에 나타나고, 두 반주기의 출력이 모두 같은 극성으로 부하에 걸리기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 양의 반주기 출력은 $\alpha \le \theta \le \pi$에서 $v_o = V_m \sin\theta$이다.
2. 음의 반주기 출력은 $\pi + \alpha \le \theta \le 2\pi$에서 브리지 동작으로 $v_o = -V_m \sin\theta$가 되어 역시 양의 값으로 부하에 걸린다.
3. 두 구간을 한 주기 평균으로 적분하면 $V_{o,\,avg} = \frac{V_m}{\pi}(1 + \cos\alpha)$가 된다.

선지별 해설

① O: 평균 출력전압은 $\frac{V_m}{\pi}(1 + \cos\alpha)$이므로 맞다.
② X: 틀린 표현은 $\frac{V_m}{\pi}\cos\alpha$이다. 저항부하 전파제어 정류기의 평균값은 점호 전 무도통 구간이 반영되어 $\frac{V_m}{\pi}(1 + \cos\alpha)$가 되어야 한다.
③ X: 틀린 표현은 $\sin\alpha$이다. 평균값은 정현파를 적분한 결과이므로 $\cos\alpha$가 들어가며, 올바르게는 $\frac{V_m}{\pi}(1 + \cos\alpha)$이다.
④ X: 틀린 표현은 $1 + \sin\alpha$이다. $\sin\alpha$가 아니라 $\cos\alpha$가 들어가야 하므로 올바르게는 $\frac{V_m}{\pi}(1 + \cos\alpha)$이다.

오답 포인트

연속전류 부하의 평균전압 공식과 저항부하 공식을 혼동하기 쉽다. 이 문항은 점호 후 π에서 전류가 끊기는 저항부하이므로 도통구간 적분으로 $1 + \cos\alpha$가 나온다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

SCR 정류기 평균전압 문제는 먼저 부하가 저항성인지 연속전류형인지 구분하고, 그다음 실제 도통구간을 그린 뒤 한 주기 평균 적분식으로 판단한다.

암기 포인트

단상 전파 SCR 브리지의 저항부하 평균전압은 $\frac{V_m}{\pi}(1 + \cos\alpha)$이다.

NoteBase

문 12. 6극, 360[V], 5.5[kW]인 3상 유도전동기가 있다. 정격전압으로 기동할 때 기동전류는 정격전류의 6배, 기동토크는 전부하 토크의 3배이다. 이 전동기의 기동토크를 전부하 토크의 1.5배로 하기 위한 기동전압[V]은?

① 120

② $120\sqrt{2}$

③ 180

④ $180\sqrt{2}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 3상 유도전동기의 기동토크가 기동전압의 제곱에 비례한다는 성질을 이용해 필요한 기동전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

정격전압: 360[V]
정격전압 기동 시 기동토크: 전부하 토크의 3배
목표 기동토크: 전부하 토크의 1.5배
구해야 할 값: 목표 기동토크를 만들기 위한 기동전압
주의할 조건: 기동전류 6배는 전류 조건이고, 이 문항의 목표값은 토크이므로 토크의 전압 제곱비를 사용한다.

사용할 공식

유도전동기의 기동토크는 같은 주파수와 같은 회로 조건에서 기동전압의 제곱에 비례한다.
$\frac{T_s'}{T_s} = \left(\frac{V'}{V}\right)^2$
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 정격전압 기동 시 토크가 주어져 있고, 그 토크를 1.5배 전부하 토크로 낮추기 위한 전압을 묻기 때문이다.

계산 과정

정격전압 360[V]에서의 기동토크는 $3T_f$이다. 목표 기동토크는 $1.5T_f$이다.
$\frac{T_s'}{T_s} = \frac{1.5T_f}{3T_f} = \frac{1}{2}$
따라서 전압비는 다음과 같다.
$\left(\frac{V'}{360}\right)^2 = \frac{1}{2}$
$V' = 360 \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 180\sqrt{2}[V]$
계산 결과 필요한 기동전압은 $180\sqrt{2}[V]$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 120[V]는 정격전압의 $\frac{1}{3}$이므로 기동토크는 $3T_f \times \left(\frac{1}{3}\right)^2 = \frac{1}{3}T_f$가 된다. 목표값 $1.5T_f$가 아니므로 틀리다. 올바르게는 120[V]가 아니라 $180\sqrt{2}[V]$이다.
② X: $120\sqrt{2}[V]$는 정격전압의 $\frac{\sqrt{2}}{3}$이므로 기동토크는 $3T_f \times \frac{2}{9} = \frac{2}{3}T_f$가 된다. 목표값 $1.5T_f$보다 작으므로 틀리다. 올바르게는 $120\sqrt{2}[V]$가 아니라 $180\sqrt{2}[V]$이다.
③ X: 180[V]는 정격전압의 $\frac{1}{2}$이므로 기동토크는 $3T_f \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{3}{4}T_f$가 된다. 목표값 $1.5T_f$가 아니므로 틀리다. 올바르게는 180[V]가 아니라 $180\sqrt{2}[V]$이다.
④ O: $180\sqrt{2}[V]$는 정격전압 360[V]의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$이므로 기동토크는 $3T_f \times \frac{1}{2} = 1.5T_f$가 된다. 문제의 목표 토크와 일치하므로 맞다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 기동전류 6배라는 조건에 끌려 전압비를 전류비처럼 직접 적용하는 것이다. 전류는 전압에 대체로 비례하지만, 기동토크는 전압의 제곱에 비례한다. 따라서 토크를 절반으로 줄일 때 전압을 절반으로 줄이는 것이 아니라 전압을 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배로 줄인다.

다시 나오면 이렇게 판단

유도전동기 기동전압 조정 문제가 나오면 목표 토크비를 먼저 구하고, 그 값의 제곱근을 전압비로 판단한다. 정격전압에서의 기동토크가 aT_f, 목표 토크가 bT_f이면 전압은 정격전압에 $\sqrt{\frac{b}{a}}$를 곱한다.

암기 포인트

유도전동기 기동토크는 전압의 제곱에 비례한다. 토크 절반은 전압 절반이 아니라 전압 $\frac{1}{\sqrt{2}}$배이다.

NoteBase

문 13. 1차 및 2차 정격전압이 동일한 2대의 변압기가 있다. 그 용량 및 %임피던스 강하가 A변압기는 500[kVA], 2.5[%]이고 B변압기는 300[kVA], 3[%]라고 한다. 두 대의 변압기를 병렬운전한다면 총 합성용량[kVA]은?

① 700

② 750

③ 800

④ 850

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 같은 정격전압의 변압기 2대를 병렬운전할 때 퍼센트 임피던스 차이에 따른 부하분담비와 최대 합성용량을 구하는 문제이다.

조건 정리

A 변압기: 정격용량 500 kVA, 퍼센트 임피던스 2.5%이다.
B 변압기: 정격용량 300 kVA, 퍼센트 임피던스 3%이다.
두 변압기의 1차 및 2차 정격전압이 같으므로 병렬운전 시 전압비 조건은 만족한다.
구해야 할 값은 한 변압기가 과부하되지 않는 범위의 총 합성용량이다.

사용할 공식

같은 전압 기준에서 실제 임피던스는 $Z \propto \frac{\%Z}{S}$ 이다.
병렬 변압기의 부하분담은 실제 임피던스에 반비례하므로
$S_A : S_B = \frac{1}{Z_A} : \frac{1}{Z_B} = \frac{S_A^{rated}}{\%Z_A} : \frac{S_B^{rated}}{\%Z_B}$
로 판단한다. 이 공식은 두 변압기의 전압 정격이 같아 같은 기준전압에서 임피던스 크기만으로 전류와 kVA 분담이 결정되기 때문에 사용한다.

계산 과정

A 변압기의 분담 기준값은 $\frac{500}{2.5} = 200$ 이다.
B 변압기의 분담 기준값은 $\frac{300}{3} = 100$ 이다.
따라서 부하분담비는 $A : B = 200 : 100 = 2 : 1$ 이다.
총 부하를 S라고 하면 A는 $\frac{2}{3}S$, B는 $\frac{1}{3}S$를 부담한다.
A의 정격 조건에서 $\frac{2}{3}S = 500$ 이므로 $S = 750\text{kVA}$ 이다.
B의 이때 부담은 $\frac{1}{3} \times 750 = 250\text{kVA}$로 정격 300 kVA 이하이다.
따라서 최대 합성용량은 750 kVA이다.

NoteBase

선지 판단

① 700: X. 총부하 700 kVA에서는 A가 약 466.7 kVA, B가 약 233.3 kVA를 부담하므로 두 변압기 모두 정격 이하이지만 최대 합성용량이 아니다. 올바르게는 A가 정격 500 kVA에 도달하는 750 kVA이다.
② 750: O. 부하분담비가 2:1이므로 총 750 kVA에서 A는 500 kVA, B는 250 kVA를 부담한다. A는 정격에 도달하고 B는 정격 이하이므로 가능한 최대 합성용량이다.
③ 800: X. 정격용량을 단순히 더하면 500+300=800 kVA가 되지만, 퍼센트 임피던스가 서로 달라 부하가 정격용량 비율대로 나뉘지 않는다. 총 800 kVA에서는 A가 약 533.3 kVA를 부담하여 정격 500 kVA를 초과한다. 올바르게는 750 kVA이다.
④ 850: X. 총 850 kVA에서는 A가 약 566.7 kVA를 부담하여 정격을 크게 초과한다. B가 아직 정격 이하일 수 있어도 한 대라도 과부하되면 허용 합성용량이 아니다. 올바르게는 750 kVA이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 두 변압기의 정격용량을 단순 합산하여 800 kVA로 보는 것이다. 병렬운전에서는 퍼센트 임피던스가 작은 쪽이 더 많은 부하를 부담하므로, A 변압기가 먼저 정격에 도달한다.

다시 나오면 이렇게 판단

정격전압이 같은 병렬 변압기 문제에서는 먼저 $S^{rated}/\%Z$ 값으로 부하분담비를 구하고, 총부하를 그 비율로 나누어 각 변압기 정격을 넘지 않는 최대값을 판단한다.

암기 포인트

병렬 변압기의 부하분담은 실제 임피던스에 반비례하고, 같은 전압 기준에서는 $S/\%Z$ 비율로 나뉜다.

NoteBase

문 14. 소방펌프 구동을 위하여 3상 유도전동기가 적용되어 있다. 이 펌프 출력이 81[HP], 효율이 75[%]이고, 전동기 효율이 90[%] 및 역률 90[%]라 할 때, 이 유도전동기에 2대의 단상 변압기로 3상 전력공급을 하려고 한다. 1대의 변압기 용량[kVA]으로 가장 가까운 값은? (단, 1[HP]는 750[W]로 한다.)

① 38

② 48

③ 58

④ 68

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 펌프 출력에서 전동기 입력 피상전력을 구한 뒤, 2대의 단상 변압기로 3상 전력을 공급하는 V결선의 변압기 1대 용량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

펌프 출력은 $81HP$이고, $1HP = 750W$이다.
펌프 효율은 75%, 전동기 효율은 90%, 전동기 역률은 90%이다.
구해야 할 값은 V결선에서 단상 변압기 1대가 가져야 하는 용량 kVA이다.

사용할 공식

펌프 입력은 $P_{pump,\,in} = P_{pump,\,out}/\eta_p$이다.
전동기 입력 유효전력은 $P_{motor,\,in} = P_{motor,\,out}/\eta_m$이다.
전동기 입력 피상전력은 $S = P_{motor,\,in}/\cos\theta$이다.
2대의 단상 변압기 V결선으로 공급할 수 있는 3상 용량은 $S = \sqrt{3}S_t$이므로, 1대의 변압기 용량은 $S_t = S/\sqrt{3}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 펌프에는 실제 출력과 효율이 주어져 있고, 전동기에는 효율과 역률이 주어져 있으며, 3상 전력을 2대의 단상 변압기로 공급하는 방식이 V결선이기 때문이다.

계산 과정

1. 펌프 출력은 $81 \times 750 = 60750W = 60.75kW$이다.
2. 펌프 효율이 75%이므로 전동기 축 출력은 $60.75/0.75 = 81kW$이다.
3. 전동기 효율이 90%이므로 전동기 입력 유효전력은 $81/0.9 = 90kW$이다.
4. 역률이 90%이므로 전동기 입력 피상전력은 $90/0.9 = 100kVA$이다.
5. V결선에서 1대의 변압기 용량은 $100/\sqrt{3} = 57.7kVA$이므로 가장 가까운 값은 58 kVA이다.

NoteBase

선지 판단

① 38: X. 계산된 1대 변압기 용량은 약 57.7 kVA이므로 38 kVA는 부족하다. 올바르게는 58 kVA에 가장 가깝다고 보아야 한다.
② 48: X. 3상 전체 피상전력 100 kVA를 V결선의 1대 용량으로 환산하면 $100/\sqrt{3}$이 되어 약 57.7 kVA이다. 올바르게는 48 kVA가 아니라 58 kVA이다.
③ 58: O. 펌프 출력, 펌프 효율, 전동기 효율, 역률을 모두 반영하면 전동기 입력 피상전력은 100 kVA이고, V결선 1대 용량은 약 57.7 kVA이므로 58 kVA가 가장 가깝다.
④ 68: X. 효율이나 역률을 중복 적용하거나 V결선 환산을 잘못하면 과대값이 될 수 있으나, 올바른 계산값은 약 57.7 kVA이다. 올바르게는 68 kVA가 아니라 58 kVA이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 전동기 입력 피상전력 100 kVA를 변압기 1대 용량으로 바로 보거나, 2대이므로 단순히 2로 나누는 데 있다. 2대의 단상 변압기로 3상 전력을 공급하는 V결선에서는 전체 3상 용량이 $\sqrt{3}$배의 1대 용량이 되므로 $S_t = S/\sqrt{3}$로 환산된다.

다시 나오면 이렇게 판단

펌프 출력 문제는 출력 W 환산, 펌프 효율 보정, 전동기 효율 보정, 역률 보정, 변압기 결선 환산의 순서로 판단한다. 2대 단상 변압기로 3상 공급이라는 표현이 나오면 V결선이고, 1대 용량은 전체 피상전력을 $\sqrt{3}$으로 나눈 값으로 판단한다.

암기 포인트

V결선 3상 용량은 $S = \sqrt{3}S_t$이고, 따라서 1대 변압기 용량은 $S_t = S/\sqrt{3}$이다.

NoteBase

문 15. 3상, 6극이고 슬롯 수가 60인 동기발전기가 있다. 이와 같은 3상 동기발전기 각 상의 유기기전력 중에서 제5고조파를 제거하기 위해서는 전기자 코일의 두 변이 제1슬롯과 몇 번째 슬롯에 들어 있어야 하는가?

① 8

② 9

③ 10

④ 11

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 동기발전기 전기자 권선의 단절권 계수를 이용해 제5고조파를 소거하는 코일 피치를 구하는 문제이다.

조건 정리

극수는 6극, 전체 슬롯 수는 60이다.
매극 슬롯수는 $60/6 = 10$개이다.
슬롯각은 전기각 기준으로 $180^\circ/10 = 18^\circ$이다.
제5고조파를 제거해야 하므로 제5고조파 권선계수의 단절권 계수가 0이 되는 단절각을 구한다.

사용할 공식

제n고조파의 단절권 계수는 $k_{pn} = \cos(n\varepsilon/2)$이다. 여기서 ε은 전절권에서 부족한 단절각이다.
제5고조파 제거 조건은 $k_{p5} = 0$이므로 $\cos(5\varepsilon/2) = 0$이다.
따라서 $5\varepsilon/2 = 90^\circ$, $\varepsilon = 36^\circ$가 된다.

계산 과정

전절권의 코일 피치는 180°이고, 제5고조파를 제거하려면 36°만큼 단절해야 한다.
따라서 필요한 코일 피치는 $180^\circ - 36^\circ = 144^\circ$이다.
슬롯각이 18°이므로 필요한 슬롯 간격은 $144^\circ/18^\circ = 8$개이다.
제1슬롯에서 8개 슬롯 간격만큼 떨어진 위치는 제9슬롯이므로 두 코일변은 제1슬롯과 제9슬롯에 들어간다.

NoteBase

선지 판단

① 8번 X: 제1슬롯과 제8슬롯은 7개 슬롯 간격이고 코일 피치는 $7 \times 18^\circ = 126^\circ$이다. 단절각은 54°가 되어 제5고조파 제거 조건인 36°와 다르다. 올바르게는 제1슬롯과 제9슬롯이다.
② 9번 O: 제1슬롯과 제9슬롯은 8개 슬롯 간격이고 코일 피치는 $8 \times 18^\circ = 144^\circ$이다. 전절권 180°에서 36° 단절된 값이므로 제5고조파가 제거된다.
③ 10번 X: 제1슬롯과 제10슬롯은 9개 슬롯 간격이고 코일 피치는 162°이다. 단절각은 18°이므로 제5고조파 제거 조건을 만족하지 않는다. 올바르게는 코일 피치 144°, 즉 제9슬롯이다.
④ 11번 X: 제1슬롯과 제11슬롯은 10개 슬롯 간격인 전절권 180°이다. 단절각이 0이므로 제5고조파를 소거할 수 없다. 올바르게는 전절권보다 2슬롯 짧은 제1슬롯과 제9슬롯이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 전절권의 상대 슬롯을 제11슬롯으로 잡은 뒤, 제5고조파 제거에 필요한 단절각을 슬롯 수로 바꾸는 과정이다. 슬롯 번호 차이가 8이어야 하므로 두 번째 슬롯은 8번이 아니라 9번이다.

다시 나오면 이렇게 판단

고조파 제거 권선 문제는 매극 슬롯수로 슬롯각을 구하고, $k_{pn} = \cos(n\varepsilon/2) = 0$에서 단절각을 구한 뒤, 전절권 슬롯 간격에서 단절 슬롯 수를 빼서 판단한다.

암기 포인트

제5고조파 제거 단절각은 36°이고, 이 문제에서는 슬롯각 18°이므로 전절권보다 2슬롯 짧은 1-9 권선이다.

NoteBase

문 16. 다음은 영구자석 전동기 및 릴럭턴스 전동기에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

① 릴럭턴스 전동기는 릴럭턴스 동기전동기와 스위치드 릴럭턴스 전동기로 구분하며 마그네틱 및 릴럭턴스 토크를 모두 사용한다.

② 영구자석 전동기는 브러시리스 전동기로 구동전원의 파형에 따라 BLDC 및 PMSM 전동기로 구분할 수 있다.

③ 영구자석 및 릴럭턴스 전동기는 모두 구형파 또는 정현파 전류로 구동이 가능하다.

④ 양 전동기 모두 회전자 위치 검출 센서와 정방향 및 역방향 전류 구동회로를 요구한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 영구자석 전동기와 릴럭턴스 전동기의 토크 발생 원리, 구동 전류 파형, 위치 검출 필요성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

영구자석 전동기는 회전자 영구자석의 자속과 고정자 전류의 상호작용으로 전자기 토크를 만드는 전동기이며, 구동 파형에 따라 BLDC와 PMSM으로 구분된다.
릴럭턴스 전동기는 자기저항이 작은 위치로 회전자가 이동하려는 성질을 이용하여 릴럭턴스 토크를 만드는 전동기이며, 대표적으로 동기 릴럭턴스 전동기와 스위치드 릴럭턴스 전동기가 있다.
마그네틱 토크와 릴럭턴스 토크를 함께 사용하는 설명은 일반적인 릴럭턴스 전동기가 아니라 영구자석 보조형 또는 매입형 영구자석 동기전동기 쪽의 특징에 가깝다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 릴럭턴스 전동기를 릴럭턴스 동기전동기와 스위치드 릴럭턴스 전동기로 구분한다는 부분은 맞다. 그러나 릴럭턴스 전동기는 원칙적으로 회전자의 돌극성에 따른 자기저항 차이로 릴럭턴스 토크를 이용한다. 틀린 표현은 "마그네틱 및 릴럭턴스 토크를 모두 사용한다"이다. 올바르게는 릴럭턴스 전동기는 주로 릴럭턴스 토크를 사용한다고 정리된다.
2번 O: 영구자석 전동기는 브러시와 정류자를 쓰지 않는 브러시리스 구조로 구동되는 경우가 일반적이다. 구동전원 또는 역기전력 · 전류 파형을 기준으로 구형파 구동의 BLDC와 정현파 구동의 PMSM으로 구분할 수 있다.
3번 O: 영구자석 전동기는 BLDC 방식의 구형파 구동과 PMSM 방식의 정현파 구동으로 운전할 수 있다. 릴럭턴스 전동기도 전동기 형식과 제어 방식에 따라 스위칭 전류 또는 정현파 전류 구동이 가능하므로 선지의 구분은 옳다.
4번 O: 두 전동기는 모두 회전자 위치에 맞추어 고정자 전류를 적절한 상과 방향으로 인가해야 토크를 만들 수 있다. 따라서 회전자 위치 검출 센서 또는 이에 대응하는 위치 추정 기능과 전력변환 구동회로가 필요하다는 취지의 설명은 옳다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 1번에서 릴럭턴스 전동기의 분류는 맞게 제시한 뒤 토크 원리를 섞은 점이다. 릴럭턴스 전동기라는 이름 자체가 자기저항 차이에 의한 릴럭턴스 토크를 뜻하므로, 마그네틱 토크까지 모두 사용한다는 표현이 틀린 부분이다.

다시 나오면 이렇게 판단

영구자석 전동기는 영구자석 자속에 의한 전자기 토크와 구동 파형을 먼저 본다. 릴럭턴스 전동기는 회전자 돌극성과 자기저항 차이에 의한 릴럭턴스 토크가 핵심인지 먼저 판단한다.

암기 포인트

영구자석 전동기는 자석 자속, 릴럭턴스 전동기는 자기저항 차이이다. BLDC는 구형파, PMSM은 정현파로 연결해 기억한다.

NoteBase

문 17. 7.5[kW], 2극, 60[Hz]의 3상 농형 유도전동기에 정격부하가 인가되었을 때 3420[rpm]으로 회전하고 있다. 이 전동기의 기계손은 100[W]로 가정할 때, 다음의 설명 중 옳지 않은 것은?

① 회전자의 입출력효율은 정격부하 슬립 s=0.05에 비례한다.

② 회전자출력 또는 기계적 출력은 기계손이 고려되어 7.6[kW]로 판단한다.

③ 회전자에 인가된 2차 입력 또는 고정자 출력은 8[kW]로 산정된다.

④ 회전자동손 또는 2차저항손은 400[W]로 산정될 수 있다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 유도전동기의 동기속도, 슬립, 회전자 입력, 기계적 출력, 회전자동손의 관계를 이용해 틀린 설명을 고르는 문제이다.

조건 정리

정격출력은 7.5 kW, 극수는 2극, 주파수는 60 Hz, 실제 회전속도는 3420rpm, 기계손은 $100\text{W} = 0.1\text{kW}$ 이다.
2극 60 Hz 유도전동기의 동기속도는 3600rpm이고, 정격부하 슬립은 0.05이다.

사용할 공식

동기속도는 $n_s = \frac{120f}{P}$이다.
슬립은 $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다.
회전자 입력은 P_2, 회전자동손은 sP_2, 기계적 출력은 $(1 - s)P_2$이다.
축출력이 주어지고 기계손이 별도로 주어지면 기계적 출력은 $P_m = P_{out} + P_{mech.\,loss}$로 본다.

계산 과정

동기속도는 $n_s = \frac{120 \times 60}{2} = 3600\text{rpm}$이다.
슬립은 $s = \frac{3600 - 3420}{3600} = 0.05$이다.
기계적 출력은 축출력에 기계손을 더해 $P_m = 7.5 + 0.1 = 7.6\text{kW}$이다.
회전자 입력은 $P_2 = \frac{P_m}{1 - s} = \frac{7.6}{0.95} = 8.0\text{kW}$이다.
회전자동손은 $sP_2 = 0.05 \times 8.0 = 0.4\text{kW} = 400\text{W}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 회전자의 입출력효율은 $\frac{P_m}{P_2} = 1 - s$이므로 슬립 s에 비례하지 않는다. 틀린 표현은 "슬립 $s = 0.05$에 비례한다"이고, 올바르게는 "회전자의 입출력효율은 $1 - s = 0.95$이다"가 된다.
② O: 회전자출력 또는 기계적 출력은 축출력 7.5 kW에 기계손 0.1 kW를 더한 7.6 kW로 판단한다.
③ O: 회전자에 인가된 2차 입력 또는 고정자 출력은 $P_2 = \frac{7.6}{0.95} = 8.0\text{kW}$로 산정된다.
④ O: 회전자동손 또는 2차저항손은 $sP_2 = 0.05 \times 8.0 = 0.4\text{kW} = 400\text{W}$로 산정될 수 있다.

오답 포인트

①은 슬립 자체가 손실비를 나타낸다는 점과 입출력효율 $1 - s$를 혼동하게 만든 선지이다. 슬립 s에 비례하는 것은 회전자 입력에 대한 회전자동손의 비율이고, 회전자 입력에 대한 기계적 출력의 효율은 $1 - s$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

유도전동기 계산에서는 먼저 동기속도와 슬립을 구하고, 축출력에 기계손을 더해 기계적 출력을 구한 뒤 $P_m = (1 - s)P_2$와 회전자동손 sP_2를 차례로 적용한다.

암기 포인트

회전자 입력 P_2는 회전자동손 sP_2와 기계적 출력 $(1 - s)P_2$로 나뉜다.

NoteBase

문 18. 철손이 0.5[kW], 동손이 0.7[kW]인 변압기가 있다. 이 변압기가 매일 무부하로 8시간, 1/2 정격으로 10시간 그리고 전부하로 6시간 운전되고 있다. 하루 중의 총 손실[kWh]로 가장 가까운 값은?

① 15.95

② 16.95

③ 17.95

④ 18.95

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 변압기의 하루 손실 전력량을 철손과 동손으로 나누어 계산하는 문제이다.

조건 정리

철손은 0.5 kW이고, 운전 중에는 부하의 크기와 무관하게 발생한다.
정격 동손은 0.7 kW이고, 동손은 부하율의 제곱에 비례한다.
운전 조건은 무부하 8시간, 1/2 정격 10시간, 전부하 6시간이다.

사용할 공식

총 손실 전력량은 철손 전력량과 동손 전력량의 합이다.
$W_{\text{loss}} = P_i t + P_c k^2 t$
여기서 P_i는 철손, P_c는 정격 동손, k는 부하율이다. 철손은 전압이 걸린 운전 시간 동안 일정하고, 동손은 전류 제곱에 비례하므로 부하율 k의 제곱을 곱한다.

계산 과정

철손 전력량은 전체 운전 시간 24시간에 대해 계산한다.
$0.5 \times (8 + 10 + 6) = 12\text{kWh}$
무부하에서는 부하전류가 없으므로 동손을 0으로 본다.
1/2 정격 운전 10시간의 동손 전력량은 다음과 같다.
0.7×≤ft(12)^2×10=1.75 kWh
전부하 운전 6시간의 동손 전력량은 다음과 같다.
$0.7 \times 1^2 \times 6 = 4.2\text{kWh}$
따라서 하루 중 총 손실은 다음과 같다.
$12 + 1.75 + 4.2 = 17.95\text{kWh}$

NoteBase

선지 판단

① X: 15.95는 총 손실 17.95보다 2.00 작으므로 맞지 않는다. 올바르게는 철손 12와 동손 5.95를 모두 더한 17.95이다.
② X: 16.95는 총 손실 17.95보다 1.00 작으므로 맞지 않는다. 올바르게는 0.5 × 24의 철손과 부하율 제곱을 적용한 동손을 합해 17.95이다.
③ O: 계산 결과가 17.95이므로 하루 중 총 손실에 가장 가까운 값이다.
④ X: 18.95는 총 손실 17.95보다 1.00 크므로 맞지 않는다. 올바르게는 반부하 동손을 $0.7 \times (1/2)^2 \times 10$으로 계산한 17.95이다.

오답 포인트

철손을 부하가 걸린 시간에만 더하거나, 반부하 동손을 1/2배로 계산하면 오답이 된다. 이 문항의 핵심 함정은 철손은 일정손이고 동손은 부하율 제곱에 비례한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

변압기 손실 전력량 문제는 먼저 철손을 전체 여자 시간에 대해 계산하고, 다음으로 각 부하 구간의 동손을 부하율 제곱으로 환산한 뒤 모두 합산한다.

암기 포인트

변압기 철손은 일정손, 동손은 I^2손이므로 부하율 제곱 손실이다.

NoteBase

문 19. 2대의 동기발전기를 병렬 운전시킬 때, 두 발전기의 기전력 위상이 순시적으로 달라졌을 때 나타나는 현상은?

① 무효 순환전류와 동기화력이 발생하고 기전력 위상차는 유지된다.

② 동기화전류와 동기화력이 발생하며 기전력 위상차는 유지된다.

③ 동기화전류와 동기화력이 발생하며 기전력 위상차는 점차 사라진다.

④ 무효 순환전류와 동기화력이 발생하고 기전력 위상차는 점차 사라진다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 병렬 운전 중인 동기발전기의 기전력 위상차 변화가 동기화전류와 동기화력을 만들고, 그 위상차를 줄이는 방향으로 작용한다는 점을 묻는다.

핵심 개념

무효 순환전류는 병렬 운전 중 두 발전기의 유기기전력 크기나 여자 상태가 서로 다를 때 주로 생기는 무효분 전류이다.
동기화전류는 두 발전기의 기전력 위상이 어긋났을 때 생기는 전류이며, 동기화력은 앞선 발전기를 늦추고 뒤진 발전기를 앞당겨 위상차를 줄이는 힘이다.
따라서 위상차 문제에서는 무효 순환전류가 아니라 동기화전류와 동기화력을 기준으로 판단한다.

선지별 해설

1번 X: 위상차가 순시적으로 달라진 경우에는 동기화전류와 동기화력이 발생한다. 틀린 표현은 "무효 순환전류"와 "기전력 위상차는 유지된다"이다. 올바르게는 동기화전류와 동기화력이 발생하고 기전력 위상차는 점차 줄어든다.
2번 X: "동기화전류와 동기화력"은 맞지만, "기전력 위상차는 유지된다"가 틀리다. 동기화력은 위상차를 유지하는 힘이 아니라 두 발전기를 다시 같은 위상으로 맞추려는 복원력이다.
3번 O: 기전력 위상차가 생기면 동기화전류가 흐르고 동기화력이 발생한다. 이 동기화력은 앞선 발전기와 뒤진 발전기 사이의 위상차를 줄이는 방향으로 작용하므로 기전력 위상차는 점차 사라진다.
4번 X: "기전력 위상차는 점차 사라진다"는 맞지만, 발생 전류를 "무효 순환전류"라고 한 부분이 틀리다. 올바르게는 위상차에 의해 동기화전류와 동기화력이 발생한다고 한다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 병렬 운전에서 생기는 순환전류를 모두 무효 순환전류로 처리하게 만드는 것이다. 전압 크기 차는 무효 순환전류, 위상차는 동기화전류와 동기화력으로 연결된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

발문에 기전력의 크기 차가 나오면 무효 순환전류를 먼저 떠올리고, 기전력의 위상차나 부하각 차가 나오면 동기화전류와 동기화력을 먼저 판단한다. 동기화력은 위상차를 없애는 방향으로 작용한다.

암기 포인트

크기 차는 무효 순환전류, 위상 차는 동기화전류와 동기화력이다. 동기화력은 위상차를 유지하지 않고 없애는 힘이다.

NoteBase

문 20. 6극, 100[kW], 6,600[V], 60[Hz]인 3상 유도전동기가 있다. 이 전동기의 전부하 슬립은 6[%]이라고 할 때, 슬립링 사이에 0.08[Ω]의 저항 3개를 Y로 삽입하여 전부하 토크가 발생될 때의 회전수[rpm]는? (단, 2차 각 상의 저항은 0.12[Ω]이고, Y결선이다.)

① 1,080

② 1,180

③ 1,280

④ 1,380

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 유도전동기의 동기속도와 슬립, 그리고 권선형 유도전동기에서 외부 2차 저항을 넣었을 때 같은 토크가 발생하는 슬립을 구하는 문제이다.

조건 정리

극수는 6극, 주파수는 60 Hz이므로 동기속도는 1,200 rpm이다.
전부하 슬립은 6%이고, 2차 각 상 저항은 0.12 Ω이다.
슬립링 사이에 0.08 Ω 저항 3개를 Y로 삽입하므로 각 상에 추가되는 외부저항은 0.08 Ω이다.
구해야 할 값은 외부저항 삽입 후 전부하 토크가 발생할 때의 회전수이다.

사용할 공식

동기속도는 $N_s = \frac{120f}{P}$이다.
유도전동기 회전수는 $N = N_s(1 - s)$이다.
같은 토크가 발생하는 조건에서는 슬립이 2차 총저항에 비례하므로 $\frac{s_2}{s_1} = \frac{R_2 + r}{R_2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 권선형 유도전동기의 2차 회로에 외부저항을 넣으면 같은 토크를 내기 위한 슬립이 2차 총저항 증가비만큼 커지기 때문이다.

계산 과정

1. 동기속도는 $N_s = \frac{120 \times 60}{6} = 1200rpm$이다.
2. 외부저항 삽입 후 2차 총저항은 $0.12 + 0.08 = 0.20\Omega$이다.
3. 같은 전부하 토크가 되는 슬립은 $s_2 = 0.06 \times \frac{0.20}{0.12} = 0.10$이다.
4. 회전수는 $N = 1200(1 - 0.10) = 1080rpm$이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산 결과가 1,080 rpm이므로 옳다.
② X: 1,180 rpm은 슬립을 약 1.67%로 본 값에 해당하므로, 외부저항을 넣으면 같은 토크의 슬립이 커진다는 관계와 맞지 않는다. 올바른 회전수는 1,080 rpm이다.
③ X: 1,280 rpm은 동기속도 1,200 rpm보다 크므로 유도전동기의 정상 전동기 운전 회전수로 성립하지 않는다. 올바르게는 동기속도보다 작은 1,080 rpm이다.
④ X: 1,380 rpm도 동기속도 1,200 rpm보다 크므로 성립하지 않는다. 올바르게는 슬립 10%를 적용한 1,080 rpm이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 외부저항을 넣으면 속도가 올라간다고 착각하는 점이다. 같은 토크 조건에서는 2차 총저항이 커질수록 필요한 슬립이 커지고, 슬립이 커지면 회전수는 낮아진다. 또한 Y로 삽입한 0.08 Ω을 각 상 추가저항으로 보아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

권선형 유도전동기에서 외부 2차 저항을 넣고 같은 토크의 속도를 묻는 문제는 동기속도 계산, 2차 총저항 증가비 계산, 슬립 증가, 회전수 계산의 순서로 판단한다.

암기 포인트

같은 토크에서는 슬립이 2차 저항에 비례하고, 회전수는 $N_s(1-s)$로 감소한다.

NoteBase