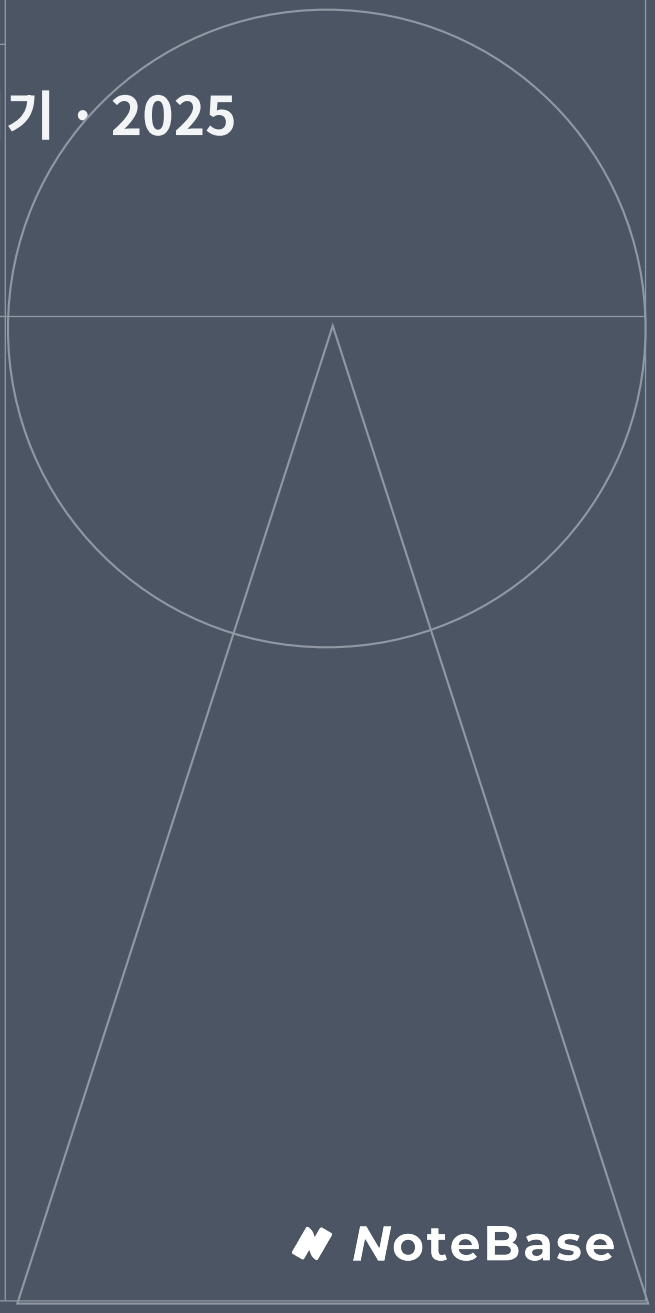
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 전기기기 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 전기기기 · 2025

공무원/서울시/7급 · 전기기기 · 2025

문 1. 다음 중 공극의 자속밀도를 가장 정현적으로 만들 수 있는 권선법은?

① 분포단절권

② 분포전절권

③ 집중권

④ 치 집중권

정답 1번

출제 포인트

권선법의 종류(집중권·분포권·전절권·단절권)가 공극 자속밀도 파형의 정현성에 미치는 영향을 비교하는 문항이다. 분포권과 단절권을 함께 적용할 때 고조파를 가장 효과적으로 억제할 수 있다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

집중권: 한 슬롯(또는 치)에 코일을 몰아 감는 방식. 자속밀도 파형이 구형파에 가까워 고조파가 크다.
분포권: 코일을 여러 슬롯에 나누어 감는 방식. 분포 계수(kd)에 의해 고조파가 감소하고 파형이 계단형으로 정현에 가까워진다.
전절권: 코일 피치(y)가 극 피치(τ)와 같은 경우(y = τ). 기본파가 최대이나 특정 홀수 고조파는 그대로 남는다.
단절권: y < τ인 단축 코일. 단절 계수(kp = sin(nβπ/2), β = y/τ)에 의해 5차·7차 등 특정 차수 고조파가 추가로 억제된다.
분포단절권: 분포권과 단절권을 동시에 적용한 방식. 분포 효과(kd)와 단절 효과(kp)가 합쳐져 권선 계수(kw = kd × kp)가 고조파에 대해 모두 작아지므로, 공극 자속밀도를 네 가지 선지 중 가장 정현파에 가깝게 만든다.

NoteBase

선지별 해설

① 분포단절권 — O. 분포에 의한 고조파 감소 + 단절에 의한 추가 고조파 소거가 동시에 작용한다. 두 효과가 중첩되므로 정현성이 가장 높다.
② 분포전절권 — X. 분포권이므로 공간 고조파는 줄어들지만, 전절권이기 때문에 단절 효과가 없어 5차·7차 고조파가 ①보다 더 크게 남는다. 정현성이 ①보다 낮다.
③ 집중권 — X. 분포 없이 한 슬롯에 집중 배치하므로 자속밀도 파형이 구형파에 가장 가깝고 고조파가 가장 많다.
④ 치 집중권 — X. 치(돌극 치)에 감는 집중권의 일종으로, 단절 효과는 일부 있을 수 있으나 분포 효과가 없어 전체 파형의 정현성은 ①보다 낮다.

오답 포인트

②번 '분포전절권'이 '분포권'이라는 이유로 정답처럼 보일 수 있다. 그러나 분포만으로는 고조파를 완전히 제거하지 못하며, 단절권을 추가해야 남아 있는 5·7차 고조파를 더 줄일 수 있다. '분포'와 '단절'을 모두 갖춘 ①이 정현성이 가장 높다.

다시 나오면 이렇게 판단

공극 자속밀도의 정현성(고조파 억제)을 묻는 문항에서는 권선 계수 kw = kd × kp를 떠올린다. kd(분포 계수) < 1이면 고조파 감소, kp(단절 계수) < 1이면 추가 고조파 소거. 두 계수가 동시에 적용되는 '분포단절권'이 항상 가장 정현에 가깝다. 집중권(kd = 1, 분포 없음)은 가장 멀다.

암기 포인트

정현성 순서: 분포단절권 > 분포전절권 > 단절집중권 > 집중권(전절).
단절 피치각 β를 적절히 선택하면 특정 고조파 차수 n에서 kp = sin(nβπ/2) = 0이 되어 그 차수를 완전히 제거할 수 있다(예: β = 5/6이면 6차 고조파 소거, 실제로는 5차·7차 동시 억제 목적으로 많이 사용).

NoteBase

문 2. 직류전동기의 전압제어와 계자제어의 혼합제어법에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 운전 구간에 따라 정토크 운전과 정출력 운전 수행이 가능하다.

② 정격속도 이하에서는 전압제어를 수행한다.

③ 정격속도 이상에서는 계자제어를 수행한다.

④ 속도제어 범위가 줄어들고, 안정적인 속도제어도 불가능하다.

정답 4번

출제 포인트

직류전동기의 전압제어와 계자제어를 결합한 혼합제어법의 특성을 이해하고 있는지 묻는 문제다. 혼합제어법은 두 제어 방식의 장점을 모두 활용해 속도제어 범위를 넓히고 안정성을 높인다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

전압제어(정격속도 이하): 계자 자속을 일정하게 유지하면서 전압을 바꿔 속도를 조절한다. 토크가 일정하게 유지되므로 정토크(定토크) 운전 영역이라 한다.
계자제어(정격속도 이상): 전압을 정격값으로 유지한 채 계자 전류를 줄여(약계자) 속도를 높인다. 출력이 일정하게 유지되므로 정출력(定出力) 운전 영역이라 한다.
혼합제어법: 두 방식을 직렬 결합하면 전압제어만 쓸 때의 범위 + 계자제어만 쓸 때의 범위가 합쳐지므로 속도제어 범위가 현저히 넓어지고, 각 구간에서 해당 제어 방식이 선형적으로 작동해 안정적인 속도 추종이 가능하다.

선지별 해설

① (O) 정격속도 이하 구간에서는 전압제어로 정토크 운전을, 정격속도 이상 구간에서는 계자제어로 정출력 운전을 수행한다. 혼합제어법의 핵심 특성이다.
② (O) 정격속도 이하에서는 전압을 가변해 속도를 높이는 전압제어를 사용한다. 옳은 설명이다.
③ (O) 정격속도 이상에서는 계자 전류를 줄여(약계자) 속도를 높이는 계자제어를 사용한다. 옳은 설명이다.
④ (X) 혼합제어법은 전압제어 범위와 계자제어 범위가 합쳐지므로 속도제어 범위가 넓어진다. 또한 각 구간에서 해당 제어 방식이 안정적으로 작동하므로 안정적인 속도제어가 가능하다. "범위가 줄어들고, 안정적인 속도제어도 불가능하다"는 설명은 정반대로 틀렸다.

오답 포인트

④번의 "줄어들고"와 "불가능하다" 두 표현 모두 틀렸다. 혼합제어의 목적 자체가 범위 확대와 안정성 확보다. 두 방식을 합치면 범위가 좁아질 이유가 없고, 각 구간에서 단독 제어보다 안정적으로 동작한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

직류전동기 혼합제어법 문제는 반드시 두 가지를 확인한다. ① 어느 속도 구간에서 어느 제어를 쓰는가(정격속도 이하=전압제어, 이상=계자제어). ② 혼합 결과가 범위 확대인가 축소인가(항상 확대). "범위 감소" 또는 "안정성 저하"라는 선지는 반드시 틀린 선지다.

암기 포인트

혼합제어법 두 구간 요약: 정격속도 이하 → 전압제어 → 정토크 운전 / 정격속도 이상 → 계자제어(약계자) → 정출력 운전. 결합 효과: 속도제어 범위 확대 + 안정적 속도제어 가능.

NoteBase

문 3. 450[kVA], **역률 0.9, 효율** 90[%]**인 동기발전기의 운전용 원동기에 입력되는 전력**[kW]**은? (단, 원동기의 효율은** 90[%]**이다.)**

① 500
② 550
③ 600
④ 650

정답 1번

출제 포인트

동기발전기의 역률·효율·원동기 효율을 단계적으로 적용해 원동기 입력 전력을 구하는 문항이다. 발전기 출력(전기) → 원동기 출력(= 발전기 기계 입력) → 원동기 입력 순서로 두 번 나누는 연쇄 계산이 핵심이다.

조건 정리

피상전력 = 450 kVA, 역률 = 0.9, 발전기 효율 = 0.9(90%), 원동기 효율 = 0.9(90%)

사용할 공식

발전기 전기 출력(유효전력) = 피상전력 × 역률
효율 = 출력 / 입력 → 입력 = 출력 / 효율

계산 과정

① 발전기 전기 출력 = 450 × 0.9 = 405 kW
② 원동기 출력(= 발전기 기계 입력) = 405 ÷ 0.9 = 450 kW
③ 원동기 입력 = 450 ÷ 0.9 = 500 kW

선지 판단

① 500 kW → O. 위 계산과 일치한다.
② 550 kW → X. 역률만 적용하고 발전기 효율을 빠뜨리거나 잘못 처리한 결과이다.
③ 600 kW → X. 원동기 효율을 한 번만 적용하는 등 단계를 건너뛴 오류이다.
④ 650 kW → X. 계산 단계를 잘못 조합한 값이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 역률을 적용한 후 효율을 한 번만 나누는 것이다(405 ÷ 0.9 = 450을 최종 답으로 보는 경우). 발전기 효율과 원동기 효율, 두 효율을 모두 적용해야 한다. 또한 '효율 = 출력/입력'이므로 입력을 구할 때는 출력을 효율로 나누어야 한다(곱하면 안 된다).

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

에너지 흐름을 원동기 입력 → 원동기 출력(=발전기 기계 입력) → 발전기 전기 출력 순서로 그린 뒤, 각 단계에서 효율로 나눈다. 역률은 피상전력을 유효전력(kW)으로 바꾸는 첫 단계에서만 적용한다.

암기 포인트

원동기 입력 = (피상전력 × 역률) ÷ 발전기 효율 ÷ 원동기 효율. 이 문항의 경우 450 × 0.9 ÷ 0.9 ÷ 0.9 = 500 kW.

NoteBase

문 4. 4, 000/200[V], 20[kVA]**인 단상변압기의 %저항 강하는** 1[%], **%리액턴스 강하는** 1.5[%]**이다. 이 단상변압기에 지상역률 0.6의 전부하를 인가할 때, 1차측 단자전압에 가장 가까운 값**[V]**은?**

① 4,020

② 4,035

③ 4,054

④ 4,072

정답 4번

출제 포인트

단상변압기의 %임피던스 강하(%저항 강하, %리액턴스 강하)와 역률을 이용해 %전압강하를 구하고, 2차측 정격전압을 유지하기 위해 필요한 1차측 인가전압을 계산하는 문제다.

조건 정리

변압기 정격: 4,000/200[V], 20[kVA] 단상변압기
%저항 강하: p = 1[%]
%리액턴스 강하: q = 1.5[%]
부하 역률: cos θ = 0.6(지상) → sin θ = 0.8
구하는 것: 전부하 인가 시 1차측 단자전압[V]

사용할 공식

%전압강하(근사식): $\varepsilon = p\cos\theta + q\sin\theta$
1차측 필요 전압: $V_1 = V_{1n}\left(1 + \frac{\varepsilon}{100}\right)$
여기서 V_{1n} = 정격 1차전압 = 4,000[V]

계산 과정

① %전압강하 계산
$\varepsilon = p\cos\theta + q\sin\theta = 1 \times 0.6 + 1.5 \times 0.8 = 0.6 + 1.2 = 1.8[\%]$

② 1차측 단자전압 계산
2차 단자전압을 정격 200[V]로 유지하려면 1차측에 정격보다 높은 전압을 인가해야 한다.
$V_1 = 4000 \times \left(1 + \frac{1.8}{100}\right) = 4000 \times 1.018 = 4072[\mathrm{V}]$

NoteBase

선지 판단

① 4,020[V]: %전압강하를 1.8%가 아닌 0.5%로 잘못 계산한 값. 오답.
② 4,035[V]: %전압강하를 약 0.875%로 잘못 적용한 값. 오답.
③ 4,054[V]: %전압강하를 약 1.35%로 잘못 계산한 값. 오답.
④ 4,072[V]: ε = 1×0.6 + 1.5×0.8 = 1.8%, V_1 = 4,000×1.018 = 4,072[V]. 정답.

오답 포인트

가장 흔한 실수 두 가지:
첫째, sin θ와 cos θ를 바꿔 대입하는 경우: ε = 1×0.8 + 1.5×0.6 = 0.8 + 0.9 = 1.7%로 잘못 계산해 4,068 V가 나온다.
둘째, %전압강하 공식에서 저항 항과 리액턴스 항을 단순히 더하는 경우(p+q=2.5%): 역률을 고려하지 않은 오류다.
지상(lagging) 역률이므로 cos θ=0.6, sin θ=0.8이 맞다. 진상이었다면 sin θ 항이 음수가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

%전압강하 근사식 ε = p·cosθ + q·sinθ 를 먼저 쓴다. 지상=sin θ 양수, 진상=sin θ 음수로 부호를 구분한다.
구한 ε(%)를 정격 1차전압에 (1 + ε/100)으로 곱하면 1차측 필요 전압, (1 - ε/100)으로 곱하면 무부하 대비 전부하 2차 단자전압이 된다. 문제가 '1차측 전압'을 묻는지 '2차측 전압'을 묻는지 발문에서 반드시 확인한다.

암기 포인트

%전압강하 근사식: ε = p·cosθ + q·sinθ (p=%저항 강하, q=%리액턴스 강하)
이 식은 부하 전류 기준이므로 '지상=sin θ 양수'가 기본.
1차측 인가전압 = 정격 1차전압 × (1 + ε/100)
2차 단자전압 = 정격 2차전압 × (1 - ε/100) — 이쪽은 전압이 떨어지는 방향임을 구분할 것.

NoteBase

문 5. 3상 유도전동기의 4상한 운전영역 중 슬립 s가 1보다 큰 영역에서 토크와 회전자 회전 특성을 옳게 짝지은 것은?

① 토크 발생: 정방향, 회전자 회전: 정방향

② 토크 발생: 정방향, 회전자 회전: 역방향

③ 토크 발생: 역방향, 회전자 회전: 역방향

④ 토크 발생: 역방향, 회전자 회전: 정방향

정답 2번

출제 포인트

3상 유도전동기의 4상한 운전에서 슬립 s > 1인 역상 제동(플러깅) 영역의 토크 방향과 회전자 회전 방향을 구별할 수 있는지 묻는다.

핵심 개념

슬립의 정의: $s = \frac{N_s - N}{N_s}$ (N_s = 동기속도, N = 회전자 속도).

4상한 운전 영역별 슬립 범위:
- 0 < s < 1 : 전동기(정상 운전) — 토크 정방향, 회전 정방향
- s < 0 : 발전기(초동기) — 토크 역방향, 회전 정방향
- s > 1 : 역상 제동(플러깅) — 토크 정방향, 회전 역방향

s > 1이 되려면 $N_s - N > N_s$, 즉 N < 0이어야 한다. 회전자가 동기 회전자계와 반대 방향으로 돌고 있는 상태이다. 이 상태에서도 회전자계는 정상 방향으로 회전하므로 전자기 토크는 회전자계가 회전자를 끌어당기는 방향, 즉 정방향으로 발생한다.

선지별 해설

① 토크 정방향 / 회전 정방향 → 틀림. 회전 정방향은 s < 1인 전동기 영역이다. s > 1이면 N < 0이므로 회전 방향은 역방향이다.

② 토크 정방향 / 회전 역방향 → 옳음. s > 1 역상 제동 영역에서 전자기 토크는 회전자계가 회전자를 붙잡으려는 방향(정방향)이고, 회전자는 실제로 역방향으로 돌고 있다.

③ 토크 역방향 / 회전 역방향 → 틀림. 이 조합은 어느 표준 운전 영역에도 해당하지 않는다. s > 1에서 토크는 역방향이 아니라 정방향이다.

④ 토크 역방향 / 회전 정방향 → 틀림. 토크가 역방향이면서 회전이 정방향인 것은 발전기(s < 0) 영역이며, s > 1과 다르다.

NoteBase

오답 포인트

s > 1이면 '회전이 역방향'이라는 것은 직관적으로 파악되지만, 토크까지 역방향으로 혼동하는 경우가 많다(③ 함정). s > 1에서도 회전자계는 여전히 정방향으로 돌며, 그 회전자계가 역방향으로 도는 회전자를 정방향으로 당기려 하므로 토크는 정방향이다. '역상 제동'이라는 이름 때문에 토크도 역방향이라고 착각하지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

슬립 범위가 주어지면 먼저 $N = N_s(1 - s)$로 회전자 속도의 부호를 확인한다. s > 1이면 N < 0이므로 회전 = 역방향. 다음으로 토크 방향은 슬립 공식 $T \propto \frac{sE_2^2 R_2}{R_2^2 + (sX_2)^2}$에서 s > 0이므로 토크는 양수(정방향). 두 가지를 조합하면 답이 나온다.

암기 포인트

역상 제동(s > 1): 토크 정방향 + 회전 역방향. 이름은 '역상'이지만 토크는 정방향이다. 비교: 발전기(s < 0)는 토크 역방향 + 회전 정방향.

NoteBase

문 6. %임피던스 강하가 5[%]인 변압기가 운전 중 단락되었다. 이 변압기의 단락전류를 I_s, 정격전류를 I_n이라고 할 때 $\frac{I_s}{I_n}$는?

① 5

② 10

③ 20

④ 25

정답 3번

출제 포인트

%임피던스(%Z)와 단락전류 배율의 관계를 묻는 문항이다. %Z가 주어지면 단락전류가 정격전류의 몇 배인지 바로 구할 수 있어야 한다.

조건 정리

%임피던스 강하 %Z = 5[%], 단락전류 Is, 정격전류 In. 구하는 값: Is/In.

사용할 공식

%Z는 정격전류가 흐를 때 임피던스에 의한 전압 강하의 정격전압에 대한 백분율이다. 단락 시 전원 전압이 전부 임피던스에 걸리므로, 단락전류와 정격전류의 비는 $\frac{I_s}{I_n} = \frac{100}{\%Z}$로 표현된다.

계산 과정

$\frac{I_s}{I_n} = \frac{100}{5} = 20$
따라서 단락전류는 정격전류의 20배이다.

선지 판단

① 5 — 오답. %Z 값(5) 그대로를 답으로 착각한 경우. 공식에 따르면 100을 %Z로 나눠야 한다.
② 10 — 오답. 100을 %Z의 2배(10)로 나눈 결과로, 공식 적용 오류.
③ 20 — 정답. 100 ÷ 5 = 20. 정격전류의 20배가 단락전류로 흐른다.
④ 25 — 오답. 100을 4로 나눈 값으로, %Z를 4로 잘못 대입한 경우.

오답 포인트

①번(5)을 고르는 실수가 가장 흔하다. %Z = 5라는 숫자가 눈에 바로 들어오기 때문에 공식을 생략하고 그대로 답으로 적는 실수를 한다. Is/In은 %Z 값이 아니라 '100 ÷ %Z'임을 반드시 기억한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

%임피던스가 주어지고 단락전류 배율을 물으면 즉시 100/%Z를 계산한다. 반대로 단락전류 배율이 주어지고 %Z를 물으면 100/(배율)을 계산한다. 두 방향 모두 동일한 공식이므로 관계식 하나만 암기하면 된다.

암기 포인트

단락전류 배율 = 100 / %Z. %Z가 작을수록 단락전류는 커진다(단락에 취약한 변압기). %Z = 5%이면 단락전류는 정격의 20배, %Z = 4%이면 25배, %Z = 10%이면 10배로 대응해 두면 선지 함정을 바로 잡아낼 수 있다.

NoteBase

문 7. 단자전압이 200[V]인 직류 직권전동기의 총 직렬저항이 0.1[Ω], 전기자 전류는 40[A]일 때, 각속도(ω_m)[rad/s]와 출력 토크(T_{out})[N · m]를 옳게 짝지은 것은? (단, 기기상수 K와 자속 ϕ[Wb]는 직권 계자전류 I_s[A]와 $K\phi = \frac{I_s}{25\pi}$의 관계를 가지며, 브러시손, 철손, 기계손 및 표유부하손과 전기자 반작용은 무시한다.)

① ω_m[rad/s]: 122.5π, T_{out}[N · m]: $\frac{1.6}{\pi}$

② ω_m[rad/s]: 122.5π, T_{out}[N · m]: $\frac{64}{\pi}$

③ ω_m[rad/s]: 125π, T_{out}[N · m]: $\frac{1.6}{\pi}$

④ ω_m[rad/s]: 125π, T_{out}[N · m]: $\frac{64}{\pi}$

정답 2번

출제 포인트

직류 직권전동기에서 주어진 단자전압·직렬저항·전기자 전류·기기상수 관계식으로 역기전력을 구한 뒤, 각속도 ω_m과 출력 토크 T_{out}를 계산하는 문제다.

조건 정리

단자전압 $V = 200$[V], 총 직렬저항 $R = 0.1$[Ω], 전기자 전류 $I_a = 40$[A], 직권 계자전류 $I_s = I_a = 40$[A](직권이므로 전기자 전류 = 계자전류), $K\phi = \frac{I_s}{25\pi}$, 브러시손·철손·기계손·표유부하손·전기자 반작용 무시.

사용할 공식

역기전력: $E = V - I_a R$

각속도: $E = K\phi \cdot \omega_m \Rightarrow \omega_m = \frac{E}{K\phi}$

출력 토크(손실 무시 시 전자토크와 동일): $T_{out} = K\phi \cdot I_a$

계산 과정

① $K\phi$ 계산: $K\phi = \frac{I_s}{25\pi} = \frac{40}{25\pi} = \frac{8}{5\pi}$

② 역기전력: $E = 200 - 40 \times 0.1 = 200 - 4 = 196$[V]

③ 각속도: $\omega_m = \frac{E}{K\phi} = \frac{196}{\frac{8}{5\pi}} = \frac{196 \times 5\pi}{8} = \frac{980\pi}{8} = 122.5\pi$[rad/s]

④ 출력 토크: $T_{out} = K\phi \cdot I_a = \frac{8}{5\pi} \times 40 = \frac{320}{5\pi} = \frac{64}{\pi}$[N·m]

NoteBase

선지 판단

① $\omega_m = 122.5\pi$, $T_{out} = \frac{1.6}{\pi}$ → X. ω_m은 맞지만 토크가 틀림. $\frac{1.6}{\pi}$는 $K\phi$에 40 대신 0.2를 곱한 오류.
② $\omega_m = 122.5\pi$, $T_{out} = \frac{64}{\pi}$ → O. 역기전력 196 V와 $K\phi = \frac{8}{5\pi}$로 계산한 결과와 정확히 일치.
③ $\omega_m = 125\pi$, $T_{out} = \frac{1.6}{\pi}$ → X. 각속도는 전압강하를 무시하고 $\frac{200}{K\phi}$로 계산한 오류, 토크도 틀림.
④ $\omega_m = 125\pi$, $T_{out} = \frac{64}{\pi}$ → X. 각속도는 전압강하를 무시한 오류(토크는 맞음).

오답 포인트

가장 흔한 실수 두 가지: 첫째, 직렬저항 전압강하 $I_aR = 4$[V]를 빠뜨리고 역기전력을 200 V로 계산하면 $\omega_m = 125\pi$가 되어 ③·④를 고르게 된다. 둘째, 토크 계산 시 $K\phi$에 전류를 곱하지 않고 다른 수치를 대입하면 $\frac{1.6}{\pi}$가 나온다. 직권전동기에서 $I_s = I_a$임을 반드시 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직류 직권전동기 계산 문제는 다음 순서로 고정한다: (1) 직권이므로 $I_s = I_a$ 확인 → (2) $K\phi$ 수치 계산 → (3) 역기전력 $E = V - I_aR$ 계산(전압강하 절대 누락 금지) → (4) $\omega_m = E/K\phi$ → (5) $T_{out} = K\phi \cdot I_a$. 선지에서 ω_m이 두 그룹(122.5π vs 125π)으로 나뉘면 전압강하 반영 여부로 바로 판별 가능하다.

암기 포인트

직류전동기 3대 공식: $E = V - I_aR$(전동기), $\omega_m = E/K\phi$, $T = K\phi \cdot I_a$. 직권전동기는 $I_s = I_a$이므로 부하가 커질수록 $K\phi$가 커지고 속도가 줄어든다(무부하 위험). 이 문제에서 $K\phi = \frac{8}{5\pi} \approx 0.509$[Wb]를 중간 계산값으로 확인하면 검산이 빠르다.

NoteBase

문 8. 2대의 동기발전기를 병렬운전할 때, 동기화전류에 의해 난조(hunting)가 발생할 수 있는 조건으로 가장 옳은 것은?

① 기전력의 크기가 같지 않은 경우
② 기전력의 위상이 같지 않은 경우
③ 기전력의 주파수가 같지 않은 경우
④ 기전력의 파형이 같지 않은 경우

정답 3번

출제 포인트

동기발전기 병렬운전 시 동기화전류가 흘러 난조(hunting)가 발생하는 조건을 묻는 문제다. 병렬운전 4대 조건(전압 크기·위상·주파수·파형) 각각이 불일치할 때 어떤 현상이 생기는지 구분해야 한다.

핵심 개념

난조(hunting): 동기발전기의 회전자가 동기속도를 중심으로 주기적으로 앞뒤로 진동하는 현상.
동기화전류(synchronizing current): 병렬운전 중 두 발전기 사이에 조건 불일치가 생길 때 흐르는 순환전류. 이 전류가 교번적으로 작용하면 회전자를 주기적으로 가속·감속시켜 난조를 유발한다. 주파수 불일치 = 두 발전기의 회전속도(동기속도)가 다르다는 의미이므로, 동기화전류가 반복적으로 방향을 바꾸며 흘러 회전자가 진동하게 된다.

선지별 해설

① 기전력의 크기가 같지 않은 경우 — X. 전압 크기 불일치 시 두 발전기 사이에 무효 순환전류(횡류)가 흘러 역률 불균형이 생기지만, 이는 난조의 직접 원인이 아니다.
② 기전력의 위상이 같지 않은 경우 — X. 위상 불일치는 투입 순간 충격 전류를 만들고 동기화력이 작용해 위상을 맞추려 하나, 이는 과도현상으로 지속적인 난조(hunting)의 원인이 되지 않는다.
③ 기전력의 주파수가 같지 않은 경우 — O. 주파수가 다르면 두 발전기의 회전속도가 달라 동기화전류가 주기적으로 증감·역전하며 흐른다. 이 전류가 회전자를 교번적으로 당기고 밀어 속도가 진동 — 이것이 난조(hunting)다.
④ 기전력의 파형이 같지 않은 경우 — X. 파형 불일치 시 고조파 성분에 의한 순환전류가 흘러 전력 손실과 파형 왜곡이 생기나, 난조의 원인이 되지 않는다.

NoteBase

오답 포인트

①②④는 모두 병렬운전 조건이 깨질 때 생기는 현상이 있어 '동기화전류가 흐른다'는 점에서 혼동하기 쉽다. 그러나 난조(hunting)는 회전자의 반복 진동이므로, 전류가 교번적으로 반복 작용하는 구조가 필요하다. 주파수 불일치만이 두 기기의 속도 차이를 지속적·주기적으로 만들어 동기화전류가 계속 바뀌며 흐르게 한다. 위상 불일치(②)와 혼동하는 경우가 많은데, 위상은 한 번 맞춰지면 안정화되지만 주파수 차이는 위상 오차를 계속 누적시켜 진동이 지속된다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬운전 조건 4가지 각각의 불일치 결과를 연결해서 기억한다. 크기 불일치 → 무효 순환전류(역률 불균형), 위상 불일치 → 투입 충격·과도 동기화전류, 주파수 불일치 → 난조(hunting), 파형 불일치 → 고조파 순환전류. '난조'와 '주파수 불일치'는 1:1 대응 관계로 출제된다.

암기 포인트

병렬운전 조건 불일치 결과 짝: 크기 → 무효횡류 / 위상 → 과도충격 / 주파수 → 난조(hunting) / 파형 → 고조파횡류. 난조 원인 = 주파수(속도) 불일치.

NoteBase

문 9. 60[Hz], Y결선, 4극인 3상 유도전동기의 1차측 기준 상당 등가회로에서 입력 상전압 $V_\phi = 200[\mathrm{V}]$, 입력 전류 $I_1 = 20[\mathrm{A}]$, 역률 0.8, 1차측 저항 $R_1 = 0.5[\Omega]$, 슬립 $s = 0.02$일 때, 출력 토크[N · m]는? (단, 철손, 기계손 및 표유 부하손은 무시한다.)

① $\frac{50}{\pi}$
② $\frac{100}{\pi}$
③ $\frac{150}{\pi}$
④ $\frac{300}{\pi}$

정답 3번

출제 포인트

3상 유도전동기의 1차측 기준 등가회로에서 공극 전력(에어갭 전력)을 구한 뒤 동기 각속도로 나누어 출력 토크를 계산하는 문제이다. 철손·기계손·표유부하손을 무시하므로 공극 전력 = 입력 전력 - 1차 동손 관계가 바로 성립한다.

조건 정리

전원 주파수 f = 60[Hz], Y결선, 극수 p = 4, 상전압 V_ϕ = 200[V], 1차 전류 I_1 = 20[A], 역률 cos θ = 0.8, 1차 권선 저항 R_1 = 0.5[Ω], 슬립 s = 0.02. 단, 철손·기계손·표유부하손은 무시.

사용할 공식

① 1상 입력 전력: $P_\phi = V_\phi I_1 \cos\theta$
② 3상 입력 전력: $P_{in} = 3P_\phi$
③ 3상 1차 동손: $P_{cu1} = 3I_1^2 R_1$
④ 공극 전력(손실 무시): $P_g = P_{in} - P_{cu1}$
⑤ 동기 각속도: $\omega_s = \frac{2\pi N_s}{60}$, $N_s = \frac{120f}{p}$
⑥ 토크: $T = \frac{P_g}{\omega_s}$

NoteBase

계산 과정

【1】 3상 입력 전력

$P_{in} = 3 \times V_\phi I_1 \cos\theta = 3 \times 200 \times 20 \times 0.8 = 9600[\mathrm{W}]$

【2】 3상 1차 동손

$P_{cu1} = 3I_1^2 R_1 = 3 \times 20^2 \times 0.5 = 600[\mathrm{W}]$

【3】 공극 전력

$P_g = 9600 - 600 = 9000[\mathrm{W}]$

(철손·기계손 무시이므로 입력 전력에서 1차 동손만 빼면 된다.)

【4】 동기 각속도

$N_s = \frac{120 \times 60}{4} = 1800[\mathrm{rpm}]$

$\omega_s = \frac{2\pi \times 1800}{60} = 60\pi[\mathrm{rad/s}]$

【5】 출력 토크

$T = \frac{P_g}{\omega_s} = \frac{9000}{60\pi} = \frac{150}{\pi}[\mathrm{N \cdot m}]$

선지 판단

① $\frac{50}{\pi}$ — 오답. 공극 전력을 잘못 계산했을 때(예: 1상 전력만 사용하거나 동기 각속도를 4배로 잡을 때) 나오는 값이다.

② $\frac{100}{\pi}$ — 오답. 3상 합산은 했으나 1차 동손 600[W]를 빼지 않아 $\frac{9600}{60\pi} = \frac{160}{\pi}$도 아니고, 다른 계산 오류에서 나오는 값이다.

③ $\frac{150}{\pi}$ — 정답. $P_g = 9000[\mathrm{W}]$, $\omega_s = 60\pi[\mathrm{rad/s}]$이므로 $T = \frac{9000}{60\pi} = \frac{150}{\pi}[\mathrm{N \cdot m}]$.

④ $\frac{300}{\pi}$ — 오답. 동기 각속도를 30π(즉 절반)로 잘못 계산하거나 공극 전력을 두 배로 잡을 때 나온다.

오답 포인트

1) 토크 공식에서 분모는 '동기 각속도(ω_s)'이지 '회전자 각속도(ω_r)'가 아니다. ω_r = (1-s)ω_s를 쓰면 기계적 출력 전력을 구하게 되어 다른 값이 나온다.

2) 입력 전력 계산 시 Y결선이면 선간전압이 아닌 상전압 V_ϕ를 그대로 써야 한다. 문제에서 이미 V_ϕ = 200[V]로 주어졌으므로 √3을 곱하거나 나누지 않는다.

3) 슬립 s = 0.02는 이 풀이에서 직접 쓰이지 않는다. 2차 동손 $P_{cu2} = s \cdot P_g$나 기계적 출력 $P_{mech} = (1-s)P_g$를 물을 때 사용하므로 혼동하지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

1차측 기준 등가회로 + 철손·기계손 무시 조건이 함께 주어지면, '입력 전력 - 1차 동손 = 공극 전력'이 바로 성립한다. 토크는 공극 전력을 동기 각속도로 나눈다. 계산 흐름: P_in(3상) → P_cu1 제거 → P_g → ÷ω_s → T.

암기 포인트

3상 유도전동기 전력 흐름(손실 없을 때): 입력 P_in → 1차 동손 $P_{cu1} = 3I_1^2R_1$ 제거 → 공극 전력 P_g → 2차 동손 $P_{cu2} = sP_g$ 제거 → 기계 출력 $P_{mech} = (1-s)P_g$.
토크 $T = P_g / \omega_s$. 동기 속도 $N_s = 120f/p(rpm)$, $\omega_s = 2\pi N_s/60(rad/s)$.

NoteBase

문 10. BLDC 모터의 동작 특성에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① BLDC 모터는 일반적으로 3상 전원을 사용하며, 홀 센서를 통해 위치 정보를 받아 전자적으로 정류한다.

② 이상적인 BLDC 모터의 역기전력은 정현파 형태를 가진다.

③ 위치센서 없이 센서리스 제어가 가능하다.

④ 120° 통전방식은 2상씩 구동된다.

정답 2번

출제 포인트

BLDC(브러시리스 직류) 모터의 동작 특성 — 특히 역기전력 파형, 통전 방식, 센서리스 제어, 정류 방식의 개념을 정확히 구분할 수 있는지 확인한다.

핵심 개념

BLDC 모터: 브러시 없이 인버터로 전자적 정류를 수행하는 영구자석 동기전동기 계열. 역기전력(Back-EMF) 파형이 사다리꼴(trapezoidal)인 것이 BLDC의 핵심 특성이다. 정현파(sinusoidal) 역기전력을 가지는 것은 PMSM(영구자석 동기전동기)이다. 120° 통전방식: 3상 중 매 순간 2상에만 전류를 흘리고 나머지 1상은 비통전 상태로 두는 방식으로, '2상씩 구동'이 맞다. 홀 센서: 로터 자극의 위치를 검출해 정류 타이밍을 결정한다. 센서리스 제어: 비통전 상인 역기전력 영교차(zero-crossing)를 감지해 위치 정보를 추정하므로 위치센서 없이도 제어 가능하다.

선지별 해설

① (O) BLDC 모터는 일반적으로 3상 전원을 사용하며, 홀 센서로 로터 위치를 검출해 인버터가 전자적으로 정류(commutation)를 수행한다. 정확한 설명이다.
② (X) 이상적인 BLDC 모터의 역기전력은 사다리꼴(trapezoidal) 파형이다. 정현파(sinusoidal) 역기전력을 가지는 모터는 PMSM(영구자석 동기전동기)이다. '정현파 형태를 가진다'는 설명은 틀렸다.
③ (O) 위치센서 없이 비통전 상의 역기전력 영교차를 감지하는 방식으로 센서리스 제어가 가능하다. 정확한 설명이다.
④ (O) 120° 통전방식에서는 3상 중 2상에 동시에 전류를 흘리므로 '2상씩 구동'은 정확한 표현이다.

오답 포인트

BLDC와 PMSM은 모두 영구자석을 사용하지만 역기전력 파형이 다르다. BLDC=사다리꼴, PMSM=정현파. 이 차이가 제어 전략(구형파 전류 vs 정현파 전류)을 결정한다. '정현파'라는 단어가 나오면 BLDC가 아니라 PMSM을 의심해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

BLDC 역기전력 파형 문제가 나오면 '사다리꼴=BLDC, 정현파=PMSM'으로 즉시 판단한다. 120° 통전방식이 몇 상씩 구동하는지 묻는다면 '2상씩(나머지 1상 비통전)'으로 답한다. 센서리스 제어 가능 여부는 역기전력 영교차 감지를 활용하므로 '가능'이 정답이다.

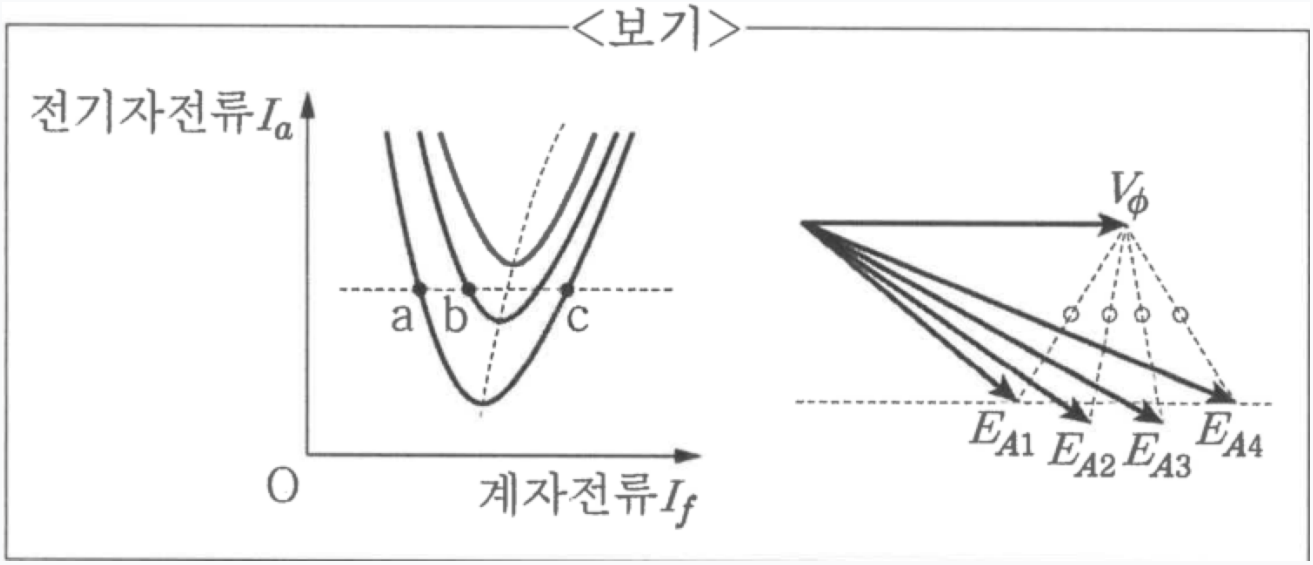
암기 포인트

BLDC 역기전력=사다리꼴(trapezoidal) / PMSM 역기전력=정현파(sinusoidal). 120° 통전=3상 중 2상 통전·1상 비통전. 홀 센서 → 위치 검출 → 전자적 정류. 센서리스=역기전력 영교차 이용.

NoteBase

문 11. 동기전동기의 V곡선과 상전압 V_ϕ 및 내부전압 E_A의 페이저도가 <보기>와 같이 주어질 때, V곡선상의 점 a, b, c와 내부전압 페이저 간의 대응 관계로 가장 옳은 것은? (단, 전기자 저항은 무시한다.)

<보기>



① a: E_{A1}, b: E_{A2}, c: E_{A3}

② a: E_{A1}, b: E_{A2}, c: E_{A4}

③ a: E_{A4}, b: E_{A3}, c: E_{A1}

④ a: E_{A4}, b: E_{A3}, c: E_{A2}

정답 2번

출제 포인트

동기전동기의 V곡선에서 계자전류 크기(여자 정도)가 달라질 때 내부전압 페이저 E_A의 크기가 어떻게 달라지는지, 그리고 페이저도와 V곡선상의 점을 대응시킬 수 있는지를 묻는다.

선지별 해설

① a=E_{A1}, b=E_{A2}, c=E_{A3} — 점 c가 과여자로 가장 큰 내부전압에 해당하므로 E_{A4}가 되어야 하는데 E_{A3}으로 틀렸다. ☒

② a=E_{A1}, b=E_{A2}, c=E_{A4} — 부족여자(a)→작은 E_A, 중간(b)→중간 E_A, 과여자(c)→가장 큰 E_A. 페이저도에서 가장 짧은 것이 E_{A1}, 가장 긴 것이 E_{A4}이므로 대응이 정확하다. ✓

③ a=E_{A4}, b=E_{A3}, c=E_{A1} — a와 c의 여자 관계를 뒤집었다. 부족여자 쪽이 더 작은 E_A인데 가장 큰 E_{A4}를 배정했으므로 틀렸다. ☒

④ a=E_{A4}, b=E_{A3}, c=E_{A2} — 마찬가지로 여자 방향이 반대로 뒤집혔다. ☒

NoteBase

오답 포인트

V곡선에서 왼쪽(계자전류 작음) = 부족여자 = E_A 작음, 오른쪽(계자전류 큼) = 과여자 = E_A 큼. 이 방향을 반대로 기억하면 ③·④처럼 모든 대응이 뒤집힌다. ①은 방향은 맞지만 c에 E_{A4} 대신 E_{A3}을 배정한 실수다.

다시 나오면 이렇게 판단

V곡선을 볼 때 '왼쪽 = 부족여자 = E_A 작다'를 먼저 확정한다. 페이저도에서 화살표가 짧을수록 E_A가 작다는 것을 대조하면 a→가장 짧은 E_A, c→가장 긴 E_A로 바로 연결된다. 선지에서 c에 가장 큰 인덱스(E_{A4})가 오는 것을 고른다.

암기 포인트

동기전동기 여자와 E_A 크기: 부족여자(under-excited) → $E_A < V_\phi$ → 전기자전류 지상(뒤짐) / 과여자(over-excited) → $E_A > V_\phi$ → 전기자전류 진상(앞섬). V곡선 최저점 = 단위역률(unity PF). 전기자 저항 무시 시 E_A와 V_ϕ의 차이 = 동기리액턴스에 의한 전압강하만 남는다.

NoteBase

문 12. 전기자 권선의 저항 $R_a = 0.15[\Omega]$, 직권 계자권선의 저항 $R_s = 0.05[\Omega]$, 분권 계자권선의 저항 $R_f = 200[\Omega]$인 외분권 가동복권발전기가 있다. 부하전류 $I = 48[A]$, 단자전압 $V = 400[V]$일 때, 유도기전력$[V]$은? (단, 전기자 반작용과 브러시 접촉 저항은 무시한다.)

① 405

② 410

③ 415

④ 420

정답 2번

출제 포인트

외분권 가동복권발전기의 회로 구조를 이해하고, 전기자 전류와 분권 계자전류의 관계를 파악하여 유도기전력을 계산하는 문제다. 외분권인지 내분권인지에 따라 전류 경로가 달라지므로 회로 구조 파악이 핵심이다.

조건 정리

전기자 권선 저항 $R_a = 0.15[\Omega]$, 직권 계자권선 저항 $R_s = 0.05[\Omega]$, 분권 계자권선 저항 $R_f = 200[\Omega]$, 부하전류 $I_L = 48[A]$, 단자전압 $V = 400[V]$. 전기자 반작용과 브러시 접촉 저항은 무시.

사용할 공식

유도기전력 $E = V + I_a(R_a + R_s)$. 외분권 복권발전기에서 분권 계자전류 $I_f = V/R_f$, 전기자 전류 $I_a = I_L + I_f$ (분권 계자가 단자전압에 병렬이므로 전기자 전류 = 부하전류 + 분권 계자전류).

계산 과정

① 분권 계자전류: $I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{400}{200} = 2[A]$

② 전기자 전류(외분권): $I_a = I_L + I_f = 48 + 2 = 50[A]$

③ 직권 계자권선은 전기자 권선과 직렬이므로 전기자 전류 50[A]가 흐름.

④ 유도기전력:

$E = V + I_a(R_a + R_s) = 400 + 50 \times (0.15 + 0.05) = 400 + 50 \times 0.20 = 400 + 10 = 410[V]$

NoteBase

선지 판단

① 405 → $E = 400 + 50 \times 0.10 = 405$. 저항 합을 $R_a + R_s = 0.20$이 아니라 $R_a - R_s = 0.15 - 0.05 = 0.10$으로, 직렬인 직권 저항을 더하지 않고 빼서 생기는 부호 실수. 오답.
② 410 → $E = 400 + 50 \times 0.20 = 410$. $I_a = 50[A]$, $R_a + R_s = 0.20[\Omega]$을 올바르게 적용. 정답.
③ 415 → $E = 400 + 50 \times 0.30 = 415$. 저항 합을 0.20이 아니라 0.30으로 과대 계산(예: 전기자 저항 $R_a = 0.15$를 두 번 더해 $0.15 + 0.15 = 0.30$으로 본 경우). 오답.
④ 420 → $E = 400 + 50 \times 0.40 = 420$. 저항 합을 $(R_a + R_s) \times 2 = 0.40$으로 두 배 하거나, 전기자 전류를 $2I_a = 100[A]$로 두 배 잡은 경우($400 + 100 \times 0.20 = 420$). 오답.

오답 포인트

가장 흔한 실수 두 가지: 첫째, 내분권과 외분권의 전류 경로 혼동. 전기자 전류는 두 경우 모두 $I_a = I_L + I_f = 50[A]$로 같지만, 직권 계자권선에 흐르는 전류가 다르다. 외분권은 직권 계자가 전기자와 직렬이라 $I_a = 50[A]$가 흐르고($E = V + I_a(R_a + R_s)$), 내분권은 직권 계자가 부하 측에 있어 부하전류 $I_L = 48[A]$가 흐른다($E = V + I_aR_a + I_LR_s$). 이 문제는 외분권이므로 직권 저항도 I_a로 묶어 $E = V + I_a(R_a + R_s)$를 쓴다. 둘째, 직권 계자권선 저항 $R_s = 0.05[\Omega]$를 전기자 저항에 합산하지 않는 실수. 복권발전기에서 직권 계자권선은 전기자와 직렬이므로 반드시 $R_a + R_s$로 묶어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

외분권 복권발전기가 나오면: (1) 분권 계자전류 = 단자전압 / 분권 계자저항, (2) 전기자 전류 = 부하전류 + 분권 계자전류, (3) 유도기전력 = 단자전압 + 전기자 전류 × (전기자 저항 + 직권 계자저항). 내분권이면 분권 계자가 전기자와 병렬이라 전기자 전류 = 부하전류 + 분권 계자전류로 같지만, 직권 계자가 부하 측에 있어 직권 저항에는 부하전류만 흐르므로 $E = V + I_aR_a + I_LR_s$가 되는 점을 회로도로 확인한다.

암기 포인트

외분권(外分권): 분권 계자권선이 단자전압에 직접 병렬 → $I_f = V/R_f$, $I_a = I_L + I_f$, $E = V + I_a(R_a + R_s)$.
내분권(內分권): 분권 계자권선이 전기자와 병렬 → $I_a = I_L + I_f$는 같으나 직권 계자가 부하 측에 직렬로 붙음 → $E = V + I_aR_a + I_LR_s$(직권 전류 = 부하전류). 가동복권 = 직권·분권 자속 동방향, 차동복권 = 반방향.

NoteBase

문 13. 권수비가 $a:1(a>1)$인 단상변압기의 시험 데이터가 <보기>와 같이 주어질 때, 변압기의 2차측 기준 누설 리액턴스 $(X_l)[\Omega]$와 자화 서셉턴스 $(B_m)[\mathrm{S}]$의 근삿값을 옳게 짝지은 것은? (단, 권수비 a는 1차측 권선수를 2차측 권선수로 나눈 값이다.)

<보기>

	전압[V]	전류[A]	유효전력[W]
개방회로시험 (고압측 개방)	V_{oc}	I_{oc}	P_{oc}
단락회로시험 (저압측 단락)	V_{sc}	I_{sc}	P_{sc}

① $X_l[\Omega]: \frac{1}{a^2}\sqrt{\left(\frac{V_{oc}}{I_{oc}}\right)^2-\left(\frac{P_{oc}}{I_{oc}^2}\right)^2}$, $B_m[\mathrm{S}]: \sqrt{\left(\frac{I_{sc}}{V_{sc}}\right)^2-\left(\frac{P_{sc}}{V_{sc}^2}\right)^2}$

② $X_l[\Omega]: \sqrt{\left(\frac{V_{oc}}{I_{oc}}\right)^2-\left(\frac{P_{oc}}{I_{oc}^2}\right)^2}$, $B_m[\mathrm{S}]: a^2\sqrt{\left(\frac{I_{sc}}{V_{sc}}\right)^2-\left(\frac{P_{sc}}{V_{sc}^2}\right)^2}$

③ $X_l[\Omega]: \frac{1}{a^2}\sqrt{\left(\frac{V_{sc}}{I_{sc}}\right)^2-\left(\frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}\right)^2}$, $B_m[\mathrm{S}]: \sqrt{\left(\frac{I_{oc}}{V_{oc}}\right)^2-\left(\frac{P_{oc}}{V_{oc}^2}\right)^2}$

④ $X_l[\Omega]: \sqrt{\left(\frac{V_{sc}}{I_{sc}}\right)^2-\left(\frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}\right)^2}$, $B_m[\mathrm{S}]: a^2\sqrt{\left(\frac{I_{oc}}{V_{oc}}\right)^2-\left(\frac{P_{oc}}{V_{oc}^2}\right)^2}$

정답 3번

출제 포인트

단상 변압기의 등가회로 상수를 개방·단락 시험 데이터로 구할 때, 2차 기준으로 환산하는 방법을 묻는다. 핵심은 (1) 어느 시험 데이터를 쓰는지, (2) 권수비 a로 몇 제곱 환산하는지 두 가지다.

조건 정리

권수비 a = 1차 권선수 / 2차 권선수 (a > 1). 개방회로시험(고압 개방): V_oc, I_oc, P_oc. 단락회로시험(저압 단락): V_sc, I_sc, P_sc. 구하는 값: 2차 기준 누설 리액턴스 X_l [Ω], 자화 서셉턴스 B_m [S].

사용할 공식

단락시험으로 1차 기준 등가 누설 리액턴스를 구한 뒤 a^2로 나누어 2차 기준으로 환산한다.
$X_l = \frac{1}{a^2}\sqrt{\left(\frac{V_{sc}}{I_{sc}}\right)^2-\left(\frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}\right)^2}$ 개방시험으로 2차 측 여자 어드미턴스를 직접 구하며, 자화 서셉턴스는 다음과 같다.
$B_m = \sqrt{\left(\frac{I_{oc}}{V_{oc}}\right)^2-\left(\frac{P_{oc}}{V_{oc}^2}\right)^2}$

NoteBase

계산 과정

누설 리액턴스(2차 기준): 단락시험에서 1차 기준 등가 임피던스 $Z_{sc} = V_{sc}/I_{sc}$, 등가 저항 $R_{eq1} = P_{sc}/I_{sc}^2$이므로 1차 기준 등가 누설 리액턴스는 $X_{eq1} = \sqrt{Z_{sc}^2 - R_{eq1}^2}$이다. 2차 기준으로 환산하면 $X_l = X_{eq1}/a^2$이므로 $X_l = \frac{1}{a^2}\sqrt{\left(\frac{V_{sc}}{I_{sc}}\right)^2 - \left(\frac{P_{sc}}{I_{sc}^2}\right)^2}$ 자화 서셉턴스: 개방시험(고압 개방, 저압 인가)은 2차 측에서 직접 측정하므로 환산이 불필요하다. 여자 어드미턴스 $Y_0 = I_{oc}/V_{oc}$, 컨덕턴스 $G_c = P_{oc}/V_{oc}^2$이므로 $B_m = \sqrt{Y_0^2 - G_c^2} = \sqrt{\left(\frac{I_{oc}}{V_{oc}}\right)^2 - \left(\frac{P_{oc}}{V_{oc}^2}\right)^2}$

선지 판단

① X_l 식에 $1/a^2$가 있으나 분모에 I_oc, P_oc(개방 데이터)를 사용 → 누설 리액턴스는 단락 데이터로 구해야 하므로 틀림. B_m 식에도 V_sc, P_sc(단락 데이터)를 사용 → 틀림. ② X_l 식에 a^2 환산이 없어 1차 기준 값 그대로 → 2차 기준으로 틀림. B_m 식에 a^2가 곱해져 있어 틀림. ③ X_l = $(1/a^2)\sqrt{[(V_sc/I_sc)^2 - (P_sc/I_sc^2)^2]}$: 단락 데이터 사용, a^2 환산 정확. B_m = $\sqrt{[(I_oc/V_oc)^2 - (P_oc/V_oc^2)^2]}$: 개방 데이터 사용, 환산 불필요. 두 식 모두 올바름 → 정답. ④ X_l 식에 a^2 환산이 없고 B_m 식에 a^2가 곱해져 있어 틀림.

오답 포인트

어느 시험 데이터가 어느 파라미터에 대응하는지 혼동하기 쉽다. 단락시험(저압 단락)=직렬 임피던스(누설 리액턴스, 권선 저항), 개방시험(고압 개방)=병렬 어드미턴스(자화 서셉턴스, 철손 컨덕턴스)로 구분한다. 또한 단락시험은 고압 측(1차)에서 측정하므로 2차 기준으로 a^2로 나누어야 하지만, 개방시험은 저압 측(2차)에서 직접 측정하므로 a^2 환산이 필요 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

X_l(누설 리액턴스) → 단락시험 데이터(V_sc, I_sc, P_sc) + 2차 기준이면 $1/a^2$ 곱. B_m(자화 서셉턴스) → 개방시험 데이터(V_oc, I_oc, P_oc) + a^2 환산 없음. 이 두 가지 체크로 네 선지를 빠르게 소거할 수 있다.

암기 포인트

단락시험=직렬 상수(Z_eq, R_eq, X_l), 개방시험=병렬 상수(Y_0, G_c, B_m). 단락시험은 고압 측에서 측정하므로 2차 기준 환산 시 a^2로 나눔. 개방시험은 저압(2차) 측에서 측정하므로 환산 없음. 임피던스 환산 방향: 1차→2차 나누기 a^2, 2차→1차 곱하기 a^2.

NoteBase

문 14. 동기기의 안정도 증진법으로 가장 옳지 않은 것은?

① 조속기의 동작을 신속하게 한다.

② 회전부의 관성을 크게 한다.

③ 속응여자방식을 채용한다.

④ 단락비를 작게 한다.

정답 4번

출제 포인트

동기기의 안정도(동기화력)를 높이는 방법을 묻는 문제다. '옳지 않은 것'을 찾아야 하므로, 안정도를 오히려 떨어뜨리는 조건을 골라야 한다.

핵심 개념

동기기 안정도란 부하 변동이나 계통 교란이 생겼을 때 동기 상태를 유지하는 능력이다. 안정도를 높이는 대표 방법은 다음 네 가지다.
① 조속기 동작을 신속하게 한다 — 원동기 입력을 빠르게 제어해 속도 이탈을 억제한다.
② 회전부의 관성(플라이휠 효과, GD^2)을 크게 한다 — 관성이 크면 속도 변화 속도가 느려져 탈조 여유가 생긴다.
③ 속응여자방식을 채용한다 — 계자 전류를 신속히 증감해 내부 기전력을 빠르게 조정함으로써 동기화력을 강화한다.
④ 단락비를 크게 한다 — 단락비가 크면 동기 리액턴스(X_s)가 작아지고, 최대 출력 $P_{\max} = \frac{EV}{X_s}$가 커져 안정도가 높아진다. 단락비를 '작게' 하면 반대로 안정도가 낮아진다.

선지별 해설

① 조속기의 동작을 신속하게 한다 — O. 조속기 응답이 빠를수록 회전수 이탈을 즉각 억제하므로 안정도 증진에 유효하다.
② 회전부의 관성을 크게 한다 — O. 관성이 크면 동일한 불평형 토크에 의한 가속·감속이 완만해져 탈조까지의 시간이 길어진다.
③ 속응여자방식을 채용한다 — O. 여자 전압을 빠르게 높여 내부 기전력 E를 즉시 증가시키면 최대 동기화력이 커진다.
④ 단락비를 작게 한다 — X. 단락비(K_s)가 작다는 것은 동기 리액턴스 X_s가 크다는 뜻이며, $P_{\max} = \frac{EV}{X_s}$가 작아져 안정 한계가 낮아진다. 안정도 증진을 위해서는 단락비를 크게 해야 한다.

오답 포인트

④의 '작게'라는 단어 하나가 핵심 함정이다. 단락비가 '크면' 안정도가 높아진다는 사실을 알고 있어도, 선지에서 '크게'와 '작게'를 혼동하면 틀린다. 발문이 '옳지 않은 것'이므로 '작게'가 잘못된 기술임을 확인해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

동기기 안정도 증진법 문제는 항상 단락비 방향을 먼저 확인한다. '단락비 ↑ → X_s ↓ → $P_{\max}$ ↑ → 안정도 ↑'의 연쇄를 기억하면 '작게'라는 오기를 즉시 잡아낼 수 있다. 발문이 '옳지 않은 것'이면 네 선지 중 방향이 반대인 하나를 찾는다.

암기 포인트

동기기 안정도 증진 4대 수단: 조속기 신속화 / 관성 증대 / 속응여자 / 단락비 증대(X_s 감소). 단락비와 동기 리액턴스는 반비례($K_s \propto \frac{1}{X_s}$), 단락비와 안정도는 비례 관계임을 공식 $P_{\max} = \frac{EV}{X_s}$와 연결해 기억한다.

NoteBase

문 15. 10[kW]의 3상 농형 유도전동기를 정격전압 200[V]로 △기동하면 기동전류가 270[A]이다. 이 전동기를 Y-△ 기동법으로 기동할 때, 기동전류[A]는?

① 90
② 135
③ 180
④ 270

정답 1번

출제 포인트

Y-Δ 기동법을 쓰면 전동기 권선에 걸리는 전압이 Δ 직입 기동의 1/√3이 되므로, 기동전류는 Δ 직입 기동전류의 1/3로 줄어든다. 이 비율을 묻는 문제이다.

조건 정리

정격전압 200[V], Δ 직입 기동전류 = 270[A], Y-Δ 기동 시 기동전류 = ?

사용할 공식

Y-Δ 기동전류 = Δ 직입 기동전류 × $\frac{1}{3}$

계산 과정

Δ 직입 기동 시 각 권선에 선간전압 200[V]가 그대로 걸린다.
Y 기동 시 각 권선에 걸리는 전압은 $\frac{200}{\sqrt{3}}$[V]로 줄어든다.
전류는 전압에 비례하므로, 전류 비 = $\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{1}{3}$.
따라서 Y-Δ 기동전류 = 270 × $\frac{1}{3}$ = 90[A].

선지 판단

① 90[A] — O. 270 × 1/3 = 90[A], 정답.
② 135[A] — X. 270 × 1/2 = 135로, Y 기동이 아닌 단순 절반 감소를 혼동한 값.
③ 180[A] — X. 270 × 2/3 = 180으로, 감소 비율을 잘못 적용한 오답.
④ 270[A] — X. Δ 직입 기동전류 그대로이므로 Y-Δ 기동의 효과가 전혀 반영되지 않은 값.

오답 포인트

Y-Δ 기동에서 전류 감소 비율은 1/2이 아니라 정확히 1/3이다. 전압이 1/√3 배로 줄고, 전류도 1/√3 배가 되며, 3상 선전류는 이것의 √3 배를 한 번 더 거쳐 결국 1/3 배가 된다. 135[A](1/2)를 고르지 않도록 주의한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

문제에서 'Δ 직입 기동전류'를 주고 'Y-Δ 기동전류'를 물으면 무조건 1/3을 곱한다. 반대로 Y-Δ 기동전류를 주고 Δ 직입 기동전류를 물으면 3을 곱한다.

암기 포인트

Y-Δ 기동: 기동전류 = 직입 기동전류 × 1/3, 기동토크 = 직입 기동토크 × 1/3. 전류와 토크가 둘 다 1/3로 감소한다.

NoteBase

문 16. 회전 방향을 바꾸었을 때, 기전력이 발생하고 그 극성이 바뀌는 직류발전기로 가장 옳은 것은?

① 타여자발전기

② 분권발전기

③ 가동복권발전기

④ 직권발전기

정답 1번

출제 포인트

직류발전기의 종류별로 회전 방향을 역전시켰을 때 기전력이 발생하는지, 그리고 극성이 바뀌는지를 구분하는 문제다. 계자권선의 연결 방식(외부 독립 전원 vs. 자기여자)이 핵심이다.

핵심 개념

직류발전기의 유기기전력 공식: $e = BlV$ — 기전력의 극성은 자속(ϕ)의 방향과 회전 방향(v)에 의해 결정된다.

① 타여자발전기: 계자권선을 외부 독립 전원으로 여자한다. 따라서 회전 방향을 바꾸어도 계자 자속 방향은 고정된 채 전기자의 회전 방향만 바뀌므로, 기전력이 발생하고 극성이 반전된다.

② 분권발전기: 계자권선이 전기자와 병렬(자기여자). 회전 방향 역전 시 전기자 유기기전력은 잔류 자기로 소량 발생하지만, 이 역기전력이 계자전류를 역방향으로 흘려 소자(消磁)시켜 결국 기전력이 유지되지 않는다. 극성이 지속적으로 바뀌지 않는다.

③ 가동복권발전기: 직권 계자권선과 분권 계자권선이 가동(직권이 분권을 돕는) 방식으로 결합. 회전 방향 역전 시 분권 특성과 동일하게 자기여자에 실패하며, 직권과 분권의 기자력이 상쇄되어 기전력이 발생하지 않는다.

④ 직권발전기: 계자권선이 전기자와 직렬. 회전 방향을 역전하면 전기자 전류와 계자전류가 동시에 역전되므로, 자속 역전과 속도 역전이 서로 상쇄되어 기전력의 극성이 원래대로 유지된다.

NoteBase

선지별 해설

① 타여자발전기 — O. 계자가 외부 독립 전원에 연결되어 자속 방향이 고정된 상태에서 전기자 회전 방향만 역전되므로, $e = Blv$에서 v 방향이 바뀌어 기전력 극성이 반전된다. 기전력도 발생하고 극성도 바뀐다.

② 분권발전기 — X. 자기여자 방식이라 회전 방향 역전 시 역기전력이 계자를 소자시켜 기전력이 지속되지 않는다. 극성이 안정적으로 역전되지 않는다.

③ 가동복권발전기 — X. 분권+직권 혼합이지만 역전 시 두 계자권선의 기자력이 상쇄되어 자기여자가 이루어지지 않는다.

④ 직권발전기 — X. 계자와 전기자가 직렬이므로 회전 방향 역전 시 자속과 속도가 동시에 역전되어 기전력 극성은 변하지 않는다. 틀린 표현 → 기전력은 발생하나 극성이 바뀌지 않는다.

오답 포인트

④ 직권발전기를 고르기 쉽다. '직렬이니까 함께 변해서 극성이 바뀔 것'이라는 착각 때문이다. 그러나 직렬 연결이므로 자속(계자전류 방향)과 전기자 속도 방향이 동시에 역전되어 두 역전이 서로 상쇄됨을 기억한다.

② 분권은 자기여자라 회전 방향 역전 시 기전력 자체가 소멸되므로 '극성이 바뀐다'는 조건을 만족하지 못한다.

다시 나오면 이렇게 판단

'회전 방향 역전 시 기전력 발생 + 극성 반전'이라는 두 조건을 동시에 만족하는 것을 묻는다면, 계자가 독립 전원인 타여자발전기를 즉시 선택한다. 자기여자(분권·직권·복권)는 회전 방향 역전에 취약하여 기전력이 지속되지 않거나 극성이 역전되지 않는다.

암기 포인트

타여자: 계자 = 외부 독립 전원 → 자속 고정, 회전 방향 역전 → 기전력 극성 역전 (O)
분권: 계자 // 전기자 → 역전 시 소자 → 기전력 소멸 (X)
직권: 계자 + 전기자 직렬 → 역전 시 자속·속도 동시 역전 → 극성 불변 (X)
가동복권: 분권+직권 가동 → 역전 시 상쇄 → 자기여자 실패 (X)

NoteBase

문 17. 60[Hz], Δ결선, 2극인 3상 원통형 동기발전기의 상당 내부발생전압이 12[kV], 단자전압(선간)은 $4\sqrt{3}$[kV], 상당 동기 리액턴스는 3[Ω], 부하각은 30 °일 때, 출력 유효전력(P)[MW]과 역률(PF)을 옳게 짝지은 것은? (단, 전기자 저항은 무시하고, 3상 평형을 가정한다.)

① P[MW]: 24, PF: $\frac{1}{2}$
② P[MW]: 24, PF: $\frac{\sqrt{3}}{2}$
③ P[MW]: $24\sqrt{3}$, PF: $\frac{1}{2}$
④ P[MW]: $24\sqrt{3}$, PF: $\frac{\sqrt{3}}{2}$

정답 4번

출제 포인트

Δ결선 3상 동기발전기에서 상당 등가회로를 구성하고, 주어진 내부 기전력·단자전압·동기 리액턴스·부하각으로 전기자 전류 페이저를 계산한 뒤 유효전력과 역률을 구하는 문제이다.

조건 정리

Δ결선이므로 상전압 = 선간전압: $V_\phi = 4\sqrt{3}$ [kV].
내부 기전력(상당): $E_f = 12$ [kV].
동기 리액턴스: $X_s = 3$ [Ω], 전기자 저항 0.
부하각 $\delta = 30°$ — E_f가 V_ϕ보다 30° 앞선다.
3상 평형.

사용할 공식

상당 등가회로: $\dot{E}_f = \dot{V}_\phi + jX_s\dot{I}_a$
$\rightarrow \dot{I}_a = \frac{\dot{E}_f - \dot{V}_\phi}{jX_s}$

3상 유효전력: $P = 3V_\phi I_a \cos\theta$
역률: $\mathrm{PF} = \cos\theta$

NoteBase

계산 과정

V_ϕ를 기준 페이저(각도 0°)로 설정한다.

$\dot{V}_\phi = 4000\sqrt{3}\angle 0°$ [V]
$\dot{E}_f = 12000\angle 30°$ [V]

$\dot{E}_f - \dot{V}_\phi$
$= 12000(\cos 30° + j\sin 30°) - 4000\sqrt{3}$
$= 6000\sqrt{3} + j6000 - 4000\sqrt{3}$
$= 2000\sqrt{3} + j6000$

$\dot{I}_a = \frac{2000\sqrt{3} + j6000}{j3} = \frac{(2000\sqrt{3} + j6000)(-j)}{3}$
$= \frac{-j2000\sqrt{3} + 6000}{3} = 2000 - j\frac{2000\sqrt{3}}{3}$

크기: $I_a = 2000\sqrt{1 + \frac{1}{3}} = 2000 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = \frac{4000\sqrt{3}}{3}$ [A]

역률각: $\theta = \arctan\left(\frac{2000\sqrt{3}/3}{2000}\right) = \arctan\frac{1}{\sqrt{3}} = 30°$
PF $= \cos 30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$

유효전력:
$P = 3 \times 4000\sqrt{3} \times \frac{4000\sqrt{3}}{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$
$= 3 \times 16{,}000{,}000 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$
$= 24{,}000{,}000\sqrt{3}$ [W]
$= 24\sqrt{3}$ [MW]

선지 판단

① P = 24 [MW], PF = 1/2 → P가 틀렸고 PF도 틀렸다. ☒
② P = 24 [MW], PF = √3/2 → P가 틀렸다(24√3이어야 함). ☒
③ P = 24√3 [MW], PF = 1/2 → P는 맞지만 PF가 틀렸다(√3/2이어야 함). ☒
④ P = 24√3 [MW], PF = √3/2 → 계산 결과와 일치한다. ○

NoteBase

오답 포인트

①③: PF = 1/2는 역률각 60°에 해당하며, 부하각 30°와 혼동한 결과이다. 역률각은 I_a 페이저의 위상각이지 부하각 자체가 아니다.
②: P = 24 MW는 Δ결선 상전압을 선간전압/$\sqrt{3}$(Y 환산값)으로 잘못 쓸 때 나타난다. Δ결선에서는 상전압 = 선간전압임에 주의한다.
③: P는 맞지만 PF를 틀려 오답이다. P 계산 과정 중간값만 보고 역률을 잘못 읽으면 이 함정에 빠진다.

다시 나오면 이렇게 판단

Δ결선 동기기 문제가 나오면 먼저 '상전압 = 선간전압'을 확인한다. 이후 V_ϕ를 기준 페이저로 놓고 $I_a = (E_f - V_\phi)/(jX_s)$ 계산 → 실수부/허수부로 역률각 추출 → 3상 전력 공식 순서로 풀면 실수 없이 정리된다.

암기 포인트

Δ결선: 상전압 = 선간전압(Y결선과 반대).
동기발전기 상당 등가: $E_f = V_\phi + jX_sI_a$(전기자 저항 무시 시).
역률각 ≠ 부하각 — δ는 E_f와 V_ϕ 사이의 각, θ는 I_a와 V_ϕ 사이의 각이다.

NoteBase

문 18. 단상 유도전동기의 종류에 따른 특성에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 커패시터 기동형 단상 유도전동기는 회전자 속도가 빨라지면 역률각이 커지므로 주권선에 흐르는 전류와 보조권선에 흐르는 전류 사이의 위상차를 90°로 유지할 수 있다.

② 분상 기동형 단상 유도전동기의 보조권선은 주권선에 비하여 가는 동선을 사용하여 저항을 크게 하고 권수를 많게 하여 리액턴스를 크게 한다.

③ 커패시터 구동형 단상 유도전동기는 커패시터 기동형에 비하여 기동토크가 작으나 원심력 스위치를 사용하여 정격속도에서 구동 시 효율이 좋다.

④ 쉐이딩 코일형 단상 유도전동기는 기동토크가 작고 효율도 매우 낮다.

정답 4번

출제 포인트

단상 유도전동기의 종류(커패시터 기동형, 분상 기동형, 커패시터 구동형, 셰이딩 코일형)별 구조적 특성과 동작 원리를 구분할 수 있는지 묻는다.

핵심 개념

셰이딩 코일형: 자극의 일부에 단락된 구리 고리(셰이딩 코일)를 감아 회전 자계를 만드는 방식. 구조가 단순하고 가격이 싸지만 기동토크가 매우 작고 효율이 매우 낮아 소형 선풍기·타이머 모터 등에만 쓰인다.
분상 기동형: 보조권선을 주권선보다 가는 동선(저항 큼), 적은 권수(리액턴스 작음)로 감아 주권선 전류(지상)와 보조권선 전류(저항성) 사이에 위상차를 만들어 기동한다. 기동 완료 후 원심력 스위치로 보조권선 차단.
커패시터 기동형: 보조권선에 커패시터를 직렬 연결해 보조권선 전류를 진상시켜 주권선 전류와 위상차(이상적으로 90°)를 확보한다. 기동 완료 후 원심력 스위치로 보조권선 차단. 기동토크가 크다.
커패시터 구동형(영구 커패시터형): 커패시터가 운전 중에도 항상 연결된 채 유지된다. 원심력 스위치가 없어 구조가 간단하고 운전 효율이 좋으며 소음이 적다. 기동토크는 커패시터 기동형보다 작다.

NoteBase

선지별 해설

① (X) 커패시터 기동형은 커패시터로 위상차를 확보하는 방식이다. 회전자 속도가 빨라지면 원심력 스위치가 작동해 보조권선을 회로에서 차단하는 것이지, 역률각이 커지면서 위상차를 90°로 유지하는 구조가 아니다. "역률각이 커지므로 위상차를 90°로 유지할 수 있다"는 서술은 틀렸다.
② (X) 분상 기동형의 보조권선은 주권선보다 가는 동선(→저항 큼)을 쓰고, 권수를 적게(→리액턴스 작음) 감는다. 선지는 "권수를 많게 하여 리액턴스를 크게 한다"고 했으므로 틀렸다. 리액턴스가 크면 분상 효과가 줄어 기동 위상차를 만들 수 없다.
③ (X) 커패시터 구동형(영구 커패시터형)은 원심력 스위치를 사용하지 않는다. 커패시터가 기동부터 운전까지 계속 연결되어 있어 효율이 좋다. 선지는 "원심력 스위치를 사용하여 정격속도에서 구동 시 효율이 좋다"고 했으므로 틀렸다.
④ (O) 셰이딩 코일형 단상 유도전동기는 기동토크가 작고 효율도 매우 낮다. 올바른 설명이다.

오답 포인트

①의 함정: 커패시터 기동형에서 '역률각'과 '위상차 90° 유지'를 연결짓는 서술은 그럴듯하게 보이지만 틀렸다. 위상차는 커패시터 용량으로 결정되는 것이고, 속도 증가 시 원심력 스위치가 차단할 뿐이다.
②의 함정: 가는 동선→저항 큼까지는 옳지만, 그다음 '권수를 많게·리액턴스를 크게'로 뒤집어 틀린다. 분상 기동형의 핵심은 보조권선의 리액턴스를 작게 해 저항성 전류를 흘리는 것이다.
③의 함정: 커패시터 기동형(원심력 스위치 있음)과 커패시터 구동형(원심력 스위치 없음)을 혼동하게 만든다.

다시 나오면 이렇게 판단

단상 유도전동기 선지에서 원심력 스위치가 언급되면 커패시터 기동형·분상 기동형에만 해당한다(커패시터 구동형에는 없다). 셰이딩 코일형은 '기동토크 작음 + 효율 낮음'이 항상 세트로 맞다. 분상 기동형 보조권선은 가는 동선·적은 권수(저항↑ 리액턴스↓)임을 기억한다.

암기 포인트

분상 기동형 보조권선: 가는 동선(저항 큼) + 권수 적음(리액턴스 작음) → 저항성 전류로 위상차 확보.
커패시터 기동형: 커패시터로 약 90° 위상차 → 기동토크 크다 → 기동 후 원심력 스위치로 차단.
커패시터 구동형(영구 커패시터형): 원심력 스위치 없음, 운전 중 커패시터 상시 연결 → 효율 좋음, 기동토크 작음.
셰이딩 코일형: 기동토크 최소 + 효율 최저 → 소형 기기 한정.

NoteBase

문 19. 60[Hz], 2,200/200[V], 10[kVA]**인 단상변압기를 정격출력의** 90[%]**, 역률 0.8에서 운전 시 동손은** 200[W]**이고 철손은** 100[W]**이다. 정격출력의** 90[%]**, 역률 0.8에서 운전 시 이 변압기의 효율**[%]**은? (단, 표유부하손은 무시한다.)**

① 94

② 95

③ 96

④ 97

정답 3번

출제 포인트

부하율과 역률이 주어졌을 때 변압기 효율을 구하는 계산 문제. 동손은 부하 전류의 제곱에 비례하므로 부하율이 90%일 때의 동손이 직접 주어진 경우, 그 값을 그대로 사용한다. 철손은 전압이 일정하면 부하와 무관하게 일정하다.

조건 정리

정격용량: 10[kVA] / 부하율: 90% (= 0.9) / 역률: 0.8 / 동손(90% 부하 시): 200[W] / 철손: 100[W] / 표유부하손: 무시

사용할 공식

변압기 효율 $\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{fe} + P_{cu}} \times 100[\%]$

여기서 P_{out}은 실제 출력[W], P_{fe}는 철손[W], P_{cu}는 운전 조건에서의 동손[W].

계산 과정

① 실제 출력 계산

$P_{out} = 10{,}000 \times 0.9 \times 0.8 = 7{,}200[W]$

② 손실 합계

$P_{fe} + P_{cu} = 100 + 200 = 300[W]$

③ 효율 계산

$\eta = \frac{7{,}200}{7{,}200 + 300} \times 100 = \frac{7{,}200}{7{,}500} \times 100 = 96[\%]$

NoteBase

선지 판단

① 94 — 오답. 손실을 과대 계산했을 때 나오는 값.
② 95 — 오답. 출력 또는 손실 계산에 오류가 있을 때 나오는 값.
③ 96 — 정답. $\frac{7{,}200}{7{,}500} \times 100 = 96[\%]$
④ 97 — 오답. 손실을 과소 계산했을 때 나오는 값.

오답 포인트

동손 200 W는 정격 전부하 시의 값이 아니라 90% 부하 시의 값으로 문제에 명시되어 있다. 만약 이를 정격 동손으로 착각해 $(0.9)^2 \times 200 = 162W$로 계산하면 효율이 달라진다. 문제 조건을 그대로 읽어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

주어진 동손이 몇 % 부하에서의 값인지 먼저 확인한다. '운전 시 동손은 □W'처럼 해당 운전 조건 아래 값이 직접 주어지면 그대로 대입한다. 정격 동손이 주어지고 부하율 m이 별도로 주어지면 $P_{cu} = m^2 \times P_{cu,\,\text{rated}}$로 보정한 뒤 대입한다.

암기 포인트

변압기 효율 = 출력 / (출력 + 철손 + 동손) × 100
출력[W] = 정격용량[VA] × 부하율 × 역률
철손: 전압 일정이면 부하 무관 → 항상 일정
동손: 전류(부하율)의 제곱에 비례 → 부하율 m이면 $m^2 P_{cu}$

NoteBase

문 20. 직류발전기의 회전수와 계자저항은 일정하게 유지하고 부하전류를 변화시킬 때, 이에 대한 단자전압의 변화를 표시하는 곡선으로 가장 옳은 것은?

① 무부하 포화곡선

② 부하 포화곡선

③ 외부 특성곡선

④ 전기자 특성곡선

정답 3번

출제 포인트

직류발전기에서 회전수(n)와 계자저항(Rf)을 고정하고 부하전류(IL)를 변화시킬 때 단자전압(V)이 어떻게 달라지는지를 나타내는 곡선의 명칭을 묻는다. 직류발전기 4가지 특성곡선의 정의와 가로축·세로축 변수를 정확히 구분하는 것이 핵심이다.

핵심 개념

직류발전기 특성곡선 4종 요약
무부하 포화곡선: 무부하(IL=0) 조건에서 계자전류(If) 변화 → 유기기전력(E) 변화를 나타낸다. 가로축=If, 세로축=E.
부하 포화곡선: 일정 부하전류를 흘린 상태에서 계자전류(If) 변화 → 단자전압(V) 변화를 나타낸다. 가로축=If, 세로축=V.
외부 특성곡선: 회전수·계자저항(또는 계자전류) 고정 조건에서 부하전류(IL) 변화 → 단자전압(V) 변화를 나타낸다. 가로축=IL, 세로축=V. 이 곡선이 문제의 조건과 정확히 일치한다.
전기자 특성곡선: 단자전압을 일정하게 유지할 때 부하전류 변화에 따른 계자전류 변화를 나타낸다. 가로축=IL, 세로축=If.

선지별 해설

① 무부하 포화곡선 — X. 부하전류를 0으로 고정한 상태에서 계자전류를 바꿔가며 기전력을 측정한 곡선이다. 문제는 부하전류를 변화시키는 상황이므로 해당하지 않는다.
② 부하 포화곡선 — X. 일정 부하전류 조건에서 계자전류를 변화시킬 때의 단자전압 곡선이다. 변수가 계자전류(If)이지 부하전류(IL)가 아니므로 문제 조건과 다르다.
③ 외부 특성곡선 — O. 회전수와 계자저항을 일정하게 유지(=여자 고정)한 상태에서 부하전류(IL)를 변화시킬 때 단자전압(V)이 어떻게 변화하는지를 나타내는 곡선의 정확한 명칭이다. 문제 조건과 완전히 일치한다.
④ 전기자 특성곡선 — X. 단자전압을 일정하게 유지하면서 부하전류가 변할 때 이를 보상하기 위해 필요한 계자전류의 변화를 나타내는 곡선이다. 세로축이 단자전압(V)이 아니라 계자전류(If)이므로 문제 조건과 다르다.

NoteBase

오답 포인트

④번 전기자 특성곡선을 헷갈리기 쉽다. 외부 특성곡선도 부하전류를 가로축으로 하므로 가로축만 보면 같아 보이지만, 세로축이 다르다. 외부 특성곡선은 세로축=단자전압(V), 전기자 특성곡선은 세로축=계자전류(If)이다. ②번 부하 포화곡선은 조건 중 '일정 부하전류'를 '부하전류 변화'로 혼동할 때 고르게 되는 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

문제에서 변화시키는 변수(가로축)와 측정하는 변수(세로축)를 먼저 확인한다. 부하전류(IL) 변화 → 단자전압(V)이면 외부 특성곡선, 계자전류(If) 변화 → 기전력(E)이면 무부하 포화곡선, 계자전류(If) 변화 → 단자전압(V)이면 부하 포화곡선으로 즉시 판단한다.

암기 포인트

외부 특성곡선 = 가로축 부하전류(IL), 세로축 단자전압(V), 회전수·계자저항 고정. 이 세 조건이 동시에 나오면 반드시 '외부 특성곡선'이다.

NoteBase