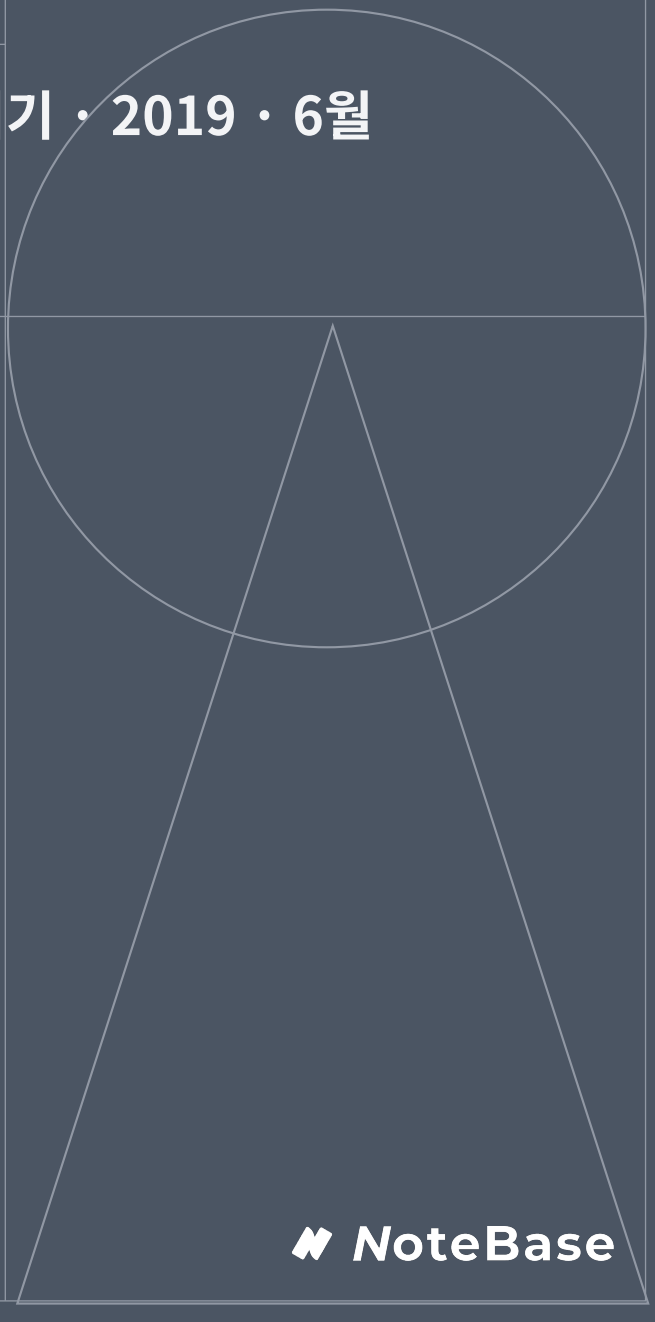
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2019 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2019 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전기기기 · 2019 · 6월

문 1. 마그네틱 토크와 릴럭턴스 토크를 모두 발생시키는 전동기는?

① 스위치드 릴럭턴스 전동기

② 표면부착형 영구자석 전동기

③ 매입형 영구자석 전동기

④ 동기형 릴럭턴스 전동기

정답 3번

간단한 해설

매입형 영구자석 전동기는 회전자 내부의 **영구자석 자속**으로 마그네틱 토크를 만들고, **방향에 따른 자기저항 차이**로 릴럭턴스 토크도 이용한다.

공통 해설

마그네틱 토크는 회전자 영구자석의 자속과 고정자 전류가 만드는 자기장의 상호작용으로 발생한다. 릴럭턴스 토크는 회전자가 자기저항이 작은 방향으로 정렬되려는 작용으로 발생한다. 따라서 두 토크를 함께 이용하려면 **영구자석과 방향에 따른 자기저항 차이**를 모두 갖추어야 한다. 이처럼 회전자 방향에 따라 자기적 성질이 달라지는 것을 자기적 돌극성이라 한다.

매입형 영구자석 전동기는 영구자석을 회전자 내부에 배치하므로 영구자석 자속을 가지면서 자기적 돌극성도 갖는다. 전류의 위상을 적절히 제어하면 **마그네틱 토크와 릴럭턴스 토크를 함께 이용**할 수 있다. 반면 표면부착형 영구자석 전동기는 일반적인 이상화 모델에서 방향별 자기저항 차이가 거의 없어 릴럭턴스 토크를 무시하며, 마그네틱 토크를 이용한다.

스위치드 릴럭턴스 전동기와 동기형 릴럭턴스 전동기는 기본 구조에 **회전자 영구자석이 없어** 영구자석에 의한 마그네틱 토크를 만들지 않는다. 이들은 자기저항 차이에 따른 릴럭턴스 토크를 이용하므로, 두 토크를 모두 발생시키는 조건을 충족하지 않는다.

NoteBase

문 2. 직류전동기에서 전기자 총도체수를 Z로, 극수를 p로, 전기자 병렬 회로수를 a로, 1극당 자속을 Φ로, 전기자 전류를 I_A로 나타낼 때, 토크 T[N · m]를 나타내는 것은?

① $\frac{Za}{2\pi p}\Phi I_A$
② $\frac{Zp}{2\pi a}\Phi I_A$
③ $\frac{Zp}{2\pi\Phi}aI_A$
④ $\frac{Zp}{2\pi I_A}a\Phi$

정답 2번

간단한 해설

직류전동기의 토크는 **자속과 전기자 전류의 곱에 비례**하며, $T = \frac{Zp}{2\pi a}\Phi I_A$로 나타낸다. 병렬 회로수 a는 전류가 나뉘는 경로 수이므로 분모에 놓인다.

공통 해설

직류전동기에서는 자기장 속의 전기자 도체에 전류가 흐를 때 힘이 작용하여 전자기 토크가 발생한다. 같은 전동기에서 토크는 1극당 자속 Φ와 전기자 전류 I_A의 곱에 비례한다.

전기자 전체 전류가 a개의 병렬 회로에 균등하게 나뉘므로 각 도체에 흐르는 전류는 $\frac{I_A}{a}$이다. 따라서 전체 전류가 같을 때 병렬 회로수가 많아지면 **도체당 전류가 작아져** 토크 식에서 a가 분모에 놓인다.

총도체수 Z와 전체 극수 p를 포함한 토크 관계식은 $T = \frac{Zp}{2\pi a}\Phi I_A$이다. 자속을 Wb, 전류를 A로 넣으면 토크의 단위는 N · m이다. 여기서 p는 **극쌍수가 아닌 전체 극수**이며, Z, p, Φ, I_A는 분자에, a는 분모에 놓인다.

NoteBase

문 3. 3상 권선형 유도전동기에서 회전자 회로의 저항(회전자 저항과 외부 저항의 합)을 2배로 하였을 때 나타나는 최대 토크 T_{max} [N·m]에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 최대 토크는 2배가 된다.

② 최대 토크는 1/2배가 된다.

③ 최대 토크는 4배가 된다.

④ 최대 토크는 변하지 않는다.

정답 4번

간단한 해설

전원 전압과 주파수가 일정하면 유도전동기의 **최대 토크는 회전자 회로의 저항과 무관하다**. 저항을 2배로 해도 최대 토크의 크기는 같고, 최대 토크가 발생하는 슬립이 달라진다.

공통 해설

권선형 유도전동기는 회전자 회로에 외부 저항을 연결하여 회전자 총저항을 바꿀 수 있다. 전원 전압·주파수와 나머지 회로 정수가 일정할 때, 회전자 총저항은 **최대 토크의 크기를 바꾸지 않는다**. 따라서 회전자 저항과 외부 저항의 합을 2배로 해도 최대 토크는 원래와 같다.

슬립은 동기속도에 대한 회전자 속도의 상대적인 뒤처짐을 나타낸다. 최대 토크가 발생하는 조건에서는 회전자 총저항과 슬립의 비가 일정하므로, 총저항을 늘리면 최대 토크가 발생하는 슬립도 커진다. 즉 토크–슬립 곡선에서 **최고점의 높이는 같고 위치가 달라진다**. 저항이 증가한다고 최대 토크가 2배·1/2배·4배로 바뀌는 것은 아니다.

NoteBase

문 4. 3상 6극, 50[Hz] Y결선인 원통형 동기발전기의 극당 자속이 0.1[Wb], 1상의 권선수 10[turns], 3상 단락전류는 2[A]일 때 동기 임피던스의 값[Ω]은? (단, 권선 계수는 1이다.)

① 25[Ω]

② 100[Ω]

③ 111[Ω]

④ 222[Ω]

정답 3번

간단한 해설

동기 임피던스는 **같은 여자 조건의 무부하 상전압을 상 단락전류로 나눈 값**이다. 주어진 권선의 상 유기기전력은 222 V이고, Y결선의 상 단락전류는 2 A이므로 동기 임피던스는 111 Ω이다.

계산 과정

1. 상 유기기전력: 정현파 자속을 기준으로 1상 유기기전력의 실효값은 $E_0 = 4.44 k_w f N \Phi$이다. 여기서 k_w는 권선 계수, f는 주파수, N은 1상의 직렬 권선수, Φ는 극당 자속이다. 주어진 값은 각각 1, 50 Hz, 10회, 0.1 Wb이므로 $E_0 = 4.44 \cdot 1 \cdot 50 \cdot 10 \cdot 0.1 = 222\text{V}$이다. 이 값은 **선간전압이 아니라 한 상의 유기기전력**이다. 주파수가 이미 주어져 있으므로 극수 6을 다시 곱하지 않는다.

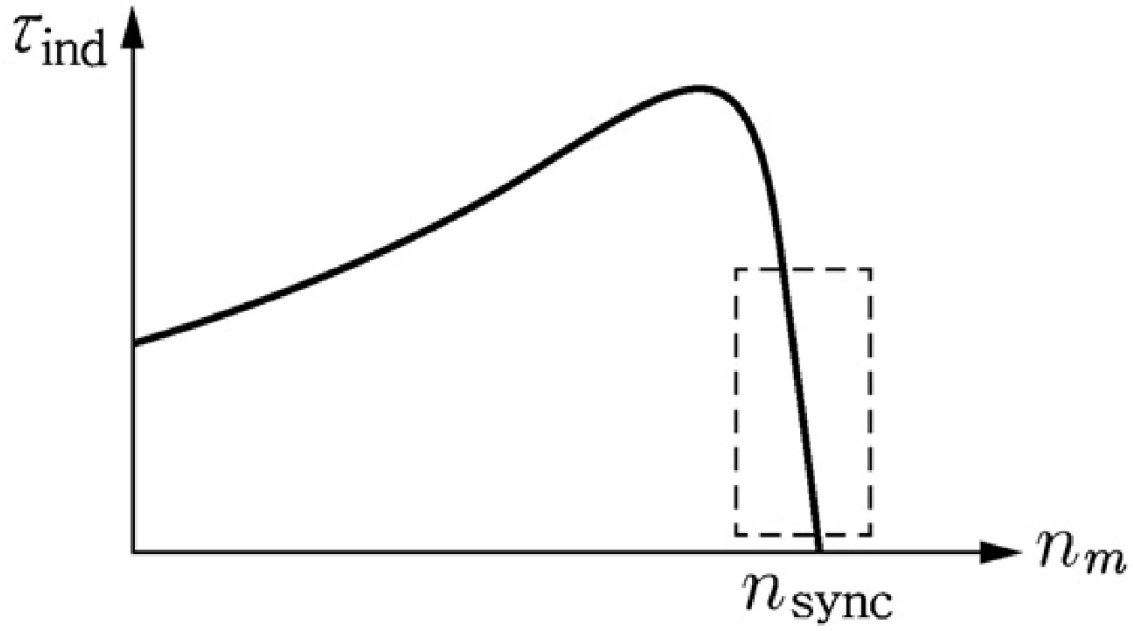
2. 상 단락전류: **Y결선에서는 선전류와 상전류가 같다.** 따라서 주어진 3상 단락전류 2 A를 한 상의 단락전류 I_s로 그대로 사용한다.

3. 동기 임피던스: 3상 단락 시 단자전압은 0이므로 한 상의 내부 유기기전력은 동기 임피던스에 의한 전압강하와 같다. 따라서 같은 회전속도와 여자 조건에서 무부하 상전압과 상 단락전류의 비로 동기 임피던스의 크기를 구한다. $Z_s = \frac{E_0}{I_s} = \frac{222}{2} = 111\Omega$이다.

계산된 동기 임피던스 111 Ω은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 그림과 같은 유도전동기의 속도-토크 특성 곡선에서 점선으로 표시된 영역의 특징으로 가장 옳지 않은 것은?



① 회전자 전류의 증가율은 무시할 정도로 작다.

② 슬립은 부하를 증가시킴에 따라 선형으로 증가한다.

③ 기계적 회전 속도는 부하 증가 시 선형으로 감소한다.

④ 회전자의 역률은 거의 1에 가깝다.

정답 1번

간단한 해설

점선으로 표시된 저슬립 영역에서는 부하가 증가하면 슬립이 커지고, **회전자 전류도 거의 선형으로 증가한다**.
따라서 회전자 전류의 증가율을 무시할 정도로 작다고 볼 수 없다.

NoteBase

선지별 해설

그림의 가로축은 기계적 회전 속도, 세로축은 유도 토크이다. 점선은 동기속도 바로 아래의 저슬립 영역을 둘러싸며, 이 구간의 곡선은 거의 직선이다. 동기속도를 n_s, 기계적 회전 속도를 n_m이라 하면 슬립은 $s = \frac{n_s - n_m}{n_s}$이다. 이하의 특성은 전원 전압과 주파수가 일정하고, 부하 증가에 따른 정상 운전점을 비교할 때의 근사적인 관계이다.

① X: 부하가 증가하면 속도가 조금 낮아져 슬립이 커지고, 회전자 유도기전력도 증가한다. 저슬립 영역에서는 회전자 임피던스가 저항에 의해 거의 결정되므로, 회전자 전류는 슬립과 부하 토크에 따라 **거의 선형으로 증가한다**. 속도 변화가 작다는 사실을 전류 증가도 무시할 수 있다는 뜻으로 해석해서는 안 된다.

② O: 저슬립 영역에서 유도 토크는 슬립에 거의 비례하여 $T \propto s$가 성립한다. 정상 운전에서는 전동기의 발생 토크가 부하 토크에 맞추어 증가해야 하므로, 부하 토크가 증가하면 **슬립도 거의 선형으로 증가한다**.

③ O: 속도와 슬립의 관계는 $n_m = (1 - s)n_s$이다. 전원 주파수가 일정하여 동기속도가 일정한 상태에서 슬립이 부하에 따라 선형으로 증가하면, 기계적 회전 속도는 **거의 선형으로 감소한다**. 그림에서도 점선 안의 곡선을 따라 토크가 커질수록 운전점이 왼쪽의 낮은 속도로 이동한다.

④ O: 회전자 전류의 주파수는 슬립과 전원 주파수의 곱이므로 저슬립 영역에서는 낮다. 이에 따라 회전자 누설 리액턴스가 회전자 저항보다 매우 작아져 전류와 유도기전력 사이의 위상차가 작아진다. 따라서 **회전자 역률은 거의 1**에 가깝다.

NoteBase

문 6. 3상 4극 60[Hz] 유도전동기가 1746[rpm]으로 운전되고 있다. 2차측 등가 저항이 0.6[Ω]이고 출력이 5820[W]일 때, 2차측 전류의 값[A]은? (단, 기계손은 무시한다.)

① 8[A]

② 10[A]

③ 12[A]

④ 14[A]

정답 2번

간단한 해설

슬립이 3%이므로 기계손을 무시한 출력 5820 W에 대응하는 **2차 동손은 180 W**이다. 이 동손을 3상 저항손으로 계산하면 2차측 전류는 10 A이다.

계산 과정

동기속도와 슬립: 주파수 $f = 60\text{Hz}$, 극수 $p = 4$이므로 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{p} = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1800\text{rpm}$이다. 슬립은 동기속도에 대한 회전자 속도의 부족 비율이므로 $s = \frac{1800 - 1746}{1800} = 0.03$이다.

2차 동손: 2차 입력을 P_2라 하면 그중 sP_2는 2차 동손으로, $(1 - s)P_2$는 기계적 동력으로 전환된다. **기계손을 무시하므로 전환된 기계적 동력이 축출력과 같다.** 따라서 출력 $P_o = 5820\text{W}$에 대한 2차 동손은 $P_{c2} = \frac{s}{1-s}P_o$이다. 수치를 대입하면 $P_{c2} = \frac{0.03}{0.97} \cdot 5820 = 180\text{W}$이다.

2차측 전류: 1상당 2차측 등가 저항을 $r_2 = 0.6\Omega$, 이에 대응하는 전류의 실효값을 I_2라 하면, **3상 전체의 2차 동손**은 $P_{c2} = 3I_2^2 r_2$이다. 따라서 $I_2 = \sqrt{\frac{180}{3 \cdot 0.6}} = 10\text{A}$이며, 이는 ②의 10 A에 해당한다.

NoteBase

문 7. 어떤 단상 변압기의 1차측의 권선수는 1800[turns]이다. 이 변압기의 등가회로 해석을 위해 2차측의 4[Ω] 임피던스를 1차측으로 등가 환산하였더니 2.5[kΩ]으로 계산되었다. 이 변압기의 2차측 권선수의 값[turns]은?

① 63[turns]

② 72[turns]

③ 81[turns]

④ 90[turns]

정답 2번

간단한 해설

2차측 임피던스를 1차측으로 환산할 때는 **권수비의 제곱**을 곱한다. 임피던스가 4 Ω에서 2500 Ω으로 환산되므로 권수비는 25이고, 2차측 권선수는 72 turns이다.

계산 과정

주어진 값: 1차측 권선수는 $N_1 = 1800$ turns, 2차측 임피던스는 $Z_2 = 4\Omega$이다. 1차측으로 환산한 임피던스는 $Z'_2 = 2.5\text{k}\Omega = 2500\Omega$이므로, 계산 전에 **임피던스의 단위를 Ω으로 통일**한다.

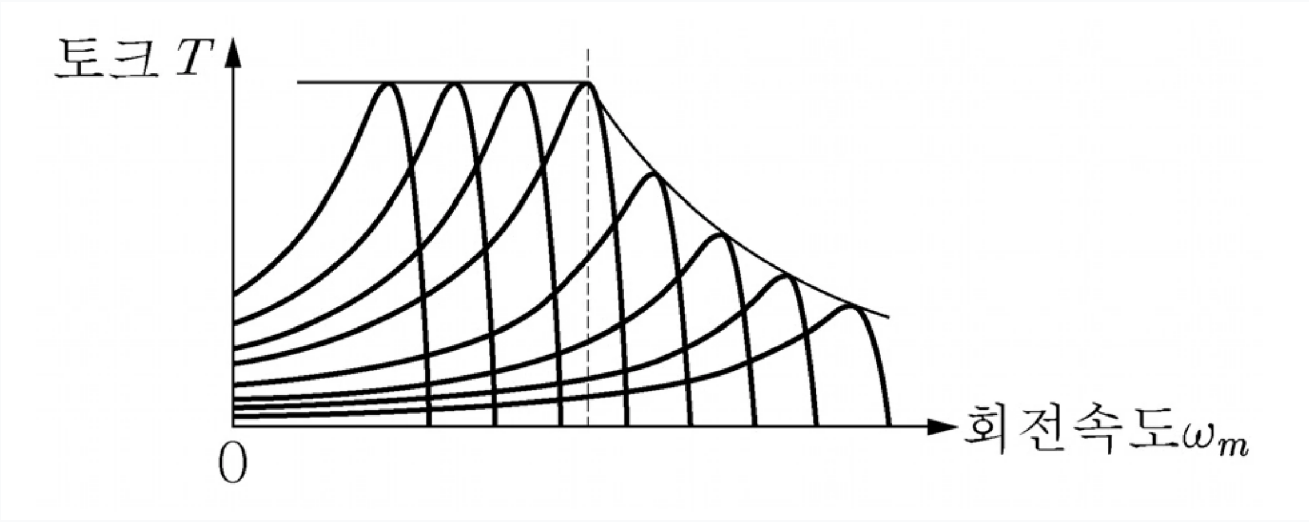
환산 관계: 권수비를 $a = \frac{N_1}{N_2}$로 정의하면, 2차측 임피던스를 1차측으로 환산하는 식은 $Z'_2 = a^2 Z_2$이다.
이상변압기의 권수비 관계에서 전압은 a배, 전류는 $\frac{1}{a}$배로 환산되므로, 전압을 전류로 나눈 임피던스에는 **권수비가 두 번 반영**된다.

권수비 계산: $a^2 = \frac{Z'_2}{Z_2} = \frac{2500}{4} = 625$이다. 625는 권수비 자체가 아니라 제곱값이므로, 양의 권선수 비를 취하면 $a = \sqrt{625} = 25$이다. 즉, 1차측 권선수는 2차측의 25배이다.

2차측 권선수 계산: $N_2 = \frac{N_1}{a} = \frac{1800}{25} = 72$ turns이다. 따라서 구한 72 turns는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 그림에서 나타내는 다상 유도전동기의 속도 제어법에 해당하는 것은?



① V/f 일정 제어법과 약자속 제어법

② 2차 저항 제어법

③ V/f 일정 제어법

④ 주파수 제어법

정답 1번

간단한 해설

점선 왼쪽에서는 곡선의 최대 토크가 일정하므로 V/f **일정 제어**에 해당한다. 점선 오른쪽에서 최대 토크가 작아지는 것은 전압을 더 높이지 못한 채 주파수를 높여 자속이 감소하는 **약자속 제어**의 특성이다.

NoteBase

도식 해설

그림의 세로축은 토크 T, 가로축은 회전속도 ω_m이다. 여러 곡선은 제어 조건을 달리했을 때의 토크–속도 특성이며, 각 곡선의 꼭대기는 그 조건에서 발생시킬 수 있는 최대 토크를 나타낸다.

점선 왼쪽: 속도가 높은 쪽으로 곡선이 이동해도 최대 토크의 높이는 같다. 고정자 저항의 전압강하를 무시하면 자속은 대략 $\Phi \propto \frac{V}{f}$의 관계를 따른다. 전압 V를 주파수 f에 비례하여 조정하면 **자속과 최대 토크를 거의 일정하게 유지**하면서 속도를 바꿀 수 있다. 이것이 기준 주파수 이하에서 사용하는 V/f 일정 제어이다.

점선 오른쪽: 속도가 높아질수록 각 곡선의 최대 토크가 작아진다. 기준 주파수에 도달한 뒤에는 전압의 상한 때문에 전압을 주파수에 비례하여 계속 높일 수 없다. **전압을 일정하게 제한하고 주파수만 높이면** V/f가 작아져 자속이 약해지고 최대 토크도 감소한다. 따라서 그림 전체는 V/f 일정 제어와 약자속 제어를 이어서 사용하는 특성이다.

다른 제어법과의 구별: 2차 저항 제어는 전원 주파수와 극수가 일정한 상태에서 회전자 저항을 바꾸어 슬립을 조정하므로 **동기속도가 변하지 않는다**. 그림처럼 각 곡선이 토크 0에 도달하는 고속 쪽 위치가 달라지는 특성과 구별된다. V/f 일정 제어만으로는 오른쪽의 최대 토크 감소 영역까지 설명할 수 없다. 주파수 제어법은 속도를 바꾸는 일반적인 방법을 가리키지만, 이 그림의 두 영역을 구체적으로 설명하려면 전압 조정 방식에 따른 V/f 일정 제어와 약자속 제어를 함께 구분해야 한다.

NoteBase

문 9. 단상변압기의 2차측을 개방할 경우, 1차측 단자에 60[Hz], 300[V]의 전압을 인가하면 2차측 단자에 150[V]가 유기되는 변압기가 존재한다. 1차측에 50[Hz], 2,000[V]를 인가하였을 경우, 2차측 무부하 단자전압의 값[V]은?

① 900[V]

② 950[V]

③ 1,000[V]

④ 1,050[V]

정답 3번

간단한 해설

무부하 전압비는 **권수비로 정해지므로 주파수가 바뀌어도 유지**된다. 처음에 2차 전압이 1차 전압의 절반이므로, 1차측에 2,000 V를 인가하면 2차측 무부하 단자전압은 1,000 V이다.

계산 과정

전압비의 적용: 2차측이 개방되어 있으므로 2차 전류는 흐르지 않는다. 여자전류에 의한 1차측 전압강하를 무시하면, 1차 단자전압 V_1은 1차 유기전압 E_1과 거의 같고 2차 무부하 단자전압 V_2는 2차 유기전압 E_2와 같다. 두 권선의 유기전압에는 같은 주파수와 철심 자속이 작용하므로, 전압비에서는 이들이 약분된다. 따라서 **주파수가 달라져도 권수비에 따른 전압비** $\frac{V_1}{V_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$를 적용한다. 여기서 N_1, N_2는 각각 1차와 2차의 권수이다.

권수비 계산: 60 Hz에서 1차 전압이 300 V이고 2차 무부하 전압이 150 V이므로, 권수비는 $a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{300}{150} = 2$ 이다. 이는 1차 권수가 2차 권수의 2배이며, 2차 전압은 1차 전압의 절반이라는 뜻이다.

변경 후 전압 계산: 같은 변압기에 50 Hz, 2,000 V를 인가해도 권수비는 2로 유지된다. 따라서 $V_2 = \frac{V_1}{a} = \frac{2{,}000}{2} = 1{,}000\text{V}$이며, ③의 1,000 V와 일치한다.

NoteBase

문 10. 유도전동기의 구속 시험에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 구속 시험으로 철손 저항과 자화 리액턴스 계산이 가능하다.

② 정격에서의 자기포화 현상 고려를 위해 주파수를 조정한다.

③ 구속 시험에서는 정격전류가 흐르는 전압에서 공극 자속밀도가 낮다.

④ 변압기의 단락 시험과 비슷한 특성을 갖는다.

정답 1번

간단한 해설

구속 시험에서는 낮은 전압으로 정격전류를 흘려 **권선의 등가 저항과 누설 리액턴스**를 구한다. 철손과 자화전류가 작으므로 철손 저항과 자화 리액턴스를 구하는 시험으로 보기는 어렵고, 이들은 **무부하 시험**으로 구한다.

선지별 해설

① X: 구속 시험은 회전자를 고정한 상태에서 낮은 전압을 가하여 정격전류를 흘리는 시험이다. 이때 철손과 자화전류가 작아 여자 분기를 무시하므로, 측정한 전압·전류·입력전력으로 구하는 것은 **고정자와 회전자의 등가 저항 및 누설 리액턴스**이다. 철손 저항과 자화 리액턴스는 무부하 시험에서 동손과 기계손 등을 구분하여 구한다.

② O: 이 문항에서는 정격 운전 특성을 반영하도록 시험 조건을 조정한다는 취지로 해석한다. 다만 자기포화를 고려하는 조건과 주파수 조정의 목적은 엄밀히 구분된다. 정격 운전 상태에 적용할 등가회로 상수를 구하려면 시험 전류와 주파수를 운전 조건에 맞추어야 한다. 누설 리액턴스가 자기포화와 회전자 주파수의 영향을 받기 때문이다. 구체적으로 **자기포화의 영향은 정격전류로 시험하여 반영**하고, 주파수를 낮추는 것은 정상 운전 시의 낮은 회전자 주파수에 따른 회전자 유효저항과 누설 인덕턴스의 특성을 반영하기 위한 조정이다.

③ O: 회전자가 구속되면 슬립이 1이 되어 회전자 쪽 임피던스가 작아지므로, **정격전압보다 낮은 전압**에서도 정격전류가 흐른다. 이러한 시험 조건에서는 공극 자속밀도가 낮고 철손과 자화전류도 작아진다.

④ O: 변압기의 단락 시험도 2차 측을 단락하고 낮은 전압으로 정격전류를 흘려 등가 저항과 누설 리액턴스를 구한다. 유도전동기의 구속 시험 역시 여자 분기의 영향을 작게 보고 **직렬 임피던스를 구한다**는 점에서 단락 시험과 비슷하다.

NoteBase

문 11. 3상 유도전동기의 출력이 95[W], 전부하 시의 슬립이 5[%]이면, 이때 2차 입력의 값[W]과 2차 동손의 값[W]은? (단, 기계손은 무시한다.)

① 90[W], 5[W]

② 85[W], 10[W]

③ 100[W], 5[W]

④ 105[W], 10[W]

정답 3번

간단한 해설

기계손을 무시하면 출력은 **2차 입력에서 2차 동손을 뺀 값**이다. 슬립이 5%이므로 2차 입력의 95%가 출력 95 W가 되어, 2차 입력은 100 W이고 2차 동손은 5 W이다.

계산 과정

전력 관계: 2차 입력 P_2는 고정자에서 공극을 통해 회전자에 전달되는 전력이다. 이 중 슬립 s에 해당하는 비율은 2차 동손 $P_{c2} = sP_2$으로 소비되고, 나머지 $(1-s)P_2$는 기계적 동력으로 변환된다. **기계손을 무시하므로** 이 기계적 동력이 그대로 출력 P_o가 되어 $P_o = (1-s)P_2$가 성립한다.

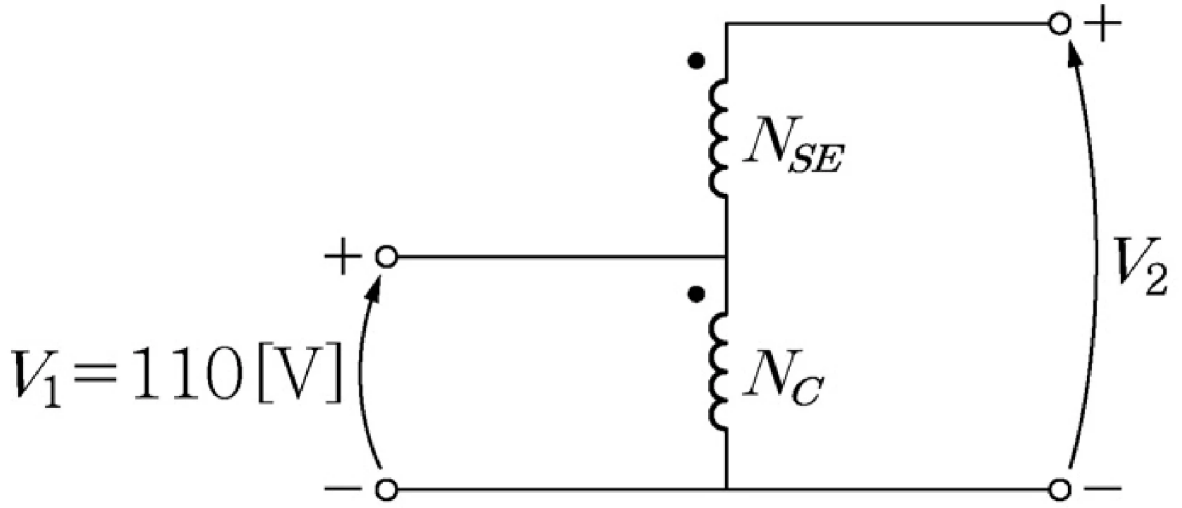
2차 입력: 슬립 5%를 소수로 나타내면 $s = 0.05$이다. 출력 95 W는 2차 입력의 95%에 해당하므로 $P_2 = \frac{P_o}{1-s} = \frac{95}{0.95} = 100\text{W}$이다.

2차 동손: **슬립은 2차 입력에 대한 2차 동손의 비율**이므로 $P_{c2} = sP_2 = 0.05 \cdot 100 = 5\text{W}$이다. 2차 입력 100 W에서 동손 5 W를 빼면 주어진 출력 95 W가 된다.

따라서 2차 입력과 2차 동손은 각각 100 W, 5 W로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 110[VA], 110/11[V] 변압기를 승압 단권 변압기 형태로 결선하였다. 이 동작 조건에서 1차측 단자전압이 110[V]일 때 변압기의 2차측 단자전압의 크기[V]와 출력측의 최대 피상전력의 값[VA]은? (단, 권선비 $N_{SE}/N_C = 1/10$이다.)



① 121[V], 1210[VA]

② 121[V], 1320[VA]

③ 132[V], 1210[VA]

④ 132[V], 1320[VA]

정답 1번

간단한 해설

승압 결선에서는 공통권선의 110 V에 직렬권선의 11 V가 더해져 **출력전압은 121 V**이다. 출력전류는 직렬권선의 정격전류인 10 A까지 흐를 수 있으므로 **최대 출력 피상전력은 1210 VA**이다.

NoteBase

계산 과정

주어진 110 VA는 원래 두 권선 변압기의 정격용량이다. 단권 결선에서는 전력의 일부가 권선 사이의 전기적 연결로 직접 전달되므로 출력용량이 이보다 커질 수 있다. 손실과 전압강하를 무시하고, 각 권선의 정격전압과 정격전류를 넘지 않는 조건으로 계산한다.

1. 출력전압: 그림에서 입력 110 V는 공통권선 N_C에 걸리고, 출력은 공통권선과 직렬권선 N_{SE} 전체에서 얻는다. 권선전압은 권수에 비례하므로 직렬권선 전압은 $V_{SE} = 110 \times \frac{N_{SE}}{N_C} = 110 \times \frac{1}{10} = 11\text{V}$이다. 두 권선전압이 **더해지는 승압 결선**이므로 출력전압은 $V_2 = 110 + 11 = 121\text{V}$이다.

2. 허용 출력전류: 원래 변압기의 각 권선은 정격전압과 정격전류의 곱이 110 VA이다. 따라서 11 V 직렬권선의 정격전류는 $I_{SE} = \frac{110}{11} = 10\text{A}$, 110 V 공통권선의 정격전류는 $I_C = \frac{110}{110} = 1\text{A}$이다. 출력단자에 이어진 **직렬권선에는 출력전류가 그대로 흐르므로** 허용 출력전류는 10 A이다. 이때 두 권선의 기자력이 상쇄되는 관계에 따라 공통권선 전류의 크기는 $\frac{N_{SE}}{N_C} \times 10 = 1\text{A}$이므로 공통권선도 정격전류를 넘지 않는다.

3. 최대 출력 피상전력: 출력전압과 허용 출력전류를 곱하면 $S_{\max} = V_2 I_2 = 121 \times 10 = 1210\text{VA}$이다. 출력전압 121 V와 최대 출력 피상전력 1210 VA의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 13. 직류전동기의 역기전력이 150[V]이며 600[rpm]으로 회전하면서 15[N·m]의 토크를 발생하고 있을 때의 전기자 전류의 값[A]은? (단, π=3.14이고 계산값은 소수 둘째 자리에서 반올림한다.)

① 3.3[A]

② 4.3[A]

③ 5.3[A]

④ 6.3[A]

정답 4번

간단한 해설

직류전동기에서 **역기전력과 전기자 전류의 곱**은 토크와 각속도의 곱과 같으므로 $EI_a = T\omega$를 이용한다. 600 rpm을 각속도로 환산해 대입하면 전기자 전류는 약 6.3 A이다.

계산 과정

전력 관계: 역기전력을 E, 전기자 전류를 I_a, 발생 토크를 T, 각속도를 ω라 하면, 전자기적으로 변환되는 전력은 $EI_a = T\omega$이다. 여기서 사용하는 전압은 **단자전압이 아니라 역기전력**이며, 주어진 값은 E = 150 V, T = 15 N·m이다.

각속도 환산: 회전속도 N = 600 rpm은 1분에 600회 회전한다는 뜻이다. 한 바퀴는 2π rad이고 1분은 60초이므로, **분당 회전수를 초당 각속도로 환산**하면 $\omega = \frac{2\pi N}{60}$이다. 주어진 π = 3.14를 적용하면 $\omega = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 600}{60} = 62.8\text{rad/s}$이다.

변환 전력 계산: 토크에 각속도를 곱하면 단위 시간당 기계적 일을 구할 수 있다. 따라서 전자기적으로 변환되는 전력은 $P = T\omega = 15 \cdot 62.8 = 942\text{W}$이다.

전기자 전류 계산: 변환 전력을 역기전력으로 나누면 $I_a = \frac{P}{E} = \frac{942}{150} = 6.28\text{A}$이다. 소수 둘째 자리에서 반올림하면 6.3 A이므로 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 14. 어떤 비돌극형 동기발전기가 1상의 단자전압 V는 280[V], 유도기전력 E는 288[V], 부하각 60°로 운전 중에 있다. 이 발전기의 동기 리액턴스 X_s는 1.2[Ω]일 때, 이 발전기가 가질 수 있는 1상의 최대 출력의 값[kW]은? (단, 전기자 저항은 무시한다.)

① 67.2[kW]

② 58.2[kW]

③ 33.6[kW]

④ 25.4[kW]

정답 1번

간단한 해설

전기자 저항을 무시한 비돌극형 동기발전기는 **부하각이 90°일 때** 출력이 최대가 된다. 1상의 최대 출력은 $P_{\max} = \frac{VE}{X_s}$이므로 67.2 kW이다.

계산 과정

1상의 단자전압은 V = 280 V, 유도기전력은 E = 288 V, 동기 리액턴스는 $X_s = 1.2\Omega$이다. 비돌극형 동기발전기에서 전기자 저항을 무시하면 1상의 유효출력은 $P = \frac{VE}{X_s}\sin\delta$로 나타낸다. 여기서 δ는 유도기전력과 단자전압 사이의 위상차인 부하각이다. **1상의 출력**을 구하므로 3상 전체 출력에 사용하는 계수 3을 곱하지 않는다.

V, E 및 X_s가 주어진 값으로 일정할 때 출력은 $\sin\delta$에 비례한다. 이 값이 최대인 1이 되는 **부하각 90°**에서 최대 출력에 도달하므로 $P_{\max} = \frac{VE}{X_s}$이다. 문제의 60°는 현재 운전 중인 부하각이며, 최대 출력을 계산할 때 대입하는 부하각과 구별한다.

주어진 값을 대입하면 $P_{\max} = \frac{280 \cdot 288}{1.2} = 67200\text{W}$이다. 1000 W = 1 kW이므로 1상의 최대 출력은 67.2 kW이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 동기기의 제동권선의 역할로 가장 옳지 않은 것은?

① 동기전동기의 기동토크 발생에 기여한다.

② 동기기의 증속 또는 감속 시에 동기속도를 유지하는 데 기여한다.

③ 전력과 토크의 과도 상태의 크기를 감소시킨다.

④ 동기전동기 기동에서 일정한 크기와 방향의 토크를 발생시킨다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '일정한 크기'가 잘못되었다. 제동권선은 기동 시 유도토크를 발생시키지만, **토크의 크기는 슬립에 따라 달라진다**. 여기서 슬립은 회전자계와 회전자의 속도 차이를 동기속도로 나눈 값이다.

선지별 해설

제동권선은 동기기 회전자의 자극면에 설치한 도체 막대의 양 끝을 단락한 권선으로, 농형 유도전동기의 회전자와 비슷한 구조이다. 회전자와 회전자계 사이에 상대운동이 생기면 전류가 유도되고, 이 전류와 자기장의 작용으로 토크가 발생한다.

① O: 정지한 회전자에 대해 고정자의 회전자계가 움직이면 제동권선에 전류가 유도된다. 이에 따라 **유도전동기와 같은 원리로 기동토크**가 발생하여 회전자를 가속한다. 동기속도 가까이 도달한 뒤 계자에 직류를 공급하면 동기운전으로 이행할 수 있다.

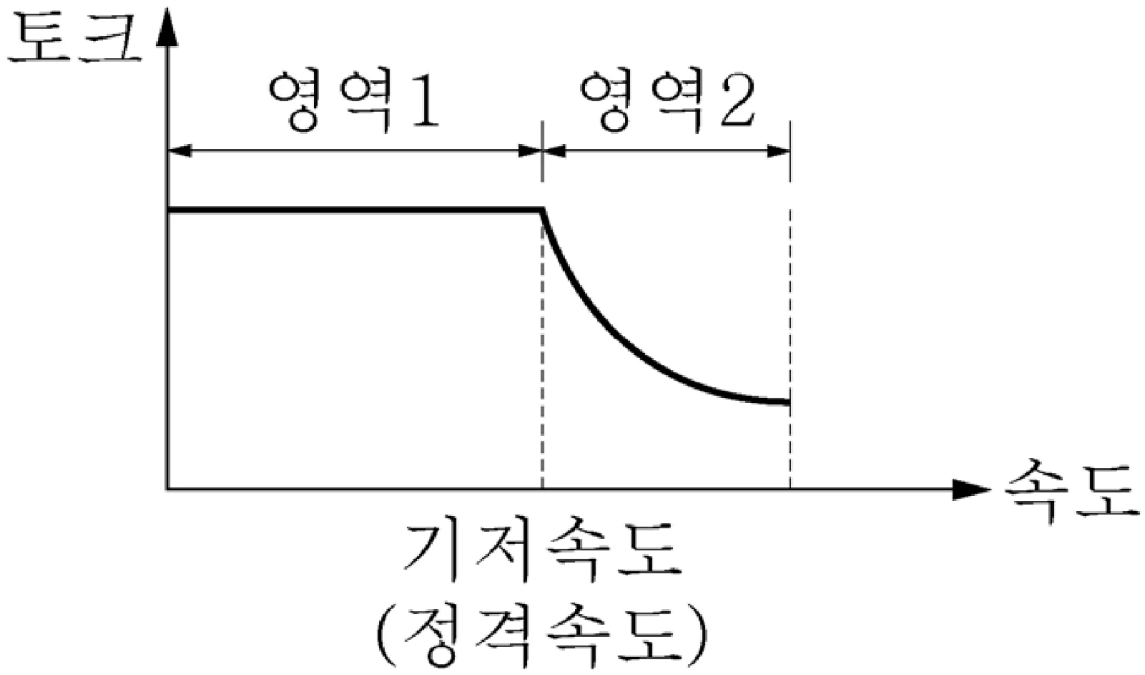
② O: 회전자가 동기속도보다 빨라지면 감속시키는 방향으로, 느려지면 가속시키는 방향으로 제동토크가 작용한다. 즉, **동기속도로부터의 속도 편차를 줄이는 방향**으로 작용하여 동기운전을 안정시키는 데 기여한다.

③ O: 부하가 급변하면 회전자의 속도와 부하각이 평형 상태를 중심으로 진동하는 난조가 생길 수 있으며, 이때 전력과 토크도 진동한다. 제동권선은 이 회전자 진동을 억제하므로 **전력과 토크의 과도 진동을 감쇠**시킨다.

④ X: 제동권선이 기동토크를 발생시키는 것은 맞지만, 기동 과정 내내 그 크기가 일정한 것은 아니다. 슬립은 회전자계와 회전자의 속도 차이를 동기속도로 나눈 값이며, 가속하면서 슬립이 변하면 유도전류와 토크도 변한다. 동기속도보다 낮은 기동 구간에서는 회전자계를 따라 가속하는 방향으로 작용하지만, **토크의 크기는 슬립에 따라 달라진다**. 이상적인 평형 동기운전에서는 상대운동이 없어 제동권선의 유도전류와 토크가 0이 된다.

NoteBase

문 16. 그림은 광범위한 속도 영역에서의 운전을 위한 제어 방법을 적용한 타여자 직류전동기의 속도-토크 특성 곡선을 나타낸다. 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?



① 영역 1은 전압 제어에 의해 이루어진다.

② 영역 2는 계자 자속 제어에 의해 이루어진다.

③ 영역 1에서는 출력이 일정하다.

④ 영역 2에서는 전류가 일정하다.

정답 3번

간단한 해설

영역 1은 **출력이 아니라 토크가 일정한 영역**이다. 기계적 출력은 토크와 회전 각속도의 곱이므로, 토크가 일정한 상태에서 속도가 증가하면 출력도 증가한다.

NoteBase

선지별 해설

그림의 가로축은 속도, 세로축은 토크이다. 기저속도 이하의 영역 1에서는 토크가 일정하고, 기저속도를 넘는 영역 2에서는 속도가 증가할수록 토크가 감소한다. 직류전동기의 토크는 $T = k\Phi I_a$, 기계적 출력은 $P = T\omega$이다. 여기서 k는 전동기 상수, Φ는 계자 자속, I_a는 전기자전류, ω는 회전 각속도이다.

① O: 영역 1은 계자 자속을 정격값으로 유지하고 **전기자전압을 변화시켜** 속도를 조절하는 영역이다. 전기자전류를 일정하게 유지하면 자속과 전류의 곱으로 정해지는 토크도 일정하므로, 그림처럼 수평인 토크 특성이 나타난다.

② O: 영역 2는 전기자전압이 정격값에 도달한 뒤 **계자 자속을 줄여** 기저속도 이상의 속도를 얻는 약계자 제어 영역이다. 전압을 더 높이지 않고도 자속을 줄이면 속도를 높일 수 있지만, 같은 전기자전류에서 발생하는 토크는 감소한다.

③ X: 영역 1에서 일정한 것은 **토크**이다. $P = T\omega$에서 토크가 일정하므로 출력은 속도에 비례하여 증가한다. 따라서 '영역 1에서는 출력이 일정하다'는 '영역 1에서는 토크가 일정하고, 출력은 속도에 비례한다'로 고쳐야 한다. 출력을 일정하게 유지하는 것은 이상적인 특성으로 보는 영역 2이다.

④ O: 그림의 영역 2는 전기자전압과 **전기자전류를 일정하게 유지**하면서 계자 자속을 줄이는 정출력 운전 영역이다. 전기자전류가 일정해도 자속이 감소하므로 토크는 감소한다. 이때 일정한 전류는 전기자전류를 뜻하며, 자속을 줄이기 위한 계자전류는 감소한다.

NoteBase

문 17. 단상변압기의 권수비가 20일 때, 전부하에서 2차측 단자전압은 220[V]이고 전압변동률이 5[%]인 경우 1차측 무부하 단자전압의 값[V]은?

① 4,000[V]

② 4,180[V]

③ 4,400[V]

④ 4,620[V]

정답 4번

간단한 해설

전압변동률 5%는 **전부하 2차 전압 220 V를 기준**으로 하므로, 무부하 2차 전압은 220 × 1.05 = 231 V이다. 여기에 권수비 20을 곱하면 1차측 무부하 단자전압은 4,620 V이다.

계산 과정

전압변동률은 1차측 인가전압을 일정하게 유지하면서 부하를 전부하에서 무부하로 바꿀 때, 2차측 단자전압의 증가분을 **전부하 2차측 단자전압으로 나눈 비율**이다. 전부하 2차 전압이 220 V이고 전압변동률이 5%이므로, 무부하 2차 전압을 V_{20}이라 하면 $\frac{V_{20}-220}{220}=0.05$이다.

무부하 2차 전압을 구하면 $V_{20}=220\cdot(1+0.05)=231\text{V}$이다. 231 V는 부하를 제거하여 내부 전압강하가 줄어들었을 때의 2차측 단자전압이다.

권수비는 1차 권수와 2차 권수의 비이므로 $a=\frac{N_1}{N_2}=20$이다. 무부하에서 여자전류에 의한 1차측 전압강하를 무시하면, **무부하 전압비를 권수비와 같게** 둘 수 있다. 따라서 1차측 무부하 단자전압은 $V_{10}\approx aV_{20}=20\cdot231=4{,}620\text{V}$이며, ④의 4,620 V에 해당한다.

NoteBase

문 18. 지상 역률로 동작하고 있는 동기전동기가 일정 출력을 발생시키고 있다. 이때, 계자 자속을 증가시킴에 따라 일어나는 현상으로 가장 옳지 않은 것은?

① 계자 자속 제어를 통해 역률 제어가 가능하다.

② 전동기는 유도성 부하 동작에서 용량성 부하 동작으로 바뀐다.

③ 동기전동기의 V특성으로 설명된다.

④ 일정한 부하각을 유지할 수 있다.

정답 4번

간단한 해설

일정 출력에서 계자 자속을 증가시키면 내부 유기기전력이 커지므로, 부하각은 **일정하게 유지되는 것이 아니라 감소**한다.

선지별 해설

전원 전압과 주파수가 일정한 정상 운전을 기준으로 여자 변화의 영향을 살펴본다.

① O: 동기전동기는 계자 전류를 조절하여 계자 자속과 내부 유기기전력을 바꿀 수 있다. 이에 따라 전기자 전류와 전압 사이의 위상차가 달라지므로, **기계적 출력을 일정하게 유지하면서도 역률을 제어**할 수 있다.

② O: 지상 역률에서는 전류가 전압보다 늦고 무효전력을 흡수하므로 유도성 부하로 동작한다. 계자 자속을 증가시키면 역률이 개선되고, **단위 역률을 지나 과여자 상태가 되면** 전류가 전압보다 앞서는 진상 역률이 된다. 이때 무효전력을 공급하는 용량성 부하로 동작한다. 자속을 조금만 증가시켜도 즉시 용량성이 된다는 뜻은 아니다.

③ O: V특성은 **일정 부하에서 계자 전류에 따른 전기자 전류의 변화**를 나타낸다. 부족여자 상태에서 계자 전류를 증가시키면 전기자 전류는 감소하여 단위 역률에서 최소가 되고, 이후 과여자 상태에서는 다시 증가한다. 이 과정에서 역률은 지상에서 단위 역률을 거쳐 진상으로 바뀌므로, 문제의 현상을 V특성으로 설명할 수 있다.

④ X: 부하각 δ는 전원 전압과 내부 유기기전력 사이의 전기적 위상차이다. 전기자 저항과 손실을 무시하는 기본 모델에서 3상 전력은 $P = \frac{3VE}{X_s}\sin\delta$로 나타낸다. 여기서 V는 상전압, E는 상 내부 유기기전력, X_s는 동기 리액턴스이다. 전압과 동기 리액턴스가 일정하고 출력이 일정하면 $E\sin\delta$가 일정해야 한다. 계자 자속 증가로 E가 커지면 통상적인 안정 운전 범위에서 **부하각은 감소**하므로, 일정한 부하각을 유지한다는 설명은 성립하지 않는다.

NoteBase

문 19. 유도기의 슬립이 0보다 작은 경우의 설명으로 가장 옳은 것은?

① 유도기는 전동기로 동작한다.

② 유도기 구동 시스템의 운동 에너지가 전원에 공급된다.

③ 유도기는 회전자의 회전 방향으로 토크를 발생시킨다.

④ 유도기 회전자의 회전 속도가 회전자계의 회전 속도보다 느리다.

정답 2번

간단한 해설

슬립이 음수이면 회전자가 회전자계보다 빨리 돌아 유도기가 발전기로 동작한다. 이때 구동 시스템의 **운동 에너지를 전기 에너지로 변환하여 전원으로 돌려보내는** 회생제동이 이루어진다.

선지별 해설

회전자계의 회전 속도인 동기속도를 n_s, 회전자 속도를 n_r라 하면 슬립은 $s = \frac{n_s - n_r}{n_s}$이다. 회전자계의 회전 방향을 양의 방향으로 두면, $s < 0$에서는 $n_r > n_s$이므로 회전자가 회전자계보다 빠르게 같은 방향으로 회전한다.

① X: 슬립이 음수인 영역에서는 유도기가 **발전기로 동작**하여 기계 에너지를 전기 에너지로 바꾼다. 전동기로 동작하는 영역은 회전자가 회전자계와 같은 방향으로 더 느리게 도는 경우이며, 이때 슬립은 0보다 크고 1보다 작다.

② O: 발전 동작 중에는 회전을 억제하는 전자기 토크가 작용한다. 구동 시스템이 감속하면서 내놓는 운동 에너지는 전기 에너지로 변환되고, 손실을 제외한 에너지가 **전원으로 반환**된다. 이를 회생제동이라고 한다.

③ X: 회전자가 회전자계를 앞질러 돌면 유도 전류에 의한 토크는 그 상대 운동을 억제하는 방향으로 작용한다. 따라서 토크는 회전자의 회전 방향과 **반대 방향**으로 발생하여 제동 작용을 한다.

④ X: $s < 0$이면 슬립 식의 분자 $n_s - n_r$가 음수이므로 $n_r > n_s$이다. 따라서 회전자 속도는 회전자계의 회전 속도보다 **빠르다**. 회전자가 회전자계와 같은 방향으로 더 느리게 돌면 슬립은 양수가 된다.

NoteBase

문 20. 스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched Reluctance Motor, SRM)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 회전자 구조가 간단하여 기계적으로 강건하다.

② 영구자석을 사용하므로 더 높은 출력을 얻을 수 있다.

③ 이중 돌극 구조를 가지므로 토크 맥동이 크다.

④ 회전자가 회전함에 따라 자기 인덕턴스가 변한다.

정답 2번

간단한 해설

SRM은 **영구자석을 사용하지 않고**, 고정자 권선의 여자에 따라 회전자가 자기저항이 작아지는 방향으로 움직이는 힘으로 토크를 얻는다. 따라서 영구자석을 사용하여 더 높은 출력을 얻는다는 설명은 SRM의 특성과 맞지 않는다.

선지별 해설

① O: 회전자는 권선이나 영구자석 없이 돌극을 가진 철심으로 구성된다. 회전자에 복잡한 전기적 부품이 없어 **구조가 단순하고 기계적으로 강건하다**.

② X: 일반적인 SRM은 **영구자석을 사용하지 않는다**. 고정자 권선에 전류를 흘리면 회전자 돌극이 여자된 고정자 돌극과 정렬하여 자기저항을 줄이려는 방향으로 움직이며, 이때 릴럭턴스 토크가 발생한다. 따라서 영구자석 사용에 따른 출력 증가를 SRM의 특징으로 설명할 수 없다.

③ O: 이중 돌극 구조는 **고정자와 회전자 모두에 돌극이 있는 구조**를 뜻한다. 이 구조에서는 회전자 위치에 따라 토크 특성이 달라지고, 각 상을 순차적으로 여자하면서 발생 토크가 주기적으로 변하므로 토크 맥동이 큰 편이다.

④ O: 회전자가 회전하면 고정자 돌극과 회전자 돌극이 겹치는 정도가 달라져 자기회로의 자기저항이 변한다. 같은 여자전류에서 두 돌극이 **정렬할수록 자기저항은 작아지고** 자속이 잘 통하므로, 해당 고정자 권선의 자기 인덕턴스는 커진다. 따라서 자기 인덕턴스는 회전자 위치에 따라 변한다.

NoteBase