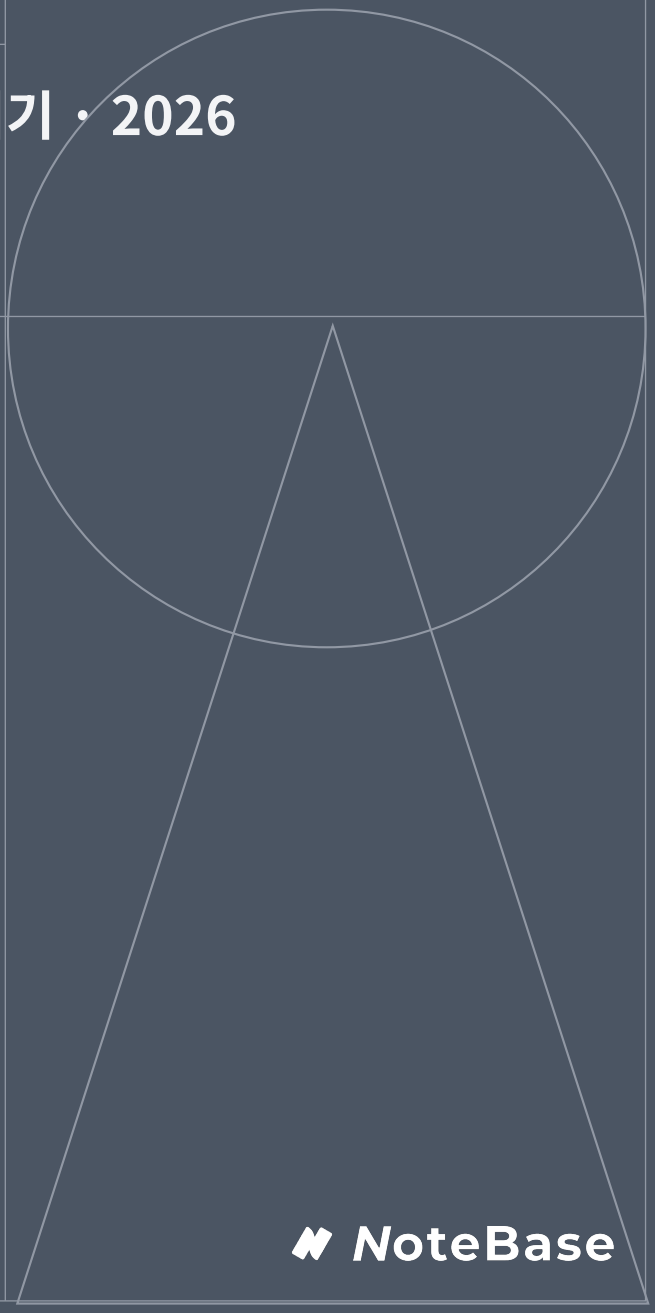
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2026



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2026

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2026

문 1. 직류기의 주요 구성 요소만 나열한 것은?

① 전기자, 계자, 단락환

② 전기자, 계자, 여자기

③ 전기자, 계자, 정류자

④ 전기자, 정류자, 셰이딩코일

정답 3번

간단한 해설

직류기의 3대 구성 요소는 **전기자·계자·정류자**이다. 특히 정류자는 전기자 권선과 외부 회로 사이의 접속을 회전에 맞추어 바꾸어 직류기로 작동하게 한다.

공통 해설

직류기의 3대 구성 요소는 **전기자·계자·정류자**이다. 계자는 주자속을 만드는 부분이고, 전기자는 그 자속과 상호 작용하여 기전력이 유도되거나 전자기력이 발생하는 부분이다. 정류자는 전기자 권선과 외부 회로 사이의 접속을 회전에 맞추어 바꾼다. 발전기에서는 전기자 권선에 유도되는 교류를 외부 회로에 직류로 공급하고, 전동기에서는 전기자 권선의 전류 방향을 적절히 바꾸어 토크가 같은 방향으로 작용하도록 한다.

문제는 직류기에 쓰일 수 있는 장치를 모두 묻는 것이 아니라 **주요 구성 요소만으로 이루어진 묶음**을 묻는다. 따라서 전기자·계자·정류자를 함께 나열한 묶음이 해당한다. 단락환·여자기·셰이딩코일이 포함된 나머지 묶음은 이 3대 구성 요소의 나열과 일치하지 않는다.

NoteBase

문 2. 권수비 100:20인 변압기의 1차측 전원이 100 [V], 60 [Hz]이다. 2차측 부하가 $Z_L = 1 + j$ [Ω]이면 2차측 전류[A]는?

① 10

② $10\sqrt{2}$

③ 20

④ $20\sqrt{2}$

정답 2번

간단한 해설

권수비에 따라 2차 전압은 20 V이며, 전류의 크기는 이를 **부하 임피던스의 크기**로 나누어 구한다. 부하 임피던스의 크기가 $\sqrt{2}\,\Omega$이므로 2차 전류는 $10\sqrt{2}\,\mathrm{A}$이다.

계산 과정

권선 저항과 누설 리액턴스 등의 비이상적 요소가 주어지지 않았으므로 이상 변압기로 계산한다. 전압과 전류는 실효값으로 다룬다.

2차 전압: 이상 변압기의 전압비는 권수비와 같으므로 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$이다. 따라서 $V_2 = 100 \cdot \frac{20}{100} = 20\mathrm{V}$이다. 이는 2차측 부하에 걸리는 전압이다.

부하 임피던스의 크기: $Z_L = 1 + j\Omega$에서 저항 성분은 1 Ω, 유도성 리액턴스 성분은 1 Ω이다. 두 성분은 위상이 직각이므로 **단순히 더하지 않고** 크기를 구한다. 따라서 $|Z_L| = \sqrt{1^2 + 1^2} = \sqrt{2}\,\Omega$이다. 60 Hz에서의 부하 임피던스가 이미 주어져 있으므로 주파수를 다시 대입할 필요는 없다.

2차 전류: 교류 회로의 옴의 법칙에 따라 전류의 크기는 $|I_2| = \frac{|V_2|}{|Z_L|}$이다. 따라서 $|I_2| = \frac{20}{\sqrt{2}} = 10\sqrt{2}\,\mathrm{A}$이며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 변압기 철심의 낱장 두께가 $\frac{1}{2}$배로 변할 때 와전류손은 약 몇 배가 되는가? (단, 변압기 철심의 적층길이는 동일하고 철심 낱장의 폭은 두께에 비해 매우 크다)

① $\frac{1}{4}$

② $\frac{1}{2}$

③ 2

④ 4

정답 1번

간단한 해설

다른 조건이 같으면 와전류손은 **철심 낱장 두께의 제곱에 비례**한다. 두께가 1/2배가 되면 와전류손은 $(1/2)^2 = 1/4$배가 된다.

계산 과정

철심 낱장의 폭이 두께보다 매우 크므로 얇은 강판의 와전류손 관계를 적용한다. 주파수·최대 자속밀도·철심 재질이 같은 조건에서, 단위 부피당 와전류손은 **낱장 두께의 제곱에 비례**한다. 적층길이가 같으므로 낱장이 얇아져 장수가 늘어나더라도 전체 철심 부피는 같게 비교하며, 전체 와전류손에도 같은 비례관계가 적용된다.

변경 전후 낱장 두께를 각각 t, t', 전체 와전류손을 각각 P_e, P'_e라 두면 $t' = t/2$이다. 따라서 손실의 비는 $\frac{P'_e}{P_e} = \left(\frac{t'}{t}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$이다. 이 비는 변경 후 손실이 변경 전 손실의 얼마인지를 나타내는 무차원 값이다.

와전류손은 원래의 $\frac{1}{4}$배가 되므로 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 유도전동기의 회전자저항이 변할 때 영향을 받는 것은? (단, 기계손은 무시한다)

① 최대토크

② 기동토크

③ 무부하전류

④ 무부하토크

정답 2번

간단한 해설

기동 시에는 회전자가 정지해 있으므로, 회전자저항이 달라지면 회전자전류와 역률이 변하여 **기동토크가 달라진다**. 최대토크는 크기가 아니라 발생하는 속도가 달라진다는 점을 구분해야 한다.

선지별 해설

전원 전압·주파수와 회전자저항 이외의 회로정수는 일정한 조건에서 비교한다.

① 최대토크: 전원 전압·주파수와 나머지 회로정수가 일정하면 **최대토크의 크기는 회전자저항과 무관하다**. 회전자저항이 커지면 최대토크가 발생하는 슬립이 커지고 그때의 회전속도가 낮아진다. 슬립은 동기속도에 비해 회전자가 얼마나 느리게 도는지를 나타내므로, 최대토크의 크기와 발생 위치를 구분해야 한다.

② 기동토크: 기동 순간에는 회전자가 정지해 있어 슬립이 1이다. 이 상태에서 회전자저항이 변하면 회전자전류의 크기와 역률이 함께 달라져 **기동토크가 변한다**. 보통 회전자저항을 늘리면 기동토크가 증가하지만, 기동토크가 최대토크에 도달하는 저항값을 넘으면 오히려 감소한다. 따라서 저항을 늘릴수록 항상 증가하는 것은 아니다.

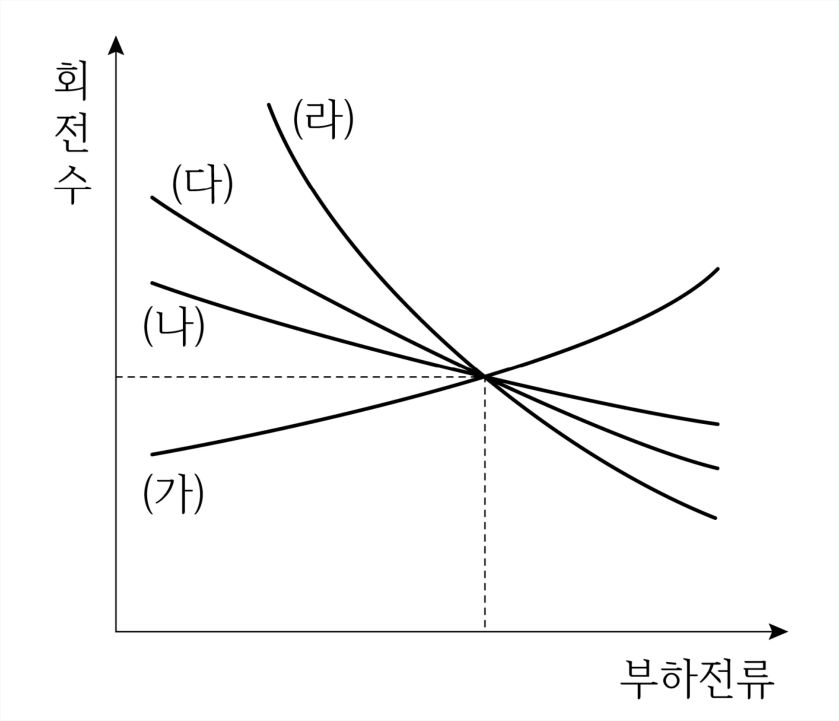
③ 무부하전류: 기계손을 무시한 정상 무부하 상태에서는 회전자가 동기속도로 회전하는 것으로 보아 슬립이 0이고, 회전자 유도전류도 0이다. 그래도 고정자에는 자속을 만들고 철손을 공급하는 **여자전류가 흐른다**. 이 전류는 여자회로와 전원 조건으로 결정되므로 회전자저항의 영향을 받지 않는다.

④ 무부하토크: 정상 무부하 상태의 발생토크는 마찰·풍손 등의 기계손을 보충하는 데 필요하다. 문제처럼 **기계손을 무시하면 무부하토크는 0**이므로, 회전자저항이 변해도 달라지지 않는다.

같은 전원 조건에서 회전자저항 변화에 따라 달라지는 물리량은 기동토크이며, ②에 해당한다.

NoteBase

문 5. 다음은 여러 직류전동기의 부하전류에 따른 속도 특성 곡선이다. 그림의 (가), (나), (다), (라)에 알맞은 직류전동기를 바르게 연결한 것은?



① (가): 차동복권, (나): 분권, (다): 가동복권, (라): 직권

② (가): 가동복권, (나): 분권, (다): 차동복권, (라): 직권

③ (가): 차동복권, (나): 직권, (다): 가동복권, (라): 분권

④ (가): 가동복권, (나): 직권, (다): 차동복권, (라): 분권

정답 1번

간단한 해설

부하전류가 증가할 때 (가)는 **자속이 약해져 속도가 상승하는 차동복권**이고, (나)는 자속이 거의 일정해 속도 변화가 작은 분권이다. (다)는 직권계자가 자속을 보강하는 가동복권이며, (라)는 작은 부하전류에서 속도가 매우 높은 직권이다.

NoteBase

대응 관계 해설

그림의 가로축은 부하전류, 세로축은 회전수이다. 직류전동기의 속도는 $n = \frac{E}{k\Phi}$로 나타낸다. 여기서 E는 역기전력, Φ는 계자자속, k는 전동기 구조에 따른 상수이다. 전원 전압이 일정할 때 부하전류가 증가하면 전기자 회로의 저항 전압강하가 커져 역기전력이 감소한다. 이 효과와 계자자속의 변화를 함께 보아 각 곡선을 구분한다.

(가): 차동복권전동기. 그림에서 부하전류가 증가할수록 회전수가 상승한다. 차동복권은 직권계자의 자속이 분권계자의 자속을 **약화하는 방향**으로 작용한다. 따라서 부하전류가 증가하면 합성자속이 감소하며, 그림에서는 이 영향이 저항 전압강하의 영향보다 커서 속도가 상승한다.

(나): 분권전동기. 그림에서 부하전류가 증가해도 회전수가 완만하게 감소한다. 분권계자는 전원에 병렬로 연결되어 전원 전압이 일정하면 계자전류와 **자속이 거의 일정**하다. 부하전류 증가에 따른 저항 전압강하 때문에 속도가 조금 낮아진다.

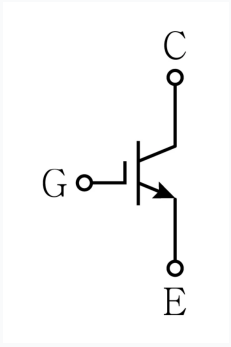
(다): 가동복권전동기. 그림에서 회전수가 분권전동기보다 크게 감소한다. 가동복권은 직권계자의 자속이 분권계자의 자속을 **보강하는 방향**으로 작용한다. 부하전류 증가로 합성자속이 커지고 저항 전압강하도 증가하므로, 자속이 거의 일정한 분권전동기보다 속도 저하가 크다.

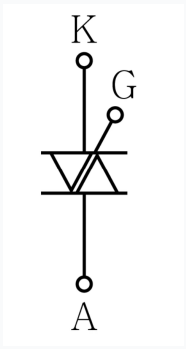
(라): 직권전동기. 그림에서 작은 부하전류에서는 회전수가 매우 높고, 부하전류가 증가하면 급격히 낮아진다. 계자권선이 전기자와 직렬로 연결되어 **부하전류가 작을 때 계자자속도 작다**. 따라서 경부하에서 속도가 높으며, 부하전류가 증가하여 자속이 커지면 속도가 크게 감소한다.

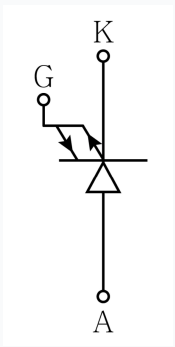
따라서 (가) 차동복권, (나) 분권, (다) 가동복권, (라) 직권의 대응은 ①과 일치한다.

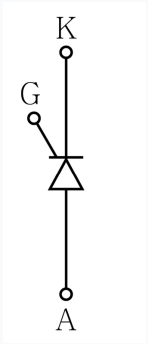
NoteBase

문 6. 게이트 전류에 의해 턴온(turn-on)과 턴오프(turn-off)가 가능한 반도체 스위칭 소자의 기호는?

① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

간단한 해설

GTO(게이트 턴오프 사이리스터)는 **양의 게이트 전류로 켜고, 음의 게이트 전류로 끌 수 있는** 소자이다. 기호의 게이트 부분에 표시된 서로 반대 방향의 두 화살표가 이러한 제어 특성을 나타낸다.

NoteBase

도식 해설

③의 기호는 GTO이다. A는 애노드, K는 캐소드, G는 게이트이며, 게이트 부분에 **서로 반대 방향의 두 화살표**가 표시되어 있다. 애노드가 캐소드에 대해 순방향으로 바이어스된 상태에서 게이트로 양의 전류를 공급하면 턴온되고, 반대 방향으로 충분한 음의 게이트 전류를 흘리면 턴오프된다. 따라서 게이트 전류로 도통과 차단을 모두 제어한다는 조건에 부합한다.

①은 IGBT(절연 게이트 양극성 트랜지스터)이다. G가 내부 도통 부분과 떨어져 있고 C(컬렉터), E(이미터)가 표시되어 있다. 턴온과 턴오프가 모두 가능하지만, 이를 제어하는 기준은 **게이트와 이미터 사이의 전압**이다. 스위칭할 때 게이트를 충전·방전하는 전류가 흐른다는 사실과 전류 제어형이라는 분류는 구별한다.

②는 서로 반대 방향의 도통을 나타내는 TRIAC 기호이고, ④는 한 방향으로 도통하는 일반 사이리스터(SCR) 기호이다. 두 소자는 게이트 전류로 턴온할 수 있지만, 도통이 유지된 상태에서 **게이트 전류만으로 턴오프할 수는 없다**. 게이트 신호를 제거한 뒤에도 주전류가 유지전류 이상이면 도통이 계속되며, 차단하려면 주전류를 유지전류 미만으로 낮추어야 한다. 유지전류는 도통 상태를 유지하는 데 필요한 최소 주전류이다.

NoteBase

문 7. 직류기의 전기자 반작용에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 부하전류가 증가할수록 커진다.

② 전동기에서는 속도를 감소시킨다.

③ 보상권선을 통해 저감시킬 수 있다.

④ 계자 철심을 포화시켜 주자속을 감소시킨다.

정답 2번

간단한 해설

전기자 반작용의 감자 작용은 주자속을 줄여 전동기 속도를 **증가시키는 방향**으로 작용한다. 따라서 속도를 감소시킨다는 설명은 이 영향을 반대로 설명한 것이다.

선지별 해설

① O: 전기자 반작용은 전기자전류가 만드는 자기장이 주자기장에 영향을 주는 현상이다. 부하전류가 커져 전기자전류가 증가하면, 권선 수가 일정할 때 전기자의 **기자력도 증가**하므로 전기자 반작용이 커진다.

② X: 전기자 반작용으로 주자속이 감소하면 전동기의 속도는 **증가하는 방향**으로 변한다. 역기전력 E, 주자속 Φ, 회전속도 n 사이에는 $E = k\Phi n$의 관계가 있으며, k는 기계의 구조에 따른 상수이다. 같은 역기전력에서 주자속이 줄면 이를 유지하는 회전속도는 커져야 한다. 부하 증가에 따른 전기자 저항의 전압강하는 속도를 낮추는 요인이지만, 이는 전기자 반작용의 감자 효과와 구분해야 한다.

③ O: 보상권선은 주자극의 자극면에 설치하고 전기자권선과 직렬로 연결한다. 전기자전류에 따라 **전기자 기자력을 상쇄하는 방향**의 기자력을 만들어 자극 아래의 자속 왜곡을 줄인다.

④ O: 전기자 반작용은 자극의 한쪽 끝에서는 주자속을 강화하고 반대쪽 끝에서는 약화시킨다. 강화되는 쪽의 계자 철심이 자기포화에 이르면 자속의 증가가 제한되어 **증가량보다 감소량이 커지므로** 전체 주자속이 감소한다.

NoteBase

문 8. 분상 기동형 단상 유도전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 일정 속도 이상에서 보조권선을 개방한다.

② 보조권선의 전류 위상은 주권선의 전류 위상보다 늦다.

③ 보조권선의 리액턴스에 대한 저항의 비율은 주권선보다 크다.

④ 보조권선에 커패시터를 직렬연결하면 기동토크를 더욱 증가시킬 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

보조권선은 리액턴스에 비해 저항이 커서 전원전압에 대한 전류의 지연이 작다. 따라서 보조권선 전류의 위상은 주권선 전류보다 늦는 것이 아니라 **앞선다**.

선지별 해설

① O: 기동할 때는 주권선과 보조권선을 함께 사용하고, 회전자가 일정 속도에 도달하면 원심력 스위치 등으로 **보조권선을 개방**한다. 이후에는 주권선만으로 운전하며, 기동용 보조권선에 계속 전류가 흘러 과열되는 것을 막는다.

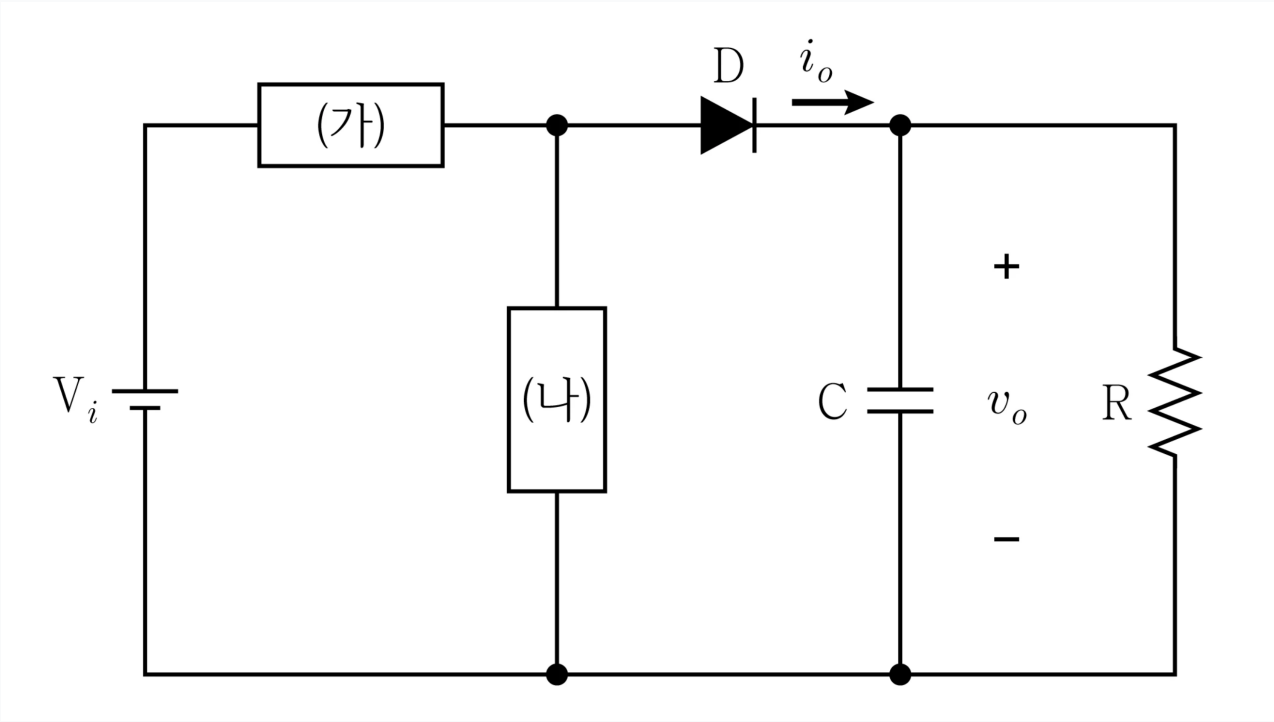
② X: 보조권선 전류의 위상은 주권선 전류보다 **앞선다**. 두 권선에 같은 전원전압이 걸리지만, 보조권선 전류는 전압보다 조금 늦고 주권선 전류는 전압보다 더 많이 늦는다. 따라서 보조권선 전류가 주권선 전류보다 늦다는 설명은 두 전류의 선후 관계를 거꾸로 서술한 것이다.

③ O: 보조권선은 주권선보다 **리액턴스에 대한 저항의 비율이 크도록** 설계한다. 이 비율이 클수록 전압에 대한 전류의 지연각이 작아지므로 두 권선 전류 사이에 위상차가 생긴다. 공간적으로 떨어져 배치된 두 권선에 위상이 다른 전류가 흘러 기동토크를 만든다.

④ O: 보조권선에 적절한 용량의 커패시터를 직렬로 연결하면 보조권선 전류의 위상을 더 앞당겨 **주권선 전류와의 위상차를 크게** 할 수 있다. 두 전류의 위상차를 90°에 가깝게 하여 기동토크를 증가시키는 것이 콘덴서 기동형의 원리이다.

NoteBase

문 9. 다음 회로를 승압(boost) 컨버터로 사용할 때, 그림의 (가)와 (나)에 들어갈 소자를 바르게 연결한 것은?



① (가): SCR, (나): 인덕터

② (가): 인덕터, (나): SCR

③ (가): 인덕터, (나): MOSFET

④ (가): MOSFET, (나): 인덕터

정답 3번

간단한 해설

승압 컨버터는 입력과 직렬인 **인덕터**에 에너지를 저장한 뒤, 스위치를 끌 때 그 에너지를 출력으로 전달한다.
따라서 (가)에는 인덕터를, (나)에는 켜짐과 꺼짐을 제어할 수 있는 **MOSFET**을 연결한다.

NoteBase

구성 요소별 해설

(가) 인덕터: 그림에서 (가)는 입력 전원과 다이오드 D 사이에 직렬로 놓여 있다. (나)의 스위치가 켜지면 입력 전원 → 인덕터 → 스위치로 전류가 흐르며 인덕터에 자기 에너지가 저장된다. 스위치가 꺼지면 인덕터는 전류를 계속 흐르게 하려는 방향으로 전압을 유도하고, 전류는 다이오드 D를 거쳐 커패시터 C와 부하 R 쪽으로 흐른다. 이때 **인덕터의 유도 전압이 입력 전압에 더해져** 입력보다 높은 출력 전압을 얻는다.

(나) MOSFET: 그림에서 (나)는 인덕터와 다이오드 사이의 접속점을 아래쪽 공통선에 연결하는 스위치 자리이다. 인덕터의 에너지 저장과 출력 전달을 반복하려면 스위치를 주기적으로 켜고 꺼야 하므로, **게이트 신호로 켜짐과 꺼짐을 모두 제어**할 수 있는 MOSFET을 사용한다. 일반적인 SCR은 일단 도통하면 게이트 신호를 제거하는 것만으로는 꺼지지 않고, 전류를 유지전류 미만으로 낮추는 등의 소호 조건이 필요하다. 따라서 별도의 소호 회로가 없는 제시 회로의 스위치로는 적합하지 않다.

(가)에 인덕터, (나)에 MOSFET을 연결한 조합은 ③이다.

NoteBase

문 10. 동기발전기 2대를 병렬로 부하운전하는 경우, 기전력의 크기가 서로 다를 때 발생하는 현상으로 옳지 않은 것은? (단, 기전력의 위상, 주파수 등 다른 조건들은 동일하다)

① 발전기 사이에 동기화전류가 흐른다.

② 발전기 사이에 역률의 차이가 발생한다.

③ 발전기 사이에 무효순환전류가 흐른다.

④ 기전력이 큰 발전기에 감자작용이 발생한다.

정답 1번

간단한 해설

기전력의 크기 차이로 흐르는 것은 **무효순환전류**이다. 동기화전류는 기전력의 **위상차**로 생겨 두 발전기의 위상차를 줄이는 작용을 한다.

선지별 해설

① X: 동기화전류는 두 발전기의 기전력에 위상차가 있을 때 흐르며, 유효전력을 주고받아 위상이 앞선 발전기를 감속하고 뒤진 발전기를 가속하는 작용을 한다. 이 문제는 위상이 같고 크기만 다르므로, '동기화전류'를 **'무효순환전류'**로 고쳐야 한다.

② O: 무효순환전류는 한 발전기의 부하전류에는 더해지고 다른 발전기의 부하전류에서는 빠지는 성분으로 작용한다. 이에 따라 두 발전기의 **무효전력 분담**과 전압에 대한 전류의 위상관계가 달라져 역률에 차이가 생긴다.

③ O: 기전력의 크기가 다르면 두 기전력의 차에 해당하는 전압이 발전기 사이의 폐회로에 걸려 순환전류를 만든다. 전기자저항이 동기리액턴스보다 작아 이를 무시하는 일반적인 해석에서는 이 전류가 기전력보다 약 90° 늦으므로, **무효전력을 주고받는 무효순환전류**가 된다.

④ O: 기전력이 큰 발전기에서 밖으로 흐르는 무효순환전류는 그 발전기의 기전력보다 위상이 늦다. 이 전류가 만드는 전기자 자속은 계자 자속을 약화하는 방향으로 작용하므로 **감자작용**이 발생한다. 반대로 기전력이 작은 발전기에서는 순환전류에 의한 전기자반작용이 증자 방향으로 작용한다.

NoteBase

문 11. 변압기의 여자전류에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 여자전류는 진상전류이다.

② 주파수가 증가하면 여자전류는 증가한다.

③ 1차측 권수가 증가하면 여자전류는 감소한다.

④ 철심의 투자율이 증가하면 여자전류는 증가한다.

정답 3번

간단한 해설

같은 전압과 주파수에서 1차측 권수가 증가하면 **자화 인덕턴스가 커져** 여자전류가 감소한다. 권수가 많아질수록 필요한 자속을 더 작은 전류로 만들 수 있다.

선지별 해설

여자전류는 철심에 자속을 만드는 자화성분과 철손을 공급하는 철손성분으로 이루어진다.
주파수·권수·투자율의 영향은 인가전압과 나머지 조건을 일정하게 두고 비교한다.

① X: 여자전류는 인가전압보다 위상이 늦는 **지상전류**이다. 정현파 등가회로에서 자화성분은 전압보다 90° 늦고, 철손성분은 전압과 동상이다. 이 두 성분을 합한 여자전류는 전압보다 늦으므로 진상전류라는 설명은 틀리다.

② X: 같은 전압에서 주파수가 증가하면 여자전류는 **감소한다**. 자화 인덕턴스를 L_m, 인가전압의 실효값을 V_1, 주파수를 f라 하면, 선형 근사에서 자화전류의 실효값은 $I_m \approx \frac{V_1}{2\pi f L_m}$이다. 주파수가 커지면 자화 리액턴스가 커져 자화전류가 작아진다. 실제 철심에서도 같은 전압에서 주파수가 높아지면 필요한 자속이 줄어 자화에 필요한 전류가 감소한다.

③ O: 1차측 권수가 증가하면 **자화 인덕턴스가 증가**하므로 같은 전압과 주파수에서 여자전류가 감소한다. 철심을 선형으로 근사하면 $L_m \approx \frac{\mu N_1^2 A}{l}$이다. 여기서 μ는 철심의 투자율, N_1은 1차측 권수, A는 철심 단면적, l은 평균 자기회로 길이이다. 같은 철심에서 권수가 늘면 인덕턴스가 커지고, 앞의 전류 관계식에 따라 자화전류가 작아진다.

④ X: 철심의 투자율이 증가하면 여자전류는 **감소한다**. 투자율이 크다는 것은 같은 자기장의 세기에서 더 큰 자속밀도를 얻을 수 있다는 뜻이다. 따라서 같은 전압·주파수·권수에서 필요한 자속을 만들기 위한 자기장의 세기가 작아지고, 이를 만드는 자화전류도 작아진다. 자화 인덕턴스가 투자율에 비례하여 커진다는 관계로도 설명할 수 있다.

NoteBase

문 12. 정격 6660/333 [V], 50 [Hz]인 단상변압기의 2차측 권수가 50회일 때, 변압기의 최대 자속[Wb]은?

① 0.02

② 0.03

③ 0.04

④ 0.05

정답 2번

간단한 해설

정현파 자속에 대한 변압기 유도기전력 관계 $E = 4.44fN\Phi_m$에 **2차측 전압 333 V와 권수 50회**를 함께 적용한다. 주파수가 50 Hz이므로 최대 자속은 **0.03 Wb**이다.

계산 과정

주어진 정격전압 6660/333 V에서 2차측 전압은 333 V이고, 2차측 권수는 50회, 주파수는 50 Hz이다. **2차측 권수에는 2차측 전압을 대응**시켜야 한다. 권선의 전압강하를 무시하여 2차측 유도기전력의 실효값 E_2를 333 V로 놓는다.

철심의 자속이 정현파로 변한다고 보면, 전자유도 법칙에 따른 유도기전력의 실효값은 $E_2 = 4.44fN_2\Phi_m$이다. 여기서 f는 주파수, N_2는 2차측 권수, Φ_m은 **자속의 최댓값**이다. 계수 4.44는 정현파 자속의 최댓값과 유도기전력의 실효값을 연결한다.

이 식을 최대 자속에 대해 정리하면 $\Phi_m = \frac{E_2}{4.44fN_2}$이다. 주어진 값을 대입하면 $\Phi_m = \frac{333}{4.44 \cdot 50 \cdot 50} = 0.03$ Wb이다. 따라서 최대 자속은 0.03 Wb로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 인버터를 이용한 유도전동기의 속도제어에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전원 주파수가 증가하면 전동기 속도는 증가한다.

② 인버터는 전동기에 가변 전압과 가변 주파수를 공급한다.

③ 최대토크는 전압의 제곱에 비례하고 주파수에 반비례한다.

④ 정격속도 이하에서 전압을 유지하고 주파수를 낮추면 철심의 자속 포화가 발생할 수 있다.

정답 3번

간단한 해설

③의 '주파수에 반비례한다'는 표현이 잘못되었다. 고정자 저항의 영향을 무시하는 근사에서 최대토크는 전압의 제곱에 비례하고 **주파수의 제곱에 반비례**하므로, 전압과 주파수의 비를 일정하게 유지하면 최대토크도 거의 일정하다.

선지별 해설

① O: 극수가 일정할 때 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{P}$이다. 여기서 f는 전원 주파수(Hz), P는 극수이며 동기속도의 단위는 rpm이다. 실제 회전자 속도는 슬립 s를 고려한 $n = (1 - s)n_s$이므로, 정상적인 전동 운전에서 주파수를 높이면 **회전자계를 따라 도는 전동기 속도도 증가**한다.

② O: 인버터는 직류를 교류로 변환하면서 출력 전압과 주파수를 조절한다. 유도전동기에는 이렇게 만든 **가변 전압·가변 주파수**의 교류를 공급하여 속도와 자속을 제어한다.

③ X: 고정자 저항의 영향을 무시하고 누설 인덕턴스가 일정하다고 보는 근사에서 최대토크는 $T_{\max} \propto \frac{V^2}{f^2}$이다. 동기각속도와 누설리액턴스가 각각 주파수에 비례하므로 최대토크 식의 분모에는 주파수가 두 번 작용한다. 따라서 '주파수에 반비례'를 **'주파수의 제곱에 반비례'**로 고쳐야 한다. 이 관계에 따라 전압과 주파수의 비를 일정하게 제어하면 최대토크도 거의 일정하게 유지된다.

④ O: 고정자 전압강하를 무시하면 철심의 자속은 대략 $\Phi \propto \frac{V}{f}$의 관계를 따른다. 정격속도 이하에서 **전압을 유지한 채 주파수만 낮추면** 자속이 커져 철심이 포화될 수 있다. 이를 피하려면 주파수를 낮출 때 전압도 함께 낮추어야 한다.

NoteBase

문 14. 정격전압 150 [V]의 직류분권전동기가 정격운전할 때 역기전력 145 [V], 기계적 출력 7.25 [kW]가 발생되었다. 이때 전기자저항[Ω]은? (단, 철손, 브러시손 및 기계손은 무시한다)

① 0.1

② 0.15

③ 0.2

④ 0.25

정답 1번

간단한 해설

철손과 기계손을 무시하면 기계적 출력은 **역기전력과 전기자전류의 곱**이므로 전기자전류는 50 A이다.
전기자저항의 전압강하 5 V를 이 전류로 나누면 0.1 Ω이다.

계산 과정

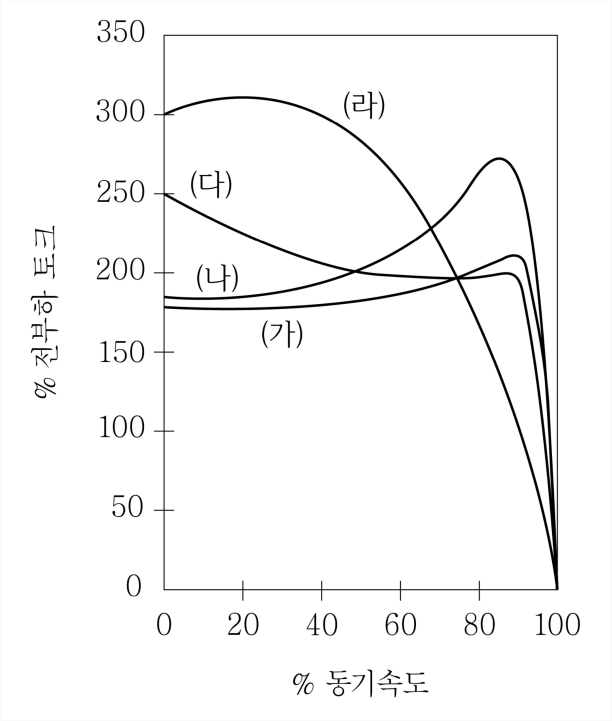
전기자전류: 역기전력을 E, 전기자전류를 I_a, 기계적 출력을 P_{out}이라 하자. 전기자에서 전기적 에너지가 기계적 에너지로 변환되는 전력은 EI_a이다. **철손과 기계손을 무시**하므로 이 전력이 그대로 기계적 출력이 되어 $P_{\text{out}} = EI_a$가 성립한다. 주어진 출력은 7.25 kW = 7250 W이므로 $I_a = \frac{7250}{145} = 50\text{A}$이다.

전기자저항의 전압강하: 전원전압을 V, 전기자저항을 R_a라 하자. 브러시손을 무시한 직류전동기의 전압식은 $V = E + I_aR_a$이다. 따라서 전기자저항에 걸리는 전압은 **전원전압과 역기전력의 차**이며, 그 값은 150 − 145 = 5 V이다.

전기자저항: 저항에 걸리는 전압을 전기자전류로 나누면 $R_a = \frac{V-E}{I_a} = \frac{5}{50} = 0.1\Omega$이다. 계산된 0.1 Ω은 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 다음은 3상 농형유도전동기에 대한 NEMA 표준 토크 특성 곡선이다. 그림의 (가) ~ (라)에서 전부하 운전슬립이 가장 큰 전동기 특성 곡선과 해당 전동기의 설계등급(class)을 옳게 짝지은 것은?



① (가) - class A

② (나) - class A

③ (다) - class D

④ (라) - class D

정답 4번

간단한 해설

전부하 토크 100%에서 **회전속도가 가장 낮은 (라)**가 동기속도와의 차이가 가장 커서 슬립이 가장 크다. 이는 높은 기동토크와 **큰 전부하 슬립**을 갖는 class D의 특성이다.

NoteBase

선지별 해설

가로축은 동기속도에 대한 회전속도의 백분율이고, 세로축은 전부하 토크에 대한 토크의 백분율이다. 동기속도를 n_s, 회전속도를 n이라 하면 슬립은 $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다. 따라서 **토크 100%에서 곡선과 만나는 점**을 찾아 회전속도를 비교하면, 교점이 왼쪽에 있을수록 전부하 운전슬립이 크다.

① (가): 토크 100%와의 교점이 동기속도 100%에 가까운 오른쪽에 있다. 전부하에서 동기속도와 회전속도의 차이가 작으므로, (라)보다 슬립이 작다.

② (나): 이 곡선도 토크 100%와의 교점이 동기속도에 가깝다. class A는 전부하 슬립이 작은 설계이므로, 전부하 운전슬립이 가장 큰 특성에는 해당하지 않는다.

③ (다): 정지 상태의 기동토크는 높지만, 토크 100%와의 교점은 (라)보다 오른쪽에 있다. 따라서 전부하 슬립은 (라)보다 작으며, **기동토크가 높다는 사실만으로 고슬립 설계 D라고 판단할 수 없다**.

④ (라): 토크 100%와의 교점이 네 곡선 중 가장 왼쪽에 있어 전부하 회전속도가 가장 낮다. 따라서 전부하 운전슬립이 가장 크며, 높은 기동토크와 큰 전부하 슬립을 갖는 **class D**에 해당한다.

전부하 운전슬립이 가장 큰 곡선과 설계등급의 짝은 '(라) - class D'이므로 ④와 일치한다.

NoteBase

문 16. 유도전동기가 발전기 모드로 동작할 때의 설명으로 옳은 것은?

① 회생제동이 가능하다.

② 슬립의 범위는 $s > 0$이다.

③ 회전자계와 같은 방향으로 토크가 발생한다.

④ 회전자가 회전자계의 반대 방향으로 회전한다.

정답 1번

간단한 해설

유도전동기가 발전기 모드로 동작하면 기계적 에너지를 전기에너지로 바꾸어 전원 측으로 돌려보낼 수 있으므로 **회생제동**이 가능하다. 이때 전자기 토크는 회전자의 회전 방향과 반대로 작용하여 회전을 억제한다.

선지별 해설

① O: 회생제동은 회전계의 기계적 에너지를 전기에너지로 변환하여 **전원 측으로 되돌려 보내는** 제동 방식이다. 유도전동기는 발전기 모드에서 이러한 에너지 변환을 하며, 회전 방향과 반대인 전자기 토크를 발생시키므로 회생제동이 가능하다.

② X: 슬립은 $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다. 여기서 n_s는 회전자계의 동기속도, n은 회전자의 속도이며, 회전자계의 회전 방향을 양의 방향으로 정한다. 발전기 모드에서는 회전자가 같은 방향으로 동기속도보다 빠르게 회전하여 $n > n_s$이므로 **슬립은 음수**, 즉 $s < 0$이다. $s > 0$이라는 설명은 발전기 모드에 해당하지 않는다.

③ X: 발전기 모드의 전자기 토크는 **회전자계와 반대 방향**으로 발생한다. 회전자는 회전자계와 같은 방향으로 돌지만, 전자기 토크는 그 회전을 억제하여 기계적 에너지가 전기에너지로 변환되게 한다. 회전자계와 같은 방향의 토크로 회전자를 구동하는 것은 전동기 모드의 특성이다.

④ X: 발전기 모드에서 회전자는 **회전자계와 같은 방향**으로 동기속도보다 빠르게 회전한다. 회전자계의 방향을 양으로 놓을 때 회전자가 반대 방향으로 돌면 $n < 0$이므로 $s > 1$이 되며, 이는 발전기 모드가 아니라 역상제동 영역에 해당한다.

NoteBase

문 17. 동기전동기의 제동권선에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 기동토크를 발생시킨다.

② 부하 변동 시 난조를 방지한다.

③ 동기속도에서는 어떤 작용도 하지 않는다.

④ 제동권선은 외부 교류전원에 접속되어 동작한다.

정답 4번

간단한 해설

제동권선은 **외부 교류전원에 연결하지 않고 양 끝을 단락**한 권선이다. 회전자와 회전자계 사이에 상대운동이 생길 때 유도되는 전류로 기동토크와 제동작용을 만든다.

선지별 해설

① O: 기동 시에는 정지한 회전자와 고정자의 회전자계 사이에 상대속도가 있다. 이 때문에 단락된 제동권선에 전류가 유도되고, 이 전류와 회전자계의 상호작용으로 **유도전동기와 같은 원리의 기동토크**가 발생한다.

② O: 난조는 부하 변동 등으로 회전자가 동기 운전의 평형 위치를 중심으로 흔들리는 현상이다. 이때 회전자와 회전자계 사이에 순간적인 상대속도가 생겨 제동권선에 전류가 유도된다. 이 전류에 의한 토크는 **속도 변화를 억제하는 방향**으로 작용하여 난조를 줄인다.

③ O: **동기속도로 일정하게 운전하는 정상상태**에서는 회전자와 고정자의 회전자계 사이에 상대속도가 없다. 따라서 기본파 회전자계에 의한 유도기전력과 전류가 제동권선에 생기지 않아 기동토크나 제동토크를 발생시키지 않는다. 부하 변동으로 난조가 발생하는 동안에는 이러한 정상상태 조건이 깨지므로 제동작용을 한다.

④ X: 제동권선은 회전자에 설치한 도체의 양 끝을 연결한 **단락권선**으로, 외부 교류전원에 접속하지 않는다. 제동권선의 전류는 외부에서 직접 공급하는 것이 아니라 회전자와 회전자계 사이의 상대운동에 의해 유도된다. 외부 교류전원에 연결되는 것은 고정자의 전기자권선이다.

NoteBase

문 18. 동기발전기의 전기자 권선법에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 집중권은 고조파 억제 효과를 갖는다.

② 분포권에서 기전력의 파형이 왜곡된다.

③ 단절권과 2층권이 주로 사용된다.

④ 전절권에서 코일피치는 극간격보다 짧다.

정답 3번

간단한 해설

동기발전기에는 고조파를 줄이도록 코일피치를 짧게 한 **단절권**과, 코일피치를 조절하기 쉬운 **2층권**이 주로 사용된다. 단절권은 코일 끝부분의 연결 길이도 줄일 수 있다.

선지별 해설

① X: 집중권은 한 극 아래에서 한 상의 권선을 한 슬롯에 집중하여 배치하는 방식이다. 집중 배치 자체에는 여러 슬롯의 기전력을 합성하여 고조파를 줄이는 효과가 없다. **분포에 의한 고조파 저감**은 집중권이 아니라 분포권의 특징이다.

② X: 분포권은 한 극 아래에서 한 상의 권선을 여러 슬롯에 나누어 배치하는 방식이다. 슬롯 위치에 따라 기전력의 위상이 달라지고, 이를 합성하면 주요 고조파 성분이 감소하여 파형이 정현파에 가까워진다. 따라서 '파형이 왜곡된다'는 **'파형이 개선된다'**로 고친다.

③ O: 단절권은 코일의 두 변 사이 간격인 코일피치를 극간격보다 짧게 하는 방식이다. 코일피치를 적절히 정하면 특정 고조파를 줄일 수 있고, 코일 끝부분의 연결 길이도 짧아진다. 2층권은 한 슬롯의 위층과 아래층에 서로 다른 코일의 변을 넣는 방식으로, **코일피치를 조절하기 쉽다**. 이러한 이유로 동기발전기의 전기자에는 단절권과 2층권이 주로 사용된다.

④ X: 전절권은 코일피치가 **극간격과 같은** 권선이다. 극간격은 인접한 N극과 S극의 중심 사이 간격으로 전기각 180°에 해당한다. 코일피치가 극간격보다 짧은 것은 전절권이 아니라 단절권이다.

NoteBase

문 19. 역률 1의 상태로 부하 운전 중인 동기전동기가 있다. 이 동기전동기의 부하가 증가하면 발생하는 현상으로 옳지 않은 것은? (단, 단자전압과 계자전류는 일정하며, 고정자저항은 무시한다)

① 지상전류가 흐른다.

② 유효전류가 증가한다.

③ 상전압이 유도전압보다 크다.

④ 상전압의 위상이 유도전압보다 앞선다.

정답 3번

간단한 해설

처음 역률이 1일 때 상전압과 리액턴스 전압강하는 서로 직각이므로 **유도전압의 크기가 상전압보다 크다**. 부하가 증가해도 단자전압과 계자전류가 일정하므로 이 크기 관계는 유지된다.

선지별 해설

상전압을 V, 유도전압의 크기를 E, 동기리액턴스를 X_s, 전기자전류를 I라 하면, 고정자저항을 무시한 전동기의 전압 관계는 V= E+jX_s I이다. 동기 운전 중 계자전류가 일정하므로 E는 일정하다. 부하각 δ는 상전압에 대해 유도전압이 뒤지는 각이며, 안정한 동기 운전 범위에서 부하가 증가하면 δ가 증가한다.

① O: 처음 역률이 1일 때는 전류가 상전압과 동상이어서 유도전압의 상전압 방향 성분이 V와 같다. 부하 증가로 δ가 커지면 그 성분인 $E\cos\delta$가 V보다 작아진다. 이 차이에 대응하는 지상 무효전류 성분이 생기므로 **전류가 상전압보다 위상이 늦는 지상전류**가 흐른다.

② O: 부하가 증가하면 더 큰 기계적 출력을 공급하기 위해 입력 유효전력이 증가한다. 3상 입력 유효전력은 $P = 3VI\cos\varphi$이며, φ는 상전압과 전류의 위상차이다. V가 일정하므로 **유효전류 성분**인 $I\cos\varphi$가 증가한다.

③ X: 처음의 전류 크기를 I_0라 하면, 역률 1에서는 전류와 상전압이 동상이고 리액턴스 전압강하는 전류보다 90° 앞선다. 따라서 전압 관계에서 $E^2 = V^2 + (X_s I_0)^2$가 성립한다. 부하 운전 중이므로 전류가 0이 아니어서 **유도전압 E가 상전압 V보다 크다**. 부하 증가 후에도 V와 E의 크기는 일정하므로 이 관계가 유지된다.

④ O: 동기전동기는 회전자 자극이 고정자 회전자계보다 뒤진 상태에서 부하를 구동하는 토크를 발생시킨다. 따라서 **상전압의 위상이 유도전압보다 앞서며**, 부하가 증가하면 두 전압 사이의 부하각 δ가 커진다.

NoteBase

문 20. 스위치드 릴럭턴스 전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 회전자 극수와 고정자 치의 개수가 같으면 토크 발생이 어렵다.

② 고정자권선은 집중권이고 회전자는 권선 없이 철심으로만 구성된다.

③ 토크의 맥동이 비교적 크기 때문에 진동 및 소음에 민감하지 않은 시스템에 주로 사용된다.

④ 펄스 개수에 비례하여 회전하므로 위치 및 속도 정보를 제공하는 피드백 시스템 없이도 구동이 가능하다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '펄스 개수에 비례하여 회전'한다는 설명은 스테핑 전동기의 특성이다. 스위치드 릴럭턴스 전동기는 **회전자 위치에 맞춰 상전류를 전환**해야 하므로, 위치를 검출하거나 추정하는 정보가 필요하다.

선지별 해설

① O: 스위치드 릴럭턴스 전동기는 회전자 극이 여자된 고정자 치와 정렬되어 자기저항이 작아지는 방향으로 토크를 발생시킨다. 통상적인 등간격 돌극 구조에서 회전자 극수와 고정자 치수가 같으면 **각 상의 정렬 위치가 겹치므로**, 정렬 후 다른 상으로 여자를 바꾸어도 회전자를 다음 위치로 끌어가는 토크를 얻기 어렵다. 따라서 두 수를 다르게 하여 순차적인 회전이 가능하도록 한다.

② O: 고정자에는 각 돌극에 코일을 감는 **집중권**을 사용한다. 회전자는 권선이나 영구자석 없이 돌극을 가진 적층 철심으로 구성되며, 고정자권선이 만든 자계에 끌려 회전한다. 따라서 회전자에 전류를 공급하는 장치가 필요하지 않다.

③ O: 각 상을 순차적으로 여자하는 동안 회전자 위치와 상전류에 따라 발생 토크가 달라지므로 **토크 맥동**이 비교적 크다. 토크의 주기적인 변동과 전자기력은 진동과 소음의 원인이 되므로, 별도의 저감 대책이 없는 경우 진동·소음에 민감한 용도에는 불리하다.

④ X: 입력 펄스 수로 회전각을 지령하여 피드백 없이 위치를 제어하는 것은 스테핑 전동기의 대표적인 구동 방식이다. 스위치드 릴럭턴스 전동기는 회전자 극이 여자된 고정자 치에 접근할 때 전류를 흘리고, 정렬 위치를 지나 제동 토크가 생기기 전에 적절히 전류를 차단해야 한다. 따라서 단순히 펄스 수에 비례하여 회전한다고 볼 수 없으며, **회전자 위치에 따른 여자 시점 제어**가 필요하다. 위치 센서를 생략하는 센서리스 제어도 전압·전류 등의 정보로 회전자 위치를 추정하므로, 위치 정보 자체가 필요 없는 개방루프 제어와는 다르다.

NoteBase