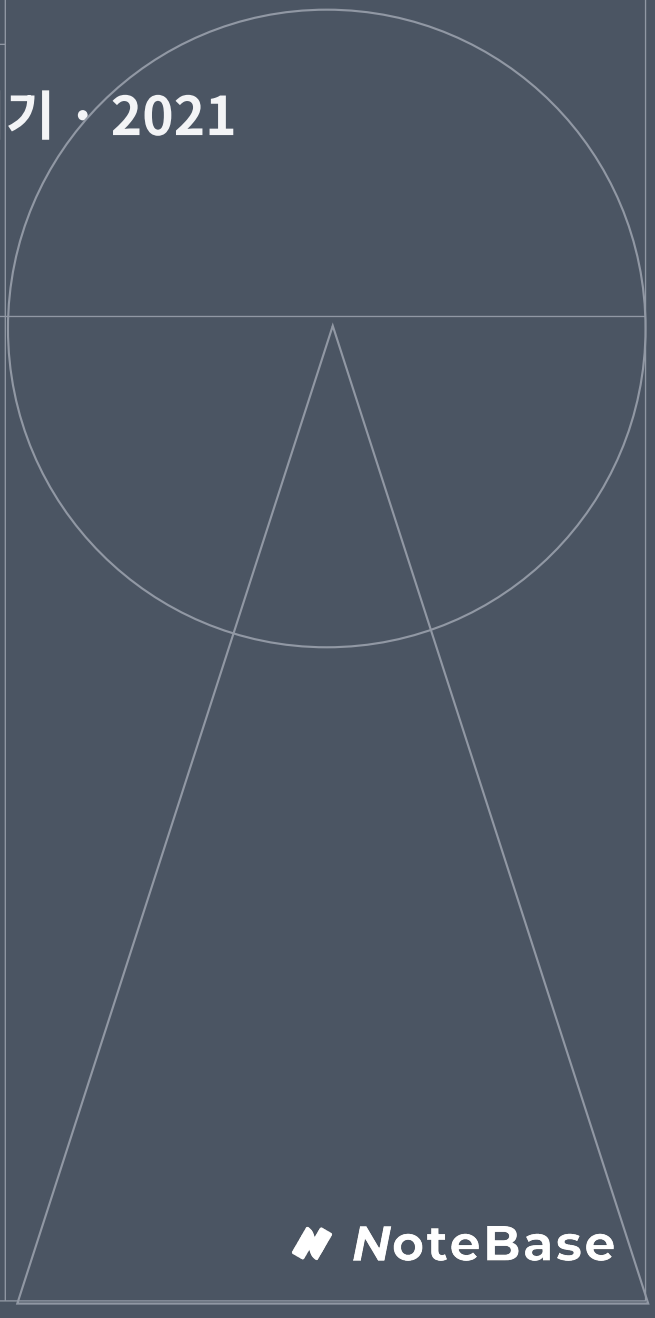
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2021



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2021

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2021

문 1. 직권 직류전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 자속이 포화되기 전까지 토크는 전기자 전류의 제곱에 비례한다.

② 크레인용 전동기와 같이 매우 큰 토크가 필요한 곳에 적합하다.

③ 무부하 상태로 연결하여 동작하는 것을 피해야 한다.

④ 토크가 커질수록 높은 속도를 얻을 수 있다.

정답 4번

간단한 해설

직권 직류전동기는 같은 전원 전압에서 부하 토크가 커지면 **속도가 낮아지는** 특성이 있다. 부하가 증가하면 전류와 자속이 증가하므로, 큰 토크를 낼수록 높은 속도를 얻는다는 설명은 반대이다.

선지별 해설

① O: 직권 직류전동기는 계자 권선과 전기자가 직렬로 연결되어 같은 전류가 흐른다. 토크는 $T = k_T \Phi I_a$로 나타내며, T는 토크, Φ는 자속, I_a는 전기자 전류, k_T는 전동기 구조에 따른 상수이다. **자기포화 전에는 자속이 전기자 전류에 거의 비례**하므로 토크는 전기자 전류의 제곱에 비례한다.

② O: 기동할 때는 역기전력이 작아 큰 전류가 흐르고, 직권 계자에도 같은 전류가 흘러 강한 자속을 만든다. 이 때문에 **큰 기동 토크**를 얻을 수 있어, 무거운 짐을 들어 올리는 크레인과 같이 기동 시 큰 토크가 필요한 용도에 적합하다.

③ O: 무부하에서는 필요한 토크가 작아 전기자 전류와 계자 자속이 작아진다. 자속이 약해지면 전원 전압에 대응하는 역기전력을 만들기 위해 회전 속도가 크게 높아져 **위험한 과속**이 발생할 수 있다. 따라서 무부하 운전을 피해야 한다.

④ X: 같은 전원 전압에서 부하 토크가 증가하면 전기자 전류가 증가하고, 자기포화 전에는 계자 자속도 증가한다. 자속 증가와 권선의 전압강하 증가로 회전 속도는 낮아진다. 자기포화 후에도 전류 증가에 따른 권선 전압강하로 속도가 낮아지는 경향이 있다. 따라서 '토크가 커질수록 높은 속도'가 아니라 **'토크가 커질수록 낮은 속도'**를 얻는다고 고쳐야 한다.

NoteBase

문 2. V−V 결선에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 소용량 3상 부하에 사용할 수 있다.

② △−△ 결선에서 1대의 변압기가 고장 나면 V−V 결선으로 운전할 수 있다.

③ △−△ 결선의 출력에 비하여 부하용량은 86.6[%], 이용률은 57.7[%]로 줄어든다.

④ 부하의 상태에 따라 2차 단자전압이 불평형이 될 수 있다.

정답 3번

간단한 해설

③은 두 비율을 서로 바꾸어 설명했다. 같은 정격의 변압기를 기준으로 V−V 결선의 부하용량은 △−△ 결선 출력의 **57.7%**이고, 사용 중인 변압기 2대의 정격용량 합에 대한 이용률은 **86.6%**이다.

선지별 해설

① O: V−V 결선은 **단상 변압기 2대로 3상 부하에 전력을 공급**하는 방식이다. 두 변압기의 2차 전압이 나머지 한 선간전압을 벡터 관계로 형성하므로, 변압기 3대를 갖추지 않고도 소용량 3상 부하에 사용할 수 있다.

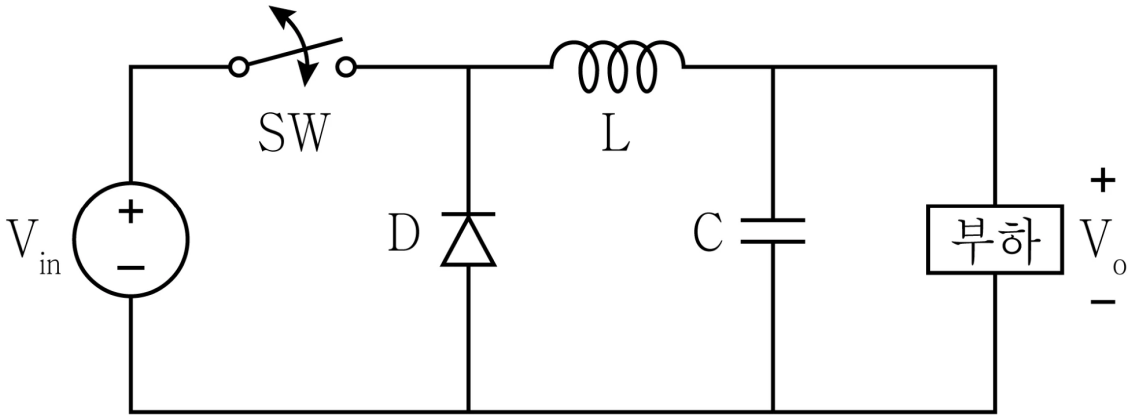
② O: △−△ 결선의 변압기 3대 중 고장 난 1대를 분리하면 나머지 2대로 **V−V 결선 운전을 계속**할 수 있다. 다만 공급 가능한 용량이 감소하므로 남은 변압기가 과부하되지 않도록 부하를 줄여야 한다.

③ X: **부하용량 비율은 57.7%, 이용률은 86.6%**이다. 동일한 변압기 1대의 정격용량을 $S = VI$라 하자. 여기서 V와 I는 각각 2차 권선의 정격전압과 정격전류이다. 평형 3상 부하를 공급하는 V−V 결선에서는 선간전압이 V이고, 선전류의 허용값이 I이므로 공급 가능한 피상전력은 $\sqrt{3}VI = \sqrt{3}S$이다. △−△ 결선의 용량은 3S이므로 그에 대한 부하용량 비율은 $\frac{\sqrt{3}S}{3S} \times 100\% \approx 57.7\%$이다. 반면 이용률의 기준은 실제 사용하는 2대의 정격용량 합인 2S이므로 $\frac{\sqrt{3}S}{2S} \times 100\% \approx 86.6\%$이다.

④ O: 실제 변압기에는 내부 임피던스가 있어 부하전류가 흐르면 전압강하가 생긴다. V−V 결선에서는 두 변압기의 전압과 전류 사이 위상관계가 달라 **전압강하가 서로 다르게 나타날 수 있다**. 따라서 부하의 크기나 역률 등에 따라 2차 선간전압이 불평형이 될 수 있다.

NoteBase

문 3. 다음 그림의 DC－DC 컨버터 명칭과 정상상태에서의 입출력전압의 관계는? (단, T_D는 SW의 duty ratio이다)



① 벅 컨버터, $V_o = T_D \times V_{in}$

② 벅 컨버터, $V_o = \frac{1}{(1-T_D)} \times V_{in}$

③ 부스트 컨버터, $V_o = T_D \times V_{in}$

④ 부스트 컨버터, $V_o = \frac{1}{(1-T_D)} \times V_{in}$

정답 1번

간단한 해설

입력 전원과 인덕터 사이의 SW가 전압을 단속하고, 꺼진 동안 다이오드가 인덕터 전류의 통로를 제공하는 **벅 컨버터**이다. 이상적인 연속전류 정상상태에서 출력전압은 입력전압에 듀티비를 곱한 $V_o = T_D \cdot V_{in}$이다.

NoteBase

구성 요소별 해설

컨버터 명칭: 그림에서 SW와 인덕터 L이 입력에서 출력으로 이어지는 경로에 직렬로 놓이고, 다이오드 D는 SW 뒤의 접점과 아래쪽 공통선 사이에 연결되어 있다. SW가 켜지면 입력에서 인덕터와 부하로 전류가 흐르고, 꺼지면 인덕터 전류가 다이오드를 통해 계속 흐른다. 이처럼 입력전압을 단속한 뒤 L과 C로 평활하는 회로는 **강압형인 벅 컨버터**이다.

입출력전압 관계: 소자의 전압강하와 손실을 무시하고, 인덕터 전류가 끊기지 않는 **연속전류 모드의 정상상태**로 해석한다. 출력전압의 리플을 무시하면 SW가 켜진 동안 인덕터 양단전압은 $V_{in} - V_o$, 꺼져 다이오드가 도통하는 동안에는 $-V_o$이다. 듀티비 T_D는 한 주기 중 SW가 켜져 있는 시간의 비율이므로, 꺼져 있는 시간의 비율은 $1 - T_D$이다. 정상상태에서는 인덕터 전류가 주기마다 같은 값으로 돌아와야 하므로 인덕터의 한 주기 평균전압이 0이다. 따라서 $T_D(V_{in} - V_o) = (1 - T_D)V_o$이며, 정리하면 $V_o = T_D \cdot V_{in}$이다. $0 < T_D < 1$이면 출력전압은 입력전압보다 낮다. 선지의 $V_o = \frac{V_{in}}{1 - T_D}$는 이상적인 연속전류 모드의 부스트 컨버터에 해당하는 승압 관계이다.

벅 컨버터와 $V_o = T_D \cdot V_{in}$의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 4. 8극, 60 [Hz], 12 [kW]인 3상 유도전동기가 전부하 시 720 [rpm]으로 회전할 때, 옳은 것은? (단, 기계손은 무시한다)

① 회전자 전류의 주파수는 12 [Hz]이다.

② 회전자 효율은 90 [%]이다.

③ 공극전력(회전자 입력전력)은 13.3 [kW]이다.

④ 회전자 동손은 1.3 [kW]이다.

정답 1번

간단한 해설

동기속도는 900 rpm이고 실제 회전속도는 720 rpm이므로 **슬립은 0.2**이다. 회전자 전류의 주파수는 전원 주파수에 슬립을 곱한 값이므로 **12 Hz**이다.

선지별 해설

전원 주파수를 f_1, 극수를 p, 회전속도를 n이라 하면 회전자계의 동기속도는 $n_s = \frac{120 f_1}{p}$이다. 주어진 값으로 계산하면 $n_s = \frac{120 \cdot 60}{8} = 900$ rpm이다. 슬립은 **동기속도에 대한 상대속도의 비율**이므로 $s = \frac{900 - 720}{900} = 0.2$이다.

① O: 회전자 전류는 회전자와 회전자계의 상대운동으로 유도되므로 그 주파수는 전원 주파수의 슬립 배이다. 따라서 $f_2 = s f_1 = 0.2 \cdot 60 = 12$ Hz이다.

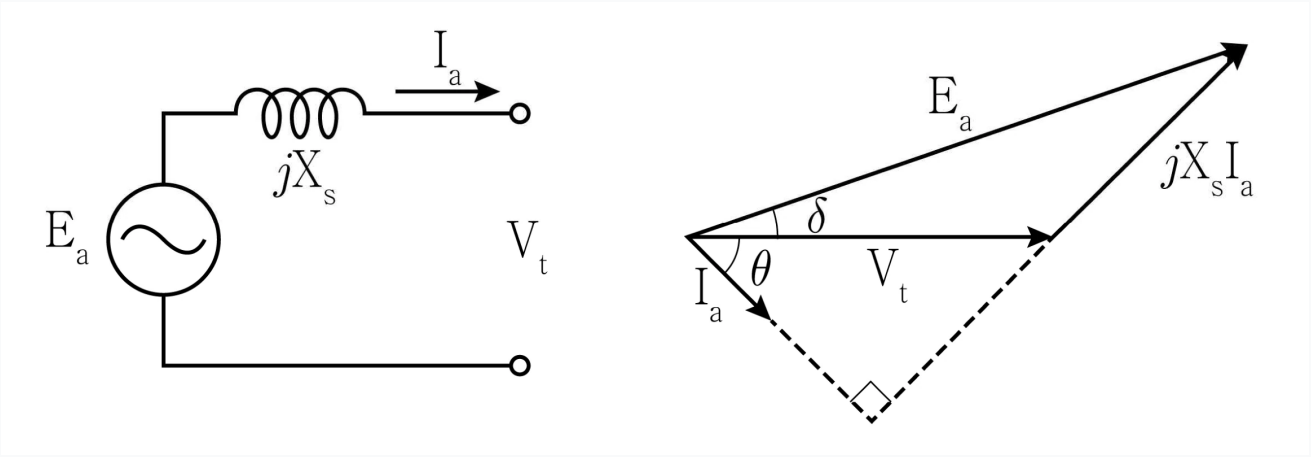
② X: 회전자 효율은 공극을 통해 회전자에 전달된 입력전력 중 기계적 동력으로 변환되는 비율이다. 회전자 동손이 입력전력의 슬립 배이므로 회전자 효율은 $\eta_r = 1 - s = 0.8$, 즉 **80 %**이다. 90 %로 볼 수 없다.

③ X: 문제의 12 kW는 전동기의 전부하 축출력이다. **기계손을 무시하므로** 회전자에서 변환된 기계적 동력도 12 kW이다. 공극전력을 P_g라 하면 이 중 $1 - s$의 비율이 기계적 동력으로 변환되므로 $P_g = \frac{12}{1 - 0.2} = 15$ kW이다. 따라서 공극전력은 13.3 kW가 아니라 15 kW이다.

④ X: 공극전력은 회전자 동손과 변환된 기계적 동력으로 나뉜다. 회전자 동손은 **공극전력의 슬립 배**이므로 $P_{cu2} = s P_g = 0.2 \cdot 15 = 3$ kW이다. 이는 15 − 12 = 3 kW로도 확인되며, 1.3 kW가 아니다.

NoteBase

문 5. 다음의 동기기 등가회로와 벡터도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, X_s는 동기리액턴스이다)



① 전동기로 동작하고 있다.

② 전류 I_a의 위상이 단자전압 V_t의 위상보다 뒤진다.

③ 무효전력이 발생한다.

④ 전류 I_a가 줄어들면 유기기전력 E_a와 단자전압 V_t의 크기 차이는 감소한다.

정답 1번

간단한 해설

벡터도에서 유기기전력 E_a가 단자전압 V_t보다 앞서고, 등가회로의 전류는 기기 내부에서 외부 단자로 향한다. 이는 **발전기 운전**을 나타내므로, 전동기로 동작한다는 설명을 고쳐야 한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 등가회로에서 전류 I_a는 유기기전력 E_a 측에서 외부 단자로 흐르며, $E_a = V_t + jX_sI_a$의 관계를 이룬다. 벡터도에서도 E_a가 V_t보다 부하각 δ만큼 앞서 있어 외부로 유효전력을 공급하는 **동기발전기 운전**을 나타낸다. 따라서 전동기로 동작한다는 설명은 발전기로 동작한다고 고친다.

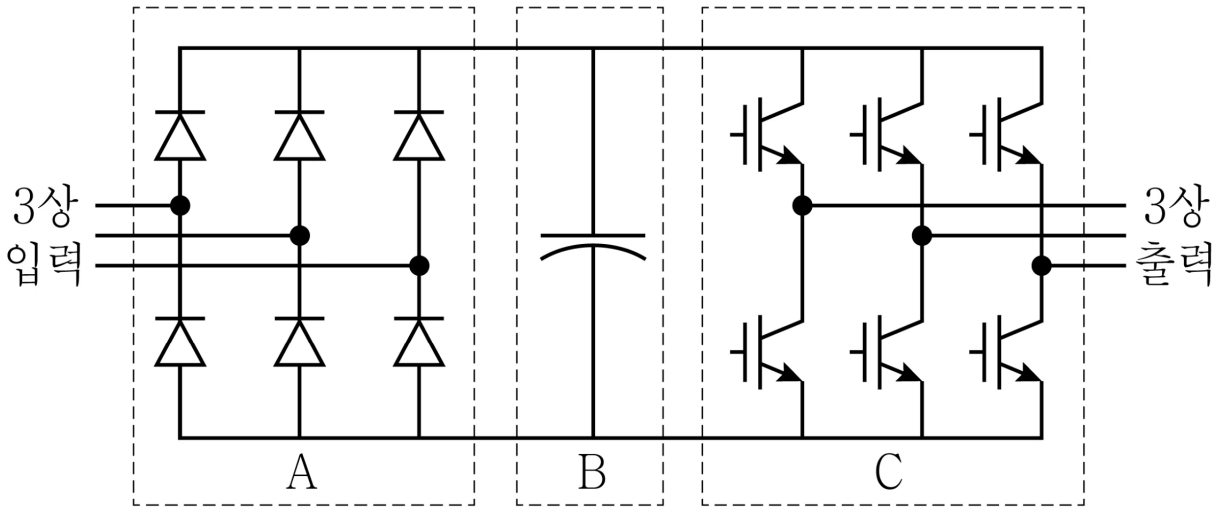
② O: 단자전압 V_t 벡터를 수평 기준으로 보면 전류 I_a 벡터가 그 아래에 있으며, 두 벡터 사이에 역률각 θ가 표시되어 있다. 전류의 위상이 전압보다 θ만큼 **뒤지는 지상전류**이다.

③ O: 이 동기기는 발전기로 운전하면서 단자전압보다 뒤지는 전류를 외부로 보낸다. 이는 지상 부하에 필요한 **무효전력을 공급**하는 상태이므로, 무효전력이 발생한다는 설명에 해당한다.

④ O: **단자전압과 역률을 일정하게 유지**하면서 전류가 감소하는 경우를 비교한다. 같은 동기리액턴스에서 전류의 크기가 줄면 리액턴스 전압강하 jX_sI_a 벡터는 방향을 유지하면서 짧아진다. 따라서 $E_a = V_t + jX_sI_a$에서 유기기전력 벡터의 끝이 단자전압 벡터의 끝에 가까워진다. 그림과 같은 지상전류 조건에서는 유기기전력의 크기가 줄어 단자전압과의 크기 차이도 감소한다.

NoteBase

문 6. 다음은 전력변환시스템의 전력단을 역할에 따라 블록으로 구분한 그림이다. 각 블록에 대한 설명으로 옳은 것은?



① A 블록은 3상 교류입력전압을 정류하는 3상 다이오드 반파 정류기이다.

② B 블록은 A 블록의 출력전압을 평활화하기 위한 목적으로 사용된다.

③ C 블록은 교류신호를 직류신호로 변환하는 인버터를 나타낸다.

④ 선형변조 시 C 블록의 PWM 스위칭주파수가 출력전압의 주파수보다 높을수록 출력전압의 고조파 제거가 어렵다.

정답 2번

간단한 해설

B 블록의 커패시터는 전압이 높을 때 충전되고 낮아질 때 방전되어, 정류 후 남아 있는 전압의 맥동을 줄이는 **평활 작용**을 한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: A에는 각 입력상에 위아래로 연결된 다이오드가 2개씩, 모두 6개 있다. 이는 반파 정류기가 아니라 **3상 다이오드 전파 브리지 정류기**이다. 위쪽 다이오드와 아래쪽 다이오드가 전류의 왕복 경로를 이루며, 각 순간 전위가 높은 상과 낮은 상 사이의 전압을 이용해 직류측에 일정한 극성의 전압을 만든다.

② O: B에는 정류기의 직류 출력 양단에 커패시터가 병렬로 연결되어 있다. 커패시터는 정류 전압이 높을 때 에너지를 저장하고, 정류 전압이 낮아질 때 저장한 에너지를 인버터 쪽으로 공급한다. 이 충전·방전 작용으로 직류 전압에 남아 있는 주기적인 변동인 **리플을 줄여 출력전압을 평활화**한다.

③ X: C에는 상하 스위치 한 쌍으로 이루어진 가지가 3개 있고, 각 가지의 중간점에서 3상 출력을 꺼낸다. 직류측 전압을 스위칭하여 3상 교류를 만드는 회로이므로 인버터에 해당한다. 따라서 변환 방향은 '교류에서 직류'가 아니라 **직류에서 교류**이다. 교류를 직류로 바꾸는 역할은 A의 정류기가 맡는다.

④ X: 선형변조 영역의 PWM에서는 출력 기본파 주파수에 비해 스위칭주파수가 높아질수록 주요 스위칭 고조파가 기본파에서 더 멀리 떨어진 높은 주파수 대역에 나타난다. 따라서 기본파를 통과시키고 높은 주파수 성분을 감쇠시키는 필터로 **스위칭 고조파를 제거하기 쉬워진다**. 스위칭주파수를 높인다고 고조파가 저절로 없어지는 것은 아니지만, 선지의 '제거가 어렵다'는 설명은 반대이다.

NoteBase

문 7. 유도전동기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 회전자에 흐르는 전류는 지상전류이다.

② 정격속도로 운전할 때보다 기동 시의 2차측 누설리액턴스가 크다.

③ 슬립 s에서 유도전동기의 이론적인 최고효율은 1-s이다.

④ 변압기에 비하여 일반적으로 누설리액턴스가 작다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '누설리액턴스가 작다'는 '누설리액턴스가 크다'로 고쳐야 한다. 유도전동기는 공극을 사이에 두고 고정자와 회전자 권선이 분포되어 있어, 일반적인 변압기보다 **누설자속과 누설리액턴스가 크다**.

선지별 해설

① O: 회전자 회로에는 저항과 유도성 누설리액턴스가 있으므로, 회전자 전류는 **회전자에 유도된 기전력보다 위상이 늦다**. 이처럼 기준 전압보다 위상이 뒤지는 전류를 지상전류라고 한다.

② O: 전원 주파수를 f_1, 슬립을 s라 하면 실제 회전자 전류의 주파수는 $f_2 = sf_1$이다. 누설인덕턴스를 일정하게 보면 회전자 누설리액턴스도 주파수에 비례하여 $X_2(s) = sX_{20}$이 된다. 여기서 X_{20}은 정지 상태의 회전자 누설리액턴스이다. 기동 시에는 $s = 1$이고 정격속도에서는 슬립이 작으므로, **실제 회전자 주파수에서의 누설리액턴스는 기동 시 더 크다**. 전원 주파수로 환산한 등가회로에서 일정하게 표시하는 누설리액턴스와 구별해야 한다.

③ O: 회전자 입력인 공극전력을 P_2라 하면 회전자 동손은 sP_2이고, 기계적 에너지로 변환되는 전력은 $(1-s)P_2$이다. 따라서 **회전자 동손 이외의 손실을 무시할 때** 효율은 $\eta = \frac{(1-s)P_2}{P_2} = 1 - s$가 된다. 이것이 주어진 슬립에서의 이론적 최고효율이며, 고정자 동손·철손·기계손 등을 고려한 실제 효율은 이보다 낮다.

④ X: 누설자속은 한쪽 권선에는 쇄교하지만 다른 쪽 권선에는 쇄교하지 않는 자속이며, 이에 따른 유도성 효과를 누설리액턴스로 나타낸다. 일반적인 변압기는 같은 철심에 1차·2차 권선을 밀접하게 배치하지만, 유도전동기는 공극을 사이에 두고 고정자와 회전자 권선이 둘레를 따라 분포한다. 이 구조 때문에 일반적으로 변압기보다 누설자속이 많아 **누설리액턴스가 크다**. 선지의 '작다'는 '크다'로 고친다.

NoteBase

문 8. 직류전동기의 기동 방법에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 전기자 저항은 크게 하고 계자 저항은 최소로 한다.

② 전기자 저항은 크게 하고 계자 저항은 최대로 한다.

③ 전기자 저항은 작게 하고 계자 저항은 최소로 한다.

④ 전기자 저항은 작게 하고 계자 저항은 최대로 한다.

정답 1번

간단한 해설

기동 직전에는 역기전력이 없어 큰 전기자 전류가 흐르므로 **전기자 회로에 기동저항을 크게 넣어** 전류를 제한한다. 계자조정저항은 **최소**로 하여 계자 전류와 자속을 충분히 확보하고 기동 토크를 얻는다.

선지별 해설

선지의 저항 조정은 전기자 회로에 직렬로 넣는 기동저항과 계자 회로의 계자조정저항을 조정한다는 뜻이다. 기동 직전에는 전동기가 정지해 있어 역기전력이 0이므로, 저항이 작은 전기자 권선만으로는 과도한 전류를 제한하기 어렵다. 한편 분권 계자처럼 일정한 전압을 받는 계자 회로에서는 조정저항을 줄이면 계자 전류가 커져 자속을 충분히 확보할 수 있다. 전동기의 토크는 자속과 전기자 전류의 곱에 비례하므로, 전기자 전류를 제한하면서도 계자는 강하게 유지하여 기동한다.

① O: 전기자 회로에는 **큰 기동저항을 직렬로 넣어** 기동 전류를 제한한다. 계자조정저항은 최소로 두어 자속을 충분히 확보하므로, 제한된 전기자 전류로도 기동에 필요한 토크를 얻을 수 있다.

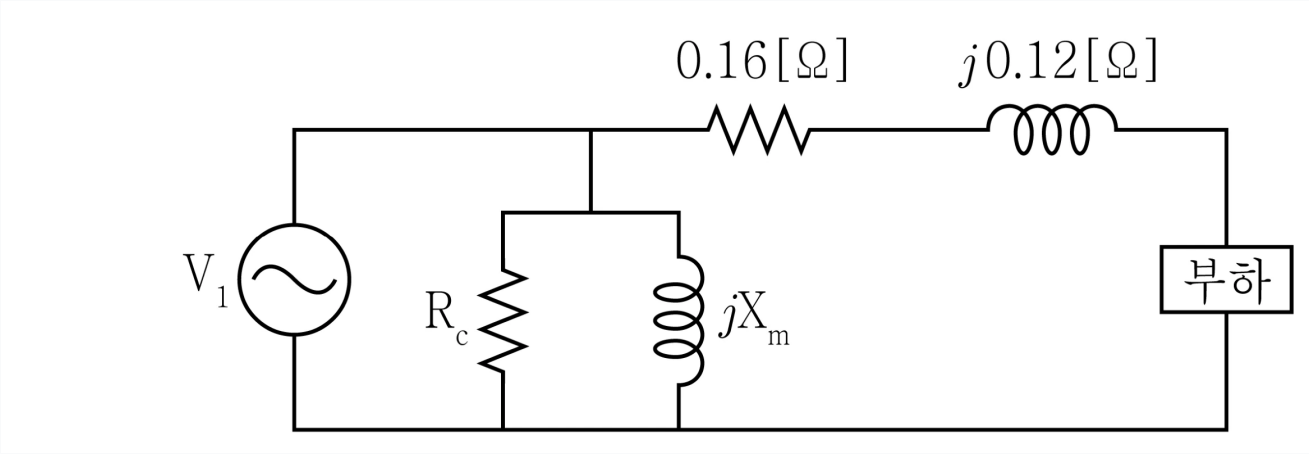
② X: 전기자 회로의 저항을 크게 하는 것은 적절하지만, 계자조정저항을 최대로 하면 계자 전류와 자속이 작아져 같은 전기자 전류에서 발생하는 토크가 줄어든다. 계자조정저항은 **최소로 두어야 한다**.

③ X: 계자조정저항을 최소로 하는 것은 적절하지만, 기동 직전 전기자 회로의 저항을 작게 하면 역기전력이 없는 상태에서 과도한 전류가 흐른다. 전기자 회로의 기동저항은 **크게 넣어야 한다**.

④ X: 전기자 회로의 저항을 작게 하면 기동 전류가 과도해지고, 계자조정저항을 최대로 하면 자속이 약해진다. 기동 시에는 **전기자 회로의 기동저항은 크게, 계자조정저항은 최소로** 두어야 한다.

NoteBase

문 9. 15,000/200 [V], 10 [kVA]인 변압기의 등가회로는 다음과 같다. 변압기의 출력전압이 정격전압이라 가정하고 0.8 지상역률 정격부하에서 운전되고 있을 때, 전압변동률[%]은? (단, 1차측 권선저항과 누설리액턴스는 무시한다)



① 5

② −5

③ 6

④ −6

정답 1번

간단한 해설

지상역률에서는 저항과 누설리액턴스에 의한 **전압강하 성분을 더한다**. 정격전류 50 A에서 전압강하의 근삿값은 10 V이므로, 출력전압 200 V에 대한 전압변동률은 **5%**이다.

NoteBase

계산 과정

계산 기준: 정격용량은 10 kVA = 10,000 VA이고, 출력측 정격전압은 200 V이다. 회로에 표시된 직렬 저항은 R = 0.16 Ω, 누설리액턴스는 X = 0.12 Ω이다. 문제에서 1차측 권선저항과 누설리액턴스를 무시하므로 이 직렬 임피던스에 의한 전압강하를 계산한다.

정격전류와 역률각: 피상전력은 전압과 전류의 곱이므로, 정격전류는 $I_2 = \frac{10{,}000}{200} = 50$ A이다. 역률각을 ϕ라 하면 $\cos\phi = 0.8$이고 $\sin\phi = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$이다. 지상역률은 부하전류가 출력전압보다 위상이 늦다는 뜻이다.

전압강하: 전압변동률의 표준 근사식에서는 직렬 임피던스의 전압강하 중 **출력전압과 같은 위상인 성분**을 구한다. 지상부하에서는 저항 성분과 리액턴스 성분이 더해지므로 $\Delta V \simeq I_2(R\cos\phi + X\sin\phi)$를 적용한다. 저항에 대한 계수는 0.16 × 0.8 = 0.128 Ω, 리액턴스에 대한 계수는 0.12 × 0.6 = 0.072 Ω이다. 두 계수의 합은 0.20 Ω이므로 전압강하는 50 × 0.20 = 10 V이다.

전압변동률: 1차 인가전압을 일정하게 유지할 때 무부하 출력전압이 부하 출력전압보다 얼마나 높은지를 **부하 출력전압을 기준**으로 나타낸 비율이다. 여기서는 부하 출력전압이 정격전압 200 V이므로 $\varepsilon \simeq \frac{10}{200} \times 100 = 5\%$이다. 계산한 5%는 ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 10. 타여자 직류발전기 A와 B가 병렬운전으로 130 [A]의 부하전류를 공급하고 있다. 전기자 저항이 $R_A = 0.2[\Omega]$와 $R_B = 0.3[\Omega]$일 때, 각 발전기의 분담전류 I_A [A]와 I_B [A]는? (단, A와 B의 유기기전력은 같다)

① I_A: 40, I_B: 90

② I_A: 90, I_B: 40

③ I_A: 52, I_B: 78

④ I_A: 78, I_B: 52

정답 4번

간단한 해설

유기기전력이 같은 두 발전기를 병렬로 연결하면 전기자 저항에서 생기는 **전압강하가 같아야** 하므로 분담전류는 전기자 저항에 반비례한다. 전류비가 3 : 2이므로 전체 130 A를 A는 78 A, B는 52 A씩 분담한다.

계산 과정

병렬운전 중인 두 발전기는 **단자전압이 같다**. 공통 단자전압을 V, 같은 유기기전력을 E라 하면 발전기의 전압식은 $V = E - I_A R_A$, $V = E - I_B R_B$이다. 타여자 발전기는 계자전류를 외부 전원에서 공급하므로 각 전기자전류가 해당 발전기의 분담전류와 같다.

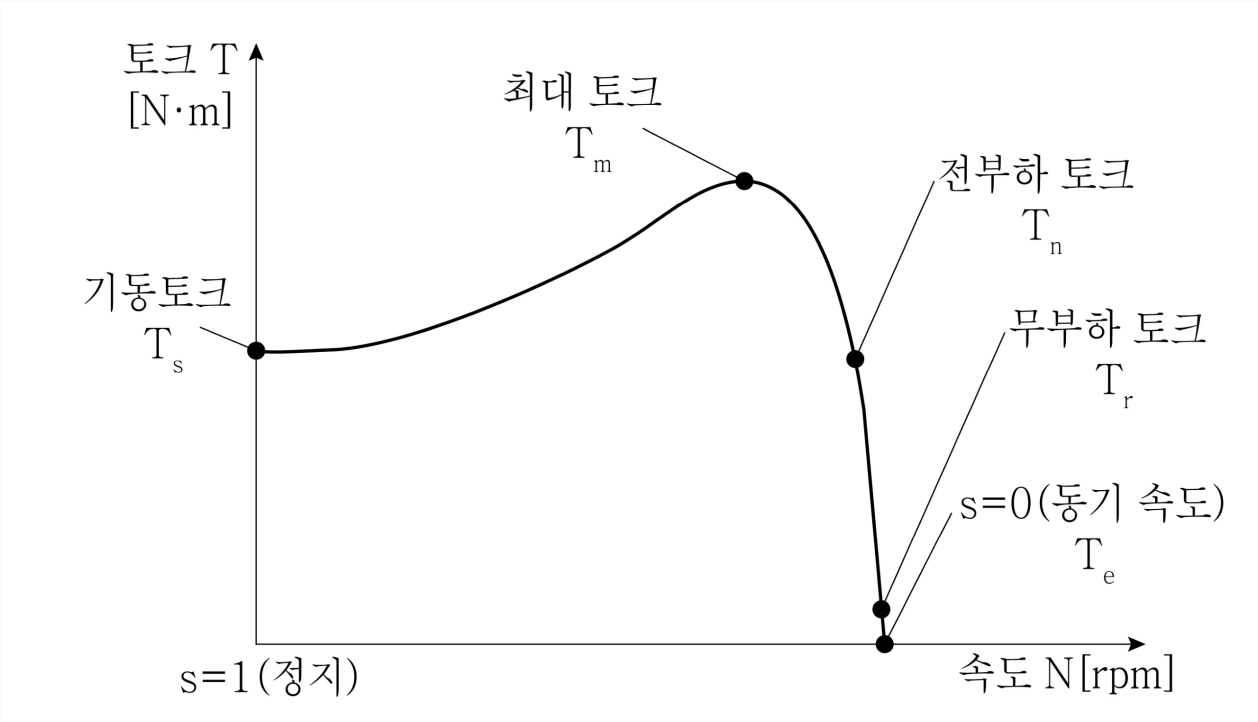
두 전압식에서 $I_A R_A = I_B R_B$이므로 $0.2 I_A = 0.3 I_B$이다. 따라서 $\frac{I_A}{I_B} = \frac{0.3}{0.2} = \frac{3}{2}$로, **전기자 저항이 작은 A가 더 큰 전류를 분담**한다.

부하전류는 두 분담전류의 합이므로 $I_A + I_B = 130\text{A}$이다. 전류비 3 : 2에 따라 $I_A = 130 \cdot \frac{3}{5} = 78\text{A}$, $I_B = 130 \cdot \frac{2}{5} = 52\text{A}$이다.

A의 분담전류 78 A와 B의 분담전류 52 A는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 3상 유도전동기의 토크 속도 특성 곡선에서 정상 운전 범위로 옳은 것은?



① $T_s - T_m$구간

② $T_m - T_n$구간

③ $T_n - T_r$구간

④ $T_r - T_e$구간

정답 3번

간단한 해설

정상 운전 범위는 **무부하에서 전부하(정격 부하)까지**이다. 그림에서 무부하점은 T_r, 전부하점은 T_n이므로 두 점 사이인 $T_n - T_r$ 구간에 해당한다.

NoteBase

도식 해설

가로축은 회전자 속도 N, 세로축은 토크 T이다. 정상 운전 범위는 외부 부하가 없는 무부하 상태부터 정격 부하를 담당하는 전부하 상태까지이다. 따라서 곡선에서 **무부하점과 전부하점 사이**를 찾아야 한다.

① $T_s - T_m$ 구간: 정지 상태의 기동 토크점에서 최대 토크점까지 이어지는 저속 구간이다. 기동 후 속도가 증가하면서 거치는 영역이며, 무부하에서 전부하까지의 정상 운전 범위에 해당하지 않는다.

② $T_m - T_n$ 구간: 최대 토크점과 전부하점 사이로, 전부하 토크보다 큰 토크를 발생시키는 영역이다. 부하와 평형을 이루는 운전점이 존재할 수 있더라도 **정격 부하를 넘는 과부하 영역**이므로 정상 운전 범위와 구별한다.

③ $T_n - T_r$ 구간: 전부하점과 무부하점 사이이다. 무부하에서 외부 부하가 증가하면 회전자 속도가 조금 낮아져 슬립이 커진다. 슬립은 동기 속도와 회전자 속도의 차이를 동기 속도로 나눈 비율이다. 이 구간에서는 슬립 증가에 따라 발생 토크가 커져 증가한 부하를 감당하며, 전부하점까지가 정상 운전 범위이다.

④ $T_r - T_e$ 구간: 실제 무부하점에서 동기 속도점까지 이어지는 구간이다. 무부하에서도 마찰·풍손을 보상할 토크가 필요하므로 회전자는 동기 속도보다 조금 느리게 회전한다. 동기 속도점에서는 **슬립과 유도 토크가 모두 0**이므로 실제 무부하 운전점과 구별된다. 이 구간은 무부하에서 전부하까지의 운전 범위에 포함되지 않는다.

따라서 정상 운전 범위는 $T_n - T_r$ 구간이며, ③에 해당한다.

NoteBase

문 12. 변압기유에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 절연 내력이 커야 한다.

② 인화점이 낮아야 한다.

③ 절연재료 및 금속과 접하여도 화학작용을 일으키지 않아야 한다.

④ 유동성이 풍부하고 비열이 커서 냉각효과가 커야 한다.

정답 2번

간단한 해설

변압기유는 운전 중 온도가 올라가도 쉽게 불이 붙지 않도록 **인화점이 높아야 한다**. 따라서 '인화점이 낮아야 한다'는 설명은 반대이다.

선지별 해설

① O: 변압기유는 전압이 다른 부분 사이를 절연하는 역할을 한다. **절연 내력이 커야** 높은 전기적 스트레스에도 절연파괴를 일으키지 않고 절연을 유지할 수 있다.

② X: 인화점은 기름에서 발생한 증기에 불꽃 등의 점화원을 가까이했을 때 순간적으로 불이 붙는 최저 온도이다. 인화점이 낮으면 비교적 낮은 온도에서도 인화할 수 있으므로, 화재 위험을 줄이려면 **인화점이 높아야 한다**.

③ O: 변압기유는 권선의 절연재료와 철심 등의 금속에 접촉한다. 이들과 화학작용을 일으키면 절연재료를 손상시키거나 금속을 부식시킬 수 있으므로, 접촉하는 재료에 대해 **화학적으로 안정해야 한다**.

④ O: 변압기유는 권선과 철심에서 발생한 열을 운반하여 냉각하는 역할도 한다. 유동성이 좋으면 기름이 원활하게 순환하여 열을 전달하기 쉽다. 또한 비열이 크면 같은 질량의 기름이 같은 양의 열을 흡수할 때 **온도 상승이 작으므로** 냉각에 유리하다.

NoteBase

문 13. 유도기의 기동 및 운전에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 농형 유도전동기의 속도 제어 방법에는 주파수 제어, 극수 변환, 2차 저항법, 전압 제어 등이 있다.

② 유도전동기를 신속히 정지시키기 위해서 역상 제동법을 사용할 수 있다.

③ 농형 유도전동기의 기동 특성과 운전 특성을 조정하기 위해 이중농형, 심구형 회전자가 사용된다.

④ 순수한 단상 유도전동기는 기동토크가 없어 기동 보조장치가 필요하다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '2차 저항법'은 **권선형 유도전동기**에 적용하는 속도 제어 방법이다. 농형은 회전자 도체가 단락환으로 연결되어 있어 **회전자 회로에 외부 저항을 삽입할 수 없다**.

선지별 해설

① X: 2차 저항법은 권선형 유도전동기의 회전자 권선에 슬립링과 브러시를 통해 외부 저항을 연결하고, 그 저항을 바꾸어 슬립과 속도를 조절하는 방법이다. 농형은 회전자 도체의 양 끝이 단락환으로 연결되어 있어 **외부 저항을 삽입할 수 없다**. 따라서 농형의 속도 제어 방법에서 '2차 저항법'을 제외해야 한다. 주파수 제어와 극수 변환은 회전자계의 동기속도를 바꾸며, 전압 제어는 토크 특성을 바꾸어 부하와의 평형 속도를 조절한다.

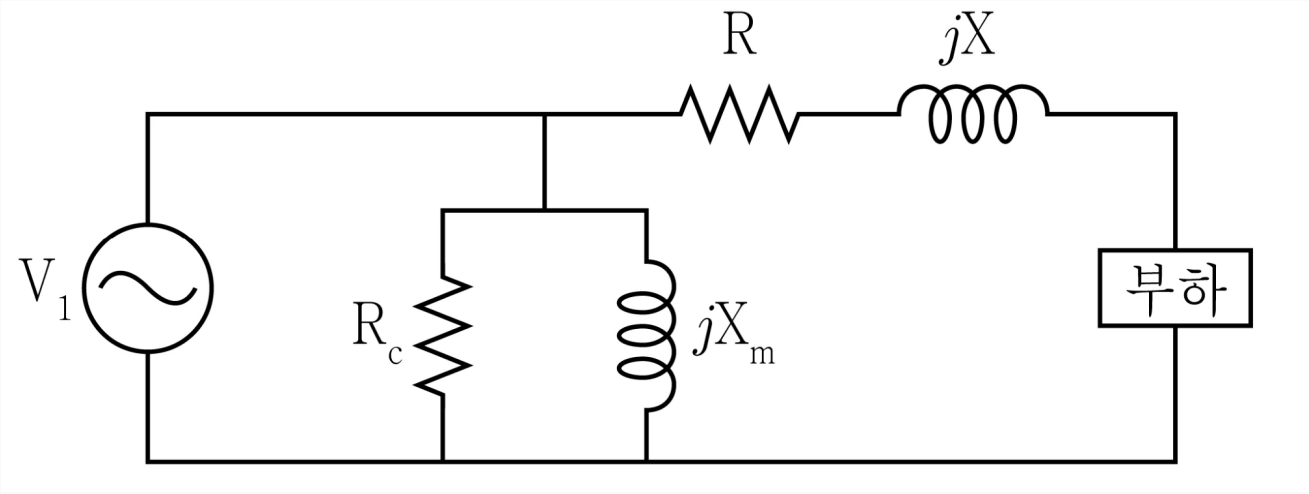
② O: 3상 유도전동기에서 전원선 중 두 선을 서로 바꾸면 상순서가 바뀌어 회전자계의 회전 방향이 반대가 된다. 회전자는 관성 때문에 기존 방향으로 돌고 있으므로 **회전 방향과 반대인 제동토크**가 발생한다. 이를 역상 제동이라 하며 신속한 정지에 이용한다. 정지 후에도 전원을 계속 인가하면 역방향으로 회전하므로 정지 시 전원을 차단해야 한다.

③ O: 농형 회전자는 외부 저항을 연결할 수 없으므로 회전자 구조를 바꾸어 기동과 운전 특성을 개선한다. 이중농형은 저항이 큰 바깥쪽 농과 저항이 작은 안쪽 농을 이용하며, 심구형은 깊은 도체에서 나타나는 표피효과를 이용한다. 두 구조 모두 회전자 전류의 주파수가 높은 **기동 시에는 유효 저항을 크게** 하여 기동토크를 높이고, 주파수가 낮아지는 정상 운전 시에는 유효 저항을 작게 하여 회전자 동손을 줄이는 데 유리하다.

④ O: 보조장치가 없는 순수한 단상 유도전동기의 주권선은 맥동자계를 만든다. 이 자계는 크기가 같고 서로 반대 방향으로 회전하는 두 회전자계로 나누어 볼 수 있다. **정지 상태에서는 두 자계가 만드는 토크가 서로 상쇄**되므로 기동토크가 없다. 따라서 보조권선과 콘덴서 등으로 기동토크를 만드는 보조장치가 필요하다.

NoteBase

문 14. 변압기의 1차측 전압은 220 [V]이다. 다음의 변압기 등가회로에서 무부하전류가 0.5 [A]이고 철손이 66 [W]일 때, 자화전류[A]는? (단, 1차측 권선저항과 누설리액턴스는 무시한다)



① 0.3

② 0.4

③ 0.5

④ 0.6

정답 2번

간단한 해설

철손전류는 0.3 A이고, 자화전류는 철손전류와 **위상차가 90°**이다. 따라서 무부하전류 0.5 A에서 두 성분의 제곱합 관계를 적용하면 자화전류는 **0.4 A**이다.

계산 과정

회로의 병렬 여자 가지에서 R_c에는 철손전류 I_c가, jX_m에는 자속을 만드는 자화전류 I_m이 흐른다. 무부하에서는 부하전류가 없으므로 무부하전류 I_0는 이 두 전류의 벡터합이다. 1차측 권선저항과 누설리액턴스를 무시하므로 여자 가지에 걸리는 전압은 220 V이다.

철손전류는 전압과 동상인 유효전류 성분이다. 철손을 P_c, 1차측 전압을 V_1이라 하면 $P_c = V_1 I_c$이므로, $I_c = \frac{P_c}{V_1} = \frac{66}{220} = 0.3\text{A}$이다. 이 0.3 A는 전체 무부하전류 중 **철손에 해당하는 전류 성분**이다.

자화전류는 전압보다 90° 늦으므로 철손전류와 직교한다. 따라서 두 전류의 크기를 단순히 더하거나 빼지 않고 **제곱합 관계** $I_0^2 = I_c^2 + I_m^2$를 적용한다. 자화전류의 크기는 $I_m = \sqrt{0.5^2 - 0.3^2} = 0.4\text{A}$이며, 이는 ②의 0.4 A에 해당한다.

NoteBase

문 15. 동기발전기의 권선법에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 분포권은 집중권에 비하여 합성 유기기전력이 크다.

② 단절권은 전절권에 비하여 합성 유기기전력이 크다.

③ 단절권은 전절권에 비하여 고조파성분이 감소한다.

④ 분포권은 집중권에 비하여 코일에서 발생하는 열이 일부분에 집중된다.

정답 3번

간단한 해설

단절권은 코일 간격을 전절권보다 짧게 하여, 적절한 간격에서 **특정 고조파의 유기기전력이 서로 상쇄**되도록 한다. 이에 따라 고조파 성분이 줄어 유기기전력의 파형이 정현파에 가까워진다.

선지별 해설

① X: 분포권은 한 극 아래에서 같은 상의 코일을 여러 슬롯에 나누어 배치하는 권선법이다. 슬롯마다 유기기전력의 위상이 달라 벡터로 합성해야 하므로, 자속·주파수·직렬 권수가 같다면 합성 유기기전력의 기본파는 집중권보다 **작다**. 위상이 같은 기전력을 그대로 더하는 집중권과 구별한다.

② X: 전절권은 코일 양변의 간격이 1극 간격, 즉 전기각 180°인 권선이며, 단절권은 이보다 간격이 짧은 권선이다. 전절권에서는 코일 양변의 기본파 기전력이 직렬 연결 방향으로 최대한 더해지지만, 단절권에서는 위상차 때문에 합성값이 줄어든다. 따라서 자속·주파수·권수가 같다면 단절권의 기본파 유기기전력은 전절권보다 **작다**.

③ O: 단절권에서는 코일 간격을 조절하여 **특정 차수의 고조파를 감소시키거나 제거**할 수 있다. 고조파는 기본파보다 같은 공간 간격에 대한 위상 변화가 크므로, 기본파 기전력의 감소는 작게 유지하면서 원하는 고조파 기전력이 서로 상쇄되도록 할 수 있다. 이는 유기기전력 파형을 정현파에 가깝게 만드는 효과이며, 모든 차수의 고조파가 한꺼번에 제거된다는 뜻은 아니다.

④ X: 분포권은 코일을 여러 슬롯에 나누어 배치하므로 코일에서 발생하는 열도 **여러 위치로 분산**된다. 따라서 열이 일부분에 집중된다는 설명은 반대이며, 분포권은 국부적인 발열 집중을 완화하는 데 유리하다.

NoteBase

문 16. 브러시리스 직류전동기의 특징으로 옳지 않은 것은?

① 수명이 길고 잡음이 적다.

② 전기자가 회전하는 구조를 가진다.

③ 구동전류는 구형파 또는 준구형파 형태이다.

④ 회전자 위치 검출 용도로 홀 센서가 사용된다.

정답 2번

간단한 해설

브러시리스 직류전동기는 **전기자가 고정되고 영구자석 계자가 회전**하는 구조이다. 회전자 위치에 맞추어 전자회로가 고정자 권선의 전류를 전환하므로, 전기자가 회전한다는 설명은 잘못되었다.

선지별 해설

① O: 브러시와 정류자의 접촉에 따른 마모와 불꽃이 없어, 브러시가 있는 직류전동기에 비해 **수명이 길고 잡음이 적다**. 브러시 교체 등 접촉부의 유지보수 부담도 줄어든다.

② X: 전기자는 전류가 흐르며 회전자 자계와 상호작용하여 토크를 만드는 권선 부분으로, 브러시리스 직류전동기에서는 **고정자에 배치**된다. 회전하는 부분은 영구자석 계자이므로, '전기자가 회전하는 구조'는 '영구자석 계자가 회전하는 구조'로 고쳐야 한다.

③ O: 일반적인 브러시리스 직류전동기의 구형파 구동에서는 전자 스위칭으로 각 상 권선의 통전 구간과 전류 방향을 차례로 바꾼다. 이에 따라 구동전류는 **구형파 또는 준구형파** 형태가 되며, 실제 전류 파형은 권선의 인덕턴스와 스위칭 등의 영향으로 이상적인 구형파와 차이가 날 수 있다.

④ O: 홀 센서는 회전자 영구자석의 자극이 지나갈 때 생기는 **자속 변화로 회전자 위치를 검출**한다. 제어회로는 이 신호를 이용하여 어느 고정자 권선에 전류를 흘릴지와 전류를 전환할 시점을 결정한다.

NoteBase

문 17. 마그네틱 토크와 릴럭턴스 토크 모두 사용 가능한 전동기는?

① 스위치드 릴럭턴스 전동기

② 릴럭턴스 동기전동기

③ 표면부착형 영구자석 동기전동기

④ 매입형 영구자석 동기전동기

정답 4번

간단한 해설

매입형 영구자석 동기전동기는 **영구자석의 자속**으로 마그네틱 토크를 만들고, **회전자 방향에 따른 자기저항 차이**로 릴럭턴스 토크도 이용할 수 있다.

공통 해설

이 문항에서 마그네틱 토크는 회전자 영구자석의 자속과 고정자 전류의 상호작용으로 생기는 토크이다. 릴럭턴스 토크는 회전자가 자기저항이 작은 방향으로 정렬하려는 성질에서 생긴다. 따라서 두 토크를 함께 이용하려면 **영구자석의 자속과 방향에 따른 자기저항 차이**를 모두 갖추어야 한다.

매입형 영구자석 동기전동기는 회전자 내부에 자석을 매입하므로 영구자석의 자속이 존재한다. 또한 자석과 철심의 배치로 회전자 방향에 따라 자기저항이 달라지는 돌극성을 갖는다. 이 때문에 고정자 전류를 적절히 제어하면 마그네틱 토크에 릴럭턴스 토크를 더하여 사용할 수 있다.

일반적인 스위치드 릴럭턴스 전동기와 릴럭턴스 동기전동기는 회전자에 영구자석이 없으므로 릴럭턴스 토크를 이용한다. 표면부착형 영구자석 동기전동기는 영구자석의 자속은 있지만 회전자 방향에 따른 자기저항 차이가 거의 없어, 이상적인 비돌극 모델에서는 릴럭턴스 토크가 발생하지 않는다. 따라서 이들 전동기는 두 토크를 함께 이용한다는 조건을 충족하지 않는다.

NoteBase

문 18. 무부하 상태에서 분권 직류발전기의 계자 저항이 80 [Ω], 계자 전류가 1.5 [A], 전기자 저항이 2 [Ω]일 때, 단자전압 V_t[V]와 유기기전력 E[V]는?

① V_t: 80, E: 120

② V_t: 120, E: 120

③ V_t: 120, E: 123

④ V_t: 160, E: 123

정답 3번

간단한 해설

분권 직류발전기는 **무부하에서도 계자전류가 흐르므로** 전기자 내부에 전압강하가 생긴다. 계자회로에서 구한 단자전압은 120 V이며, 여기에 전기자 전압강하 3 V를 더하면 유기기전력은 123 V이다.

계산 과정

전류 관계: 분권 직류발전기의 계자권선은 출력 단자에 병렬로 연결된다. 전기자전류 I_a는 부하전류 I_L와 계자전류 I_f의 합이므로 $I_a = I_L + I_f$이다. 무부하는 **외부 부하전류가 0인 상태**이므로, 이 문제에서는 $I_a = I_f = 1.5\text{A}$이다.

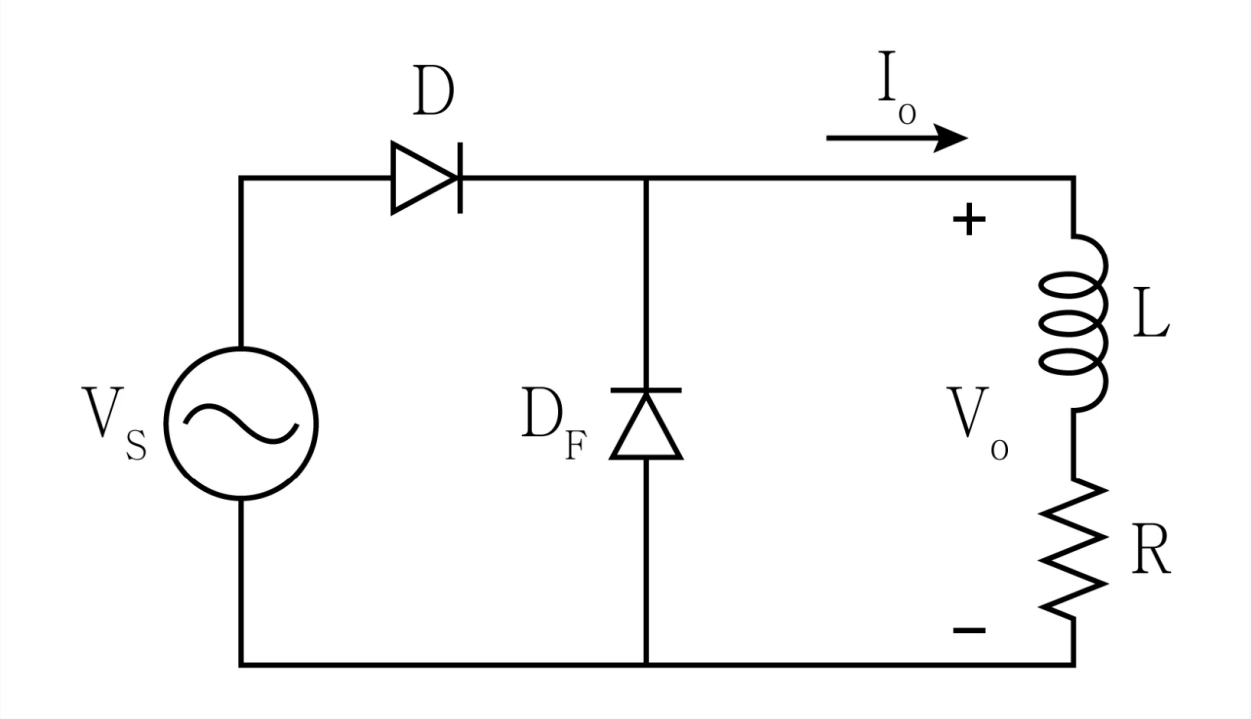
단자전압: 계자권선 양단의 전압은 단자전압 V_t와 같다. 계자저항을 R_f라 하면 옴의 법칙에 따라 $V_t = I_f R_f$이다. 따라서 단자전압은 $1.5 \times 80 = 120$ V이다.

유기기전력: 전기자저항을 R_a, 유기기전력을 E라 하면, 발전기 내부에서 발생한 전압은 전기자저항의 전압강하만큼 감소하여 단자에 나타난다. 문제에서 주어진 저항에 의한 전압강하를 고려하면 $E = V_t + I_a R_a$ 이다. 전기자 전압강하는 $1.5 \times 2 = 3$ V이므로, 유기기전력은 $120 + 3 = 123$ V이다. 무부하라도 전기자전류가 흐르므로 **유기기전력과 단자전압은 같지 않다**.

단자전압 120 V, 유기기전력 123 V의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같은 단상 다이오드 정류회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 정류회로는 정상상태이며 시정수 $\frac{L}{R}$은 충분히 크다)



① 유도성 부하에 축적된 에너지 소모를 위한 경로가 있다.

② D_F는 부하전류 I_o를 평활화하는 역할을 한다.

③ D_F를 제거 시, 출력전압 V_o의 평균값이 증가한다.

④ 교류전압 한 주기 동안의 인덕터 전압의 평균값은 0이다.

정답 3번

간단한 해설

환류 다이오드 D_F를 제거하면 인덕터에 저장된 에너지 때문에 전원전압이 음수가 된 뒤에도 전류가 한동안 흐른다. 이때 출력전압에 **음의 구간이 생기므로 평균값은 증가하지 않고 감소한다**.

NoteBase

선지별 해설

① O: 전원전압이 음수가 되면 전원 측 다이오드 D는 차단되고, 부하전류는 인덕터 L과 저항 R, 환류 다이오드 D_F를 거쳐 순환한다. 이 **환류 경로**를 통해 인덕터에 저장된 에너지가 저항에서 열로 소모된다.

② O: D_F는 전원에서 전류가 공급되지 않는 동안에도 **부하전류가 계속 흐를 경로**를 제공한다. 시정수 $\frac{L}{R}$가 충분히 크므로 환류 중 전류가 서서히 감소하여 부하전류 I_o의 맥동이 작아진다.

③ X: D_F가 있으면 전원전압이 음수인 동안 부하전류가 환류하며, 다이오드의 전압강하를 무시할 때 출력전압 V_o는 0이 된다. 반면 D_F를 제거하면 인덕터가 전류를 유지하려 하므로 D가 음의 반주기 일부까지 도통한다. 이 구간에는 음의 전원전압이 부하에 걸려 **출력전압의 평균값이 감소한다**. 따라서 평균값이 증가한다는 설명을 감소한다로 고쳐야 한다.

④ O: 정상 주기상태에서는 교류전압의 한 주기가 지난 뒤 인덕터 전류가 같은 값으로 돌아온다. 주기를 T, 순간 전류를 i라 하면 $i(T) = i(0)$이다. 인덕터 전압의 한 주기 평균은 $\overline{v_L} = \frac{L}{T}[i(T) - i(0)]$이므로 **한 주기 평균전압은 0**이다. 이는 인덕터 전압이 매 순간 0이라는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 20. 동기전동기가 동기속도로 운전되기 위한 기동법으로 옳지 않은 것은? (단, 계자 권선에는 전원이 인가되어 있다)

① 주파수 제어에 의한 기동법

② 원동기에 의한 기동법

③ 제동권선에 의한 기동법

④ 전압 증가에 의한 기동법

정답 4번

간단한 해설

④의 전압 증가만으로는 회전자를 지속적으로 가속할 수 없다. 주파수가 일정하면 회전자계의 속도는 그대로이고, 정지한 회전자에 작용하는 **동기토크의 평균은 0**이기 때문이다.

선지별 해설

계자 권선에 전원이 인가되면 회전자에 자극이 형성된다. 그러나 정지한 회전자는 관성 때문에 빠르게 회전하는 고정자 자기장을 곧바로 따라가지 못하므로, 동기 운전에 들어가기 위한 별도의 기동 수단이 필요하다.

① O: 공급 주파수를 낮추면 고정자 회전자계의 속도도 낮아진다. 회전자가 이 느린 자기장을 따라 회전하도록 한 뒤 **주파수를 서서히 높이면** 동기 상태를 유지하면서 원하는 운전속도까지 가속할 수 있다.

② O: 외부 원동기로 회전자를 **회전자계와 같은 방향으로 동기속도 부근까지** 가속한다. 이때 회전자 자극이 고정자 회전자계와 동기화되면, 원동기의 구동을 중단해도 동기전동기로 운전할 수 있다.

③ O: 제동권선은 회전자에 설치된 단락 도체로, 회전자계와의 상대운동에 의해 전류가 유도된다. 이 전류와 회전자계의 상호작용으로 **유도전동기와 같은 기동토크**를 얻어 회전자를 동기속도 부근까지 가속하고, 계자 자극과 회전자계가 동기화되면 동기 운전으로 들어간다.

④ X: 주파수와 극수가 일정하면 전압을 높여도 회전자계의 속도는 변하지 않는다. 정지한 회전자의 계자 자극에 작용하는 동기토크는 방향이 번갈아 바뀌어 평균이 0이므로, **전압 증가만으로는 기동할 수 없다**. 회전자계의 속도를 낮추는 주파수 제어, 외부 원동기의 구동 또는 제동권선의 유도토크와 같은 기동 수단을 이용해야 한다.

NoteBase