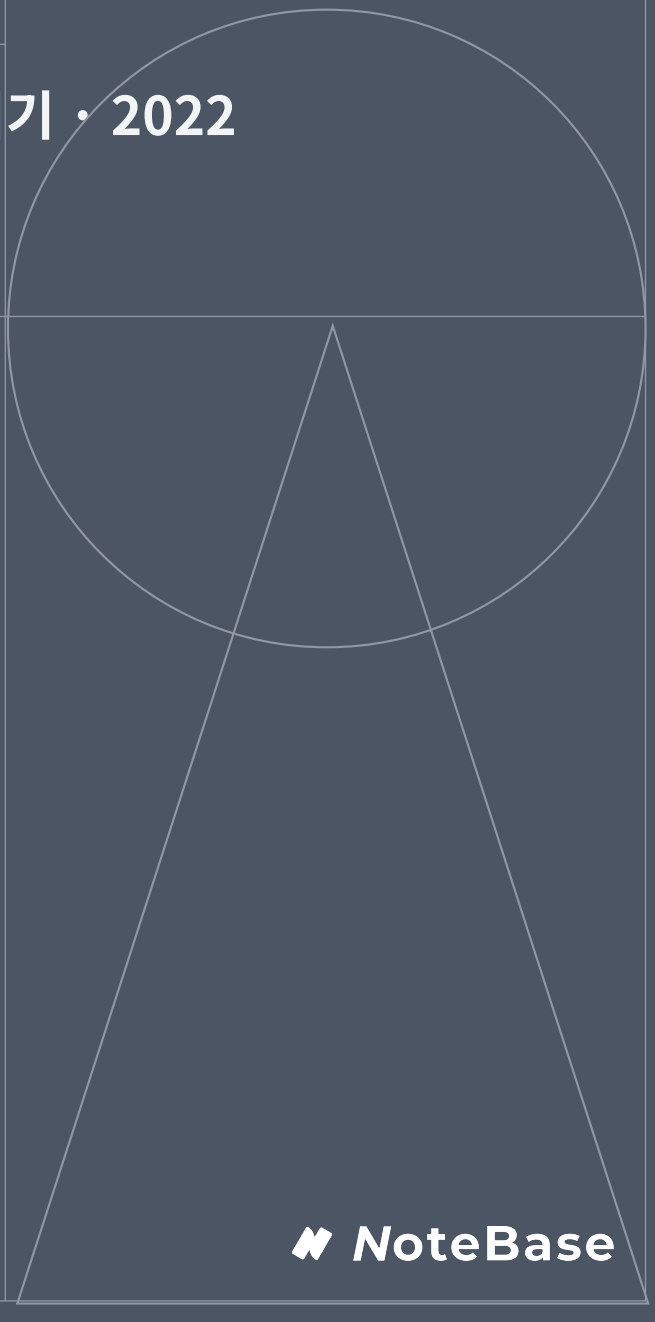
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2022

공무원/국가직/9급 · 전기기기 · 2022

문 1. 이상적인 변압기의 특징에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 누설자속은 0이다.

② 권선의 저항은 0이다.

③ 철심의 히스테리시스 현상이 있다.

④ 철심의 자속을 발생시키기 위한 자화전류는 0이다.

정답 3번

간단한 해설

이상적인 변압기는 **철심의 히스테리시스 현상이 없다**고 가정한다. 따라서 반복적인 자화에 따른 히스테리시스 손실도 발생하지 않는다.

선지별 해설

① O: 누설자속은 한쪽 권선에만 쇄교하고 다른 쪽 권선에는 쇄교하지 않는 자속이다. 이상적인 변압기에서는 **모든 자속이 1차·2차 권선에 함께 쇄교**한다고 가정하므로 누설자속이 0이다.

② O: 이상적인 변압기는 **1차·2차 권선의 저항이 모두 0**이라고 가정한다. 따라서 권선에 전류가 흘러도 저항에 의한 전압 강하와 동손이 발생하지 않는다.

③ X: 히스테리시스는 철심의 자화 상태가 이전의 자화 이력에 영향을 받는 현상이다. 실제 철심에서는 반복적인 자화로 히스테리시스 손실이 생기지만, 이상적인 변압기는 **히스테리시스 현상이 없다**고 가정한다. 선지의 '현상이 있다'는 '현상이 없다'로 고쳐야 한다.

④ O: 이상적인 변압기는 **철심의 투자율이 무한대**여서 자기저항이 0이라고 가정한다. 따라서 유한한 자속을 만드는 데 필요한 기자력이 0이므로 자화전류도 0이다. 이는 부하에 전력을 공급하기 위한 1차 전류까지 0이라는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 2. 변압기의 유도기전력과 비례하지 않는 것은?

① 권선수

② 철손저항

③ 쇄교자속의 최댓값

④ 전원주파수

정답 2번

간단한 해설

변압기의 유도기전력은 권선과 쇄교하는 자속의 변화로 생기며, **철손저항에 비례하지 않는다**. 철손저항은 철심에서 발생하는 전력 손실을 등가회로로 나타내는 값이다.

공통 해설

변압기의 유도기전력은 패러데이 법칙에 따라 자속이 변하는 속도에 비례한다. 자속이 정현파로 변할 때 유도기전력의 실효값은 $E = 4.44 f N \Phi_m$이다. 여기서 E는 유도기전력의 실효값(V), f는 전원주파수(Hz), N은 권선수, Φ_m은 각 권선에 공통으로 쇄교하는 자속의 최댓값(Wb)이다.

이 식에서 다른 조건이 같으면 유도기전력은 권선수와 전원주파수에 각각 비례한다. 권선수가 많으면 각 권선에 유도된 기전력이 더 많이 합쳐지고, 주파수가 높으면 같은 크기의 자속이 더 빠르게 변하기 때문이다. 또한 **쇄교자속은 권선수를 포함한 양**으로, 그 최댓값은 $\lambda_m = N\Phi_m$이다. 따라서 $E = 4.44 f \lambda_m$으로도 쓸 수 있으므로, 주파수가 같으면 유도기전력은 쇄교자속의 최댓값에도 비례한다.

반면 철손저항은 철심의 히스테리시스손과 와전류손을 나타내는 등가저항이다. 이는 **철손을 표현하는 회로 요소**이며 유도기전력 식의 비례 인자가 아니다. 따라서 유도기전력과 비례하지 않는 항목은 철손저항이다.

NoteBase

문 3. 정격출력 50 [MVA]인 3상 동기발전기의 주파수가 50 [Hz]일 때, 동기속도는 1,000 [rpm]이다. 이 발전기의 주파수가 60 [Hz]일 때, 동기속도[rpm]는?

① 900

② 1,000

③ 1,200

④ 1,500

정답 3번

간단한 해설

같은 동기발전기는 **극수가 일정하므로 동기속도가 주파수에 비례**한다. 주파수가 50 Hz에서 60 Hz로 증가하면 동기속도도 1.2배가 되어 1,200 rpm이 된다.

계산 과정

동기발전기의 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{P}$이다. 여기서 n_s는 동기속도(rpm), f는 발생 주파수(Hz), P는 극수이다. 회전자가 한 바퀴 돌 때 극쌍 수만큼 전기적 주기가 발생하며, 이를 분당 회전수로 환산한 관계이다.

같은 발전기의 주파수가 변하는 것이므로 **극수는 일정**하다. 따라서 동기속도는 주파수에 비례하며, 주파수 비율 $\frac{60}{50} = 1.2$는 동기속도도 기존의 1.2배가 된다는 뜻이다. 정격출력 50 MVA는 이 속도 계산에 사용하지 않는다.

60 Hz에서의 동기속도는 $n_{60} = 1000 \times \frac{60}{50} = 1200\text{rpm}$이다. 계산한 1,200 rpm은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 유도기에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 회전자가 정지하면 슬립은 0이다.

② 유도발전기에서 슬립은 양수이다.

③ 회전자 주파수는 슬립에 비례한다.

④ 회전자계의 속도와 동일하게 회전하는 속도를 비동기속도라 한다.

정답 3번

간단한 해설

회전자 전류의 주파수는 회전자와 회전자계 사이의 **상대속도**로 결정된다. 전원 주파수가 일정한 전동기 운전에서는 $f_2 = sf_1$이므로 **슬립에 비례**한다.

선지별 해설

슬립은 동기속도에 대한 회전자계와 회전자의 속도 차이의 비율이다. 동기속도를 n_s, 회전자 속도를 n이라 하면 $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다.

① X: 회전자가 정지하면 $n = 0$이므로 $s = \frac{n_s - 0}{n_s} = 1$이다. **정지 시 슬립은 1**이며, 슬립이 0인 경우는 회전자가 동기속도로 회전할 때이다.

② X: 유도발전기는 원동기로 회전자를 회전자계와 같은 방향으로 동기속도보다 빠르게 구동하여 발전한다. 이때 $n > n_s$이므로 $n_s - n < 0$이고, **슬립은 음수**이다.

③ O: 회전자 주파수는 회전자에 유도되는 전압과 전류의 주파수이며, 회전자 도체가 회전자계에 대해 상대적으로 움직이는 속도에 따라 정해진다. 전원 주파수를 f_1, 회전자 주파수를 f_2라 하면 전동기 운전에서 $f_2 = sf_1$이다. 따라서 **전원 주파수가 일정하면** 회전자 주파수는 슬립에 비례한다. 발전 운전처럼 슬립이 음수인 경우 실제 주파수의 크기는 $f_2 = |s|f_1$로 나타낸다.

④ X: 회전자계의 회전속도와 같은 속도는 **동기속도**이다. 비동기속도는 회전자계의 속도와 일치하지 않는 속도이며, 유도전동기는 통상 동기속도보다 낮은 속도로 회전한다.

NoteBase

문 5. 아라고 원판의 원리가 적용되는 전기기기는?

① 변압기

② 직류전동기

③ 동기전동기

④ 유도전동기

정답 4번

간단한 해설

아라고 원판은 움직이는 자기장에 의해 원판에 **유도전류**가 생기고, 그 전류와 자기장의 상호작용으로 원판이 자기장의 이동 방향을 따라 도는 현상이다. 유도전동기는 이 원리를 이용하여 회전력을 얻는다.

공통 해설

아라고 원판 실험에서 구리나 알루미늄 원판 가까이의 자석을 회전시키면, 원판을 통과하는 자기선속이 변하여 원판 내부에 와전류가 유도된다. 이 전류와 자기장의 상호작용으로 **자석과 원판 사이의 상대운동을 줄이는 방향**의 회전력이 생겨 원판이 자석을 따라 회전한다.

유도전동기에서는 고정자가 만드는 회전자계가 회전하는 자석의 역할을 하고, 회전자의 도체가 원판의 역할을 한다. 회전자계와 회전자 사이의 상대운동으로 회전자에 전류가 유도되고, 이 전류와 회전자계의 상호작용으로 회전력이 발생한다. 따라서 아라고 원판의 원리가 적용되는 기기는 **유도전동기**이다. 전류가 유도되려면 상대운동이 필요하므로, 정상적인 전동 운전에서는 회전자가 회전자계보다 느리게 회전한다.

NoteBase

문 6. 여자전류와 철손을 구할 수 있는 변압기 시험은?

① 극성 시험
② 단락 시험
③ 무부하 시험
④ 온도 상승 시험

정답 3번

간단한 해설

무부하 시험에서는 측정한 전류가 **여자전류**이다. 이때는 전류가 작아 동손을 무시할 수 있으므로, **입력전력을 철손으로 근사**한다.

공통 해설

변압기 철심에 자속을 만들고 철손을 공급하는 데 필요한 전류가 여자전류이다. 이를 구하려면 2차측을 개방하여 부하전류가 흐르지 않게 하고, 1차측에 정격 주파수의 정격 전압을 가한다. 이 상태에서 1차측에 흐르는 전류가 여자전류이며, 이러한 시험을 **무부하 시험**이라고 한다.

무부하 상태에서도 철심에는 교번 자속이 생기므로 히스테리시스손과 와전류손인 철손이 발생한다. 반면 2차측 전류는 흐르지 않고 1차측 전류도 작아 권선의 동손이 매우 작다. 따라서 **작은 동손을 무시하면 입력전력이 철손**에 해당한다. 무부하 시험에서 전류계와 전력계로 측정한 값으로 여자전류와 철손을 구할 수 있다.

NoteBase

문 7. 2극 직류전동기가 60 [N · m]의 토크를 발생하고 500 [rpm]의 속도로 부하를 구동 중일 때, 실제 부하로 공급되는 전력이 4 [hp]라고 하면 기계적 손실[W]은? (단, 1 [hp]는 746 [W]이고, 다른 손실은 무시하며, π는 3.14이다)

① 118

② 139

③ 156

④ 172

정답 3번

간단한 해설

기계적 손실은 토크와 회전속도로 구한 발생 기계적 전력에서 **부하에 실제로 전달된 전력**을 뺀 값이다. 발생 전력 3140 W와 부하 전력 2984 W의 차이는 156 W이다.

계산 과정

발생 기계적 전력: 토크 T가 60 N·m이고 회전속도 n이 500 rpm이므로, 회전운동의 전력 관계 $P = T\omega$를 적용한다. 여기서 ω는 각속도이며, 1회전이 2π rad이고 1분이 60초이므로 $\omega = \frac{2\pi n}{60}$이다. 따라서 $P = 60 \cdot \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 500}{60} = 3140\text{W}$이다. 이는 **기계적 손실이 발생하기 전의 전력**이다.

부하 전력: 실제 부하로 공급되는 4 hp를 문제에서 준 환산값으로 바꾸면 4 × 746 = 2984 W이다. 이는 손실을 제외하고 부하에 전달된 유효한 기계적 출력이다.

기계적 손실: 다른 손실은 무시하므로 발생 기계적 전력은 부하 전력과 기계적 손실의 합이다. 따라서 **발생 전력에서 부하 전력을 빼면** 기계적 손실 = 3140 − 2984 = 156 W이며, ③의 156에 해당한다.

NoteBase

문 8. 4극, 20 [kW], 200 [V]의 직류 분권발전기에서 계자권선의 동손이 출력의 2 [%]일 때, 전부하에서 전기자 전류[A]는?

① 96

② 98

③ 100

④ 102

정답 4번

간단한 해설

분권발전기에서는 전기자에서 나온 전류가 부하와 계자권선으로 나뉘므로, **전기자 전류는 부하 전류와 계자 전류의 합**이다. 부하 전류 100 A에 계자 전류 2 A를 더하면 102 A이다.

계산 과정

부하 전류: 전부하 출력은 20 kW = 20,000 W이고 단자전압은 200 V이다. 직류 출력은 $P = VI_L$이므로, 부하에 공급되는 전류는 $I_L = \frac{20{,}000}{200} = 100\text{A}$이다.

계자 전류: 계자권선의 동손은 출력의 2%이므로 $P_f = 20{,}000 \times \frac{2}{100} = 400\text{W}$이다. 분권 계자권선은 부하와 병렬로 연결되어 **계자권선에도 단자전압 200 V가 걸린다**. 계자권선에서 소비하는 전력은 $P_f = VI_f$이므로, 계자 전류는 $I_f = \frac{400}{200} = 2\text{A}$이다.

전기자 전류: 발전기의 전기자 전류 I_a는 부하 전류 I_L와 계자 전류 I_f로 나뉜다. 따라서 **두 전류를 더하여** $I_a = I_L + I_f = 100 + 2 = 102\text{A}$가 되며, 이는 ④의 102 A에 해당한다.

NoteBase

문 9. 1 펄스의 스텝 각도가 1[°], 입력 펄스의 주파수가 60[Hz]일 때, 스테핑 모터의 회전속도[rpm]는?

① 1

② 10

③ 60

④ 360

정답 2번

간단한 해설

입력 펄스가 1초에 60개 들어오고 펄스마다 1°씩 회전하므로, 모터는 1초에 60° 회전한다. 이를 **분당 회전수**로 환산하면 10 rpm이다.

계산 과정

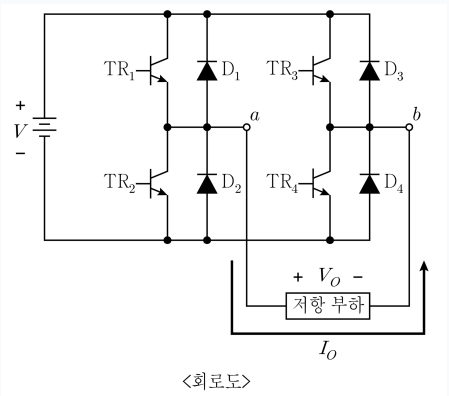
주어진 조건: 스텝 각도는 입력 펄스 1개에 따라 회전하는 각도이다. 스텝 각도가 1°이고 입력 펄스의 주파수가 60 Hz이므로, 1초에 60개의 펄스를 받아 각각 1°씩 회전한다.

초당 회전각: 펄스 수에 펄스당 회전각을 곱하면 $60 \times 1 = 60°$이다. 즉, 모터의 초당 회전각은 60°이며, 이 값은 아직 회전수 단위가 아니다.

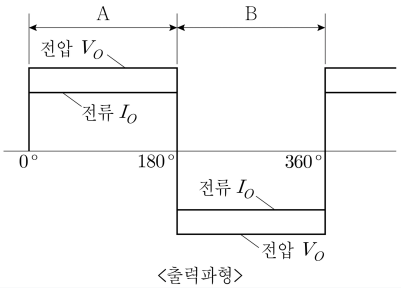
회전속도 환산: 1회전은 360°이므로 초당 회전각을 360°로 나누면 초당 회전수가 된다. 여기에 60을 곱하여 **분당 회전수**로 바꾸면, 회전속도는 $n = \frac{60}{360} \times 60 = 10\text{rpm}$이다. 이는 ②의 10 rpm에 해당한다.

NoteBase

문 10. 그림은 단상 인버터의 회로도와 출력파형이다. 출력파형의 A 구간에서 ON되는 트랜지스터만을 모두 고르면?



<회로도>



<출력파형>

① TR_1, TR_2
② TR_1, TR_4
③ TR_2, TR_3
④ TR_2, TR_4

정답 2번

간단한 해설

A 구간은 출력전압이 양수이므로 부하의 a측을 전원의 (+)극에, b측을 (−)극에 연결해야 한다. 이 연결을 만드는 대각선 스위치가 **TR_1과 TR_4**이다.

NoteBase

도식 해설

A 구간: 0°~180°에서 출력전압과 출력전류가 모두 양수이다. 부하에 표시된 전압 극성이 a측 (+), b측 (−)이므로, 이 구간에는 **a점의 전위가 b점보다 높아야 한다**. 저항 부하이므로 전류도 a점에서 부하를 거쳐 b점으로 흐른다.

$TR_1 \cdot TR_4$: TR_1을 ON하면 a점이 전원의 (+)극에, TR_4를 ON하면 b점이 전원의 (−)극에 연결된다. 전류 경로는 전원 (+)극 → TR_1 → a점 → 저항 부하 → b점 → TR_4 → 전원 (−)극이다. 이때 TR_2와 TR_3은 OFF이며, 부하에는 **그림에 표시된 극성의 양의 전압**이 걸린다.

$TR_2 \cdot TR_3$: a점이 전원의 (−)극에, b점이 (+)극에 연결되어 부하전압이 음수가 된다. 따라서 이 대각선 조합은 A 구간이 아니라 **B 구간의 음의 출력전압**을 만든다.

$TR_1 \cdot TR_2$: 동시에 ON하면 같은 왼쪽 가지를 통해 **전원의 (+)극과 (−)극이 직접 연결되어 단락**된다. 정상적인 출력전압을 만드는 스위칭 조합으로 사용할 수 없다.

$TR_2 \cdot TR_4$: a점과 b점이 모두 전원의 (−)극에 연결되어 **부하전압이 0**이 된다. A 구간의 양의 출력전압을 만들 수 없다.

따라서 A 구간의 양의 출력전압을 만드는 조합은 $TR_1 \cdot TR_4$이며, ②에 해당한다.

NoteBase

문 11. 2극, 220 [V], 전기자 총 도체수 500, 회전속도 4,400 [rpm]인 직류발전기에서 전기자 권선법이 단중 중권일 때, 극당 자속 [mWb]은?

① 6

② 12

③ 18

④ 24

정답 1번

간단한 해설

단중 중권은 **병렬 회로 수가 극수와 같으므로** 유기 기전력 식에서 두 값이 약분된다. 전압·총 도체수·회전속도를 대입하면 극당 자속은 **6 mWb**이다.

계산 과정

1. 권선 조건과 주어진 값: 극수를 P, 전기자 병렬 회로 수를 a라 하면 **단중 중권에서는** $a = P$이다. 따라서 이 발전기는 $P = a = 2$이며, 유기 기전력은 E = 220 V, 총 도체수는 Z = 500, 회전속도는 N = 4,400 rpm으로 둔다.

2. 유기 기전력 식: 극당 자속을 Φ Wb라 하면 도체 하나가 한 바퀴 도는 동안 쇄교하는 총 자속은 $P\Phi$이고, 초당 회전수는 $N/60$이다. 한 병렬 회로에서 직렬로 연결된 도체 수는 Z/a이므로 유기 기전력은 $E = \frac{P\Phi ZN}{60a}$이다. 단중 중권의 조건을 적용하면 $E = \frac{\Phi ZN}{60}$으로 간단해진다.

3. 극당 자속 계산: 위 식을 자속에 대해 정리하면 $\Phi = \frac{60E}{ZN}$이다. 주어진 값을 대입하면 $\Phi = \frac{60 \cdot 220}{500 \cdot 4400} = 0.006\text{Wb}$이다.

4. 단위 변환과 선택지 연결: 1 Wb = 1,000 mWb이므로 0.006 Wb = 6 mWb이다. 따라서 극당 자속은 6 mWb이며, 선택지 ①의 6에 해당한다.

NoteBase

문 12. 직류기의 손실에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 기계손에는 마찰손과 풍손이 있다.

② 철손은 히스테리시스손과 와전류손의 합이다.

③ 동손은 부하저항의 제곱에 비례하여 변화한다.

④ 브러시손은 브러시의 접촉 전위에 의한 전력손이다.

정답 3번

간단한 해설

동손은 부하저항이 아니라 **권선에 흐르는 전류의 제곱**에 비례한다. 권선저항이 일정할 때 동손은 $P_{cu} = I^2R$로 나타낸다.

선지별 해설

① O: 기계손은 회전 과정에서 발생하는 기계적 에너지 손실이다. 베어링이나 브러시 등의 마찰에 따른 **마찰손**과 회전자가 공기의 저항을 받아 생기는 **풍손**이 포함된다.

② O: 철손은 철심의 자화 상태가 변하면서 발생하는 손실이다. 자화 방향이 반복하여 바뀔 때 생기는 **히스테리시스손**과 철심 내부에 유도된 전류가 열을 발생시키는 **와전류손**의 합이다. 직류기에서도 전기자가 회전하면 전기자 철심의 자화 방향이 바뀌므로 철손이 발생한다.

③ X: 동손은 전기자권선이나 계자권선의 저항에서 전류에 의해 열로 소모되는 전력이다. 한 권선의 전류를 I, 권선저항을 R이라 하면 $P_{cu} = I^2R$이다. 따라서 **권선저항이 일정하면 전류의 제곱에 비례**하며, '부하저항의 제곱에 비례한다'는 설명은 잘못이다. 예를 들어 같은 권선에서 전류가 2배가 되면 동손은 4배가 된다. 여기서 R은 외부 부하저항이 아니라 권선 자체의 저항이다.

④ O: 브러시손은 브러시와 정류자의 접촉부에 생기는 **접촉 전압강하에 따른 전력손실**이다. 접촉부의 전압강하에 그곳을 통과하는 전류를 곱하여 구한다. 브러시가 정류자와 마찰하여 생기는 기계적 손실은 마찰손으로 구분한다.

NoteBase

문 13. 1차측 유도기전력 $E_1 = 1,000$ [V], 2차측 유도기전력 $E_2 = 100$ [V]인 단상변압기의 2차측 저항 2 [Ω]을 1차측으로 환산한 저항[Ω]은?

① 20

② 50

③ 100

④ 200

정답 4번

간단한 해설

2차측 저항을 1차측으로 환산할 때는 **유도기전력비의 제곱**을 곱한다. 유도기전력비가 10이므로 환산 저항은 200 Ω이다.

계산 과정

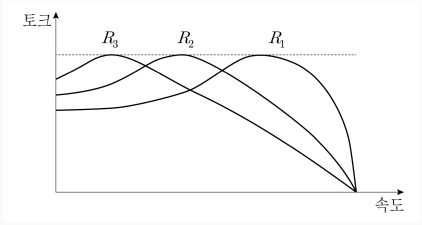
유도기전력비: 1차측과 2차측의 유도기전력비를 a라 하면, $a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{1,000}{100} = 10$이다. 이는 같은 자속에 의해 유도되는 기전력이 권수에 비례하므로 1차측 권수가 2차측의 10배라는 뜻이다.

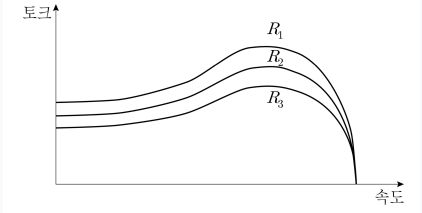
저항 환산 관계: 2차측 저항을 1차측의 등가 저항으로 옮기면 전압은 a배, 전류는 $\frac{1}{a}$배로 환산된다. 저항은 전압을 전류로 나눈 값이므로 **저항에는 환산비의 제곱**을 곱한다. 따라서 2차측 저항을 R_2, 그 1차측 환산값을 R_2'라 하면 $R_2' = a^2 R_2$이다.

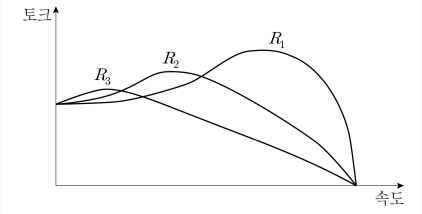
환산값 계산: $R_2' = 10^2 \cdot 2 = 200\Omega$이다. 따라서 1차측으로 환산한 저항은 200 Ω이며, ④의 값과 일치한다.

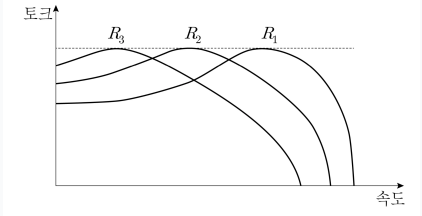
NoteBase

문 15. 권선형 유도전동기의 회전자에 외부저항($R_1 < R_2 < R_3$)을 연결하였을 때, 토크-속도 특성 곡선으로 옳은 것은?

① 

② 

③ 

④ 

정답 1번

간단한 해설

회전자 외부저항을 늘리면 **최대토크의 크기는 그대로**이고, 최대토크가 발생하는 지점은 **낮은 속도 쪽으로 이동**한다. 전원 주파수와 극수가 같으므로 토크가 0이 되는 동기속도도 변하지 않는다.

NoteBase

도식 해설

최대토크의 크기: 같은 전원 전압·주파수에서 회전자 회로의 저항만 바꾸면 **최대토크는 변하지 않는다**. 저항이 달라지면 최대토크를 내는 운전점이 달라질 뿐이므로, 세 곡선의 꼭대기는 같은 높이에 있어야 한다.

최대토크가 발생하는 속도: 가로축은 오른쪽으로 갈수록 속도가 커지고, 세로축은 토크를 나타낸다. 동기속도를 N_s, 회전속도를 N이라 하면 슬립은 $s = \frac{N_s - N}{N_s}$이다. 최대토크가 발생하는 슬립은 회전자 회로의 총저항에 비례하므로, 외부저항이 커질수록 최대토크를 내는 슬립이 커진다. 슬립이 커진다는 것은 동기속도와의 차이가 커진다는 뜻이므로 **최대토크 발생 속도는 낮아진다**. 따라서 $R_1 < R_2 < R_3$일 때 꼭대기는 왼쪽부터 R_3, R_2, R_1 순서이다.

토크가 0이 되는 속도: 동기속도는 전원 주파수와 극수로 결정되며 회전자 외부저항에 따라 달라지지 않는다. 동기속도에서는 회전자와 회전자계 사이의 상대속도가 0이 되어 회전자에 유도기전력과 전류가 생기지 않으므로 토크도 0이다. 따라서 세 곡선은 **같은 동기속도에서 가로축과 만나야 한다**.

그림 판별: ①은 꼭대기 높이가 같고, 저항이 클수록 꼭대기가 왼쪽에 있으며, 세 곡선이 같은 속도에서 가로축과 만난다. ②는 저항에 따라 최대토크의 높이가 달라지고 꼭대기의 속도는 거의 같게 그려져 있다. ③은 꼭대기의 이동 방향은 맞지만 최대토크의 높이가 달라진다. ②·③의 최대토크는 저항과 무관하게 같은 높이로 그려져야 한다. ④는 꼭대기 높이와 이동 방향은 맞지만 토크가 0이 되는 속도가 서로 다르므로, 가로축과 만나는 지점을 같은 동기속도로 맞추어야 한다.

NoteBase

문 16. 60 [Hz], 900 [rpm]의 동기전동기를 유도전동기로 기동할 때, 유도전동기의 극수는?

① 6

② 8

③ 10

④ 12

정답 1번

간단한 해설

유도전동기는 **슬립 때문에 자체 동기속도보다 낮은 속도**로 운전한다. 900 rpm까지 구동하려면 동기속도가 900 rpm보다 높아야 하므로, 8극인 동기전동기보다 극수가 작은 6극을 사용한다.

계산 과정

동기전동기의 극수: 주파수 f[Hz], 극수 P, 동기속도 N_s[rpm] 사이에는 $N_s = \frac{120f}{P}$가 성립한다. 따라서 주어진 동기전동기의 극수는 $P = \frac{120 \cdot 60}{900} = 8$이므로 8극이다.

보조 유도전동기의 속도 조건: 같은 60 Hz 전원에서 축을 직접 연결하여 기동하는 경우, 보조 유도전동기가 900 rpm에서 구동 토크를 내야 한다. 유도전동기는 회전자와 회전자계 사이의 속도 차이인 **슬립이 있어야 구동 토크를 발생**시키므로, 자체 동기속도가 900 rpm보다 높아야 한다. 같은 주파수에서는 극수가 작을수록 동기속도가 높으므로 보조 유도전동기의 극수는 8보다 작아야 한다.

극수 선택: 6극 유도전동기의 동기속도는 $N_s = \frac{120 \cdot 60}{6} = 1200$[rpm]이다. 따라서 900 rpm에서도 슬립을 유지하며 동기전동기를 구동할 수 있다. 반면 8극은 900 rpm에서 슬립이 0이 되어 구동 토크를 내지 못하고, 10극과 12극은 자체 동기속도가 900 rpm보다 낮다. 보기 중 필요한 속도 조건을 만족하는 극수는 6극으로, ①에 해당한다.

NoteBase

문 17. 펄스폭 변조(PWM)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 듀티비의 최댓값은 100 [%]이다.

② 스위치 온 시간이 길어지면 듀티비는 작아진다.

③ 듀티비가 클수록 평균 출력전압이 커진다.

④ 일정 주파수 삼각파와 일정 크기 기준파를 비교하여 스위치 온-오프 시간을 정하면 듀티비는 일정하다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '듀티비는 작아진다'는 관계를 반대로 설명한 것이다. 듀티비는 한 주기 중 스위치가 켜져 있는 시간의 비율이므로, **주기가 일정할 때 온 시간이 길어지면 듀티비는 커진다**.

선지별 해설

펄스폭 변조(PWM)는 펄스의 폭, 즉 스위치 온 시간을 조절하는 방식이다. 한 주기를 T, 온 시간을 t_{on}, 듀티비를 D라 하면 $D = \frac{t_{on}}{T}$이다. 백분율로 나타낼 때는 이 비율에 100을 곱한다.

① O: 온 시간은 한 주기를 넘을 수 없으므로 듀티비의 범위는 0~100%이다. 한 주기 내내 스위치가 켜져 있으면 온 시간이 주기와 같아져 **듀티비가 100%**가 된다.

② X: PWM에서 스위칭 주기가 일정하면 온 시간이 길어질수록 한 주기에서 켜져 있는 시간의 비중이 커진다. 따라서 '듀티비는 작아진다'를 **'듀티비는 커진다'**로 고쳐야 한다.

③ O: 온 상태의 출력전압이 일정한 E이고 오프 상태의 출력전압이 0인 이상적인 PWM 출력에서는 평균 출력전압이 $V_{avg} = D \cdot E$이다. 듀티비가 커지면 **전압이 인가되는 시간의 비율**이 커지므로 평균 출력전압도 커진다.

④ O: 일정한 삼각파와 일정 크기의 기준파를 비교하면 매 주기에서 두 파형이 만나는 위치가 동일하게 반복된다. 따라서 **온 시간과 주기가 같은 비율로 반복**되어 듀티비가 일정하게 유지된다.

NoteBase

문 18. 유도전동기의 효율 개선 방법으로 옳지 않은 것은?

① 낮은 슬립에서 운전하도록 설계한다.

② 와전류손을 줄이기 위해 두꺼운 강판을 적층한다.

③ 낮은 히스테리시스손을 갖는 강판을 사용하여 철심을 만든다.

④ 회전자 저항 손실을 줄이기 위해 도전율이 높은 도체를 이용한다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '두꺼운 강판'은 **얇은 강판**으로 고쳐야 한다. 얇은 강판을 서로 절연하여 적층하면 철심 내부의 와전류 흐름이 억제되어 와전류손이 줄어든다.

선지별 해설

① O: 슬립은 동기속도에 대한 동기속도와 회전자 속도의 차이의 비율이다. 공극을 통해 회전자에 전달된 전력 중 회전자 저항에서 열로 소모되는 비율이 슬립이므로, **운전 슬립을 낮추면 회전자 저항 손실의 비율이 줄어** 효율 개선에 도움이 된다.

② X: 와전류손은 변화하는 자속에 의해 철심 내부에 유도된 전류가 흘러 발생하는 열손실이다. 이를 줄이려면 **얇은 강판을 서로 절연하여 적층**해야 한다. 판을 얇게 나누고 판 사이의 전류 흐름을 차단하면 와전류의 흐름이 억제된다. 같은 재질·주파수·자속밀도 조건에서 강판을 두껍게 하면 와전류손이 커진다.

③ O: 유도전동기의 철심은 교류 자속에 의해 자화 방향이 반복해서 바뀌며, 이 과정에서 히스테리시스손이 발생한다. 한 주기당 손실은 히스테리시스 곡선이 둘러싸는 면적에 비례하므로, **히스테리시스손이 작은 강판**을 사용하면 철손을 줄여 효율을 높일 수 있다.

④ O: 도전율이 높은 도체는 길이와 단면적이 같을 때 전기저항이 작다. 같은 회전자 전류가 흐르는 조건에서 저항손실은 전류의 제곱과 저항의 곱이므로, **회전자 도체의 저항을 낮추면** 열로 소모되는 전력을 줄일 수 있다.

NoteBase

문 19. 고속 스위칭, 전압 구동 특성과 바이폴라 트랜지스터의 낮은 ON 전압 특성을 복합한 전력변환소자는?

① IGBT

② IGCT

③ Triac

④ Thyristor

정답 1번

간단한 해설

IGBT는 MOSFET의 전압 구동·고속 스위칭 특성과 바이폴라 트랜지스터의 낮은 ON 전압 특성을 결합한 소자이다. 입력은 절연 게이트로 제어하고, 주전류는 바이폴라 방식으로 흘린다.

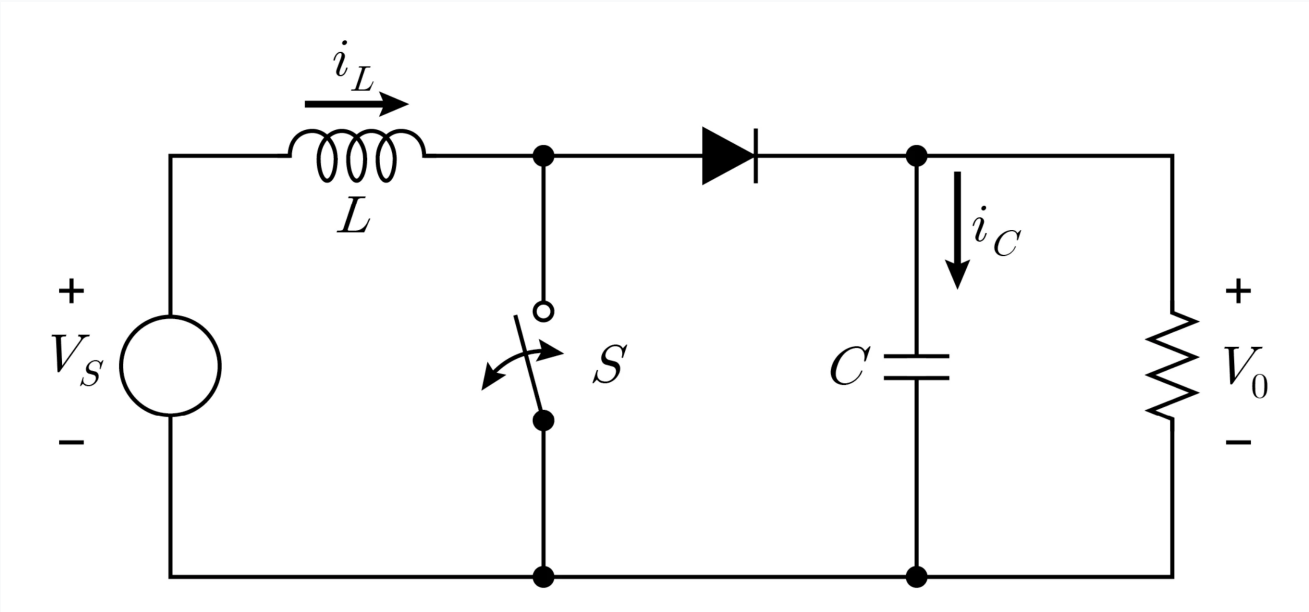
공통 해설

IGBT는 '절연 게이트 바이폴라 트랜지스터'로, **MOSFET의 입력 특성과 바이폴라 트랜지스터의 도통 특성을 결합**한 전력반도체이다. 게이트가 절연되어 있어 입력 임피던스가 높으며, 게이트와 이미터 사이의 전압으로 컬렉터와 이미터 사이의 전류를 켜고 끈다. 이 절연 게이트 구조가 전압 구동과 빠른 스위칭을 가능하게 한다.

전류가 흐를 때는 전자와 정공이 함께 관여하는 바이폴라 동작으로 드리프트 영역의 운반자가 증가한다. 이를 '전도도 변조'라고 하며, 이 영역의 저항을 낮추어 **ON 상태의 전압 강하를 줄인다**. 따라서 문제의 '고속 스위칭·전압 구동'과 '바이폴라 트랜지스터의 낮은 ON 전압'을 함께 만족시키는 복합 소자가 IGBT이다.

NoteBase

문 20. 다음 그림의 컨버터에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① C를 증가시키면 출력전압의 리플이 감소한다.

② L을 증가시키면 인덕터 전류의 리플이 감소한다.

③ Boost 컨버터로 DC 전압을 승압하기 위한 컨버터이다.

④ 입력전압이 10 [V]이고 듀티비가 25 [%]일 경우 출력전압은 2.5 [V]이다.

정답 4번

간단한 해설

④의 2.5 V는 승압형이 아니라 강압형의 전압 관계를 적용한 값이다. 그림의 **Boost 컨버터**는 이상적인 연속전류 동작에서 $V_0 = \frac{V_S}{1-D}$이므로, 입력 10 V와 듀티비 25%일 때 출력은 **약 13.33 V**이다.

NoteBase

선지별 해설

소자 손실을 무시하고 인덕터 전류가 끊기지 않는 연속전류 모드의 정상상태를 가정한다. 듀티비 D는 한 주기에서 스위치 S가 켜져 있는 시간의 비율이다.

① O: 출력 부하와 병렬로 연결된 C는 충전과 방전으로 출력전압을 평활한다. 같은 전하량이 변할 때 전압 변동은 $\Delta V = \frac{\Delta Q}{C}$이므로, 다른 조건이 같으면 **C가 클수록 출력전압의 리플이 감소**한다. 여기서 리플은 직류 출력에 겹쳐 나타나는 주기적인 변동이다.

② O: 인덕터는 전류의 급격한 변화를 억제한다. 스위치가 켜진 동안 인덕터에 입력전압이 걸리므로 전류 리플은 $\Delta i_L = \frac{V_S D}{L f_s}$이다. 여기서 f_s는 스위칭 주파수이다. 입력전압·듀티비·스위칭 주파수가 같으면 **L이 클수록 전류 변화가 작아진다**.

③ O: 그림은 입력에 직렬로 연결된 L, 접지 쪽으로 연결된 스위치 S, 출력 쪽 다이오드로 구성된 **승압형 Boost 컨버터**이다. S가 켜지면 다이오드는 차단되고 L에 에너지가 저장되며, C가 부하에 전력을 공급한다. S가 꺼지면 L에 저장된 에너지가 입력 전원과 함께 다이오드를 통해 출력으로 전달되어 입력보다 높은 직류전압을 만든다.

④ X: 정상상태에서는 한 주기 동안 인덕터의 전류 증가량과 감소량이 같아야 하므로 인덕터의 평균 전압은 0이다. 켜진 동안의 전압은 V_S, 꺼진 동안은 $V_S - V_0$이므로 $DV_S + (1-D)(V_S - V_0) = 0$이다. 이를 정리하면 $V_0 = \frac{V_S}{1-D}$이다. 듀티비 25%는 D = 0.25이므로 $V_0 = \frac{10}{1-0.25} \approx 13.33$ V이다. 따라서 '2.5 V'는 **'약 13.33 V'**로 고쳐야 한다. 2.5 V는 강압형 Buck 컨버터의 관계 $V_0 = DV_S$를 적용했을 때의 값이다.

NoteBase