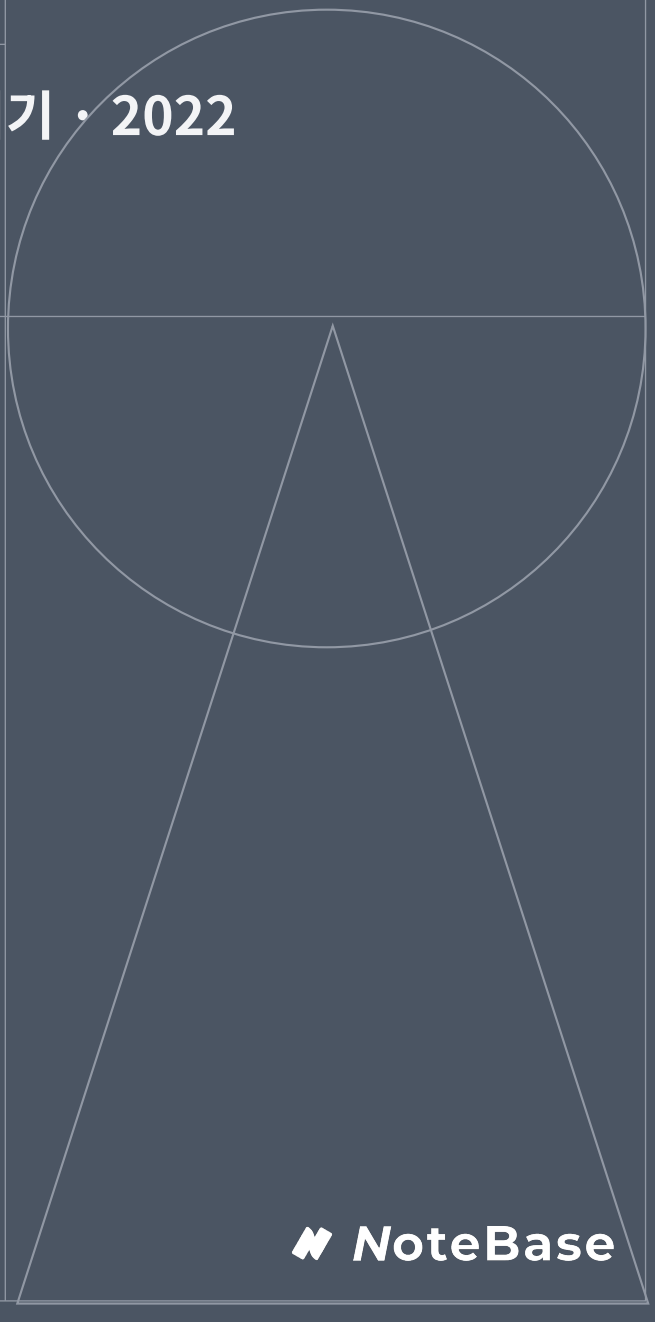
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2022

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2022

문 1. 자기저항에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 투자율에 비례한다.

② 전기회로의 전기저항에 대응한다.

③ 자기저항이 클수록 동일 기자력을 인가할 경우 발생하는 자속은 감소한다.

④ 직렬 연결된 자기저항들의 등가자기저항값은 개개의 자기저항을 모두 합한 값과 같다.

정답 1번

간단한 해설

자기저항은 자기회로에서 자속이 형성되기 어려운 정도를 나타낸다. 자기회로의 길이와 단면적이 같으면 투자율이 클수록 자속이 잘 형성되므로, 자기저항은 투자율에 **비례하지 않고 반비례한다**.

선지별 해설

① X: 길이가 l, 단면적이 A, 투자율이 μ로 일정한 자기회로의 자기저항은 $R_m = \frac{l}{\mu A}$이다. 투자율은 자속이 형성되기 쉬운 정도를 나타내므로, 길이와 단면적이 같을 때 자기저항은 **투자율에 반비례한다**. 따라서 투자율이 커지면 자기저항은 작아진다.

② O: 자기회로에서는 기자력 $\mathcal{F}$, 자속 Φ, 자기저항 R_m 사이에 $\mathcal{F} = \Phi R_m$의 관계가 성립한다. 이는 전기회로의 $V = IR$에 대응하며, 기자력은 전압에, 자속은 전류에, **자기저항은 전기저항에 대응한다**. 즉, 각각 자속과 전류가 흐르기 어려운 정도를 나타낸다.

③ O: 자속은 $\Phi = \frac{\mathcal{F}}{R_m}$이므로, **동일한 기자력**을 인가하면 자기저항이 커질수록 자속은 감소한다. 예를 들어 기자력이 같고 자기저항이 2배가 되면 자속은 절반이 된다.

④ O: 직렬 자기회로에서는 각 부분에 **동일한 자속**이 지나고, 각 부분에 필요한 기자력의 합이 전체 기자력이 된다. 따라서 $\mathcal{F} = \Phi R_{m1} + \Phi R_{m2}$이므로 등가자기저항은 $R_{m,\,\mathrm{eq}} = R_{m1} + R_{m2}$이다. 직렬 부분이 더 많아도 같은 원리로 개개의 자기저항을 모두 더한다.

NoteBase

문 2. 회전자 위치에 따른 자속의 변화를 측정하여 회전자 위치를 검출하기 위한 센서는?

① 광 센서

② 압력 센서

③ 홀(Hall) 센서

④ 적외선(IR) 센서

정답 3번

간단한 해설

홀 센서는 자기장에 따라 전압이 생기는 **홀 효과**를 이용한다. 회전자 위치에 따른 자기장의 변화를 전기 신호로 바꾸어 위치를 검출할 수 있다.

공통 해설

홀 효과는 전류가 흐르는 반도체에 전류와 수직인 자기장을 가하면, 전류와 자기장에 모두 수직인 방향으로 전압이 생기는 현상이다. 홀 센서는 이 전압을 이용하여 **자속밀도의 변화**를 전기 신호로 바꾼다.

회전자의 자극이 센서 앞을 지나면 센서에 작용하는 자기장의 세기나 방향이 달라진다. 이때 나타나는 출력 변화를 읽어 회전자 위치를 검출한다. 따라서 문제의 센서는 홀(Hall) 센서이다. 후보를 구별하는 기준은 빛이나 압력이 아니라 **자기장을 직접 검출**한다는 점이다.

NoteBase

문 3. 12극 동기발전기의 회전자가 터빈에 의해 300 [rpm]으로 회전할 때, 발전 전압 주파수[Hz]는?

① 20

② 30

③ 40

④ 50

정답 2번

간단한 해설

12극 동기발전기는 회전자 1회전당 **6주기**의 전압을 발생시킨다. 300 rpm은 초당 5회전이므로 발전 전압의 주파수는 **30 Hz**이다.

계산 과정

동기발전기에서는 N극과 S극 한 쌍이 지나갈 때 전압이 한 주기를 이룬다. 따라서 극수가 P이면 회전자 1회전당 전압은 $\frac{P}{2}$주기가 된다. 회전속도 N의 단위가 rpm일 때 초당 회전수는 $\frac{N}{60}$이므로, 주파수는 $f = \frac{P}{2} \cdot \frac{N}{60} = \frac{PN}{120}$이다.

주어진 극수 P = 12, 회전속도 N = 300 rpm을 대입하면 $f = \frac{12 \cdot 300}{120} = 30\text{Hz}$이다. 이는 **1회전당 6주기**의 전압이 **초당 5회전**에 의해 초당 30주기 발생한다는 뜻이다.

따라서 발전 전압의 주파수는 30 Hz로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 단상 유도전동기의 기동 방식에 따른 종류가 아닌 것은?

① 분상 기동형

② 영구 자석형

③ 셰이딩 코일형

④ 커패시터 기동형

정답 2번

간단한 해설

영구 자석형은 **영구자석으로 자속을 만드는 구조**에 따른 명칭이며, 단상 유도전동기의 기동 방식에 따른 종류가 아니다. 단상 유도전동기의 기동 방식은 위상차를 이용해 회전자계를 만들어 기동토크를 얻는 방법으로 구분한다.

공통 해설

단상 유도전동기는 주권선만으로 교번자계를 만들면 정지 상태에서 한 방향으로 돌기 위한 기동토크를 얻지 못한다. 따라서 보조 권선이나 코일을 이용하여 공간적으로 떨어진 자속 사이에 시간적 위상차를 만들고, **회전자계를 형성하여 기동토크를 얻는 방법**에 따라 기동 방식을 구분한다.

분상 기동형은 주권선과 보조 권선의 저항·리액턴스 비율 차이로 전류의 위상차를 만들고, 커패시터 기동형은 보조 권선에 연결한 커패시터로 위상차를 만든다. 셰이딩 코일형은 자극 일부를 감싼 단락 코일의 유도전류로 그 부분의 자속을 지연시킨다. 세 방식은 모두 위상차가 있는 자속으로 기동토크를 얻는다는 공통 원리에 해당한다.

반면 영구 자석형은 **영구자석을 자속원으로 사용한다**는 구조적 특징을 나타낸다. 기동용 위상차를 만드는 방법을 뜻하지 않으므로, 단상 유도전동기의 기동 방식 분류에 포함되지 않는다.

NoteBase

문 5. 단상 변압기를 병렬 운전할 때, 반드시 지켜야 할 사항으로 옳지 않은 것은?

① 각 변압기 극성의 일치

② 각 변압기 용량의 일치

③ 각 변압기 백분율 임피던스 강하의 일치

④ 각 변압기 권수비 및 1차와 2차 정격전압의 일치

정답 2번

간단한 해설

변압기는 **정격용량이 서로 달라도 병렬 운전할 수 있다**. 전압비와 백분율 임피던스 등 부하 분담 조건을 맞추면, 각 변압기가 자신의 용량에 맞는 비율로 부하를 나누어 맡는다.

선지별 해설

① O: 극성은 1차와 2차 유도전압 사이의 상대적인 방향을 나타낸다. 병렬로 연결할 때는 **같은 극성의 단자끼리** 접속해야 한다. 극성을 반대로 접속하면 두 변압기의 2차 유도전압이 순환회로에서 더해져 매우 큰 전류가 흐르는 단락 상태가 된다.

② X: **정격용량은 반드시 같을 필요가 없다**. 전압비와 극성 등 다른 병렬 운전 조건을 만족하면 용량이 서로 다른 변압기도 함께 운전할 수 있다. 백분율 임피던스와 임피던스각이 같으면 각 변압기는 자신의 정격용량에 비례하여 부하를 분담한다. 따라서 용량의 일치를 필수 조건으로 제시한 것이 잘못이다.

③ O: 백분율 임피던스 강하는 정격전류가 흐를 때 내부 임피던스에 생기는 전압 강하를 정격전압에 대한 백분율로 나타낸 값이다. 이를 같게 하는 것은 **정격용량에 비례한 부하 분담**을 위한 조건이다. 임피던스각이 같은 경우, 백분율 임피던스가 작은 변압기는 정격용량 대비 더 많은 부하를 맡아 먼저 과부하될 수 있다.

④ O: 같은 1차 전원에 연결했을 때 두 변압기의 2차 유도전압이 같아야 한다. 이를 위해 **권수비와 1차·2차 정격전압**을 일치시킨다. 권수비가 다르면 2차 유도전압에 차이가 생기며, 이 전압 차이 때문에 부하를 연결하지 않아도 변압기 사이에 순환전류가 흐른다.

NoteBase

문 6. 변압기에서 발생하는 손실에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 동손은 부하손이다.

② 일반적으로 철손은 히스테리시스 손실과 와전류 손실로 구분된다.

③ 히스테리시스 손실은 재질의 히스테리시스 루프 면적에 비례한다.

④ 적층한 자성체 두께만 1/2로 줄이면 와전류 손실은 1/2로 감소한다.

정답 4번

간단한 해설

다른 조건이 같을 때 와전류 손실은 **적층 강판 한 장의 두께의 제곱에 비례**한다. 두께를 1/2로 줄이면 손실은 원래의 $\left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$이 되므로, '1/2로 감소한다'는 설명은 잘못되었다.

선지별 해설

① O: 동손은 변압기 권선의 저항에서 전류에 의해 발생하는 줄열 손실이다. 각 권선의 동손은 $P_{cu} = I^2R$로 나타내며, I는 권선 전류, R은 권선 저항이다. 부하가 커지면 권선 전류가 증가하여 동손도 커지므로 **부하손**으로 분류한다.

② O: 철손은 교번 자속에 의해 철심에서 발생하는 손실로, 일반적으로 **히스테리시스 손실과 와전류 손실**로 구분한다. 히스테리시스 손실은 자화 방향이 반복적으로 바뀌는 과정에서, 와전류 손실은 철심 내부에 유도된 순환 전류가 저항을 통과하는 과정에서 발생한다.

③ O: 히스테리시스 루프는 자계의 세기 H와 자속 밀도 B의 관계를 한 주기에 걸쳐 나타낸 것이다. **루프의 면적은 한 주기당 단위 부피에서 소모되는 에너지**를 나타낸다. 따라서 같은 주파수와 철심 부피에서는 루프 면적이 클수록 히스테리시스 손실이 크다.

④ X: 철심의 전체 부피·재질·주파수·최대 자속 밀도가 같을 때, 와전류 손실은 적층 강판 한 장의 두께 t에 대해 $P_e \propto t^2$의 관계를 갖는다. 두께를 절반으로 하면 손실의 비는 $\frac{P'_e}{P_e} = \left(\frac{t/2}{t}\right)^2 = \frac{1}{4}$이다. 따라서 '와전류 손실은 1/2로 감소한다'는 **'와전류 손실은 원래의 1/4로 감소한다'**로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 7. 직렬 R-L 부하에 연결된 사이리스터 단상전파정류회로의 위상각을 30°에서 60°로 변경하면 출력평균전압은 몇 배가 되는가? (단, 출력전류는 연속적이고 환류다이오드는 사용하지 않는다)

① $\frac{1}{\sqrt{3}}$
② $\frac{1}{\sqrt{2}}$
③ $\frac{1}{2}$
④ $\frac{\sqrt{3}}{2}$

정답 1번

간단한 해설

출력전류가 연속적이고 환류다이오드가 없으면 출력평균전압은 **점호각의 코사인에 비례**한다. 따라서 30°에서 60°로 변경한 뒤의 전압은 변경 전의 $\frac{\cos 60^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{1}{\sqrt{3}}$배이다.

계산 과정

1. 적용 조건과 공식: 문제의 위상각을 점호각 α, 교류 입력전압의 최댓값을 V_m, 출력평균전압을 V_d라 한다. **연속전류이고 환류다이오드가 없으므로** 입력전압의 극성이 바뀐 뒤에도 다음 점호 시점까지 기존 사이리스터의 도통이 유지되어 출력전압에 음의 구간이 생긴다. 이 구간까지 포함한 단상전파정류회로의 평균전압은 $V_d = \frac{2V_m}{\pi}\cos\alpha$이다.

2. 변경 전후의 평균전압: 입력전압은 같으므로 $\frac{2V_m}{\pi}$는 공통이다. 점호각별 코사인 값을 대입하면 다음과 같다.
30°일 때: $V_{30} = \frac{2V_m}{\pi} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}V_m}{\pi}$.
60°일 때: $V_{60} = \frac{2V_m}{\pi} \cdot \frac{1}{2} = \frac{V_m}{\pi}$.

3. 전압비: '몇 배'는 **변경 후 전압을 변경 전 전압으로 나눈 값**이다. 따라서 $\frac{V_{60}}{V_{30}} = \frac{V_m/\pi}{\sqrt{3}V_m/\pi} = \frac{1}{\sqrt{3}}$이다. 전압끼리의 비이므로 단위가 없으며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 3상 유도전동기의 공급전압과 발생 토크에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 토크 크기는 공급전압에 비례한다.

② 토크 크기는 공급전압에 반비례한다.

③ 토크 크기는 공급전압의 제곱에 비례한다.

④ 토크 크기는 공급전압의 제곱에 반비례한다.

정답 3번

간단한 해설

공급 주파수와 슬립이 같고 자기포화를 무시하면, 3상 유도전동기의 토크는 **공급전압의 제곱에 비례**한다. 전압이 커지면 회전자 전류도 커지고, 같은 슬립에서 토크는 그 전류의 제곱에 비례하기 때문이다.

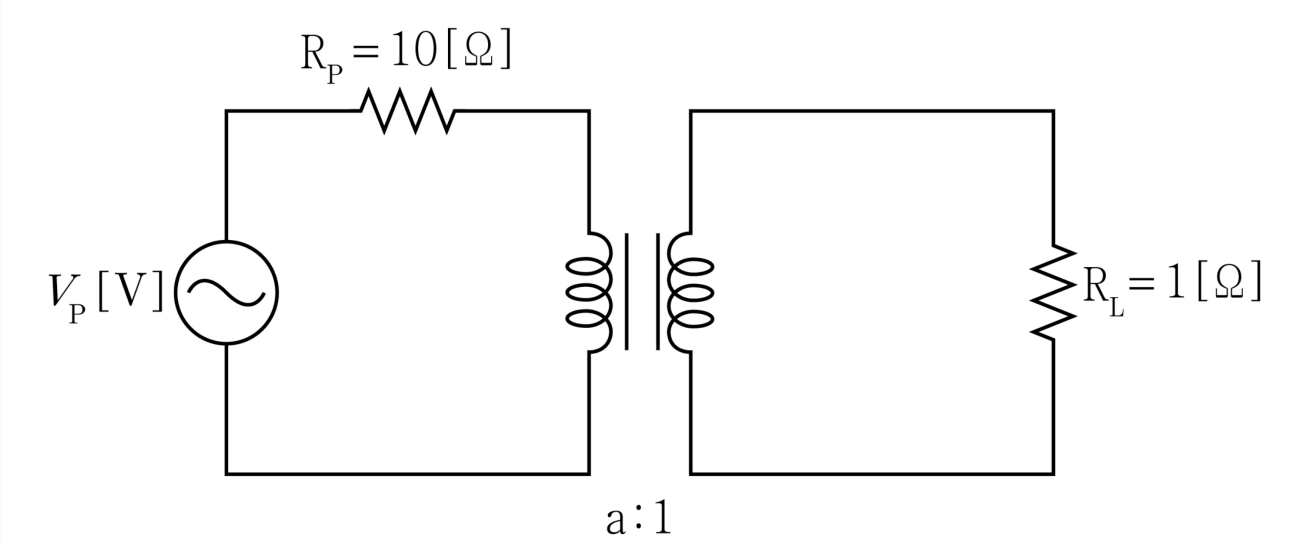
공통 해설

3상 유도전동기의 전압과 토크를 비교할 때는 **공급 주파수와 슬립이 같은 조건**을 기준으로 하며, 자기포화에 따른 회로정수의 변화는 무시한다. 슬립은 동기속도에 대한 회전자 속도의 상대적인 차이이다. 이 조건에서는 회전자 회로의 임피던스가 일정하여 회전자 전류가 공급전압에 비례한다. 또한 같은 슬립에서 발생 토크는 회전자 전류의 제곱에 비례하므로, 공급전압을 V, 토크를 T라 하면 $T \propto V^2$이다.

따라서 토크는 공급전압의 제곱에 비례한다. 예를 들어 위 조건을 유지하면서 공급전압을 2배로 하면 회전자 전류는 2배, 토크는 4배가 된다. 전압에 단순 비례하는 관계와는 증가 비율이 다르며, 전압이 증가할 때 토크가 감소하는 반비례 관계도 아니다.

NoteBase

문 9. 그림과 같은 이상적인 변압기 회로에서 부하저항 R_L에 최대전력을 공급하기 위한 a 값은? (단, V_P는 전원전압, R_P는 전원의 내부저항이다)



① $\sqrt{5}$

② 5

③ $\sqrt{10}$

④ 10

정답 3번

간단한 해설

최대전력 전달 조건은 **1차측으로 환산한 부하저항이 전원의 내부저항과 같아지는 것**이다. 권수비가 a:1이므로 $a^2R_L = R_P$를 적용하면 $a = \sqrt{10}$이다.

NoteBase

계산 과정

부하저항의 1차측 환산: 그림에서 전원의 내부저항은 10 Ω, 2차측 부하저항은 1 Ω이며, 권수비는 a:1이다. 이상적인 변압기는 1차 전압이 2차 전압의 a배이고 1차 전류는 2차 전류의 $\frac{1}{a}$배이므로, 1차측에서 본 부하저항은 $R_{\text{in}} = a^2 R_L$이다. 즉, 저항은 **권수비의 제곱을 곱하여** 환산한다.

최대전력 전달 조건: 저항성 회로에서 부하에 전달되는 전력은 부하저항과 전원의 내부저항이 같을 때 최대가 된다. 이상적인 변압기에는 전력손실이 없으므로, 환산 부하가 받는 전력은 실제 부하저항이 받는 전력과 같다. 따라서 **같은 1차측 기준으로** $R_{\text{in}} = R_P$, 즉 $a^2 R_L = R_P$를 적용한다.

권수비 계산: $a^2 \cdot 1 = 10$이므로 $a^2 = 10$이다. a는 양의 권수비이므로 $a = \sqrt{10}$이며, 단위가 없는 비이다. 이 값은 ③의 $\sqrt{10}$과 일치한다.

NoteBase

문 10. 200 [V], 60 [Hz], 6극, 15 [kW]인 3상 유도전동기의 2차 효율이 95 [%]일 때, 회전수[rpm]는? (단, 기계적 손실은 무시한다)

① 60

② 1,140

③ 1,200

④ 1,260

정답 2번

간단한 해설

기계적 손실을 무시하면 유도전동기의 **2차 효율은 동기속도에 대한 회전수의 비율**과 같다. 동기속도가 1,200 rpm이고 2차 효율이 95 %이므로 회전수는 1,140 rpm이다.

계산 과정

동기속도: 전원 주파수를 f, 극수를 p라 하면 회전자계를 이루는 동기속도는 $n_s = \frac{120f}{p}$이다. 주파수가 60 Hz이고 극수가 6이므로 $n_s = \frac{120 \cdot 60}{6} = 1200\text{rpm}$이다.

슬립: 회전자에 전달되는 2차 입력을 P_2, 슬립을 s라 하면 회전자 동손은 sP_2이고, 이를 뺀 발생 기계출력은 $(1-s)P_2$이다. **기계적 손실을 무시**하므로 이 기계출력이 그대로 축 출력이 되어 2차 효율은 $\eta_2 = 1 - s$이다. 따라서 $s = 1 - 0.95 = 0.05$이며, 2차 입력의 5 %가 회전자 동손으로 소모된다는 뜻이다.

회전수: 슬립은 동기속도와 회전수의 차이를 동기속도로 나눈 값이므로 $s = \frac{n_s - n}{n_s}$이다. 이를 회전수에 대해 정리하면 $n = (1-s)n_s$이므로, 실제 회전수는 동기속도의 95 %이다. 계산하면 $0.95 \times 1{,}200 = 1{,}140$ rpm이며, ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 11. 직류 복권 발전기에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 무부하 특성은 분권 발전기의 것과는 많이 다르다.

② 가동 복권에서는 부하가 증가하면 전기자전류는 감소한다.

③ 전기자전류가 증가하면 직권 계자의 기자력은 감소한다.

④ 과복권에서는 전부하 단자전압이 무부하 단자전압보다 크다.

정답 4번

간단한 해설

과복권 발전기는 부하가 증가할 때 직권 계자가 분권 계자의 자속을 보강하여, 부하에 따른 전압 강하를 그 이상으로 보상한다. 따라서 **전부하 단자전압이 무부하 단자전압보다 높다**.

선지별 해설

① X: 복권 발전기는 분권 계자와 직권 계자를 함께 갖는다. 무부하에서는 직권 계자전류가 없거나 매우 작아 직권 계자의 영향이 작으므로, 무부하 특성은 **분권 발전기와 거의 같다**. '많이 다르다'는 설명은 잘못이다.

② X: 발전기의 부하가 증가한다는 것은 외부 부하에 공급하는 전류가 증가한다는 뜻이다. 전기자는 부하에 공급할 전류와 분권 계자에 필요한 전류를 공급하므로, 정상 운전 범위에서 부하가 증가하면 전기자전류도 **증가한다**. 가동 복권은 직권 계자와 분권 계자의 자속이 서로 보강되는 방식이며, 전기자전류가 감소한다는 뜻이 아니다.

③ X: 기자력은 계자 권선의 권수와 그 권선에 흐르는 전류의 곱이다. 권수가 일정한 직권 계자에서는 부하 증가로 전기자전류가 커질 때 직권 계자전류도 커지므로, 직권 계자의 기자력은 **증가한다**. 차동 복권에서 직권 계자가 분권 계자의 자속을 약화시키더라도, 이는 기자력의 작용 방향에 관한 것이며 직권 계자 자체의 기자력이 감소한다는 뜻은 아니다.

④ O: 과복권은 가동 복권 발전기에서 직권 계자의 보강 작용을 충분히 크게 한 경우이다. 같은 회전속도와 계자저항 설정에서 부하가 증가하면 직권 계자전류가 커져 유기기전력이 증가하며, 그 증가분이 내부 전압 강하와 전기자 반작용에 따른 전압 저하를 넘게 보상한다. 따라서 **전부하 단자전압이 무부하 단자전압보다 크다**.

NoteBase

문 12. 직류기의 효율에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 직류기의 최대효율은 무부하손과 부하손이 일치할 때 얻어진다.

② 직류발전기의 규약 효율은 _G=입력-손실입력×100[\%]으로 나타낸다.

③ 직류기에 부하를 걸고 입력과 출력을 직접 측정하여 입·출력의 비를 백분율로 나타낸 것을 실측 효율이라고 한다.

④ 직류기의 기계적인 동력을 전력과 손실로부터 구하여 효율을 정의한 것을 규약 효율이라고 한다.

정답 2번

간단한 해설

②의 식은 **전동기의 규약 효율식**이다. 발전기의 규약 효율은 전기 출력을 기준으로 하며, 기계 입력을 **출력과 손실의 합**으로 구해 산정한다.

선지별 해설

① O: 무부하손은 철손·기계손 등 부하가 달라져도 거의 일정한 고정손이고, 부하손은 동손 등 부하에 따라 증가하는 가변손이다. 전압과 속도가 일정하고 가변손이 부하전류의 제곱에 비례하는 통상적인 효율 해석에서는 **고정손과 가변손이 같을 때** 효율이 최대가 된다. 부하가 작으면 출력에 비해 고정손의 비중이 크고, 부하가 지나치게 커지면 가변손이 급격히 증가한다.

② X: 발전기는 기계 동력을 받아 전력을 내보내므로, 규약 효율은 **측정한 전기 출력에 손실을 더해 기계 입력을 산정**한다. 전기 출력을 P, 총손실을 L이라 하면 $\eta_G = \frac{P}{P+L} \times 100[\%]$이다. 선지의 식은 전기 입력에서 손실을 빼 기계 출력을 산정하는 전동기의 규약 효율식이다. 발전기의 규약 효율식은 출력 기준으로 고쳐야 한다.

③ O: 실측 효율은 실제로 부하를 건 상태에서 **입력과 출력을 모두 직접 측정**하여 구한다. 입력을 A, 출력을 B라 하면 $\eta = \frac{B}{A} \times 100[\%]$이다. 여기서 비율은 입력에 대한 출력의 비이며, 기계 동력과 전력의 단위를 같게 맞추어야 한다.

④ O: 규약 효율은 직접 측정하기 어려운 **기계 동력을 전력과 손실로부터 간접 산정**하여 구하는 효율이다. 발전기의 기계 입력은 전기 출력에 손실을 더한 값이고, 전동기의 기계 출력은 전기 입력에서 손실을 뺀 값이다. 따라서 기계 동력을 직접 측정하는 실측 효율과 산정 방식이 다르다.

NoteBase

문 13. 직류 입력전압이 V_{dc} [V]인 6-스텝 제어 3상 인버터가 3상 Y결선 평형 부하에 인가할 수 있는 선간전압 기본파의 최댓값[V]은?

① $\frac{\sqrt{2}}{\pi}V_{dc}$
② $\frac{\sqrt{6}}{\pi}V_{dc}$
③ $\frac{2\sqrt{3}}{\pi}V_{dc}$
④ $\frac{4}{\pi}V_{dc}$

정답 3번

간단한 해설

6-스텝 운전에서 상전압 기본파의 진폭은 $\frac{2}{\pi}V_{dc}$이고, 평형 3상의 선간전압 기본파 진폭은 그 $\sqrt{3}$**배**이다. 따라서 구하는 최댓값은 $\frac{2\sqrt{3}}{\pi}V_{dc}$ [V]이며, 실효값과 구분해야 한다.

계산 과정

1. 상전압 기본파의 진폭: 이상적인 6-스텝 운전에서 직류 전원의 중점을 기준으로 한 각 인버터 출력단의 전압은 $\pm\frac{V_{dc}}{2}$인 구형파이다. 진폭이 A인 구형파의 기본파 진폭은 $\frac{4A}{\pi}$이므로, 이를 대입하면 $\hat{V}_{ph,1}=\frac{4}{\pi}\cdot\frac{V_{dc}}{2}=\frac{2}{\pi}V_{dc}$이다. 평형 3상에서는 부하 중성점의 전위 변동에 기본파 성분이 없어, 이 값이 Y결선 부하의 상전압 기본파 진폭이 된다.

2. 선간전압 기본파로 변환: 선간전압은 두 상전압의 차이다. 각 상의 기본파는 크기가 같고 위상이 120°씩 다르므로, 두 기본파를 빼면 진폭이 상전압 기본파의 $\sqrt{3}$**배**가 된다. 따라서 $\hat{V}_{LL,1}=\sqrt{3}\hat{V}_{ph,1}=\frac{2\sqrt{3}}{\pi}V_{dc}$ [V]이다.

3. 최댓값과 실효값 구분: 기본파는 정현파이므로 **최댓값은 진폭**을 뜻한다. 이를 $\sqrt{2}$로 나눈 $V_{LL,1,\mathrm{rms}}=\frac{\sqrt{6}}{\pi}V_{dc}$는 선간전압 기본파의 실효값이다. 문제에서 요구한 값은 $\frac{2\sqrt{3}}{\pi}V_{dc}$ [V]로, ③의 식과 일치한다.

NoteBase

문 14. 동기발전기의 단락비에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 발전기의 공극과 단락비는 반비례한다.

② 단락비는 pu 동기임피던스의 역수이다.

③ 단락비는 정격전압 상태인 개방단자를 단락시켜 측정된 단락전류(I_s)와 정격전류(I_n)의 비율인 $\frac{I_s}{I_n}$이다.

④ 단락비는 개방전압이 정격전압 상태일 때의 계자전류(I_{f1})와 단락전류가 정격전류 상태일 때의 계자전류(I_{f2})의 비율인 $\frac{I_{f1}}{I_{f2}}$이다.

정답 1번

간단한 해설

공극이 커지면 전기자 반작용에 의한 동기리액턴스가 작아져 **단락비는 커진다**. 따라서 공극과 단락비가 반비례한다는 설명은 관계를 반대로 나타낸 것이다.

선지별 해설

① X: 다른 설계 조건이 같을 때 공극이 커지면 자기저항이 증가하여, 같은 전기자전류가 만드는 반작용 자속이 작아진다. 이에 따라 전기자 반작용 리액턴스와 동기임피던스가 감소하므로 그 역수에 해당하는 단락비는 커진다. 따라서 공극 길이와 단락비는 반비례가 아니라 **대체로 비례하는 관계**이다.

② O: 정격 상전압을 V_n, 정격 상전류를 I_n, 무부하 정격전압을 발생시키는 계자전류에서의 정상상태 단락전류를 I_s라 하자. 이 시험점의 동기임피던스 크기는 $Z_s = \frac{V_n}{I_s}$이고, 기준임피던스는 $Z_b = \frac{V_n}{I_n}$이다. 따라서 pu 동기임피던스는 $z_s = \frac{Z_s}{Z_b} = \frac{I_n}{I_s}$이므로, 단락비는 $K = \frac{I_s}{I_n} = \frac{1}{z_s}$이다. 여기서 역수를 취하는 대상은 Ω 단위의 값이 아니라 **정격값을 기준으로 한 pu 값**이다.

③ O: 정격속도에서 개방단자 전압이 정격전압이 되도록 계자전류를 조정한 뒤, **그 계자전류와 속도를 유지**한 채 전기자 단자를 단락한다. 이때의 정상상태 단락전류 I_s를 정격전류 I_n으로 나눈 $K = \frac{I_s}{I_n}$이 단락비이다. 여기서 사용하는 전류는 단락 직후의 과도전류가 아니라 과도현상이 사라진 뒤의 전류이다.

④ O: 정격속도에서 무부하 개방전압을 정격전압으로 만드는 계자전류가 I_{f1}, 단락상태에서 정격 전기자전류를 흐르게 하는 계자전류가 I_{f2}이다. 단락비의 정의는 $K = \frac{I_{f1}}{I_{f2}}$이며, 분자는 **무부하 정격전압에 필요한 계자전류**이다. 단락특성에서 전기자전류는 계자전류에 거의 비례하므로, I_{f1}에서의 단락전류 I_s와 I_{f2}에서의 정격전류 I_n 사이에도 $\frac{I_s}{I_n} = \frac{I_{f1}}{I_{f2}}$가 성립한다.

NoteBase

문 15. 60 [Hz], 4극 권선형 유도전동기가 전부하 조건에서 1,575 [rpm]로 회전할 때 2차 회로의 상당 저항은 1 [Ω]이다. 동일 부하에서 2차 회로의 상당 저항을 2 [Ω]로 증가시켰을 때, 회전속도[rpm]는?

① 900

② 1,350

③ 1,575

④ 1,800

정답 2번

간단한 해설

동일 부하 토크에서 2차 저항을 2배로 늘리면 **슬립도 2배**가 된다. 동기속도 1,800 rpm을 기준으로 슬립이 0.125에서 0.25로 증가하므로 회전속도는 1,350 rpm으로 낮아진다.

계산 과정

동기속도: 주파수 $f = 60$ Hz, 극수 $P = 4$이므로 회전자계의 동기속도는 $N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \cdot 60}{4} = 1800$ rpm이다. 2차 저항을 바꾸어도 주파수와 극수가 같으면 **동기속도는 변하지 않는다**.

변경 전 슬립: 슬립은 동기속도와 회전자 속도의 차이를 동기속도로 나눈 값이다. 처음 회전속도가 1,575 rpm이므로 $s_a = \frac{1800 - 1575}{1800} = 0.125$이다. 즉, 처음에는 회전자가 동기속도보다 12.5% 느리게 회전한다.

변경 후 슬립: 전원 조건이 일정하고 부하 토크가 같은 정상 운전점을 비교하면, 2차 상당 저항 R과 슬립 s의 비 R/s가 일정하다. 2차 등가회로에서 이 비가 같으면 같은 토크를 발생시키기 때문이다. 따라서 **같은 토크에서 슬립은 2차 저항에 비례**하므로 $s_b = s_a \frac{R_b}{R_a} = 0.125 \cdot \frac{2}{1} = 0.25$이다. 여기서 $R_a = 1\,\Omega$, $R_b = 2\,\Omega$은 각각 변경 전후의 2차 상당 저항이다.

변경 후 회전속도: 슬립의 정의를 회전속도에 대해 정리하면 $N = N_s(1 - s)$이다. 따라서 $N_b = 1800(1 - 0.25) = 1350$ rpm이다. 구한 1,350 rpm은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 무부하 상태인 이상적인 단상 변압기의 1차 단자 전원을 50 [Hz], 110 [V]에서 60 [Hz], 220 [V]으로 변경하였을 때, 철심 내부의 자속 변화는?

① $\frac{5}{3}$배 감소
② $\frac{5}{3}$배 증가
③ $\frac{10}{3}$배 감소
④ $\frac{10}{3}$배 증가

정답 2번

간단한 해설

같은 변압기에서 철심 자속의 최댓값은 **전압에 비례하고 주파수에 반비례**한다. 전압은 2배, 주파수는 $\frac{6}{5}$배가 되므로 자속은 처음의 $\frac{5}{3}$배가 된다.

계산 과정

자속과 전압의 관계: 이상적인 변압기에서는 권선의 전압 강하가 없으므로 1차 단자 전압과 유도 기전력의 크기가 같다. 정현파 교류의 정상상태에서 $V = 4.44fN\Phi_m$이다. 여기서 V는 1차 전압의 실효값[V], f는 주파수[Hz], N은 1차 권선 수, Φ_m은 철심 자속의 최댓값[Wb]이다. **같은 변압기이므로 권선 수는 일정**하며, 자속의 최댓값은 $\frac{V}{f}$에 비례한다.

변경 전후의 자속비: 변경 전을 a, 변경 후를 b로 두면 $\frac{\Phi_{m,b}}{\Phi_{m,a}} = \frac{V_b}{V_a} \cdot \frac{f_a}{f_b}$이다. 주어진 전압과 주파수를 대입하면 $\frac{\Phi_{m,b}}{\Phi_{m,a}} = \frac{220}{110} \cdot \frac{50}{60} = \frac{5}{3}$이다. 전압 상승은 자속을 늘리고 주파수 상승은 자속을 줄이는 방향으로 작용하지만, **전압의 증가 비율이 더 크므로** 자속은 증가한다.

결과: 변경 후 자속의 최댓값은 변경 전의 $\frac{5}{3}$배가 된다. 따라서 ②의 '$\frac{5}{3}$배 증가'에 해당한다.

NoteBase

문 17. 직류기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 단절권의 코일은 180°보다 작은 전기각을 가진다.

② 직류기는 같은 속도라 하더라도 극수가 다를 수 있다.

③ 전기자 반작용을 상쇄하기 위해 보상권선을 사용할 수 있다.

④ 발전기로 동작할 때 부하가 증가하면 전기자 반작용에 의해 중성축은 회전 반대 방향으로 이동한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '회전 반대 방향'은 **회전 방향과 같은 방향**으로 고쳐야 한다. 발전기의 부하가 증가하면 전기자 전류가 만드는 자기장이 주자기장을 왜곡하여 중성축을 이동시킨다.

선지별 해설

① O: 코일의 두 유효변 사이 간격이 한 극 간격과 같으면 전절권이며, 이때 코일 피치는 전기각 180°이다. 단절권은 코일 피치를 한 극 간격보다 짧게 한 권선이므로 **코일 피치의 전기각이 180°보다 작다**.

② O: 직류기의 회전속도는 극수만으로 결정되지 않고 전압, 자속, 전기자 권선 등의 조건에도 영향을 받는다. 따라서 극수가 서로 다른 직류기도 설계와 운전 조건에 따라 **같은 속도로 운전할 수 있다**.

③ O: 전기자 반작용은 전기자 전류가 만드는 자기장이 주자기장의 분포를 왜곡하는 현상이다. 주극의 자극면에 설치하는 보상권선은 **전기자 자기장에 반대되는 자기장**을 만들어 이를 상쇄한다. 보상권선을 전기자와 직렬로 연결하면 부하에 따라 전기자 전류가 변할 때 보상 작용도 함께 변한다.

④ X: 중성축은 전기자 도체의 유도기전력이 0이 되는 위치를 잇는 축이다. 발전기의 부하가 증가하면 전기자 전류가 증가하여 전기자 반작용이 커지고, 주자기장의 분포가 왜곡되어 중성축이 **회전 방향과 같은 방향**으로 이동한다. 회전 반대 방향으로 이동하는 것은 전동기로 동작할 때이다.

NoteBase

문 18. 손실이 없는 정상상태의 벅(Buck) 컨버터가 출력평균전압을 유지하면서 출력전압리플을 줄이는 방법으로 옳은 것은? (단, 출력 인덕터 전류는 연속적이고, 입력전압은 출력평균전압보다 크며 일정하다)

① 듀티비를 증가시킨다.

② 듀티비를 감소시킨다.

③ 출력 커패시터의 용량을 감소시킨다.

④ 듀티비를 유지하며 스위칭 주파수를 증가시킨다.

정답 4번

간단한 해설

연속전류 모드의 이상적인 벅 컨버터는 출력평균전압이 듀티비로 결정되므로, 입력전압이 일정하면 **듀티비를 유지**해야 한다. 이 상태에서 **스위칭 주파수를 높이면** 인덕터 전류의 변동 폭과 커패시터의 충·방전량이 줄어 출력전압리플이 감소한다.

선지별 해설

듀티비 D는 한 스위칭 주기 중 스위치가 켜져 있는 시간의 비율이다. 입력전압을 V_i, 출력평균전압을 V_o라 하면, 연속전류 모드의 이상적인 벅 컨버터는 정상상태에서 인덕터의 한 주기 평균전압이 0이므로 $V_o = DV_i$가 성립한다. 따라서 입력전압이 일정할 때 출력평균전압을 유지하려면 듀티비를 바꾸지 않아야 한다.

① X: 듀티비를 증가시키면 스위치가 켜져 있는 시간의 비율이 커져 **출력평균전압이 상승**한다. 출력평균전압을 유지한다는 조건을 충족하려면 듀티비를 그대로 두어야 한다.

② X: 듀티비를 감소시키면 출력평균전압이 낮아진다. 리플 감소 여부와 별개로 **출력평균전압 유지 조건을 충족하지 못하므로** 듀티비를 감소시키는 방법은 사용할 수 없다.

③ X: 출력 커패시터는 인덕터 전류의 리플 성분을 흡수하여 출력전압의 변동을 완화한다. 커패시터의 등가직렬저항을 무시하고 출력전압리플이 작은 경우, 첨두간 전압리플은 $\Delta V_o \approx \frac{\Delta I_L}{8 f_s C}$이다. 여기서 ΔI_L은 인덕터 전류의 첨두간 리플, f_s는 스위칭 주파수, C는 출력 정전용량이다. 다른 조건이 같을 때 정전용량을 줄이면 전압리플이 커지므로, 리플을 줄이려면 정전용량을 **증가**시켜야 한다.

④ O: 듀티비를 유지하면 출력평균전압이 유지된다. 인덕턴스를 L이라 할 때 인덕터 전류리플은 $\Delta I_L = \frac{(V_i - V_o)D}{L f_s}$이므로, 다른 조건이 같으면 스위칭 주파수가 높아질수록 작아진다. 스위치가 켜지거나 꺼진 상태로 머무는 시간이 짧아져 **한 주기 동안의 전류 변화가 줄어들기** 때문이다. 커패시터에 드나드는 리플 전류와 충·방전 시간도 함께 줄어 출력전압리플이 감소한다.

NoteBase

문 19. 3상 비돌극형 동기전동기의 부하각이 30°, 한 상의 유도기전력이 120 [V], 동기리액턴스가 3 [Ω], 전기자전류가 40 [A]일 때, 동기전동기의 역률각은? (단, 전기자저항과 기계적 손실은 무시한다)

① 30 °

② 45 °

③ 60 °

④ 90 °

정답 3번

간단한 해설

전기자저항을 무시한 비돌극형 동기전동기는 $\cos\phi = \frac{E\sin\delta}{X_s I}$의 관계를 만족한다. 주어진 값을 대입하면 **역률은 0.5**이므로 역률각은 60°이다.

계산 과정

한 상의 단자전압을 V, 유도기전력을 E, 전기자전류를 I, 동기리액턴스를 X_s라 한다. 주어진 값은 E = 120 V, I = 40 A, $X_s = 3\Omega$이다. 부하각 $\delta = 30\,^\circ$는 단자전압과 유도기전력 사이의 위상차이고, 구하려는 **역률각은 단자전압과 전기자전류 사이의 위상차** ϕ이다.

전기자저항을 무시하는 비돌극형 동기전동기의 3상 유효전력은 $P = 3VI\cos\phi$이며, 부하각으로 나타내면 $P = \frac{3VE}{X_s}\sin\delta$이다. 두 식을 같게 놓고 공통인 3V를 소거하면 $I\cos\phi = \frac{E\sin\delta}{X_s}$를 얻는다. 따라서 **단자전압을 따로 구하지 않고** 역률을 계산할 수 있다.

역률 계산: $\cos\phi = \frac{E\sin\delta}{X_s I}$에 주어진 값을 대입하면 $\cos\phi = \frac{120 \cdot \sin 30^\circ}{3 \cdot 40}$이다. $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$이므로 $\cos\phi = \frac{60}{120} = 0.5$이다. 이 값은 전기자전류 중 유효전력에 기여하는 성분의 비율을 뜻한다.

역률각 계산: $\cos\phi = 0.5$를 만족하는 역률각은 $\phi = 60\,^\circ$이다. 이는 ③의 60°와 일치한다.

NoteBase

문 20. 정격속도로 무부하 운전 중인 손실이 없는 타여자 직류전동기의 속도를 증가시켰을 때, 자속, 역기전력 및 전기자전류의 변화로 옳은 것은? (단, 공급전압과 전기자저항은 일정하고, 속도는 정상상태로 가정한다)

① 자속: 감소, 역기전력: 일정, 전기자전류: 일정

② 자속: 감소, 역기전력: 감소, 전기자전류: 감소

③ 자속: 증가, 역기전력: 일정, 전기자전류: 일정

④ 자속: 증가, 역기전력: 증가, 전기자전류: 증가

정답 1번

간단한 해설

손실이 없는 무부하 정상상태에서는 전기자전류가 0이므로 **역기전력은 공급전압과 같게 일정**하다. 역기전력이 자속과 속도의 곱에 비례하므로, 속도를 높이려면 **자속을 감소**시켜야 한다.

구성 요소별 해설

전기자전류: **무부하이고 손실이 없으므로** 정상상태에서 필요한 전동기 토크는 0이다. 직류전동기의 토크는 $T = k_t \Phi I_a$이므로, 자속이 존재하는 운전 상태에서 전기자전류 I_a는 0이다. 속도를 높인 뒤에도 무부하·무손실 정상상태이므로 전기자전류는 0으로 일정하다. 가속 중에 필요한 전류가 아니라 속도가 안정된 뒤의 전류를 비교한다.

역기전력: 정상상태의 전기자 회로에는 $V = E + I_a R_a$가 성립한다. 여기서 V는 공급전압, E는 역기전력, R_a는 전기자저항이다. 전기자전류가 0이므로 저항에 의한 전압강하도 0이며, $E = V$가 된다. 따라서 공급전압이 일정하면 **역기전력도 일정**하다.

자속: 역기전력은 $E = k_e \Phi n$으로 나타내며, Φ는 자속, n은 회전속도, k_e는 전동기의 구조와 속도 단위에 따른 상수이다. 역기전력이 일정하므로 Φn도 일정해야 한다. 따라서 속도를 증가시키려면 **계자자속을 감소**시켜야 한다. 자속을 증가시키면 같은 역기전력에서 속도는 오히려 감소한다.

따라서 자속은 감소하고, 역기전력과 전기자전류는 일정하다. 이는 ①의 변화 조합과 일치한다.

NoteBase