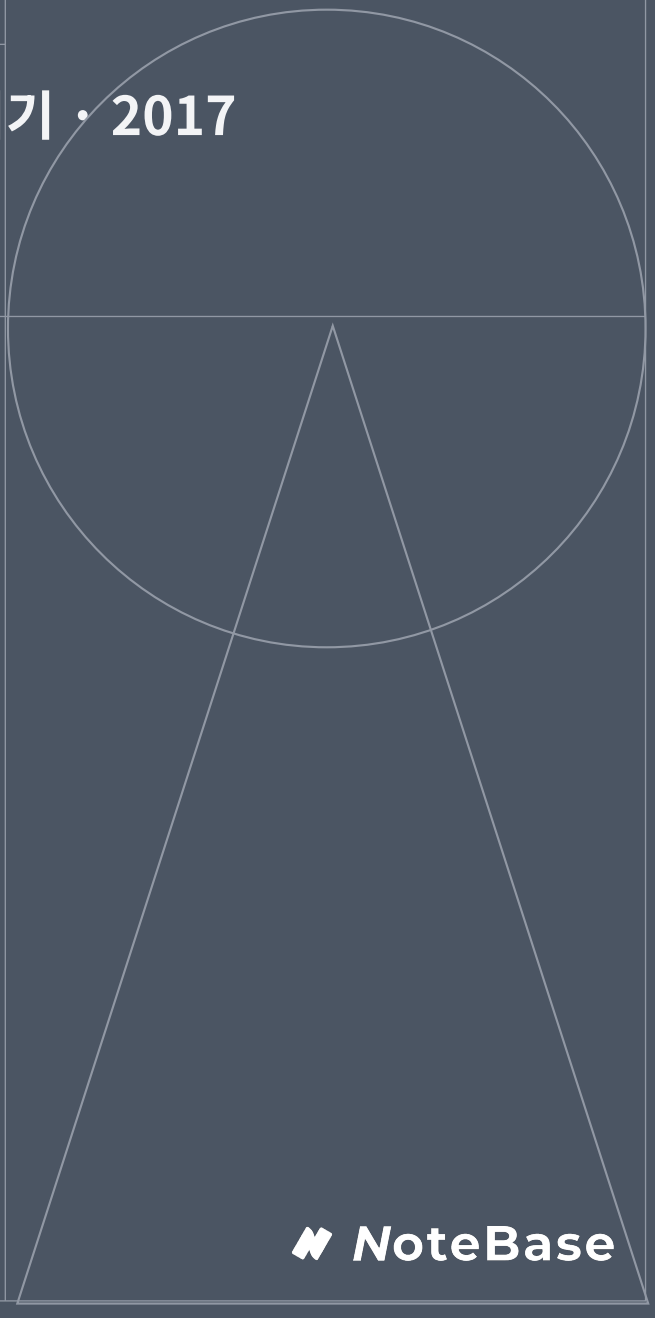
# 기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2017



NoteBase

# 기출OX 해설집

## 공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2017

### 공무원/지방직/9급 · 전기기기 · 2017

**문 1. 직류발전기에서 정류를 좋게 하는 방법으로 옳지 않은 것은?**

① 브러시 접촉 저항을 크게 한다.

② 리액턴스 전압을 크게 한다.

③ 보극을 설치한다.

④ 정류 주기를 길게 한다.

**정답 2번**

**간단한 해설**

리액턴스 전압은 정류 중 코일 전류의 방향이 바뀌는 것을 방해한다. 이를 크게 하면 불꽃이 발생하기 쉬워지므로, 정류를 좋게 하려면 리액턴스 전압을 **작게 하거나 보극으로 상쇄**해야 한다.

NoteBase

**선지별 해설**

정류는 브러시가 인접한 정류자편에 동시에 접촉하여 코일을 잠시 단락시키는 동안, 그 코일에 흐르는 전류의 방향이 반전되는 과정이다. 접촉이 끝나기 전에 전류 반전이 원활하게 이루어지도록 해야 불꽃을 줄일 수 있다.

① O: 브러시 접촉 저항을 크게 하는 것은 **저항 정류**를 이용하는 방법이다. 브러시가 정류자편을 옮겨 갈 때 접촉 면적에 따라 접촉 저항이 달라지며, 접촉이 끝나 가는 정류자편의 저항은 커진다. 이 저항 변화가 해당 정류자편으로 흐르는 전류를 줄여 코일 전류의 반전을 돕는다. 이를 위해 접촉 저항이 큰 탄소 브러시를 사용한다.

② X: 리액턴스 전압은 정류 코일의 인덕턴스 때문에 생기며, 전류의 변화를 방해하는 방향으로 작용한다. 이 전압이 커지면 정류가 끝날 때까지 전류 반전이 완료되지 않아 브러시와 정류자 사이에 불꽃이 발생하기 쉽다. 따라서 '크게 한다'를 **'작게 한다'**로 고쳐야 한다.

③ O: 보극은 주자극 사이의 정류 영역에 설치하여, 정류 코일에 **리액턴스 전압과 반대 방향의 기전력**을 유도한다. 이 기전력이 전류 반전을 방해하는 리액턴스 전압을 상쇄하므로 정류가 개선된다.

④ O: 정류 주기는 브러시가 정류 코일을 단락시켜 전류가 반전되는 시간이다. 같은 크기의 전류를 반전시킬 때 이 시간을 길게 하면 **단위 시간당 전류 변화량이 작아져** 리액턴스 전압이 감소한다. 전류 반전을 방해하는 작용이 줄어들므로 정류가 좋아진다.

NoteBase

**문 2. 5[kW] 이하의 3상 농형 유도전동기에 정격전압을 직접 인가하는 방법으로 가속토크가 커서 기동시간이 짧은 특성을 갖는 기동방법은?**

① Y-Δ 기동

② 리액터 기동

③ 전전압 기동

④ 1차 저항 기동

**정답 3번**

**간단한 해설**

전전압 기동은 기동 순간부터 전동기에 **정격전압을 직접 인가**하는 방식이다. 같은 전동기와 부하 조건에서 감압 기동보다 가속토크가 커서 기동시간이 짧다.

**공통 해설**

전전압 기동은 전동기의 고정자 단자에 처음부터 정격전압을 직접 가하여 기동하는 방식으로, 직입 기동이라고도 한다. 문제의 5 kW 이하 3상 농형 유도전동기에서 '정격전압을 직접 인가한다'는 조건이 이 방식의 정의에 해당한다.

같은 유도전동기에서 주파수와 회전속도가 같을 때 발생토크는 인가전압의 제곱에 비례한다. 따라서 전압을 낮추어 기동하면 발생토크도 감소한다. 가속토크는 **전동기의 발생토크에서 부하토크를 뺀 값**이므로, 같은 부하와 관성 조건에서는 감압하지 않는 전전압 기동이 더 큰 가속토크를 내어 기동시간을 줄일 수 있다.

Y-Δ 기동, 리액터 기동, 1차 저항 기동은 모두 **기동 시 권선에 가해지는 전압을 낮추는** 방식이다. 기동전류를 줄이는 대신 발생토크도 작아지므로, 처음부터 정격전압을 직접 인가한다는 조건과 구별된다.

NoteBase

**문 3. 변압기유가 갖추어야 할 조건으로 옳지 않은 것은?**

① 인화의 위험성이 없고 인화점이 높아야 한다.

② 절연 저항 및 절연 내력이 높아야 한다.

③ 비열과 열전도도가 크며 점성도가 낮아야 한다.

④ 응고점이 높고, 투명하여야 한다.

**정답 4번**

**간단한 해설**

④의 '응고점이 높고'는 **'응고점이 낮고'**로 고쳐야 한다. 변압기유는 낮은 온도에서도 굳지 않고 순환하여 내부의 열을 밖으로 전달해야 한다.

**선지별 해설**

변압기유는 변압기 내부의 전기적 절연을 유지하고 권선과 철심에서 발생한 열을 외부로 운반한다. 따라서 절연 성능, 냉각 성능, 화재 및 저온 환경에서의 안전성을 함께 갖추어야 한다.

① O: 운전 중 화재 위험을 줄이려면 **인화점이 높아 쉽게 불이 붙지 않아야** 한다. 인화점은 기름에서 발생한 증기에 불꽃을 가까이했을 때 순간적으로 불이 붙기 시작하는 최저 온도이므로, 높을수록 인화 위험을 줄이는 데 유리하다.

② O: 변압기유는 권선 사이와 권선·철심 등 사이의 전기적 절연을 유지해야 한다. **절연 저항이 높으면 누설 전류가 작고**, 절연 내력이 높으면 강한 전계에서도 절연 파괴가 잘 일어나지 않는다.

③ O: 비열이 크면 같은 질량의 기름이 같은 열을 받아도 온도 상승이 작고, 열전도도가 크면 내부에서 발생한 열을 잘 전달한다. 또한 **점성도가 낮으면 기름이 쉽게 순환**하므로 권선과 철심의 열을 외부로 운반하는 냉각 작용에 유리하다.

④ X: 응고점은 **높은 것이 아니라 낮아야** 한다. 응고점이 높으면 낮은 외기 온도에서 기름이 쉽게 굳어 순환과 냉각이 어려워진다. 투명해야 한다는 부분은 적절하며, 기름이 맑으면 이물질이나 혼탁 여부를 육안으로 확인하기 쉽다.

NoteBase

**문 4. 3상 유도전동기의 출력이 10[kW], 슬립이 5[%]일 때, 2차 동손 [kW]은? (단, 기계적 손실은 무시한다)**

① 0.326

② 0.426

③ 0.526

④ 0.626

**정답 3번**

### 간단한 해설

기계적 손실이 없으면 2차 동손은 출력의 $\frac{s}{1-s}$배이다. 슬립이 5%이므로 출력 10 kW에 **동손과 출력의 비율**인 $\frac{0.05}{0.95}$를 곱하면 약 0.526 kW이다.

### 계산 과정

조건 정리: 슬립은 $s = 0.05$, 축출력은 10 kW이다. **기계적 손실을 무시**하므로 회전자에서 발생한 기계적 출력 $P_m$은 축출력과 같아 10 kW이다.

전력 관계: 2차 입력 $P_2$는 공극을 통해 회전자에 전달되는 전력이며, 그중 슬립에 해당하는 비율이 회전자 저항에서 열로 소모되는 2차 동손 $P_{c2}$이 된다. 따라서 $P_{c2} = sP_2$이고, 나머지가 기계적 출력이므로 $P_m = (1 - s)P_2$이다. 슬립 5%는 **출력이 아니라 2차 입력을 기준**으로 한 동손의 비율이다.

2차 동손 계산: 두 전력 관계에서 2차 입력을 소거하면 $P_{c2} = \frac{s}{1-s}P_m$이다. 값을 대입하면 $P_{c2} = \frac{0.05}{0.95} \cdot 10 \approx 0.526\text{kW}$이다. 소수 셋째 자리까지 나타낸 2차 동손은 0.526 kW로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 5. 전동기의 기계적 출력을 구하는 방법 중 토크를 이용하는 방법이 있다. 토크는 가상 변위법에 의해 전기기계계에 저장된 에너지를 회전 방향으로 편미분하면 얻어진다. 이를 이용한 기계적 출력은?**

① 분당 회전수 × 토크

② 전기적 각속도 × 토크

③ 회전자 권선 선속도 × 토크

④ 기계적 각속도 × 토크

**정답 4번**

**간단한 해설**

기계적 출력은 회전축이 단위 시간에 하는 일이므로, 토크에 **기계적 각속도**를 곱한 값이다. 즉, $P = T\omega_m$이다.

**공통 해설**

회전축의 토크를 T(N·m), 기계적 회전각을 $\theta_m$이라 하면, 미소 회전각 동안 하는 일은 $dW = Td\theta_m$이다. 출력은 단위 시간당 하는 일이므로 $P = \frac{dW}{dt} = T\frac{d\theta_m}{dt} = T\omega_m$이 된다. 여기서 $\omega_m$은 **실제 회전축의 기계적 각속도**이며 단위는 rad/s이다. 토크를 N·m, 기계적 각속도를 rad/s로 넣으면 출력의 단위는 W가 된다.

따라서 토크와 직접 곱해야 하는 양은 기계적 각속도이다. 분당 회전수 n을 사용할 때는 $\omega_m = \frac{2\pi n}{60}$으로 환산해야 한다. 전기적 각속도는 전기적 위상의 변화율이고 권선 선속도는 원주 방향의 이동속도이므로, 이들을 토크에 그대로 곱하는 대신 회전축의 기계적 각속도로 환산해야 한다.

NoteBase

**문 6. 정현파 교류전압원을 부하저항 $R$인 단상 브리지 전파정류회로에 연결했다. 부하저항에서 소비하는 평균전력 $P_1$과 전파 정류회로 없이 정현파 교류전압원에 부하저항을 직접 연결했을 때 부하저항에서 소비하는 평균전력 $P_2$와의 비($\frac{P_1}{P_2}$)는? (단, 전파 정류회로의 손실은 없다)**

① 0.5

② 0.7

③ 1.0

④ 1.4

**정답 3번**

**간단한 해설**

손실이 없는 전파정류는 전압의 부호만 바꾸므로 **저항에 걸리는 전압의 제곱은 변하지 않는다**. 저항의 소비전력은 전압의 제곱에 비례하므로 두 평균전력이 같고, 그 비는 $\frac{P_1}{P_2} = 1.0$이다.

**계산 과정**

전압원과 부하전압: 전원전압을 $v(t) = V_m \sin \omega t$라 두면, $V_m$은 최댓값이고 $\omega$는 각주파수이다. 손실이 없는 단상 브리지 전파정류회로는 음의 반주기를 양의 방향으로 뒤집으므로, 정류 후 부하전압은 $u_1(t) = |v(t)|$이다. 전원에 저항을 직접 연결한 경우에는 $u_2(t) = v(t)$이다.

저항의 순간전력: 저항에서는 옴의 법칙에 따라 $p(t) = \frac{u(t)^2}{R}$이다. **전압을 제곱하면 부호의 차이가 사라지므로** 정류 후에도 매 순간의 소비전력은 같다. 즉, $p_1(t) = p_2(t) = \frac{v(t)^2}{R}$이다.

평균전력과 비: 정현파의 제곱을 한 주기 동안 평균하면 최댓값 제곱의 절반이므로, 두 경우 모두 $P_1 = P_2 = \frac{V_m^2}{2R}$이다. 따라서 $\frac{P_1}{P_2} = 1.0$으로, ③의 값과 일치한다. 같은 단위의 전력을 나눈 비이므로 단위는 없다.

NoteBase

**문 7. 단자전압 210[V], 부하전류 50[A]일 때 회전수가 1,500[rpm]인 직류 직권전동기가 있다. 단자전압을 106[V]로 하는 경우 부하전류가 30[A]이면 회전수[rpm]는? (단, 전기자권선과 계자권선의 합성저항은 0.2[Ω]이며, 자기회로는 불포화 상태이다)**

① 900

② 1,250

③ 1,800

④ 2,500

**정답 2번**

**간단한 해설**

자기회로가 **불포화**인 직류 직권전동기는 자속이 전류에 비례하며, 회전수는 역기전력을 자속으로 나눈 값에 비례한다. 역기전력은 200 V에서 100 V로, 자속은 처음의 3/5로 줄어들므로 회전수는 **1,250 rpm**이 된다.

**계산 과정**

1. 적용 관계: 직권전동기는 전기자권선과 계자권선이 직렬로 연결되어 있어 부하전류가 두 권선에 동일하게 흐른다. 단자전압을 V, 전류를 I, 합성저항을 R이라 하면 역기전력은 $E = V - IR$이다. 또한 $E = k\Phi N$이므로 같은 전동기의 회전수 N은 **역기전력에 비례하고 자속에 반비례**한다. 여기서 Φ는 자속, k는 전동기의 구조에 따른 상수이다.

2. 두 운전 상태의 역기전력: 합성저항 0.2 Ω에 의한 전압강하를 단자전압에서 뺀다. 처음에는 $E_1 = 210 - 50 \cdot 0.2 = 200\text{V}$, 변경 후에는 $E_2 = 106 - 30 \cdot 0.2 = 100\text{V}$이다. 회전수 비교에는 단자전압 자체가 아니라 **권선의 전압강하를 뺀 역기전력**을 사용한다.

3. 자속비: 자기회로가 **불포화 상태**이므로 자속은 계자전류에 비례한다. 계자전류가 부하전류와 같으므로 $\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{30}{50} = \frac{3}{5}$이다. 즉, 변경 후 자속은 처음 자속의 3/5이다.

4. 회전수 계산: $E = k\Phi N$에서 두 상태의 비를 구하면 $\frac{N_2}{N_1} = \frac{E_2}{E_1}\frac{\Phi_1}{\Phi_2}$이다. 따라서 $N_2 = 1{,}500 \cdot \frac{100}{200} \cdot \frac{50}{30}$이고, 계산하면 1,250 rpm이다. 역기전력 감소는 회전수를 낮추지만, 자속 감소는 그 감소 폭을 줄이는 방향으로 작용한다.

구한 회전수 1,250 rpm은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

**문 8. 변압기의 여자전류를 줄이기 위한 방법으로 옳지 않은 것은?**

① 1차측 입력전압의 크기를 줄인다.

② 변압기의 권선수를 줄인다.

③ 투자율이 높은 철심을 사용한다.

④ 1차측 입력전압의 주파수를 증가시킨다.

**정답 2번**

**간단한 해설**

권선수를 줄이면 자화 인덕턴스가 작아져 여자전류가 증가한다. 같은 전압과 주파수에서 여자전류를 줄이려면 **권선수를 늘려야 한다**.

**공통 해설**

여자전류는 철심에 자속을 만드는 자화 성분과 철손을 공급하는 성분으로 이루어진다. 이 문항의 각 방법은 주된 성분인 자화전류의 크기를 결정하는 관계로 판단할 수 있다. 정현파 전압에서 권선의 전압강하를 무시하고 철심을 선형 자기회로로 근사하면, 자화전류는 $I_m \approx \frac{V_1}{2\pi f L_m}$이고 자화 인덕턴스는 $L_m = \frac{\mu N_1^2 A}{l}$이다. 여기서 $V_1$은 1차측 입력전압의 실효값, $f$는 주파수, $N_1$은 1차 권선수, $\mu$는 철심의 투자율, $A$는 철심 단면적, $l$은 평균 자로 길이이다.

각각 다른 조건을 같게 두면, 입력전압을 낮출수록 자화전류가 줄어든다. 투자율을 높이면 자화 인덕턴스가 커지고, 주파수를 높이면 자화 리액턴스가 커지므로 전류가 줄어든다. 따라서 입력전압 감소, 높은 투자율의 철심 사용, 주파수 증가는 모두 여자전류를 줄이는 방향이다.

반면 권선수를 줄이면 **권선수의 제곱에 비례하는 자화 인덕턴스가 작아져** 자화전류가 증가한다. 같은 전압과 주파수에서 여자전류를 줄이는 방법은 권선수를 줄이는 것이 아니라 **권선수를 늘리는 것**이다.

NoteBase

**문 9. 동기전동기가 전력계통에 접속되어 일정 단자전압과 일정 출력으로 운전하고 있을 때, 동기전동기의 여자전류를 증가시키면 일어나는 현상으로 옳은 것은? (단, 동기전동기의 운전속도는 일정하다)**

① 토크가 증가한다.

② 난조가 발생한다.

③ 동기발전기로 동작하게 된다.

④ 전기자전류의 위상이 달라진다.

**정답 4번**

**간단한 해설**

일정한 출력을 유지하면서 여자전류를 증가시키면 주로 무효전력과 역률이 변하여 **단자전압에 대한 전기자전류의 위상**이 달라진다. 부족 여자에서는 지상전류가 흐르고, 여자를 늘려 적정 여자에 이르면 동상, 더 늘리면 진상전류가 흐른다.

**선지별 해설**

① X: 축출력은 토크와 회전 각속도의 곱이므로 $P_{out} = T\omega$이다. 여기서 $P_{out}$은 축출력, T는 축토크, $\omega$는 회전 각속도이다. 문제에서 **출력과 운전속도가 모두 일정**하므로 축토크도 일정하다. 여자전류 증가가 부하에 전달하는 토크의 증가를 뜻하지는 않는다.

② X: 난조는 회전자가 동기 평형 위치를 중심으로 앞뒤로 진동하는 현상으로, 급격한 부하 변화 등의 외란으로 발생할 수 있다. **여자전류 증가만으로 난조가 반드시 발생하는 것은 아니다.** 일정 출력의 정상 운전에서 여자전류를 조절하면 그에 맞게 전기자전류의 위상과 역률이 바뀐다.

③ X: 동기발전기로 운전하려면 외부에서 축에 기계적 동력을 공급하여 **유효전력을 전력계통으로 내보내야** 한다. 일정한 기계적 출력을 내는 전동기의 여자전류를 늘리는 것만으로 유효전력의 흐름이 반전되지는 않는다. 과여자로 무효전력을 계통에 공급하더라도 유효전력을 받아 축출력을 내면 여전히 전동기 운전이다.

④ O: 여자전류는 회전자 자계와 내부 유기기전력을 바꾼다. 단자전압과 출력이 일정할 때 손실 변화를 무시하면 필요한 유효전력은 일정하므로, 여자 변화에 따라 주로 무효전력과 전기자전류의 위상이 조정된다. 전류가 전압보다 늦는 부족 여자 상태에서 여자전류를 늘리면 지상 위상차가 줄어들고, 역률 1인 적정 여자에서는 전압과 전류가 동상이 된다. 더 늘려 과여자로 운전하면 전류가 전압보다 앞서는 **진상전류**가 흐른다. 따라서 여자전류를 늘리면 단자전압을 기준으로 한 전기자전류의 위상이 달라진다.

NoteBase

**문 10. 1차 정격전압과 2차 정격전압이 동일한 2대의 변압기가 있다. 정격용량 및 %임피던스강하가 A변압기는 150 [kVA], 5 [%]이고, B변압기는 300 [kVA], 3 [%]라고 한다. 두 대의 변압기를 병렬 운전할 때, 두 대의 변압기에 접속할 수 있는 최대 합성 부하용량[kVA]은?**

① 240

② 360

③ 390

④ 450

**정답 3번**

**간단한 해설**

두 변압기의 부하 분담비는 A:B = 3:10이므로 **B변압기가 먼저 정격용량**에 도달한다. B가 300 kVA를 부담할 때 A는 90 kVA를 부담하므로 최대 합성 부하용량은 390 kVA이다.

**계산 과정**

부하 분담의 기준: A와 B의 정격용량은 각각 150 kVA, 300 kVA이고, 각자의 정격용량을 기준으로 한 %임피던스강하는 5%, 3%이다. 1차와 2차 정격전압이 각각 같으므로 변압비도 같다. 임피던스각은 같다고 가정하여 부하를 분담하는 통상적인 계산을 적용한다. 같은 전압에서 분담 전류는 실제 임피던스에 반비례하므로, 분담 부하용량은 **정격용량에 비례하고 %임피던스강하에 반비례**한다.

분담비 계산: A와 B가 부담하는 피상전력을 각각 $S_A$, $S_B$라 하면, $S_A : S_B = \frac{150}{5} : \frac{300}{3} = 3 : 10$이다. 즉, B가 부하 10을 부담할 때 A는 부하 3을 부담한다. %임피던스강하는 각 변압기의 정격용량을 기준으로 한 값이므로, 그 역비만으로 분담비를 정하면 안 된다.

정격용량에 따른 한계: B가 정격용량인 300 kVA에 도달할 때 A의 부담은 $S_A = 300 \cdot \frac{3}{10} = 90\text{kVA}$이다. 이는 A의 정격용량 150 kVA보다 작다. 따라서 **B의 정격용량이 전체 부하의 한계**를 결정하며, 이 상태에서 부하를 더 늘리면 B가 과부하된다.

최대 합성 부하용량: 두 변압기가 동시에 부담할 수 있는 용량은 90 + 300 = 390 kVA로, ③의 390 kVA에 해당한다. 정격용량의 단순 합인 450 kVA까지 부하를 접속할 수는 없다. A에 여유가 남아 있어도 부하 분담비가 정해져 있어 B의 과부하를 피할 수 없기 때문이다.

NoteBase

**문 11. 동기기의 안정도를 향상시키는 대책으로 옳지 않은 것은?**

① 회전부의 관성을 작게 한다.

② 속응 여자 방식을 채용한다.

③ 동기 리액턴스를 작게 한다.

④ 역상 및 영상 임피던스를 크게 한다.

**정답 1번**

**간단한 해설**

①의 '관성을 작게 한다'는 **관성을 크게 한다**로 고쳐야 한다. 회전부의 관성이 크면 부하 급변이나 고장으로 토크의 불균형이 생겨도 회전속도와 부하각이 급격히 변하는 것을 줄여 동기를 유지하기 쉽다.

**선지별 해설**

① X: 동기기의 안정도는 외란이 생겨도 동기 운전을 유지하는 능력이다. 같은 불균형 토크가 작용할 때 회전부의 관성이 작을수록 각가속도가 커져 회전속도와 부하각이 더 빠르게 변한다. 따라서 회전부의 **관성을 크게 하여** 외란 직후의 급격한 속도 변화를 억제하는 것이 안정도 향상 대책이다.

② O: 속응 여자는 전압 저하 등 외란에 대응하여 여자전류를 신속히 조절하는 방식이다. 고장으로 전압이 떨어졌을 때 **여자를 신속히 강화**하면 내부 유도기전력을 높여 전압과 전기적 출력의 회복을 돕고, 회전자가 동기를 잃을 위험을 줄일 수 있다.

③ O: 전기자 저항을 무시하고 내부 유도기전력과 단자전압이 각각 일정하다고 할 때, 동기 리액턴스가 작을수록 같은 부하각에서 전달할 수 있는 유효전력이 커진다. 따라서 같은 전력을 더 작은 부하각으로 전달할 수 있고, 부하각 변화를 되돌리려는 **동기화력이 커져** 안정도 향상에 유리하다.

④ O: 역상·영상 임피던스는 불평형 상태에서 나타나는 역상·영상 전류 성분의 흐름을 제한한다. 이 임피던스를 크게 하면 해당 성분이 흐르는 불평형 고장 시 **고장전류를 억제**하여 동기 운전을 교란하는 고장의 영향을 줄이는 데 유리하다. 정상적인 전력 전달을 위해 동기 리액턴스를 작게 하는 대책과는 적용 대상이 다르다.

NoteBase

**문 12. 부하역률이 1일 때의 전압변동률은 3[%]이고 부하역률이 0일 때의 전압변동률은 4[%]인 변압기가 있다. 부하역률이 0.8(지상)일 때, 전압변동률[%]은?**

① 3.0

② 4.0

③ 4.8

④ 7.0

**정답 3번**

**간단한 해설**

지상 부하의 전압변동률은 **저항 성분과 리액턴스 성분을 더해** 구한다. 주어진 성분 3과 4에 각각 역률 0.8과 그에 대응하는 0.6을 곱하면 전압변동률은 4.8%이다.

**계산 과정**

같은 부하전류에서 역률만 달라지는 조건으로 본다. 변압기 내부의 저항과 누설리액턴스로 인한 전압강하를 부하전압 방향으로 합하면, 지상 부하의 전압변동률은 $\varepsilon \approx p\cos\phi + q\sin\phi$로 구한다. 여기서 $p$는 저항에 의한 백분율 전압강하, $q$는 누설리액턴스에 의한 백분율 전압강하이며, $\phi$는 부하전압보다 전류가 뒤지는 위상각이다. **지상 부하에서는 두 성분을 더한다.**

역률이 1이면 $\cos\phi = 1$, $\sin\phi = 0$이므로 저항 성분만 남아 $p = 3$이다. 역률이 0이면 $\cos\phi = 0$, $\sin\phi = 1$이므로 리액턴스 성분만 남아 $q = 4$이다. 두 값은 각각 전압변동률에 기여하는 백분율 성분이다.

요구된 부하의 역률은 $\cos\phi = 0.8$이다. 지상 부하이므로 $\sin\phi$는 양수이며, $\sin\phi = \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6$이다. **역률은 코사인값**이므로 리액턴스 성분에 곱하는 사인값과 구별한다.

각 성분을 대입하면 $\varepsilon \approx 3 \cdot 0.8 + 4 \cdot 0.6$이다. 저항 성분의 기여는 2.4%이고 리액턴스 성분의 기여도 2.4%이므로 전압변동률은 4.8%이다. 이는 ③의 4.8에 해당한다.

NoteBase

**문 13. 2대의 동기발전기가 병렬 운전하고 있다. 한쪽 발전기의 계자 전류가 증가했을 때 두 발전기 사이에 일어나는 현상으로 옳은 것은?**

① 무효순환전류가 흐른다.

② 기전력의 위상이 변한다.

③ 동기화전류가 흐른다.

④ 속도조정률이 변한다.

**정답 1번**

**간단한 해설**

한쪽 발전기의 계자전류를 늘리면 내부 기전력의 크기가 커져 두 발전기 사이에 기전력의 크기 차이가 생긴다. 이 차이로 **무효순환전류**가 흘러 무효전력 분담이 달라진다.

**선지별 해설**

병렬 운전 중인 두 동기발전기는 공통 모선에 연결되어 같은 단자전압과 주파수로 운전한다. 원동기의 기계적 입력은 주로 유효전력 분담을, 계자전류는 주로 무효전력 분담을 조절한다.

① O: 계자전류가 증가하면 계자자속이 증가하여 내부 유기기전력의 크기가 커진다. 이에 따른 두 발전기의 기전력 차이로 순환전류가 흐른다. 발전기 내부 임피던스는 동기리액턴스가 지배적이므로 이 전류는 주로 **무효성분**으로 나타나며, 이를 무효순환전류라고 한다.

② X: 계자전류 증가의 직접적인 효과는 **기전력 크기의 증가**이다. 기전력의 위상과 유효전력 분담을 조절하는 것은 주로 원동기의 기계적 입력 변화이므로, 이 문제의 현상을 기전력의 위상 변화로 설명하는 것은 적절하지 않다.

③ X: 동기화전류는 두 발전기의 **기전력 위상차**에 따라 흘러 동기를 유지하는 방향의 토크를 만드는 전류이다. 계자전류 증가에 따른 기전력 크기 차이로 생기는 전류는 무효순환전류로 구별한다.

④ X: 속도조정률은 무부하와 전부하 사이에서 원동기의 회전속도가 얼마나 달라지는지를 나타내는 **조속기의 특성**이다. 계자전류 증가는 무효전력 분담을 바꾸는 조작이며, 조속기의 속도조정률을 바꾸는 조작이 아니다.

NoteBase

**문 14. 동기발전기의 전기자권선을 Y결선하는 이유로 옳지 않은 것은?**

① 중성점을 접지할 수 있어서 이상전압에 대한 대책이 용이하다.

② 상전압은 선간전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$이 되므로 코일의 절연이 용이하다.

③ 제3고조파 전류에 의한 순환전류가 흐르지 않는다.

④ 전기자 반작용이 감소하여 출력이 향상된다.

**정답 4번**

**간단한 해설**

④의 '전기자 반작용이 감소하여 출력이 향상된다'는 Y결선 자체의 효과가 아니다. 전기자 반작용은 **전기자전류가 만드는 자계가 주자계에 영향을 주는 현상**이며, Y결선만으로 이 작용이 감소하는 것은 아니다.

**선지별 해설**

① O: Y결선은 세 상 권선의 한쪽 끝을 함께 연결하므로 중성점을 얻을 수 있다. 이 **중성점을 접지**하면 대지에 대한 전위의 기준을 확보하고 이상전압을 억제하기 위한 대책을 마련하기 쉽다.

② O: 평형 3상 Y결선에서 기본파의 선간전압을 $V_L$, 상전압을 $V_{ph}$라 하면 $V_{ph} = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$이다. 두 상의 전압은 위상이 120° 다르므로 그 차인 선간전압이 상전압의 $\sqrt{3}$배가 된다. 따라서 **같은 선간전압을 기준으로** 각 상 코일에 걸리는 전압이 Δ결선보다 낮아 코일 절연에 유리하다.

③ O: 각 상의 제3고조파 기전력은 서로 동상이므로 Δ결선에서는 폐회로를 따라 합쳐져 순환전류를 발생시킬 수 있다. Y결선에는 이와 같은 **권선 내부의 닫힌 순환 경로가 없으므로** 제3고조파에 의한 내부 순환전류가 흐르지 않는다. 이는 중성선 등 외부 경로를 통한 제3고조파 전류까지 항상 없다는 뜻은 아니다.

④ X: 전기자 반작용은 부하전류인 전기자전류가 자계를 만들어 계자에 의한 주자계의 크기나 분포를 변화시키는 현상이다. 그 영향은 전기자전류의 크기와 위상 등에 따라 달라지며, **Y결선 자체가 전기자 반작용을 감소시키는 것은 아니다**. 따라서 선지의 내용은 'Y결선은 중성점 접지, 코일 절연, 제3고조파 내부 순환전류 방지에 유리하다'로 고쳐 이해해야 하며, 결선만으로 반작용이 감소하여 출력이 향상된다고 볼 수 없다.

NoteBase

**문 15. 2극 3상 유도전동기에서 회전자의 기계적 각속도가 동기 각속도보다 큰 경우, 관계식으로 옳은 것은? (단, $P_g$는 공극 전력, $P_m$은 기계적 출력, $P_r$은 회전자 동손이다)**

① $P_g < 0, P_m < 0, P_r > 0$

② $P_g > 0, P_m < 0, P_r > 0$

③ $P_g < 0, P_m > 0, P_r < 0$

④ $P_g > 0, P_m > 0, P_r > 0$

**정답 1번**

**간단한 해설**

회전자가 동기속도보다 빠르면 **발전기 운전**이 되어 공극 전력과 기계적 출력은 음수가 된다. 다만 회전자 동손은 전력의 흐름 방향과 관계없이 **열로 소모되는 전력**이므로 양수이다.

**선지별 해설**

동기 각속도를 $\omega_s$, 회전자의 기계적 각속도를 $\omega_m$이라 하면 슬립은 $s = \frac{\omega_s - \omega_m}{\omega_s}$이다. 주어진 조건은 $\omega_m > \omega_s$이므로 $s < 0$인 발전기 운전 영역이다. 전동기 운전을 기준으로 고정자에서 회전자로 전달되는 공극 전력과 외부로 내보내는 기계적 출력을 양수로 정한다.

① O: 발전기 운전에서는 외부에서 기계적 에너지를 받아 회전자에서 고정자로 전력을 전달하므로 $P_g < 0$, $P_m < 0$이다. 회전자 동손은 저항에서 열로 소모되므로 $P_r > 0$이다. **음의 출력은 실제로는 입력을 받는다는 뜻**이며, 동손이 음수가 된다는 뜻은 아니다.

② X: 공극 전력의 부호가 잘못되었다. $P_r = sP_g$에서 회전자 동손은 양수이고 슬립은 음수이므로 **공극 전력은 음수**여야 한다. 따라서 $P_g > 0$을 $P_g < 0$으로 고친다.

③ X: 기계적 출력과 회전자 동손의 부호가 잘못되었다. 회전자 전력 관계는 $P_m = P_g - P_r$이므로 음의 공극 전력에서 양의 동손을 빼면 $P_m < 0$이다. 또한 **회전자 동손은 에너지를 생산하는 항이 아니라 소모하는 항**이므로 $P_r < 0$을 $P_r > 0$으로 고친다.

④ X: 공극 전력과 기계적 출력이 모두 양수인 것은 **전기적 에너지를 받아 기계적 에너지를 내보내는 전동기 운전**에 해당한다. 주어진 발전기 운전 조건에서는 에너지 흐름이 반대이므로 $P_g < 0$, $P_m < 0$으로 고치며, $P_r > 0$은 유지된다.

NoteBase

**문 16. 직류전동기의 발전제동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?**

① 전동기를 전원에서 분리하고 단자 사이에 저항을 연결하여 전류를 흐르게 해서 운동에너지를 열에너지로 소비하는 방법이다.

② 분권전동기의 경우 계자를 전원에 접속한 상태에서 전기자 회로를 분리하여 양단에 저항을 접속하면 열에너지로 소비된다.

③ 복권전동기의 경우 전기자를 반대로 접속하면 전기자 전류가 반대로 되어 회전방향과 역방향의 토크를 발생시키는 방법이다.

④ 직권전동기의 경우 전동기를 전원에서 분리함과 동시에 계자 권선과 전기자의 접속을 반대로 하고 전기자에 저항을 접속하면 열에너지로 소비된다.

**정답 3번**

**간단한 해설**

③의 전기자 접속을 반대로 하여 역토크를 얻는 방법은 **역상제동(플러깅)**이다. 발전제동은 전기자 회로를 전원에서 분리한 뒤 발전기로 동작시켜, 운동에너지를 **저항에서 열에너지로 소비**한다.

**선지별 해설**

① O: 발전제동은 회전 중인 전동기의 전기자 회로를 전원에서 분리하고 저항을 연결하여 **발전기로 동작**시키는 방법이다. 회전체의 운동에너지가 전기에너지로 바뀌어 저항에서 열로 소비되며, 이때 발생하는 전자기 토크가 회전을 방해하여 속도가 줄어든다.

② O: 분권전동기는 **계자를 전원에 접속한 상태로 유지**하여 자속을 확보하고, 전기자 회로만 전원에서 분리하여 제동저항에 연결한다. 관성으로 계속 회전하는 전기자에 유도기전력이 발생하여 저항에 전류가 흐르고, 운동에너지가 열로 소비된다.

③ X: 전원에 연결된 전기자의 접속을 반대로 하여 전기자 전류를 역전시키고 회전방향과 반대인 토크를 얻는 것은 **역상제동**에 해당한다. 발전제동에서는 전기자 회로를 전원에서 분리하여 제동저항에 연결하고, 회전에 의해 발생한 전기에너지를 저항에서 열로 소비한다.

④ O: 직권전동기는 전원에서 분리한 뒤 **계자 권선과 전기자의 상대적인 접속을 반대로** 바꾸고, 제동저항을 포함한 폐회로를 구성한다. 이는 발전 운전으로 전기자 전류의 방향이 바뀌어도 계자 전류는 기존 자속을 돕는 방향으로 흐르게 하여 발전 작용을 유지하기 위한 것이다. 생성된 전기에너지는 저항에서 열로 소비되어 제동된다.

NoteBase

**문 17. 분권 직류발전기가 개방회로에서 유도전압은 240[V]이며, 부하가 연결되었을 때 단자전압이 230[V]이다. 계자저항이 50[Ω], 전기자 저항이 0.05[Ω]일 때 부하전류[A]는? (단, 전기자 반작용과 브러시 전압 강하는 무시한다)**

① 180.4

② 190.6

③ 195.4

④ 204.6

**정답 3번**

**간단한 해설**

전기자전류는 부하전류와 계자전류의 합이므로, **전기자전류에서 계자전류를 빼야 한다**. 전압 차로 구한 전기자전류 200 A에서 계자전류 4.6 A를 빼면 부하전류는 195.4 A이다.

**계산 과정**

전압 관계: 유도전압을 $E = 240\text{V}$, 부하 연결 시 단자전압을 $V = 230\text{V}$, 전기자 저항을 $R_a = 0.05\Omega$라 한다. 전기자 반작용과 브러시 전압 강하를 무시하고 주어진 유도전압을 적용하면 발전기의 전압 관계는 $E = V + I_a R_a$이다. 여기서 $I_a$는 전기자전류이며, 240 − 230 = 10 V는 **전기자 저항에서 생기는 전압 강하**이다.

전기자전류: 전기자 저항의 전압 강하에 옴의 법칙을 적용한다. $I_a = \frac{E - V}{R_a} = \frac{240 - 230}{0.05} = 200\text{A}$이다. 이는 전기자에서 나와 부하와 계자권선으로 나뉘기 전의 전류이다.

계자전류: 분권 발전기의 계자권선은 **부하와 병렬로 연결**되므로 계자권선에 걸리는 전압은 단자전압 230 V이다. 계자저항이 $R_f = 50\Omega$이므로 계자전류는 $I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{230}{50} = 4.6\text{A}$이다.

부하전류: 전기자전류 중 일부가 계자권선으로 흐르므로 $I_a = I_L + I_f$이다. 따라서 부하전류는 $I_L = I_a - I_f$이며, 200 − 4.6 = 195.4 A이다. 이 값은 ③의 195.4 A와 일치한다.

NoteBase

**문 18. 소형 유도전동기의 슬롯을 사구(skew slot)로 하는 이유로 옳은 것은?**

① 회전자의 발열 방지

② 크로우링(crawling) 현상 방지

③ 자기여자 현상 방지

④ 게르게스(Görges) 현상 방지

**정답 2번**

**간단한 해설**

슬롯을 사구로 만들면 **고조파에 의한 이상 토크**가 줄어든다. 이로써 전동기가 정상 속도까지 가속하지 못하고 낮은 속도로 계속 도는 **크로우링 현상**을 억제한다.

**공통 해설**

사구는 슬롯을 회전축과 평행하게 두지 않고 비스듬하게 만든 구조이다. 회전자 길이 방향으로 슬롯의 상대 위치가 달라지므로, 고정자와 회전자 슬롯의 상호작용으로 생기는 고조파 토크가 한꺼번에 같은 방향으로 작용하지 않고 일부 상쇄된다. 따라서 **고조파 토크가 줄어들어** 원활한 가속과 회전에 도움이 된다.

크로우링은 고조파 토크의 영향으로 전동기가 정상 운전 속도까지 가속하지 못하고 낮은 속도에서 계속 운전하는 현상이다. 대표적으로 제7고조파의 영향으로 동기속도의 약 1/7 부근에서 운전할 수 있다. 사구는 이러한 **고조파에 의한 저속 이상 운전**을 억제하므로, 이 문항에서 묻는 사구의 채택 이유는 크로우링 현상 방지이다.

NoteBase

**문 19. 3상 전파 정류회로의 출력측에 부하저항을 연결할 때, 출력전압의 기본 주파수는 입력전압의 기본 주파수의 몇 배인가?**

① 3

② 6

③ 9

④ 12

**정답 2번**

**간단한 해설**

3상 전파 정류회로에서는 입력 한 주기 동안 **6개의 맥동**이 발생한다. 따라서 출력전압의 맥동 기본 주파수는 입력 기본 주파수의 **6배**이다.

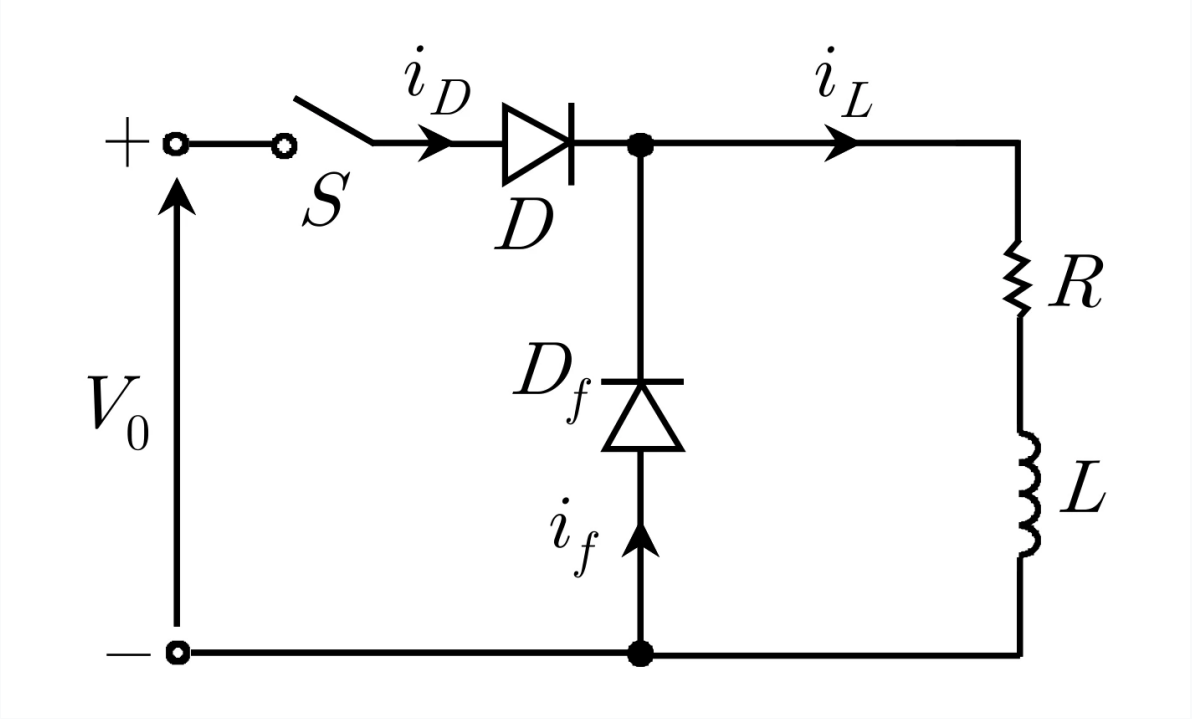
**공통 해설**

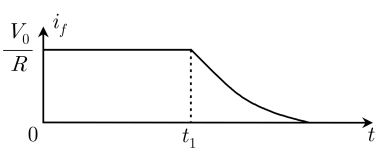
3상 전파 정류회로에서는 각 순간의 세 상 전압 중 가장 높은 전압과 가장 낮은 전압의 차가 부하저항에 걸린다. 이때 부하에 전압을 공급하는 상의 조합이 **전기각 60°마다 바뀌어** 같은 모양의 출력 파형이 반복된다. 입력 한 주기는 전기각 360°이므로 그동안 6개의 맥동이 생긴다.

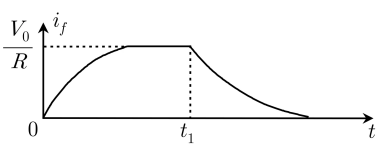
출력전압에는 직류 성분과 주기적으로 변하는 맥동 성분이 함께 있으며, 여기서 묻는 기본 주파수는 맥동 성분의 기본 주파수이다. 주파수는 1초 동안 파형이 반복되는 횟수이므로, 입력 한 주기마다 6번 반복되는 출력 맥동의 기본 주파수는 **입력 기본 주파수의 6배**이다.

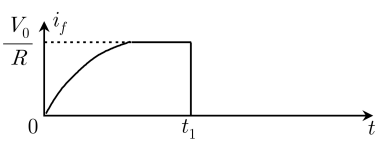
NoteBase

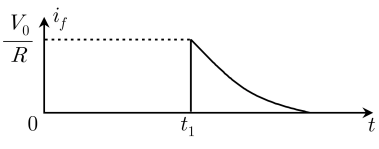
**문 20. 그림과 같은 회로에서 스위치 $S$를 $t = 0$일 때 닫고 정상상태 후 $t = t_1$일 때 열었다. 환류 다이오드 $D_f$에 흐르는 전류 $i_f$의 파형은? (단, $R$과 $L$은 0이 아닌 유한한 값이고, 모든 소자는 이상적이다)**




① 


② 


③ 


④ 


**정답 4번**

NoteBase

### 간단한 해설

스위치가 닫혀 있는 동안 환류 다이오드는 역바이어스되어 전류가 흐르지 않는다. 스위치를 열면 **인덕터에 흐르던 전류가 환류 다이오드로 옮겨 흐르므로** 환류 전류가 $\frac{V_0}{R}$에서 시작하여 지수적으로 감소한다.

### 도식 해설

스위치가 닫힌 구간: 전원 위쪽이 양극이므로 직렬 다이오드 $D$는 도통하고, 위쪽이 캐소드인 환류 다이오드 $D_f$는 **역바이어스되어 차단**된다. 따라서 $0 \le t < t_1$에서 $i_f = 0$이다. 이때 전원은 $R$과 $L$로 이루어진 부하에 전류를 공급한다.

스위치를 여는 순간: 직류 정상상태에서는 인덕터 전압이 0이므로, 열기 직전의 부하 전류는 $i_L(t_1^-) = \frac{V_0}{R}$이다. 스위치를 열어 전원 경로를 끊어도 **인덕터 전류는 순간적으로 변할 수 없다**. 따라서 기존과 같은 방향의 부하 전류가 계속 흐르도록 $D_f$가 도통하며, 전류는 부하 아래쪽에서 $D_f$를 따라 위로 올라온 뒤 다시 $R$과 $L$을 통과한다. 이 순간 환류 전류는 $i_f(t_1^+) = \frac{V_0}{R}$가 된다. 연속이어야 하는 것은 인덕터 전류이며, 환류 다이오드 전류는 전류 경로가 바뀌면서 0에서 이 값으로 뛰어오를 수 있다.

스위치를 연 이후: 전원에서 분리된 $R$–$L$–$D_f$ 폐회로에서 인덕터에 저장된 에너지가 저항에서 소모된다. 이상적인 다이오드의 전압강하는 0이므로 $L\frac{di_f}{dt} + Ri_f = 0$이고, 전류는 $i_f(t) = \frac{V_0}{R}e^{-\frac{R}{L}(t-t_1)}$로 감소한다. 시정수는 $\tau = \frac{L}{R}$이며, $R$과 $L$이 모두 0이 아닌 유한한 값이므로 **즉시 0이 되거나 일정하게 유지되지 않고** 점차 0에 가까워진다.

파형의 구별: ④는 $t_1$ 이전에 0이고, $t_1$에서 $\frac{V_0}{R}$로 뛰어오른 뒤 감소하는 환류 전류의 파형이다. ①은 스위치가 닫힌 동안에도 환류 전류가 흐르는 것으로 그려져 있어 맞지 않는다. ②는 투입 후 증가하고 개방 후 감소하는 부하 전류 $i_L$의 파형이며, ③은 투입 후 증가하다가 개방과 동시에 0이 되는 전원 측 다이오드 전류 $i_D$의 파형이다.

NoteBase