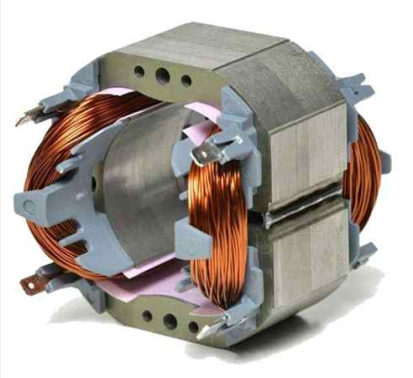


# 01 직류 발전기

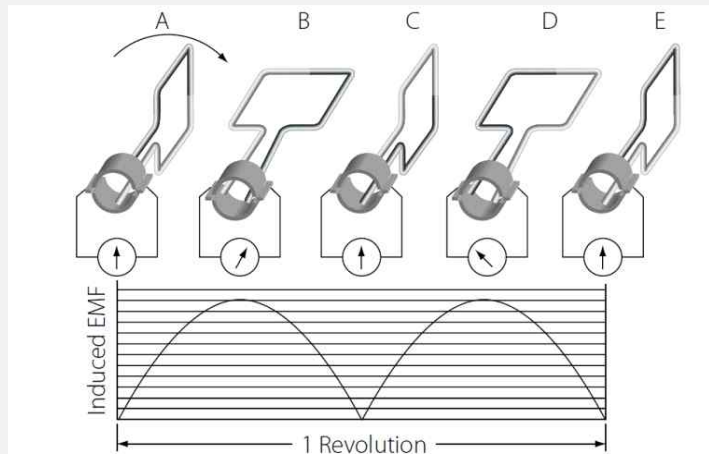


## 1. 직류발전기의 원리 및 구조

### 1. 직류기의 3요소



- ① 계자(고정자) : 자속을 발생시키는 부분  
 철심 : 연강판을 사용하고 성층철심(와류손 감소)
- ② 전기자(회전자) : 자속을 끊으며 기전력을 유도하는 부분  
 철심 : 규소강판 → 히스테리시스손 감소  
 성층철심 → 와류손 감소
- ③ 정류자 : 전기자에서 발생한 교류를 직류로 변환하는 부분



### 2. 브러시 : 정류자와 접촉하여 전기를 외부로 유출하는 부분

- ① 탄소 브러시 : 접촉저항이 커서 전류 용량이 작은 소형기에 주로 사용
- ② 금속 흑연 브러시 : 접촉저항이 작아 전류 용량이 큰 대전류 기기에 사용

직류기기의 철손에 관한 설명으로 틀린 것은?

- ① 성층철심을 사용하면 와전류손이 감소한다.
- ② 철손에는 풍손과 와전류손 및 저항손이 있다.
- ③ 철에 규소를 넣게 되면 히스테리시스손이 감소한다.
- ④ 전기자 철심에는 철손을 작게 하기 위해 규소강판을 사용한다.

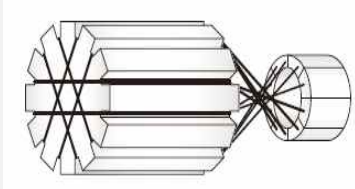
정답 ②

# 01 직류 발전기

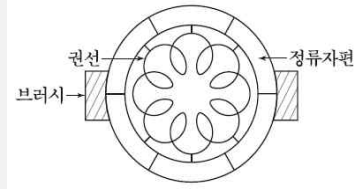


## 2. 전기자 권선법

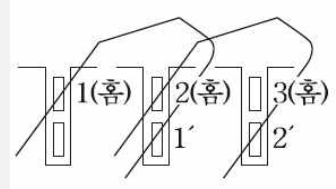
### 1. 고상권 · 폐로권 · 이층권



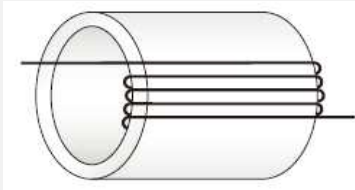
고상권



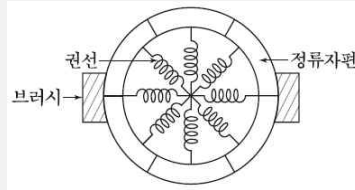
폐로권



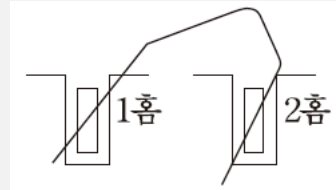
2층권



환상권

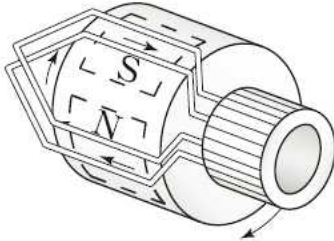
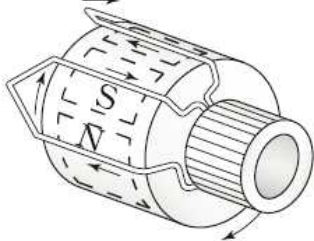


개로권



단층권

### 2. 중권과 파권

	중권 (병렬권)	파권 (직렬권)
병렬회로수	극수	2회로
브러시수	극수	2개 또는 극수
특징	저전압 대전류	고전압 소전류
균압환	필요	불필요
구조		

### 참고

- \* 전기자의 병렬회로수 : a
- \* 전기자의 브러시수 : b
- \* 계자의 극수 : p
- \* 균압환 : 발생하는 전압을 일정하게 하기 위하여 설치

다음 권선법 중 직류기에서 주로 사용되는 것은?

- ① 폐로권, 환상권, 이층권
- ② 폐로권, 고상권, 이층권
- ③ 개로권, 환상권, 단층권
- ④ 개로권, 고상권, 이층권

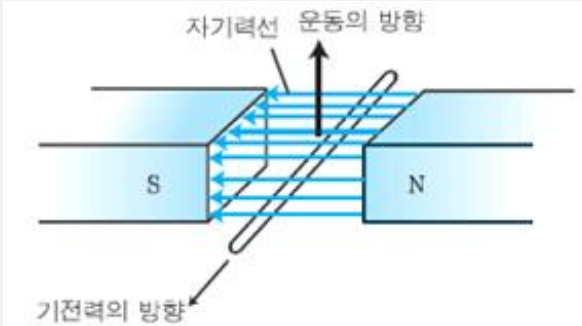
정답 ②

# 01 직류 발전기



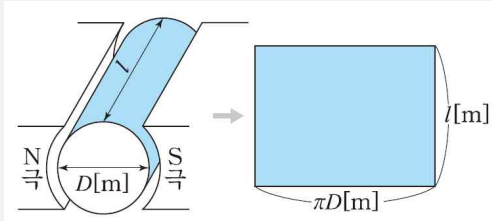
## 3. 직류발전기의 유기기전력

### 1. 도체 한개의 유기기전력



$$e = Blv = \frac{p\phi}{\pi D\ell} \times \ell \times \frac{\pi DN}{60} = \frac{p\phi N}{60} [V]$$

### 2. 평균 자속밀도



$$B = \frac{\text{총자속}}{\text{전기자표면적}} = \frac{p\phi}{\pi D\ell} [\text{Wb/m}^2]$$

### 3. 회전자 주변 속도

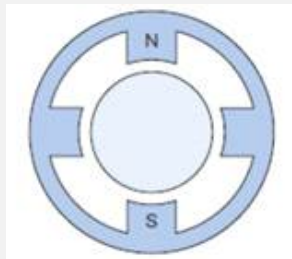
$$v = \text{원의 둘레} \times \text{초당회전수} = \pi Dn = \pi D \frac{N}{60} [\text{m/s}]$$

### 4. 전체 유기기전력

$$E = \frac{p\phi N}{60} \cdot \frac{Z}{a} = \frac{pZ\phi N}{60a} = K\phi N [V]$$

### 5. 전기각과 기계각

$$\text{기계각} = \text{전기각} \times \frac{2}{p}$$



2극



4극

기호	의미
$a$	병렬회로수
$B$	평균 자속밀도
$D$	회전자 지름
$e$	도체하나의 기전력
$E$	발전기 기전력
$K$	기계정수
$\ell$	도체의 길이
$N[\text{rpm}]$	분당회전수
$p$	극수(pole)
$v[\text{m/s}]$	회전자 주변속도
$Z$	총도체수
$\phi[\text{Wb}]$	극당 자속수

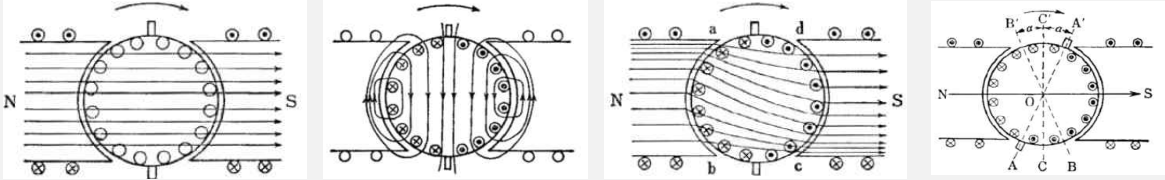
# 01 직류 발전기



## 4. 전기자 반작용

### 1. 의미

전기자 전류에서 발생된 자속이 계자의 주자속을 왜곡시키며 감소하는 현상

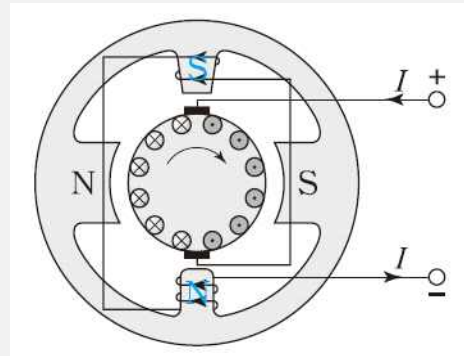
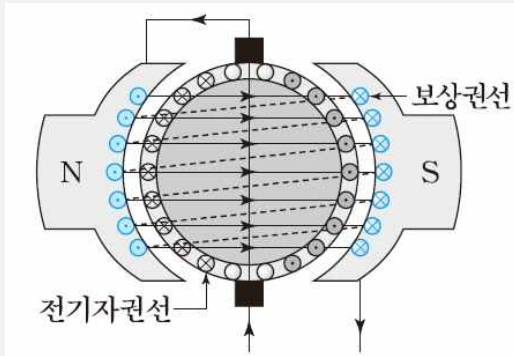


### 2. 영향

- ① 감자 작용 : 주 자속 감소
  - 발전기 : 자속 감소 → 기전력 감소 → 단자전압 감소 → 출력 감소
  - 전동기 : 자속 감소 → 토크 감소 → 회전수 증가
- ② 편자 작용(교차자화작용) : 전기적 중성축 이동
  - 발전기 : 회전 방향
  - 전동기 : 회전 반대 방향
- ③ 섬락 발생 : 부하의 급변으로 섬락 발생

### 3. 방지대책

- ① 보상권선 설치 (전기자와 직렬연결, 전기자 전류의 반대 방향 전류)
- ② 보극 설치 (회전 방향으로 다른 방향의 극성을 연결)
- ③ 브러시 이동 (중성축 이동 방향과 같은 방향으로 이동)



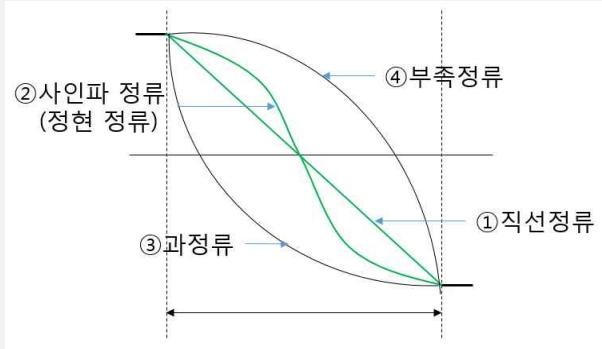
### 4. 감자기자력, 교차기자력

$$AT_d(\text{극당감자기자력}) = \frac{2\alpha}{\pi} \cdot \frac{I_a}{a} \cdot \frac{Z}{2} \cdot \frac{1}{p} [\text{AT/P}]$$

$$AT_c(\text{극당교차기자력}) = \frac{\beta}{\pi} \cdot \frac{I_a}{a} \cdot \frac{Z}{2} \cdot \frac{1}{p} [\text{AT/P}]$$

5. 정류작용

1. 정류곡선



- ① 직선정류 : 이상적인 정류
- ② 정현정류 : 양호한 정류
- ③ 과정류 : 정류 초기 불꽃 발생
- ④ 부족정류 : 정류 말기 불꽃 발생

2. 양호한 정류대책

- ① 리액턴스 전압을 작게 한다. (리액턴스 전압 : 양호한 정류 방해)

$$e_L = L \frac{di}{dt} = L \frac{I_c - (-I_c)}{T_c} = L \frac{2I_c}{T_c} [V]$$

$e_L$  : 리액턴스 전압 /  $L$  : 인덕턴스 /  $I_c$  : 정류전류 /  $T_c$  : 정류주기

- 인덕턴스를 작게 한다
- 정류주기가 길게 한다 :  $T_c = \frac{b - \delta}{\pi Dn}$
- 회전속도가 빨라지면 리액턴스 전압 커진다
- 브러시 접촉저항 크게 한다 : 탄소 브러시를 설치한다
- ② 보극 설치 : 전압 정류 역할을 한다

3. 정류자 편간전압

$$e_a = \frac{E \cdot a}{K} [V]$$

$E$ : 유기기전력,  $a$ : 병렬회로수,  $K$ : 정류자편수

직류발전기의 정류 초기에 전류변화가 크며 이때 발생하는 불꽃정류로 옳은 것은?

- ① 과정류
- ② 직선정류
- ③ 부족정류
- ④ 정현파정류

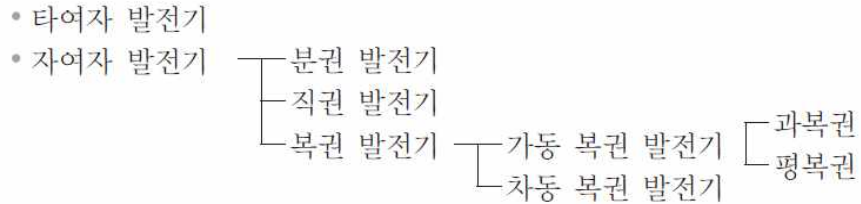
정답 ①

# 01 직류 발전기

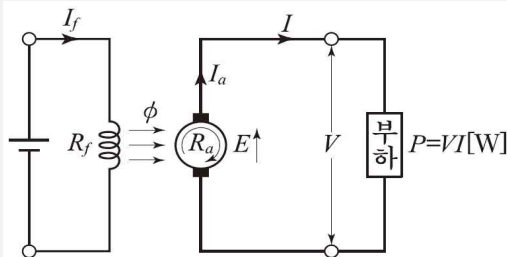


## 6. 직류발전기 종류 및 특성 - 1

### 1. 직류 발전기 종류



#### 1) 타여자 발전기



$$E = V + I_a R_a [V]$$

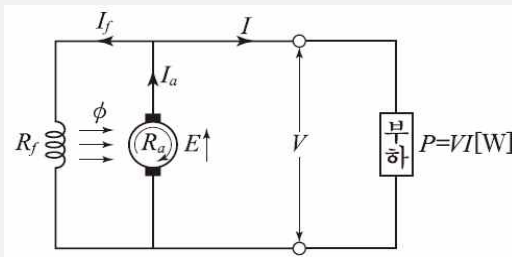
$$I_a = I = \frac{P}{V} [A]$$

$$P = VI [W]$$

- 결선 : 전압강하가 적고 계자전압은 전기자 전압과 관계없다
- 특징
  - 잔류자기가 없어도 발전이 가능하다
  - 회전의 방향을 반대로 할 경우 극성이 반대가 된다
  - 무부하 단자전압은 유기기전력과 같다 ( $V = E$ )

#### 2) 자여자 발전기

##### ① 분권 발전기



$$E = V + I_a R_a [V]$$

$$I_a = I + I_f = \frac{P}{V} + \frac{V}{R_f} [A]$$

$$P = VI [W]$$

- 결선 : 계자와 전기자가 병렬로 접속
- 특징
  - 운전 중 단락될 경우 : 순간적으로 대전류가 흐르나 점차 소전류로 흐른다
  - 운전 중 계자권선이 단선될 경우 : 계자권선에 고압이 유기되어 절연이 파괴된다

#### ※ 자여자발전기의 특징

- 잔류자기가 필요하다 (회전 방향이 반대가 될 경우 잔류자기 소멸하여 발전 불가하다)
- 계자저항은 임계저항보다 작아야 한다.

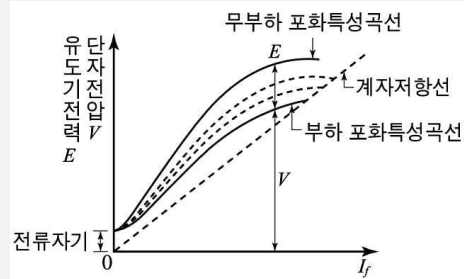
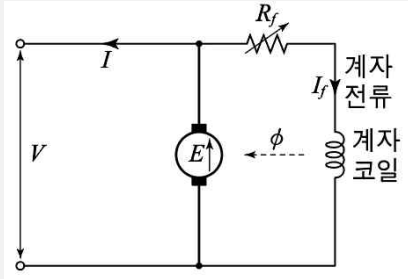


# 01 직류 발전기

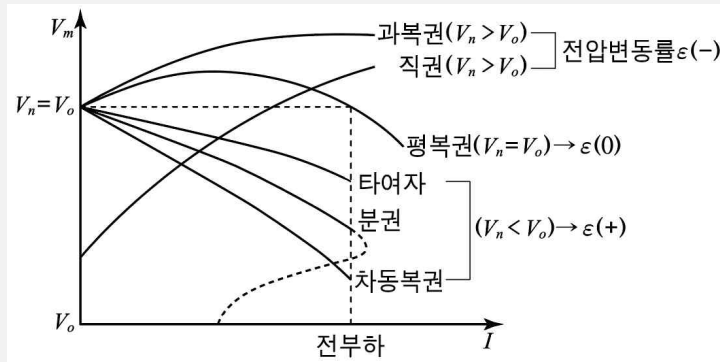
## 6. 직류발전기 종류 및 특성 - 3

### 3. 직류발전기 특성곡선

#### ① 직류발전기 무부하 · 부하 포화 특성곡선



#### ② 직류발전기 외부특성곡선



구분	횡축	종축
무부하 포화 특성곡선	계자전류 $I_f$	유기기전력 $E$
부하 포화 특성곡선	계자전류 $I_f$	단자전압 $V$
외부 특성곡선	부하전류 $I$	단자전압 $V$

직류 발전기의 외부 특성곡선에서 나타내는 관계로 옳은 것은?

- ① 계자전류와 단자전압
- ② 계자전류와 부하전류
- ③ 부하전류와 단자전압
- ④ 부하전류와 유기기전력

정답 ③

직류발전기의 부하특성곡선은 어느 관계를 표시한 것인가?

- ① 단자전압과 부하전류
- ② 출력과 부하전력
- ③ 단자전압과 계자전류
- ④ 부하전류와 계자전류

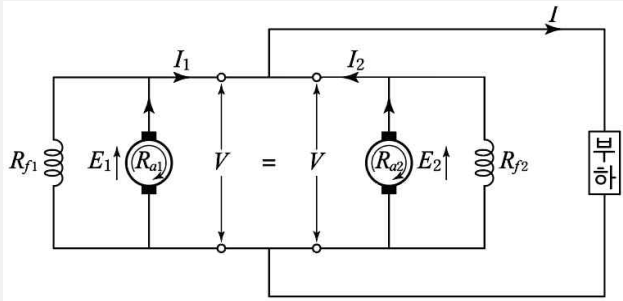
정답 ③

# 01 직류 발전기

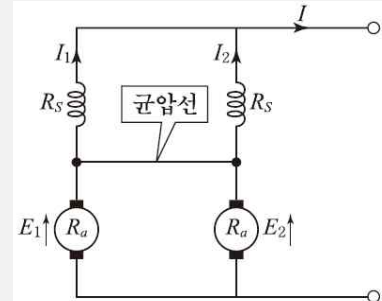


## 7. 직류발전기 병렬 운전

### 1. 발전기의 병렬운전 조건



분권 발전기 병렬운전



직권 발전기 병렬운전

- ① 극성이 일치할 것
- ② 정격전압이 같을 것
- ③ 외부특성이 수하특성일 것
- ④ 균압선을 설치하여 안정한 운전을 할 것

※ 병렬운전 시 균압선을 설치가 필요한 발전기 : 직권, (과/평)복권

### 2. 발전기 병렬운전 부하분담 : 용량은 관계가 없으며 전압은 같아야 한다

$$E_A - I_A R_A = E_B - I_B R_B$$

- ① 저항이 같을 때 : 유기기전력이 큰 쪽이 부하를 더 많이 분담한다
- ② 유기기전력이 같을 때 : 전기자 저항에 반비례하여 분담한다

직류발전기를 병렬운전할 때 균압모선이 필요한 직류기는?

- ① 직권발전기, 분권발전기
- ② 복권발전기, 직권발전기
- ③ 복권발전기, 분권발전기
- ④ 분권발전기, 단극발전기

정답 ②

직류발전기의 병렬 운전에서 부하 분담의 방법은?

- ① 계자전류와 무관하다.
- ② 계자전류를 증가하면 부하분담은 감소한다.
- ③ 계자전류를 증가하면 부하분담은 증가한다.
- ④ 계자전류를 감소하면 부하분담은 증가한다.

정답 ③





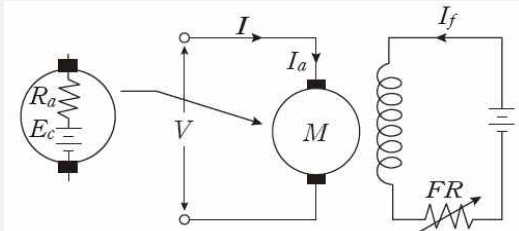
## 02 직류 전동기



### 2. 직류전동기 종류 및 특성

#### 1. 직류전동기의 종류 및 특성

##### 1) 타여자 전동기



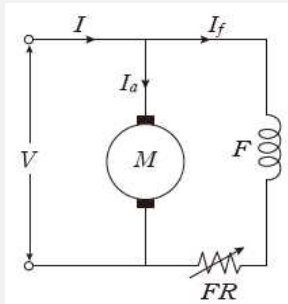
$$E = V - I_a R_a [\text{V}]$$

$$I_a = I = \frac{P}{V} [\text{A}]$$

$$P = VI [\text{W}]$$

- 자속이 일정하여 정속도 특성을 가지고 있다
- 반대 극성을 인가할 경우 전기자 전류 반대가 되어 회전 방향이 반대가 된다

##### 2) 분권 전동기



$$I_a = I - I_f [\text{A}]$$

$$E = V - I_a R_a [\text{V}]$$

$$P = VI [\text{W}]$$

- ① 특징 : 정속도 특성을 가지고 있다. (타여자 전동기와 유사)
- ② 운전시 주의사항
  - 계자권선이 단선될 경우 : 무여자 운전이 되어 위험한 속도로 증가하게 된다.
  - 계자 회로에 퓨즈 또는 개폐기를 설치해서는 안된다
- ③ 토크 특성

$$T \propto I_a \propto \frac{1}{N}$$

※ 자여자전동기 특징 : 반대의 극성 인가 시 계자와 전기자 전류가 모두 반대가 되어 회전 방향이 바뀌지 않는다

직류 분권 전동기를 무부하로 운전 중 계자 회로에 단선이 생긴 경우 발생하는 현상으로 옳은 것은?

- ① 역전한다.
- ② 즉시 정지한다.
- ③ 과속도로 되어 위험하다.
- ④ 무부하이므로 서서히 정지한다.

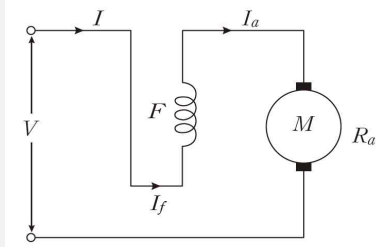
정답 ③

## 02 직류 전동기



### 2. 직류전동기 종류 및 특성

#### 3) 직권 전동기



$$I_a = I_s = I[A] \approx \phi$$

$$E = V - I_a R_a - I_s R_s$$

$$= V - I_a (R_a + R_s)[V]$$

$$P = VI[W]$$

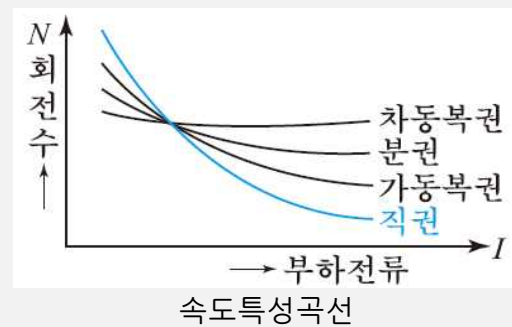
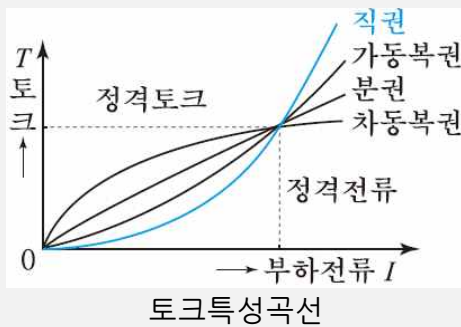
- ① 특징 : 가변속도 (예 : 전동차, 기중기, 크레인)
- ② 운전시 주의사항  
직권 전동기를 벨트 운전을 하지 않고 반드시 기어로 부하를 연결한다  
(:무부하 운전 시 위험속도가 된다)
- ③ 토크 특성

$$T \propto I_a^2 \propto \frac{1}{N^2}$$

#### 4) 복권 전동기

- 가동복권 발전기를 전동기로 사용하는 경우 : 차동복권 전동기가 된다.
- 차동복권 발전기를 전동기로 사용하는 경우 : 가동복권 전동기가 된다.

### 2. 직류전동기의 특성곡선



“직류기의 회전속도가 위험한 상태가 되지 않으려면 직권 전동기는 ( ① ) 상태로, 분권 전동기는 ( ② ) 상태가 되지 않도록 하여야 한다.” ( )안에 알맞은 내용은?

- |                |                |
|----------------|----------------|
| ① ① 무부하, ② 무여자 | ② ① 무여자, ② 무부하 |
| ③ ① 무여자, ② 경부하 | ④ ① 무부하, ② 경부하 |

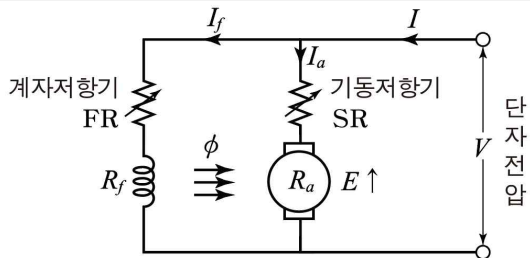
정답 ①

## 02 직류 전동기



### 3. 직류전동기 운전

#### 1. 직류전동기 기동법

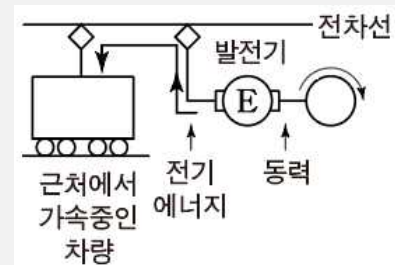
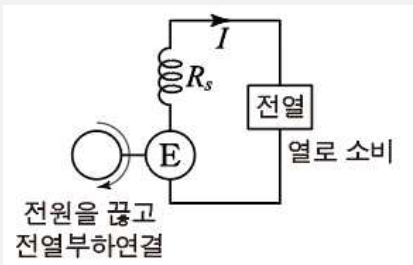


- ① 계자저항기의 저항을 0 또는 최소로 하여 계자전류를 최대로 한다
- ② 기동저항기의 저항을 조정하여 기동전류 제한한다

#### 2. 직류전동기 속도제어법 $N = K' \frac{V - I_a R_a}{\phi}$

전압제어법	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 워드레오나드 제어법(MGM) <ul style="list-style-type: none"> <li>· 정토크 가변속도의 용도에 적합</li> <li>· 제철용 압연기나 엘리베이터 등에서 사용</li> </ul> </li> <li>② 일그너 (MGM + 플라이휠) <ul style="list-style-type: none"> <li>· 부하 변동이 심할 때 사용</li> <li>· 플라이휠을 이용하는 방식</li> </ul> </li> <li>③ 직병렬제어 : 직권 전동기 제어시 ※ 광범위한 속도제어가 가능하며 운전효율이 좋은 방법</li> </ol>
계자제어법	정출력 가변속도의 용도에 적합한 속도제어법 (계자저항기의 저항을 증가하면 회전속도는 증가)
저항제어법	기동저항기의 저항을 제어하여 속도 제어법

#### 3. 제동법



발전제동	운동 에너지를 전기 에너지로 변환시켜 열에너지로 소비하는 방법
회생제동	운동 에너지를 전기 에너지로 변환시켜 회생 제동하는 방법
역상제동	전기자 접속을 반대로 하여 역회전을 발생시켜 급제동하는 방법

## 02 직류 전동기



### 4. 전기기기의 손실과 효율

#### 1. 실측 효율

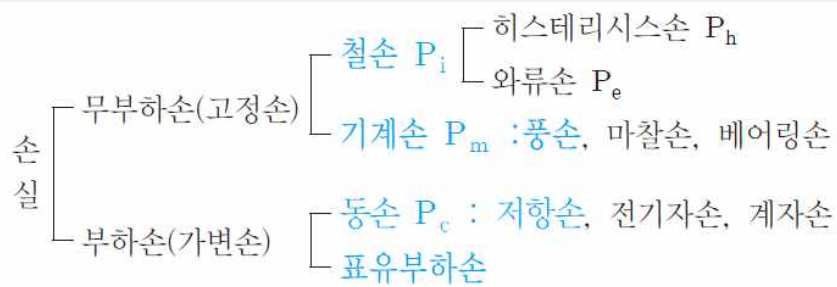
##### 1) 실측효율

$$\eta = \frac{\text{출력}}{\text{입력}}$$

##### 2) 규약효율

$$\begin{aligned} \text{발전기 효율 } \eta_G &= \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \\ \text{전동기 효율 } \eta_M &= \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \end{aligned}$$

#### 2. 손실



※ 효율이 최대가 되는 조건 : 고정손 = 가변손

직류 전동기의 규약 효율을 나타낸 식으로 옳은 것은?

- |  |  |
|--|--|
| ① $\frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100\%$             | ② $\frac{\text{입력}}{\text{입력} + \text{손실}} \times 100\%$ |
| ③ $\frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100\%$ | ④ $\frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100\%$ |

정답 ④

직류기의 손실 중에서 기계손으로 옳은 것은?

- |          |            |
|----------|------------|
| ① 풍손     | ② 와류손      |
| ③ 표류 부하손 | ④ 브러시의 전기손 |

정답 ①

## 02 직류 전동기



### 5. 토크측정 및 온도상승시험법

#### 1. 토크 측정 시험법

- ① 대형 직류기의 토크 측정 시험 : 전기동력계법
- ② 중소형 직류기의 토크 측정 시험 : 프로니 브레이크법

#### 2. 온도상승시험법

- ① 반환부하법  
중용량의 동일 정격 2대 기기를 연결하여 손실에 해당하는 전력을 공급하여 시험하는 방법 (종류 : 카프법, 브로델법, 홉킨스법)
- ② 실부하법  
소용량 기기의 실부하에 해당하는 전력 공급하여 시험하는 방법(전력 소모가 크다)

대형 직류 전동기의 토크를 측정하는데 가장 적당한 방법은?

- ① 전기 동력계
- ② 와전류 제동기
- ③ 프로니 브레이크법
- ④ 앰플리다인

정답 ①

직류기의 온도상승 시험 방법 중 반환부하법의 종류가 아닌 것은?

- ① 카프법
- ② 홉킨스법
- ③ 스코트법
- ④ 블론델법

정답 ③



 2. 동기발전기의 분류

1. 회전자 종류에 따른 기기의 분류

1) 분류별 용도

분류	고정자	회전자	용도
회전전자형	계자	전기자	직류발전기
회전계자형	전기자	계자	동기발전기
유도자형	계자, 전기자	유도자	고주파발전기

2) 회전계자형의 특징

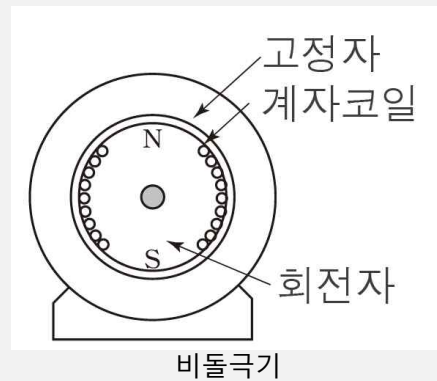
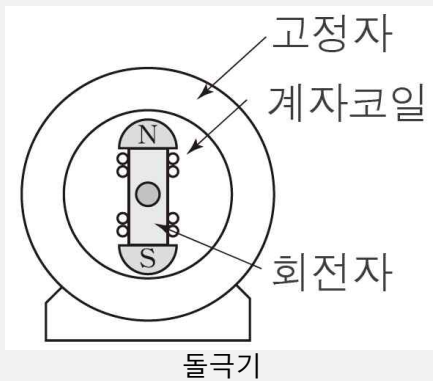
① 계자(회전자)

- 철의 분포가 많아 기계적으로 튼튼함
- 직류 저전압 소전류이므로 브러시로 인출이 유리하여 절연이 쉬움

② 전기자(고정자)

- 권선의 수가 많아 무거움
- 3상 교류 고전압 대전류이므로 회전자로 절연하기 어려움

2. 원동기에 의한 기기의 분류



종류	속도	용도	냉각	축	극수	단락비
돌극기	저속기	수차	공기	짧고 굵다	많다 (6극 이상)	크다 (0.9~1.2)
비돌극기	고속기	터빈	수소	길고 얇다	적다 (2~4극)	작다 (0.6~0.9)

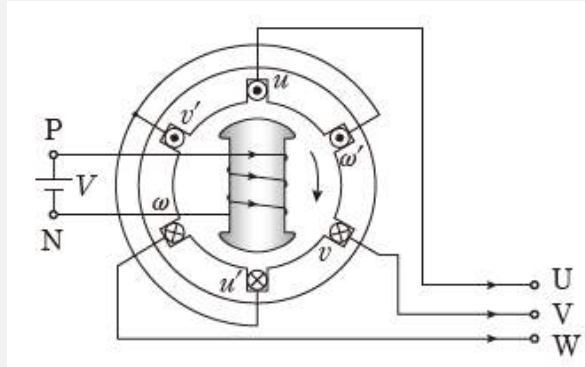
3. 수소냉각방식의 특징 : 터빈발전기

- 밀도가 공기의 7%이므로 풍손이 1/10로 줄어든다
- 열전도율 약 7배, 비열 14배로 냉각효과가 좋고 출력이 25% 증가한다
- 밀폐형으로 이물질의 침입이 없고 소음이 작다
- 방폭구조 및 경보장치 필요하여 설비가 비싸다

## 03 동기 발전기



### 3. 여자기

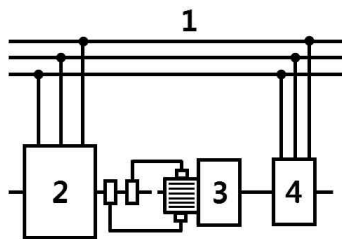


1. 여자기(타여자방식) : 계자에 직류전류를 흘려주는 장치

- 1) 직류기 여자방식
- 2) 정류기 여자방식
- 3) 브러시리스 여자방식

2. 여자기 용량 : 발전기 용량의 1%

그림은 동기발전기의 구동 개념도이다. 그림에서 2를 발전기라 할 때 3의 명칭으로 적합한 것은?



- |       |       |
|-------|-------|
| ① 전동기 | ② 여자기 |
| ③ 원동기 | ④ 제동기 |

정답 ②

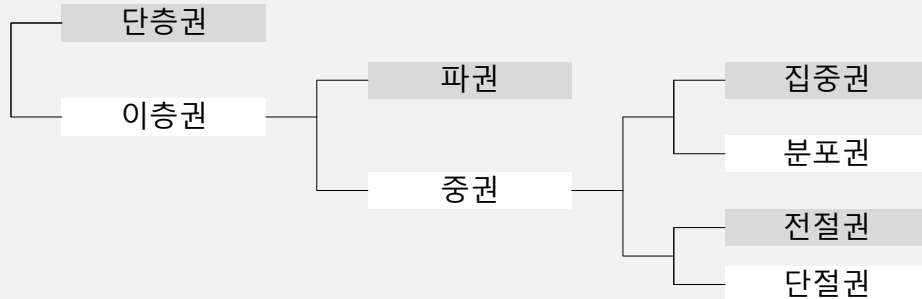
다음 중 동기발전기의 여자방식이 아닌 것은 ?

- |            |              |
|------------|--------------|
| ① 직류여자기 방식 | ② 브러시리스 여자방식 |
| ③ 정류기 여자방식 | ④ 회전계자방식     |

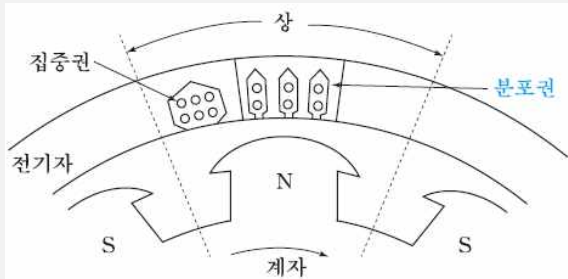
정답 ④



4. 전기자 권선법



1. 분포권 : 매극매상의 도체를 2개 이상의 슬롯에 분포시키는 권선법



- 1) 장점
  - 고조파 제거시켜 기전력의 파형을 개선
  - 누설 리액턴스가 감소
- 2) 단점
  - 집중권에 비해 기전력이 감소

3) 분포권 계수

$$K_d = \frac{\text{분포권 합성기전력}}{\text{집중권 합성기전력}} = \frac{\sin \frac{\pi}{2m}}{q \sin \frac{\pi}{2mq}}$$

$$q = \frac{\text{총슬롯수}}{\text{상수} \times \text{극수}}$$

$K_d$  : 분포권 계수,  $n$  : 고조파 차수,  $q$  : 매극매상의 슬롯수,  $m$ :상수

2. 단절권 : 코일의 간격을 극의 간격보다 짧게 하는 권선법

- 1) 장점
  - 고조파 제거시켜 기전력의 파형 개선
  - 철량, 동량이 절약
- 2) 단점
  - 전절권에 비해 기전력이 감소
- 3) 단절권 계수

$$K_p = \frac{\text{단절권 합성기전력}}{\text{전절권 합성기전력}} = \sin \frac{\beta\pi}{2}$$

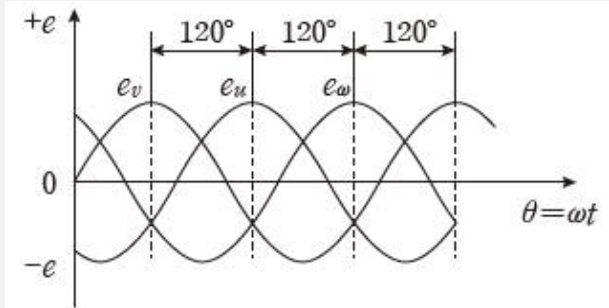
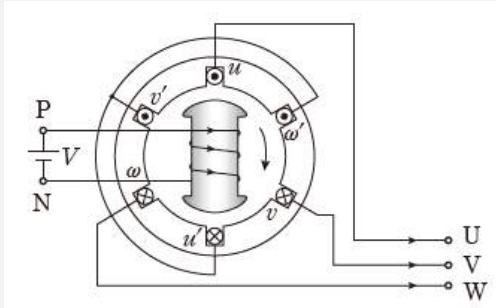
$$\beta = \frac{\beta\pi}{\pi} = \frac{\text{코일간격}}{\text{극간격}}$$

$K_p$  : 단절권 계수,  $n$  : 고조파 차수,  $\beta$  : 단절 비율

# 03 동기 발전기



## 5. 유기기전력

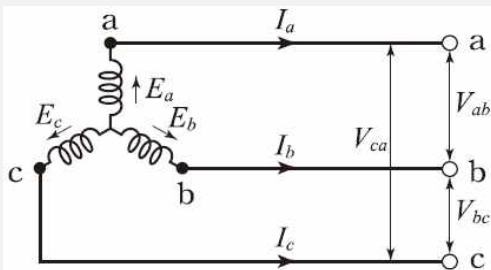


### 1. 유기기전력

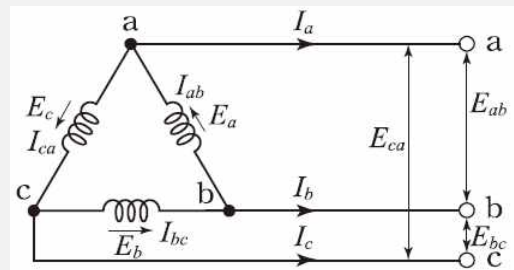
$$E = 4.44f\phi\omega K_w [V]$$

$$K_w = K_p \times K_d$$

### 2. 동기발전기 단자전압



$$Y \text{결선} : V = \sqrt{3} E [V]$$



$$\Delta \text{결선} : V = E [V]$$

$E$  : 유기기전력,  $V$  : 단자전압,  $\phi$  : 자속수,  $\omega$  : 권선수,  $K_w$  : 권선계수

### 3. 동기발전기의 파형 개선 방법

- Y결선을 채택한다
- 단절권 및 분포권으로 권선한다
- 매극매상의 슬롯수를 크게 한다
- 공극의 길이를 크게 한다
- 전기자 반작용을 작게 한다.
- 전기자 철심을 스큐슬롯으로 한다

교류발전기의 고조파 발생을 방지하는 방법으로 틀린 것은?

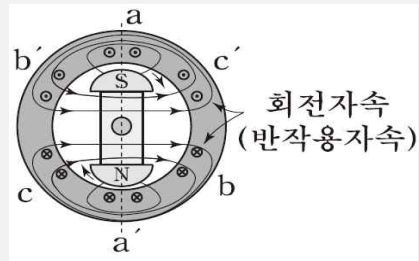
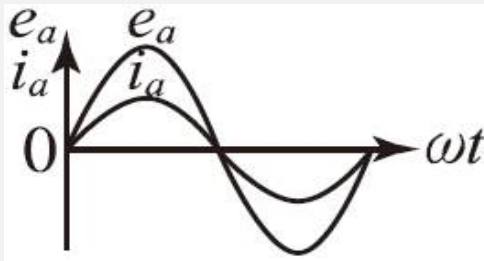
- ① 전기자 반작용을 크게 한다.
- ② 전기자 권선을 단절권으로 감는다.
- ③ 전기자 슬롯을 스큐 슬롯으로 한다.
- ④ 전기자 권선의 결선을 성형으로 한다.

정답 ①

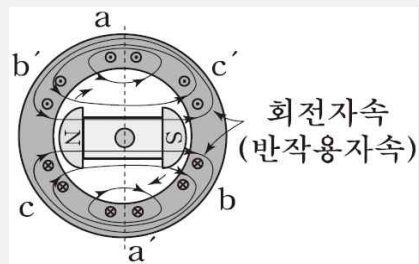
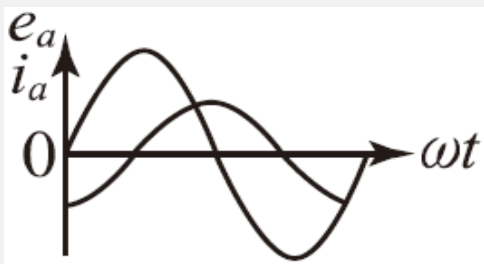


6. 전기자반작용

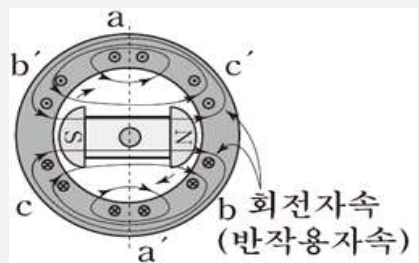
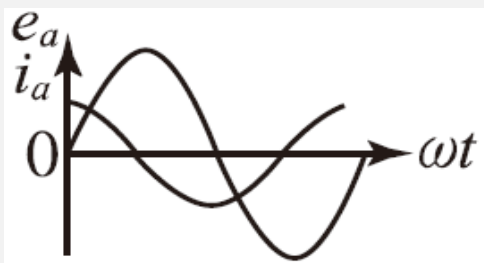
1. 교차자화작용 : 전기자전류와 유기기전력이 동상일 때 (횡축반작용)



2. 감자작용 : 전기자전류가 유기기전력보다 90° 뒤질 때 (직축반작용)



3. 증자작용(자화작용) : 전기자전류가 유기기전력보다 90° 앞설 때 (직축반작용)



기기 종류	R	L	C
동기 발전기	교차 자화작용	감자작용	증자작용
동기 전동기	교차 자화작용	증자작용	감자작용

동기 전동기에서 감자작용을 할 때는 어떤 경우인가?

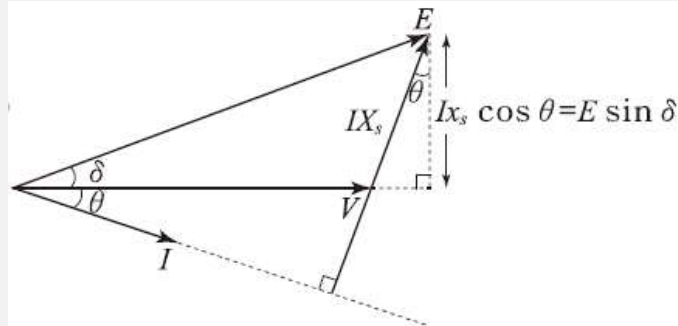
- ① 공급 전압보다 앞선 전류가 흐를 때
- ② 공급 전압보다 뒤진 전류가 흐를 때
- ③ 공급 전압과 동상 전류가 흐를 때
- ④ 공급 전압에 상관없이 전류가 흐를 때

정답 ①

# 03 동기 발전기

## 7. 동기발전기 출력

### 1. 비돌극기 출력



#### 1) 단상 출력

$$P_{1\phi} = V \times \frac{E}{x_s} \sin\delta = \frac{EV}{x_s} \sin\delta [\text{W}]$$

#### 2) 3상 출력

$$P_{3\phi} = 3 \times \frac{EV}{x_s} \sin\delta [\text{W}]$$

E:유기기전력 V:단자전압  $x_s$ :동기 리액턴스  $\delta$ :부하각

최대출력 :  $\delta = 90^\circ$

### 2. 돌극기 출력

$$P = \frac{EV}{x_s} \sin\delta + \frac{V^2(x_d - x_q)}{2x_s s_q} \sin 2\delta [\text{W}]$$

$x_d$ (직축반작용 리액턴스) >  $x_q$ (횡축반작용 리액턴스)

최대출력 :  $\delta = 60^\circ$

비철극형 3상 동기발전기의 동기 리액턴스  $X_s=10\Omega$ , 유도기전력  $E=6000\text{V}$  단자전압  $V=5000\text{V}$  부하각  $\delta=30^\circ$ 일 때 출력은 몇 kW인가? (단, 전기자 권선저항은 무시한다.)

- ① 1500
- ② 3500
- ③ 4500
- ④ 5500

정답 ③

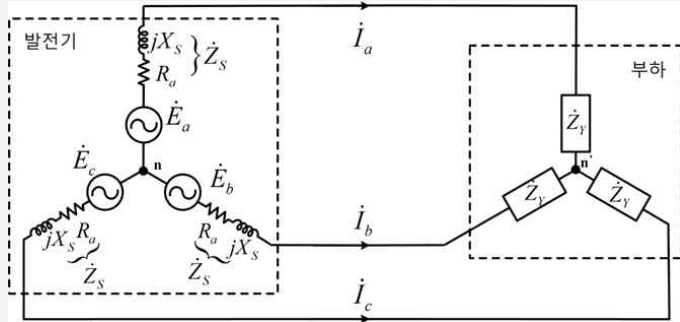
돌극형 동기발전기에서 직축 동기리액턴스를  $X_d$ , 횡축 동기리액턴스를  $X_q$ 라 할 때의 관계는?

- ①  $X_d < X_q$
- ②  $X_d > X_q$
- ③  $X_d = X_q$
- ④  $X_d \ll X_q$

정답 ②

8. 동기발전기의 특성 - 1

1. 동기임피던스와 퍼센트 동기 임피던스



1) 동기 임피던스

$$Z_s = R_a + jX_s$$

$$Z_s \approx X_s = X_l + X_a$$

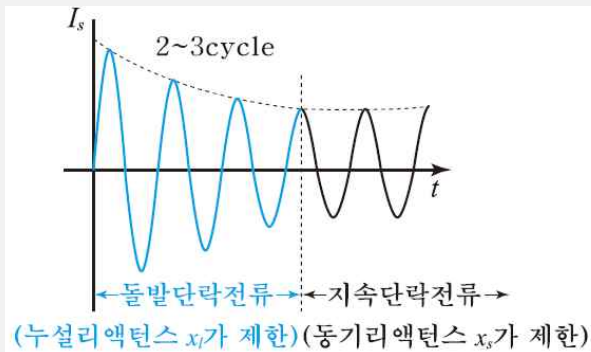
$$Z_s = \frac{E}{I_s} = \frac{V}{\sqrt{3}I_s} [\Omega]$$

$R_a$ : 전기자 저항,  $X_s$ : 동기리액턴스  $X_l$ : 누설리액턴스,  $X_a$ : 반작용리액턴스

2) %동기 임피던스

$$\%Z_s = \frac{I_n Z_s}{E} \times 100 = \frac{I_n}{I_s} \times 100 = \frac{P_{[kVA]} Z_s}{10 V_{[kV]}^2} [\%]$$

2. 단락전류



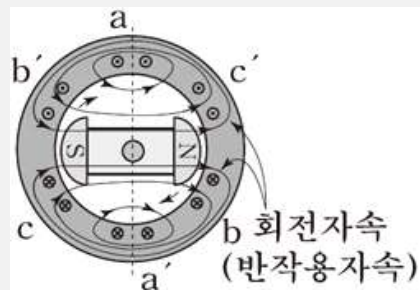
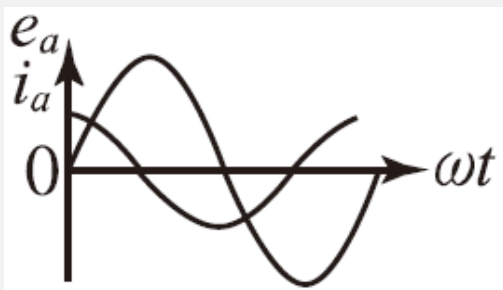
1) 돌발 단락전류

$$I_s = \frac{E}{x_l} [A]$$

2) 지속(영구) 단락전류

$$I_s = \frac{E}{x_a + x_l} = \frac{E}{x_s} [A]$$

3. 자기여자현상 : 진상전류로 증자작용이 발생하여 발전기의 단자전압이 증가하는 현상



방지대책

- 단락비를 크게한다
- 수전단에 리액턴스를 병렬로 접속한다
- 수전단에 동기조상기를 부족여자로 운전한다 (지상전류 발생 충전전류 감소)
- 수전단에 변압기를 접속한다
- 발전기를 여러대를 모선에 병렬로 접속한다



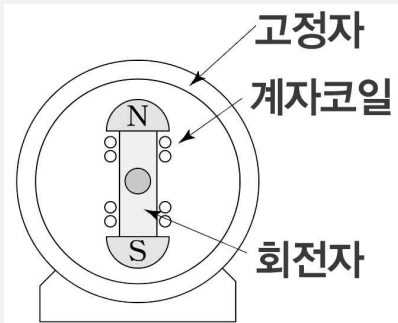
### 03 동기 발전기



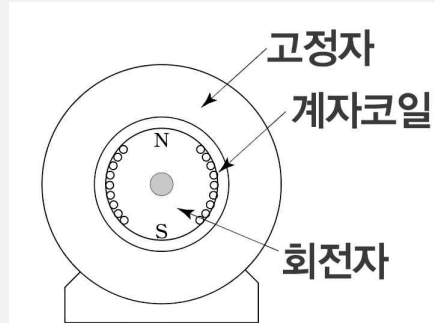
#### 8. 동기발전기의 특성 - 3

3) 단락비 큰 기계(전압변동률이 작은 기계) 특징

장점	단점
안정도와 선로 충전용량이 높다 과부하 내량이 크다 발전기 출력이 크다 동기임피던스(리액턴스)가 작다 전압강하가 작아 전압변동률이 작다 전기자자속이 줄고 반작용이 줄어든다	단락전류가 크다 철심(철손)이 커서 효율이 나쁘다 발전기 구조가 크다



돌극기(철기계, 우산형)



비돌극기(동기계, 원통형)

동기발전기의 단락비를 계산하는 데 필요한 시험의 종류는?

- ① 동기화 시험, 3상 단락시험
- ② 부하포화시험, 동기화 시험
- ③ 무부하 포화시험, 3상 단락시험
- ④ 전기자 반작용 시험, 3상 단락시험

정답 ③

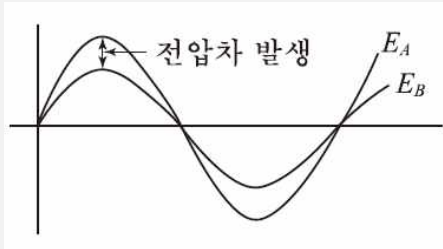
단락비가 큰 동기발전기에 대한 설명 중 틀린 것은?

- ① 효율이 나쁘다
- ② 계자전류가 크다
- ③ 전압변동률이 크다
- ④ 안정도와 선로 충전용량이 크다

정답 ③

9. 동기발전기 병렬운전

1. 기전력의 크기가 같을 것

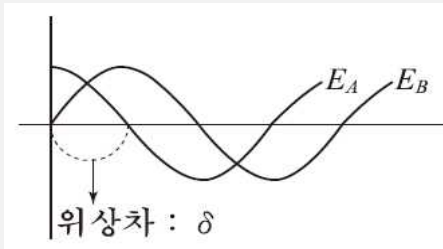


원인 : 여자전류가 다를 때 기전력의 크기가 달라짐  
 영향 : 무효순환전류(횡류) 발생으로 온도상승

· 무효순환전류  $I_c = \frac{E_A - E_B}{2Z_s} [A]$

- A발전기 : 역률 저하
- B발전기 : 역률 상승

2. 기전력의 위상이 같을 것

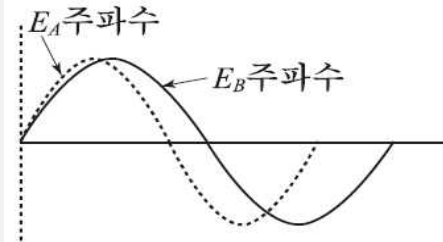


원인 : 원동기 출력의 변화로 기전력 위상 변화  
 영향 : 동기화전류(유효횡류) 발생으로 동기화력 발생

· 수수전력 :  $P_s = \frac{E_A^2}{2Z_s} \sin \delta$

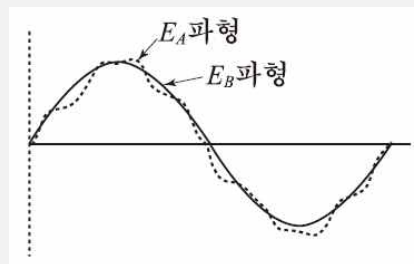
· 동기화력 :  $P_s' = \frac{dP_s}{d\delta} = \frac{E_a^2}{2Z_s} \cos \delta$

3. 기전력의 주파수가 같을 것

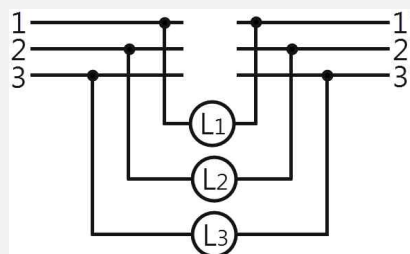


원인 : 조속기나 부하의 급변동으로 주파수 변화 발생  
 영향 : 기전력의 위상이 다른 구간에서 난조가 발생  
 방지 : 제동권선 설치(난조 방지)

4. 기전력의 파형이 같을 것 : 고조파 전류로 동손이 증가하고 과열의 원인



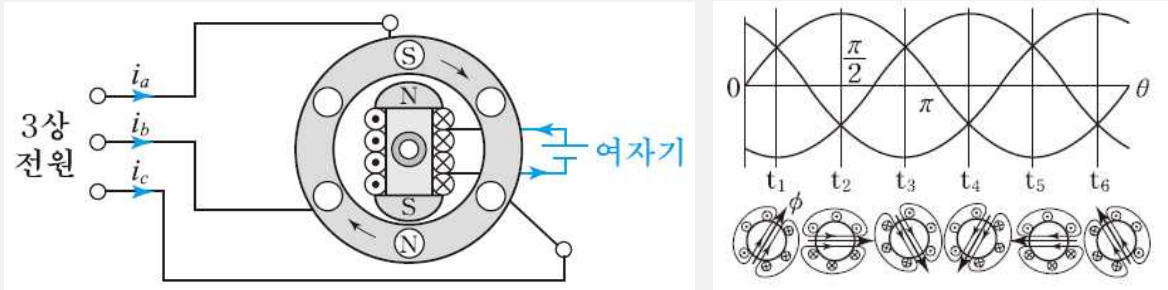
5. 상회전 방향이 같을 것 : 동기검정기로 상회전 방향 일치여부 확인



# 04 동기 전동기

## 1. 동기전동기의 특성

### 1. 동기전동기의 구조



· 동기속도

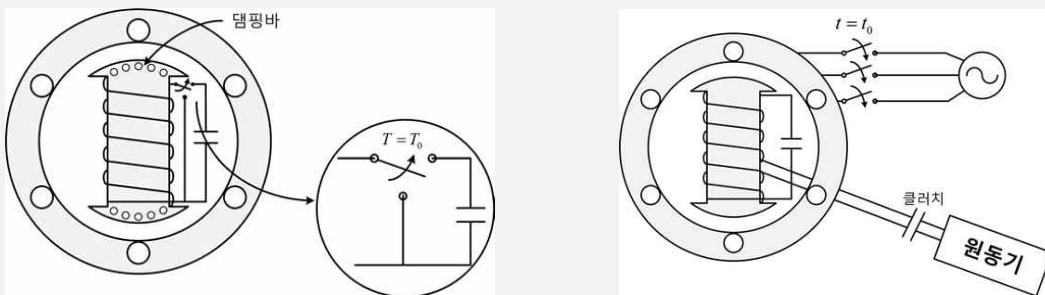
$$N_s = \frac{120f}{p}$$

· 동기와트 : 동기속도에서 출력을 토크로 나타낸 것으로 곧 토크와 같은 개념이다

### 2. 동기전동기의 특징

장점	단점
속도가 일정하다	속도조정이 곤란하다
역률을 조정할 수 있다	기동장치가 필요하다
유도전동기에 비해 효율이 좋다	직류 여자장치가 필요하다
기계적으로 튼튼하다	난조발생이 빈번하다

### 3. 동기전동기 기동 : 동기전동기는 기동토크는 0이다



- 1) 자기동법 : 동기전동기는 기동토크가 0이므로 기동시 기동장치(제동권선) 필요
  - 회전자 자극면에 제동권선을 설치
  - 계자권선을 단락 : 개방시 고압이 유지되는 것을 방지
- 2) 기동 전동기법 : 동기전동기보다 2극 작은 유도전동기로 기동

## 04 동기 전동기



### 2. 동기전동기 토크

#### 1. 토크

$$T = 0.975 \frac{P_o}{N_s} [\text{kg} \cdot \text{m}]$$
$$T \propto V$$

9.8[kW], 1200[rpm]인 전동기의 토크는 약 몇[kg·m]인가?

- ① 8.4[kg·m]
- ② 8.2[kg·m]
- ③ 7.9[kg·m]
- ④ 7.5[kg·m]

정답 ③

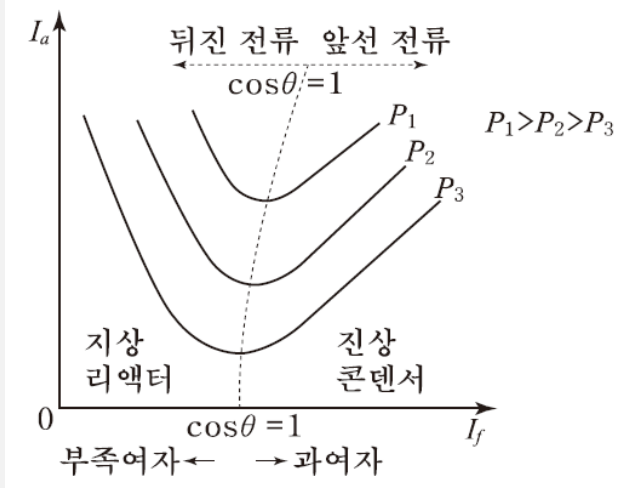
3상 동기 전동기의 토크에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 공급전압 크기에 비례한다.
- ② 공급전압 크기의 제곱에 비례한다.
- ③ 부하각 크기에 반비례한다.
- ④ 부하각 크기의 제곱에 비례한다.

정답 ①



3. 위상특성곡선



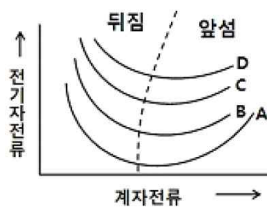
1. 위상특성곡선(V곡선) : 단자 전압과 출력은 일정
  - 1) 전기자전류가 최소가 될 경우 : 역률이 1로 운전
  - 2) 여자전류의 변화로 전기자전류와 역률의 변화 발생
  - 3) 여자전류가 증가 할 경우 : 역률은 앞서고(진상전류), 전기자전류 증가
  - 4) 여자전류가 감소 할 경우 : 역률은 뒤지고(지상전류), 전기자전류 증가
  - 5) 출력이 증가할 경우 : 곡선이 상향
2. 계자 전류 변화시 변화하는 성분 : 역률, 부하각, 전기자전류

동기전동기의 위상특성곡선(V곡선)에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 출력을 일정하게 유지할 때 부하전류와 전기자전류의 관계를 나타낸 곡선
- ② 역률을 일정하게 유지할 때 계자전류와 전기자전류의 관계를 나타낸 곡선
- ③ 계자전류를 일정하게 유지할 때 전기자전류와 출력사이의 관계를 나타낸 곡선
- ④ 공급전압 V와 부하가 일정할 때 계자전류의 변화에 대한 전기자전류의 변화를 나타낸 곡선

정답 ④

동기 전동기의 V 특성곡선(위상특성 곡선)에서 무부하 곡선은?



- ① A
- ② B
- ③ C
- ④ D

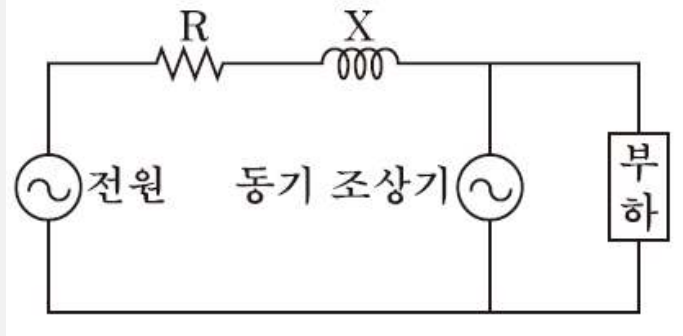
정답 ①

## 04 동기 전동기



### 4. 동기조상기

1. 동기조상기 특징 : 역률개선을 위해 계통에 무부하의 동기전동기를 접속해서 사용



- 1) 부족여자 운전 : 리액터 역할
- 2) 과여자 운전 : 콘덴서 역할

2. 동기조상기 구조

- 고정자 : 수차발전기 구조
- 회전자 : 무부하로 고속운전을 위한 얇고 긴 구조

동기 조상기의 계자를 과여자로 해서 운전할 경우 틀린 것은?

- ① 콘덴서로 작용한다.
- ② 위상이 뒤진 전류가 흐른다.
- ③ 송전선의 역률을 좋게 한다.
- ④ 송전선의 전압 강하를 감소시킨다.

정답 ②

동기조상기의 구조상 특징으로 틀린 것은?

- ① 고정자는 수차발전기와 같다.
- ② 안전 운전용 제동권선이 설치된다.
- ③ 계자 코일이나 자극이 대단히 크다.
- ④ 전동기 축은 동력을 전달하는 관계로 비교적 굵다.

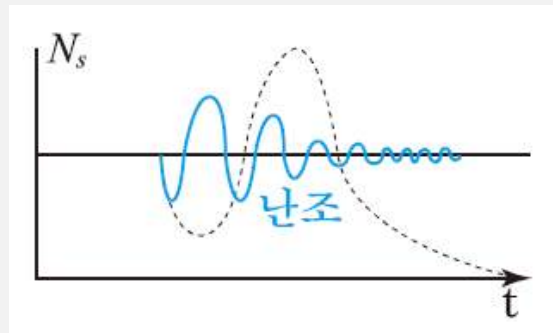
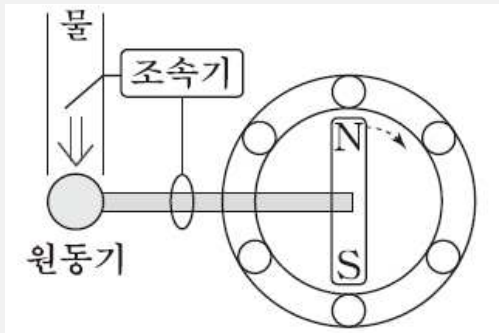
정답 ④

5. 동기기의 안정도와 난조

1. 안정도

- 1) 안정도 : 전력계통에 문제가 발생했을 때 운전에 잠시 흔들림이 있더라도 다시 안정적인 운전점으로 회복하는 능력
- 2) 안정도 증진 방법
  - 단락비를 크게 할 것
  - 관성모멘트(플라이휠 효과)를 크게 할 것
  - 정상(동기화) 리액턴스를 작게 하고, 영상 및 역상 임피던스를 크게 할 것
  - 속응여자방식을 채용 할 것
  - 조속기의 동작을 신속하게 할 것

2. 난조



1) 동기기 난조의 원인

- 부하의 갑작스런 변화
- 조속기의 감도가 너무 예민한 경우
- 관성모멘트가 작은 경우
- 전기자 회로의 저항이 너무 큰 경우
- 원동기 토크에 고조파가 포함 된 경우

2) 제동권선(방지책)

- 난조방지
- 불평형 부하시의 전류와 전압 파형 개선 및 이상전압 방지

동기기의 과도 안정도를 증가시키는 방법이 아닌 것은?

- ① 단락비를 크게 한다.
- ② 속응 여자방식을 채용한다.
- ③ 회전부의 관성을 작게 한다.
- ④ 역상 및 영상임피던스를 크게 한다.

정답 ③

부하 급변 시 부하각과 부하속도가 진동하는 난조 현상을 일으키는 원인이 아닌 것은?

- ① 원동기의 조속기 감도가 너무 예민한 경우
- ② 자속의 분포가 기울어져 자속의 크기가 감소한 경우
- ③ 전기자 회로의 저항이 너무 큰 경우
- ④ 원동기의 토크에 고조파가 포함된 경우

정답 ②

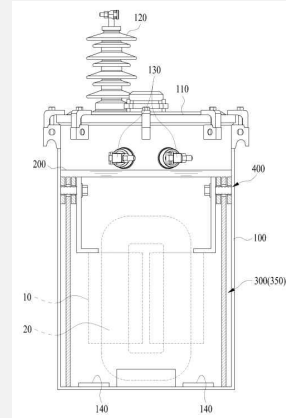
# 05 변압기

## 1. 변압기의 구조와 원리 - 1

### 1. 변압기의 구조



변압기 외관

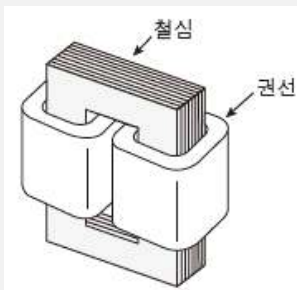


변압기 내부

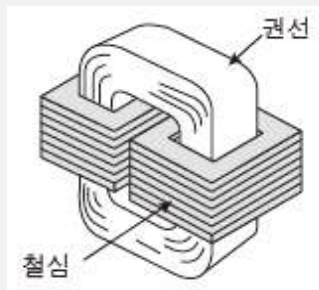
#### 1) 철심

- 규소강판 (si : 4%)
- 투자율이 클 것
- 전기저항이 클 것
- 성층철심 (0.35~0.5mm)
- 히스테리시스손 계수가 작을 것

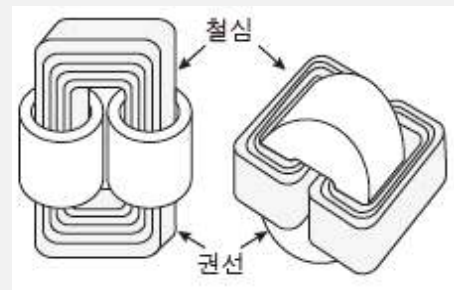
#### 2) 권선 : 연동선



내철형



외철형



권철심형

변압기의 성층철심 강판 재료의 규소 함유량은 대략 몇 [%]인가?

- ① 8
- ② 6
- ③ 4
- ④ 2

정답 ③

변압기의 철심이 갖추어야 할 조건으로 틀린 것은?

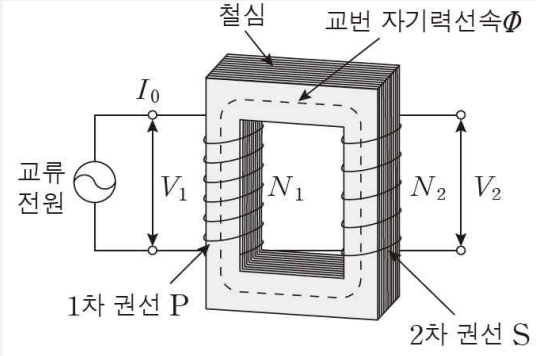
- ① 투자율이 클 것
- ② 전기 저항이 작을 것
- ③ 성층 철심으로 할 것
- ④ 히스테리시스손 계수가 작을 것

정답 ②

1. 변압기의 구조와 원리 - 2

2. 변압기의 원리

1) 유기기전력



$$E = -N \frac{d\phi}{dt}$$

$$E = -N \frac{d(\phi_m \sin(\omega t))}{dt} = -N \phi_m \omega \cos(\omega t)$$

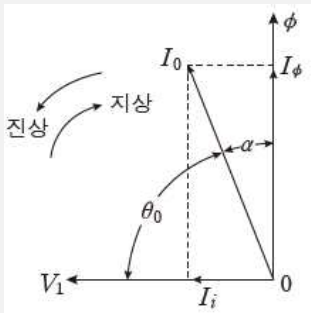
$$E = N \phi_m \omega \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) = E_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

$$E = 4.44f\phi_m N = 4.44fB_m AN [V]$$

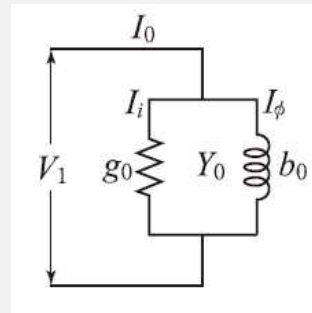
2) 권수비

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{X_1}{X_2}}$$

3) 변압기의 여자전류



여자 전류의 벡터도



여자 회로

- ① 여자전류(무부하전류) : 철심의 자기포화와 히스테리시스 현상에 의해 파형은 제 3 고조파가 섞인 왜형파(첨두파)

$$I_0 = I_i + I_\phi = \sqrt{I_i^2 + I_\phi^2} [A]$$

- ② 철손전류(I<sub>i</sub>) : 철손을 발생시키는 성분의 전류

$$I_i = \frac{P_i}{V_1} [A]$$

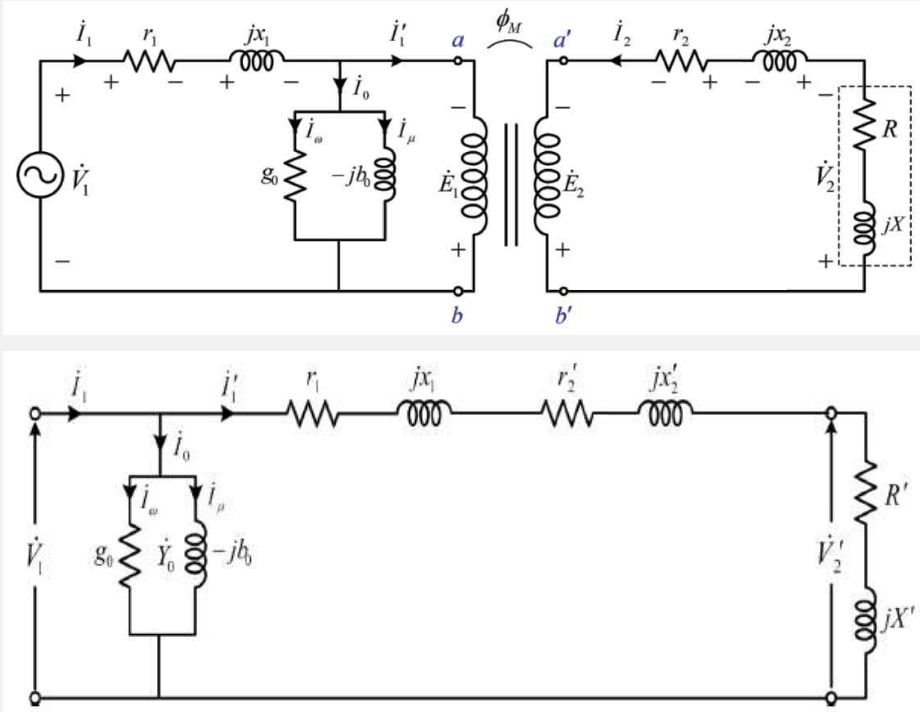
- ③ 자화전류(I<sub>φ</sub>) : 자속만을 발생시키는 성분의 전류

$$I_\phi = \sqrt{I_0^2 - I_i^2} = \sqrt{I_0^2 - \left(\frac{P_i}{V_1}\right)^2} [A]$$





2. 변압기 등가회로



1. 환산한 등가회로

$$Z_{21} = Z_1 + a^2 Z_2$$

2. 등가회로 작도 전 시험

- 1) 권선저항 측정시험
- 2) 무부하시험 : 철손, 여자전류, 여자 어드미턴스
- 3) 단락시험 : 동손, 임피던스, 임피던스 전압, 임피던스 와트

$E_1 = 2000[V]$ ,  $E_2 = 100[V]$ 의 변압기에서  $r_1 = 0.2[\Omega]$ ,  $r_2 = 0.0005[\Omega]$ ,  $x_1 = 2[\Omega]$ ,  $x_2 = 0.005[\Omega]$ 이다. 권수비  $a$ 는?

- ① 60
- ② 30
- ③ 20
- ④ 10

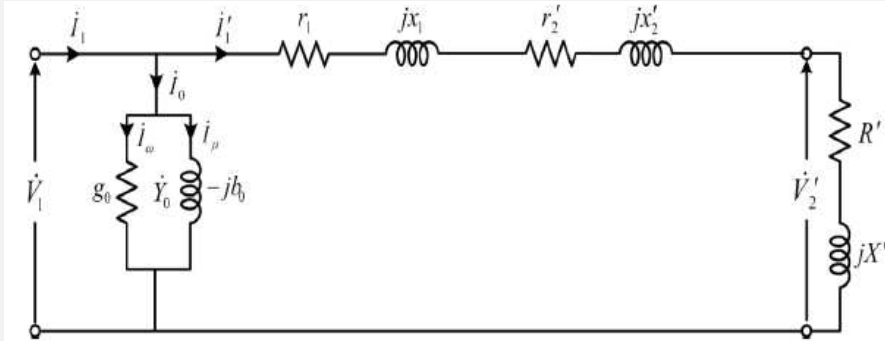
정답 ③

변압기의 등가회로를 작성하기 위하여 필요한 시험은?

- ① 권선저항측정, 무부하시험, 단락시험
- ② 상회전시험, 절연내력시험, 권선저항측정
- ③ 온도상승시험, 절연내력시험, 무부하시험
- ④ 온도상승시험, 절연내력시험, 권선저항측정

정답 ①

3. 변압기의 특성 - 1



1. 백분율 전압강하 : 정격 1차 전류( $I_{1n}$ )에 의해 변압기의 저항과 리액턴스에서 일으키는 전압강하를 정격 1차 전압( $V_{1n}$ )에 대한 백분율로 나타내는 것

1) %저항 강하

$$\%R = \frac{I_{1n} R_{21}}{V_{1n}} \times 100 = \frac{I_{1n}^2 R_{21}}{V_{1n} I_{1n}} \times 100 [\%] = \frac{\text{임피던스วัต트 [W]}}{\text{정격출력 [VA]}} \times 100 [\%]$$

2) %리액턴스 강하

$$\%X = \frac{I_{1n} X_{21}}{V_{1n}} \times 100 [\%]$$

3) %임피던스 강하

$$\%Z = \frac{I_{1n} Z_{21}}{V_{1n}} \times 100 = \frac{V_s}{V_{1n}} \times 100 = \frac{PZ}{10 V^2} = \sqrt{\%R^2 + \%X^2}$$

참고) 임피던스전압과 임피던스وات트

- 임피던스 전압 : 2차 측을 단락 후 1차 측에 정격전류가 흐를 때 인가된 전압 (변압기 전압강하 : 내부 임피던스와 정격전류의 곱)
- 임피던스 와트(동손) : 임피던스 전압을 걸 때 발생하는 와트

3300/200V, 10kVA의 단상 변압기의 2차를 단락하여 1차측에 300V를 가하니, 2차에 120A가 흘렀다. 이 변압기의 임피던스 전압[V]와 백분율 임피던스 강하[%]는?

- ① 125, 3.8
- ② 200, 4
- ③ 125, 3.5
- ④ 200, 4.2

정답 ①

변압기의 임피던스وات트와 임피던스전압을 구하는 시험은?

- ① 부하시험
- ② 단락시험
- ③ 무부하시험
- ④ 충격전압시험

정답 ②





3. 변압기의 특성 - 3

4. 변압기의 손실

1) 무부하손

- 히스테리시스손 (주파수와 반비례)

$$P_h = k_h f B_m^2$$

- 와류손 (주파수와 무관, 전압의 제곱에 비례)

$$P_e = k_e (f B t)^2$$

2) 부하손  $P_c = I^2 R[W]$

3) 주파수 증가에 따른 특성

- 철손 감소(효율증가)
- 여자전류감소
- 리액턴스 증가 (전압강하 증가)

변압기의 부하와 전압이 일정하고 주파수가 높아지면?

- |        |        |
|--------|--------|
| ① 철손증가 | ② 동손증가 |
| ③ 동손감소 | ④ 철손감소 |

정답 ④

3300[V], 60[Hz]용 변압기의 와류손이 720[W]이다. 이 변압기를 2750[V], 50[Hz]의 주파수에 사용할 때 와류손[W]는?

- |       |       |
|-------|-------|
| ① 250 | ② 350 |
| ③ 42  | ④ 500 |

정답 ④



#### 4. 변압기의 냉각방식

##### 1. 냉각방식의 종류

표시기호	냉각방식	표시기호	냉각방식
AN	건식자냉식	ONAN	유입자냉식
AF	건식풍냉식	OFAF	송유풍냉식

##### 2. 절연유의 구비조건 : 절연작용, 냉각작용

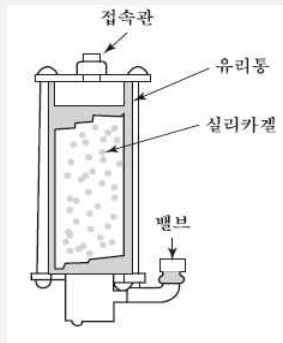
- 절연내력이 클 것
- 비열이 커서 냉각효과가 크고, 점도가 작을 것
- 인화점이 높고, 응고점은 낮을 것
- 고온에서 산화하지 않고, 석출물이 생기지 않을 것

##### 3. 변압기 열화 : 수분이 포함된 공기가 침투하거나 불순물이 침투하는 현상

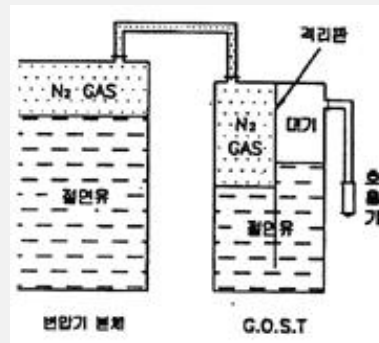
1) 변압기 열화 영향 : 절연 내력 감소, 침식작용, 냉각작용 감소

##### 2) 변압기 열화 방지책

- 밀폐식
- 브리더 설치 (흡습제 봉입)
- 콘서베이터 설치 (질소 봉입)



브리더



콘서베이터

변압기의 절연유로서 갖추어야 할 조건이 아닌 것은?

- ① 비열이 커서 냉각효과가 클 것
- ② 절연저항 및 절연내력이 적을 것
- ③ 인화점이 높고 응고점이 낮을 것
- ④ 고온에서도 석출물이 생기거나 산화하지 않을 것

정답 ②

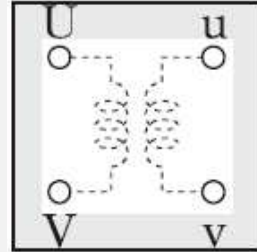
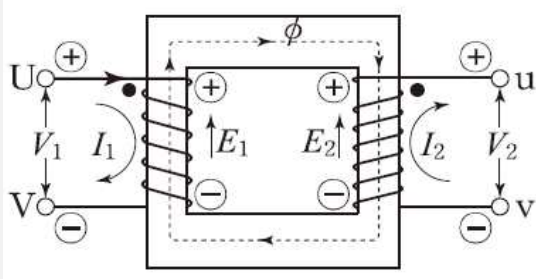
변압기 열화방지 대책으로 옳지 않은 것은?

- ① 수소봉입
- ② 콘서베이터 설치
- ③ 브리더 방식
- ④ 질소봉입

정답 ①

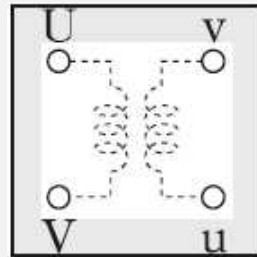
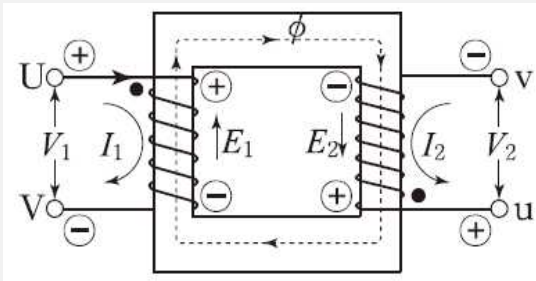
5. 변압기 극성

1. 감극성 : 대한민국 표준



$$V_3 = V_1 - V_2$$

2. 가극성



$$V_3 = V_1 + V_2$$

3150/210[V]의 단상변압기 고압측에 100[V]의 전압을 가하면 가극성 및 감극성일 때에 전압계 지시는 각각 몇 [V]인가?

- ① 가극성 106.7, 감극성 93.3
- ② 가극성 93.3, 감극성 106.7
- ③ 가극성 126.7, 감극성 96.3
- ④ 가극성 96.3, 감극성 126.7

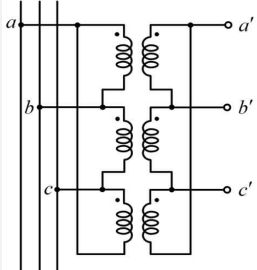
정답 ①





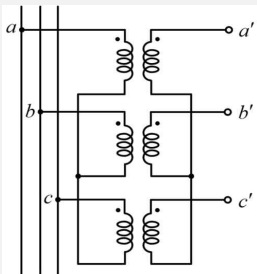
7. 변압기의 결선 - 1

1.  $\Delta - \Delta$ 결선 : 60kV이하의 배전용 변압기에 사용한다

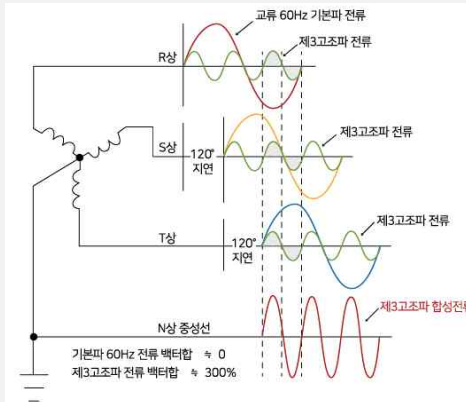


장점	제 3고조파 제거하여 기전력의 왜곡을 일으키지 않음 V결선 가능하여 1대 고장 시 나머지 2대로 송전가능 상전류가 선전류의 $1/\sqrt{3}$ 배가 되므로 대전류 부하에 적합
단점	중성점 접지 불가능하여 이상전압 방지가 어려움 각 상의 임피던스가 다를 경우 변압기의 부하전류 불평형

2. Y-Y결선 : 송배전 계통에서 거의 사용하지 않는다



장점	1,2차 모두 중성점을 접지 가능, 이상전압 방지가 용이 상전압이 선간전압의 $1/\sqrt{3}$ 배이므로 고전압 절연이 용이 변압비, 임피던스가 달라도 순환전류가 발생 안함 변압기 1대 고장시 V결선이 불가능
단점	3고조파가 포함되어 왜형파 발생하고 중성점 접지시 통신선의 유도 장애



변압기 결선 방식에서  $\Delta - \Delta$ 결선 방식의 특성이 아닌 것은?

- ① 중성점 접지를 할 수 없다.
- ② 110kV 이상 되는 계통에서 많이 사용되고 있다.
- ③ 외부에 고조파 전압이 나오지 않으므로 통신 장애의 염려가 없다.
- ④ 단상 변압기 3대 중 1대의 고장이 생겼을 때 2대로 V결선하여 송전할 수 있다.

정답 ②

변압기의 결선 방식에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ①  $\Delta - \Delta$  결선에서 1상분의 고장이 나면 나머지 2대로써 V결선 운전이 가능하다.
- ② Y-Y 결선에서 1차, 2차 모두 중성점을 접지할 수 있으며, 고압의 경우 이상전압을 감소시킬 수 있다.
- ③ Y-Y 결선에서 중성점을 접지하면 제 5고조파 전류가 흘러 통신선에 유도장애를 일으킨다.
- ④ Y- $\Delta$  결선에서 1상에 고장이 생기면 전원 공급이 불가능해 진다.

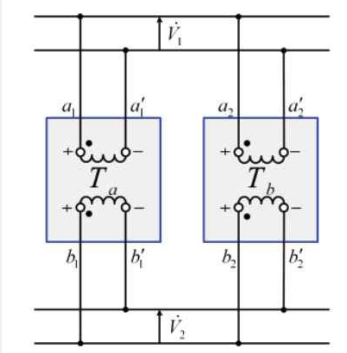
정답 ③





8. 변압기 병렬운전

1. 병렬운전



- 3상
- ① 극성이 같을 것
  - ② 정격전압과 권수비가 같을 것
  - ③ %임피던스 강하가 같을 것
  - ④ 저항과 리액턴스 비가 같을 것
  - ⑤ 각 변위가 같을 것
  - ⑥ 상회전이 일치할 것

2. 변압기 병렬운전 결선 : 결선이 다른 변압기는 30°의 각변위가 발생

병렬 운전	$\Delta - \Delta, \Delta - Y$
불가능한 결선법	$\Delta - Y, Y - Y$

3. 부하분담 : 변압기 부하분담은 용량에는 비례, 퍼센트(누설) 임피던스에 반비례

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{P_A}{P_B} \times \frac{\%Z_B}{\%Z_A}$$

$$\text{합성 최대용량 } P = P_{\text{大}} + \frac{\%Z_{\text{小}}}{\%Z_{\text{大}}} P_{\text{小}}$$

단상변압기를 병렬운전하는 경우 부하전류의 분담에 관한 설명 중 옳은 것은?

- ① 누설리액턴스에 비례한다.
- ② 누설임피던스에 비례한다.
- ③ 누설임피던스에 반비례한다.
- ④ 누설리액턴스의 제공에 반비례한다.

정답 ③

1차 및 2차 정격전압이 같은 2대의 변압기가 있다. 그 용량 및 임피던스 강하가 A 변압기는 5kVA, 3%, B 변압기는 20kVA, 2% 일 때 이것을 병렬 운전하는 경우 부하를 분담하는 비 (A:B)는?

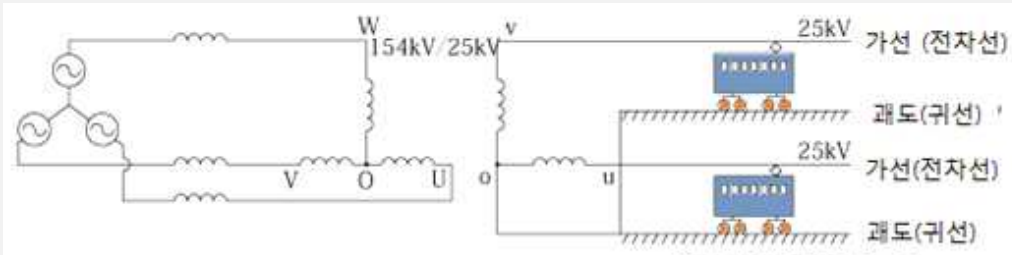
- ① 1 : 4
- ② 1 : 6
- ③ 2 : 3
- ④ 3 : 2

정답 ②

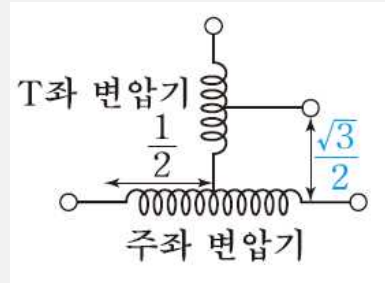
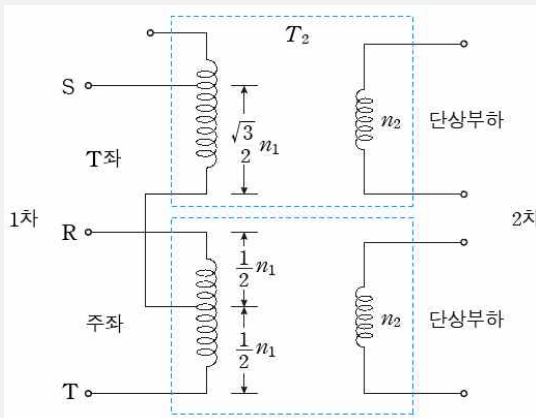
9. 상수의 변환

1. 상수 변환

3상 -> 2상	우드브리지 결선, 스코트 결선(T결선), 메이어 결선
3상 -> 6상	포크결선, 환상결선, 대각결선, 2중 △결선, 2중 성형 결선



2. 스코트 결선



· T좌 변압기 권수비

$$a_T = a \times \frac{\sqrt{3}}{2} = a \times 0.866$$

3상 전원을 이용하여 2상 전압을 얻고자 할 때 사용하는 결선 방법은?

- ① Scott 결선
- ② Fork 결선
- ③ 환상 결선
- ④ 2중 3각 결선

정답 ①

권수가 같은 2대의 단상 변압기로 3상 전압을 2상으로 변압하기 위하여 스코트 결선을 할 때 T좌 변압기의 권수는 전권수의 어느 점에서 택해야 하는가?

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

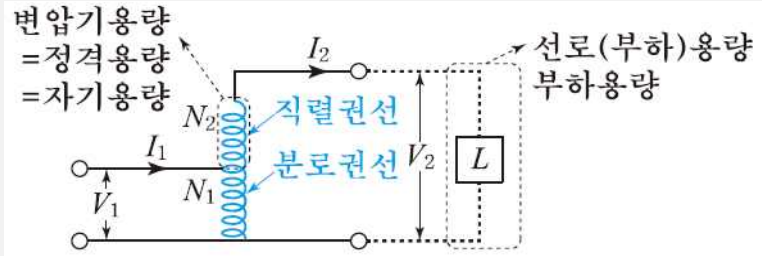
정답 ③



10. 특수변압기 - 1

1. 단권변압기

1) 단권변압기 특징



2) 단권변압기 장점 및 단점

장점	단점
누설자속이 작아 전압강하, 전압변동률이 작다. 철손과 동손이 작아 효율이 좋다. 기계기구를 소형화 할 수 있다.	단락전류가 크다. 1차와 2차 절연이 어렵다.

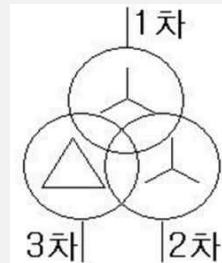
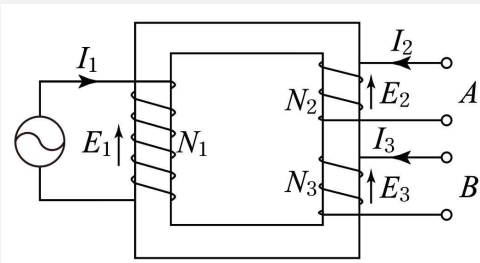
3) 단권변압기의 부하용량과 자기용량의 비

- 부하용량(2차출력) =  $V_2 I_2$
- 자기용량(단권변압기 용량) =  $(V_2 - V_1) I_2$

$$\frac{\text{자기용량}}{\text{부하용량}} = \frac{(V_2 - V_1) I_2}{V_2 I_2} = \frac{V_2 - V_1}{V_2} = \frac{V_H - V_L}{V_H}$$

	1대	2대(V결선)	3대(Y결선)	3대(Δ결선)
자기용량 / 부하용량	$\frac{V_H - V_L}{V_H}$	$\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{V_H - V_L}{V_H}$	$\frac{V_H - V_L}{V_H}$	$\frac{V_H^2 - V_L^2}{\sqrt{3} V_H \cdot V_L}$

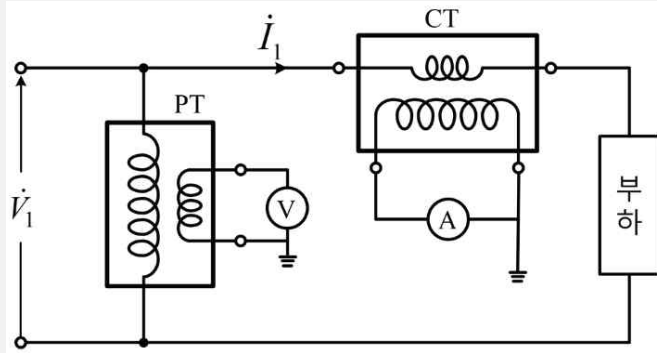
2. 3권선 변압기 사용용도



- 설치장소가 좁아 변압기 2대를 설치 하지 못하고 2종류의 전압이 필요할 때
- 초고압 송전선로에서 3차 권선을 델타결선을 통해 고조파 제거 및 소내공급용, 계통에 조상기 운영을 필요한 전원으로 이용

10. 특수변압기 - 2

3. 계기용 변성기(MOF, PCT)

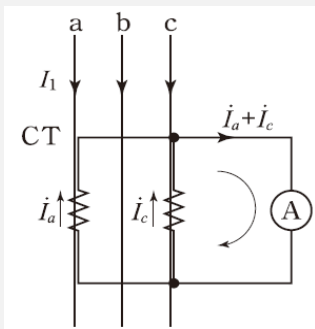


1) 계기용 변압기(PT) :

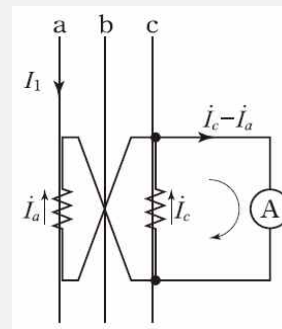
- 특징 : 전압계나 전력량계를 사용하기 위해서 고전압을 저전압으로 변성
- 2차 측 정격 전압 : 110[V]
- PT 2차 개방 이유 : 2차가 단락되면 단락전류가 발생하여 기기의 손상

2) 계기용 변류기(CT)

- 특징 : 전류계나 전력량계, 보호계전기를 사용하기 위해서 대전류를 소전류로 변성
- 2차 측 정격 전류 : 5[A]
- CT 2차 단락 이유 : 2차가 개방되면 고압이 유기되어 2차코일의 절연 파괴 발생



가동결선  $I_1 = CT비 \times I_2$



차동결선  $I_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} \times CT비 \times I_2$

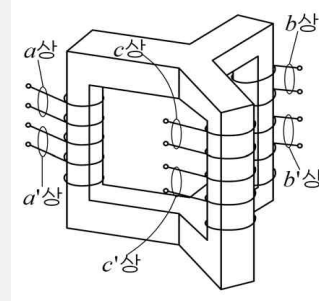
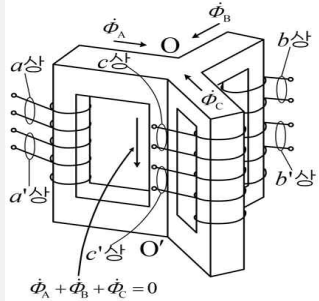
전기설비 운전 중 계기용변류기(CT)의 고장 발생으로 변류기를 개방할 때 2차측을 단락해야 하는 이유는?

- |                |                |
|----------------|----------------|
| ① 2차 측의 절연보호   | ② 1차 측의 과전류 방지 |
| ③ 2차 측의 과전류 보호 | ④ 계기의 측정 오차 방지 |

정답 ①

11. 특수변압기 - 3

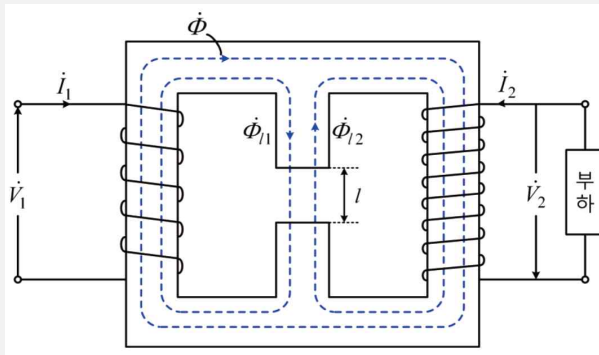
1. 3상 변압기



장점	단점
철심 및 자재가 절약된다 철손이 작아서 효율이 좋다 변전실 면적을 작게 차지한다 가격이 싸다	고장시 수리가 어렵다 한상이 소손시 3상 부하를 걸수 없다 예비기 용량이 크다 대용량의 경우 수송이 어렵다

내철형 3상 변압기는 독립된 자기회로가 없어서 단상 변압기로 사용할 수 없다

2. 누설변압기 특성 : 2차 전류 증가시 누설자속이 증가하여 2차 유기기전력 감소



- 수하특성 (정전류)
- 용접기, 네온용 변압기, 수은등 변압기

내철형 3상 변압기를 단상 변압기로 사용할 수 없는 이유는?

- ① 1차, 2차간의 각 변위가 있기 때문에
- ② 각 권선마다의 독립된 자기 회로가 있기 때문에
- ③ 각 권선마다의 독립된 자기 회로가 없기 때문에
- ④ 각 권선이 만든 자속이  $\frac{3\pi}{2}$  위상차가 있기 때문에

정답 ③

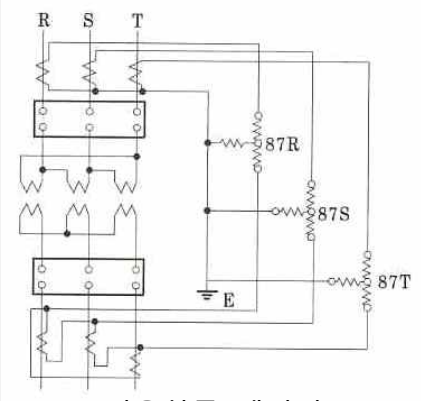
누설 변압기에 필요한 특성은 무엇인가?

- ① 수하특성
- ② 정전압특성
- ③ 고저항특성
- ④ 고임피던스특성

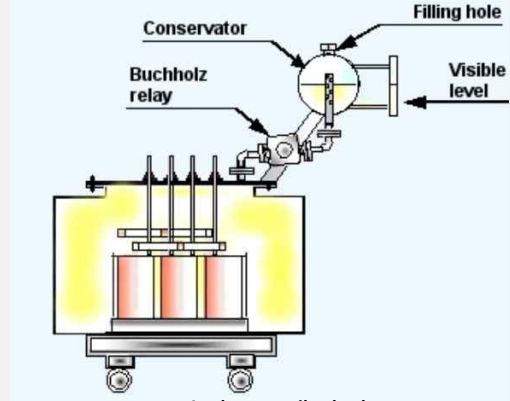
정답 ①

11. 변압기 보호계전기 및 측정시험

1. 변압기 내부 고장 검출용 보호계전기



비율차동 계전기



부흐홀쯔 계전기

- ① 전기적인 고장보호 : (비율)차동계전기
- ② 기계적인 고장보호 : 부흐홀쯔계전기, 가스검출계전기, 충격압력계전기

2. 변압기 권선 온도 측정 : 열동계전기

3. 변압기의 온도상승시험 : 반환부하법 (종류 : 카프법, 브론델법, 홉킨스법)

4. 변압기 시험에 따른 측정가능 사항

무부하(개방)시험	단락시험	등가회로 작성시험
철손 (히스테리시스손, 와류손)	동손	단락시험
여자(무부하)전류	임피던스 와트	무부하시험
여자 어드미턴스	임피던스 전압	저항측정시험

변압기의 내부고장 보호에 쓰이는 계전기로서 가장 적당한 것은?

- ① 과전류 계전기
- ② 역상 계전기
- ③ 접지 계전기
- ④ 부흐홀쯔 계전기

정답 ④

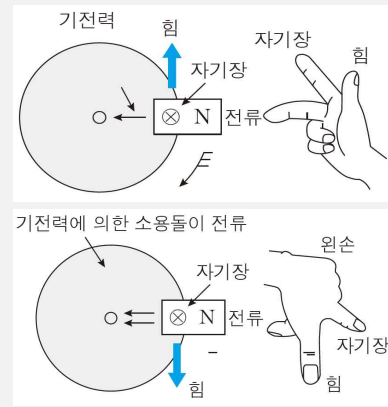
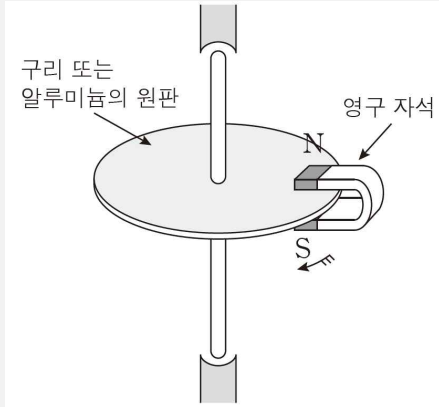
발전기 또는 주변압기의 내부고장 보호용으로 가장 널리 쓰이는 계전기는?

- ① 거리계전기
- ② 비율차동계전기
- ③ 과전류 계전기
- ④ 방향단락계전기

정답 ②

1. 유도전동기 원리 - 1

1. 유도전동기의 원리 : 전자 유도현상에 의한 플레밍의 오른손/왼손 법칙을 이용하여 회전력을 얻는다

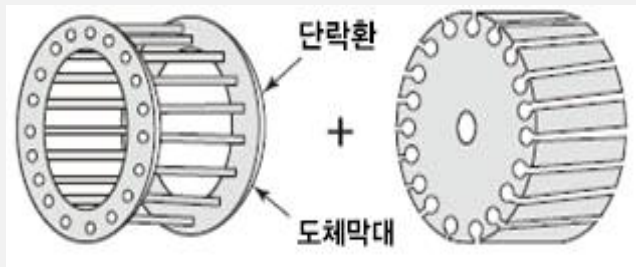
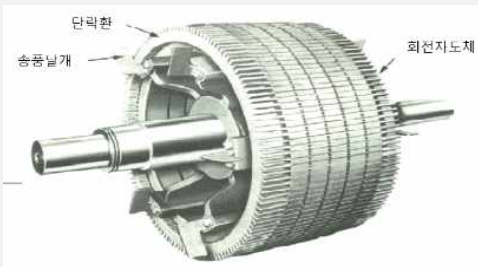


원리	단상 유도 전동기 교번자계의 원리	3상 유도 전동기 회전자계의 원리
----	-----------------------	-----------------------

2. 유도전동기의 종류

1) 3상 농형 유도전동기

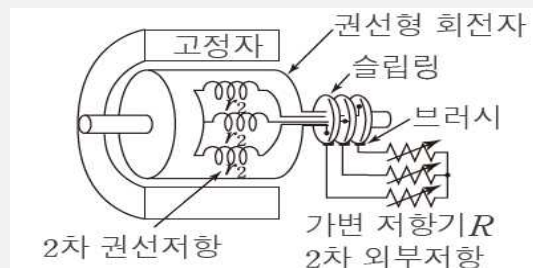
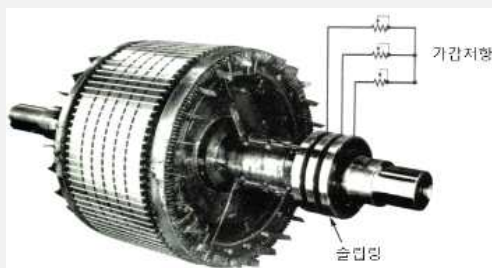
- 회전자 구조가 간단하고 튼튼하며 효율이 좋다
- 별도의 제어 장치가 없어 속도 조정이 어렵다
- 고조파 제거나 소음 경감을 위해 홈(슬롯)을 사선으로 제작한다 (크라우링현상 억제)
- 기동토크가 작아 중·소형 유도전동기에 많이 사용된다



농형 유도전동기 회전자

2) 3상 권선형 유도전동기

- 권선을 감고 슬립링을 가진 구조로서 구조가 복잡하고 효율이 나쁘다
- 기동토크가 크기 때문에 대형 유도전동기에 적합하다
- 2차에 저항으로 비례추이가 가능하여 기동 및 속도제어가 용이하다



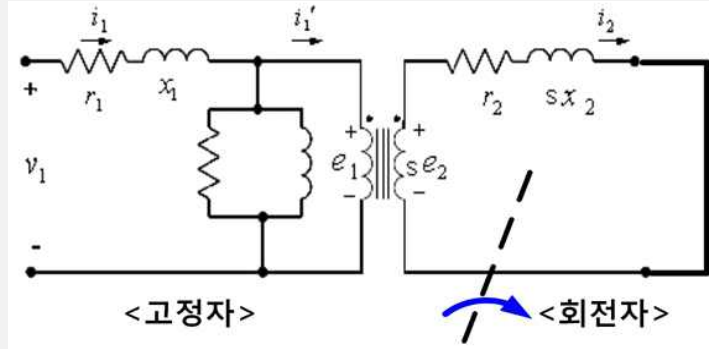
권선형 유도전동기 회전자



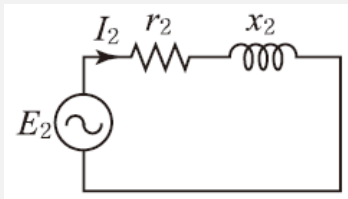
1. 유도전동기 원리 - 3

4. 유기기전력 및 전류

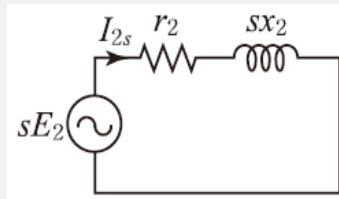
1) 회전시 2차 유기기전력



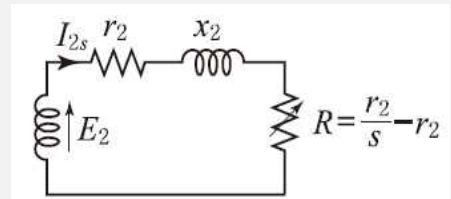
등가회로



정지시



운전시



등가 외부저항 설치

2) 유도기 회전자 특성

회전자	2차 주파수( $f_2'$ )	2차 기전력( $E_2'$ )	2차 전류( $I_2'$ )
정지시	$f_2 = f_1$	$E_2 = 4.44f_1\phi\omega_2K_w$	$I = \frac{E_2}{\sqrt{r_2^2 + x_2^2}}$
회전시	$f_2' = sf_1$	$E_2' = 4.44sf_1\phi\omega_2K_w$	$I = \frac{sE_2}{\sqrt{r_2^2 + (sx_2)^2}} = \frac{E_2}{\sqrt{(r_2/s)^2 + x_2^2}}$

· 기계적인 출력의 정수

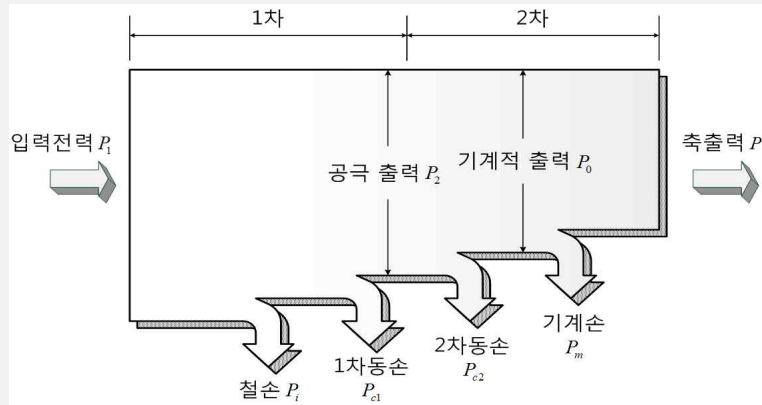
$$R = \frac{r_2}{s} - r_2 = r_2 \left( \frac{1}{s} - 1 \right) = r_2 \left( \frac{1-s}{s} \right) [\Omega]$$

3상 유도전동기에서 회전자가 슬립  $s$ 로 회전하고 있을 때 2차 유기전압  $E_{2s}$  및 2차 주파수  $f_{2s}$ 와  $s$ 와의 관계는? (단,  $E_2$ 는 회전자가 정지하고 있을 때 2차 유기기전력이며  $f_1$ 은 1차 주파수이다.)

- ①  $E_{2s} = sE_2, f_{2s} = sf_1$
- ②  $E_{2s} = sE_2, f_{2s} = \frac{f_1}{s}$
- ③  $E_{2s} = \frac{E_2}{s}, f_{2s} = \frac{f_1}{s}$
- ④  $E_{2s} = (1-s)E_2, f_{2s} = (1-s)f_1$

정답 ①

2. 유도전동기의 전력 변환



1. 2차 입력( $P_2$ )

$$P_2 = E_2 I_2 \cos \theta_2 [\text{W}] = \frac{I_2^2 \times r_2}{s} = \frac{P_{c2}}{s}$$

$$P_2 = \frac{P_o}{1-s}$$

2. 2차 동손( $P_c$ )

$$P_{c2} = s P_2 [\text{W}]$$

3. 2차 출력( $P_o$ )

$$P_o = P_2 - P_{c2} = (1-s) P_2$$

4. 2차 효율( $\eta_2$ )

$$\eta_2 = \frac{\text{2차출력}}{\text{2차입력}} = \frac{(1-s) P_2}{P_2} = 1-s = \frac{N}{N_s}$$

5. 유도전동기의 비례식

$$P_2 : P_{c2} : P_o = 1 : s : 1-s$$

정격출력 50kW, 4극 220V, 60Hz인 3상 유도전동기가 전부하 슬립 0.04, 효율 90%로 운전되고 있을 때 다음 중 틀린 것은?

- ① 2차 효율 = 96%
- ② 1차 입력 = 55.56kW
- ③ 회전자입력 = 47.9kW
- ④ 회전자동손 = 2.08kW

정답



### 3. 유도전동기 토크 - 1

#### 1. 유도전동기 토크

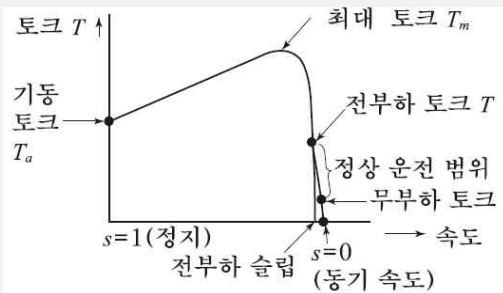
$$T = 0.975 \frac{P}{N} = 0.975 \frac{(1-s)P_2}{(1-s)N_s} = 0.975 \frac{P_2}{N_s} [\text{kg}\cdot\text{m}]$$

· 동기와트 : 동기속도에서 회전시 2차입력을 토크로 나타낸 것

$$T \approx P_2(\text{동기와트}) = E_2 I_2 \cos\theta_2 [\text{W}]$$

#### 2. 토크의 특성

##### 1) 전부하시 슬립과 토크의 관계



기동토크	전부하토크
$T = \frac{E_2^2 \times r_2}{r_2^2 + x_2^2} [\text{N}\cdot\text{m}]$	$T = \frac{E_2^2 \times \frac{r_2}{s}}{(r_2/s)^2 + x_2^2} [\text{N}\cdot\text{m}]$

##### 2) 전부하시 슬립과 토크의 관계

$$T \propto V^2$$

#### 3. 최대토크가 발생하는 슬립

$$T = \frac{E_2^2 \times r_2 / s}{(r_2/s)^2 + x_2^2} [\text{N}\cdot\text{m}] \text{의 기울기가 } 0 \text{이 되는 슬립}$$

$$s_t = \frac{r_2}{x_2}$$

$$T_m = \frac{E_2^2}{2x_2} [\text{N}\cdot\text{m}]$$

#### 4. 유도전동기의 주파수 변화에 따른 특성의 변화(주파수 감소시)

1) 속도감소 :  $N_s = \frac{120f}{p} [\text{rpm}]$ 이므로  $f \propto N_s$  속도감소

2) 자속증가 :  $\phi = \frac{E}{4.44fwK_w} [\text{Wb}]$ 이므로  $\phi \propto \frac{1}{f}$  자속 증가

3) 역률저하 : 주파수 감소 시 출력의 감소로 인한 유효전류 감소 발생 역률 저하

4) 온도상승 : 히스테리시스손  $P_h \propto \frac{1}{f}$ 이므로 손실 증가 냉각팬 속도감소로 온도상승

5) 최대토크 증가 :  $T_m = \frac{E_2^2}{2x_2}$ 에서  $x_2 \propto f$ 로 리액턴스가 감소하여 최대토크는 증가

6) 기동전류 증가 : 주파수 감소 시 리액턴스 감소로 인해 기동전류 증가



3. 유도전동기 토크 - 2

유도전동기의 회전력 발생 요소 중 제곱에 비례하는 요소는?

- ① 슬립
- ② 2차 권선저항
- ③ 2차 임피던스
- ④ 2차 기전력

정답 ④

60Hz, 4극 5kW인 3상 유도전동기가 있다. 전부하시 회전수가 1500rpm일 때 발생 토크는 약 몇 kg·m인가?

- ① 9.34
- ② 7.43
- ③ 5.52
- ④ 3.25

정답 ④

3상 유도전동기에서 동기와트로 표시되는 것은?

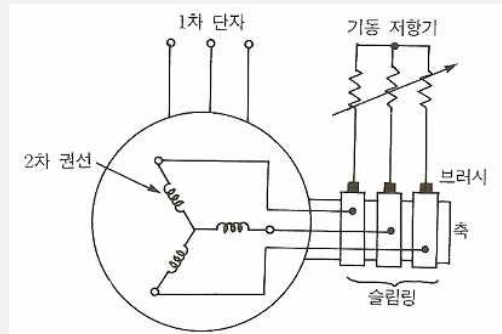
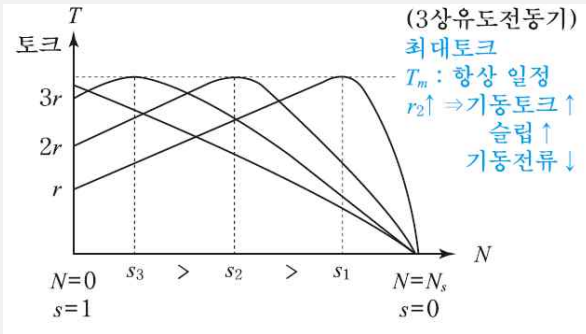
- ① 각속도
- ② 토크
- ③ 2차 출력
- ④ 1차 입력

정답 ②



### 4. 비례추이

1. 비례추이 : 2차 저항이 n배가 되면 최대토크의 슬립 값이 n배가 되고, 기동전류는 감소하고 2차 회로의 역률은 좋아지게 된다



2. 기동시 토크를 얻기위한 외부저항값

- 1) 기동시 전부하 토크와 같은 토크로 기동하기 위한 외부저항값

$$R = \frac{r_2}{s} - r_2 = \left(\frac{1}{s} - 1\right)r_2$$

- 2) 기동시 최대 토크와 같은 토크로 기동하기 위한 외부저항값

$$s_t = \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

$$R = \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2} - r_2'$$

3. 비례추이 가능한 특성과 불가능한 특성


가능한 특성	불가능한 특성
토크, 1,2차 전류, 1차 입력, 역률	동기속도, 2차동손, 출력, 2차효율

4. 비례추이시 최대토크 : 최대토크는 변하지 않는다(3상 권선형 유도전동기)

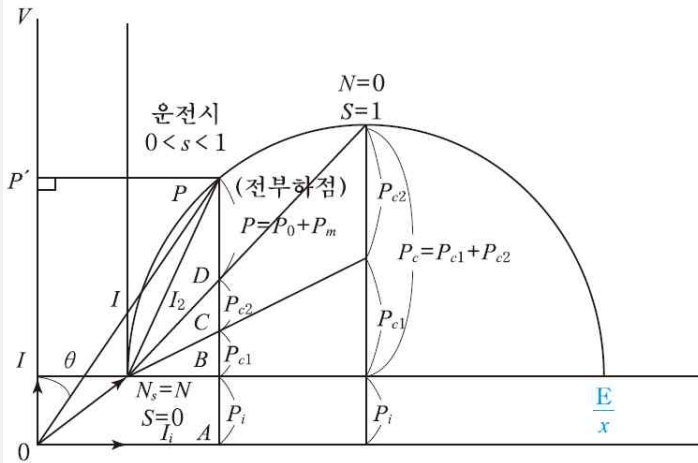
권선형 유도 전동기에서 2차 저항을 변화시켜 속도를 제어하는 경우 최대 토크는?

- ① 최대 토크가 생기는 점의 슬립에 비례한다.
- ② 최대 토크가 생기는 점의 슬립에 반비례한다.
- ③ 2차 저항에만 비례한다.
- ④ 항상 일정하다.

정답 ④

 5. 원선도

유도전동기의 실부하시험을 하지 않고 유도전동기에 대한 간단한 시험의 결과로 전동기의 특성을 쉽게 구할 수 있는 방법



1. 원선도 작도전 측정 시험
- 구속 시험
  - 무부하 시험
  - 저항측정 시험

2. 원의 지름 : E(1차 전압)에 비례하고 x(누설 리액턴스)의 반비례

$$\frac{E}{x}$$

원선도에서의 슬립	역률	2차 효율
$s = \frac{P_{c2}}{P_2} = \frac{DC}{PC}$	$\cos\theta = \frac{OP'}{OP}$	$\eta_2 = \frac{P_0}{P_2} = \frac{PD}{PC}$

E를 전압, r을 1차로 환산한 저항, x를 1차로 환산한 리액턴스라고 할 때 유도전동기의 원선도에서 원의 지름을 나타내는 것은?

- ①  $E \cdot r$
- ②  $E \cdot x$
- ③  $\frac{E}{x}$
- ④  $\frac{E}{r}$

정답 ③

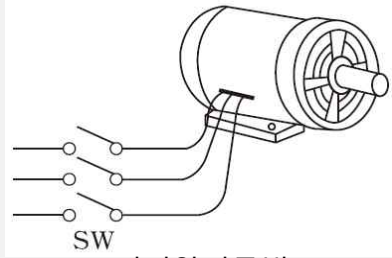
3상 유도전동기의 원선도 작성에 필요한 기본량이 아닌 것은?

- ① 저항 측정
- ② 슬립 측정
- ③ 구속 시험
- ④ 무부하 시험

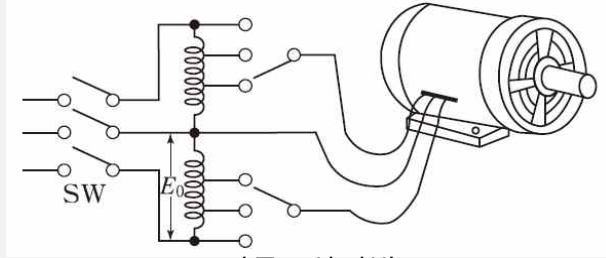
정답 ②

6. 유도전동기의 기동 및 제동 - 1

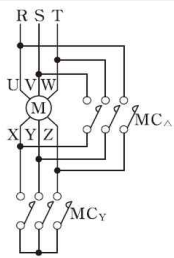
1. 농형 유도전동기 기동법 : 과도한 기동전류 발생으로 온도의 상승으로 회로 소손



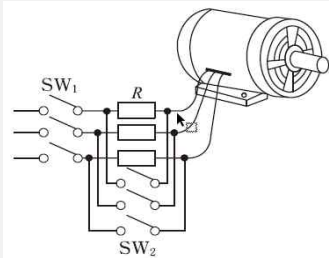
전전압기동법



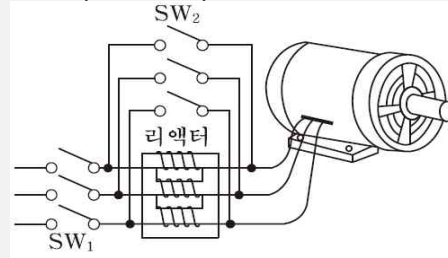
기동보상기동법



Y-Δ기동법



1차저항기동법



리액터기동법

기동법		용량	특징
전전압	직입기동	5kW 미만	정격전압 인가하고, 기동시간 짧음 기동전류가 약 5~7배 정도 상승 기동시 역률이 좋지 않음
감전압	Y-Δ기동	5~15kW	기동시 전압 : $1/\sqrt{3}$ 배 가해짐 기동시 전류와 토크 : 1/3로 감소
	기동보상기동법	15kW 이상	단권변압기로 전압을 일시 강하시켜 기동전류를 제한하는 기동법
	리액터기동		리액터 기동후 스위치로 리액터 단락
	1차 저항 기동		리액터 대신 저항기를 사용하는 방식
콘돌퍼기동법	기동보상기동법+리액터기동		

전동기 기동 시 1차 각상의 권선에 정격전압의 1/3 전압이 가해지고, 기동 전류는 전 전압 기동을 한 경우보다 1/3이 되는 기동법은?

- ① 전전압 기동법
- ② Y-Δ기동법
- ③ 기동 보상기동법
- ④ 기동 저항기 기동법

정답 ②

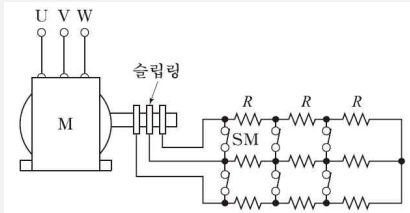
3상 농형 유도전동기의 기동방법으로 틀린 것은

- ① Y-Δ 기동
- ② 전전압 기동
- ③ 리액터 기동
- ④ 2차 저항에 의한 기동

정답 ④

6. 유도전동기의 기동 및 제동 - 2

2. 권선형 유도전동기

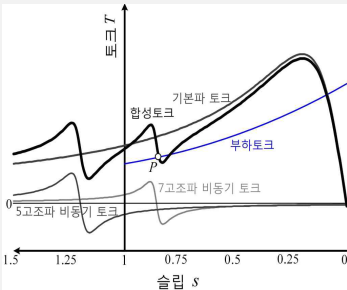


기동법	특징
2차 저항기동법	비례추이를 이용한 제어방식 구조가 간단하고 제어조작이 간단
2차 임피던스	2차 외부저항 대신 리액터 연결
게르게스법	무부하 경부하시 한상이 결상 되어도 $s=0.5$ 에서 더 가속 되지 않음

3. 유도전동기의 제동법

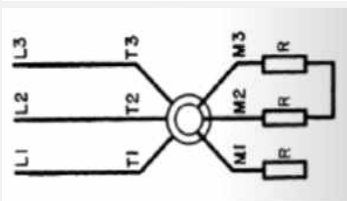
- 회생제동 : 전동기를 발전기로 동작시켜 전력을 전원에 반환하는 제동방법
- 발전제동 : 전동기를 발전기로 동작시켜 전력을 저항에서 열로 소비시키는 제동방법
- 역상제동 : 3선중 2선의 접속을 바꾸어 역방향 토크를 발생시켜 급제동하는 방법
- 유도제동 : 유도전동기 역상제동의 상태를 크레인이나 권상기의 강하 시에 이용하고 속도제한의 목적에 사용되는 경우의 제동방법

4.유도전동기 이상기동현상



크로우링 현상 (농형)

- 회전자 슬롯수 및 권선법이 적당하지 않은 경우 정격 속도보다 낮은 속도에서 안정 운전이 되는 현상
- skew slot(사구)를 채용, 공극을 균일하게 하여 방지



게르게스 현상(권선형)

- 회전자 3상 중 한상이 결상(단선)되면 발생
- 단상이 되어 슬립이 0.5까지 동기속도의 50%의 속도까지 상승하고 더이상 가속되지 않는 현상

3상 유도전동기의 전원 측에서 임의의 2선을 바꾸어 접속하여 운전하면?

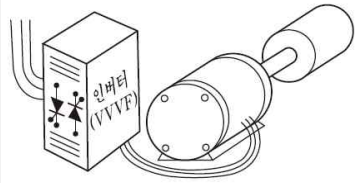
- ① 즉각 정지된다.
- ② 회전방향이 반대가 된다.
- ③ 바꾸지 않았을 때와 동일하다.
- ④ 회전방향은 불변이나 속도가 약간 떨어진다.

정답 ②

7. 유도전동기의 속도제어

$$N = \frac{120f}{p}(1-s), \quad T \propto \left(\frac{V}{f}\right)^2, \quad s \propto \frac{1}{V^2}$$

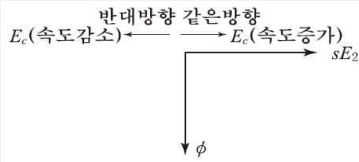
1. 농형 유도전동기



- 1) 주파수 제어법 : 선박추진용 및 전기자동차 구동용, 인건공장 (포트 모터), VVVF 제어, 인버터 제어방법
- 2) 극수 변환법 : 농형유도전동기에서 주로 사용되는 제어법 계자권선을 2중으로 하여 2단 속도제어
- 3) 전압제어법 : 1차 입력 전압으로 속도제어

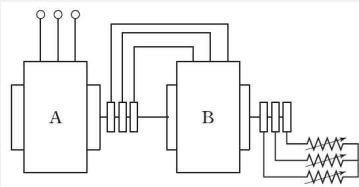
2. 권선형 유도전동기

- 1) 2차 저항법(슬립제어) : 권선형 유도전동기의 비례추이를 이용하는 방법
- 2) 2차 여자법(슬립제어) : 슬립주파수전압을 인가시 동기속도이상으로도 제어가 가능한 속도제어법



- 세르비우스 방식 : 정토크 방식, 전력의 일부를 전원 측에 반환할 수 있는 제어법
- 크레머 방식 : 정출력 방식

3) 종속법 (극수 제어): 전체 극수를 변화시켜 속도를 제어하는 방법



- 직렬종속법 :  $N_s = \frac{120f}{p_1 + p_2} [\text{rpm}]$
- 차동종속법 :  $N_s = \frac{120f}{p_1 - p_2} [\text{rpm}]$
- 병렬종속법 :  $N_s = \frac{120f}{(p_1 + p_2)/2} [\text{rpm}]$

3상 유도전동기의 속도제어법 중 2차 저항제어와 관계가 없는 것은?

- ① 농형 유도전동기에 이용된다.
- ② 토크 속도특성의 비례추이를 응용한 것이다.
- ③ 2차 저항이 커져 효율이 낮아지는 단점이 있다.
- ④ 조작이 간단하고 속도제어를 광범위하게 행할 수 있다.

정답 ①

농형 유도 전동기에 주로 사용되는 속도 제어법은?

- ① 2차 저항제어법
- ② 극수 변환법
- ③ 종속 접속법
- ④ 2차 여자 제어법

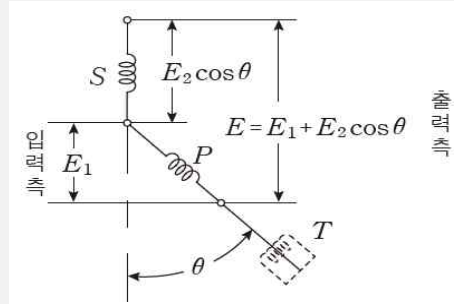
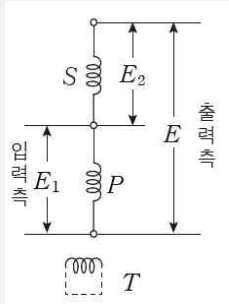
정답 ②

8. 유도전압조정기

1차 : 회전자

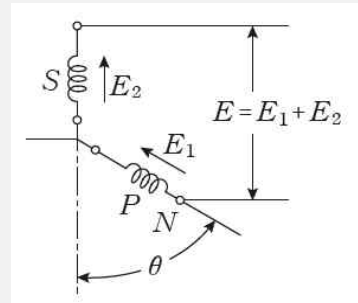
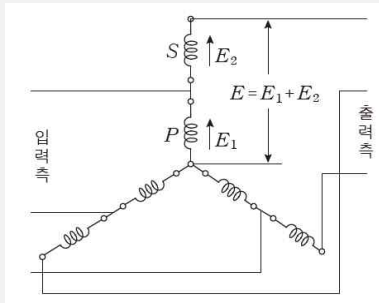
2차 : 고정자

1. 단상 유도전압 조정기 : 교번자계의 전자유도작용을 이용하여 전압조정



P : 분로권선, S : 직렬권선, T : 단락권선

2. 3상 유도전압조정기 : 회전자계를 이용하여 2차전압의 위상과 전압조정



	단상 유도 전압조정기	3상 유도 전압 조정기
원리	교번자계(단상 단권 변압기)	회전자계(3상 유도 전동기)
입·출력 위상차	없다	있다
단락권선	분로권선과 수직 설치 누설 리액턴스 전압강하 경감	없다
조정[정격, 자기] 용량	$P_S = E_2 I_2 \times 10^{-3} [\text{kVA}]$	$P_S = \sqrt{3} E_2 I_2 \times 10^{-3} [\text{kVA}]$
부하[선로] 용량	$P = V_2 I_2 \times 10^{-3} [\text{kVA}]$	$P = \sqrt{3} V_2 I_2 \times 10^{-3} [\text{kVA}]$
전압 조정범위	$V_1 \pm E_2$	$\sqrt{3}(E_1 \pm E_2)$

단상 유도전압조정기의 1차 권선과 2차 권선의 축 사이의 각도를  $\alpha$ 라 하고 양 권선의 축이 일치할 때 2차 권선의 유기전압을  $E_2$ , 전원전압을  $V_1$ , 부하측의 전압을  $V_2$ 라고 하면 임의의 각  $\alpha$ 일 때의  $V_2$ 는?

- ①  $V_2 = V_1 + E_2 \cos \alpha$
- ②  $V_2 = V_1 - E_2 \cos \alpha$
- ③  $V_2 = V_1 + E_2 \sin \alpha$
- ④  $V_2 = V_1 - E_2 \sin \alpha$

정답 ①

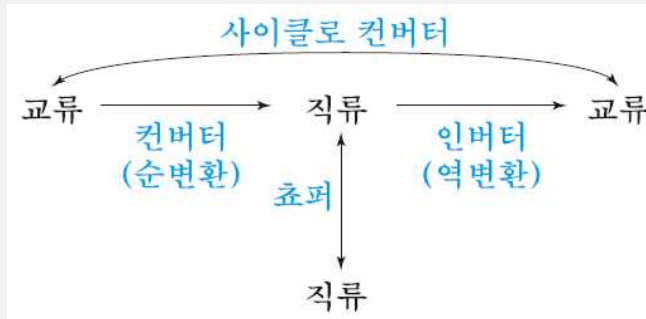








1. 전력변환기기



1. 인버터 (DC -> AC) : 직류를 교류로 변환하는 장치
2. 정류기 (컨버터 : AC -> DC) : 교류를 직류로 변환하는 장치
3. 쇼퍼 (DC -> DC) : 직류를 직접 변환하는 장치
4. 사이클러 컨버터 (주파수 변환 AC -> AC) : 교류의 주파수를 변환하는 장치

인버터에 대한 설명으로 옳은 것은?

- |              |              |
|--------------|--------------|
| ① 직류를 교류로 변환 | ② 교류를 교류로 변환 |
| ③ 직류를 직류로 변환 | ④ 교류를 직류로 변환 |

정답 ①

사이클로 컨버터(Cyclo Converter)에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① DC - DC Buck 컨버터와 동일한 구조이다.
- ② 출력주파수가 낮은 영역에서 많은 장점이 있다.
- ③ 시멘트공장의 분쇄기 등과 같이 대용량 저속 교류전동기 구동에 주로 사용된다.
- ④ 교류를 교류로 직접 변환하면서 전압과 주파수를 동시에 가변하는 전력변환기이다.

정답 ①

직류 직권전동기의 속도제어에 사용되는 기기는?

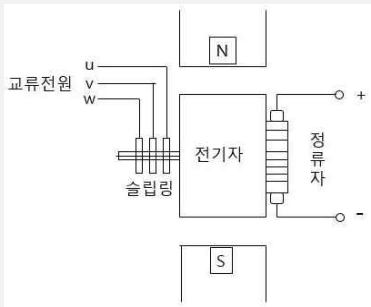
- |          |            |
|----------|------------|
| ① 쇼퍼     | ② 인버터      |
| ③ 듀얼 컨버터 | ④ 사이클로 컨버터 |

정답 ①



## 2. 회전변류기

- 동기속도로 회전자계의 반대방향으로 회전하는 회전전기자형의 전동기
- 3상 교류는 슬립링을 통하여 회전자에 공급하며 회전자에 있는 정류자의 브러시에서 직류가 출력된다.



1. 직류측 전압 조정법
  - 직렬리액턴스에 의한 방법
  - 유도전압조정기에 의한 방법
  - 부하시 전압 조정 변압기에 의한 방법
  - 동기 승압기에 의한 방법

### 2. 난조의 원인

- 브러시가 중성점보다 늦은(뒤진)위치에 있을 경우
- 역률이 몹시 나쁜 경우
- 직류측 부하가 급변하는 경우
- 교류주파수가 주기적으로 변동하는 경우
- 전기자저항이 리액턴스에 비해 큰 경우

### 3. 난조방지

- 제동권선을 설치할것
- 전기자저항에 보다 리액턴스를 크게할것
- 극수를 작게하고 기하각과 전기각의 차이를 작게 할것
- 역률을 개선할것

### 4. 교류전압과 직류전압의 관계

- 전압비

$$\frac{\text{교류전압}}{\text{직류전압}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\pi}{m} (m: \text{상수})$$

- 전류비

$$\frac{\text{교류전류}}{\text{직류전류}} = \frac{2\sqrt{2}}{m \cos \theta}$$

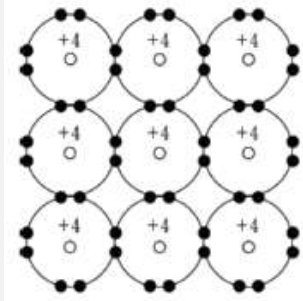
회전 변류기의 직류측 전압을 조정하려는 방법이 아닌 것은 ?

- ① 직렬 리액턴스에 의한 방법
- ② 부하시 전압 조정 변압기를 사용하는 방법
- ③ 동기 승압기를 사용하는 방법
- ④ 여자 전류를 조정하는 방법

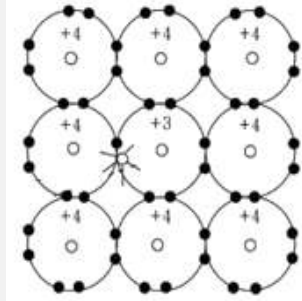
정답 ④

3. 반도체의 종류

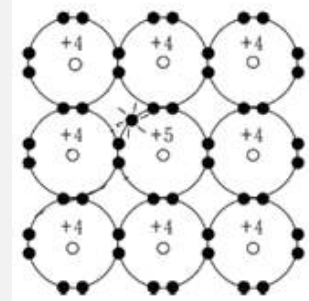
1. 반도체의 종류



진성 반도체

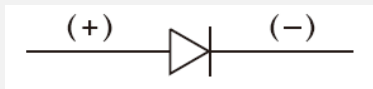


P형 반도체

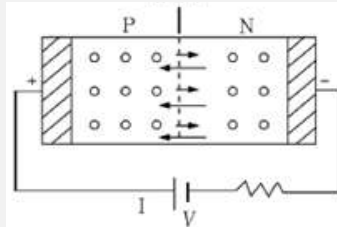


N형 반도체

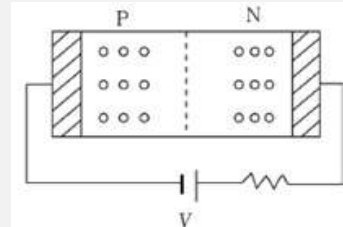
2. 다이오드 : 2층(PN) 구조의 단방향성의 2단자 구조를 가지고 있는 실리콘 정류 소자



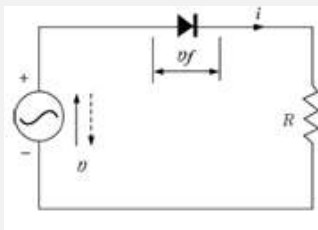
다이오드 기호



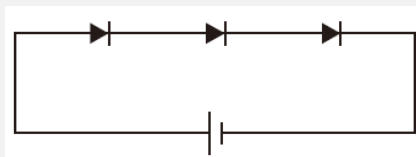
순방향 도통



역방향 저지

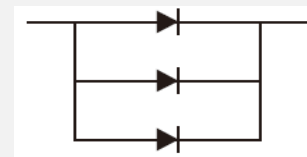


다이오드 보호방법



과전압 보호 :

다이오드를 직렬 연결 (전압 분배)



과전류 보호 :

다이오드를 병렬 연결 (전류 분배)

다이오드를 사용하는 정류회로에서 과대한 부하전류로 인하여 다이오드가 소손될 우려가 있을 때 가장 적절한 조치는 어느 것인가?

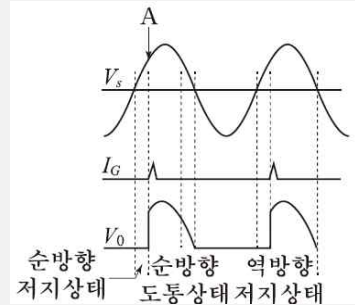
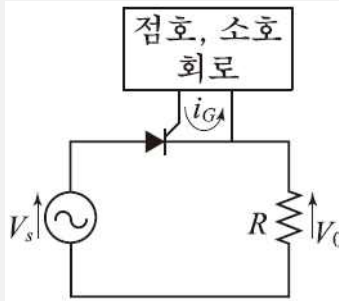
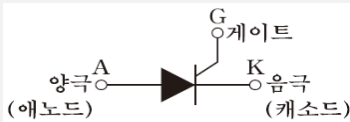
- ① 다이오드를 병렬로 추가한다.
- ② 다이오드를 직렬로 추가한다.
- ③ 다이오드 양단에 적당한 값의 저항을 추가한다.
- ④ 다이오드 양단에 적당한 값의 콘덴서를 추가한다.

정답 ①



### 3. 반도체의 종류

#### 3. 사이리스터(thyristor)



1) SCR : SCR은 단방향(역저지) 3단자 소자로 게이트에 의해 스위칭 작용을 통해 위상 제어를 하며 적은 게이트 신호로 대전력 제어할 수 있으며, 교류전력의 제어가 가능하다. 단, 과전압에 약하고 전압강하는 1[V]정도로 작다

① Turn On 조건

SCR에서 게이트 전류가 흐르면 순방향의 저지상태에서 온(On)상태로 된다. 게이트 전류를 가하여 도통 완료까지의 시간을 턴온(Turn On)시간이라 하고 이 시간이 길면 스위칭 시의 전력손실이 많고 소자가 파괴된다.

- 래칭전류 : SCR을 Turn On 시키기 위한 최소전류
- 유지전류 : Turn On 상태를 유지하기 위한 최소전류

② Turn Off 조건 : SCR의 애노드에 역(-)전압을 인가하거나 유지전류 이하가 되면 Off 된다(게이트 주의)

SCR에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 증폭기능을 갖는 단방향성 3단자 소자이다.
- ② 제어기능을 갖는 양방향성 3단자 소자이다.
- ③ 정류기능을 갖는 단방향성 3단자 소자이다.
- ④ 스위칭기능을 갖는 양방향성 3단자 소자이다.

정답 ③

도통(on)상태에 있는 SCR을 차단(off)상태로 만들기 위해서는 어떻게 하여야 하는가?

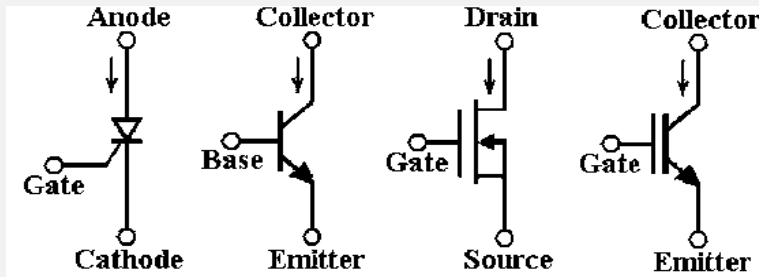
- ① 게이트 펄스전압을 가한다.
- ② 게이트 전류를 증가시킨다.
- ③ 게이트 전압이 부(-)가 되도록 한다.
- ④ 전원전압의 극성이 반대가 되도록 한다.

정답 ④





3. 반도체의 종류



명칭	제어	특징
BJT	베이스 전류 (전류제어)	Bipolar Junction Transistor 베이스 전류로 컬렉터 전류를 제어하는 전류제어스위치 MOSFET, IGBT 보다 훨씬 큰 구동전력이 필요 전력용BJT는 온 상태를 유지하는데 큰 전류가 필요
MOSFET	게이트 신호 (전압제어)	스위칭 속도가 매우 빠르고 소자의 용량이 작음 저전력용에 주로 사용되는 전력용 반도체 소자 게이트-소스간 전압으로 드레인 전류를 제어 전압제어스위치
IGBT	게이트 신호 (전압제어)	Insulated Gate Bipolar Transistor 트랜지스터와 MOSFET의 조합이다 MOSFET과 같이 구동 전력이 낮고 BJT와 같이 용량이 큼 게이트와 에미터 사이의 입력 임피던스가 매우 큼

전력용 MOSFET와 전력용 BJT에 대한 설명 중 틀린 것은?

- ① 전력용 BJT는 전압제어소자로 온 상태를 유지하는데 거의 무시할 만큼 전류가 필요로 한다.
- ② 전력용 MOSFET는 비교적 스위칭 시간이 짧아 높은 스위칭 주파수로 사용할 수 있다.
- ③ 전력용 BJT는 일반적으로 턴온 상태에서의 전압강하가 전력용 MOSFET보다 작아 전력손실이 적다.
- ④ 전력용 MOSFET는 온오프 제어가 가능한 소자이다.

정답 ①

IGBT의 특징으로 틀린 것은?

- ① GTO 사이리스터처럼 역방향 전압저지 특성을 갖는다.
- ② MOSFET처럼 전압제어소자이다.
- ③ BJT처럼 온드롭(on-drop)이 전류에 관계없이 낮고 거의 일정하여 MOSFET보다 훨씬 큰 전류를 흘릴 수 있다.
- ④ 게이트와 에미터간 입력 임피던스가 매우 작아 BJT보다 구동하기 쉽다.

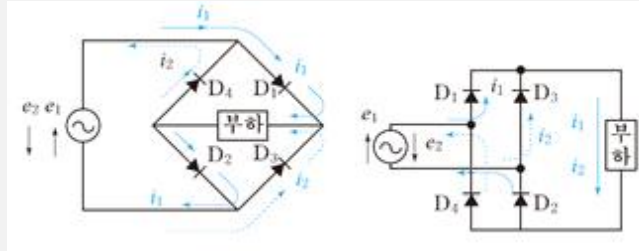
정답 ④



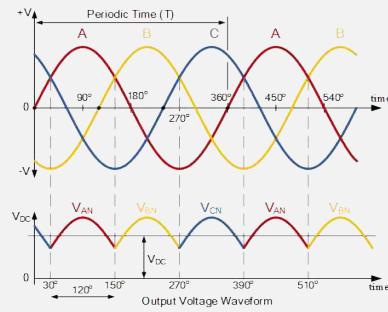
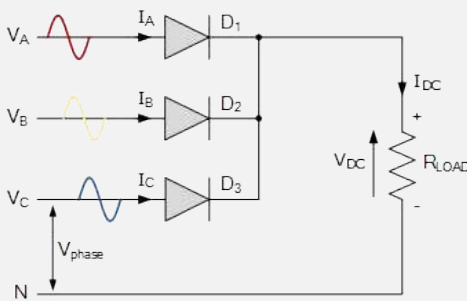


4. 정류회로 - 2

3. 브리지 정류회로



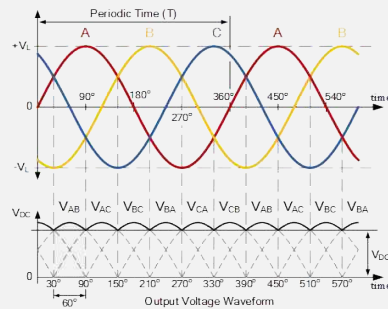
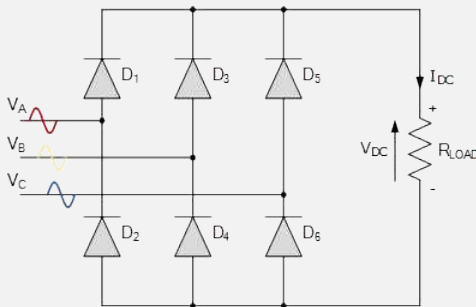
4. 3상 반파 정류 회로



$$E_d = 1.17E = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi}E$$

$$I_d = \frac{E_d}{R} = 1.17 \frac{E}{R} [A]$$

5. 3상 전파 정류 회로



$$E_d = 1.35V = \frac{3\sqrt{2}}{\pi}V$$

$$I_d = \frac{E_d}{R} = 1.35 \frac{V}{R} [A]$$

Y결선한 변압기의 2차측에 다이오드 6개로 3상 전파의 정류회로를 구성하고 저항 R을 걸었을 때의 3상 전파 직류 전류의 평균치 I[A]는? (단, E는 교류측의 선간전압이다.)

- ①  $\frac{6\sqrt{2}}{2\pi} \frac{E}{R}$
- ②  $\frac{3\sqrt{6}}{2\pi} \frac{E}{R}$
- ③  $\frac{3\sqrt{6}}{\pi} \frac{E}{R}$
- ④  $\frac{6\sqrt{2}}{\pi} \frac{E}{R}$

정답 ①



4. 정류회로 - 3

4. 맥동률

$$\text{맥동률 } r = \frac{\text{교류성분}}{\text{직류성분}}$$

5. 정류 효율

$$\text{정류효율} = \frac{\text{직류출력}(P_{dc})}{\text{교류입력}(P_{ac})} \times 100$$

6. 단상 전파 정류

정류종류	직류와 교류	최대역전압	맥동 주파수	정류 효율	맥동률
단상반파	$E_d = 0.45E = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E$	$PIV = \pi E_d$ $PIV = \sqrt{2} E$ $PIV = 2\sqrt{2} E$ (단상전파)	60[Hz]	40.5 $\frac{4}{\pi^2} \times 100[\%]$	121%
단상전파	$E_d = 0.9E = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} E$		120[Hz]	81.1 $\frac{8}{\pi^2} \times 100[\%]$	48%
3상반파	$E_d = 1.17E = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} E$		180[Hz]	96.7	17%
3상전파	$E_d = 1.35E = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} E$		360[Hz]	99.8	4%

정류 회로에서 상의 수를 크게 했을 경우 옳은 것은?

- ① 맥동 주파수와 맥동률이 증가한다.
- ② 맥동률과 맥동 주파수가 감소한다.
- ③ 맥동 주파수는 증가하고 맥동률은 감소한다.
- ④ 맥동률과 주파수는 감소하나 출력이 증가한다.

정답 ③

어떤 정류기의 부하 전압이 2000[V]이고 맥동률이 3[%]이면 교류분의 진폭[V]은?

- ① 20
- ② 30
- ③ 50
- ④ 60

정답 ④



6. 교류정류자기 - 1

1. 교류 정류자 전동기 : 직류전동기와 같이 정류자를 부착한 회전자를 가진 교류전동기

1) 속도기전력

$$E_m = \frac{pZ\phi_m N}{60a} [V] \quad E = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{pZ\phi_m N}{60a} [V]$$

2) 분류

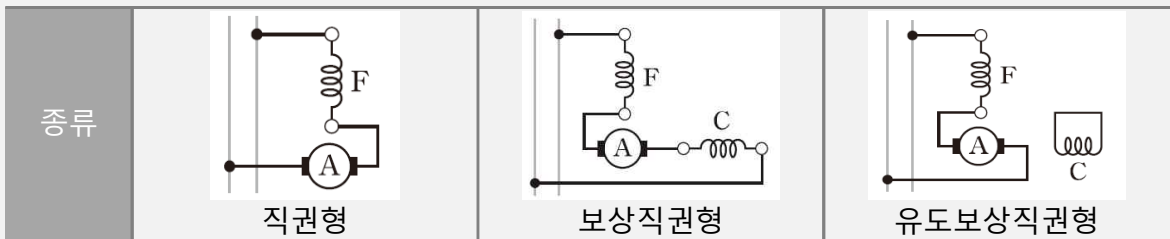
- 단상식 : 단상 직권 전동기, 단상 반발 전동기
- 3상식 : 3상 직권 전동기, 3상 분권 전동기

2. 단상 직권 정류자 전동기 : 소형공구, 영사기, 치과치료용

1) 원리 : 직류 직권 전동기에 교류를 인가할 경우 자여자전동기 특성상 회전방향이 변하지 않는 특성을 이용한 직류와 교류 모두 사용 가능한 만능 전동기이다.

2) 구조 : 교류인가시 철심이 가열되고 역률과 효율이 낮아지며, 정류가 좋지 않다

- ① 성층철심 : 계자극에서 교번자속으로 인한 철손을 감소시킴
- ② 약계자 : 계자권선의 리액턴스 영향으로 역률이 낮아지므로 계자권수를 줄임
- ③ 강전기자 : 약계자로 인한 자속과 토크감소를 보상하기 위해 전기자권수를 늘림  
\* 약계자 강전기자형 : 직류기에 비해 전기자가 크고 정류자 편수도 많음
- ④ 보상권선 : 전기자 권수의 증가로 커진 반작용 감소 및 역률개선을 위해 설치
- ⑤ 고저항의 도선 : 전기자 코일과 정류자편 사이에 사용하여 단락 전류 제한
- ⑤ 회전속도를 증가 : 속도 증가시 (기전력이 전류와 동상으로 유기) 역률이 개선



75W 이하의 소출력 단상 직권정류자 전동기의 용도로 적합하지 않은 것은?

- |        |         |
|--------|---------|
| ① 믹서   | ② 소형공구  |
| ③ 공작기계 | ④ 치과의료용 |

정답 ③

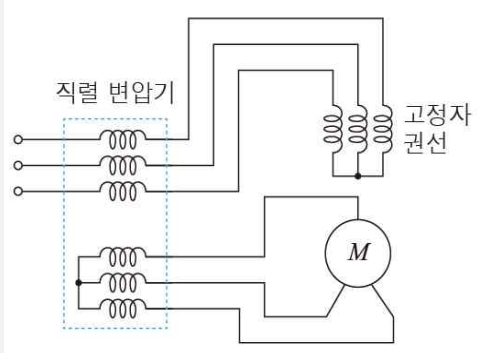
단상 직권정류자전동기에 관한 설명 중 틀린 것은? (단, A : 전기자, C : 보상권선, F : 계자권선이라 한다.)

- ① 직권형은 A와 F가 직렬로 되어 있다.
- ② 보상 직권형은 A, C 및 F가 직렬로 되어있다.
- ③ 단상 직권정류자전동기에서는 보극권선을 사용하지 않는다.
- ④ 유도 보상 직권형은 A와 F가 직렬로 되어 있고 C는 A에서 분리한 후 단락되어 있다.

정답 ③

6. 교류정류자기 - 2

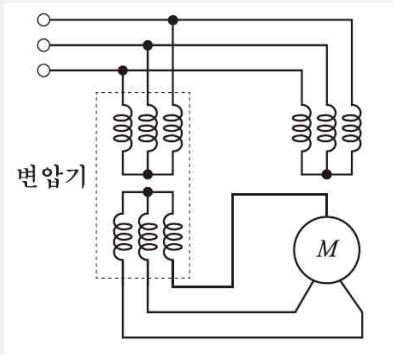
3. 3상 직권 정류자 전동기



- ① 특징(회전자는 직류기 전기자 구조)
- 가변속도 전동기로 기동토크가 큼
  - 동기속도에서 효율과 역률이 가장 좋음
  - 브러시로 속도 및 회전방향 제어 가능
  - 브러시가 회전방향으로 이동시 철손이 증가
  - 고정자와 회전자 권선 역위상시 브러시 단락

- ② 중간(직렬)변압기 사용목적 (직권 구조 : 고정자 권선과 직렬로 연결)
- 실효 권수비를 바꿔서 전동기 특성 조정하고 정류에 알맞은 전압 선정
  - 중간(직렬)변압기의 철심의 포화로 무부하시 속도의 급상승(직권 특성) 억제

4. 교류 분권 정류자 전동기(시라게 전동기)



- 정속도 전동기(분권) + 가변속도 전동기(교류)
- 역률과 효율이 좋음
  - 브러시의 이동으로 간단하게 속도를 제어 가능
  - 1차 권선을 회전자에 둔 3상 권선형 유도전동기

3상 직권 정류자 전동기에 있어서 직렬변압기의 권수비 조정으로 할 수 없는 것은 ?

- ① 정역회전을 할 수 있다.
- ② 회전자의 전압을 자유로이 선택할 수 있기 때문에 정류가 용이하다.
- ③ 속도조정이 편리하다.
- ④ 경부하시에 속도의 급상승을 방지 할 수 있다.

정답 ①

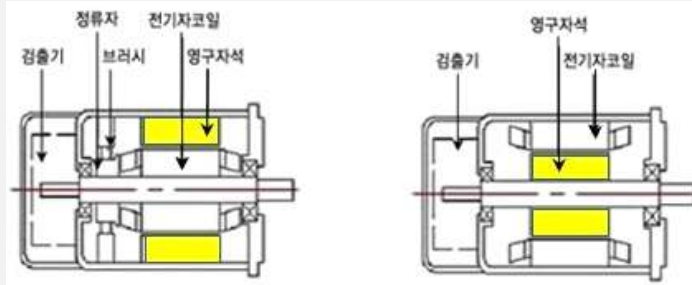
교류 전동기에서 브러시 이동으로 속도변화가 편리한 전동기는?

- ① 시라게 전동기
- ② 농형 전동기
- ③ 동기 전동기
- ④ 2중 농형 전동기

정답 ①

 7. 제어용 기기

서보모터(Servo Motor) : 위치, 자세, 각도 등을 제어량으로 하기 위한 전동기이다.



- 직류 서보모터의 기동토크가 교류 서보모터보다 크다
- 관성 모멘트가 작다 (회전자를 얇고 길게 할 것)
- 기계적 시간상수(시정수)가 작고 응답이 빠르다
- 기동 토크가 크다
- 토크-속도곡선이 수하특성을 가진다
- 전압이 0이 되었을 때 신속하게 정지한다
- 회전자 팬에 의해 냉각 효과 기대할 수 없다
- 빈번한 시동, 정지, 역전 및 큰 돌입전류의 가혹한 환경에 견딜 수 있다

브러시리스 DC서보 모터의 특징으로 틀린 것은?

- ① 단위 전류당 발생 토크가 크고 효율이 좋다.
- ② 토크 맥동이 작고, 안정된 제어가 용이하다.
- ③ 기계적 시간 상수가 크고 응답이 느리다.
- ④ 기계적 접점이 없고 신뢰성이 높다.

정답 ③

다음 중 DC서보모터의 제어 기능에 속하지 않는 것은?

- ① 역률 제어 기능
- ② 전류 제어 기능
- ③ 속도 제어 기능
- ④ 위치 제어 기능

정답 ①