

## 전기기기

### ■ 직류 발전기 3대 요소 : 계자, 전기자, 정류자

▲ 계자 : 자속을 발생

▲ 전기자 : 자속을 끊어 유기기전력을 발생

▲ 정류자 : 교류를 직류로 변성

### ■ 발전기 유도 기전력 :

$$E = e \times \frac{Z}{a} = \frac{P\phi N}{60} \times \frac{Z}{a} = \frac{PZ}{60a} \phi N = K\phi N [V]$$

### ■ 브러시(brush) : 내부회로와 외부회로를 연결

### ■ 탄소브러시 사용이유 : 접촉 저항이 크다.

### ■ 중권과 파권의 비교

비교 항목	중권(병렬권)	파권(직렬권)
병렬 회로 수	극수 $P_w$ 같다.	항상 2
브러시 수	극수와 동일	2개 또는 극수만큼
용도	저전압, 대전류용	소전류, 고전압용
균압고리	대용량에서 필요	불필요

### ■ 균압고리(균압환) : 브러시 불꽃 방지

### ■ 전기자 반작용

▲ 발생 이유 : 전기자 권선의 전류 때문

▲ 영향 : 중성축 이동, 주자속 감소, 정류 불량  
(전동기는 토크감소, 발전기는 기전력감소)

### ▲ 방지대책

① 브러시 위치를 전기적 중성점으로 이동

② 보극을 설치

③ 보상 권선을 설치(전기자 전류 방향과 반대로)

$$\blacksquare \text{역기전력은} : E = \frac{P}{a} Z \phi \cdot \frac{N}{60} = K \phi N [V] = V - I_a R_a [V]$$

### ■ 플레밍 법칙 : 발전기(오른손), 전동기(왼손), [암기법: 우발좌전]

$$\blacksquare \text{전동기의 속도} : N = K \frac{E}{\phi} = K \frac{V - I_a R_a}{\phi}$$

### ■ 속도제어법

① 계자 제어법 : 정출력 제어법

② 전압 제어법 : 속도제어 범위를 광범위 제어

③ 저항 제어법 : 전기자 회로에 기동저항을 삽입

### ■ 제동법 : 발전제동, 회생제동, 역상제동(플러깅)

### ■ 효율

$$\blacksquare \text{실측 효율} : \eta = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 [\%]$$

$$\blacksquare \text{발전기 규약효율} : \eta_G = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100 [\%]$$

$$\text{전동기 규약효율} : \eta_M = \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100 [\%]$$

$$\blacksquare \text{최대 효율} : \text{고정손} = \text{가변손}(\text{철손}=\text{동손})$$

- 타여자 발전기 : 잔류자기가 없어도 발전 가능
- 외부 특성곡선 : 부하전류와 단자전압(or 유기기전력)의 관계
- 무부하 특성곡선 : 계자전류와 전압의 관계
- 수하특성 : 차동복권발전기(용접기용 발전기)
- 복권 발전기를 분권으로 : 직권 계자 단락
- 복권 발전기를 직권으로 : 분권 계자 개방
- 평복권 발전기 : 무부하전압 = 전부하 전압
- 과복권 발전기 : 전부하 전압 > 무부하 전압
- 직류 발전기의 병렬운전 조건

① 정격전압이 같을 것

② 극성이 일치할 것

③ 외부 특성 곡선이 거의 일치할 것

### ■ 복권 발전기의 병렬운전 : 균압선 사용

■ 직권 전동기 : 힘이세다, 토크는 전류의 제곱에 비례, 토크와 속도는 제곱에 반비례, 무부하운전 금지, 전동차&권상기&크레인 사용

$$\blacksquare \text{직권 전동기 토크} : \tau \propto I^2, \tau \propto \frac{1}{N^2}$$

▲ 직권전동기 토크는 전류의 제곱에 비례(회전수의 제곱에 반비례)

▲ 분권전동기 토크는 전류에 비례

■ 분권전동기 : 정속도 전동기, 정속도 특성이 유리한 곳에 사용

$$\blacksquare \text{속도변동률} : \epsilon = \frac{N_0 - N_n}{N_n} \times 100 [\%]$$

■ 속도 : 계자저항증가  $\Rightarrow$  계자전류감소  $\Rightarrow$  자속감소  $\Rightarrow$  속도증가

$$\blacksquare \text{토크공식} : T = 0.975 \frac{P}{N} [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

■ 대형 직류전동기의 토크 측정 : 전기 동력계

### ■ 변압기의 기본원리 : 전자유도

$$\blacksquare \text{권수비} : a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

■ 등가회로 : 1, 2차의 전기회로와 자기회로를 합하여 하나의 전기회로로 변환시킨 것

■ 정격 1차 전압 = 정격 2차 전압  $\times$  권수비

■ 변압기 유기기전력 :  $E = 4.44f\phi N$

$$\blacksquare \text{변압기 규약효율} : \eta = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100 [\%]$$

■ 직권(소형변압기 권선법), 형권(중형변압기 권선법)

■ 몰드변압기 : 코일을 에폭시 수지로 몰드한 절연변압기

■ 철손과 구리손이 같을 때( $P_i = P_c$ ) 최대 효율이 된다.

■ 히스테리시스손 :  $P_h = K_h f B_m^2 \Rightarrow$  규소강판 사용

■ 맴돌이 전류손 :  $P_e = K_e f^2 t^2 B_m^2 \Rightarrow$  철심 성층

■ 주파수변화에 따른 손실(전압이 일정할 경우)

⑦ 주파수 증가  $\rightarrow$  히스테리시스손 감소  $\rightarrow$  철손 감소

㉡ 주파수 감소  $\rightarrow$  히스테리시스손 증가  $\rightarrow$  철손 증가

- 고정손 : 부하의 변화에 따라 변하지 않는 손실(철손)
- 가변손 : 부하의 변화에 따라 변하는 손실(동손)
  
- 히스테리시스 곡선
  - ▲ 횡축 : 자기장의 세기(만나는점 - 보자력)
  - ▲ 종축 : 자속밀도(만나는 점 - 잔류자기)
- 부하 손실의 측정 : 단락시험
- 임피던스 와트 : 권선의 구리손과 표유 부하손의 합
- 개방시험 : 철손, 무부하전류, 와류손, 히스테리시스손 등
- 단락시험 : 부하 쪽을 단락하고 실시하는 시험
  - ⇒ 권선의 저항, 누설리액턴스, 패션트 전압강하, 전압변동률 등을 계산
- 전압 변동률 :  $\epsilon = \frac{\text{무부하전압} - \text{정격전압}}{\text{정격전압}} \times 100[\%]$
- 백분율 전압강하 :  $\epsilon = p \cos \theta + q \sin \theta [\%]$
- 변압기의 이상검출
  - ① 차동 계전기(전기적 이상 검출)
  - ② 비율차동 계전기(전기적 이상 검출, 단락보호용)
  - ③ 부호홀츠 계전기(주 탱크와 콘서베이터 파이프사이에 설치)
- 변압기유의 구비조건
  - ① 절연 내력이 높을 것
  - ② 인화점이 높고 응고점이 낮을 것
  - ③ 화학적인 영향을 받지 않을 것
  - ④ 침전물이 생기지 않거나, 산화하지 않을 것
  - ⑤ 냉각효과가 크고 비열과 열 전도도가 크며, 점성도가 작을 것
- 변압기 냉각방식
  - ▲ ONAN : 유입자냉식(주상변압기)
  - ▲ ONAF : 유입풍냉식
  - ▲ OFAN : 송유자냉식
  - ▲ OFAF : 송유풍냉식
- 변압기의 아크방전 때문에 가장 많이 발생하는 가스 : 수소
- 변압기 병렬 운전조건
  - ① 극성이 같을 것
  - ② 권수비, 1차 및 2차 정격 전압이 같을 것
  - ③ 각 변압기의 임피던스가 정격 용량에 반비례 할 것
  - ④ 각 변압기의 저항과 누설 리액턴스비가 같을 것
- Y-Y결선 : 중성점을 접지가능, 2가지 전압 사용
- △-△ 결선 : V결선가능, 중성점 접지불가
- Y-△ 결선 : 위상차가  $30^\circ$  발생, 중성점접지&고조파제거
- V-V 결선 : 이용률(0.866), 출력비(0.577)
- V결선의 3상 공급전력 =  $\sqrt{3} \times 1\text{대} \text{ 공급전력}$
  
- 3상-6상 변환 : 포크결선
- 3상-2상 변환 : 스코트(scott) 결선, T결선, 우드브리지
- 탭 절환 변압기 : 배전전압을 일정하게 한다.

- 단권변압기 : 1개의 권선으로만 구성(동 절약, 승압용)
- 계기용 변압기(VT,PT) : 전압의 변성에 사용, 전압계 연결
- 계기용 변류기(CT) : 전류의 변성에 사용, 전류계 연결
- 영상변류기(ZCT) : 지락사고시 영상전류검출
- 변압기 시험법
  - ① 반환 부하법 : 2대 필요, 온도가 올라가는 원인이 되는 철손과 구리속판을 공급하여 시험
  - ② 실부하 시험 : 연속적으로 전부하를 걸어서 권선, 기름 등의 온도가 올라가는 상황을 시험하는 방법
  - ③ 등가 부하법 : 변압기의 권선 하나를 단락하고 전손실(무부하손+부하손)에 상당하는 부하 손실을 공급
- 변압기의 건조법 : 열풍법, 단락법, 진공법
- 절연온도 : Y종-90°, A종-105°, E종-120°, B종-130°, F종-155°, H종-180°, C종-180°초과
- 유도전동기의 자계특성(3상-회전자계, 단상-교변자계)
  - 사구슬롯 : 소음을 줄이기 위해 사용
  - $N_s = \frac{120 \cdot f}{p} [\text{rpm}]$
  - 슬립  $s = \frac{\text{동기속도} - \text{회전자 속도}}{\text{동기속도}} = \frac{N_s - N}{N_s}$
  - 무부하시 : 동기속도로 회전할 때  $N = N_s \quad \therefore S=0$
  - 기동시 : 회전자가 정지하고 있을 때  $N=0 \quad \therefore S=1$
  - 일반적인 전동기의 슬립 범위 :  $0 < S < 1$
  - 유도전동기의 슬립측정
    - ⇒ 회전계법, 직류 밀리볼트계법, 수화기법, 스트로보법
  - 회전자 속도 :  $N = (1-S) \cdot N_s [\text{rpm}]$
  - 2차주파수 :  $f_2 = sf_1$
  - 2차 저항(동)손  $P_{c2} = sP_2$
  - 슬립  $s = \frac{P_{c2}}{P_2} = \frac{2\text{차 전체 저항손}}{2\text{차 전체 입력}}$
  - 단상유도전동기의 정역운전
    - ⇒ 주 코일이나 보조코일의 극성을 바꾼다.
  - 콘덴서 기동형 단상 유도 전동기
    - ⇒ 대용량의 전해 콘덴서를 보조권선과 직렬로 삽입한다.
  - 농형유도전동기의 속도제어 : 극수변환, 주파수, 1차전압
  - VVF(Variable Voltage Variable Frequency) : 가변전압 가변주파수장치
  - 토크의 대 → 소 관계
    - ⇒ 반발기동형>반발유도형>콘덴서기동형(분상형)>세이딩코일형
  - 세이딩코일형 : 회전방향을 바꿀 수 없음
  - 비례 추이
    - ① 권선형 유도전동기에서만 사용.
    - ② 2차 저항증가 → 슬립 증가 → 속도 감소 → 토크 증가
    - ③ 2차 저항을 변화해도 최대 토크는 불변
    - ④ 비례 추이 할 수 있는 것 : 1차 전류, 역률, 1차 입력

## ■ 전동기 출력

① 단상 :  $P = VI \cos \theta [W]$

② 3상 :  $P = \sqrt{3} VI \cos \theta [W]$

## ■ 토크 : 유도전동기(전압 제곱에 비례), 동기전동기(전압비례)

## ■ 농형유도전동기의 기동법

① 전전압 기동법

② Y-△ 기동법

: 기동전류와 기동토크  $\frac{1}{3}$  배 감소, 5~15 KW에 사용

③ 리액터 기동법

④ 기동 보상기법

## ■ 권선형 유도전동기 : 2차 저항 기동법 (기동 저항기법)

## ■ 2차 여자법 : 회전자에 슬립주파수를 공급하여 속도제어

## ■ 비례추이 할 수 있는 것 : 1차전류, 2차전류, 역률, 1차입력, 토크 등

## ■ 비례추이 할 수 없는 것 : 출력, 효율, 동순, 동기속도 등

## ■ 원선도 작성시 필요시험 : 무부하·구속시험, 고정자권선저항측정

## ■ 동기 발전기의 구조 : 회전계자형

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} [\text{rpm}]$$

■ 주변속도 :  $v = \pi D n [\text{m/sec}] = \pi D \frac{N}{60} [\text{m/sec}]$

■ 고조파 제거 : 전절권  $\Rightarrow$  단절권, 집중권  $\Rightarrow$  분포권

■ 매극 매상당 슬롯 수 :  $q = \frac{\text{총슬롯수}}{\text{상수} \times \text{극수}}$

## ■ 동기 발전기의 병렬 운전조건

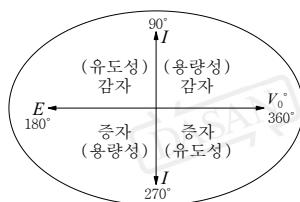
: 유도기전력의 주파수, 크기, 위상, 파형이 같은 것

## ■ 무효순환전류 : 두 발전기의 기전력 크기가 달라서

## ■ 유효순환전류 : 두 발전기의 위상·주파수 차가 있어서

## ■ 무부하 포화 곡선 : 유도기전력과 계자 전류의 관계

## ■ 동기기의 전기자 반작용 암기 표



## ■ 단락 곡선이 직선인 이유 : 전기자반작용 때문에

## ■ 동기검정기 : 교류전원의 위상을 점검하기 위하여 사용

## ■ 난조의 방지대책

- ① 계자의 자극 면에 제동권선 설치
- ② 관성모멘트를 크게 할 것( Fly wheel )
- ③ 조속기의 성능을 너무 예민하지 않도록 할 것
- ④ 고조파의 제거(단절권&분포권 사용)

## ■ 안정도 향상 대책

① 단락비를 크게 할 것

② 동기임피던스 (리액턴스)를 작게 할 것

③ 관성모멘트를 크게 할 것

④ 조속기의 신속한 동작

⑤ 속응 여자 방식을 채용

## ■ 무부하 시험(개방시험) : 철손

## ■ 단락시험 : 동순, 동기임피던스

$$\blacksquare \text{ 단락비} : K = \frac{I_f'}{I_f''} = \frac{I_s}{I_n} = \frac{100}{\%Z}$$

## ■ 단락비가 큰 기계

: 동기임피던스가 작고, 전기자 반작용이 작다.

: 공극이 크고, 무겁고 비싸다. 전압변동률이 작다.

## ■ 누설리액턴스 : 돌발단락전류를 제한

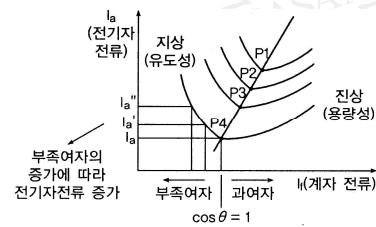
## ■ 동기리액턴스 : 영구단락전류를 제한

## ■ 동기전동기를 위상조절에 이용한 것 : 동기조상기

## ■ 동기조상기의 장점 : 진·지상 모두 보상이 가능

## ■ V곡선 (위상특성곡선)

공급전압과 부하가 일정한 상태에서 계자전류와 전기자 전류와의 관계이다



① 역률이 1일 경우 전기자 전류는 최소

② 과여자 : 콘덴서로 동작하며 앞선 전류가 흐름

③ 부족여자 : 리액터로 동작하며 뒤진 전류가 흐름

## ■ 자기여자 방지법

① 발전기를 여러 대 병렬로 접속

② 수전단에 동기 조상기를 접속

③ 단락비가 큰 발전기를 사용

④ 수전단에 리액턴스를 병렬로 접속

## ■ 동기전동기 장점 : 속도가 일정(압연기, 분쇄기, 송풍기)

## ■ 동기전동기의 기동법 :

① 유도 전동기법 : 유도전동기를 사용하여 기동(2극 적개)

② 자기 기동법 : 동기전동기의 기동시 제동권선을 이용

## ■ 반도체는 불순물이 증가할수록 저항이 감소

## ■ 반도체 반송자/종류/원자가

① P형 : 정공 / 인디움, 봉소, 알루미늄 / 3가

② N형 : 전자 / 인, 안티몬, 비소 / 5가

- 정류 : 교류를 직류로 변환(다이오드 이용)
- 정공 : 결합전자의 이탈로 생성
- 평활회로 : 콘덴서를 이용하여 출력의 교류성분을 감소시킴

- SCR의 특성
  - ① 역저지 3단자 사이리스터
  - ② 아크가 생기지 않으므로 열의 발생이 적음
  - ③ 과전압에 약함
  - ④ 전류가 흐르고 있을 때 양극의 전압강하가 적음

- SCR turn on 조건
  - ① 양극과 음극 간에 브레이크 오버전압 이상의 전압인가
  - ② 게이트에 래칭 전류 이상의 전류인가(펄스전류)
- SCR turn off 조건 : 애노드 극성 부(-), 유지전류 이하
- 유지 전류 : SCR이 ON 상태를 유지하기 위한 최소전류
- 래칭전류 : 사이리스터가 터온 하기 위한 게이트 최소전류

- GTO (gate turn off thyristor) : 자기소호가 가능
  - ① 역저지 3단자 소자
  - ② 초퍼, 직류 스위치 등에 사용.
  - ③ 자기 소호 가능 소자

- IGBT : 대전류·고전압을 제어. 자기소호가능
- TRIAC : 양방향 3단자, SCR 2개를 역병렬로 접속
- SCS : 역저지 4단자. 조광장치, 교류 스위치 등에 이용
- 단자별 반도체 소자
  - ▲ 2단자 : DIAC, SSS, Diode
  - ▲ 3단자 : SCR, LASCR, GTO, TRIAC
  - ▲ 4단자 : SCS
- 맥동률 =  $\frac{\text{교류분}}{\text{직류분}}$
- 단상 : 반파정류(입력  $\times 0.45$ ), 전파정류(입력  $\times 0.9$ )
- 3상 : 반파정류(입력  $\times 1.17$ ), 전파정류(입력  $\times 1.35$ )
- 전력변환 회로
  - ① 인버터 회로 : 직류  $\Rightarrow$  교류(역변환)
  - ② 컨버터 회로 : 교류  $\Rightarrow$  직류(순변환)
  - ③ 사이클로 컨버터 : 교류  $\Rightarrow$  교류(주파수만 변경)
  - ④ 초퍼 회로 : 직류  $\Rightarrow$  직류