

## 전기기기

|                         |  |                         |  |
|-------------------------|--|-------------------------|--|
| 동영상<br>바로보기<br>(전병렬 버전) |  | 동영상<br>바로보기<br>(송건웅 버전) |  |
|-------------------------|--|-------------------------|--|

- 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.
- 자기저항이 가장 큰 곳 : 공극(Air gap) ∵ 누설자속 때문에
- 중권과 파권의 비교

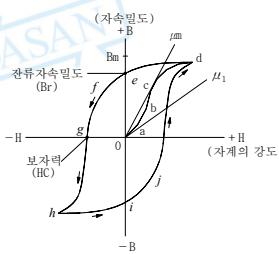
| 비교 항목   | 중권(병렬권)   | 파권(직렬권)    |
|---------|-----------|------------|
| 병렬 회로 수 | 극수 P와 같다. | 항상 2       |
| 브러시 수   | 극수와 동일    | 2개 또는 극수만큼 |
| 용도      | 저전압, 대전류용 | 소전류, 고전압용  |
| 균압고리    | 대용량에서 필요  | 불필요        |

- 균압고리(균압환) : 브러시에서 발생하는 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)
- 보극이 없는 직류기가 무부하일 때 : 중성점 위치가 변하지 않음
- 타여자 발전기 : 잔류자기가 없어도 발전 가능
- 외부 특성곡선 : 부하전류와 단자전압(or 유기기전력)의 관계
- 무부하 특성곡선 : 계자전류와 단자전압의 관계
- 수하특성 : 차동복권발전기(용접기용 발전기)
- 복권 발전기를 분권으로 : 직권 계자 단락(short)
- 복권 발전기를 직권으로 : 분권 계자 개방(open)
- 평복권 발전기 : 무부하전압 = 전부하 전압
- 과복권 발전기 : 전부하 전압 > 무부하 전압
  - ▶ 전압강하 보상용으로 사용

- 직류 발전기의 병렬운전 조건
  - ① 정격전압이 같을 것
  - ② 극성이 일치할 것
  - ③ 외부 특성 곡선이 거의 일치할 것
- 복권 발전기의 병렬운전 : 균압선 사용
- 역기전력 :  $E = \frac{P}{a} Z \Phi \cdot \frac{N}{60} = K\Phi N = V - I_a R_a [V]$
- 플레밍 법칙 : 발전기(오른손), 전동기(왼손), [암기법: 우발좌전]
- 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
  - ① 실측 효율 :  $\eta = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 [\%]$
  - ② 발전기 규약효율 :  $\eta_G = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100 [\%]$
  - 전동기 규약효율 :  $\eta_M = \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100 [\%]$
  - ③ 최대 효율 : 고정순 = 가변순(철순=동순)
- 직권 전동기 : 힘이세다, 토크는 전류의 제곱에 비례, 토크와 속도는 제곱에 반비례, 무부하운전 금지, 전동차&권상기&크레인 사용
- 직권 전동기 토크 :  $\tau \propto I^2, \tau \propto \frac{1}{N^2}$
- ▶ 직권 전동기 토크는 전류의 제곱에 비례(회전수의 제곱에 반비례)
- ▶ 분권전동기 토크는 전류에 비례
- 분권전동기 : 정속도 전동기, 정속도 특성이 유리한 곳에 사용
- 속도변동률
 
$$\epsilon = \frac{N_0 - N_n}{N_n} \times 100 [\%] = \frac{\text{무부하} - \text{정격}}{\text{정격}} \times 100 [\%]$$
- 속도 : 계자저항증가  $\Rightarrow$  계자전류감소  $\Rightarrow$  자속감소  $\Rightarrow$  속도증가
- 토크공식 :  $T = 0.975 \frac{P}{N} [\text{kg}\cdot\text{m}]$
- 대형 직류전동기의 토크 측정 : 전기 동력계
- 변압기의 기본원리 : 전자유도
- 권수비 :  $a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$
- 등기회로 : 1, 2차의 전기회로와 자기회로를 합하여 하나의 전기회로로 변환시킨 것

- 정격 1차 전압 = 정격 2차 전압 × 권수비
- 변압기 유기기전력 :  $E = 4.44f\Phi N$
- 변압기 규약효율 :  $\eta = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100 [\%]$
- 직권(소형변압기 권선법), 형권(중형변압기 권선법)
- 몰드변압기 : 코일을 에폭시 수지로 몰드한 절연변압기
- 히스테리시스손 :  $P_h = K_h f B_m^2 \Leftrightarrow$  규소강판(3~4%) 사용
- 맴돌이 전류손 :  $P_e = K_e f^2 t^2 B_m^2 \Leftrightarrow$  철심 성층
- 주파수변화에 따른 손실(전압이 일정할 경우)
  - ① 주파수 증가 → 히스테리시스손 감소 → 철손 감소
  - ② 주파수 감소 → 히스테리시스손 증가 → 철손 증가
- 고정손 : 부하의 변화에 따라 변하지 않는 손실(철손)
- 가변손 : 부하의 변화에 따라 변하는 손실(동손)
- 표유부하손 : 측정과 계산으로 구할 수 없는 손실로 철심내부 발생

- 히스테리시스 곡선
  - ▶ 횡축(가로축) : 자기장의 세기(만나는점 - 보자력)
  - ▶ 종축(세로축) : 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, 퍼센트 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
- 변압기의 열화방지 : 브리더, 불활성 질소, 콘서베이터
- 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

#### ▪ 변압기 결선의 특징

- ▶ Y-Y결선 : 중성점 접지 가능, 2가지 전압 사용
- ▶ △-△ 결선 : V결선 가능, 중성점 접지 불가
- ▶ Y-△ 결선 : 위상차가  $30^\circ$  발생, 중성점 접지 & 고조파 제거
- ▶ V-V 결선 : 이용률(0.866), 출력비(0.577)
- ▶ 승압기(△-Y결선), 강압기(Y-△결선)

- 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 변성, 병렬, 전압계 연결
- 계기용 변류기(CT) : 전류의 변성, 직렬, 전류계 연결
- 변류기 2차측 개방 : 절연보호를 위하여
- 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 상태를 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-교번자계)
- 유도전동기의 동작원리 : 전자유도와 플레밍의 원순법칙
- 사구슬롯 : 소음을 줄이기 위해 사용

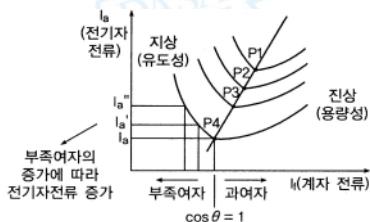
- 3상 유도전동기의 역회전 : 3상의 3선중 2가닥을 교체
- 동기속도 :  $N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$  [rpm]
- 슬립 :  $s = \frac{\text{동기속도} - \text{회전자속도}}{\text{동기속도}} = \frac{N_s - N}{N_s}$
- 무부하시 : 동기속도로 회전할 때  $N = N_s \quad \therefore s=0$
- 기동시 : 회전자가 정지하고 있을 때  $N=0 \quad \therefore s=1$
- 일반적인 전동기의 슬립 범위 :  $0 < s < 1$
- 유도전동기의 슬립측정
  - ▶ 회전계법, 직류 밀리볼트계법, 수화기법, 스트로보법
- 회전자 속도 :  $N = (1-s)N_s$  [rpm]
- 2차 주파수 :  $f_2 = sf_1$
- 2차 저항(동)손 :  $P_{\alpha_2} = sP_2$
- 슬립 :  $s = \frac{P_{\alpha_2}}{P_2} = \frac{\text{2차 전체 저항손}}{\text{2차 전체 입력}}$
- 단상유도전동기의 정역운전
  - ▶ 주 코일이나 보조코일의 극성을 바꾼다.
- 콘덴서 기동형 단상 유도 전동기
  - ▶ 대용량의 전해 콘덴서를 보조권선과 직렬로 삽입한다.
- 농형유도전동기의 속도제어 : 극수변환, 주파수, 1차전압
- VVF(Variiable Voltage Variable Frequency, 인버터 제어)
- ▶ 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, 동손, 동기속도 등
- 원선도 작성시 필요시험 : 무부하·구속시험, 고정자권선저항측정
- 전동기 철심강판 흄(slot)모양 : 고압(개방형), 저압(반폐형)
- 동기 발전기의 구조 : 회전계자형
- 동기속도 :  $N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$  [rpm]
- 주변속도 :  $v = \pi D n = \pi D \frac{N}{60}$  [m/sec]
- 고조파 제거 : 전절권 보다는 단절권, 집중권 보다는 분포권
- 매극 매상당 슬롯 수 :  $q = \frac{\text{총슬롯수}}{\text{상수} \times \text{극수}}$
- 동기 발전기의 별별 운전조건
  - ▶ 유도기전력의 주파수, 크기, 위상, 파형이 같을 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
 

The diagram illustrates a circular magnetic core with two main vertical legs. The top leg has a vertical slot labeled 'I' at the top edge. The bottom leg has a vertical slot labeled 'I' at the bottom edge. Between these slots, there are two horizontal segments labeled 'E' on the left and 'V' on the right. The top segment is labeled '90°' and the bottom segment is labeled '270°'. Along the top edge of the top leg, there are three labels: '(유도성)' at the top, '감자' in the middle, and '(증자)' at the bottom. Along the bottom edge of the bottom leg, there are three labels: '(증자)' at the top, '감자' in the middle, and '(유도성)' at the bottom. The right side of the core is labeled '360°'.
- 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 : 동손, 동기임피던스
- 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 전기자전류와의 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
- 동기전동기 자기동에서 계자권선을 단락  $\Rightarrow$  고전압 유도방지
- 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
- 애벌련치 항복전압 : 온도가 높아짐에 따라 증가
- 발광 다이오드(LED) : 계측기나 숫자 표시에 사용
- 마이크로 프로세서의 크리스탈(crystal) : 발진작용
- 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 턴온 하기 위한 게이트 최소전류

- GTO (gate turn off thyristor)
  - 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 =  $\frac{\text{교류분}}{\text{직류분}}$

### [ 직류출력전압 ]

| 구분 | 단상                      | 3상                      |
|----|-------------------------|-------------------------|
| 반파 | $0.45 \times \text{입력}$ | $1.17 \times \text{입력}$ |
| 전파 | $0.9 \times \text{입력}$  | $1.35 \times \text{입력}$ |

- 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
- PLC : 기계장비나 프로세서를 제어하는 산업용 컴퓨터