

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 P와 같다.	항상 2
브러시 수	극수와 동일	2개 또는 극수만큼
용 도	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)
- 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 : 고정손 = 가변손(철손=동손)

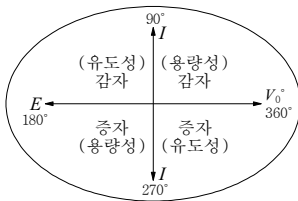
- 타여자 발전기 : 잔류자기가 없어도 발전 가능
- 외부 특성곡선 : 부하전류와 단자전압(or 유기기전력)의 관계
- 무부하 특성곡선 : 계자전류와 단자전압의 관계
- 수하특성 : 차동복권발전기(용접기용 발전기)
- 복권 발전기를 분권으로 : 직권 계자 단락(short)
- 복권 발전기를 직권으로 : 분권 계자 개방(open)
- 평복권 발전기 : 무부하전압 = 전부하 전압
- 과복권 발전기 : 전부하 전압 > 무부하 전압
- 직류 발전기의 병렬운전 조건
 - ① 정격전압이 같을 것
 - ② 극성이 일치할 것
 - ③ 외부 특성 곡선이 거의 일치할 것
- 복권 발전기의 병렬운전 : 균압선 사용
- 직권 전동기 : 힘이세다, 토크는 전류의 제곱에 비례,
토크와 속도는 제곱에 반비례, 무부하운전 금지,
전동차&관상기&크레인 사용
- 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
- 속도변동률

$$\epsilon = \frac{N_0 - N_n}{N_n} \times 100 [\%] = \frac{\text{무부하} - \text{정격}}{\text{정격}} \times 100 [\%]$$
- 속도 : 계자저항증가 ⇨ 계자전류감소 ⇨ 자속감소 ⇨ 속도증가
- 토크공식 : $T = 0.975 \frac{P}{N} [\text{kg} \cdot \text{m}]$
- 대형 직류전동기의 토크 측정 : 전기 동력계
- 변압기의 기본원리 : 전자유도
- 권수비 : $a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$
- 등가회로 : 1, 2차의 전기회로와 자기회로를 합하여
하나의 전기회로로 변환시킨 것
- 정격 1차 전압 = 정격 2차 전압 × 권수비
- 변압기 유기기전력 : $E = 4.44 f \Phi N$
- 변압기 규약효율 : $\eta = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100 [\%]$
- 직권(소형변압기 권선법), 형권(중형변압기 권선법)
- 몰드변압기 : 코일을 에폭시 수지로 몰드한 절연변압기
- 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)
 - 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)
- 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, 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 부호출조 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 : 유입자연식(주상변압기)
 - ▲ ONAF : 유입풍냉식
 - ▲ OFAN : 송유자연식
 - ▲ 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
- Δ-Δ 결선 : Y결선가능, 중성점 접지불가
- Y-Δ 결선 : 위상차가 30° 발생, 중성점접지&고조파제거
- V-V 결선 : 이용률(0.866), 출력비(0.577)
- 승압기(Δ-Y결선), 강압기(Y-Δ결선)
- V결선의 3상 공급전력 = $\sqrt{3} \times 1$ 대 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)

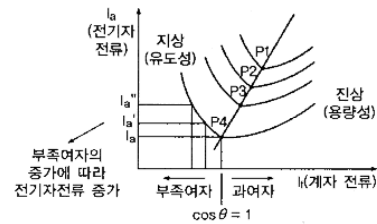
- 계기용 변압기(VT,PT) : 전압의 변성에 사용, 전압계 연결
- 계기용 변류기(CT) : 전류의 변성에 사용, 전류계 연결
- 영상변류기(ZCT) : 지락사고시 영상전류검출
- 변압기 시험법
 - ① 반환 부하법 : 2대 필요, 온도가 올라가는 원인이 되는 철손과 구리속판을 공급하여 시험
 - ② 실부하 시험 : 연속적으로 전부하를 걸어서 권선, 기름 등의 온도가 올라가는 상태를 시험하는 방법
 - ③ 등가 부하법 : 변압기의 권선 하나를 단락하고 전손실(무부하손+부하손)에 상당하는 부하 손실을 공급
- 변압기의 건조법 : 열풍법, 단락법, 진공법
- 절연온도 : Y종-90°, A종-105°, E종-120°, B종-130°, F종-155°, H종-180°, C종-180°초과
- 유도전동기의 자체특성(3상-회전자계, 단상-교번자계)
- 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 $N = N_s \therefore s = 0$
- 기동시 : 회전자속이 정지하고 있을 때 $N = 0 \therefore s = 1$
- 일반적인 전동기의 슬립 범위 : $0 < s < 1$
- 유도전동기의 슬립측정 : 회전자계법, 직류 밀리볼트계법, 수화기법, 스트로보법
- 회전자 속도 : $N = (1 - s)N_s [\text{rpm}]$
- 2차주파수 : $f_2 = sf_1$
- 2차 저항(동)손 : $P_{r2} = sP_2$
- 슬립 : $s = \frac{P_{r2}}{P_2} = \frac{2\text{차 전체 저항손}}{2\text{차 전체 입력}}$
- 단상유도전동기의 정역운전 : 주 코일이나 보조코일의 극성을 바꾼다.
- 콘덴서 기동형 단상 유도 전동기 : 대용량의 전해 콘덴서를 보조권선과 직렬로 삽입한다.
- 농형유도전동기의 속도제어 : 극수변환, 주파수, 1차전압
- VVVF(Variable Voltage Variable Frequency) : 가변전압 가변주파수장치
- 토크의 대 → 소 관계 : 반발기동형>반발유도형>콘덴서기동형(분상형)>셰이딩코일형
- 셰이딩코일형 : 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 제에 비해), 동기전동기(전압비례)
- 농형유도전동기의 기동법
 - ① 전전압 기동법
 - ② Y-Δ 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, 1차임력, 토크 등
- 비례추이 할 수 없는 것 : 출력, 효율, 동손, 동기속도 등
- 원선도 작성시 필요시험 : 무부하·구속시험, 고정자권선저항측정
- 동기 발전기의 구조 : 회전자자형
- 동기속도 : $N_s = \frac{120 \cdot f}{p} [\text{rpm}]$
- 주변속도 : $v = \pi D n = \pi D \frac{N}{60} [\text{m/sec}]$
- 고조파 제거 : 전절권 ⇨ 단절권, 집중권 ⇨ 분포권
- 매극 매상당 슬롯 수 : $q = \frac{\text{총슬롯수}}{\text{상수} \times \text{극수}}$
- 동기 발전기의 병렬 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



- 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 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 방법
 - 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 적계)
 - ② 자기 기동법 : 동기전동기의 기동시 제동권선을 이용
- 반도체는 불순물이 증가할수록 저항이 감소
- 반도체 반송자/종류/원자
 - ① P형 : 정공 / 인디움, 붕소, 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
- 애벌런치 항복전압 : 온도가 높아짐에 따라 증가

- 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) : 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 = $\frac{\text{교류분}}{\text{직류분}}$

[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 ⇨ 교류(역변환)
 - ② 컨버터 회로 : 교류 ⇨ 직류(순변환)
 - ③ 사이클로 컨버터 : 교류 ⇨ 교류(주파수만 변경)
 - ④ 초퍼 회로 : 직류 ⇨ 직류