


전기기기

제1장. 직류기

■발전기와 전동기의 비교

종류	발전기	전동기
타 여 자	<ul style="list-style-type: none"> • 잔류자기 없어도 발전가능(ℳ부에서 전기 주니까) • 전기자전류 : $I_a = I = \frac{V}{P}$ ① I(부하전류) ② V(단자전압, 정격전압) • 유기기전력[피자파이] : $E[V] = \frac{PZ}{60a} \cdot \phi \cdot N = K \cdot \phi \cdot N = V + I_a R_a$ ③ P(극수) : 극수는 짝수로 이루어짐  <ul style="list-style-type: none"> ④ Z(총도체수 즉 총코일수) ⑤ a(병렬회로수) <ul style="list-style-type: none"> (a) 중권(병렬권)-중첩해서감아, 저전압대전류, $a=P$ (b) 파권(직렬권)-퍼트러서감아, 고전압소전류, $a=2$[파직, 파이] ⑥ N(RPM 즉 분당회전수), n(RPS 즉 초당회전수) ⑦ $K = \frac{PZ}{60a}$ ⑧ I_a(전기자전류), R_a(전기자저항) 	<ul style="list-style-type: none"> • 유기기전력[피자파이] : $E[V] = \frac{PZ}{60a} \cdot \phi \cdot N = V - I_a R_a$ ① $K = \frac{PZ}{2\pi a}$ • 회전수 : $N = \frac{V - I_a R_a}{\phi}$ ② K는 있어도 그만 없어도 그만 ③ $V = I_a R_a + N\phi$

종류	발전기	전동기
분권 자 여 자	<ul style="list-style-type: none"> • 전기자전류 : $I_a = I + I_f = \frac{P}{V} + \frac{V}{R_f}$ ① I_f(계자전류), R_f(계자저항) • 유기기전력 : $E[V] = \frac{PZ}{60a} \cdot \phi \cdot N = V + I_a R_a$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 정속도 특성의 전동기 • 계자와 전기자가 병렬접속 • 계자회로에 퓨즈 삽입 금지 • 전기자전류 : $I_a = I - I_f = I - \frac{V}{R_f}$ • 유기기전력 : $E[V] = \frac{PZ}{60a} \cdot \phi \cdot N = V - I_a R_a$ • 속도제어법 <ul style="list-style-type: none"> ① V(전압제어법) - 가장 널리 사용 <ul style="list-style-type: none"> (a) 정토크제어 (b) 워드레어너드 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 속도제어범위 넓다, 속도정밀조정O ◦ 기동저항기가 필요X (c) R_a(저항제어법) - 실제사용X, R_a의 전압강하, (d) ϕ(계자제어법) - 정출력제어(출력이 일정) • 속도변동률 : $\epsilon[\%] = \frac{\text{무부하속도} - \text{정격속도}}{\text{정격속도}} = \frac{N_0 - N}{N} \times 100$ • 토크(회전력) : $T[N.m] = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi n} = \frac{P}{2\pi \cdot \frac{N}{60}} = 9.55 \frac{P}{N}$ ① $P = EI_a$ ② $T[Kg.m] = 0.975 \frac{P}{N}$ ③ $1kg = 9.8[N]$
직권	<ul style="list-style-type: none"> • 전기자전류 : $I_a = I = I_s = \frac{P}{V}$ ① I_s(직권계자전류), R_s(직권계자저항) • 유기기전력 ; $E[V] = \frac{PZ}{60a} \cdot \phi \cdot N = V + I_a(R_a + R_s)$ 	<ul style="list-style-type: none"> • 전기자전류 : $I_a = I = I_f$ • 유기기전력 : $E[V] = \frac{PZ}{60a} \cdot \phi \cdot N = V - I_a(R_a + R_s)$ • 힘이 좋다 예) 기중기, 크레인, 전동차 • 무부하 운전금지 <ul style="list-style-type: none"> ① 힘이 좋기 때문에 모터에 아무것도 안달면 안됨 ② 운전중 무부하 상태가 되면 갑자기 고속이 된다. • 벨트부하를 걸수 없다. <ul style="list-style-type: none"> ① 벨트가 벗겨지면 갑자기 고속이 된다. ② 벨트대신 체인 or 기어 걸어 • 기동토크가 좋다 : 속도와 토크가 반비례 <div style="margin-top: 10px;"> <p>N(속도)</p> <p>T(토크)</p> </div>

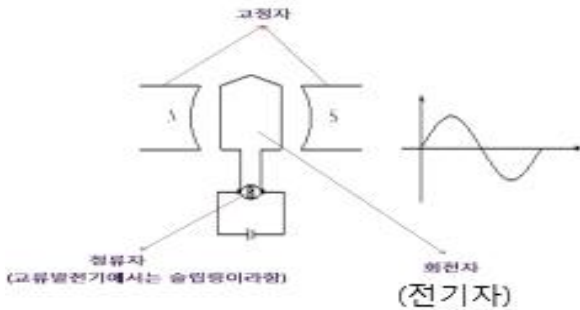
■개요

■ 직류기

㉠ 직류발전기 : 동력 → 전기

㉡ 직류전동기 : 전기 → 동력

■ 직류발전기의 원리 및 구조



■ 직류발전기의 3요소

㉠ 계자 (계자철심 + 계자권선)

(a) N극과 S극을 만드는 자속부분

(b) 자속 ϕ 을 발생

㉡ 전기자 (전기자철심 + 전기자권선)

(a) 자속 ϕ 을 끊어 유기기전력 발생

㉢ 정류자 (교류 AC → 직류 DC)

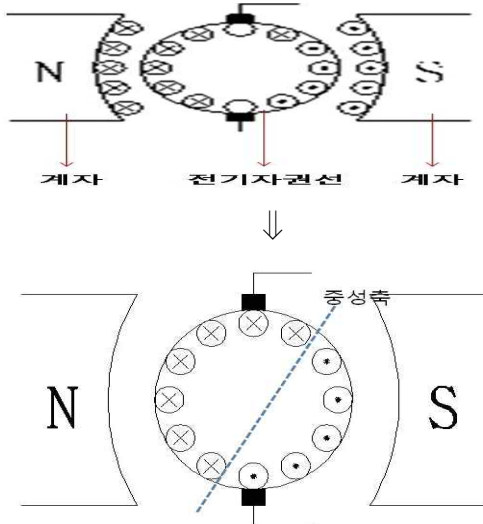
(a) 전기자에서 교류전력을 직류로 변환시키는 부분

㉣ 브러쉬 (전기자권선과 외부회로를 연결하기 위해)

(a) 정류자에서 변환된 직류기전력을 외부로 인출하기 위한 부분

■ 전기자 반작용 [참23강13분46초/24강13분01초](#)

■ 의의 : 전기자 도체의 전류에 의해 발생한 자속이 계자 자속에 영향을 주는 현상

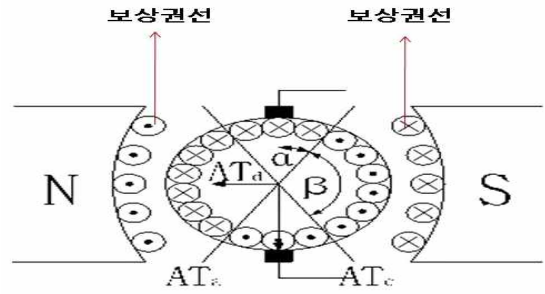


■ 전기자 반작용 발생결과

㉠ 전동기 (㉡ 모터) - 토크감소, 속도상승

㉡ 발전기 - 유기기전력 감소

■ 전기자 반작용 방지 대책



■ 보상권선 : ㉠ 주자속 감소 방지

㉡ 전기자 전류 방향과 반대로 한다.

■ 보극설치 : ㉠ 주자극과 별도로 자극을 설치

㉡ 정류작용을 개선

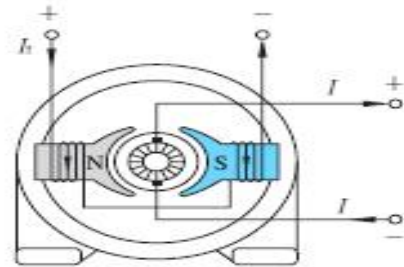
㉢ 전기자 반작용을 약화시킨다.

■ 중성축의 이동

■ 직류발전기의 특성

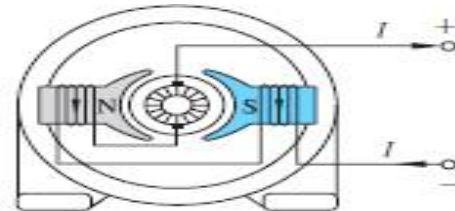
■ 여자 - 전자석이 되는것

㉠ 타여자 - 외부에서 전기를 (ϕ) 줌

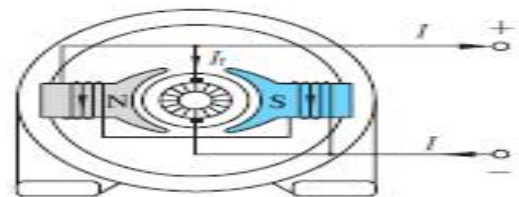


㉡ 타여자 - 내가 만든 전기를 여자시킴

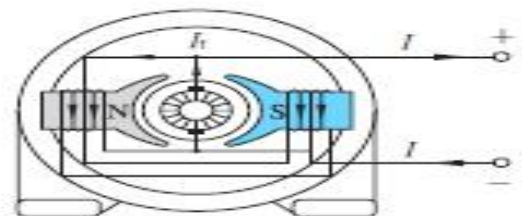
(a) 직권발전기 : 계자와 전기자가 직렬접속



(b) 분권발전기 : 계자와 전기자가 병렬접속



(c) 복권발전기 : 계자권선이 2개임, 전기자와 직.병렬로 연결

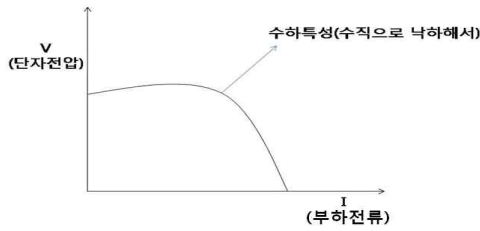


○ 외분권 - 가동복권(같은방향), 차동복권(다른방향)

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

$$E[V] = PZ\phi \frac{N}{60a} = N\phi K = V + I_a(R_a + R_s)$$

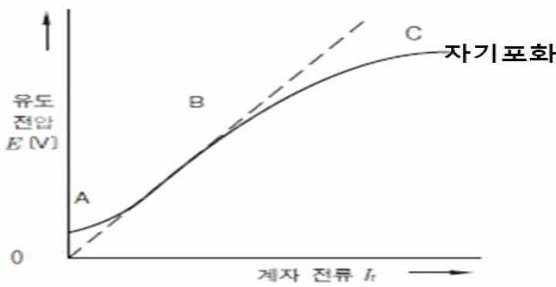
- 예) 차동복권 발전기 - 전류가 커질수록 단자전압은 수직으로 낮아해서 일정해짐
- (-) 전압이 아무리 작아져도 전류가 일정
- (-) 용접용 발전기에 쓰임



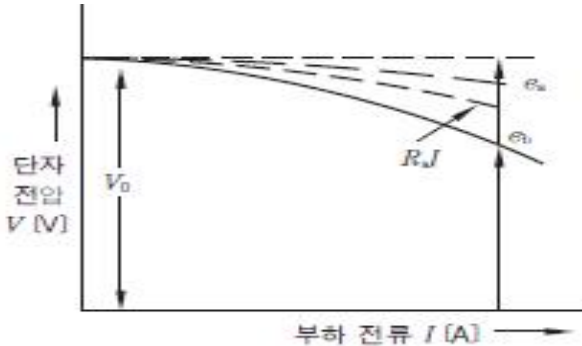
◦ 내분권

■ 타여자 발전기의 특성곡선

① 무부하 특성곡선



② 외부 특성곡선 - 전기를 많이 쓸수록 단자전압은 내려간다.



■ 직류 발전기의 병렬 운전

■ 병렬 운전이 왜 필요한가

- ① 용량을 늘리고 싶어서
- ② 경부하 일때는 1대, 중부하 일때는 2대를 움직여서 효율적으로 운전하기 위함
- ③ 수리나 보수에 용이 (1대 고장나면 1대 돌리고 1대 고치고크)

■ 병렬운전조건

① (단자)전압이 같을 것

(a)틀리면 - 무효(1.5V, 1.3V에서 1.5V가 부하호 안가고 1.3V를 땀뻗해 주니까 호가 없지크)순환전류 이것을 없애려면 균압선(직권과 복권에만 설치) 설치

② 극성(+, -)이 같을 것

③ 외부특성 곡선이 거의 같을 것

※달라도 되는 것 : 절연저항, 손실, 용량

■ 직류전동기

■ 개요 - 전기를 넣고 전동기 돌려주면 발전기로됨

■ 제동제어법

① 발전제동 - 전동기→발전기

② 회생제동 - 권상기 짐내릴때, 전동차용전동기 제동 예) 지하철

③ 역상제동(=플러킹=역전제동) - 전동기의 급정지 또는 역전

■ 기동(정지된 모터를 기동시킴)

① 기동전류 - 정격전류의 5~7배 정도의 과전류흐름

② 기동방법(기동전류를 줄이기 위한 방법) 예)기동기

■ 직류발전기 효율

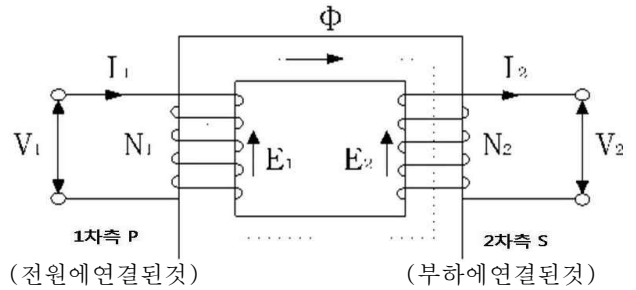
$$\eta = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100$$

$$\text{규약효율} : \eta = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100$$

■ 최대효율조건 - 고정손과 가변손(=부하손)이 같을 때 최대효율이 된다.

제2장. 변압기(Trans)

■ 변압기의 원리(전류→자속→전류)



■ 용어

① 1차권수 N_1

2차권수 N_2

② 1차전압 V_1

2차전압 V_2

③ 1차전류 I_1

2차전류 I_2

■ 1차측(N_1) < 2차측(N_2) : 승압기 [이.승]

■ 1차측(N_1) > 2차측(N_2) : 강압기 [강.일]

■ 1차측에서 자속(ϕ)은 앙페르(암페어) 오른손 법칙에 의해서 위쪽으로 흐름

$$\text{페러데이 전자유도작용} : e[V] = -N \frac{d\phi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

$$\text{권수비(전압비)} : a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

① 전압은 권수에 비례하는데, 전류는 권수에 반비례

■ 변압기의 정격, 손실, 효율

■ 변압기의 정격

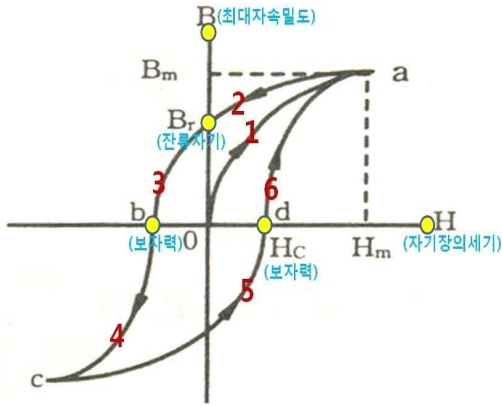
① 용량[VA] : 정격2차전압×정격2차전류

② 정격1차전압 : 정격2차전압×권수비

■ 변압기의 손실 [\[30강5분18초, 14분46초/31강50분20초\]](#)

㉠ 무부하손(부하가없어도 기본적으로 발생하는손실) ㉡ 철손(일정)

(a) 히스테리시스손(=자기이력곡선) 80%



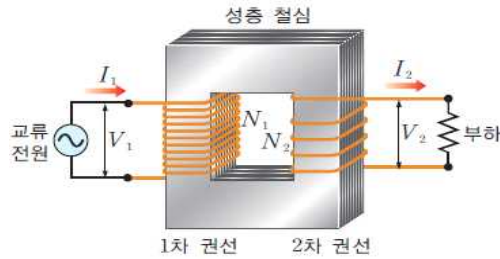
◦ (히스테리시스손을 줄이려면) 규소강판을 첨가 (3~4%만 첨가)

◦ $P_h [J/m^3] = f B_m^{1.6}$

◦ B_r (잔류자기) [중축, 류] - a에서 자기장 세기를 0으로 하면 b가 0으로 가 자기 떨어지는게 아니라 서서히 떨어짐

◦ b, H_c (보자력) [횡축, 보] - 자력이 완전히 없어지는지점

(b) 와류손 20%



◦ 의의 : 공간 분포 도체내의 한 점을 통과하는 자속이 변하면 자속이 전자유도에 의하여 전계가 발생한다. 이 전류는 자속변화를 막는 방향으로 발생한다. 이런 자속변화로 인하여 도체 내에 발생한 전류를 와전류라 한다. 와전류는 자속에 수직되는 면을 회전하므로 손실이 발생한다. 이 손실을 와류손이라 한다. (뱀돌이전류)

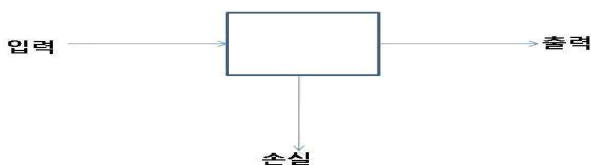
◦ $P_c [W] = f^2 t^2 B_m^2$ ※ t : 철심의 두께

◦ (와류손을 줄이려면) 철심을 성층 즉 철심을 얇게 썰음

㉠ 부하손(부하시 발생하는 손실) ㉡ 동손(가변)

(a) $I^2 R$

■ 변압기의 효율



㉠ 개요

(a) 입력 = 손실 + 출력

(b) 출력 = 입력 - 손실

㉠ 실측효율(부하를 접속한 상태)

(a) $n[\%] = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100$

㉡ 규약효율(약속된 혼용)

(a) 전동기 : $n[\%] = \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100$

※ 전기를 넣는 것이니까 입력 2번

(b) 발전기, 변압기 : $n[\%] = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100$

※ 전기를 빼는 것이니까 출력 2번

(c) 최대효율

◦ $\eta = \frac{P}{P + P_i + P_c} \times 100$ 에서 동손(P_i) = 철손(P_c) 일때 최대가 된다.

■ 시험(변압기가 얼마나 많이 전기 쓰고 있는지 측정)

■ 개방시험(=무부하시험) - 무부하손실(철손) 알고 싶을때

■ 단락시험(=부하시험)

㉠ 변압기 2차 단락 → 전압 서서히 증가시킴

㉡ 이때 1차에 정격전류가 딱 흐를때 그때의 전압을 임피던스 전압(V_s)라함, 이때의 입력을 임피던스 와트(P_s)라함

■ 전압변동률

■ $\epsilon[\%] = \frac{\text{무부대전압} - \text{정격전압}}{\text{정격전압}} = \frac{V_0 - V}{V} \times 100$

■ $\epsilon = p \cos \theta \pm q \sin \theta$

㉠ + (지상), - (진상)

㉡ p (%R : %저항 강하율)

㉢ q (%X : %리액턴스 강하율)

㉣ $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$

■ 온도상승과 냉각 [31강06분25초/32강6분14초](#)

■ 변압기유의 열화

㉠ 원인 - 변압기의 호흡작용

㉡ 방지책 - 콘서어베이터 설치 (질소봉입)

■ 변압기유의 구비조건

㉠ 점도(끈적임)가 작고 비열이 커서 냉각효과가 클 것

㉡ 절연내력이 클 것(전기가 잘 안통해야 함)

㉢ 인화점(불이 붙는지점)이 높고, 응고점이 낮을 것 (쉽게 얼지 않아야 함)

㉣ 고온에서 석출물에 생기지 말 것

㉤ 절연물과 화학작용이 없을 것

■ 변압기 보호 장치

■ 차동계전기 - 전기적 이상 검출

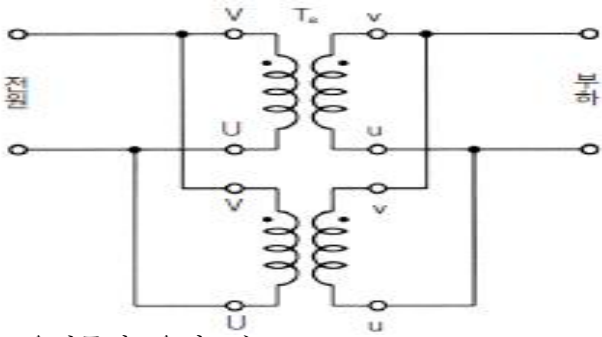
■ 비율 차동계전기 - 전기적 이상 검출

■ 부호홀쓰계전기

㉠ 기계적 이상 검출(유증기의 온도 측정)

㉡ 설치 : 주탱크와 콘서베이터 사이에 설치함

■ 변압기의 병렬 운전



- 용량증설, 유지보수
- 조건 **※용량이 같을것X, 전류가 같을것X**
 - ㉠극성이 일치할 것
 - (a)不일치 : 순환전류(2차권선의 소손 발생)
 - ㉡권수비 및 1, 2차 정격전압이 같을 것
 - (a)不일치 : 순환전류(2차권선의 소손 발생)
 - ㉢각 변압기의 저항과 리액턴스비가 같을것
 - ㉣부하 분담시 용량이 비례하고 퍼센트임피던스(%Z) 강하에는 반비례할것
 - ㉤각 변위가 같을것
 - ㉥상회전 방향이 같을것

■ 변압기 결선

- 3상 변압기군의 병렬운전 조합

병렬운전 가능(좌수)	병렬운전 불가능(홀수)
△ - △와 △ - △	△ - △와 △ - Y
Y - Y와 Y - Y	Y - Y와 △ - Y
Y - △와 Y - △	
△ - Y와 △ - Y	
△ - △와 Y - Y	
V - V와 V - V	

- 변압기 결선과 특성

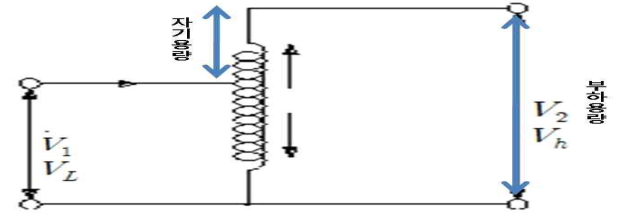
- ㉠△-△결선
 - (a)중성점 접지를 할수X
 - (b)V-V결선의 변경
 - (c)고조파 전류가 생기지X
- ㉡Y-Y결선
 - (a)중성점을 접지할수O
 - (b)3고조파가 발생하여 통신선 유도장해 일으킨다.
- ㉢△-Y결선, Y-△결선
 - (a)1차와 2차의 전압사이에 30°의 변위(위상차)가 발생
 - (b)낮은 전압을 높은 전압으로 올리는 승압용으로 사용
- △결선으로 3상변압중 1대고장나 V결선 즉 2대 운영
 - ㉠이용률 = 86.6[%]
 - ㉡출력비(용량K) = 57.7[%] **※[출력은 반이다.]**

■ 특수변압기

- Tap 전환 변압기
 - ㉠배전전압을 안정(일정)하게 하기 위해 사용
- PT(계기용변압기)
 - ㉠교류의 전압을 측정하는데 직접 잴수 없을 때 이것을 낮은 전압으로 내려서 측정하기 위한 변압기로

일반적으로 PT라고 한다. 2차정격전압은 100V.

- CT(계기용변류기)
 - ㉠변류기 : 교류전류계의 측정 범위를 확대하기 위해서 사용되는 트랜스로서 통상은CT라고 하며, 계기용 변류기라고도 한다.
- 계기용변성기(MOF)≡계기용변압변류기
 - ㉠전류측정 또는 전압측정에 사용되는 변성기. 변류기와 계기용 변압기가 있다.(CT+PT)
 - (a)CT(계기용변류기) - 전류측정
 - (b)PT(계기용변압기) - 전압측정
- 단권변압기($V_1 < V_2 =>$ 승압용)

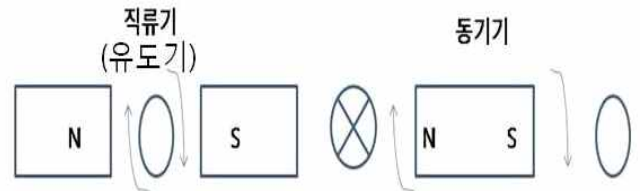


$$\frac{\text{자기용량}}{\text{부하용량}} = \frac{V_2 - V_1}{V_2} = \frac{V_h - V_L}{V_h}$$

- ㉠보통 고압 배전선의 전압을 10% 정도 올리는 승압기등에 많이 사용된다.
- ㉡사용 - 승압변압기, 전압조정기, 기동보상기로 사용됨

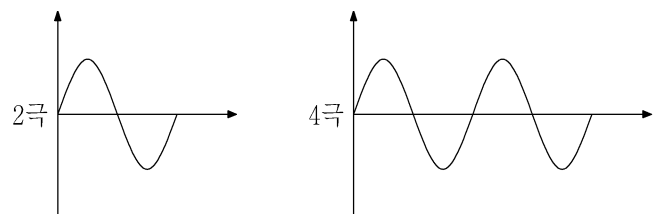
제3장. 동기기

■ 동기 발전기



- 직류기 - 고정자(계자) / 회전자(전기자)
- 동기기 - 고정자(전기자) / 회전자(계자)
 - ㉠회전계자형
 - (1)철극형(저속기에사용) - 수차
 - (2)원통형(고속기에사용) - 터빈
 - (3)회전계자형 쓰는 이유 - 전기적으로나 기계적으로나 안정
 - ※기전력의 파형이 개선X

- 동기(s)속도



$$\text{㉠ } N_s = \frac{120f}{P(\text{극수})} [\text{rpm}]$$

$$\ominus n[rps] = \frac{N_s}{60} = \frac{120f}{P} = \frac{2f}{P}$$

■ 전기자 주변속도

$$\textcircled{1} v[m/sec] = \pi \cdot D \cdot \frac{N_s}{60}$$

- (a) π (원주율), D(지름), $\pi \cdot D$ (원주)
- (b) N_s (초당회전수)

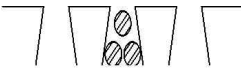
■ 권선법

① 단절권(현재사용O) : 코일간격 < 극간격

(a) 고조파(자음크)가 제거됨, 파형이 개선됨, 기전력 감소

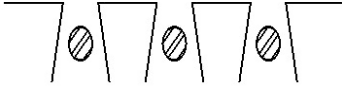
② 전절권(현재사용X) : 코일간격 = 극간격

③ 집중권(현재사용X)



④ 분포권(현재사용O)

(a) 고조파(자음크)가 제거됨, 파형이 개선됨, 기전력 감소



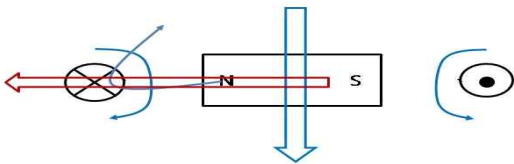
■ 전기자 반작용

① 직류기 : 감자, 편자, 중성축이동

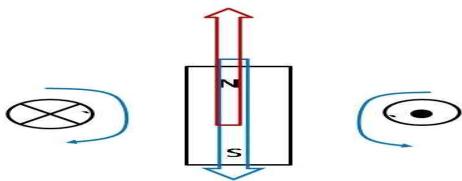
② 동기기

- (a) R(동상) → 횡축(교차)
- (b) L(지상), C(진상) → 직축(감자,증자)

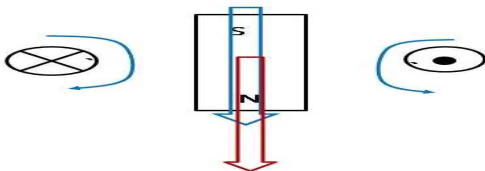
③ 교차 (자화)작용 → 횡축반작용



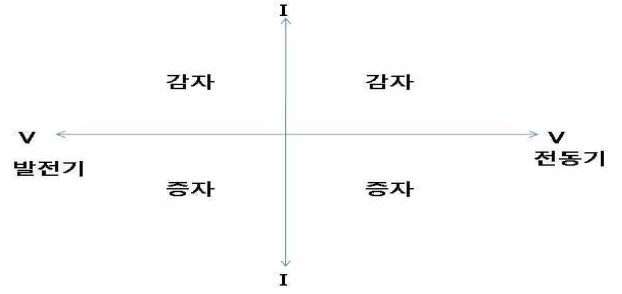
④ 감자(자속감소크)작용 → 직축반작용



⑤ 증자(자속증가크)작용 → 직축반작용

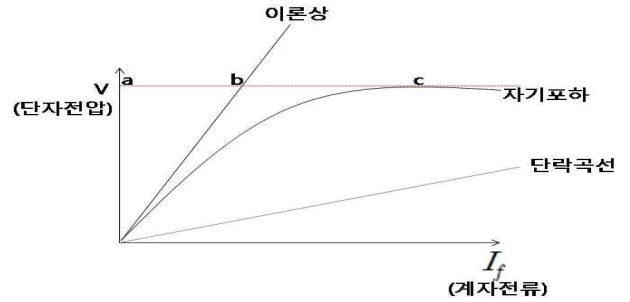


⑥ 발전기에서 V가 I보다 90° 앞선다 → 감자
발전기에서 I가 V보다 90° 앞선다 → 증자



■ 3상 동기발전기의 특성과 병렬운전

① 무부하 포화곡선



$$(a) \text{포화율} = \frac{bc}{ab}$$

(b) 단락곡선이 직선이 되는 이유? 전기자반작용때문

② 전압변동률

$$\epsilon[\%] = \frac{\text{무부하전압} - \text{정격전압}}{\text{정격전압}} = \frac{V_0 - V}{V} \times 100$$

③ 동기발전기의 병렬운전 ※용량같을것X, 전류같을것X

(a) 기전력의 크기(전압)가 같을것

◦ 다른면 - 무효순환전류(다른쪽보상해주는전류크)발생

(b) 기전력의 위상이 같을것

◦ 다른면 - 동기화전류 발생(유효순환전류)

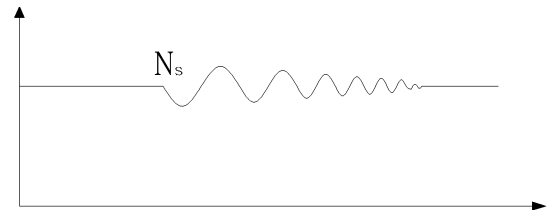
↳ 서로 보상크

(c) 기전력의 주파수가 같을것

(d) 기전력의 파형이 같을것

(e) 상회전 방향이 같을것(3상일 경우)

④ **조현상** - 발전기의 부하가 급변하는 경우 회전속도가 동기속도를 중심으로 진동하는 현상



(a) 방지책

◦ **제동권선을 설치[제단]**

◦ 관성모멘트를 크게할것(Fly wheel)

◦ 조속기(속도조절)의 성능을 너무 예민하지 않도록할것 → 즉 둔하게함

◦ 고조파의 제거(단절권, 분포권)

■ 단락비

$$K_s = \frac{\text{무부하시 정격전압 } V_n \text{을유기시키는데필요한계자전류 } (I_f)}{3\text{상단락시 정격전류와 같은 단락전류를 흘리는데필요한 계자전류 } (I_m)}$$