

## 안전조업을 위한 어선전기이론(II)

한국어선협회 기술개발부

주임검사원 김 재 연

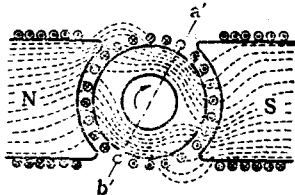
### 3-2 직류발전기의 이론

#### 3-2-1 전기자 반작용

직류발전기에 부하가 걸려 전기자 권선에 전류가 흐르면 플레밍의 오른손 법칙에 따른 전류의 방향에 의해서 기자력이 발생한다. 여기에 부하를 걸면 계자 전류에 의한 주자극의 자장과 전기자 전류에 의하여 생긴 자장이 같은 곳에서 동시에 존재하여 주자장이 어떤 영향을 받게 되는데 이와 같이 자기작용에 의한 영향을 전기자 반작용(armature reaction)이라 한다.

(그림 3-6)에서 도체 a, b의 위치에서는 자속을 끊지 않으므로 기전력은 0이며, 이선의 좌우에서의 유도기전력의 방향이 서로 반대가 되는데 이 선을 중성선(neutral line)이라 한다.

직류발전기에 부하가 걸리면 계자 전류와 전기자 전류의 쌍방이 흐르므로 이로 인한 양자의 자속 분포는 합성되어 중성선이 변화하는데 이러한 현상을 편자 작용(field distortion)이라 한다, 이 현상에 의해 중성선이 이동하게 되는데 이 이동



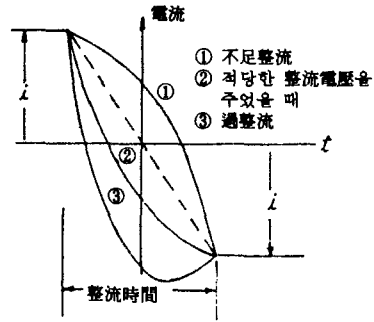
(a)  
(그림 3-6)

각은 부하전류에 따라 변화하므로 브러시를 자기 중성선에 두자면 부하에 따라 이동을 시켜야 하고 이것은 실제 문제로는 어려운 일이다. 따라서

계자 극편에 슬롯 또는 구멍을 만들어 공극에 따라 전기자 권선의 외주에 감아 전기자와 직렬로 연결하여 부하전류에 관계없이 항상 브러시를 기하학적 중성선에 고정시킬 수 있다, 이것을 보상권선(compensating winding)이라 한다.

#### 3-2-2 정류 특성

브러시가 전기자의 회전으로 정류자편을 지나 는 경우 그 정류자 편간에 연결된 코일의 전류의 방향이 바뀌는데 이와 같이 브러시에 의하여 단락되어 코일 중의 전류의 방향이 바뀌는 것을 정류(commutation)라 하고 단락된 시간을 정류 시간이라 한다.



(그림 3-7)

(그림 3-7)에서 점선은 이상적인 직선 정류이고 ①은 부족정류 ②는 적당한 정류 ③은 과정류라고 할 수 있다. 여기서 ②는 이상적이지만 실제로는 코일에 저항이 있고, 또 코일은 철심 위에 감겨 있으므로 단락전류의 변화로 강력한 자기 유도 작용 및 상호 유도 작용에 의하여 전류의 변화를 방해한다. 이러한 작용에 의하여 유기되는 기전력은 정류전류의 변화를 방해하여 정류

곡선은 ①과 같이 되고 정류전류의 변화는 정류 시간에 대하여 늦어진다. 따라서, 정류자와 브러시 사이에서 불꽃이 발생하게 된다. 이러한 작용을 방지하기 위해서는 접촉저항이 큰 브러시를 사용해서 단락된 회로의 저항을 크게하여 단락전류를 억제하는 방법과 정류가 되고 있는 코일에 리액턴스 전압과 값은 같고 방향이 반대인 기전력을 유기시켜 리액턴스 전압을 없애는 방법이 있다. 전자는 저항 정류이고 후자는 전압 정류이다.

3 - 2 - 3 보 극

보상권선으로 전기자 반작용을 방지하는 데는 적당하나 구조가 복잡하다. 전기자 반작용에 의한 브러시 이동각은 부하가 변동함에 따라 변화하므로 수시로 이동하기란 불가능하다. 따라서 브러시를 항상 기하학적 중성선에 고정시키고 완전한 정류기전력을 주어 주 자극과는 별도로 기하학적 중성선 위에 작은 자극을 설치하여 정류기전력을 만들도록 한 것을 보극(commutating pole)이라 한다.

3 - 2 - 4 손실과 효율

가. 발전기의 손실과 효율

발전기는 기계적 에너지를 입력으로 하여 전기적 에너지를 내보내는 변환과정 중 상당한 크기의 열손실이 있는데 이 손실로서 주요한 것은 다음과 같다.

① 동손(copper loss) : 전기자권선, 직권선,

계자권선의 저항에 의한 손실과 브러시의 접촉저항에 의한 손실이다.

② 철손 : 무부하시에 전기자 철심과 전기자 사이에서 히스테리시스손과 와류에 의한 손실로 열을 방산한다.

③ 기계손(mechanical loss) : 운동마찰에 의한 베어링 마찰손, 브러시 마찰손 및 베어링 회전부와 외기와의 마찰에 의한 풍손 등이다.

④ 표유부하손(stray load loss) : 상기 세가지 이외의 손실이다.

따라서, 발전기의 효율은 다음 식으로 나타낸다.

$$\text{효율} = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 (\%) = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100 (\%)$$

이고 출력과 입력을 실측하여 효율을 산출한 것을 실측효율(actual efficiency)이라 한다.

나. 정 격

전기기기에서 정해진 조건에서 안전하게 사용할 수 있는 한도를 "정격"이라 한다. 일반적으로 발전기의 설계와 운전에서 중요한 조건은 온도와 절연물의 수명이다. 다음은 사용절연물의 종류에 따라 온도의 관계를 나타낸 것이다 < 표 1 >.

상기와 같이 온도가 허용온도 이상이 되도록 주의해야 하며 정격을 정할 때 이점을 고려해야 한다.

연속 정격은 계속 사용할 수 있는 용량을 말하며, 5분, 10분, 30분, 1시간, 2시간 연속 등이 있고 동일한 용량이라도 단시간 정격의 것이 연속 정격의 것보다 기계가 작다.

< 표 1 > 절연종류와 온도한계

	물 질	온 도 한 계
O	목면 종이와 같이 구성된 물질에 와니스나 기름을 침투시킨 것.	90°C
A	상 동	105°C
B	마이카 석면 유리섬유를 접착제와 같이 쓰여진 것.	130°C
H	마이카 석면 유리섬유를 실리콘 수지 혹은 동등의 접착제를 사용할 것.	180°C
C	생 마이카	180°C 이상

3 - 3 직류발전기의 종류 및 특성

3 - 3 - 1 증 류

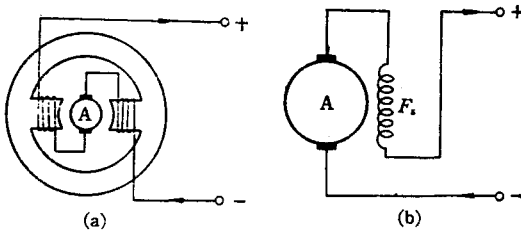
직류발전기는 자계가 필요하며 이곳에는 영구

자석을 사용하는 경우도 있지만 이것은 특수한 소형 발전기에 사용되며 현재는 전자석을 사용하고 있다. 전자석을 만들기 위해 권선에 전류를 흘리는 것을 여자(勵磁)라 하며 다른 전원으

로부터 여자 전원을 공급받는 것을 타여자발전기(self-excited generator)라 한다. 여자하는 회로의 연결에 따라 다음과 같이 분류된다.

가. 직권발전기(series generator)

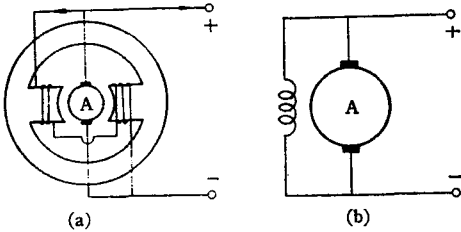
(그림 3-8)과 같이 계자 권선과 전기자 A가 직렬로 접속



(그림 3-8)

나. 분권발전기(shunt generator)

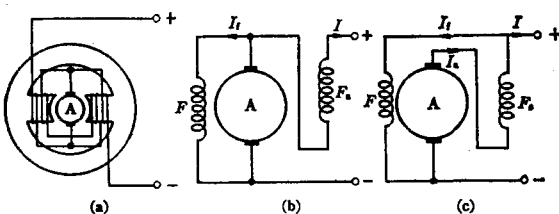
(그림 3-9)와 같이 계자 권선과 전기자가 병렬로 접속



(그림 3-9)

다. 복권발전기(compound generator)

(그림 3-10)과 같이 분권과 직권 방식을 병용하여 접속



(그림 3-10)

3-3-2 특 성

가. 특성곡선

직류발전기에서는 그 특성을 다음의 세가지의 특성곡선을 사용한다.

① 무부하 특성곡선(no-load characteristic curve) : 계자 권선에 전류를 흘려 전자석을 만드는 경우 이 전류를 여자 전류라고 하고 발전기를 일정한 회전수로 유지하고 자계 중에서 운동하는 도체의 유기전력과 관계를 그린 곡선을 말한다. 이 특성곡선에서 여자 전류가 증가하면 유기 전압도 커지지만 포화점을 경계로 거의 증가하지 않는다.

② 부하 특성곡선(load characteristic curve) : 회전수와 전기자 전류를 일정히 한 후 여자 전류와 단자 전압과의 관계를 나타내는 곡선이다.

③ 외부 특성곡선(external characteristic curve) 회전수와 계자 전류를 일정하게 하고 부하 전류를 점차 변화시키는 경우 단자 전압의 변화를 나타내는 곡선이다.

그리고 발전기를 정격 속도로 유지하면서 정격 전압 및 출력으로 운전하면서 여자 회로를 조정하지 않고 속도를 일정하게 하여 정격 부하로부터 무부하로 하였을 때의 단자 전압이 변하는 비율을 전압 변동율(voltage regulation)이라 하며  $\epsilon$  로 표시하면

$$\epsilon = \frac{V_0 - V_n}{V_n} \times 100 [\%]$$

여기서,  $V_0$  : 무부하 전압

$V_n$  : 정격 출력시의 전압

나. 타여자발전기의 특성

어떤 도체의 유도 기전력  $e$  는 다음 식으로 나타낸다.

$$e = \frac{\phi}{\frac{60}{n} \times \frac{1}{P}} = P\phi \times \frac{n}{60} [V]$$

여기서,  $E [V]$  : 전기자 유도 기전력

$P$  : 자극수

$\phi [W_b]$  : 매극의 유효 자속

$n [rpm]$  : 매분 회전수

$\frac{60}{n} [s]$  : 1 회전에 요하는 시간

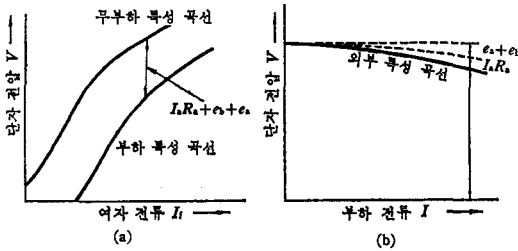
또한 유도기전력  $E$ 는

$$E = P\phi n \times \frac{Z}{60a} [V]$$

여기서,  $a$ : 두 단자 간의 병렬회로 수

$Z$ : 전기자 도체의 총수

즉, 회전수  $n$ 을 일정하게 하면  $E$ 는  $\phi$ 에 비례한다.



〈그림 3-11〉

〈그림 3-11〉은 타여자 발전기의 특성곡선이다.

① 무부하특성곡선: 무부하에서의 전기자 전류는 0이 된다. 따라서, 단자 전압은 유도 전압과 같고 유효 자속은 여자 전류에 따라 결정되므로 자기회로의 자화곡선과 같은 모양이 된다.

② 부하 특성곡선

$$V = E - I_a R_a - e_b - e_a [V] \dots \dots \dots (3-1)$$

여기서,  $I_a$ : 전기자 전류

$R_a$ : 전기자 저항

$e_b$ : 브러시의 접촉저항에 의한 전압강하

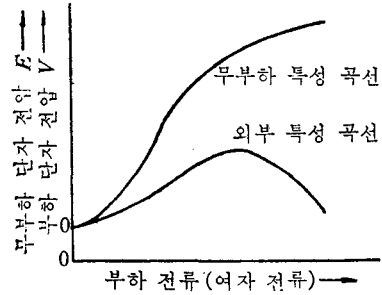
$e_a$ : 전기자 반작용에 의한 전압강하

그러므로 무부하 때보다 저항만큼 낮은 곡선이 된다.

③ 외부 특성곡선: 부하가 증가하면 단자 전압은 내려간다. 또한 계자 전류가 외부로 부터 공급되므로 유도 기전력을 조절할 수가 있으며 전압강하도 작으므로 시험용 고압 발전기, 전동 양하기, 전동 조타 장치 등에 이용되고 있다.

다. 직권발전기의 특성

① 무부하 특성곡선: 직권발전기는 무부하 특성곡선을 얻을 수 없으므로 계자권선을 떼어 내 타여자로 하고 있으며 〈그림 3-12〉와 같다.



〈그림 3-12〉

② 외부 특성곡선: 단자전압은 다음과 같다.

$$V = E - I (R_a + R_s) - e_b - e_a \dots \dots \dots (3-2)$$

그림 3-12와 같이 전기자 반작용이나 회로의 저항에 따른 전압 강하는 전류에 비례하나 단자 전압은 오히려 강해진다.

라. 분권발전기의 특성

① 무부하 특성곡선: 계자회로의 전압 강하는 여자전류에 비례하고 〈그림3-13〉과 같이 직선(OA)이 되고 가로축과 이루는 각을  $\theta$ 라 하면 계자저항  $\tan \theta$ 는

$$\tan \theta = \frac{V_f}{I_f} = \frac{R_f \cdot I_f}{I_f} = R_f$$

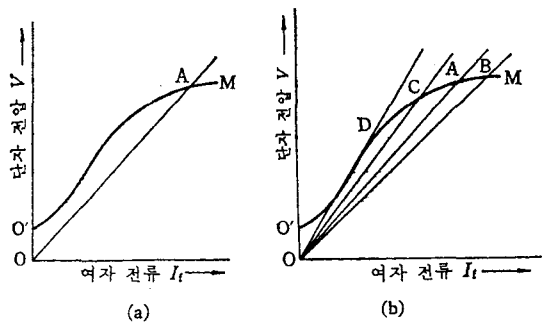
여기서,  $R_f [\Omega]$ : 계자회로의 저항

$I_f [A]$ : 여자전류

$V_f [V]$ : 계자회로의 전압강하

② 부하 특성곡선

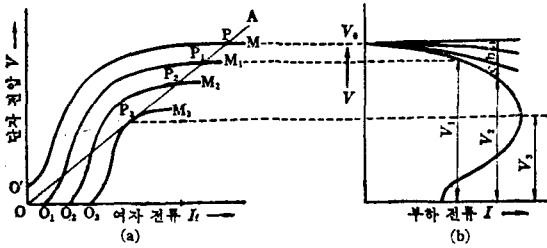
〈그림 3-14(a)〉에서 O'M을 무부하 특성, O<sub>1</sub>M<sub>1</sub>을 전부하 특성, OA를 계자저항선이라고



〈그림 3-13〉

하면 무부하 전압  $V_0$  [V]과 전부하 전압  $V_1$  [V]는 점  $P_1$  및 점  $P$ 에서 구할 수 있다.

여기서, 부하 전류가 증가하면 OA에 접하게 되는데, 이  $P_3$ 을 임계점(critical point)이라 한다. 이점에서는 다시 저항을 감소시켜도 부하 전류의 증가는 없다.



〈그림 3-14〉

③ 외부 특성곡선 : 〈그림 3-14(b)〉에서 단자 전압  $V_0$  [V]에서 부하를 증가시키면 단자 전압은 점점 낮아져  $V_1$ 과 같이 된다. 전부하 부근까지는 별 변동이 없으나 과부하가 되면 전압 강하가 갑자기 증가하여 임계점  $P_3$ 에 해당하는 최대 부하 전류의  $V_3$ 를 넘으면 불안정하게 되어, 그 이상의 부하 저항을 감소시키므로 부하 전류를 증가시키면 갑자기 전압이 떨어져 전류는 오히려 감소한다.

이 발전기는 전압 변동률이 작고, 어느 범위 내

의 전압으로도 정할 수 있어서 전지의 충전용 등에 쓰인다.

마. 복권발전기의 특성

① 무부하 특성곡선 : 무부하에서는 분권발전기의 특성곡선과 같다.

② 외부 특성곡선

○ 평복권발전기(flat-compound generator) : 직권 권선의 권수를 적당히 조절하여 부하 전류로 단자 전압 강하를 보충하여 단자 전압 강하를 보충하여 단자 전압을 거의 일정하게 한 것이다.

○ 과복권발전기(overcompound generator) : 직권 권선의 기자력을 평복권보다 크게 하여 단자 전압을 높인 것이다.

○ 부족복권발전기(undercompound generator) : 직권 권선의 기자력을 분권의 성분에 가깝게 한 것이다.

참 고 문 헌

- 1) 盧彰注, 박용전기전자, 아성출판사
- 2) 문교부(1979), 선박전기
- 3) 李斗燦(1974), 전기공사설계실무데이터북, 대광서림
- 4) 森田豊(1974), 박용전기공학, 海文堂

아껴쓰는 가정되고

저축하는 국민되자