

# 안전조업을 위한 어선전기이론 ( I )

한국어선협회    기술개발부

주임 검사원    김 재 연

어선의 전기 설비는 급속한 전기, 전자 산업의 발달로 그 영역은 날로 광범위하게 되고 있으며 구조와 운용상 특수성을 지니고 있는 관계로 해상에서 자연적 또는 인위적 재해를 입는 경우가 많으므로 어선에 쓰이는 전기, 전자 설비는 취급과 보수에 있어서 전문적인 지식을 갖지 않으면 안되게 되어있다.

그러나 아무리 복잡한 전기, 전자 기기라도 기본 원리와 법칙은 동일하므로 박용기기의 기본 이론 및 간단한 응용에 대하여 엮어보고자 한다.

## 1. 전류와 자기

### 1-1 도체와 절연체

구리와 같이 전기가 잘 통하는 물질과 고무, 유리 등과 같이 전기를 거의 통하지 않는 물질로 나눌 수 있는데 전자와 같은 성질을 지닌 물체를 도체, 후자를 절연체 또는 부도체라고 한다. 도체와 절연체의 예를 들면 다음과 같다.

도 체 : 금속, 염수, 전해액, 탄소 등

절연체 : 공기, 도기, 비닐, 고무, 에보나이트, 운모, 파라핀, 명주, 합성수지 등 상기의 반도체라는 것이 있는데 게르마늄, 실리콘, 셀레늄 등으로 이런 것들은 전기가 흐를 수 있는 조건 여하에 따라 전기가 흐른다.

### 1-2 오옴의 법칙

도체에서 흐르는 전류는 전압이 높을 수록 크고 전선의 종류 또는 굵기, 길이에 따라 변하며 이와 같이 전류의 흐름을 방해하여 흐르는 전류

를 변화시키는 성질을 전기 저항 또는 저항이라 하며 이 저항의 단위는 오옴 ( $\Omega$ ) 이라는 단위를 쓰고 있다.

전압, 전류, 저항의 관계에 대하여 “도체에 흐르는 전류는 그 도체의 양단에 주어진 전압에 비례하고, 도체의 저항에 반비례한다.” 는 결과를 1827년에 오옴(ohm)은 얻었는데, 이것을 오옴의 법칙(ohm's law)이라고 한다.

이것은 다음 식으로 표시된다.

$$I = \frac{V}{R} [A] \dots\dots\dots (1-1)$$

여기서, R : 저항

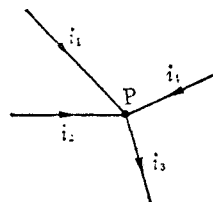
V : 도체의 전압

I : 도체에 흐르는 전류

### 1-3 키르호프의 법칙

많은 전지와 저항이 접속한 복잡한 회로망의 계산은 키르호프의 법칙(kirchhoff's law)을 이용하는데 이것은 다음과 같다. 즉, 회로망 중 돌혹은 그 이상의 전선이 접합한 곳으로 흘러 들어오는 전류와 흘러 나가는 전류의 합은 동일하다.

그림 1-1에서, 점 P로 들어오는 전류를 (+), 흘러 나가는 전류를 (-)로 하면,



$$i_1 + i_2 + i_4 = i_3 \text{ 또는 } i_1 + i_2 - i_3 + i_4 = 0 \text{ 이므로, 다음과 같이 표시된다.}$$

그림 1-1

$$\Sigma i = 0 \dots\dots\dots (1-2)$$

즉, 회로망 중 임의의 폐회로에 있어서의 전압의 합은 0이 된다.

전류가 시계 방향과 같은 방향을 (+), 반시계 방향을 (-)로 하면,

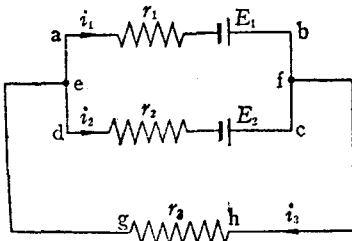


그림 1-2

(abfcdea) 회로 :  $i_1 r_1 - i_2 r_2 = E_1 - E_2$

(abfhgea) 회로 :  $i_1 r_1 + i_3 r_3 = E_1$

(defhgcd) 회로 :  $i_2 r_2 + i_3 r_3 = E_2$

이므로, 다음과 같이 표시된다.

$$\sum ir = \sum E \dots\dots\dots (1-3)$$

1-4 전류의 열작용과 전력

회로망에 전기가 흐르는 경우 그 부분에는 전기적 에너지가 발생하거나 소비가 일어난다.

일반적으로 V [V]의 전압에서 I [A]의 전류가 흐르고 있으면 그 부분의 전력 P는

$$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \text{ (W)} \dots\dots\dots (1-4)$$

로 나타낸다. 이것은 전력이 하는 일의 양이며 전력량이라 한다. 1841년 주울은 “도체에 전류가 흐를 때에 한 일의 양은 전류의 제곱과 저항 및 전류가 흐른 시간을 곱한 것과 같다”는 것을 발견했다. 이것을 주울의 법칙 (Joule's law)이라고 하고 저항 R에 전류 I가 t[s] 동안에 흘렀다면 소비되는 전력량 W는

$$W = VI t = I^2 R t \text{ (Ws)} \dots\dots\dots (1-5)$$

가 된다. 이 일을 열량 H로 환산하면

$$H = 0.24 I^2 R t \text{ [cal]} \dots\dots\dots (1-6)$$

이다. 1초 동안에 전류가 한 일을 전력 P라 하면,

$$P = \frac{W}{t} \text{ [J/s]} \dots\dots\dots (1-7)$$

이다.

1-5 전기분해 또는 열전류

황산이나 수산화나트륨 수용액을 전해액으로 하여 백금 전극을 넣고 전지에 접속시키면, 양극에서는 산소가스, 음극에서는 수소가스가 발생한다.

이와 같이 전해액에 전류를 통했을 때 양극과 음극에서 분해되는 현상을 전기 분해 또는 전해라 한다.

또한, 서로 다른 두 종류의 금속선 양끝을 접속한 다음 한 접점의 온도를 일정하게 유지하고 다른 접점을 고온도로 가열하면 고온부에서 저온부로 전류가 흐르는데, 이 전류를 열전류 (thermoelectric current)라 하며, 열전류를 흐르게 하는 원인이 되는 전력을 열기전력이라 하고 이러한 장치를 열전대 (thermocouple)이라 한다.

2. 자 기

2-1 자석과 자력선

자철광 (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)은 철편을 끌어당기는 성질을 가지고 있으며, 이와 같은 물체를 자석이라 하고 이러한 성질을 자기 (磁氣)라 한다. 또한 강을 자석으로 만드는 것을 자화라 한다.

자석에서 자성이 가장 강한 양끝 부분을 자극 이라고 하면, 자석에는 자철광처럼 천연자석과 철편에 코일을 감아 코일에 전류를 흘릴 때만 자석으로 되는 인공 자석으로 나눈다. 또한, 작은 봉자석을 매달았을 때 북쪽을 가르키는 자극을 북극 (N 또는 +), 남쪽을 가르키는 자극을 남극 (S 또는 -)이라 한다.

자석은 정전기와 마찬가지로 같은 종류의 극끼리는 서로 밀어내고, 다른 종류의 극끼리는 서로 끌어당긴다.

자석 위에 유리판을 깔고 그 위에 철분을 뿌린 후에 가볍게 두들기면 철분의 배열이 일정한 모양을 나타내고, 철분대신 자침을 가져와 유리판 위에 놓고 가르키는 방향을 보면 철분 배열과 동일하다.

이상에서 자석은 외부에 대해서 N극에서 S극으로 자력을 가진 선이 통하고 있다고 생각하며 이와 같은 힘의 선을 자력선이라고 한다.

이 자력선을 한 묶음으로 생각한 것을 자속(magnetic flux)이라 하며, 단위는 [Wb]를 쓰고, 기호는  $\phi$ 로 나타낸다.

강철편에 자속을 가까이 하면, 그 강철편은 자화되어 흡인력을 가지게 되고 이 강철편에서 자석의 가까운 쪽에서는 그 자석과 반대의 자극이 유도되고, 먼쪽에서는 같은 종류의 자극이 유도된다.

이와 같은 현상을 자기 유도(magnetic induction)라 하고, 이것을 자화되었다고 한다.

### 2-2 자기 회로의 오옴법칙

전기 회로에 전류를 흐르게 하기 위해서는 기전력이 필요하며 이와 같이 자기 회로내에 자속을 통과시키려면 기자력이 필요하게 된다. 이 기자력의 기호는 F로 나타내고 단위는 [AT]로 쓴다.

지금, H를 자장의 세기 AT/m, L을 자기 회로의 길이[m]라고 하면

$$F = HL \text{ [AT]}$$

무단 솔레노이드의 경우에는 N을 솔레노이드의 전 권수, I를 코일에 흐르는 전류라 하면

$$H = \frac{NI}{L} \text{ [AT/m]}$$

$$F = NI \text{ [AT]}$$

이고, 자장의 세기는

$$H = \frac{F}{L} \text{ [AT/m]}$$

또, 자기 저항R는 다음과 같다.

$$R = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{L}{A} \text{ ..... (2-1)}$$

기자력 F를 자기 회로에 가하면 자속  $\phi$ 가 생기는데, 자속 밀도를 B [Wb/m<sup>2</sup>]라 하면 자속은

$$\phi = BA, B = \mu H, H = \frac{NI}{L}$$

$$\therefore \phi = \mu HA = \mu \frac{NI}{L} \cdot A = \frac{F}{R} \text{ [Wb]}$$

$$\text{..... (2-2)}$$

이것을 자기 회로에 대한 오옴의 법칙이라 한다.

### 2-3 히스테리시스

자화되어 있지 않은 철은 자화력을 +Hm 까지

가하면, 이에 대응하는 자속 밀도 B는 그림 2-1과 같이 자화 곡선을 거쳐 b에 이르러 포화된다. 여기서 자화력 H를 점차 감소시키면 자속 밀도 B는 bc의 경로를 따라 변하나 0이 되지는 않으며, 자화력 H가 0이 되었을 때의 자속 밀도  $\bar{O}c$ 의 값을 잔류 자기라 한다. 다음 자화력 H를 반대로 증가시키면 자속 밀도 B는 감소하여 0이 되는데 이때 자기  $\bar{O}d$ 를 보자력이라고 한다. 계속 자화력을 반대 방향으로 증가시키면 자속 밀도 B도 반대 방향으로 증가하고, H가 -Hm이 되면 -Bm이 되어 점 e에 이른다.

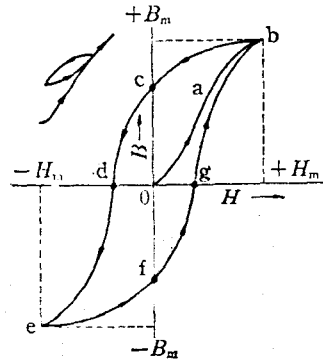


그림 2-1

여기서 H를 점차 증가시키면, B는 곡선 efg를 지나 점 b로 돌아온다.

이와 같이 자화력을 변화시킬 경우, 자속 밀도는 그림 2-1과 같이 하나의 루우프(loop)를 형성하게 되는데, 이와 같은 현상을 히스테리시스(hysteresis)라 하고 이 곡선을 히스테리시스 곡선이라 한다. 자화되는 철이 히스테리시스 루우프를 되풀이할 때에는 그 히스테리시스 루우프의 면적에 비례하는 에너지가 열손실로서 소비되는데 이 열손실을 히스테리시스손이라 한다.

이 실험식은 다음과 같다.

$$Wh = Yf B_m^{1.6} \text{ [W/m}^3\text{]}$$

여기서, Bm: 최대 자속 밀도

f: 매초당 히스테리시스 루우프의 횟수 (주파수)

y: 히스테리시스 계수 (재료에 따라 정해지는 계수)

### 2-4 자기 유도와 상호 유도

코일에 전류가 흐르고 있으면 코일에는 자속이 발생하고, 그 자속은 코일 자신을 꿰는다. 코일에 흐르는 전류가 변화하면 렌츠의 법칙 즉, 전자유도에 의해 생기는 기전력은 그 기전력에 흐르는 전류가 코일 안의 자속의 변화를 방해하는 방향으로 기전력이 생기는데, 이러한 현상을 자기유도(self-induction) 작용이라 한다.

코일에 흐르는 전류 I가 시간 dt (s) 간에 dI(A)만큼 변화해서 코일 내를 관통하는 자속  $\phi$ 가 d $\phi$  (Wb)만큼 변화한다면, 권수 N인 코일 전체의 유도 기전력 e는

$$e = -N \cdot \frac{d\phi}{dI} \frac{dI}{dt} \text{ (V)} \dots\dots\dots (2-3)$$

가 된다.

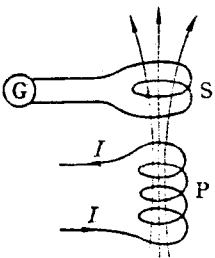


그림 2-2

그림 2-2와 같이 2개의 코일을 가까이 놓고 코일 P에 흐르는 전류를 변화시키고, 이 전류로 인한 자속을 코일 S에 쇄교시키면 그 코일에는 기전력이 생기고 따라서, 검류계 G의 바늘이 움직인다.

이와 같이, 회로에 흐르는 전류가 변해서 그 코일에서 나오는 자석을 다른 코일이 꿰을 때에 기전력이 일어나는 현상을 상호 유도(mutual induction) 작용이라 한다.

## 3. 직류기

### 3-1 직류발전기의 원리와 구조

#### 3-1-1 발전기의 원리

그림 3-1과 같이 NS 양극 사이에 도체 ABCD를 축 Z둘레에 회전시키면 플레밍의 오른손 법칙 즉, 엄지손가락, 집게손가락 및 가운데손가락을 서로 직각으로 펼 때, 집게손가락이 자속의 방향(B), 엄지손가락이 운동의 방향(V)을 가르키면, 가운데손가락의 방향은 유도 기전력의 방향

(E)이 되므로 ABCD의 방향으로 기전력이 유겨 된다. 즉, 외부의 저항 R의 부분에서는 실선의 방향으로 전류가 흐른다. 그러나 180° 회전한 위치에서는 DCBA의 방향으로 흐르고, 외부에서는 점선의 방향으로 전류가 흐르게 된다. 따라서, 도체가 180° 회전할 때마다 전류의 흐르는 방향이 바뀌므로, 교류(alternating current)가 발생하게 된다. 다시 말하면 전류의 방향을 일정하게 유지하려면 외부 회로와의 접촉을 반회전마다 바꿔 주어야 한다.

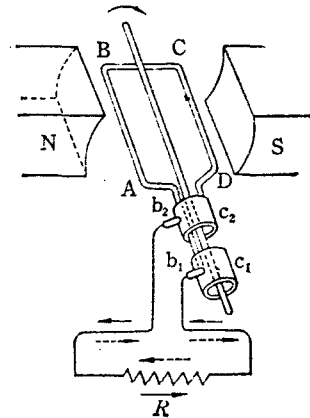


그림 3-1

여기에서 회전부분과 고정부분과의 전기적 접촉을 유지하고 전기자에 배열한 선류 즉, 전기자 권선내의 교류를 직류로 또 외부로부터의 직류를 교류로 변화시켜 기전력이나 전류의 방향을 언제나 일정하게 하는 작용을 정류 작용(commutation)이라 하고 그림 3-1에서 c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>와 같은 반원 금속환을 정류자편(commutator segment)이라 하며, 정류 작용을 하는 부분을 정류자(commutator)라 한다.

#### 3-1-2 구조

##### 가. 계자의 구조

주철, 주강, 연강판 등의 재료를 구부리고 용접해서 기계 전체의 테가 되어 내부를 보호하며 또한 자속의 통로가 되는 계철과 계자 철심, 자극편 및 계자 권선으로 이루어진 자극과 규소 강판을 성층해서 만든 계자 철심이 있다.

##### 나. 전기자의 구조

전기자 철심은 표면을 얇게 절연한 두께 0.35 ~ 0.5 mm의 얇은 규소 강판의 양면에 절연 니스를 바르거나 절연지를 발라 절연을 해서 성층한다. 이것은 맴돌이 전류와 히스테리시스손을 어느정도 방지하기 위해서이다.

또한, 전기자, 철심의 끝 부분에는 선류를 묻기 위해 슬롯이 만들어져 있으며 개방형과 반폐형이 있다.

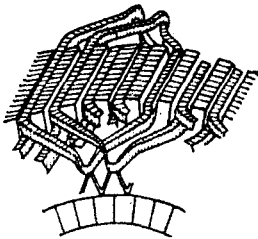


그림 3 - 2

그림 3 - 2는 슬롯 안에 코일변을 넣는 경우로서, 각 도체로 이루어진 권선 사이는 물론, 권선과 슬롯과의 사이에도 충분히 절연하여 전압에 견디도록 되어 있다.

권선을 모두 끼운 후에는 목재나 화이버 등은 끼워 바인드선을 잡아매어 튀어 나오지 않게 한다.

다. 정류 부분 및 베어링

도전율이 높은 경인등으로 만들어지는 정류자편은 지지물과의 사이에 절연물로서 마이카가 쓰인다.

정류자편을 결합하는 방법으로 V형 마이카 절연물을 중간에 넣고, 같은 V형으로 된 정류자슬라이브(commutator sleeve)에 클램프 링(clamp ring)을 붙여 보울트로 조인다.

브러시는 정류자와의 접촉저항이 높은 카본 브러시(carbon brush)를 사용하여 브러시 홀더(brush holder)로써 지지 한다.

베어링은 주로 슬리브 베어링을 사용하며, 안쪽에는 원통형의 베어링 메탈이 있고, 여기에 홈을 파서 오일 링(oil ring)을 걸어 축이 회전할때 자동적으로 급유하도록 되어 있다.

라. 전기자 권선법

전기자에는 많은 도체가 배열되어 있고 각 도체에서 유기되는 기전력을 모을 수 있게 도체를 접속해 나가는 것이 전기자 권선의 목적이다.

(1) 중권(lapwinding)

각 코일에 일어나는 코일의 전압을 효과적으로 모으려면 한 코일의 끝을 인접한 코일의 시작점과 연결하고 그 코일의 끝을 다음 코일의 시작점

과 연결한다. 여기서 접속점의 위치가 앞서가면 전진권, 뒤로 가면 후진권이다.

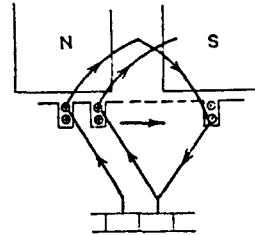


그림 3 - 3

그림 3 - 3에서 보는 바와 같이 조금씩 어긋나게 하여 전 코일을 연결하고 나면 결과적으로 전 코일의 전압이 서로 상쇄되어 코일내를 순환할 수 있는 전류는 흐를 수 없지만 부분적으로 유기 전압의 극성이 바뀌지는 곳에 브러시를 연결하면 (그림 5' - 7, 9' - 10, 12' - 2 ..... ) 외부 전류를 흘릴 수 있다.

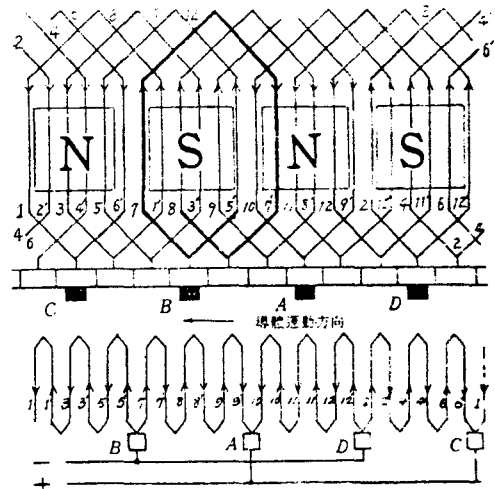


그림 3 - 4

그림 3 - 4는 4극 슬롯수가 13, 중권으로 감은 것의 전개도이다. 자극 밑에 있는 코일이 화살표 방향으로 유기되면 B, D는 (-) A, C는 (+)로 되어 전 권선중에는 전류의 통로가 4 개가 있게 되어 독립한 분로수는 극수와 같은 수만큼 있다.

또, 2중 중권으로 감으면 위의 것이 두개가 겹치므로 분로수는 극수의 배로된다.

중권은 대전류를 얻기는 적당하나 베어링의 마

모, 공극의 차 등이 생겨 분로간에 전압차가 생긴다. 이 때는 브러시간에 순환전류가 흐르므로 전기적으로 같은 전위의 코일끼리 선을 연결하여 방지한다. 이것을 균압환이라 한다.

(2) 파권

이 권선법은 정류자편과의 연결법이 증권과 다르다. 전기가 코일을 연결할 때 180° 어긋난 곳에 있는 코일과 연결하게 되어 2극인 경우는 증권과 파권이 완전히 일치하지만 4극 이상에서는 6극이면 3번을 뛰고 나서 시작 정류자편의 앞이나 뒤에서 연결하게 된다. 한 코일의 시작점에서 나아가서 끝점이 연결되는 위치를 정류자편수로 나타내어 정류자 피치라 하고 이를 Yc라 하면 다음과 같다.

$$Y_c \frac{P}{2} = s \pm 1$$

여기서 s: 총 정류자 편수

P: 극수

그림 3-5는 4극 슬롯트 13 단중 파권으로 감은 것의 전개도이다. 여기서 전류의 흐르는 방향으로 브러시를 연결하면 분로수는 항상 2개가 되며 파권은 자속차에 의한 분로간에 전압차가 없고 따라서 균압환도 필요없다. # 234

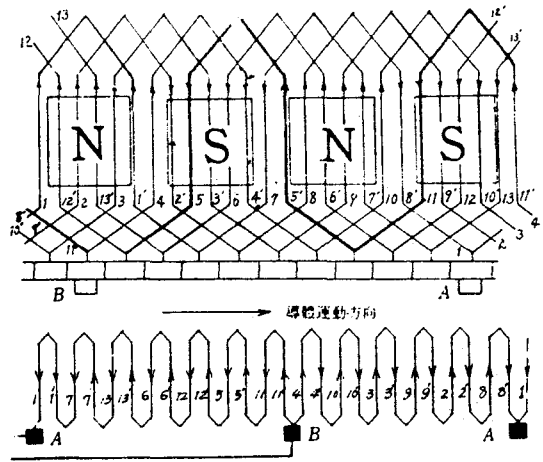


그림 3-5

참 고 문 헌

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

정 화 는      마 음 에 서

질 서 는      행 동 으 로