

저압 차단기의 한류차단 현상에 대한 연구

오준식\*, 나철봉, 이성만, 임종득, 함길호  
(LG산전)

The study for current limitation phenomena of Low-voltage circuit breakers

Joon-Sick Oh, Chil-Bong Na, Sung-Man Lee, Jong-Duk Im, Gil-Ho Ham

**Abstract** - 전기설비에 있어서 저압회로의 과전류 보호기기로는 배선용 차단기, 기중 차단기, 한류 퓨즈, 전자 개폐기 등이 있으며, 이중 배선용 차단기의 중요한 차단원리인 한류차단원리 및 현상에 대해 상세한 분석이 필요하다.

단락이 발생하면 상당히 큰 단락전류가 흐르게 된다. 이 단락전류를 차단하는 경우 단락전류를 그대로 흐르지게 하여 본래의 단락전류를 작게 제어하면 차단시의 에너지는 작아진다. 본래의 단락전류를 작게 억제하여 차단하는 방법을 한류차단방식이라 하며 이러한 기구를 한류기구라 한다.

한류차단방식을 채용함으로써 동일 치수의 차단기라면 보다 큰 단락전류를 차단하는 것이 가능하다. 여기서는 한류차단특성의 이론적 해석과 단락전류에 의한 전자기적 영향, 기계적인 영향, 열적인 영향을 설명하고 이러한 영향을 최소화 하기 위한 한류차단 원리 및 방법을 설명하고 분석하고자 한다.

이 식에서 아크가 없는 경우( $V_a=0$ )의 단락전류는 다음 식으로 된다.

$$i = \frac{Em}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \left\{ \sin(\omega t + \theta - \phi) - \sin(\theta - \phi) e^{-\frac{R}{L}t} \right\} \quad \text{----- (2)}$$

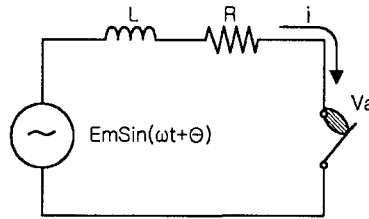


그림 (1)

1. 서 론

일반적으로 차단기는 단락전류가 발생했을 때 일정기간의 차단시간이 필요하게 된다.

이러한 차단시간 동안 차단기에는 단락전류가 흐르게 되고 그리하여 이에 견딜수 있는 열적, 기계적 강도가 요구된다. 차단기는 단락전류의 통과에 의해 접점의 반발이 일어나고 아크가 발생하는데 그 개극시간을 명확히 얻어내기는 어렵지만 접점을 포함한 도전부위가 열적, 기계적인 파괴에 이르기 전에 트립장치가 동작하여 접점개리가 시작되면서 지장없이 회로를 차단하는 것이 가능하다.

그러나 큰 단락전류가 흐를 경우 트립장치가 동작하여 접점개리까지의 시간사이에 통과전류의 Joule열에 의한 도전부의 용융, 용단, 전자기력에 의한 변형, 아크 가스의 내압상승에 의한 몰드 케이스의 파괴 등의 사고가 발생하여 차단이 불가능하게 된다, 따라서 큰 단락전류를 효과적으로 차단하기 위해서는 전류가 피크치에 도달하기전 가능한 낮은 값에서 접점을 개리시켜 발생한 아크의 아크저항에 의해 단락전류를 제한하는 한류효과를 갖도록 할 필요가 있다.

한류 차단기는 한쌍의 접촉자를 전류방향이 역으로 되도록 배치하여 단락전류 통과시에 발생하는 도체간의 전자 반발력을 이용하여 접점을 개리시켜 트립장치의 동작을 기다리지 않고 회로를 차단하여 큰 차단용량을 갖는 차단기이다.

2. 본 론

2.1 한류차단 특성의 이론적 해석

단락발생시의 회로는 그림(1)와 같이 표현되고 다음의 기본식이 성립한다.

$$Em\sin(\omega t + \theta) = L \cdot \frac{di}{dt} + Ri + Va \quad \text{----- (1)}$$

그러나 아크가 있는 경우( $V_a \neq 0$ )는 특수한 경우를 제외하고 대수식은 얻을 수 없고 그림(2)와 같이 실제파형에 가까운 아크 전압을 입력하여 수치적 해석에 의한 결과를 그림(3)에서 나타내고 있다.

$t_1, t_2$ 를 가능한 짧게하여 아크전압을 높이는 것이 중요한 당면하나 그림(3)는  $t_1$ 이 클 때 아크전압을 높여도 한류효과는 크지않다는 것을 알 수 있다. 즉,  $t_1$ 의 단축이 한류효과 향상의 중요한 요인이라 할 수 있다.

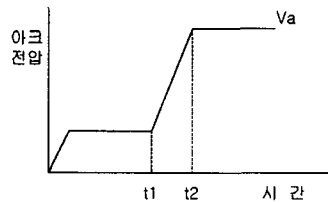


그림 (2)

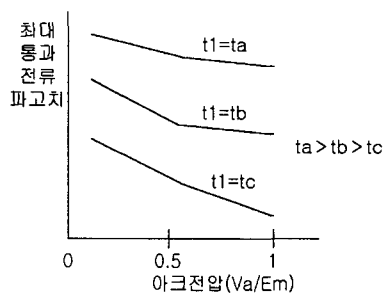


그림 (3)

### 2.1.1 단락전류에 의해 발생하는 영향

단락전류에 의해 발생하는 영향은 크게 3가지 전자기적 영향, 기계적 영향, 열적 영향으로 구분된다.

전자기적 영향 :

전류 I가 흐르는 도체로부터의 거리를 d라 할때 유도되는 자계에 의한 자속밀도 B는,  $B=2 \times 10^{-7} \cdot I/d$  [tesla] 로 표현된다.

이러한 자계의 영향은 단락전류가 흐르는 전기회로와 인접한 전자회로의 정상동작에 장애를 일으킨다

기계적 영향 :

평행한 길이가 L 인 두 도체 사이의 거리가 d이고 같은 크기의 전류가 서로 다른 방향으로 흐른다면 두 도체사이에는 반발력이 발생한다. 반발력은 다음의 식으로 표현된다.

이러한 반발력은 주위부품의 변형을 가져온다.

열적 영향 :

단면적 S인 도체에 단락전류가 흐르면  $\Delta\theta$ 의 온도상승이 발생한다. 이것은 다음과 같이 표현된다.  $\Delta\theta = k/S^2 \cdot \int T i^2 dt$

$\int T i^2 dt$  [A2s]는 열적 스트레스를 나타내며 k는 도체수소써 동은 경우는

약  $6 \times 10^{-3}$  ( $\sigma Kmm^4 / A2s$ )이다.

이로 인한 영향은 절연물질의 화재와 변형을 가져온다

### 2.1.2 한류차단 기구부의 동작원리

평행도체에 서로 다른 방향의 전류가 흐르면 전자반발력이 발생한다.

그 힘은 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$F = 2.04 \frac{i^2}{S} (\sqrt{(l^2 - S^2)} - S^2) \times 10^{-2} \text{ [kg]}$$

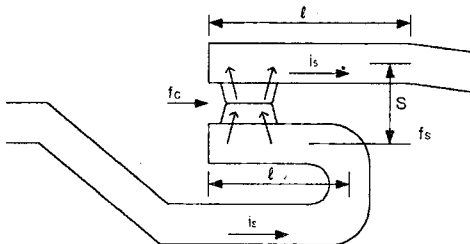
I : 통전전류 [A]

l : 도체의 평행부분의 길이 [mm]

S : 평행도체간 거리 [mm]

한류 차단기는 이 원리를 접점부에 응용한 것이다.

그림과 같이 구성된 접점부에 서로 다른 방향의 전류가 흐르면 접점사이에 반발력이 발생하여 그 힘에 의해 접점이 개리하고 아크가 발생한다. 이 발생아크의 아크저항이 통과전류를 억제하여 한류시킨다. 그리고 평행도체간에 발생하는 전자반발력과 접점부에서 통과하는 전류에 의한 접점 반발력이 작용한다.



fc : 접점 집중 반발력

fs : 평행 도체간 반발력

F : 전자 반발력 = fc + fs

회로에 단락이 발생했을때 흐르는 전류는 예상단락전류로 표현되어 있으나 그 전류가 상승하는 과정 즉, Is에 도달했을 때 접점간 반발력에 의해 접점이 개리하면 그 시점부터 아크가 발생하고 소호실의 소호작용에 의해 회로가 차단된다.

즉 통과예상전류가 그림에서처럼 작게 제한되기 때문에 차단시의 에너지가 억제된다.

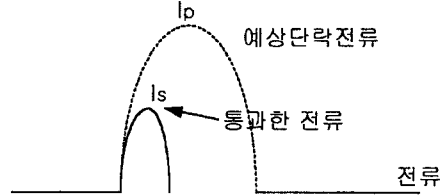
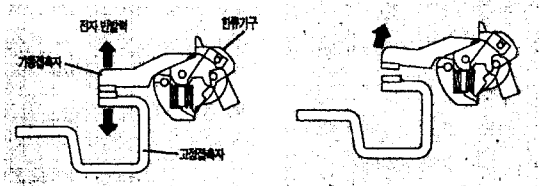


그림 (4)

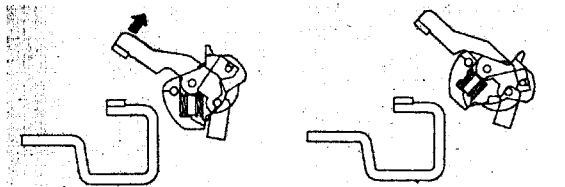
### 2.1.3 단락사고 발생시 한류기구의 동작순서

단락사고가 발생했을 때 한류 차단기 한류기구부의 동작순서는 다음과 같다.



① 단락전류의 발생

② 전자 반발력에 의한 한류기구 동작초기



③ 한류기구에 의한 개극

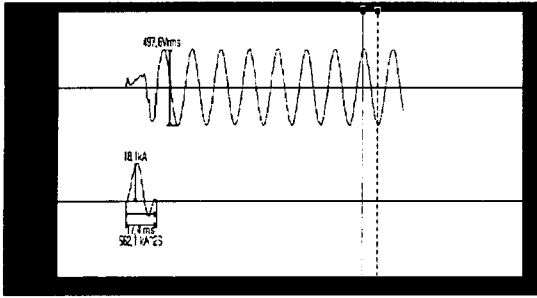
④ 트립기구에 의한 완전 개극

### 2.2 한류 차단기의 특징

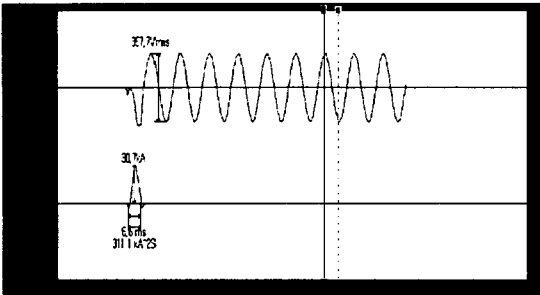
한류 차단기의 특징은 다음과 같다.

- 고 차단용량을 갖는다
- 소형화 할 수 있다.
- 보호선로 및 기기에 미치는 열적,기계적 스트레스가 적다.
- Back-up 성능이 우수하고 보호협조를 얻기 쉽다.
- 전원측 차단기와의 선택차단에 적합하다.
- 아크전압이 낮다.

아래 파형은 당사 제품인 정격이 동일한 225 Ampere Frame의 표준형 차단기와 한류형 차단기의 차단시 전압과 전류파형을 나타내고 있다.



표준형 차단기 (ABS 203a 225A)



한류형 차단기 (ABL 203a 225A)

파형에서 알 수 있듯이 표준형보다는 한류형 차단기의 차단시 에너지가 극히 작게 억제되었음을 볼 수 있다.

### 3. 결 론

이상에서 살펴본 바와 같이 전류가 피크치에 도달하기 전 낮은 값에서 단락전류를 제한하는 한류효과를 적용하여 단락전류가 통과하더라도 전류를 어떤 값 이하로 제한하는 것이 가능하다면 이론적으로는 차단용량 무한대의 차단기도 생각할 수 있다.

한편 차단기는 정상전류가 통과할 때 접점부에 정해진 온도상승한도 내로 유지하기 위해 접점간에는 적절한 압력을 줄 필요가 있다. 그리고 이값은 적어도 순시트립장치가 동작하는 전류치 이하의 전류영역에 있어서는 접점도체, 도체반발을 일으키지 말아야 하며 이 접촉압력은 반발력에 대항하는 압력으로 전류가  $I_s$ 에 달하기 전까지는 접촉압력이 반발력보다 크고  $I_s$ 에 도달하기 시작하면서 반발력이 접촉압력보다 커져야만 접점이 개리될 수가 있다. 따라서 이 반발력과 접촉압력을 적절히 적용하는 것이 한류차단의 중요한 원리라 할 수 있다.

### (참 고 문 헌)

- [1] LG산전(주) MCCB 설계자료집
- [2] Pierre Schueller, "LV breaking by current limitation", E/CT 163, 1994
- [3] Robert Morel, "Low Voltage circuit-breaker breaking techniques", E/CT 154, 1994
- [4] Thomas E. Browne, JR., "Circuit Interruption", 1984
- [5] Power circuit breaker theory and design", 1982