

유한요소법을 이용한 Molded Case Circuit Breaker 소호부의 소호능력 향상

김유민, 조성훈, 권정훈, 임기조
충북대학교

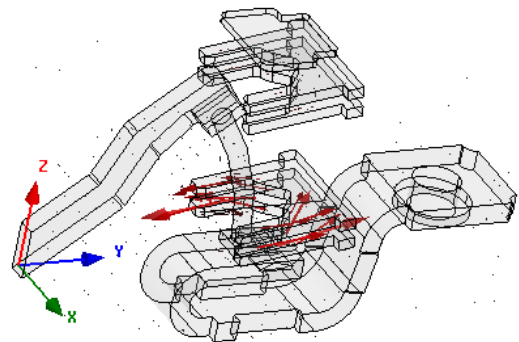
Improvement of arc quenching room in Molded Case Circuit Breaker using Finite Elements Methode

Yu-Min Kim, Sung-Hoon Cho, Jung-Hun Kwon, Kee-Joe Lim
Chungbuk University

Abstract - 본 논문은 가정에서 사용하는 중·저압용 차단기의 차단 능력을 향상시키기 위한 방법에 초점을 두었다. MCCB의 차단 능력은 MCCB내부 부품들의 재료나 형상 그리고 배열 등 여러 요소에 의해 결정된다. 특히 본 논문에서는 MCCB 그리드의 형상을 변화하여 소호시간을 단축하는 방법을 제안하였다. 사고에 의해 차단기가 작동하게 되면 차단기 내부 접점에서 Arc가 발생하게 된다. 이때 발생된 Arc에 의한 2차 사고를 방지하기 위해, Arc를 빠른 시간에 소호시켜야 한다. Arc가 발생하게 되면 Arc내부는 도체처럼 전류가 흐르게 되는데 이 전류에 의해 소호부의 그리드를 따라 자속이 형성된다. 그리드의 형상에 따라 Arc기둥 주변에 불균형적인 자속이 유도되고 이 불균형한 자속에 의해 Arc 주변에는 불균형한 로렌츠힘이 발생하여 일정 방향으로 힘이 작용하게 된다. 이때 발생한 로렌츠힘에 의해 Arc기둥은 그리드 방향으로 소호된다. 분석을 위해 유한요소법을 이용한 시뮬레이션을 사용하였고 그리드 형상 변화를 통해 일정방향으로 로렌츠힘이 변화 전보다 증가한 결과를 얻었다. 본 논문의 내용에 추가로 그리드 내부에서 자속의 이동을 효율적으로 전달하기 위한 방법을 연구하면 더 큰 로렌츠힘을 얻어 소호시간을 단축시킬 수 있을 것으로 사료된다.

양의 그리드에 유기된 자기벡터를 보여주고 있다. 유기된 자계는 그리드의 형상에 따라 그림과 같이 유기된다. Arc기둥의 전류, 주위에 자계에 의해 다음 식에 의한 로렌츠력이 발생한다.

$$\vec{F} = \int_{vol} \vec{J} \times \vec{B} dv$$



<그림 1> Arc 전류에 의해 그리드에 유기된 자계

그리드의 형상에 따라 x방향의 힘은 상쇄되고, y방향의 힘은 비대칭을 이루어 +y방향으로 로렌츠힘이 작용하여 아크는 힘의 방향으로 소호된다.

1. 서론

산업의 발달과 더불어 전기와 인류는 필수 불가결한 관계로 자리잡아 왔다. 하지만 아무리 완벽하게 디자인된 전기 제품이라도 전기 제품 내부 또는 외부적으로 발생하는 사고는 피할 수 없다. 전기 사고는 재산, 인명, 자연에 큰 재앙을 가져올 수 있으므로 안정적인 전기의 공급의 중요성은 매우 크다. 사용되는 전기의 목적과 장소가 다양하기 때문에 전기의 종류와 크기 역시 다양하고 여기에 맞는 여러 차단기들이 존재한다. 특히, 본 논문에서 연구된 Molded Case Circuit Breaker는 가정이나 사무실에서 주로 쓰이는 중·저압 배선용 차단기이다. MCCB는 일반인이 주변에서 가장 쉽게 관찰할 수 있는 차단기이기 때문에 전기시설의 관상 소형화, 고효율화 기술 개발의 요구가 증대되고 있다. 이러한 요구에 부응하기 위해 본 논문에서 MCCB 소호부의 소호 능력향상을 이끌고자 한다.

2. 본론

2.1 유한요소법(Finite Elements Method)

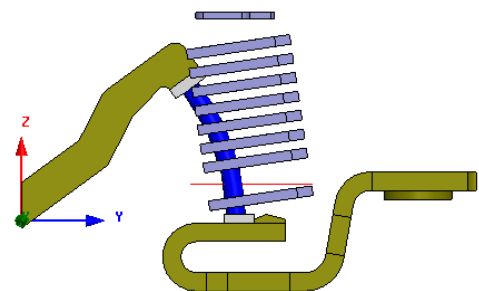
유한요소법(Finite Element Method)은 1930년대에 개발된 Matrix이론을 사용하여 1960연대에 영국과 미국에서 개발되었다. 이론화 및 상용화가 이루어진 것은 컴퓨터의 발전이 이루어진 1970년대 이후이다. 이러한 유한요소법은 공학과 물리학에서 많이 사용되었으며 컴퓨터 하드웨어의 발전과 더불어 급속히 발전하였다.

유한요소법은 초기에는 복잡한 구조물의 해석을 위해 개발되었으나, 그 후 발전을 거듭하여 연속체 역학(Continuum Mechanics)분야 등 광범위한 분야에서 사용되고 있다. 구조물에 대해 요소의 공통되는 점, 선 및 면 등에서 여러 가지 경계조건을 사용하여 수식을 만들고, 이를 이용해 구조물 전체에 대한 연립 대수 방정식을 만들어 해를 구한다. 공통되는 점이나, 선, 면이 많아질수록 연립방정식이 커지게 되어 해를 구하는데 많은 계산이 필요하게 되었고, 이러한 특징으로 인하여 유한요소법은 컴퓨터의 발전 속도와 비례하여 발전하였다. 유한요소법은 여러 가지 엔지니어링(Engineering)분야에 적용이 가능하지만, 구조분야에서 가장 먼저 적용이 되었고, 현재는 다양한 분야에서 적용이 되고 있다.

2.2 MCCB 소호부의 Arc 소호 원리

<그림 1>은 MCCB가 작동되는 순간 Arc기둥과 Arc에 의해 'd'모

2.3 모델의 자계해석 조건 및 방법



<그림 2> 로렌츠력을 측정하기 위한 자계해석 기준선

<표 1> 3차원 자계해석 조건

아크반경	3mm	자단전류	50kA
접점거리	18mm	해석영역	아크주(빨간 선) 20mm

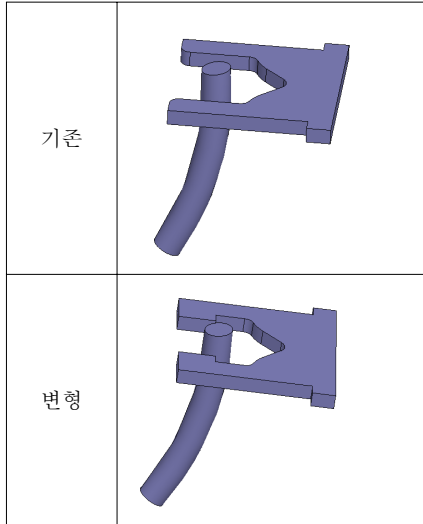
자계해석 대상 모델로서 허용전류 50kA인 국내 기업의 모델을 사용하였고 접점 거리구간과 아크 반경은 <표 1>의 해석조건과 같이 가정하였다. 로렌츠력은 전류 주변에 인가된 전계에 비례하기 때문에 <그림 2>와 같이 고정접점 상위 5mm 지점에 아크기둥 중심부를 통과하는 직선을 그어 아크주 좌우의 자계분포를 측정하는 방법을 선택하였다. 실제 정확한 Arc 의형상은 예측할수 없고 <그림 2>와 같이 이동 접점까지

일정하지 않다. 그렇기 때문에 실제 개리상황에서 Arc 상단부는 이미 소호 될 가능성이 크므로 Arc 하단부에서 자계를 측정하였다.

2.4 3차원 자계해석 결과

기존에 이미 MCCB 그리드에 강한 구동 자계를 형성을 위해 그리드의 재료에 따른 연구가 많이 되어왔다. 하지만 재료의 자기포화현상에 때문에 그리드의 재료의 변화를 통해 강한 자계를 얻는 데에는 한계가 있다. 그래서 동일 재질에서 유도될 수 있는 동일한 자계밀도의 흐름 경로를 그리드의 형상을 변화시켰다.

〈표 2〉 아크기둥과 그리드 형태



3. 결 론

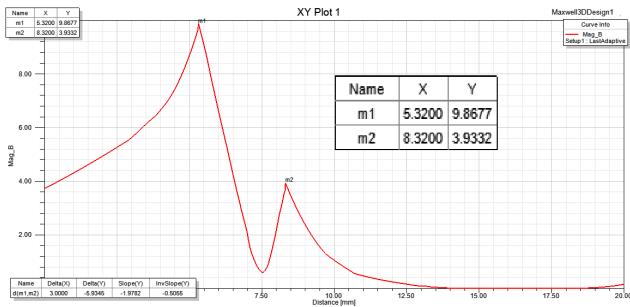
〈표 2〉에서와 같이 기존의 그리드는 ‘c’ 형태의 모양을 하고 있다. 〈표 2〉의 그림을 기준으로 Arc기둥 오른쪽으로 왼쪽에 비해 그리드가 Arc주를 멀리 선회하고 있고, 그리드를 따라 자속이 분포하게 된다. 반면 기둥주의 왼쪽은 그리드가 열려있는 상태로 빈 공간을 따라 자속이 분포하게 된다. 변형된 그리드는 기존의 그리드 열린공간에 Arc기둥 방향으로 급속을 더한 형태로 기존의 그리드의 공간상에 자유롭게 분포하던 자계를 Arc 기둥에 근접하게 분포하도록 설계하였다.

〈그림 3〉, 〈그림 4〉은 Poly Line을 따라 자속밀도 크기를 보여 준다. 두 개의 자속 밀도 peak 지점이 있는데 이 사이에 Arc 기둥이 위치하고, 두 Peak지점의 차이는 다음〈표 3〉과 같다. 〈그림 3〉, 〈그림 4〉비교를 통해 첫 번째 자속 밀도 peak값이 그리드 형상 변화 후에, 증가한 것을 확인할 수 있다. 〈표 3〉에서 그리드 형상 변경후의 자속밀도 차와 로렌츠력이 증가함을 확인할 수 있다.

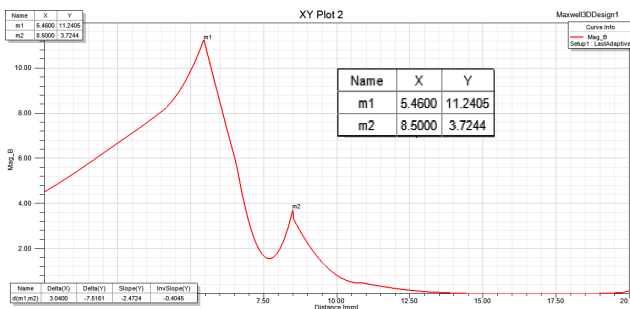
본 논문에서 해석한 모델 외에 다른 모델을 보면 그리드의 Y방향 배열이 Arc 기둥에 수직방향으로 배열한 모델이 있다. 현재 기술로 Arc 기둥의 정확한 형상을 예측할 수는 없지만, 그리드의 배열 각도에 따라 그리드에 인가된 전계 분포가 달라질 수 있기 때문에 Arc 플라즈마의 형상을 현재보다 정확하게 예측한다면 MCCB 소호 능력 향상을 위한 연구에 큰 도움이 될 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최영길, 박천교, “차단성능 평가해석기법을 적용한 강자계 구동방식의 460[V]/225[A]/50[kA급] 한류형 MCCB 소호부 개발”, Journal of KIIEE, 제18권 제 1호 페이지, pp. 78-84, 2004
- [2] William H. Hayt, Jr., John A. Buck, “Engineering Electromagnetics”, McGraw-Hill, 7th Edition, pp. 272-275, 2005
- [3] 김길수, “배선용 차단기의 차단용량 증대방법”, 충북대학교 석사학위논문, 2000
- [4] 류계섭, “유한요소법을 이용한 BLDC모터”, 충북대학교 석사학위논문, 1999



〈그림 3〉 아크주 자속분포(기준 그리드)



〈그림 4〉 아크주 자속분포(변형 그리드)

〈표 3〉 그리드 변형 전후의 Arc기둥 좌우 자속밀도 차

	자속 밀도 차[T]	로렌츠 력[N]
변형전	5.8745	2912.1
변형후	7.5161	3839.3