

VI 내부에서 Arc shield가 전계에 미치는 영향

윤재훈, 김병철, 이승수, 임기조, *강성화
충북대학교, *충청대학교

An Influence Arc Shield having on to Electric-field in the VI insides

yoon jae hun, kim beung chuel, lee sung su, lim kee jo, *kang seong hwa
chungbuk university, *chungcheong university

Abstract - This paper describes the influence of shield(Arc shield) on the electric fields in a vacuum interrupter(VI). The equipotential line and electric field in a VI are analysed by a finite element method at various shield length. in result, The electric potentials of Arc shield edge was increased because the length too short or long approach the source. it confirmed that equipotential line was influenced that shape and length by end shield. finally this pater proposed to optimal length and shape by arc shield.

1. 서 론

진공차단기는 1980년대 국내 교류계통에 적용되기 시작하여 약 20년동안 고신뢰성, 보수점검의 용이, 소형 및 경량등 많은 이점이 입증됨으로써 현재 국내 배전전압급의 개폐장치에 대부분 적용되고 있다. 최근에는 전력 계통 부하의 급증으로 인한 차단용량 증가 및 핵융합로의 전원설비로서의 적용에 대한 필요성이 대두되어 소형, 고전압화를 위한 진공 절연의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 진공이 갖는 절연파괴진압특성을 위해 다양한 진공 재료 개발이 이루어지고 있으며 진극형상에 의해 아크구동력을 이용한 검토가 이뤄지고 있다.

VI의 소형화 대응량화를 동시에 만족시키기 위해서는 무엇보다도 먼저 VI의 기본 내부 구조와 진극형상에 의해 결정되는 전계 및 전위 분포의 해석과 관련 실험을 통해 절연 특성을 이해하는 것이 요구된다.

일반적으로 VI 내부에는 진류 차단시 발생하는 금속 증기 및 입자가 절연 용기의 내벽에 응결함으로써 발생하는 연연의 절연 성능 저하를 방지하기 위해 금속 재질의 Arc shield가 설치되어 있으며, 서로 다른 유전율을 갖는 삼중점을 보호하기 위한 End shield가 설치되어 있다.

floating 상태의 Arc shield는 진원 진압이 인가되면 등전위를 형성하여 VI의 전계를 집중, 왜곡 시키기며 End shield의 경우 역시 등전위 선의 분포를 왜곡 시키기 때문에 VI의 절연성능 향상에 대한 설계에 있어 shield의 최적화는 매우 중요한 부분을 차지한다.

이에 본 연구에서는 floating 상태의 Arc shield의 길이와 위치가 VI내부 전계분포에 어떠한 영향을 주는지 살펴보기 위하여 2차원 유한요소 프로그램 (MAX-WELL)을 이용하여 VI에 대해 각각의 등전위선과 전계값을 비교함으로써 Shield가 절연에 미치는 영향과 Arc shield의 최적화를 검토하였다.

2. 본 론

2.1.1 해석 이론

VI의 전위 분포 및 전계를 해석하기 위한 지배 방정식은 Maxwell 방정식 및 poisson 방정식으로부터 식(1)과 같이 유도 된다.

$$\nabla \cdot \epsilon \nabla \phi = -\rho \tag{1}$$

여기서 ϵ 은 유전율, ϕ 는 전위이며 ρ 는 전하밀도 이다. 1차 시험 함수에 Galerkin법을 적용하면 식(2)와 같은 계 방정식을 구성할 수 있다.

$$[K] \{ \phi \} + \{ F \} = \{ 0 \} \tag{2}$$

여기서 [K]는 계수 행렬이며, {F}는 구동 행렬이다. 정전계에서 방정식의 해를 구하기 위한 해석영역의 경계 조건은 일반적으로 다음과 같이 주어진다.

$$\phi = \phi_i \tag{3}$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = 0 \tag{4}$$

여기서 ϕ_i 는 전위 또는 접지 전위를 지지의 값이며, 식 (4)는 경계조건을 나타낸다.

2.1.2 해석 모델

그림 1은 해석을 진행하기 위해 modelling 된 VI의 내부 구조로서 절연용기(Ceramic) 내에 고정접점, 가동접점 및 Arc shield등으로 구성된다. 용기 내부의 압력은 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ torr정도의 고진공을 유지하도록 되어있으며 가동 접점은 bellows와 연결되어 진공을 유지하면 시점점의 동작이 가능하도록 설계되어 있다. 해석을 진행함에 있어서 각 물성치는 <표1>에 나타내었으며 접점 간극은 10mm이며 Arc shield의 전장(60mm-110mm)에 따른 해석을 진행 하였다.

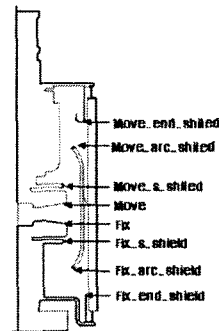


그림 1. 해석모델

	electrode	Arc shield	절연용기
material	copper	aluminum	Al2_O3_ceramic
permittivity	1	1	9.8
conductivity	5.8e+007	3.8e+007	0

표 1. material의 유전율 및 도전율

2.2.1 Arc shield의 전장에 따른 해석 결과

Arc shield전장이 전계형성에 미치는 영향을 검토하기 위해 전장의 길이에 따른 해석을 진행하였다.

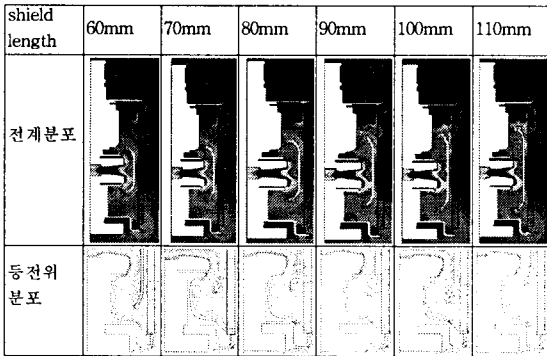


표 2. shield전장에 따른 전계분포 및 등전위분포

<표 2>는 shield의 전장을 달리하여 해석한 결과를 전계분포와 등전위 분포로 나타낸 것이다. 전계분포에서 살펴보면 shield끝단에 전계가 집중되는 것을 알 수 있다.

하지만 shield를 같은 형태로 가져갔을 경우 shield 길이의 영향에 대한 각 부분의 전계값은 크게 차이나지 않았다. 전계값은 가동부와 고정부 2개 부분으로 나누어서 각 shield에 끝단을 살펴보았다.

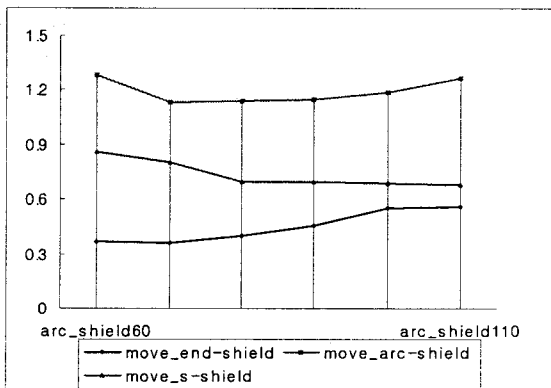


그림 2. shield전장에 따른 Mov. point에서의 전계값

<그림 2>는 가동부의 각 critical point의 전계값을 살펴본 결과이다. shield전장에 따른 전계강도의 영향은 미미하다고 볼 수 있다.

<그림 3>은 고정부 각 critical point의 전계값을 살펴본 결과이다. Arc shield의 전장이 전계집중에 미치는 효과는 미미하다고 판단 할 수 있으나 Arc shield의 주 역할인 Arc발생에 의한 금속증기에 발생으로 부터 삼중점

을 보호하기 위해서는 적정 mm이상은 되어야 한다.

위 해석에는 60mm-110mm까지 해석을 진행했으나 60mm보다 작거나 110mm보다 클 경우 source부와의 거리가 인접함에 따라 shield끝단에 상당한 전계집중을 유발하였다. 해석을 토대로 검토해보면 VI 내부의 Arc shield 전장은 60mm-110mm범위에서 설치되어야 할 것으로 사료된다.

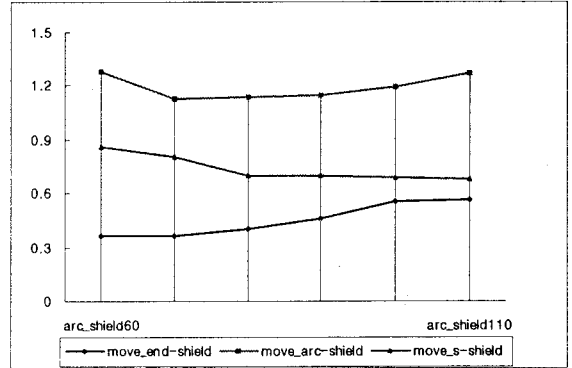


그림 3. shield전장에 따른 Fix. point에서의 전계값

3. 결 론

Arc shield 전장에 따른 해석을 진행한 결과 Arc shield가 VI내부의 전계분포에 미치는 영향은 미미하다는 것을 확인 할 수 있다. floating shield가 설치되면 전극으로부터 capacitance가 유기되어 등전위 선의 왜곡시켜 전계집중을 유발하지만 Arc shield가 없다면 사고절류 차단시 발생하는 Arc에 의해 외벽 및 삼중점이 노출되어 VI의 절연성능이 저하 될 수 있다. Arc shield의 형상과 길이를 적절하게 가져가는 것이 중요하다. 해석 결과를 토대로 보면 shield 끝단이 주접점과 가깝거나 source부와 근접했을시 쉘드 끝단의 전계가 상승하였으나 적정 범위 안에서는 그 영향이 미미하지만 주접점과 고정부 source와의 거리를 최대한 확보한 shield의 길이를 고려 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 대학전력연구센터 지원사업의 지원으로 이루어 졌으며, 이에 관계자 분들께 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최승길, "진공 인터럽터의 차폐판이 전계분포에 미치는 영향의 유한요소 해석", Journal of the Korea Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, vol 12, no 2, pp.182,187, 1999
- [2] M. Binnendijk, et al, "high-current interrupter in vacuum circuit breakers", IEEE Trans. Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 4, pp. 836-840, 1997"
- [3] H.okumura, E. Kaneko, "Recently developed vacuum interrupter construction and performance improvement", Toshiba Review, no. 141, pp.5-10, 1982
- [4] M. Okawa, et al, "Development of vacuum interrupters with high interrupting capacity", IEEE Trans. Power Delivery, vol. PWRD-2, pp. 805-809, 1987
- [5] K. Kato, et. al. "Breakdown conditioning characteristics of precision-surface-treatment", Jan IEE Trans. to be published, 2006
- [6] 임달호, "전기계의 유한요소법", 동명사, 175-179pp, 1986