

진공 인터럽터 내부 Shield형상에 따른 전계분포 해석

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

Electric field distribution interpretation along a shield form inner vacuum interrupter

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

Abstract - this paper describes the electric field distribution interpretation along a shield form inner vacuum interrupter(VI). The equipotential line and electric field in a VI are analysed by a finite element method at various shield form. in result, The electric potentials of end shield form was increased or decreased because it was various the length of shield and between external insulation and source area or fix_end shield. finally shield is how to electric field affect, and advance, and will achieve the optimum design of VI inside shield.

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

여기서 Φ 는 전위 또는 접지 전위를 기지의 값이며, 식 (4)는 경계조건을 나타낸다.

1. 서 론

진공차단기는 1980년대 국내 교류계통에 적용되기 시작하여 약 20년 동안 고신뢰성, 보수점검의 용이, 소형 및 경량화 등 많은 이점이 입증됨으로써 현재 국내 배전압급의 개폐장치에 대부분 적용되고 있다. 최근에는 전력 계통 부하의 급증으로 인한 차단용량 증가 및 핵융합로의 전원설비로서의 적용에 대한 필요성이 대두되어 소형, 고용량화를 위한 진공 절연의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 진공이 갖는 절연과피전압특성을 위해 다양한 전극 재료 개발이 이루어지고 있으며 전극형상에 의해 아크구동력을 이용한 검토가 이뤄지고 있다. VI의 소형화 대응량화를 동시에 만족시키기 위해서는 무엇보다도 먼저 VI의 기본 내부 구조와 전극형상에 의해 결정되는 전계 및 전위 분포의 해석과 관련 실험을 통해 절연 특성을 이해하는 것이 요구된다. 일반적으로 VI 내부에는 전류 차단시 발생하는 금속 증기 및 입자가 절연 용기의 내벽에 응결함으로써 발생하는 연면의 절연 성능 저하를 방지하기 위해 금속 재질의 Arc shield가 설치되어 있으며, 서로 다른 유전율을 갖는 삼중점을 보호하기 위한 End shield가 설치되어 있다. 이에 본 연구에서는 End_shield의 형상과 위치가 VI내부 전계분포에 어떠한 영향을 주는 지 살펴보기 위하여 2차원 유한요소 프로그램(MAX-WELL)을 이용하여 VI에 대해 각각의 등전위선과 전계값을 비교함으로써 Shield가 절연에 미치는 영향과 End shield의 최적화를 검토하였다.

2.1.1 해석 모델 및 해석 요소

	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

<그림 1>은 해석을 진행하기 위해 modelling 된 VI의 내부 구조로서 절연용기(Ceramic) 내에 고정접점, 가동접점 및 Arc shield등으로 구성된다. 용기 내부의 압력은 10⁻⁵ ~ 10⁻⁶ torr정도의 고진공을 유지하도록 되어있으며 가동 접점은 bellows와 연결되어 진공을 유지하면서 접점의 동작이 가능하도록 설계되어 있다. 해석을 진행함에 있어서 각 물성치는 <표1>에 나타내었다.

2. 본 론

2.1 관련이론

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

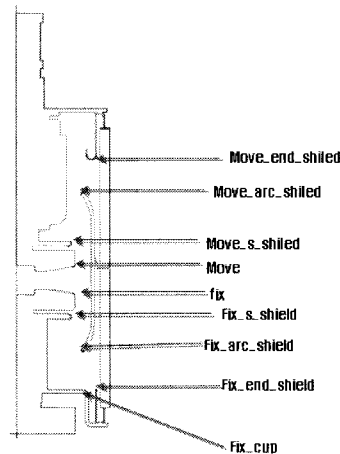
$$\nabla \cdot \epsilon \nabla \Phi = -\rho \tag{1}$$

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

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

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

$$\Phi = \Phi_0 \tag{3}$$

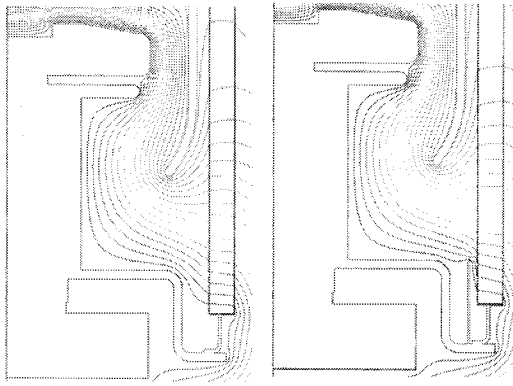


<그림 1> 해석모델

2.2 해석 결과

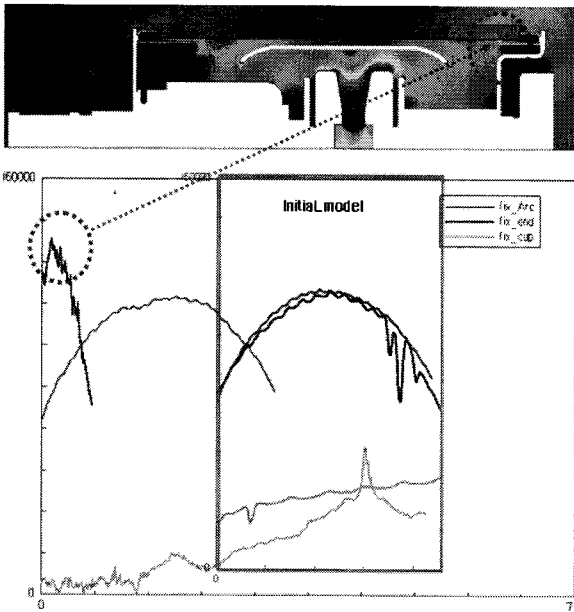
<그림 2> 는 기존 모델에 pipe형의 end shield를 추가하여 해석

한 결과이다. <그림 2> 모델을 살펴보면 shield 가 등전위선의 왜곡을 유발하는 것을 확인 할 수 있는데 등전위 선의 왜곡은 전계집중을 발생시킨다. 실제 End shield 끝단에 상당한 전계집중을 유발하는 것을 확인 할 수 있었다.



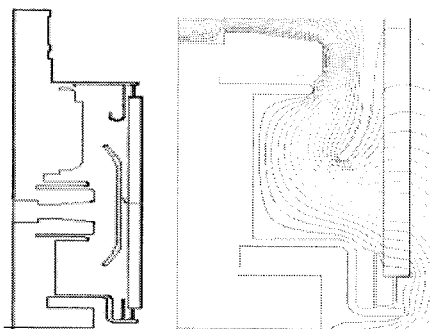
<그림 2> 모델의 등전위분포

<그림 3>은 Pipe형의 shield를 추가했을때 전계분포와 각 critical point에서의 전계값을 기존 모델과 비교한 것이다. 삼중점을 보호하기 위한 end_shield가 등전위선의 왜곡을 가져와서 쉴드 끝단에 상당한 전계집중을 유발하는 것을 확인 할 수 있다. 쉴드의 형태가 첨단 형태를 가지고 있기에 주접점 사이보다 오히려 전계값이 크다. Arc쉴드 끝단에 집중되는 전계는 End shield의 영향이 미미하다는 것을 확인 할 수 있으며 등전위선의 왜곡을 최소화 할 수 있는 쉴드의 형태와 외부 절연체와의 gap 이 고려되어야 한다.



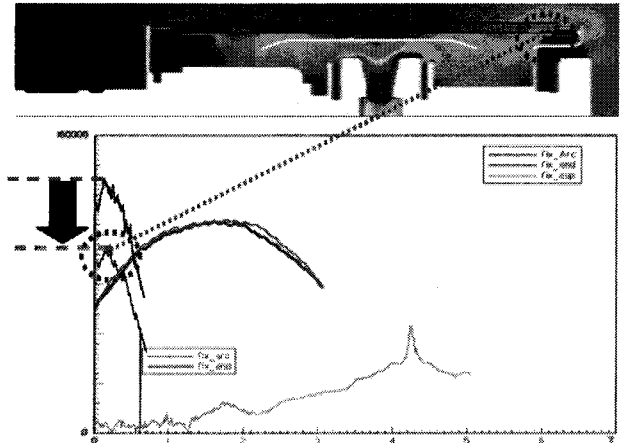
<그림 3> 전계분포

<그림 4>는 등전위 선의 왜곡을 최소화 할 수 있도록 쉴드의 size 및 gap을 조절할 모델과 해당 모델의 등전위선 분포를 해석한 것이다.



<그림 4> present model

<그림 5>는 제안된 모델에 대한 전계분포와 각 critical point에서의 전계값을 그래프로 나타낸 것이다. shield의 형태는 pipe형으로 가져갔으며 기존 모델의 등전위선의 왜곡을 최소한으로 가져가도록 모델링 하였다. 그결과 기존 pipe type shield 끝단에 집중되는 전계강도를 30%정도 완화 시킬 수 있었다. area effect를 고려해 보면 최대 전계의 90%부분이 분체가 되나 30%이상 전계를 완화 시킬 수 있다면 area effect측면에서 고려해 보았을 때 기존 cup-type보다 상당한 강점을 가지고 있다고 판단된다.



<그림 5> present model의 전계분포 및 수치

3. 결 론

End shield(pipe type)따른 해석을 진행한 결과 shield가 VI내부의 전계분포에 상당한 영향을 미치고 있다는 것을 확인 할 수 있었으며 삼중점을 보호하기 위해 설치되는 End shield는 등전위 선의 왜곡을 가져와 전계집중을 유발하여 VI 내부의 절연 성능을 저하시킨다는 것 또한 확인 할 수 있었다. 하지만 VI내부절연이 아닌 차단측면에서 살펴 볼 때 삼중점을 보호하기위한 shield는 매우 중요하며 본 논문에서는 25~35%의 전계완화 효과를 확인 하였다. 추후 각 shield간의 gap이나 형태에 대한 연구와 Area effect에 대한 연구가 추가로 진행되어야 할 것으로 사료된다.

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. PW RD-2, pp. 805-809, 1987
- [6] Gabriela sandolache and stephen William rowe, " Vacuum breakdown between molten metal electrodes", IEEE 2006, XXIIInd Int. Symp. on Discharges and electrical insulation in vacuum-matsue-2006
- [7] M,Okawa, T, Shioiri, T Funahashi, Y. Satoh,e.Kaneko and I.O hshima, "An investigation into Major factors in shunt capacitor switching performance byvacuum circuit vreakers with copper contacts" 17th international symposium on discharges and electrical insulation in vacuum, pp.85-88, 1996