

## 초고압 폴리머 부싱의 내부셴드 형상에 따른 전계분포 특성

조한구, 유대훈, 강형경\*  
한국전기연구원

### Electric Field Distribution of High Voltage Polymer Bushing with Inner Field Shaper Designs

Han-goo Cho, Dae-hoon Yoo, Hyung-kyung Kang\*  
KERI

**Abstract** : This paper describes the electric field distribution of high voltage polymer bushing with inner field shaper designs. The field control can be achieved by means of the designs of such internal field shaper. But high electric stress occurred between field shaper and central conductor by the closely space. In accordance, the floating and ring shield designs was importance for electric stress grading at critical parts of the bushing. The bushing has a central conductor, and internal ring shield or floating shield, gaps are formed between field shaper and ring shield. Accordance equipotential lines extend through gaps. Maxwell 2D simulator based on the boundary element method was also introduced in order to verify the reliability of the polymer bushing.

**Key Words** : Polymer bushing, Field shaper, Floating shield, Ring shield, Electric field

### 1. 서 론

전력기와 고압선로를 연결하는 초고압 부싱의 신뢰성 확보는 매우 중요한 설계요소로 절연성능 및 내오손 특성이 우수한 신소재 폴리머(LSR) 부싱에 대한 관심이 높아져 가고 있다. 하지만 대부분의 초고압 부싱은 전량 해외에서 수입되고 있으며 기술적 접근은 거의 이루어 지지 않고 있는 실정이다. 한편 부싱의 절연파괴의 근본적인 원인은 표면 누설거리(creepage distance)의 부족에서 찾을 수 있으며 부싱내의 전계를 균일하게 분포하는 것은 매우 중요한 설계요소이다[1]. 따라서 전기적 취약지점에서의 안정성 확보를 위한 금속의 내부셴드 사용은 매우 효과적이다 할 수 있다. 하지만 내부셴드의 사용은 셴드상단부의 전계집중을 야기시켜 부싱의 외부 하우징의 절연파괴의 원인이 되므로 부싱의 새로운 취약지점을 형성하게 된다[2].

따라서 본 연구에서는 초고압 폴리머 부싱의 전계완화를 위해 2단의 셴드구조 및 링 셴드를 포함한 새로운 형상의 내부셴드를 설계하였으며 전자계 프로그램 Maxwell 2D Simulator를 이용하여 전계분포 거동을 고찰하였다.

### 2. 실험

본 연구에서는 전계해석 응용을 통한 효과적인 설계를 위해 초고압 부싱의 field shaper 형상에 따른 전계분포 특성을 검토하였다. 해석방식은 전자계 해석 프로그램 Maxwell 2D 축대칭 모델을 통한 인가전압 88.9 kV(154/√3 kV : 본 부싱의 경우 단상값으로 고려) 값을 설정하였다. 일반적으로 부싱의 임계부위에서의 전계완화는 필수적이며 이러한 전기적 취약지점에서의 안정성 확보를 위한 금

속의 내부셴드 사용은 매우 중요한 설계요소이다. 하지만 내부셴드의 사용은 부싱내부에 밀집된 전위분포를 형성하여 셴드상단부의 전계집중을 야기시켜 부싱의 새로운 취약지점을 형성하게 된다. 따라서 이러한 임계부위에서의 전계완화는 필수적이다 할 수 있다. 본 연구에서는 그림 1과 같이 floating shield를 포함한 2단의 셴드구조 및 ring shield를 포함한 새로운 형상의 내부셴드를 설계하여 부싱 내부의 전계분포 특성을 확인하였다. 2단 셴드의 경우 내부셴드 상단부위로 집중되는 내부 등전위선을 설계된 floating shield를 통해 2단으로 분산시켜 전계집중을 완화하는 방식이며 각 셴드의 상단부는 체결볼트를 통해 연결된 구조로 설계하였다. 링 셴드의 경우 내부셴드와 링 셴드 사이에 갭(gap)을 두어 내부 등전위가 밀집되지 않고 2단으로 분리되어 분산되는 구조로 내부 링 셴드에 의해 전계의 집중 완화가 가능한 구조로 설계하였다. 이후 셴드의 형상에 따른 각 요소들의 전계분포를 조사하여 최종적으로 부싱의 최적 설계안을 조사하였다.

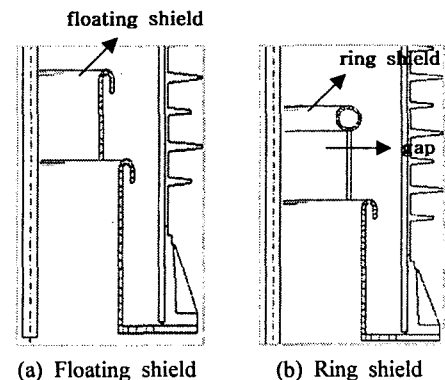
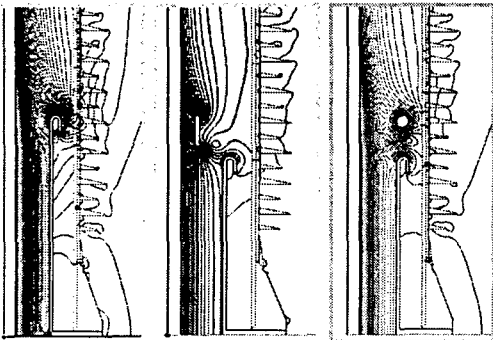


그림 1. 내부셴드 형상.

### 3. 결과 및 검토

그림 2는 내부설드 형상에 따른 전계분포를 나타낸 것으로 field shaper만 있는 (a)의 경우 중심도체와 쉴드 사이에 매우 밀집된 등전위선이 형성되어 있는 것을 알 수 있다. 또한 내부설드의 상단에 밀집된 전계분포가 형성되어 이로 인한 외부 절연 하우징에 전계의 흐름이 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 반면 (b)의 경우 내부 floating shield에 의해 전계집중이 분산되어 내부설드 상단부의 전계집중은 매우 완화된 것을 확인할 수 있다. 대부분의 전계는 floating shield의 양 끝단에 존재하며 전계의 흐름 또한 외부 하우징에는 미세하게 나타나는 것을 알 수 있다. 다만 중심도체와 쉴드의 간격이 가까워 부싱의 절연내력 저하를 가져올 것으로 예상되므로 반복적인 전계해석을 통한 최적의 조건을 확인해야 할 것으로 판단된다. (c)의 경우 상단의 ring shield에 의해 전계는 2단으로 분산되어 집중되고 있으며 내부설드 상단부에서의 전계집중은 큰 폭으로 감소된 것을 확인할 수 있다. 따라서 부싱의 취약 지점인 내부설드에서의 안정성은 큰 폭으로 향상됨을 알 수 있다.



(a) Field shaper (b) Floating shield (c) Ring shield

그림 2. 내부설드 형상에 따른 전계분포.

그림 3은 부싱의 내부설드 형상에 따른 전계값 변화를 나타낸 그림이다. 먼저, 하부 플랜지 계면부(ground end)의 전계값을 확인한 결과 field shaper만 있을 경우  $1.57 \times 10^5$  [V/mm]에서 floating 및 ring shield를 설치할 경우  $1.65 \times 10^5$  [V/mm],  $1.68 \times 10^5$  [V/mm]의 값으로 약 7% 정도의 증가를 보이는 것으로 나타났다. 이는 부싱 내부의 등전위가 쉴드의 상단에 집중되는 것을 고려할 때 설계된 내부 설드의 형상이 기존의 field shaper의 길이보다 다소 낮아져 금속 플랜지로의 전계 흐름이 커졌기 때문인 것으로 사료된다. 반면 부싱의 임계부위인 내부설드 상단부에서의 전계값을 확인한 결과 초기  $2.21 \times 10^5$  [V/mm]에서 floating shield가 설치될 경우  $1.70 \times 10^5$  [V/mm]로 약 23%의 전계완화가 발생하였으며 ring shield가 설치될 경우  $1.85 \times 10^5$  [V/mm]의 값으로 약 17% 정도의 다소 큰 전계완화 효과가 있는 것으로 나타났다. 자세한 내부설드 형상에 따른 전계값은 표 1에 나타내었다.

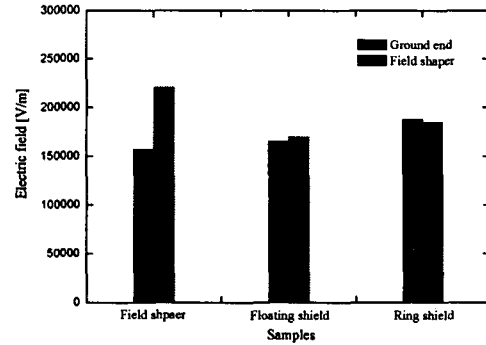


그림 3. 내부설드 형상에 따른 전계값 변화.

표 1. 내부설드 형상에 따른 전계값.

Samples	E-field ground end	E-field field shaper	Max E-field
Field shaper	$1.57 \times 10^5$	$2.21 \times 10^5$	field shaper
Floating shield	$1.65 \times 10^5$	$1.70 \times 10^5$	field shaper
Ring shield	$1.68 \times 10^5$	$1.85 \times 10^5$	field shaper

### 4. 결론

본 연구에서는 초고압 폴리머 부싱의 내부설드 형상에 따른 전자계 해석 프로그램을 통해 다음과 같은 결과를 확인할 수 있었다.

1. Field shaper가 설계된 부싱의 경우 중심도체와 쉴드 사이에 밀집된 전위분포를 형성하며 쉴드 상단부의 전계 집중을 야기시켜 부싱의 새로운 취약지점을 형성한다.
2. Floating shield 및 ring shield의 설치에 부싱의 내부 전계를 2단으로 분산되어 집중되는 양상을 가지며 부싱의 취약지점인 내부설드 상단부에서의 안정성은 큰 폭으로 향상되었다.
3. 부싱의 하부 플랜지 계면에서의 전계값을 확인한 결과 field shaper만 있을 경우  $1.57 \times 10^5$  [V/mm]에서 floating 및 ring shield를 설치할 경우  $1.65 \times 10^5$  [V/mm],  $1.68 \times 10^5$  [V/mm]의 값으로 약 7%의 전계 증가를 나타내었다.
4. Floating shield 및 ring shield의 설치에  $1.70 \times 10^5$  [V/mm],  $1.85 \times 10^5$  [V/mm]의 전계값으로 초기  $2.21 \times 10^5$  [V/mm]에 비해 각각 23%, 17%의 전계완화에 효과가 있는 것으로 나타났다.

### 참고 문헌

- [1] S. Monga and R. S. Gorur, "Design optimization of High voltage bushing using electric field computations", IEEE, Vol. 13, No. 6, pp. 1217-1224, 2006.
- [2] Toshiaki Rokunohe, et al., "Development of Insulation technology in compact SF6 gas-filled bushings", JEET, Extended summary, No. 3, pp. 586-592, 2008.