

침전극 곡률반경에 따른 XLPE의 전계분포 해석

안병철, 이혁진, 김탁용, 변두균, 이종용, 신종렬*, 이수원**, 홍진웅
 광운대학교, *삼육의명대학, **한국철도대학

Electric Field distribution Analysis according to radius of curvature in needle electrode

Byung-chul An, Hyeok-jin Lee, Du-gyun Byeon, Jong-yong Lee, Jong-yeol Shin,*
 Su-won Lee**, Jin-woong Hong
 Kwangwoon University, *Samyook College, **Korea National Railroad College

Abstract : 본 논문에서는 전력용 케이블에서 초고압으로 사용되고 있는 가교폴리에틸렌 내부(XLPE)에 침투된 침전극의 곡률반경변화에 따른 XLPE의 전계분포를 경계요소법에 의한 3차원 시뮬레이션 프로그램을 통하여 해석하여, 곡률반경이 작을수록 전계가 집중되는 현상을 확인하였다..

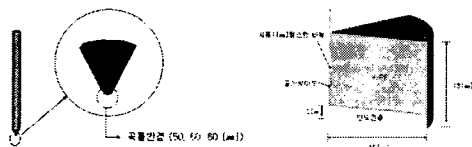
Key word : radius of curvature, boundary elemental method, partical discharge

1. 서론

가교폴리에틸렌(XLPE)를 절연체로 하는 CV케이블은 현재 배전 케이블에서부터 초고압 케이블에 이르기 까지 전력케이블로서 가장 널리 사용되어지고 있다^{[1][2]}. 그러나 현재 케이블의 진단 및 결함에 대한 대책이 미흡하며, 신뢰성 확보에 많은 어려움이 있다^[3]. 이에 본 논문에서는 불평등 전극에서의 전계분포 및 내부보이드 유무에 따른 전계분포도를 해석함으로써 절연케이블 설계, 진단 및 내부 결함에 절연내력 강하 등에 대한 기본자료를 확보하기 위하여 경계요소법을 이용한 3차원 시뮬레이션으로 XLPE 내부에서의 전계집중 및 전계 분포도를 해석하였으며, 또한 내부 보이드 유무에 따른 전계변화를 조사하였다.

2. 실험

그림 1은 시뮬레이션에 사용된 시료의 구조형상을 나타낸 것으로 (a)는 50, 60, 80 [μm]의 곡률반경을 가진 지름 1 [mm]의 텅스텐 침전극을 나타낸다. (b)는 침 전극과 시료의 형상으로 2 [mm]의 반도체층을 포함하고 있는 지름 15 [mm] 높이 13 [mm] XLPE에 침 전극이 삽입된 형상이다. 인가전압은 교류 12 [kV], 60[Hz]의 전압을 인가하고, 내부보이드는 공기가 존재하는 경우로 설정하였다.



(a) 전극형상 (b) 시료형상
 그림 1. 침 전극 및 시료형상

표 1^[4]은 본 시뮬레이션에서 사용한 시료의 물성으로 종류에 따른 비유전율과 전도도를 나타내고 있으며, 이들의 물성을 이용하여 전계분포를 조사하였다.

표 1. 시료의 물성

재료	공기	텅스텐	XLPE	반도체층
특성				
ϵ_r	1.006	1	2.4	2.782
σ	1×10^{-14}	1×10^{17}	1×10^{-16}	5.8×10^{-15}

3. 결과 및 고찰

그림 2는 무보이드시료에서 침 선단부분의 수평전계분포를 나타낸 것이다. 곡률반경 30[μm]에서 189,000[V/mm] 50[μm]에서 129,000[V/mm] 80[μm]에서 33,300[V/mm]으로 나타나 곡률반경이 30[μm]에서 50[μm]로 증가하면서 약 0.4배 감소되었고, 50[μm]에서 80[μm]로 증가하면서 약 0.7배 감소함을 볼 수 있었다. 변화폭이 곡률반경 1[μm]당 약 3.4[kV/mm]로 감소함을 확인할 수 있었다.

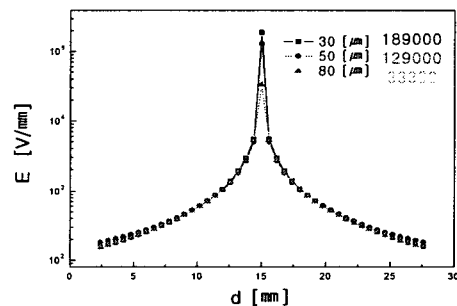


그림 2. 무보이드에서 곡률반경에 따른 전계분포

그림3은 공기보이드 존재시 침선단, 절연층에서의 전계값을 나타낸 그래프로 침 선단에서의 전계값은 곡률반경 30[μm]에서 202,000[V/mm] 50[μm]에서 159,000[V/mm] 80[μm]에서 41,600[V/mm]으로 나타나 곡률반경이 30[μm]에서 50[μm]로 증가하면서 약 0.2배 감소되었고, 50[μm]에

서 80[μm]로 증가하면서 전계값은 약0.7배 감소함을 볼 수 있었다. 곡률반경 1[μm]당 전계변화는 약 3.2[kV/mm]로 감소함을 볼 수 있었다. 결국 보이드가 없는 경우 곡률반경에 의한 전계집중 비중이 큰 반면, 보이드가 존재하면 곡률반경에 의한 전계 집중 뿐만 아니라 보이드에 의한 전계집중까지 유발함으로 곡률반경에 의한 변화량이 감소한다고 생각되어진다.

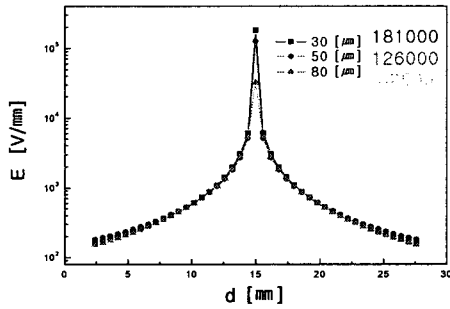


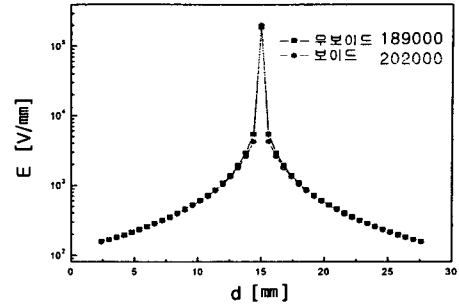
그림 3. 공기보이드에서 곡률반경에 따른 전계분포

그림 4는 곡률반경 30[μm]에서 보이드 유무에 따른 침 전극에서의 전계분포를 보여준다. 그림(a) 침 전극선단 부분에서 전계값은 무보이드에서 189,000[V/mm], 공기보이드에서 202,000[V/mm]의 peak값이 나타나났으며, 공기보이드가 존재하는 경우 무보이드경우 전극선단에서 약 13,000[V/mm] 높게 전계가 집중되었다. 그림 (b)는 전극으로부터 0.5[mm] 떨어진 위치에서의 수평전계분포를 나타낸 것으로, 무보이드시료는 3,800[V/mm], 공기보이드의 경우 4,290[V/mm]인 peak 값이 나타났다. 그림 (c)에서는 절연층에서 수평전계분포로 전극으로부터 1.5[mm] 떨어진 위치에서는 전계분포를 나타낸 것이다. 무보이드에서는 1,390[V/mm] 공기보이드에서는 1,690[V/mm]으로 동일 절연층임에도 불구하고 공기보이드 시료에서 약 300[V/mm] 높은 전계 peak값이 나타남을 확인할 수 있었다.

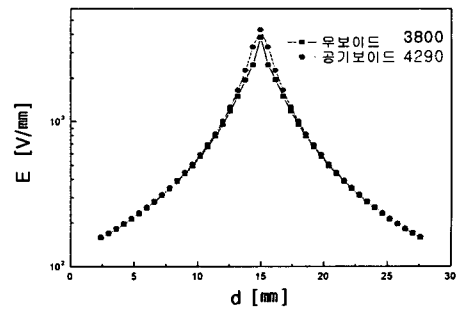
이것은 공기보이드의 존재로 유전율이 낮은 공기보이드층에 전계의 집중을 유발시키고, 이로 인해 보이드 아래에 있는 절연층에도 더 높은 전계분포를 형성하게 된다고 생각되어지며, 결국 절연층의 열화가속을 촉진시키게 됨을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

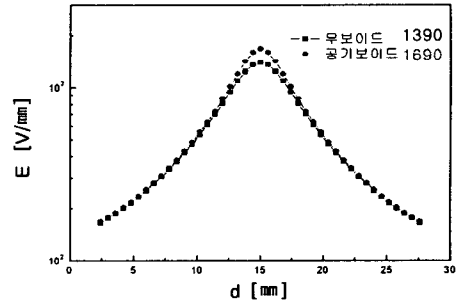
침 전극의 곡률반경변화에 대한 전계 분포 해석의 결과 곡률반경에 따른 전계분포에서 곡률반경이 작을수록 전계 집중도가 증가하였으며, 무보이드 시료의 전계는 곡률반경 1[μm]당 약 3.4[kV/mm], 보이드 시료의 전계는 3.2[kV/mm]로 감소함을 확인할 수 있었다. 또한 동일한 곡률반경에 대하여 보이드 유무에 따라 전극 선단부분에서 최고전계가 13,000[V/mm]의 차이를 나타내었으며, 절연층에서도 보이드시료가 300[V/mm] 더 높은 전계집중을 볼 수 있었다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. 보이드 유무에 따른 침 전극의 전계값

참고 문헌

- [1] Brebbia, C.A., J.C.F.Telles and L.C.Wrobel: Boundary Element Techniques, Springer -Verlag, pp. 100-120, 1984.
- [2] Banerjee, P.K., and R. Butterfield: Boundary Element Methods in Engineering Science, Mcgraw-Hill, pp. 15-30, 1981.
- [3] Shosh Katakai, IEEJ, p. 1411, 2002.
- [4] S. S. Bamji, A. T. Bulinski R. J. Densley IEEE Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI-21, No.4, August 1986.