

침전극 기울기에 따른 초고압 절연체 XLPE의 전계분포

안병철, 박희두¹, 변두균, 이종필, 김귀열², 류부형³, 채홍인⁴, 홍진웅

광운대학교 전기공학과, ¹삼척대학교 방재기술전문대학원, ²한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부,

³동국대학교 안전공학과, ⁴주성대학 방사선과

Electric Field Distribution according to Gradient of Electrode in EHV Insulators of XLPE

B.C. Ahn, H.D. Park¹, D.G. Byeon, J.P. Lee, G.Y. Kim², B.H. Ryu³, H.I. Chae⁴, J.W. Hong

Kwangwoon University, Department of Electrical Engineering,

¹Sam-cheok National University, The Professional Graduate School of Disasters Prevention Technology

²Korea university of Technology and Education, Department of Mecatronics Engineering,

³Dong-Guk University, Department of Safety Engineering

⁴Juseong College, Department of Radiology

요약 : 본 논문에서는 초고압전력용 케이블에서 절연체로 사용되고 있는 가교폴리에틸렌 내부(XLPE)에 침투된 침전극의 기울기변화에 따른 XLPE의 전계분포를 경계요소법에 의한 3차원 시뮬레이션 프로그램을 통하여 해석하여, 약20°의 기울기에서 전계가 집중되는 현상을 확인하였다.

Key Words : EHV Insulators, Electric Field Distribution, Boundary Element Method, Gradient of Electrode

1. 서 론

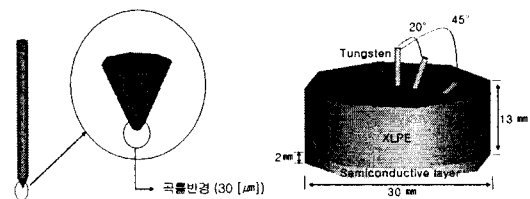
폴리에틸렌은 재료의 탁월한 전기적, 성질(온도변화의 탄력성과 습기, 화학, 오존등에 대한 특성, 낮은 가격 때문에 전력Cable의 절연 및 외피 재료로 광범위 하게 사용된다. 그러나 저밀도 폴리에틸렌은 절연체에 수분등이 침투하면 장기간의 전기적 Stress에 의해 Crack이 발생하는 단점이 있다. 가교폴리에틸렌(Cross-Linked Polyethylene: XLPE)는 저밀도 폴리에틸렌(Low-density Polyethylene :LDPE)에 가교제(DCP)를 혼합하여 가교설비로 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)을 가교시켜 폴리에틸렌 구조를 결합상태(가교 상태)로 만들어 저밀도 폴리에틸렌에 열경화성의 점탄성 성질을 갖는 저밀도 폴리에틸렌 분자는 가교되어 우수한 열적 특성 및 전기적인 성질을 갖는다..

본 논문에서는 초고압 케이블의 절연체로 쓰이는 XLPE에 대한 불평등 전극에서의 기울기 변화에 따른 전계분포 및 내부보이드 유무에 따른 전계분포도를 해석함으로써 절연케이블 설계, 진단 및 내부 결함에 절연내력 강하 등에 대한 기본자료 확보를 위해 경계요소법을 이용한 3차원 시뮬레이션 프로그램인 IES(Integrated Engineering Software)'사의 'Coulomb'을 사용하여 XLPE 내부에서의 전계집중 및 전계 분포도를 해석하였으며, 또한 내부 보이드 유무에 따른 전계변화의 결과를 소개한다.

2. 실험

그림 1은 시뮬레이션에 사용된 시료의 침전극 및 구조 형상을 나타낸 것으로 (a)는 30[μ m]의 곡률반경을 가진 지름 1 [mm ϕ]의 텅스텐 침전극을 나타낸다. (b)는 시료의 형상으로 2 [mm]의 반도체층을 포함하고 있는 반지름 15 [mm ϕ] 높이 13 [mm] XLPE에 침 전극을 기울기 변화에 따라 삽입한 형상이다. 인가전압은 교류 12 [kV], 60[Hz]의 전압

을 인가하고, 내부보이드는 공기가 존재하는 경우로 설정하였다.



(a) 전극형상 (b) 시료형상

그림 1. 침 전극 및 시료형상

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

표 1. 시료의 물성

material property	air	W	XLPE	semiconductive layer
ϵ_r	1.006	1	2.4	2.782
σ [S/m]	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. 기울기 0° 에서 33,088[V/mm] 20° 에서 190,222[V/mm] 45° 에서 188,401[V/mm]으로 나타나 기울기가 0° 에서 20°로 변화하면서 약5.75배 증가되었고, 20°에서 45°로 변화하면서 약0.01배 감소함을 볼 수 있었다. 결국 보이드가 없는 경우 초기의 기울기변화에 의한 전계 집중 비중이 큰 반면, 기울기가 45°이상이 되면 보이드 유·무에 관계없이 기울기에 따른 전계 집중의 큰 변화는 없다고 생각되어진다. 그림3은 공기보이드 존재 시

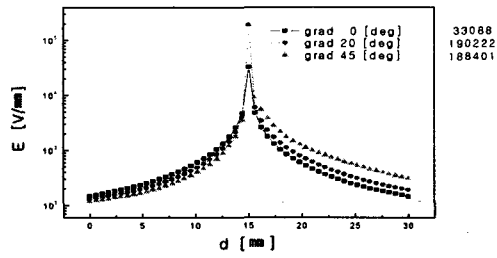


그림 2. 무보이드에서 기울기에 따른 전계분포

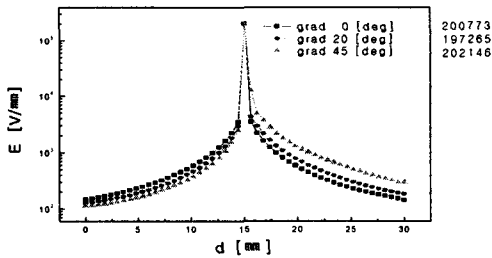
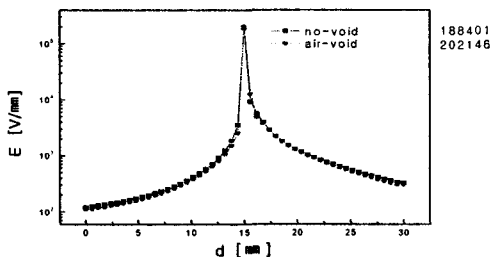
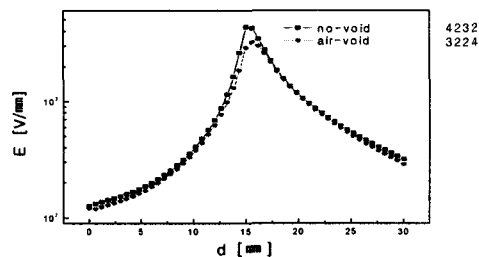


그림 3. 공기보이드에서 기울기에 따른 전계분포

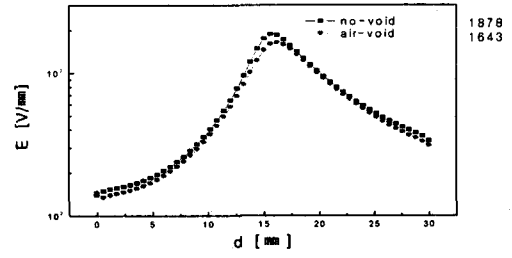
침 선단에서의 수평전계분포를 나타낸 그래프로 침 선단에서의 전계값은 기울기 0° 에서 200,773[V/mm] 20° 에서 197,265 [V/mm] 45° 에서 202,146[V/mm]으로 나타나 기울기가 0° 에서 20°로 변화하면서 약0.02배 감소되었고, 20° 에서 45°로 변화하면서 전계값은 약0.02배 증가함을 볼 수 있었다. 공기보이드 존재로 인한 전계집중 현상이 나타나지만 보이드 존재 시 기울기변화에 따른 전계집중은 나타나지 않았다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. 보이드 유·무에 따른 침 전극의 전계값

그림 4는 침전극 기울기 45° 에서 보이드 유·무에 따른 전계분포를 보여준다. 그림(a) 침 전극선단 부분에서 전계값은 무보이드에서 188,401[V/mm], 공기보이드에서 202,146[V/mm]의 최대값이 나타나났으며, 공기보이드가 존재하는 경우 무보이드경우 전극선단에서 약 13,745[V/mm] 높게 전계가 집중되었다. 그림 (b)는 전극으로부터 0.5[mm] 떨어진 위치에서의 수평전계분포를 나타낸 것으로, 무보이드시료는 4,232[V/mm], 공기보이드의 경우 3,224[V/mm]인 최대 값이 나타났다. 그림 (c)에서는 절연층에서 수평전계분포로 전극으로부터 1.5[mm] 떨어진 위치에서는 전계분포를 나타낸 것이다. 무보이드에서는 1,878[V/mm] 공기보이드에서는 1,643[V/mm]으로 나타남을 확인할 수 있었다. 이것은 유전율이 낮은 공기보이드 층에서 전계의 집중을 유발시키고, 이로 인해 보이드 하부의 절연층보다 더 높은 전계분포를 형성하게 된다고 생각되어지며, 결국 절연층의 열화가속을 촉진시키게 됨을 확인할 수 있었다.

4. 결론

침전극 기울기에 따른 초고압 절연체 XLPE의 전계분포 실험 결과 무보이드 시료에서 침전극의 기울기가 20° 변화에서 전계가 급속하게 증가하는 것을 확인하였다. 그러나 공기보이드 시료에서는 공기보이드에 의한 전계집중이 지배적으로 발생하여 침전극의 기울기 변화에 의한 전계집중은 상대적으로 나타나지 않는 것을 확인 하였다.

참고 문헌

- [1] Banerjee, P.K., and R. Butterfield: Boundary Element Methods in Engineering Science, Mcgraw-Hill, pp. 15-30, 1981.
- [2] Brebbia, C.A., J.C.F.Telles and L.C.Wrobel: Boundary Element Techniques, Springer -Verlag, pp. 100-120, 1984.
- [3] Shosh Katakai, IEEJ, p. 1411, 2002.