

복합계면에 따른 절연파괴특성과 오일, 거칠기, 압력에 따른 영향

이유정, 이운용, 조한구
한국전기연구원

The Properties of Interfacial breakdown and Effect of the Oil, Roughness and Pressure on the Silicone Rubber/XLPE

Yu-Jung Lee, Un-Yong Lee, Han-Goo Cho
KERI

Abstract : The properties of a cable insulate capacity between surfaces with the variation of the interfacial breakdown, the addition of silicon oil, the variation of pressure and interfacial roughness were investigated. The insulate trouble of a power cable is out of the interfacial parts, which breakdown the insulate breakdown capacity in a power cable. In this study, the analysis of electric field and the phenomenon of interfacial breakdown were reported by varying the surfaces condition of silicon rubber, XLPE used for connection materials of a power cable.

Key Words : Interfacial breakdown, Power cable, Silicone rubber, XLPE

1. 서론

일반적으로 지중전력 케이블은 그 길이의 유한성으로 인한 케이블 간 직선접속과 가공선로와의 접속이 불가피하고, 케이블 부속재에는 여러 절연 부품들이 사용됨에 따라 형성되는 이종재료간의 계면 성능이 전체 절연시스템의 안정성에 중대한 영향을 미친다.[1]~[3]

일반적으로 계면이란 두 상이 접촉하고 있는 면을 지칭하지만, 그 경계 부근에는 양쪽 상과는 다른 구조 및 성질을 가진 계면층 또는 계면영역이 존재한다.[4] 이들 재료 간에는 복합계면이 존재하게 되고 전기전도도 또는 유전율 등의 차이로 인하여 계면에 전계의 집중이나 전하의 축적이 일어나고 또한, 두 절연물 사이에 기공, 미세한 틈, 이물질 등이 존재하는 계면영역이 존재한다.

따라서 본 연구에서는 전력송전 시스템에서 사고의 많은 비중을 차지하고 있는 케이블의 중단접속부의 재료로 실제 사용되는 Cross-link Polyethylene(XLPE)와 실리콘 고무를 사용하여 계면에 나타나는 절연파괴 특성을 오일, 거칠기, 압력에 따른 영향에 대해 비교 검토하였다.

2. 실험

시료는 액상 실리콘 고무(LSR)는 inject 타입을 사용하여 110℃에서 5분 동안 성형시킨다. XLPE는 Hot Press를 이용하여 120℃에서 15분간 용융시킨 후 기포 제거를 위해 몇 번의 가압과정을 거친 후 약 22kg/cm²로 가압하여 180℃에서 20분간 가교시킨 다음 냉각시켰다. 제작한 시료들은 30x40x5(mm³) 규격으로 절단하여 사용하였다. 전극은 Al foil을 사용하였으며, 보조전극으로는 알루미늄박을 사용하였다. 전극 제작시의 불순물을 제거하기 위해 아세톤을 이용하여 초음파 세정을 5분간 2회 시행하고 건조시킨 후 XLPE와 LSR 계면사이에 설치하였다. 전극의 구성은 그림 1과 같이 평판 대 평판 전극의 형태로 사용하였으며, 두 전극간의 거리는 1mm로 하였다.

복합계면의 상태인 LSR과 XLPE의 절연파괴시험을 하기 위한 조건으로 Oil의 유무, 압력, 거칠기의 변화에 따라 측정을 하였다. 한 종류의 오일을 사용하였으며, 단위면적당 압력은 수직으로 1, 3, 5kg.f/cm²를 사용하여 압력을 높여가면서 절연파괴강도를 측정하였다. 또한 거칠기의 정도는 사포(Sand paper) #220, #800 및 #2000을 사용하여 아래 위 각 1번씩 사용하여 가공하였다.

절연파괴에 이르기까지의 전압 상승속도는 1kV/sec로 시료가 파괴될 때까지의 전압을 측정하였다.

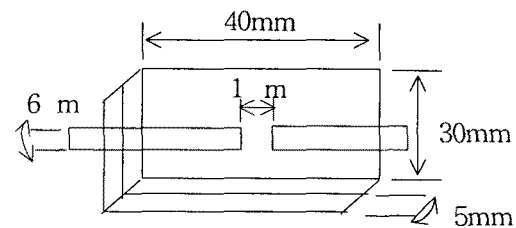


그림 1. 계면의 전극 구성.

3. 결과 및 검토

그림 2는 시료 제작의 처음 상태의 시료에 동일한 압력을 가하여 오일을 도포하였을 때와 도포하지 않았을 때에 따른 계면의 절연파괴 실험을 하였다. 오일을 도포하였을 때의 절연파괴강도가 더 높게 나온 것을 볼 수가 있었다. 이것은 오일을 도포함으로써 접착 면적이 증대되며, 두 시료의 계면 속에 존재하는 공극들을 오일이 매워주는 역할을 하기 때문인 것으로 사료된다.

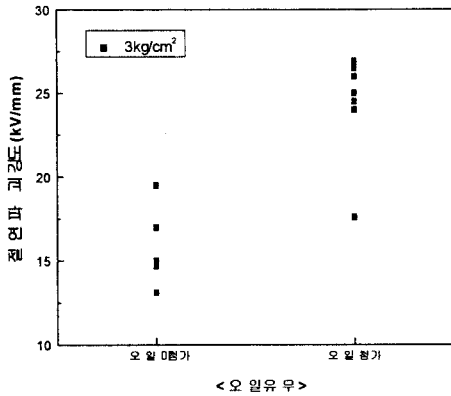


그림 2. 오일유무에 따른 절연파괴강도.

그림 3은 오일을 도포하지 않은 상태의 시료에 동일한 압력을 가하며, 사포 #220, #800, #2000을 사용하여 계면의 거칠기를 다르게 하여 절연파괴실험을 하였다. 계면이 거칠어질수록 절연파괴강도는 낮아지는 것을 알 수가 있었다. 이것은 사포에 의한 가공에 의해서 계면에 공극이 많이 생겨 특정부의 전계집중에 의해 절연파괴강도가 낮아지는 것으로 사료된다.

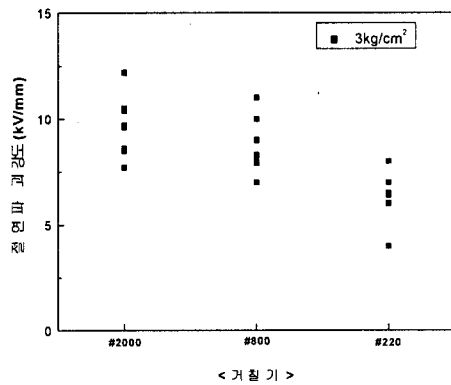


그림 3. 계면의 거칠기에 따른 절연파괴강도.

그림 4는 시료 제작의 처음 상태의 시료에 오일을 도포하지 않은 상태에서 압력을 1, 3, 5kgf/cm²으로 달리하여 절연파괴실험을 하였다. 단위면적당 압력을 높여갈수록 절연파괴강도가 증가하는 것을 볼 수가 있었다. 이것은 압력증가에 따라 공극과 보이드가 감소되기 때문에 미세한 공극의 파괴기점이 억제되기 때문인 것으로 사료된다. 또한 단위면적당 압력이 1, 3kgf/cm²에서 절연파괴강도가 증가하다가 5kgf/cm²에서는 증가경향을 보이지 않는 것으로 보아 5kgf/cm²이상의 압력에서 포화될 것으로 사료된다.

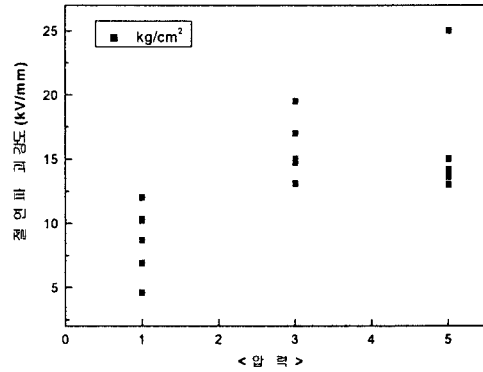


그림 3. 계면의 압력에 따른 절연파괴강도.

4. 결론

본 연구에서는 전력케이블의 종단접속부의 접속재로 사용되는 silicone rubber와 XLPE의 계면을 오일, 거칠기, 압력의 영향에 따라 절연파괴강도에 대해 연구하였다.

- 1) 오일의 유무에서는 동일한 압력과 시료조건에서 오일을 도포하였을 때가 도포하지 않았을 때보다 절연파괴강도가 높은 것을 나타내었다.
- 2) 사포를 사용하여 거칠기를 달리하였으며, 동일한 압력을 가하고, 오일을 도포하지 않았을 때는 거칠기가 커질수록 절연파괴강도가 낮아지는 것을 볼 수가 있었다.
- 3) 압력의 변화를 주고, 동일한 시료조건과 오일을 도포하지 않은 상태의 계면에서는 단위면적당 압력이 증가될수록 절연파괴강도가 증가하다가 5kg.f/cm²에서 포화되는 것을 볼 수가 있었다.

따라서 본 연구에서 가장 이상적인 계면의 조건은 오일을 도포한 상태에서 거칠기를 최소화하며 단위면적당 5kg.f/cm² 이상의 압력을 사용한다면 공극의 최소화에 의해 특정부의 전계집중이 감소될 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] Yutaka Nakanishi et al., "Development of Pregabricated Joint for 275-kV XLPE Cable" IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 10, No. 3, p. 1139-1146, July 1995.
- [2] Katsumi Uchida et al., "Study on Dection for the Defects of XLPE Cable Lines" IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 11, No. 2, p. 663-668, April 1996.
- [3] D. Fournier and L. Lamarre, "Effect of pressure and length on intergacial breakdown between two dieoelectric surfaces", Conference Record of the 1994 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Baltimore, MD, USA, p. 270-272, 7-10, June, 1992.
- [4] 김상준, 김주용., "고분자 절연재료의 계면현상", Polymer Science and Technology, Vol.9, No.5, October 1998.