

옥외용 절연체 표면에서의 ESDD 측정과 내오손특성에 관한 연구

A Study on Measurement of ESDD and Contamination Performance of Polymeric Outdoor Insulators

연복희, 유형철, 이현진, 송정용, 이태호, 허창수

(Bok-Hee Youn, Hyung-Chul Yu, Hyun-Jin Lee, Jung-Yong Song, Tae-Ho Lee, Chang-Su Huh)

Abstract

This paper presents on contamination performance of polymeric outdoor insulator with different contaminant accumulation. The ESDD (equivalent salt deposit density), tracking resistance and clean-fog test were performed to investigate the characteristics of contamination performance on polymeric outdoor insulator. Furthermore, we evaluated together with the porcelain samples for its comparison. It is found that ESDD of polymeric and porcelain insulator depends on the installation position. This surface accumulation of contaminant lead to the loss of surface hydrophobicity, especially upper shed part of polymeric insulator. In addition, the effect of an artificial contaminant on the tracking resistance by inclined-plane method and leakage suppression ability under clean fog was surveyed. The time of tracking failure did not appear to change significantly with a much contaminant accumulation, while leakage current under clean-fog increased.

Key Words : Outdoor insulator, contamination performance, ESDD, tracking resistance, clean-fog

1. 서 론

옥외절연물에서 오손으로 인한 섬락문제는 피할 수 없다. 먼저 절연체 표면에 염분, 시멘트, 화학성분 및 기타 대기중의 오염물이 축적되어 비 또는 기타 수분과 만났을 경우, 애자 표면에 수분층이 형성하게 된다. 이 수분 층은 애자 표면에 붙어 있는 오염물질과 만나서 이온화될 수 있는 수용액을 만들게 되고 이로 인하여 누설전류가 애자

표면 전체에 대하여 흐르게 된다. 표면의 누설전류가 심해지면 절연애자 표면을 건조시키고, 이때 건조 부위에서 전압이 떨어져 애자 전체 표면에 걸쳐 불균일한 전압을 발생시킨다. 결국 이것이 건조대 아크를 유발시킨다. 특히, 고분자 절연재료를 사용한 절연물에서 이러한 건조대 아크는 절연재료 표면을 급속히 열화시키고, 애자 표면 전체에 건조대 아크를 진전시켜 섬락을 발생하게 한다. 그러므로 옥외 절연물 설계 시 이러한 오손문제는 중요한 고려 대상이 된다.

우리나라의 경우 1997년 처음으로 폴리머 애자가 개발되어 사용되고 있다. 하지만, 운전경험이 짧아

인하대학교 전기공학과
(인천시 용현4동 253,
Fax: 032-863-5822
E-mail : bbokki@hanmail.net

폴리머 애자에 대한 규격화된 오손시험도 없다. 여러 연구자에 의해 자기질 애자의 시험방법을 사용하지만 연구실 시험과 실제 경험상 불일치하는 경우가 있다. 그리하여, 폴리머 애자에 대해 보다 정확한 평가시험을 개발하기 위해서는 오손 섬락현상을 정확히 알아내고, 오손물 축적 특성에 대해 이해하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 폴리머 애자의 표면에 부착된 오손물의 영향을 이해하기 위해, 우선 관내의 노출 시험장에 시료를 직접 노출시켜 등가염분밀도를 측정하였으며, 자기질 애자를 동시에 설치하여 오손물 부착정도를 비교 평가하였다. 이를 기준으로 인공적 오손방법을 사용하여 염분이 부착된 시료를 시료로 준비하여 clean-fog 시험과 경사평면 트래킹 시험을 수행하여 표면의 오손으로 인한 특성 변화를 분석하였다.

2. 실험

2.1 시료

폴리머 애자의 오손특성 평가를 위해 국내에서 사용되고 있는 배전급 실리콘 폴리머 현수애자를 선정하였다. 자연상태에서 오손 특성을 평가하기 위해 시료를 관내 옥외 시험장에 설치하였는데, 본 시험장소는 남쪽 1 km 이내에 공단지역 및 남서쪽 3 km 이내에 바닷가가 있어 염해 및 공해물질의 영향을 살필 수 있는 지역이다. 시료는 수직 및 수평으로 설치하여 설치조건에 따른 오염물 축적 정도를 살펴보았으며, 254 mm의 일반 자기질 애자를 동시에 설치하여 오손정도를 비교하였다. 매월 등가염분 부착밀도의 측정은 필세법을 이용하였다. 증류수를 이용하여 애자 표면의 일정 면적을 깨끗이 세정하여 그 물의 전도도를 측정하는 방법으로, 폴리머 애자의 경우는 시료 전체의 면을 세척하였고, 자기질 시료의 경우는 하면의 시멘트 부분과 금구 부분을 제외한 전체 면적 800 cm²를 세정하여 사용하였다. 세척수는 전도도가 2.0 μ S/cm인 증류수 400 ml를 사용하였다. 세척한 물은 전도도 측정기를 이용하여 전도도를 측정하였다. 측정된 전도도 값을 이용하여 등가염분부착밀도를 측정하였다.

2.2 인공오손액의 제조 및 오손방법

본 연구에서 사용한 인공 오손액은 IEC 60507을 참조하였으며, 전도도 2.7 μ S/cm인 증류수에 NaCl (360 g)과 카올린 1200 g을 잘 혼합하여 제조하였다. 표면에 인공오손물 축적정도는 위에서 제조한

오손액에 침적 회수에 따라서 조절하였는데, 침적 회수가 반복될 때마다 건조시간을 두어 표면에 오손물이 잘 부착되도록 하였다.

2.3 내트래킹성

시료의 내트래킹성은 IEC Publication 587에 따라 시험하여 판정하였다. 시험전압은 교류 4.5 kV로 일정하게 하였고 최대시험시간은 6시간으로 정했으며, 60 mA이상의 전류가 2초간 연속적으로 흐를 때의 시간과 시료가 완전히 아래 방향으로 침식되어 관통된 시간을 파괴시점으로 정의하였다. 시험 후, 트래킹 파괴시간을 측정하여 시료의 내트래킹성을 평가하였다.

2.4 Clean fog 시험

ESDD를 달린 인공오손 시료의 전기적인 특성변화를 관찰하기 위해 챔버 내에서 안개를 분사하면서 누설전류를 상시적으로 측정, 비교 검토하였다. 본 연구에서 사용한 챔버에는 가습 용도의 압축 공기 분무식으로 최대한 자연상태의 안개를 구현할 수 있도록 입경 10 μ m의 노즐을 설치하였고, 아크릴 판으로 구성하여 시료의 방전형태를 관찰할 수 있도록 하였다. 또한, 시료는 전체 시료 중 3개의 갯만을 남기고 잘라내어 누설거리를 200 mm로 하였으며, 6 kV 전압을 인가하였다. 표면을 따라 흐르는 누설전류 측정을 위해 데이터 취득 시스템을 구성하였는데 전류 10 mA가 흐를 때, 1 V이하의 전압이 인가될 수 있도록 100 Ω 의 저항을 shunt 저항으로 사용하였으며, 취득 시스템 보호를 위해 제너다이오드를 사용하여 회로를 보호하였다.

측정장치는 제품명

PCI-20428W(Intelligent Instrument 社), 분해능 16bit, 변환속도 최대 2 MHz의 성능을 가진 다기능 보드로 PC와 연결하여 구성하였고, 데이터 저장을 위해 Visual Designer 프로그램을 이용하여 상시 누설전류 파형과 평균값 파형을 저장하게 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 ESDD 측정결과

그림 1은 실리콘 폴리머 애자와 일반자기질 애자의 옥외 노출에 따른 ESDD 측정결과를 나타낸 것인데, 수직설치형과 수평설치형에서 측정된 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 실리콘 폴리머 애자의 경우 수직 설치형이 일반자기질 애자보다

ESDD 값이 더 크게 나타났으며, 수평설치의 경우는 작게 나타났다. 또한, 계절별로 강우가 적은 시기에 표면에 오손물이 많이 부착한 것으로 나타났다. 이는 폴리머 애자의 경우, 강한 강우 시에는 세정작용이 크지만, 이슬형태의 약한 습한 상황에서는 습기에 포함되어 있던 오손물질이 갓의 상단에 맺혀 있다가 건조되어 그대로 표면에 축적되는 것으로 판단된다. 그림 2와 그림 3은 수직 설치된 폴리머 애자의 상부와 하부를 나타낸 사진으로 강우 중에 찍은 것이다. 그림에서 나타낸 바와 같이 상부는 발수성 손실이 뚜렷히 나타났지만, 하부는 높은 발수성을 유지하고 있었다.

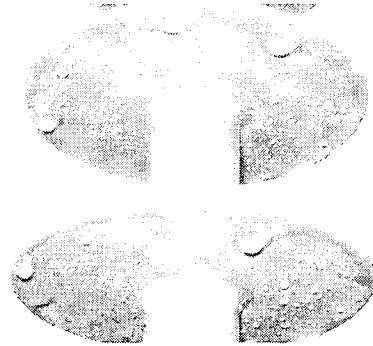


그림 3. 갓 하부의 발수형태
Fig. 3. Hydrophobicity of shed

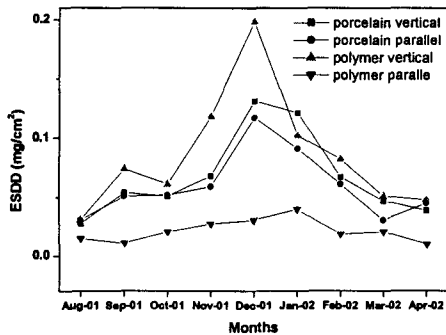


그림 1. 매월 등가염분밀도(ESDD)의 변화
Fig. 1. Change of ESDD with a longer field exposure time

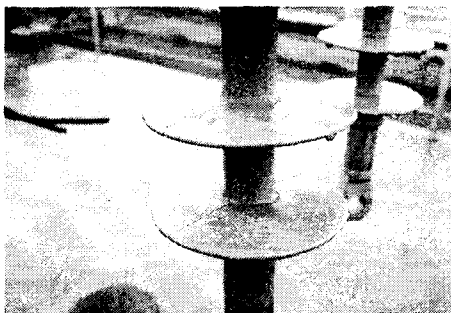


그림 2. 실리콘 폴리머 애자의 갓 상부의 발수형태
Fig. 2. Hydrophobicity loss of upper shed part of silicone polymer insulator

3.2 내트래킹성

표면 오손정도를 달리한 시료를 대상으로 경사평면법에 의한 내트래킹성 시험결과, 오손물의 축적 정도에 따라서 재료의 트래킹 파괴시간의 변화는 관찰할 수 없었다. 이는 시험 중에 사용되는 오손액에 계면활성제가 포함되어 시료에 따른 발수성 차이가 어렵고, 또한 오손물 축적이 표면에 국한되어 트래킹파괴에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다.

3.3. Clean-fog 시험

시험 중 Clean-fog 중에 노출된 시료의 방전 형태를 관찰한 결과, 초기시료가 발수성을 유지한 경우는 물방울이 표면에 맺혀 누설전류가 흐르지 않게 되지만, 물방울 사이에 미소방전이 발생하게 되고 방전이 발생한 부분에 물방울이 퍼져 표면에는 점점 젖는 부분이 증가하게 된다. 어느 정도 젖는 부분이 생기게 되면 건조대가 윗 전극에서 시작되고, 수막은 아래 방향으로 흐르게 되며, 건조대 아크는 흐르는 물을 계속해서 건조시키게 된다. 하지만, 이는 점점 아래 전극부분으로 옮겨져 시간이 지남에 따라, 아래전극 바로 위 부분으로 방전이 집중된다. 이렇게 국부적인 방전으로 아래 부분부터 탄화되기 시작하며, 탄화부분에서 건조대 아크는 상부전극 쪽으로 점차 진전한다. 그리하여, 점차 표면에서 탄화 도전로가 길어지게 되며, 이로 인해 누설전류가 증가하게 된다. 시료마다 이러한 누설전류 증가 프로세스의 차이점은 없었지만, 수막이 형성되어 건조대가 형성되는 시간과 아크가 급진전하는 시간의 차이가 발생했다. 이는 재료에 따른 표면 발수성 유지력의 차이 때문으로 판단된다. 오손도에 따라서 누설전류의 진전 시작 시간이

짧아져서 급증하였으며, 이로써 오존정도를 예측할 수 있었다.

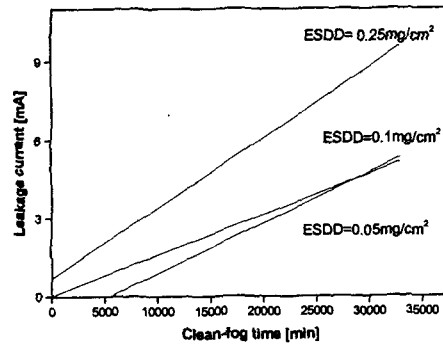


그림 4. 인공 오존에 따른 clean fog에서 누설전류
 Fig. 4. leakage current with different ESDD under clean-fog

4. 결론

폴리머 애자를 직접 옥외에 노출시켜 등가염분 밀도의 변화를 측정 한 결과, 폴리머 애자의 상부는 자기질 애자에 비해 등가 염분 밀도가 높게 나왔으며, 이로 인해 강우 중 발수성의 손실이 나타났다. 또한 인공오존으로 등가염분 밀도를 달리한 시료에서 내트래킹성의 변화는 없었지만, clean fog 시험에서 누설전류 억제효과에 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 최남호 외, "해안도달 거리에 따른 서해안 지역 염해 오존물의 분포특성", 전기학회논문지, Vol. 50, No. 6, 2001
- [2] Liang Xidong. et al, "Development of Composite Insulators in Chana", IEEE trans. DEI, Vol. 5, No. 5, 1999
- [3] R. Hackam, "Outdoor HV Composite Polymeric Insulators, IEEE trans. DEI, Vol. 5, No. 5, 1999