

국부오손에 의한 절연물의 전기적 특성

The Electrical Properties of Non-Uniformly Contaminated Insulator

최남호*, 박강식**, 구경완***, 김종석****, 한상옥*

(Choi Nam Ho*, Park Kang Sik**, Koo Kyung Wan***, Kim Jong Serk****, Han Sang Ok*)

Abstract

The degree of contamination in outdoor insulation system is one of the most importance factor to determine the level of insulation, and the salt is known as the most dangerous contaminants in the most region of the world. In a macroscopic point of view, as shown through the preceding study, the generation and deposition of salt contaminants has a great relation with the geographical conditions and the meteorological conditions, such as, wind velocity, wind direction, precipitation and so forth. However, in the aspect of microscopic analysis, the pollution mechanism has a great relation with aerodynamic properties of insulator, originated from the profile of insulators, and the non-uniform deposition is unevitable. So, in this investigation, we had make a experiment to seize the electrical properties of non-uniformly contaminated insulator. The results of this investigation could be used as a good groundwork in the determination of outdoor insulation design.

Key words : non-uniform contamination, electrical properties, aerodynamic properties

1. 서론

한국전력공사의 통계자료에 따르면 국내의 송전 선로에 있어서 약 50 %의 사고는 뇌(lightning)에 의한 것이며, 애자류와 관련된 사고는 10~20 %의 점유율을 보이고 있으며, 오손에 의한 애자류의 사고는 수 % 정도로 확실적인 측면에 있어서는 중요한 고려의 대상이라고 할 수 없다.

그러나, 오손에 의한 사고는 과거의 사고사례를 통해 입증된 바와 같이 영향을 미치는 범위가 매우 넓고 이를 복구하기 위해서는 막대한 규모의 자금이 요구된다.

또한, 국내산업의 발전에 따라 전자통신산업을 비롯한 각종 고부가가치, 고정밀 산업이 급격히 성

장함에 따라 과거 양적인 측면에 주력해오던 전력 산업도 고품질의 전력을 고도의 안정성 하에서 공급하여야 하는 추세가 도래하였다.

이에 국내외의 전력회사들은 송전선로의 안정성을 가장 크게 저해하고 있는 뇌에 대한 방호 및 뇌격의 위치, 뇌격의 크기 등에 관한 데이터를 실시간으로 획득하고, 이에 대한 분석을 바탕으로 최적의 내뢰 설계를 계획하고 있다.

그러나, 오손에 의한 사고의 경우 앞서 밝힌 바와 같이 발생확률이 적으며, 정량적인 측정이나 예측 등이 곤란하여 국의 선진국의 경우에 있어서도 일정 이상의 신뢰성을 갖는 시스템을 구축하지는 못하고 있는 실정이다.

다수의 선행연구결과를 통해 알려진 바와 같이 해염은 오손사고를 유발하는 주요 오손물이며, 거시적 측면에 있어서 해염 오손물의 발생 및 육의 전기절연물에 대한 부착은 지리·지형적 특성 및 강우, 풍향, 풍속 등과 같은 기후인자와 밀접한 연관성을 갖는다.

* 충남대학교 전기공학과, 대전시 유성구 궁동 220
Fax : 042-823-7970, crow@hanbat.cnu.ac.kr
** 대덕대학 전기과, 대전시 유성구 장동 48
Fax : 042-866-0330, kspark@mail.ddc.ac.kr
*** 영동대학교 전자공학부, 충북 영동군 설계 12-1
Fax : 043-740-1129, alarmkoo@youngdong.ac.kr
**** 한밭대학교 전기공학과, 대전시 유성구 덕명 16-1
Fax : 042-821-1089, jskim@hanbat.ac.kr

좀더 세부적으로 살펴보면, 옥의 전기절연물에 대한 염해 오손물의 부착은 옥의 전기절연물의 공기역학적 특성에 크게 의존하며, 상부와 하부, 방향, 중심축까지의 거리 등에 따라 오손물의 부착정도가 큰 차이를 보이게 된다.

이에 본 연구에서는 장기간에 걸쳐 관찰한 자연 오손경향에 대한 분석 및 국내외 연구사례에 대한 검토를 바탕으로 불균등 오손에 따른 전기절연물의 전기적 특성을 고찰하고자 하였다.

2. 이론적 고찰 및 실험

2.1 이론적 고찰

애자를 향한 공기의 흐름은 정점(stagnation point)을 기준으로 갈라지게 되지만, 공기에 비해 상대적으로 큰 밀도를 지니는 오손물은 상대적으로 완만한 경로를 거치게 되고, 이러한 특성은 밀도와 크기가 큰 오손물에 있어서 더욱 두드러지게 발생한다. (Fig. 1 참조)

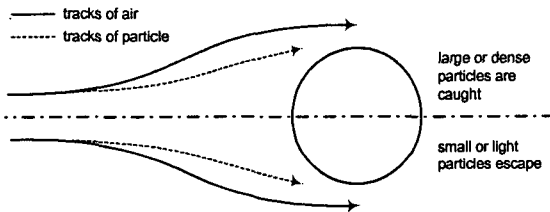


Fig. 1. Dependence of catch on nature of particle (particle of small radius or density are held in the diverted flow by viscous forces)

하지만, 단순 구조를 벗어나 실물 애자와 같은 복잡한 구조의 경우에 있어서는 와류의 영향이 보다 크다고 할 수 있다. 와류는 일반적으로 애자 측면과 하면에서 발생되며, 주름이나 갭이 깊은 경우에 더 많이 발생한다. (Fig. 2 참조)

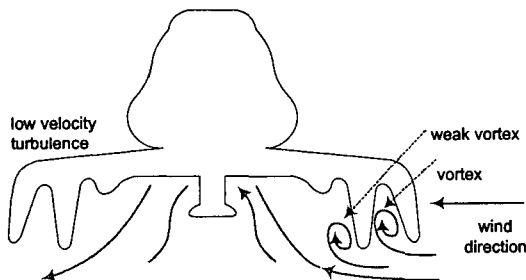


Fig. 2. Observed flow over anti-fog type insulator (smoke paths at 2.4 m/sec show vortices between skirts)

2.2 실험

자연환경 하에서는 보다 다양한 형태의 불균등 오손이 가능하지만, 본 연구에서는 실험의 용이성과 전기적 특성에 미치는 영향 등을 고려하여 상-하부면 간의 불균등 오손과 하면에 있어서 오손면적이 변화하는 불균등 오손에 대하여 전기적 특성을 고찰하였다.

현수형으로 배치된 경우, 태풍 등에 의해 급속 오손이 발생하면 상부면이 하부면에 비하여 크게 오손되는 특성을 갖게 되며, 장기간의 전기 후 일 정량 이상의 강우가 발생할 경우에는 우세효과에 의해 상부면의 오손도가 급감함으로써 하부면이 상부에 비해 큰 오손도를 지니게 된다.

이와 같은 불균등 오손에 의한 절연물의 전기적 특성을 평가하기 위하여 본 연구에서는 가슴에 따른 누설전류 특성과 오손점락 특성에 대한 분석을 수행하였다.

2.2.1 누설전류측정

본 연구에서는 오손도에 따른 절연물의 전기적 특성을 평가하기 위한 일환으로 Fig. 3과 같은 간이형 염무챔버를 제작 본 연구에 활용하였다.

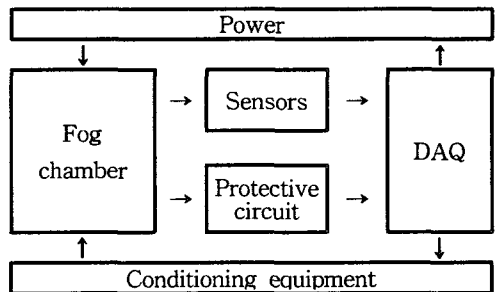


Fig. 3. Schematic diagram for the measurement of leakage current

2.2.2 FOV 실험

일반적인 경우 누설전류에 대한 분석 섬락기구에 대한 분석이나 예방진단 등의 분야에 널리 사용되고 있으며, 실질적인 절연물의 상태를 파악하기 위해서는 교류고전압 전원장치를 활용한 섬락 전압실험을 행하는 것이 세계적인 추세이다.

이에 본 연구에서는 불균등 오손에 따른 전기절연물의 전기적 특성을 보다 면밀히 평가하기 위하여 FOV 실험을 수행하였으며, 그 결과에 대한 통계 분석을 수행하였다.

Table 1은 FOV 실험을 위한 실험조건 중 일부를 보이고 있다.

Table 1. Experimental condition for flashover test to determine the influence of nonuniform contamination

Distribution on bottom surface				Average on total surface
ESDD of contaminated part, mg/cm ²	0.05	0.10	0.20	0.030
	0.1	0.20	0.40	0.061
	0.2	0.40	0.80	0.120
	0.3	-	-	0.180

3. 결과 및 고찰

3.1 상-하부간 불균등 오손

Fig. 4는 2.2.1절의 실험조건을 활용하여 상-하부간의 오손도 차에 따른 누설전류의 변화추이를 보이고 있다.

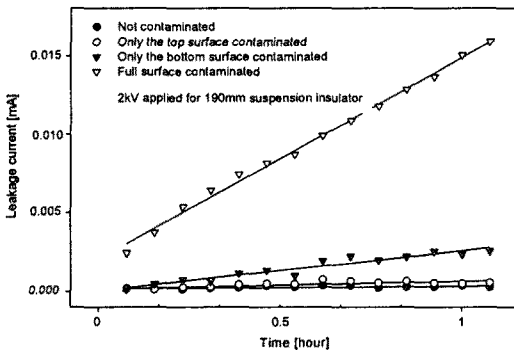


Fig. 4. Difference of leakage current with non-uniform contamination, between the upper and bottom surface

Fig. 4를 통해 확인할 수 있는 바와 같이, 상부면만이 오손된 시료는 비오손 시료와 유사한 누설전류 특성을 보였으며, 하부면만이 오손된 시료는 상부오손 시료에 비해 누설전류가 급격히 증대되는 경향을 보였다.

그러나, 이들의 경우 항시 표면누설거리 중 일부는 고저항 영역(건조 영역)을 유지하고 있어 누설전류의 크기는 미미한 수준에 그친 것으로 보인다. 또한, 현수식 배치로 인해 상부면은 가습시 수막층의

형성이 용이한데 비해 하부면은 1시간 이상 가습시에도 수막층이 형성되지 않는 특성을 보였다. 이와 같은 습윤특성으로 인해 상부오손 시료는 하부오손 시료에 비해 낮은 수준의 누설전류가 발생한 것으로 판단된다.

Fig. 5는 상-하부간의 오손도 차에 따른 FOV 특성을 보이고 있다. 섬락전압 특성은 Fig. 5에 보인바와 같이 상부면이 하부면에 비해 상대적으로 크게 오손된 경우, 균등오손의 경우에 비해 다소 큰 섬락전압을 보인데 비하여, 하부면이 상부면에 비해 크게 오손된 경우에는 섬락전압이 매우 높은 특성을 나타내었다.

그러나, 전체적으로 0.3 ~ 3.0에 이르는 극심한 상하부 불균등 오손에도 불구하고, FOV 특성은 1.0 ~ 1.17배 정도의 미소한 차이만이 발생하였다.

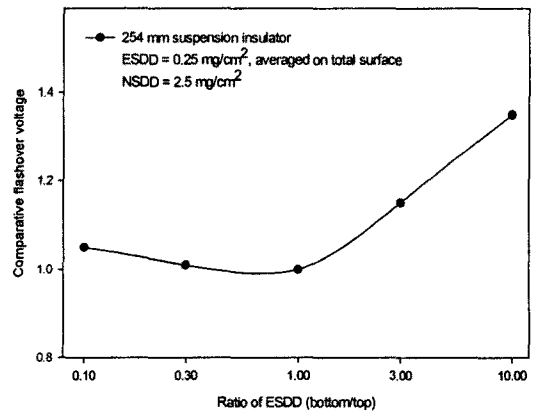


Fig. 5. Difference of flashover voltage with non-uniform contamination between the upper and bottom surface

3.2 하면 불균등 오손

Fig. 6은 하부면에 있어서 오손면적의 변화에 따른 누설전류 추이를 보이고 있다. 실험 초기의 경우, 하부의 오손면적이 증가함에 따른 누설전류의 차가 매우 미미하였다. 그러나, 270° 오손된 시료의 경우, 가습시간의 증대에 따라 누설전류 값이 상대적으로 급격히 증대되는 경향을 보였으며, 90° 및 180° 오손된 시료는 시간경과에도 불구하고 비교적 큰 저항률을 유지함을 확인할 수 있었다.

이와 같은 누설전류의 특성은 3.1절을 통해 제시된 상-하부간 불균등 오손실험에서와 같이 하부면의 습윤에는 일정 이상의 시간이 소요되는 특성에 기인하는 것으로 판단된다.

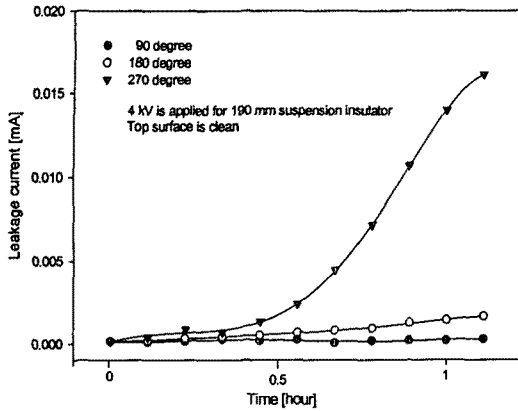


Fig. 6. Difference of leakage current with non-uniform contamination, in bottom surface

Fig. 7은 Table 1을 통해 제시된 조건을 이용한 오손섬락 실험결과를 보이고 있다. 하부면 불균등 오손의 경우에 있어서도 상하부 불균등 오손의 경우에서와 같이 누설전류 특성과는 별개의 섬락전압 특성이 관찰되었으며, 오손면적 증대에 따른 섬락전압 또한 큰 차이를 나타내지 않았다.

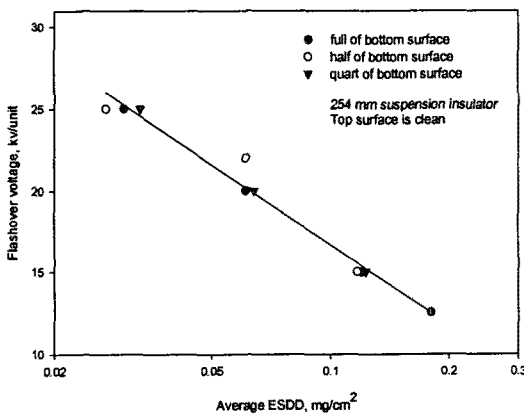


Fig. 7. Difference of flashover voltage with non-uniform contamination, in bottom surface

이상의 결과를 통해 확인할 수 있었던 바와 같이 옥외 전기절연물의 누설전류 특성과 섬락전압 특성은 매우 상이한 것을 확인할 수 있었다.

즉, 누설전류 특성을 활용하여 FOV 특성을 직관적으로 명확하게 설명하는 것은 용이하지 않은 것으로 판단된다. 즉, 옥외용 전기절연물의 FOV 특성을 평가하기 위해서 누설전류 특성을 조사하는

것을 적당하지 않은 것으로 판단되며, 별도의 이론적 고찰을 바탕으로 한 접근이 요구됨을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 해염 오손물의 발생에서 절연물에 대한 오손물의 부착에 이르는 오손기구와 오손으로 인한 절연물의 섬락기구에 대한 이론적 고찰을 수행하였으며, 보다 미시적 접근을 통하여 절연물의 형상에 기인한 공기역학적 특성으로 인해 불균등 오손의 불가피성을 확인할 수 있었다.

또한, 누설전류실험 및 섬락전압실험 결과에 대한 분석을 통하여 누설전류 메커니즘이 습윤메커니즘과 밀접한 관련성을 지니고 있으며, 누설전류 메커니즘은 섬락메커니즘과는 상이한 형태의 메커니즘임을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] “送變電備の 鹽害對策”, 電氣協同研究 第 20 券 第 2 号”, 電氣協同研究會-變電設備耐鹽設計專門委員會, 1979. 9.
- [2] “'99 配電設備 故障豫防 및 解決對策”, 韓國電力公社 配電處, 2000.4
- [3] “電力設備의 鹽塵害對策에 關한 研究(III) - 綜合編”, 韓國電力公社 技術研究院, 1988. 6
- [4] 金勢喜, 鄭銅元, 丘成宗, 金鍾常, “耐鹽設計와 鹽害汚損 Map 作成研究”, 韓國電力公社 技術研究院, 1988.
- [5] “鹽塵害 汚損程度 및 基準定立에 關한 研究 - 2次年度 中間報告書”, pp. 3-4, 韓國電力公社, 2000. 10.
- [6] “ES 131 - 애자시험방법”, 한국전력공사, 1998. 6
- [7] 최남호, 한상옥, “해안도달거리에 따른 서해안 지역 염해 오손물의 분포특성”, 대한전기학회 논문지, 제 50권 6호, pp 276~280, 2000. 6.
- [8] J. S. T. Looms, “Insulators for high voltages”, Peter Peregrinus Ltd., 1990
- [9] “A guide on the application of insulators in contaminated environments”, NGK insulators, LTD, 1980. 2
- [10] 崔南鎬, “統計 處理에 의한 鹽害 汚損의 分布 特性 解析”, 忠南大學校, 2002.