

표면방전을 이용한 자기제 현수애자의 표면특성 평가

The Evaluation of Surface Characteristics by Using Surface Discharge Method for Porcelain Suspension Insulators

*송일근, *김찬영, *한용희, **윤여승, **안규선, ***임장섭
Il keun Song, Chan Young Kim, Yong Hwei Han, Yeo Soong Yoon,
Gyu Seon An, Jang Seob Lim

*한진전력연구원, **한전서울자재관리처, ***목포 해양대학교
(*KEPRI, **KEPCO, ***Mokpo National Maritime University)

Abstract

The paper deals with the surface discharge characteristics for porcelain suspension insulators. The micro-crystals were crystallized on the surface of glaze coated on the porcelain. These micro-crystals may affect the electrical properties such as flashover voltage. However, not much research have been conducted. In this study, we correlated the surface discharge characteristics to the microstructures. It was confirmed that the micro-crystals on the glaze initiated the flashover when the surface was wetted and/or contaminated.

Key Words(중요용어) : Porcelain suspension insulator, Surface discharge, Flashover

1. 서 론

최근 국내에서 제작되어 사용되고 있는 배전용 현수애자는 10년 전에 제작된 현수애자에 비하여 특성이 많이 향상되었다. 특히 금구와 시멘트는 양호한 특성을 지니고 있는 것으로 나타났다. 그렇지만, 자기부분의 특성은 제작년도별, 더욱 자세히 말하면 lot별, 더 깊게 생각하면 kiln을 통과할 때 위치별에 따라서 특성이 매우 다양하다. 세라믹 제품의 공정상 동일 원료를 사용하더라도 제품 간 특성차이가 나는 것은 잘 알려진 사실이다. 그렇지만, 이러한 특성차이는 원료구입처를 일원화 하고 공정자동화를 통하여 감소 될 수 있다.

자기제 현수애자는 유약으로 도포되어 있기 때문에 표면이 매끈하다. 그렇지만, 일부 애자는 유약표면의 미세결정 또는 결합 등으로 표면에 굴곡이 생겨 오손물이 부착되기 쉽고, 우천에도 오손물이 세척되지 않아 섬락이 발생될 확률이 높다. 또한 미세결정이 성장한 애자는 주수 상태에서 절연저항을 측정할 때 회복전압이 느리다. 이것은

미세결정 때문에 물이 흐르는 것이 지연되어 전도 경로를 형성하고 있는 시간이 길기 때문이다.

본 논문에서는 애자표면에 미세결정이 성장한 애자와 그렇지 않은 애자에 대하여 절연저항 측정, 누설전류 측정, 상용주파 건조·주수섬락 전압 시험, 뇌 충격 섬락전압시험 등을 실시하여 애자 상태를 조사한 다음, 애자표면을 인공오손 시켜 표면방전 현상을 관찰하여 표면특성을 평가하였으며, 전자현미경으로 관찰한 표면상태와 관련하여 해석하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

애자의 절연저항을 YOKOGAWA사의 수동식 절연저항계 (JISC1301)로 1000 V의 전압을 인가하고 측정하였으며, 누설전류는 TETTEX에서 제작한 Capacitance and Dissipation Factor Test Set으로 측정하였다. 또한 상용주파 건조·주수섬락 전압시험 등은 한국전력 표준구매시방서

의 애자시험법 ES 131을 따랐으며, 표면방전현상은 표준오손액 (IEC 60587)인 NH₄Cl을 애자의 표면에 인공오손시켜 11 kV의 전압을 인가하고 표면을 촬영하여 관찰하였다. 또한 유약표면은 증착기 (JFC1100E)로 Au를 증착시켜, JEOL사의 전자현미경 (JSM5410)으로 관찰하여, 표면방전현상과 비교 분석하였다.

2.2 실험결과 및 고찰

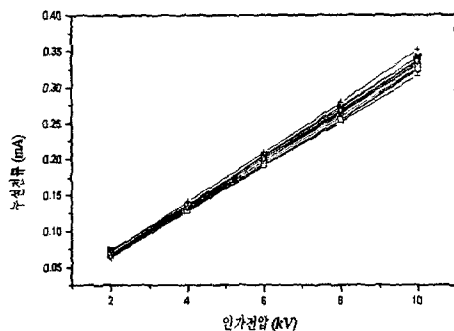
건조·주수상태의 절연저항 및 누설전류를 측정하였고, 상용주파 건조·주수 섬락전압시험, 뇌 충격 섬락전압시험으로 애자를 평가하였다. 이 평가에서 애자의 성능에 이상이 없던 것으로 판단된 애자에 대하여 표면을 인공오손시켜 표면방전 현상을 관찰하였다.

2.1.1 건조 및 주수상태의 절연저항 측정

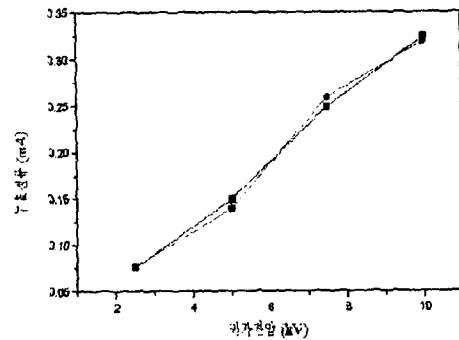
현수애자의 절연저항은 1000 V의 전압을 인가하고 측정하였을 때 1000 M Ω 이상이 되어야 한다. 수동식 절연저항계로 측정한 결과, 건조 및 주수후 절연저항이 모두 ∞ 로 나타났다.

2.1.2 정상 애자 및 표면이 불량한 애자의 누설전류 측정

TETTEX에서 제작한 Capacitance and Dissipation Factor Test Set으로 현수애자의 누설전류를 측정하였다. 그림 1(a)는 정상제품의 현수애자(19개)에 전압을 인가하면서 측정한 누설전류이다. 정상애자의 누설전류는 10 kV에서 약 0.37 mA를 나타냈다. 광학현미경으로 관찰한 애자의 표면이 불량한 애자의 누설전류는 그림 1(b)와 같이 정상 현수애자와 비슷하였다.



(a)



(b)

그림 1. 누설전류 변화: (a) 정상애자, (b) 표면불량

2.1.3 상용주파 건조섬락 전압시험

정상애자와 표면이 불량한 애자에 대하여 상용주파 건조섬락 전압은 ES 131에 따라 시험하였다. 상용주파 건조섬락 전압은 정격전압 65 kV의 95% 이상인 61.7 kV 이상이어야 한다. 정상애자와 표면이 불량한 애자의 상용주파 건조섬락 전압은 모두 기준 이상으로 나타났다.

2.1.4 상용주파 주수섬락 전압시험

정상애자와 표면이 불량한 현수애자에 대하여 상용주파 주수섬락 전압시험을 하였다. 상용주파 주수 섬락전압은 정격전압이 35 kV이고, 이 정격전압의 90% 이상이 기준이다. 주수 섬락 측정전압은 모두 31.5 kV 이상이었다.

2.1.5 뇌 충격 섬락 전압시험

뇌 충격 섬락 전압시험은 정극성과 부극성을 인가하여, 115 kV의 92% 이상의 되어야 한다. 정상애자와 표면이 불량한 애자에 대하여 측정된 뇌 충격 섬락전압은 모두 기준치인 105.8 kV 이상으로 나타났다.

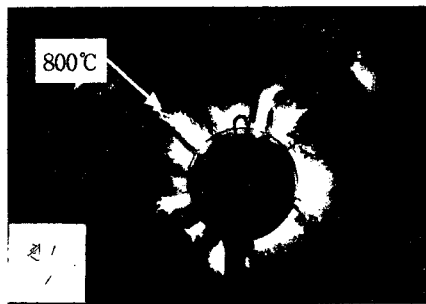
2.1.6 표면방전 현상

애자를 표준오손액으로 인공오손 시켜 11 kV의 전압을 인가하고 일정시간 동안 표면방전 현상을 관찰하였다.

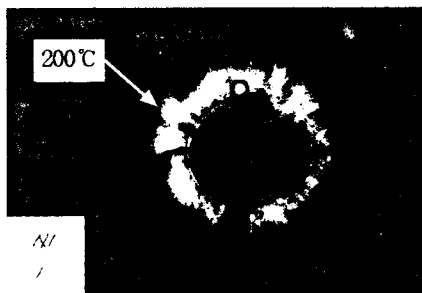
그림 2에 표면방전 현상을 나타냈다. 그림에 나타난 것과 같이 유약표면에 따라 표면방전현상 차이가 있는 것을 알 수 있다. 광학현미경으로 관찰한 결과 표면이 불량한 애자는 그림 2(a)에서처럼 파란색과 노란색 불꽃이 함께 나타났다. 파

란색 불꽃은 약 200℃이고 노란색은 약 800℃로 관측되었다. 따라서 노란색 불꽃이 많고 퍼져있으면 방전현상이 심한 것으로 판단할 수 있다. 광학현미경으로 관찰한 표면이 양호한 애자는 그림 2(b)에서 처럼 파란색 불꽃만 나타났고, 그 크기가 적은 것으로 미루어 방전이 적었다.

표 1에는 각 시료에 대하여 9회를 반복한 결과를 나타냈다. 표와 같이 실험의 재현성이 있는 것으로 나타났다.



(a)



(b)

그림 2. 표면방전현상 : (a) 표면불량, (b) 표면양호

표 1. 표면방전시험 결과

시험 횟수		1	2	3	4	5	6	7	8	9
시료 상태		회	회	회	회	회	회	회	회	회
표면 불량	시료 1	X	X	▲	X	X	X	X	▲	▲
	시료 2	X	●	▲	X	X	X	X	▲	▲
	시료 3	X	X	●	X	X	X	X	▲	X
표면 양호	시료 1	●	●	●	▲	●	●	●	●	●
	시료 2	X	●	●	▲	●	▲	●	▲	●

※표면방전 = 양호 : ●, 보통 : ▲, 나쁨 : X

2.1.7 유약표면 분석

표면방전 시험을 한 시료에 대하여 표면을 전자현미경으로 관찰하였다.

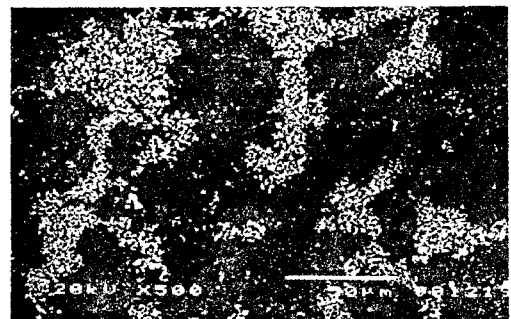
광학현미경으로 관찰한 표면이 불량한 애자는, 그림 2(a)와 같이 방전이 심했고, 표면에는 그림 3(a)와 같이 미세결정이 성장하여 있었다. 성분분석 결과 이 미세결정의 주요 성분은 철이고, 크롬과 망간이 포함되어 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 철을 주성분으로 하는 약 4 μm의 미세결정이 애자 표면에 넓게 분포되어 있으면, 표면에 광택이 없어지고 미세결정의 모양이 매끈하지 못해 우천시 물이 애자표면에 부착되기 쉽고, 미세결정 사이의 수분으로 인해 아크가 일어나고 섬락이 발생하는 것으로 판단된다.

광학현미경으로 관찰한 표면이 양호한 애자는 그림 2(b)와 같이 방전이 적었고, 애자의 표면에는 그림 3(b)에서와 같이 미세결정이 극히 일부분만 성장한 것으로 나타났다.

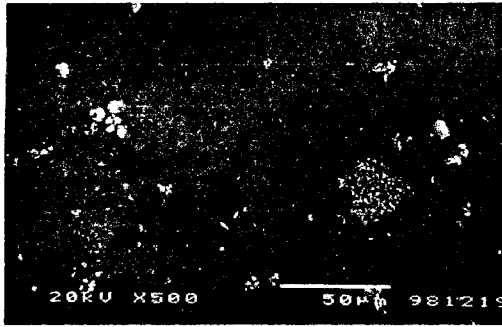
결국 애자표면에 존재하는 미세결정의 수와 넓이에 따라서 표면방전의 정도가 다르다는 것을 의미한다.

2.1.8 표면방전 메커니즘

그림 4는 유약표면에 성장한 미세결정으로 인하여 섬락이 일어나는 메커니즘을 보여주고 있다. 그림 4에서와 같이 미세결정이 애자의 표면위로 돌출되어 있고, 장기간 사용하였을 경우에 오손물이 미세결정사이에 부착되기가 쉬우며, 미세결정사이에 수분이 부착되어 섬락이 발생하는 것으로 판단된다.



(a)



(b)

그림 3. 유약표면 미세결정: (a) 표면불량, (b) 표면 양호

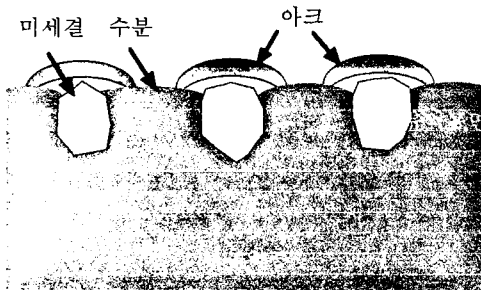


그림 4. 유약표면 미세결정으로 인한 섬락 메커니즘.

3. 결론

미세결정이 많았던 현수애자는 건조상태에서 이상이 없으나 수분이 묻은 상태에서는 절연저항이 급격히 떨어지고, 상용주파 주수 섬락전압시험 측정치의 편차가 큰 것은 다음과 같은 원인 때문인 것으로 판단된다.

1. 애자표면에 철을 주성분으로 하는 미세결정이 넓게 성장하였다.
2. 미세결정으로 애자표면이 굴곡이 지어, 오손되기 쉬우며, 수분이 부착되어 있는 시간이 길다.
3. 미세결정이 많은 현수애자는 미세결정이 적은 애자에 비하여 표면방전이 더 심한 것을 증명하였다.
4. 미세결정으로 인해 표면방전 메커니즘에 대하여 논의 하였다.

[참고문헌]

- [1] W. D. Kingery, Introduction to ceramics, John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 402-458, 1960.
- [2] 송일근외, 배전기자재 수명예측 기준제정, 전력연구원 중간보고서, 1998.
- [3] 김찬영외, 자기제 현수애자의 미세구조분석과 유전특성에 관한 연구, 대한전기학회 논문지, 제 48권, 9호, C, pp. 641-647, 1999.
- [4] C. W. Parmelee, P. E. Buckles, "Study of Glaze and Body Interface", J. Am. Ceram. Soc., pp. 11-15, Vol. 25, No. 1, 1942
- [5] 김찬영외, 표면방전을 이용한 배전용 현수애자의 표면특성 분석에 관한 보고서, 전력연구원, TM.97ES03.P1999.381, 1999.
- [6] "がいし", 日本電氣學會, pp. 27 - 56, 1983.