

옥외 애자용 재료의 표면 전기 전도 특성

(Surface Electrical Conduction Properties of Composite Insulator Materials)

홍헌문* · 전병석** · 김종근** · 강성화***

(Hyun-Mun Hong, B · S Jeon, J · G Kim, S · H Kang)

* 동해대학교 전기전자공학과, ** 충북대학교 전기공학과, *** 충청대학 안전경영설계학과

Abstract

In this literature, we propose the design method of a proportional pressure control valve using valve system analysis and finite element method. And it is shown that a manufactured proportional pressure control valve character is well matched to the theoretical analysis results. Also it is verified that the proposed valve has excellent performance compared to the other foreign products.

1. 서론

외용 애자는 장시간의 운전에 의하여 불순물이 애자 표면에 부착하게 되고, 불순물에 의한 누설거리와 절연 저항의 감소로 인하여 건조시 보다 큰 누설전류가 흐르게 되고, 누설전류에 의한 Joule 열의 발생에 의한 국부적인 건조대의 형성과 이에 따른 미소방전의 발생, 부식, 침식 등이 발생하여 트래킹, 아크 등의 열화과정을 거쳐 결국 절연파괴를 유발하게 된다.[1-3]

이와 같이 누설전류는 옥외용 애자의 절연열화와 절연파괴에 근본적인 원인이 되므로 옥외용 애자의 설계시 애자재료 표면의 오손에 따른 전기 전도성의 변화특성, 특히 누설전류의 변화에 대한 고려가 반드시 행해져야 한다[4-5]. 국외에서는 특히 고분자 애자 자료의 내오손성이 20년전부터 연구되어 왔다.[5-6], 국내에서는 최근에 연구되기 시작하여 근본적인 연구가 부족한 실정이다.

본 논문에서는 오손에 대한 옥외용 애자재료의 표면 전기 전도 특성을 검토하기 위하여 옥외용 애자 재료에 가장 널리 사용되는 Porcelain, Silicone, EPDM에 대한 건조시, 증류수 분모시와 0.5wt% NaCl 염수 분모시, 2wt% NaCl 염수분모시의 평균 누설전류를 측정하고, 각 상태에서의 Scintillation의 특성을 측정하였다.

2. 실험 방법

일시편은 실운전에 사용되는 옥외용 애자의 표본을 사영하였으며, Porcelain, Silicone rubber, EPDM의 재료를 초음파 세척기로 세척하여 항온조에서 건조하였다. 시편의 표면에 그림1과 같이 전극간 거리 5cm 로한 $1 \times 3\text{cm}^2$ 의 구리전극을 배치하였다.

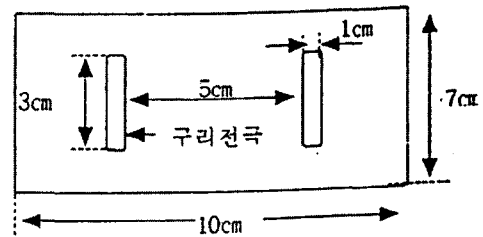


그림 1. 시편의 형상

본 실험의 실험장치의 블록도를 그림2에 나타내었다.

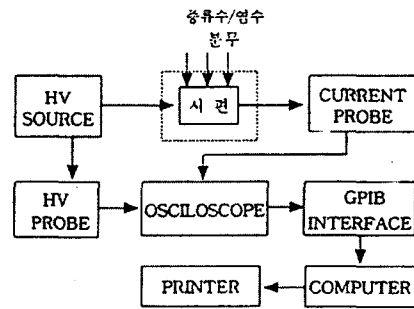


그림 2. 실험장치의 블록도
Fig. 2. Block of experiment equipment.

전압은 100kV/sec의 속도로 2kVTr 상승시켰으며, 오손물질질을 분모하여, 전압과 오염의 정도에 따른 표면 전도 특성을 측정하기 위하여 미소 전류계로 평균 누설 전류를 측정하고, 전류 프로브를 사용하여 Scintillation 방전의 크기와 펄스를 측정하였으며, 고전압 프로브를 사용하여 방전의 발생 위상각을 검토하였다.

3. 모의실험

그림 3은 Light pollution 등급인 0.5wt% NaCl 수용액 분무시의 평균 누설전류의 특성을 도시한 것이다. Porcelain의 평균 누설전류 특성은 선형적인 증가를 갖지만, EPDM과 Silicon Rubber에서는 평균 누설전류가 비선형적으로 증가하는 영역이 나타났다. 섬락전압은 증류수 분무시 보다 상당히 감소하여 Porcelain 13kV, EPDM은 16.5kV, Silicone rubber는 17kV로 나타났으며 이러한 저하는 재료표면의 특성과 오염물질의 전도도 증가에 기인된 것으로 생각된다.

그림 4는 medium pollution 등급인 2wt% NaCl 수용액 분무시의 평균누설전류의 차이가 크게 나타났으며, 이러한 경향은 각 재료의 접촉각 기인된 것으로 보인다.

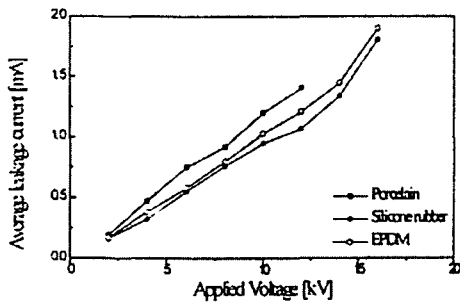


그림 3. 0.5wt% NaCl 수용액 분무시 각 재료의 각 재료의 평균 누설전류의 특성.

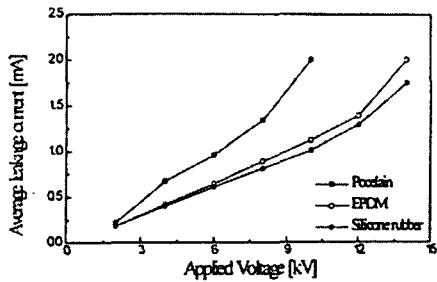


그림 4. 2wt% NaCl 수용액 분무시 각 재료의 각 재료의 평균 누설전류의 특성.

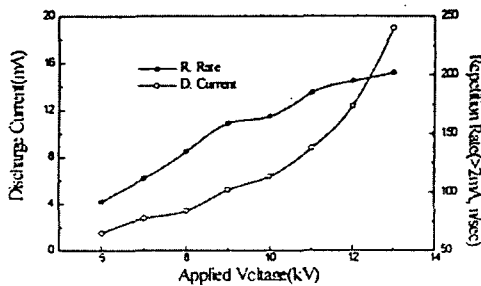


그림 5. Porcelain의 건조시 전압에 따른 Scintillation 방전 특성.

그림 5는 Porcelain의 건조시 Scintillation 방전펄스를 측정된 결과를 나타낸 것이다. 최대 방전 전류의 값은 약11[kV]에서 급증하는 영역을 나타내었으며, 발생 빈도수는 전압에 비례하여 선형적으로 증가한 후에 포화되는 영역을 나타내었다.

그림 6은 Porcelain에 0.5wt% NaCl 수용액 분무한 후 30분 경과시의 Scintillation 방전펄스의 특성을 도시한 것으로 동일 전압에서 건조시에 비하여 방전 전류의 크기는 상당히 크게 나타났으며, 전압인가에 따른 증가도 크게 나타났다. 발생 빈도수는 미약한 증가를 나타내고, 인가전압에 대하여 직선적으로 증가한다.

그림에서 전압의 인가에 따라서 발생빈도수보다는 방전전류의 크기가 급증하는 것을 알 수 있으며, 따라서 애자재료의 플래시 오버는 Scintillation 방전의 발생빈도수 보다는 방전전류의 크기에 더욱 의존한다는 것을 알 수 있다.

그림 7은 Silicone Rubber의 건조시 Scintillation 방전펄스를 측정된 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 방전전류는 동일전압에서 Porcelain에 비하여 상당히 작게 나타나는 반면, 발생빈도수는 크게 나타나며, 전압의 인가에 따라 방전전류의 크기보다는 방전 발생 빈도수가 증가한다.

그림 8은 Silicone Rubber의 0.5 wt% NaCl 분무 후 30분 경과시 Scintillation 방전 특성을 나타낸 것으로 건조시와 마찬가지로 방전전류는 인가전압의 증가에 따라 급증하는 영역을 지나서 포화된다.

그림에서 Porcelain은 NaCl 분무 후 30분 경과시에 건조시에 비하여 방전전류의 크기가 상당히 크게 나타난 반면 Silicone Rubber의 경우, 오손 후 30분 경과시에 건조시에 비하여 그다지 크게 나타나지 않고 있다. 이것은 Silicone Rubber가 오손에 대한 특성도 우수하지만, 오손 후 회복력이 Porcelain에 비하여 더 양호하다는 것을 알 수 있었다.

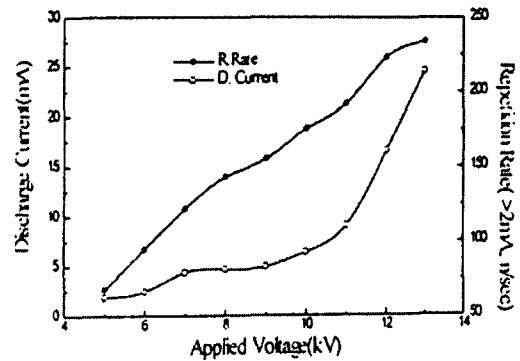


그림 6. Porcelain의 0.5wt% NaCl 수용액 분무후 30분 경과시 Scintillation 방전 특성.

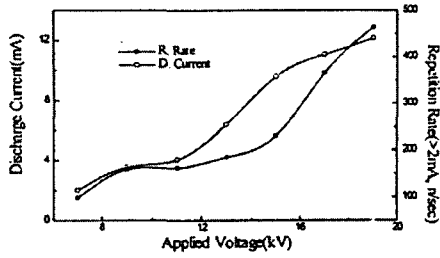


그림 7. Silicone Rubber의 건조시 Scintillation 방전특성.

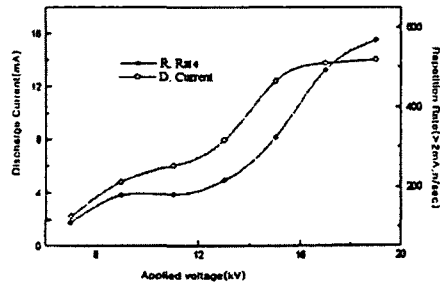


그림 8. Silicone Rubber의 0.5wt% NaCl 분무후 30분 경과 시 Scintillation 방전특성.

4. 결론

본 논문은 옥외 애장용 절연재료의 오염에 대한 표면 전기전도 특성을 검토한 결과에서 Scintillation 방전은 인가전압의 크기와 오염의 농도에 따라 방전량이 커지고, 방전펄스의 발생빈도수도 증가하는 경향을 나타내었으며, 방전펄스의 발생위상각도 넓어지는 경향을 나타내었고, 오염도에 따른 누설전류의 크기 변화와 Scintillation 방전전류의 크기 변화는 Silicone Rubber에서 가장 적게 나타났으며, 내오손 특성이 가장 우수한 것으로 판명되었다. 또한, 건조시와 0.5wt% NaCl 수용액을 분무한 후, 30분 경과시에 Scintillation 방전펄스를 측정된 결과 Porcelain에 비하여 Silicone Rubber의 방전전류나 발생빈도수가 상당히 작게 나타났으며, 따라서 Silicone Rubber가 오손 후 회복력이 양호한 것으로 나타났으며, 이것은 Silicone Rubber의 접촉각이 Porcelain에 비하여 크기 때문으로 증명되었다.

참고 문헌

- (1) J. S. T, " Insulators for High Voltage", Peter Peregrinus Ltd, pp. 118-131, 1990.
- (2) R. S. Gorur, E. A. Cherney and R. Hackam, Tanaka, " A Comparative Study of Polymer Insulating Materials under Salt-Fog Condition", IEEE Trans., EI-21, No. 2, pp 175-186, 1986.
- (3) C. S. Hu, "Quantitative Method for Determining Surface Erosion of silicon Rubber for Out Door Insulator by the Measurement of Leakage Current Under Artificial Salt fog Condition", 1996 IEEE Inter Symposium on Electrical Insulation, Canada, pp. 287-290, 1996.
- (4) N. Naito, S. Kunieda, Y. Hasegawa and S. Ito, "DC Contamination Performance of Station Insulators", IEEE Trans., EI, Vol. 23., No. 6, pp. 1015-1023, 1988.

- (5) R. Sundararajan and R. S. Gorur, "Dynamic Arc modeling of Pollution Flashover of Insulators under dc voltage", IEEE Trans., EI., Vol. 28., No.2., pp.209-217., 1993
- (6) A. de la O, R. S. Gorur and J. T. Burnham, "Electrical Performance of Non-Ceramic Insulator in Artificial Contamination Tests Role of Resting Time", IEEE. Trans., EI., Vol.3, No.6., pp. 827-835, 1996.