

현장열화에 따른 폴리머애자의 전기적 특성

Electrical Characteristics of Polymer Insulators with Field Aging

한재홍, 이병성, 김찬영, 한용희
(Jae Hong Han, Byung Sung Lee, Chan Young Kim, Yong Heui Han)

Abstract

The electrical characteristics of 3 year field-aged polymer insulators which dismantled from five regions were investigated. There was a little difference in PD inception voltage depending on the manufacturers and the regions. The results between PD and SD showed a close relation. There were no significant changes in electrical properties. So, it can be considered that the field-aged insulators are sound for the present.

Key Words(중요용어): Polymer insulator(폴리머애자), Surface discharge(표면방전), Partial discharge(부분방전), 현장열화(Field aging)

1. 서론

전력설비의 소형화·경량화 추세와 유지보수의 편의성 향상을 위하여 기존의 자기재 절연물이 점차 고분자 절연물로 전환되고 있다. 많은 전력설비 중에서도 폴리머애자가 주요 관심대상으로 부상하고 있으며, 여기에 사용되는 고분자재료로 된 하우징은 코어를 보호하는 동시에 섬락에 대한 저항성을 제공한다¹⁾. 외국의 경우 폴리머애자를 실선로에 적용한 기간이 20여년을 경과하고 있으며, 국내에서도 일부 선로에서 1995년부터 시범적으로 폴리머애자를 사용하고 있다.

폴리머애자는 표면 발수성 (hydrophobicity)이 우수하기 때문에 오염지역에서 우수한 절연성능을 보이며, 경제성이나 안전성의 면에서도 장점을 갖고 있다²⁾. 하지만 고분자재료의 특성상 장기간 사용하는 경우에 열화에 의해 여러 성질이 저하되며, 자기재와는 달리 신소재이기 상대적으로 운전경험이 짧다. 따라서 폴리머애자의 장기신뢰성을 평가하기 위해서는 경년에 따른 특성의 변화를 파악하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 폴리머애자의 경년특성을 파악하기 위해 현장에서 3년간 운전중인 2종류의 외산 폴리머애자를 5개 지역에서 발채하여 전기적 특성변화를 신폴과 비교하였다.

2. 실험방법

A사 폴리머애자는 5개 지역 (거제, 목포, 제주, 포항, 서울) 모두에서 발채가 가능했지만, B사의 경우에는 3개 지역 (거제, 목포, 제주)에서만 발채가 가능하였다. 발채한 폴리머애자는 모두 95년말 설치된 것으로 운전기간 동안 고장은 없었으며, 설치위치는 서울지역을 제외하고는 모두가 해안에 인접한 장소이다.

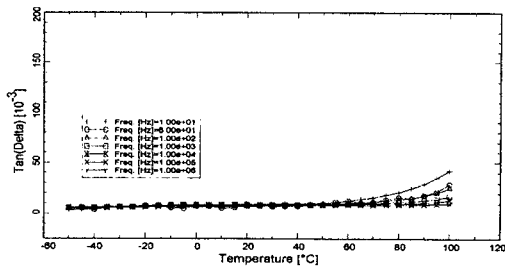
시료형태의 전기적 특성평가에서는 유전열분석기 (dielectric thermal analyzer; DETA)를 이용하여 $\tan \delta$ 등의 유전성질을 측정하였다. 실험방법은 폴리머애자 갓 부분에서 시료를 절단하여 시료 양면에 금 증착을 한 다음 액체질소를 사용하여 -50~100°C 온도범위에서 주파수를 10 Hz에서 1 MHz까지 변화시켰다.

또한 실제품 상태로 폴리머애자 표면에서의 절연 특성을 관찰하기 위하여 표면방전 특성을 측정하였는데, 실험방법은 애자를 염수에 침수시킨 다음 일정시간 건조하여 교류전압을 100 V/sec의 속도로 승압하면서 45 kV까지 인가하였다. 표면방전 현상은 45 kV에서 5분동안 노출시키면서 촬영하였다. 염수는 중류수에 0.2 wt%의 NaCl과 0.1 wt%의 실란 (Triton X-100)을 혼합하여 제조하였으며, 이 때 염수의 저항은 15 kΩ/cm이다.

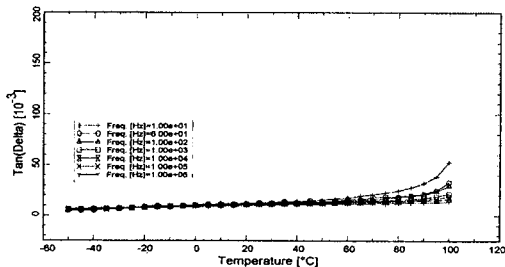
폴리머애자의 계면 건전성을 보기 위하여 상온 기중상태에서 부분방전량을 측정하였으며, 실험전에 방전전하량 보정기를 이용하여 보정을 실시하였다. 이 때 인가한 최대 교류전압은 50 kV이었다.

3. 결과 및 고찰

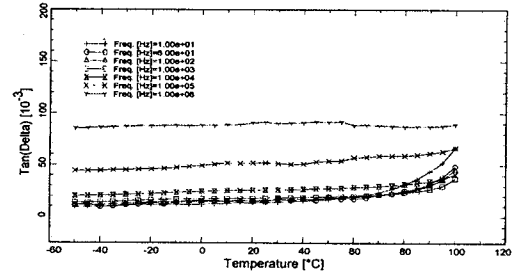
유전열분석기를 이용하여 A사 폴리머애자의 $\tan \delta$ 변화를 측정된 결과가 그림 1에 나와 있다. 모든 시료에서 온도증가에 따라 $\tan \delta$ 가 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 손실은 온도증가에 따른 폴리머 사슬의 운동과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 즉, 높은 온도에서는 폴리머 사슬의 운동이 증가하게 되어 교류 전기장 변화를 따라가지 못하기 때문이다. 또한 주파수가 높을수록 $\tan \delta$ 가 적어지는 경향을 보이는데, 이는 주파수가 매우 높으면 폴리머 사슬이 전기장에 따라 분자배향의 평형을 얻지 못하기 때문에 손실이 작아진다³⁾. 전체적으로 신품과 비교하여 경년품에서 $\tan \delta$ 가 약간 증가하는 경향을 보이고 있지만 차이가 거의 없으며, 포항지역 애자의 경우에만 고주파 영역 (100 KHz 이상)에서 모든 온도에 걸쳐 $\tan \delta$ 가 많이 증가하였다. 이와 같은 현상은 열화에 따라 산소를 포함하는 극성기가 다소 증가했기 때문인 것으로 판단된다.



(a) 신품



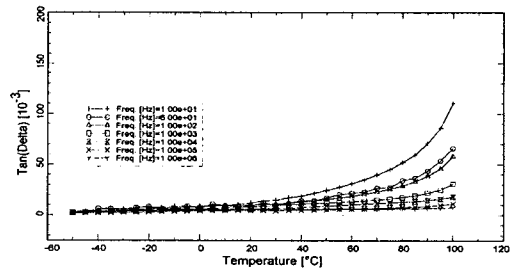
(b) 거제지역



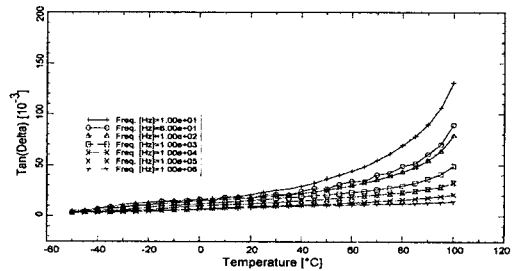
(c) 포항지역

그림 1. A사 폴리머애자의 $\tan \delta$

B사 제품의 $\tan \delta$ 측정결과가 그림 2에 나와 있다. A사 제품의 특성과 마찬가지로 모든 시료가 온도증가에 따라 $\tan \delta$ 가 증가하는 경향을 나타내었으며, 신품과 비교하여 경년품에서 $\tan \delta$ 가 증가하였다. A사 제품과 비교해서는 B사 제품이 다소 높은 $\tan \delta$ 를 나타내었다.



(a) 신품



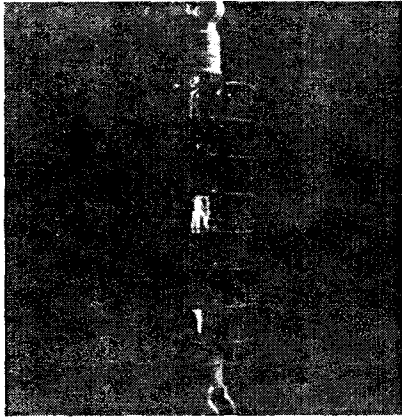
(b) 제주지역

그림 2. B사 폴리머애자의 $\tan \delta$

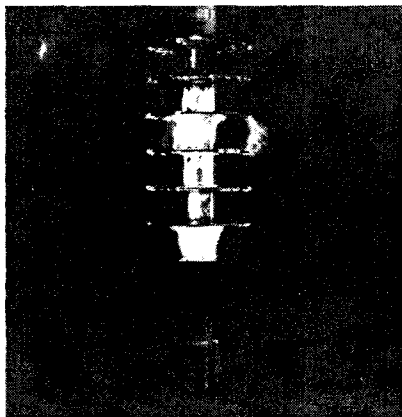
그림 3은 45 kV의 교류전압에서 A사 폴리머애자의 표면방전 현상을 촬영한 것이다. 그림에서 보라색 불꽃은 약 200°C 정도에 해당하며, 오렌지색 불

꽃은 800°C 정도이다. 따라서 오렌지색이 많이 나타나거나 혹은 불꽃 분포가 넓을수록 표면 특성이 좋지 않다고 할 수 있다. A사 폴리머애자는 주로 보라색 불꽃이 나타나 비교적 우수한 표면방전 특성을 나타내었다. 단, 서울지역에서 발채한 애자의 경우에만 큰 표면방전을 나타내는데, 이는 공해 등에 의한 환경오염 때문인 것으로 판단된다.

반면 B사 제품의 경우에는 그림 4에서 보여지는 것처럼 신품을 포함한 모든 애자에서 표면방전이 모두 불량하게 나타났다. 거제지역과 목포지역의 애자에서 매우 불량한 표면방전 특성이 관찰되었다. 특히 거제지역의 애자에서는 실험대상 애자중 가장 위험도가 큰 표면방전이 관측되었다.

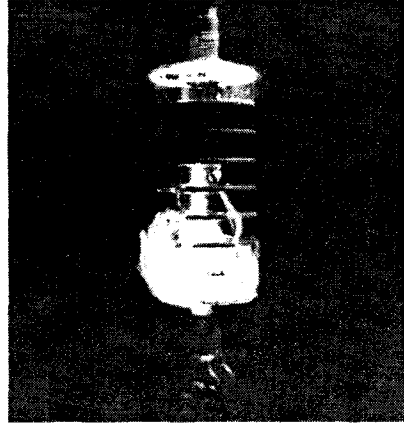


(a) 신품



(b) 서울지역

그림 3. A사 폴리머애자의 표면방전 현상



(a) 신품



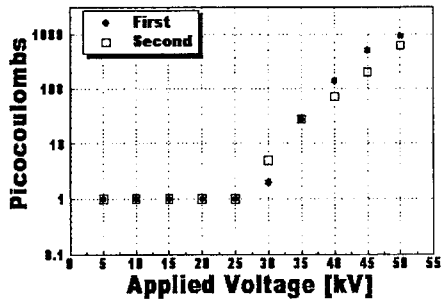
(b) 거제지역

그림 4. B사 폴리머애자의 표면방전 현상

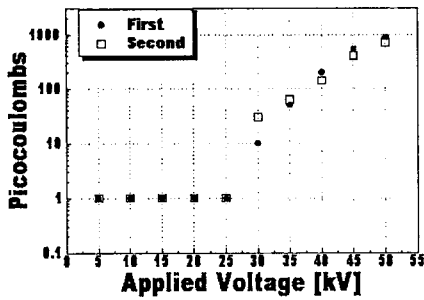
그림 5와 6에 A사 및 B사 폴리머애자의 부분방전 측정결과가 나와 있다. A사 폴리머애자의 부분방전량은 30 kV 이하에서는 1 pC 정도로 낮게 나타났고, 인가전압이 30 kV를 초과하면 비례적으로 증가하는 경향을 보이며, 최고 인가전압인 50 kV에서는 약 1000 pC 정도를 나타냈다. A사 폴리머애자는 그림 6의 B사 폴리머애자의 부분방전량과 비교할 때 부분방전개시 전압이 다소 높게 나타났다. A사 제품의 경우에는 목포지역의 애자가 30 kV에서 10 pC 이상의 부분방전량을 보여 가장 취약하였으며, 표면방전 결과에서도 좋은 특성은 보여주지 못하였기 때문에 비교적 잘 일치하였다.

B사 제품의 경우에는 신품, 거제지역 및 목포지

역 애자의 부분방전 특성이 나쁘게 나타났으며, 제주지역 애자의 경우에는 양호한 부분방전 특성을 보였다. 이러한 부분방전 특성은 표면방전 특성과도 비교적 일치하는 경향을 나타내었다. 방전개시점을 10 pC으로 한 경우 B사의 제품들은 제주지사 애자를 제외하고는 모두 방전개시전압이 약 20 kV인 것으로 나타났다.

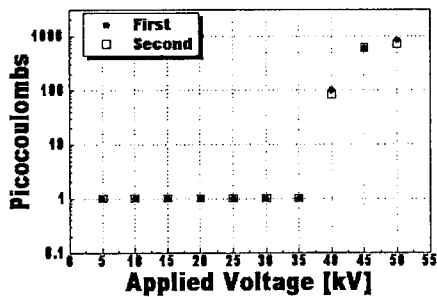


(a) 신품

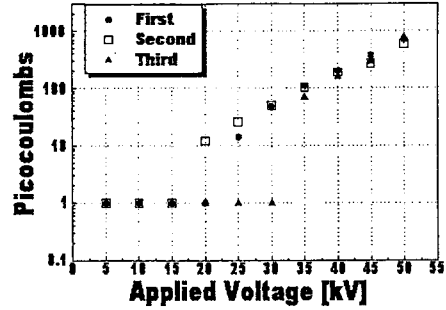


(b) 목포지역

그림 5. A사 폴리머애자의 부분방전량



(a) 신품



(b) 거제지역

그림 6. B사 폴리머애자의 부분방전량

4. 결론

현장에서 3년간 운전된 폴리머애자에 대하여 전기적 특성을 분석한 결과, 제품 및 발체 지역에 따라 부분방전개시 전압에서 다소 차이가 나타났으며, 부분방전 및 표면방전의 결과가 비교적 잘 일치하였다. 모든 시료는 온도증가에 따라 유전정점이 증가하는 경향을 보였으며, 제품간에 차이가 나타났다. 현장열화에 따른 전기적 특성은 크게 변하지 않았으며, 현재로서는 폴리머애자가 건전한 상태인 것으로 판단된다.

참고문헌

1. E. A. Cherney, "Non-Ceramic Insulators - A Simple Design that Requires Careful Analysis", IEEE Electr. Insul. Magazine, pp. 7-15, 1996.
2. T. Zhao, R. A. Bernstorff, "Aging Tests of Polymer Housing Materials for Non-Ceramic Insulators", IEEE Electr. Insul. Magazine, pp. 26-33, 1998.
3. C. C. Ku and R. Liepins, *Electrical Properties of Polymers*, Hanser Publishers, 1987.