

계면활성제가 첨가된 염수용액에 따른 폴리머 애자의 트래킹 성능 평가

조한구^{*}, 한동희^{*}, 이운용^{*}, 임기조^{**}, 최인혁^{***}

^{*}한국전기연구원, ^{**}충북대학교, ^{***}전력연구원

Tracking Performance Test of Polymer Insulator with Salt Solution which is added Surface Active Agent

Han-Goo Cho^{*}, Dong-Hee Han^{*}, Un-Yong Lee^{*}, Kee-Joe Lim^{**}, In-Hyuk Choi^{***}

^{*}KERI, ^{**}Chungbuk National University, ^{***}KEPRI

Abstract

Aging test to estimate life property of polymer insulator is executed through several international standard such as IEC 61109 and CEA tracking wheel test, but is not getting clear conclusion yet. There are two methods in the diagnosis method of polymer insulator such as off-line and on-line. The diagnosis methods in off-line are external condition analysis by the eye, contaminant analysis on surface, surface analysis, pollution withstand voltage test, power frequency flashover voltage test, lightning impulse flashover test, tensile fracture load test and flexural load test. The diagnosis methods in off-line most are the method for virgin and last aged sample. However, the diagnosis method in on-line is method that can be evaluate sample state as progressing continuously aging test in beginning. The diagnosis method in on-line is arranged as following: leakage current measurement, electric field, surface state investigation, thermal image, emitting light measurement and then so.

In this paper, the tracking performance of polymer insulator with salt solution which is added surface active agent. The diagnosis of insulator sample has been analyzed by leakage current and visual examination.

Key Words : Tracking wheel test, Polymer insulator, Surface active agent, Leakage current

1. 서 론

최근 고전압 절연기기에 대한 폴리머 재료의 적용은 계속적으로 증가하고 있으며, 특히 기존의 자기에관으로 구성된 피뢰기, 애자, 변압기, 단로기, 차단기, 개폐기 등에 실리콘 고무, EPDM, 에폭시 수지와 같은 우수한 절연물이 개발 적용되고 있다.

또한, 자기에관을 폴리머화 함으로써 가장 큰 장점을 갖는 소형, 경량화 부분 때문에 큰 부피를 차지하는 고압부싱 쪽으로 폴리머화도 확대되고 있다.

이러한 폴리머 재료를 활용한 배전용 현수애자도 이미 상용화되어 있으며, 초고압 분야로도 적용 검토 중에 있다. 그러나 현장의 적용 경력이 충분하

지 않아 폴리머 절연재료의 장기 신뢰성 특성에 대한 검증을 위해 애자의 가속열화시험 평가가 많이 연구되고 있다[1, 2]. 본 논문에서는 폴리머 애자의 대표적인 가속열화 시험방법인 트래킹 휠 시험을 애자의 재료에 대해서 염수에 계면활성제를 첨가한 것과 첨가하지 않은 것을 비교 검토하였다. 열화평가 방법으로는 누설전류, 육안검사 등을 이용하였다.

2. 실험

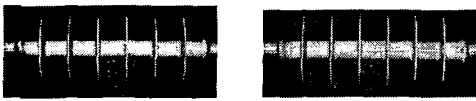
2.1 시험시료

폴리머 애자의 하우징 재료의 열화에 따른 특성을 검토하기 위하여 표 1과 같은 시험 시료를 준비하였다. 시료들의 누설거리는 동일한 누설거리를

갓도록 각각 650mm로 하였으며, 실리콘 고무 및 EPDM 등의 2가지 하우징 재료들로 구성하였다.

표 1. 시험 시료의 특성.

시료	하우징 재료	누설거리	갓의 형태
시료 1	실리콘 고무	650 mm	Regular
시료 2	EPDM	650 mm	Alternate



(a) 시료 1 (SR) (b) 시료 2 (EPDM)
그림 1. 시험 시료.

2.2 트래킹 휠 시험

트래킹 휠 시험장치의 구성은 그림 2와 같이 4개의 각 위치에서 정지된 상태로 40초간 머물게 한 위치에서 다음위치로 이동하는 시간은 8초이다[3].

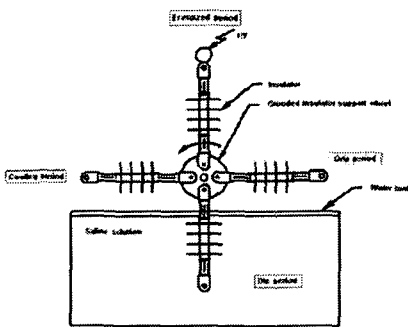


그림 2. 트래킹 휠 시험장치.

시료가 회전하여 처음 인가되는 위치까지 오는 데는 3분12초가 걸리며 이를 1사이클이라 하며 총 시험시간은 30000 사이클이다. 시험 시의 인가전계는 35V/mm, 염수농도는 1.4g/l이며, 시험 최근 규격에서 시험 시에 4일 시험 후 1일(24시간) 휴지시간을 갖도록 규정하고 있다.

CEA 트래킹 휠 시험에서는 계면활성제를 넣지 않고 NaCl을 첨가하여 오손액으로 사용하고 있다. 본 실험에서는 IEC 60587 내트래킹성 시험에서 첨

가되는 비이온 계면활성제(Triton X-100)를 염수에 0.02% 첨가시킨 것과 시키지 않은 것에 대해서 트래킹 휠 시험 특성을 비교 분석하였다[4].

계면활성제의 농도가 증가할 수록 염수의 표면장력(surface tension)은 저하한다. 계면활성제의 첨가에 따라 표면장력이 저하되는 것은 긴 발수기와 짧은 친수기를 가지는 계면활성제가 물과 같은 수용성 매질에 존재 시에 물과 친화성이 없는 발수기가 물 표면으로 이동하여 배향되므로 흡착이 일어나기 때문이다. 트래킹 휠 시험에서는 염수 이외의 다른 성분을 넣지 않지만, 열화 변수를 보다 가혹화 시키기 위해서 계면활성제를 첨가하여 시험을 시행하였다. 비이온 계면활성제가 첨가된 염수액의 표면장력은 32dyn/cm 이었다.

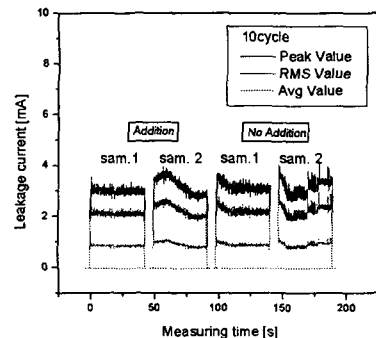
3. 결과 및 고찰

트래킹 휠 시험 사이클 진행에 따라 시료의 열화정도를 누설전류, 육안검사 등을 비교분석하였다.

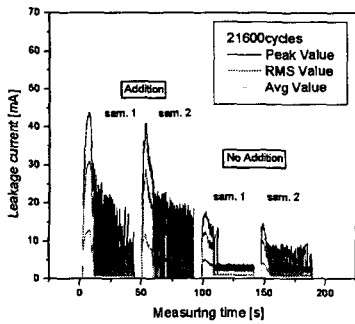
3.1 누설전류

트래킹 휠 시험장치 회전축에 각 시료들을 구분할 수 있도록 근접센서를 장착하여 어느 한 시료가 과전되었을 때 그 시료의 누설전류를 측정 가능토록 하였다. 또한, 회로상에 100Ω의 무유도저항을 직렬로 연결하여 저항 양단에 걸리는 전압을 측정하여 전류로 산출하였다. 그림 3은 시험 초기 10 사이클, 21600 사이클, 21600 사이클 휴지타임, 30000 사이클 일때 측정된 누설전류를 나타내었다.

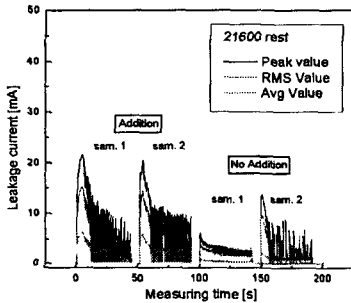
초기의 누설전류 값을 보면 시료 1보다 시료 2가 약간 더 크며 계면활성제 첨가된 것과 첨가되지 않은 것의 차이는 거의 나타나지 않았다.



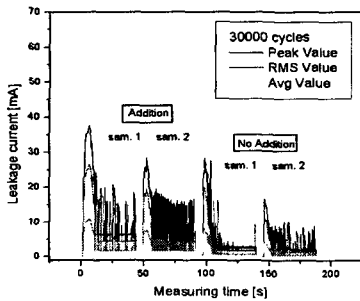
(a) 10사이클



(b) 21600사이클



(c) 21600 사이클 휴지타임



(d) 30000 사이클

그림 3. 사이클 진행에 따른 누설전류.

21600 사이클일 때의 누설전류를 비교해보면, 계면활성제가 첨가된 것과 첨가되지 않은 것의 차이가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 피크값을 보면 첨가된 것은 시료 1이 45mA, 시료 2는 42mA, 첨가되지 않은 시료 1은 약 18mA, 시료 2는 14mA였다. 휴지시간 후의 누설전류를 보면, 첨가되지 않은 시료는 현저히 누설전류가 감소되지만, 첨가된 시료는 약 20mA 정도의 값이 유지되고 있다. 전

에 보고한 논문에서도 실리콘 고무 애자의 경우, 24시간 휴지시간 후 3mA - 4mA로 낮은 누설전류 값을 보였으며[5] 본 연구에서도 계면활성제가 첨가되지 않은 상태에서의 시료 1의 누설전류가 약 5mA 정도로 나타났다.

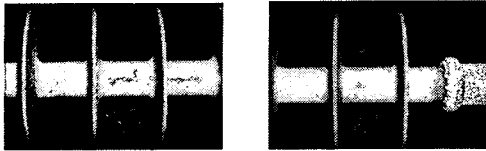
계면활성제가 첨가된 시료들의 휴지시간 후에도 높은 누설전류 값을 보이는 것은 계면활성제 첨가에 따라 표면방전의 발생 확률이 보다 높아졌기 때문인 것으로 사료된다. EPDM 시료(시료 2)는 사이클 진행에 따라 실리콘 고무 시료(시료 1)에 비해서 다소 낮게 나타나는 경향을 보이는 데 이는 계속해서 표면에 오손이 축적되는 실리콘 고무에 비해 EPDM은 오손물이 표면의 젖음성 때문에 씻겨 내려갔기 때문인 것으로 사료된다. 그러나, 계면활성제가 첨가되지 않은 시료의 휴지시간 후의 누설전류를 보면 실리콘 고무 시료보다 다소 높게 흐르는데, 이는 실리콘 고무는 발수성의 회복 특성이 우수한 반면에 EPDM은 이의 특성이 나타나지 않았기 때문이다. 30000 사이클 (시험 종료 시점)일 때도 계면활성제를 첨가한 것과 첨가되지 않은 것의 차이는 시료 1의 경우, 첨가된 것이 약 1.3배 정도 보다 높은 값을 보였다.

3.2 육안검사

계면활성제가 첨가된 상태에서 시험한 시료 1은 갓 끝부분에 침식(erosion)이 발생하였으며, 애자 동부에 트래킹 및 침식이 발생하였다. 동부에 발생한 트래킹과 침식은 모두 파팅 라인(parting line)을 따라 발생하였다. 시료 2는 동부에 가벼운 침식이 발생하였고 다른 시료와 마찬가지로 갓 끝부분에 침식이 발생하였다. 시료 3의 열화 특징은 그림 4와 같이 변색과 금구와 애자의 계면부근에도 가벼운 침식이 발생하였다는 점이다.

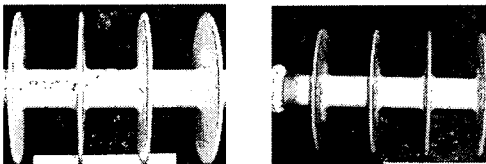
계면활성제가 첨가되지 않은 시료에 대한 육안 검사는 그림 5에 나타낸다. 시료 1은 애자 동부에 트래킹이 발생하였다. 하지만 갓 끝부분에 침식은 발생치 않았다. 시료 2도 애자 동부에 가벼운 트래킹 흔적이 발생하였지만 갓 끝부분의 침식까지는 발생치 않았다. 하지만 변색현상은 마찬가지로 나타났다. 이러한 EPDM의 변색현상은 방전에 의해 오존, 질소가스 발생에 의해 EPDM 내의 이중결합 및 자유라디칼이 생성되어 황색으로 변한 것으로 사료된다. 계면활성제의 첨가와 미첨가의 가장 큰 시료의 열화는 갓 끝부분의 침식 유무로 나타났다.

이러한 결과는 계면활성제 첨가에 따라 애자의 표면 방전이 보다 많이 유도되어 갓 끝부분까지 침식이 발생한 것으로 사료된다.



(a) 시료 1 (b) 시료 2

그림 4. 시험 종료후의 상태(계면활성제 첨가).



(a) 시료 1 (b) 시료 2

그림 5. 시험 종료 후의 상태(계면활성제 미첨가).

4. 결론

본 논문에서는 폴리머 애자의 대표적인 가속열화 시험방법인 트래킹 휠 시험을 염수에 계면활성제를 첨가하여 애자의 재료에 대해서 그 특성이 어떻게 나타나는지 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- [1] 초기의 사이클에서의 누설전류를 실리콘 고무 시료보다 EPDM 시료가 약간 더 크며 계면활성제 첨가된 것과 첨가되지 않은 것의 차이는 거의 나타나지 않았다.
- [2] 21600 사이클일 때 누설전류는 피크값을 보면 첨가된 것은 실리콘 고무 시료가 45mA, EPDM 시료는 42mA, 첨가되지 않은 실리콘 고무 시료는 약 18mA, EPDM 시료는 14mA였다. 휴지시간 후의 누설전류를 보면, 첨가되지 않은 시료는 현저히 누설전류가 감소되지만, 첨가된 시료는 약 20mA정도의 값이 유지되고 있다. 이는 계면활성제 첨가에 따라 애자의 표면방전 발생확률이 보다 높아졌기 때문인 것으로 사료된다.
- [3] EPDM 시료(시료 2)은 사이클 진행에 따라 시료 1에 비해서 다소 낮게 나타나는 경향을 보이는데 이는 계속적으로 표면에 오손이 축적

되는 실리콘 고무에 비해 EPDM은 오손물이 표면의 젖음성 때문에 씻겨 내려갔기 때문인 것으로 사료된다. 하지만, 계면활성제가 첨가되지 않은 시료의 휴지시간 후의 값을 보면 실리콘 고무 시료보다 다소 높게 흐르며, 이는 실리콘 고무를 발수성 회복특성이 있는 반면 EPDM은 이의 특성이 나타나지 않았기 때문.

- [4] 시험 종료된 시료들에 대한 육안검사 결과, 계면활성제가 첨가된 실리콘 고무 시료는 갓 끝부분에 침식이 발생하였으며, 애자 동부에 트래킹 및 침식이 발생하였다. EPDM 시료는 동부에 가벼운 침식이 발생하였고, 갓 끝부분에 침식이 발생하였다. 시료 3의 열화 특징은 변색과 금구와 애자의 계면부근에도 가벼운 침식발생이다. 계면활성제의 미첨가 시료들에서는 갓 끝부분의 침식이 나타나지 않았다.

앞으로 트래킹 휠 시험의 가속정도와 재료뿐만 아니라 실란트 종류 등에 대해서도 계면활성제에 따른 그 특성을 검토할 예정이다.

참고 문헌

- [1] I. Gutman et al, "Experience with IEC 1109 1000h Salt Fog Ageing Test for Composite Insulators", IEEE EI Magazine, Vol.13, No.3, May/June, 1997.
- [2] A.H. El-Hag et al, "Effect of shed design on aging performance of silicone rubber insulators", 2002 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena pp. 363-366.
- [3] CEA LWTWG-01, "Dead-end/suspension composite insulator for overhead distribution lines", 1996.
- [4] IEC 60587, "Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion of electrical insulating materials used under severe ambient conditions", 1992.
- [5] 조한구, 이운용 외 2인, "IEC 61109와 CEA LWTWG 01 시험에 의한 폴리머 애자의 성능 비교", 대한전기학회 전기재료연구회 춘계학술대회, pp.70-73, 2004.