1999년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 1999. 7.19-21

Tracking wheel 시험을 통한 배전용 폴리머애자 열화특성 평가

이병성, 한재홍, 한용희, *한상옥
한국전력공사 전력연구원, *충남대학교

Evaluation of Ageing Characteristics of Polymeric Insulators for Distribution Lines by Tracking Wheel Test

Byung Sung Lee, Jae Hong Han, Yong Heui Han, *Sang Ok Han
Korea Electric Power Research Institute(KEPRI), *Chungnam Nat'l Univ.

Abstract - This study describes the results of aging characteristics of polymer insulators through the tracking wheel test. In order to evaluate the reliability of polymer insulators, 4 polymer insulators which used in the field were selected. Electrical tests such as power frequency voltage test, steep-front impulse voltage test were performed after tracking wheel test. Chemical structure and contact angle were measured for investigating an aging characteristics. Although some changes have occurred on the surface of insulator, there are no critical changes between new and tracking wheel tested insulator.

1. 서 론

현재 국내에서 시사용되고 있는 폴리머애자는 장기신뢰성에서 많은 의문의 여지를 가지고 있다. 따라서 선로의 신뢰성이 전기 품질향상에 상당부분 기여할 수 있으므로 전력공급사들간에는 이들 설비 기자재에 대한 관심도가 증가하고 있다.

자연상태에서 전기절연재료로 사용되고 있는 폴리머재료가 쉽게 받게되는 환경영향은 주로 자외선, 오존, 산성비, 염무 등으로 알려져 있다. 이들에 대한 평가를 위해 많은 연구가 진행되고 있으나 아직까지 각각의 열화인자가 폴리머재료에 미치는 영향에 대해서는 정확한 결과가 없는 실정이다.

본 연구에서는 자연열화에 대한 폴리머애자의 장기 신뢰성 평가의 일환으로 현재 국내외에서 생산되고 있는 서로 다른 사양을 갖는 폴리머애자 신품 4개를 선택하여 CEA의 LWIWG-01(91) 기준에서 제시하는 방법에 따라 트래킹 휠 시험방법을 사용하여 폴리머애자의 열화특성을 비교하는 시험을 하였다.

열화특성 평가를 위해 신품과 트래킹 휠 시험을 완료한 시료에 대해 트랙의 존재, 코어의 침식, 하우징이나 쉐드(shed)의 손상 흔적이 있는지에 대해 조사하였다. 또한, 열화후 전기적인 특성을 파악하기 위해 상용주파 건조·주수 및 임펄스 섬락시험을 실시하였으며, 시료 표면의 열화상태를 분석하기 위해 접촉각 측정, 화학구조 분석을 하였다.

2. 본 론

2.1 시료

본 실험을 위해 4개의 폴리머애자를 선택하였으며, 각각에 대한 시료의 사양은 표 1과 같다. 시료 A, B, D는 기저 폴리머가 EPDM이며, C시료는 실리콘으로 제조된 것이다.

표 1. 시험에 사용한 시료

시료명	절연거리 (mm)	누설거리 (mm)	갓(mm)			
			갯수	직경	간격	두께
A	284	751	9	88.5	31.5	10.3 (6.2)
B	316	785	8	88	42	4.9 (3.2)
C	367	811	7	97.5	57	6.8 (3.0)
D	347	898	8	99	44.5	9.1 (6.3)

* ( )속은 갓의 얇은 부분의 두께를 나타냄.

표에서 언급한 절연거리는 애자 양쪽의 금구 사이의 직선거리를 나타내고 있다. C 시료의 경우 금구사이의 절연거리는 가장 길지만 갓 수가 다른 시료보다 적어 누설거리는 D시료 보다 작게 제작되었다.

2.2 가속열화 방법

가혹한 환경조건에서 폴리머애자의 내구성을 검토하기 위해 트래킹 휠 시험 방법을 채택하였다. 트래킹 휠 시험은 LWIWG-01 규격에서 제시한 방법으로 하였다.

적용된 시험 파라메터는 최소전압 스트레스가 35 V/mm이고, 오손액의 NaCl 농도는 1.40±0.06 g/l로 하였으며, 시험시간을 30,000 cycles로 하여 시험을 하였다.

시험장치의 휠이 한 위치에서 다음위치로 90도 이동하는데 8초가 소요되며, 휠의 수직 위치에 있는 애자에만 전압이 인가된다.

또한, 트래킹 휠 시험으로 가속 열화된 시료에 대해서 한전 구매규격에 언급한 대로 상용주파 건조섬락시험, 상용주파 주수섬락시험, 뇌충격 전압시험 등의 전기적인 시험을 하였다.

2.3 시료 분석

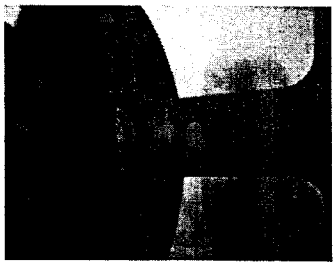
2.3.1 육안검사

트래킹 휠 시험한 시료에 대해 육안으로 외면을 관찰한 결과 양적인 차이는 있지만 모든 시료표면에 저분자 물질로 생각되는 것이 표면으로 상당부분 확산되어 나온 것을 확인할 수 있었다. 특히 이와같은 확산은 접지측에 가까운 갓 부분에서 많이 보였다. 이는 트래킹이 저압측에서 진전되기 때문이라 생각된다.

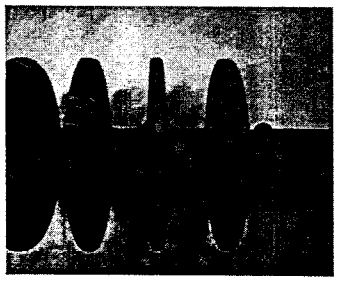
또한, 실리콘 재질의 시료의 갓과 시스의 경계 부분에 미소한 트래킹 흔적이 발견되었으나, EPDM 재질의 시료에서는 표면 변색외에 특별한 손상 흔적을 찾을 수 없었다.

그림 1에 트래킹 시험결과 미소 트렉이 발생한 것과 접지측의 금구가 부식된 것을 나타내었다.

재료에 따라서 금구부식으로 갓의 일부분이 부식 생성물로 덮여 있어 절연성능에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단되며, 금구와 절연체 사이의 몰딩부분에 침식이 발생한 것도 관찰되었다.



(a) 미소 트랙



(b) 금구부식

그림 1. 트래킹 휠 시험 후의 시료

2.3.2 전기적 시험 결과

시료에 대한 절연거리 및 누설거리 정보를 그림 2에 나타내었으며, 전기적 섬락시험 및 충격전압 시험치를 그림 3에 나타내었다.

상용주파 건조섬락전압 및 주수섬락시험 전압값은 D 시료를 제외하고 대체로 누설거리에 비례하는 결과를 얻었다. 그러나 실리콘재질의 애자의 경우 누설거리에 비해 상대적으로 높은 섬락전압값을 가졌다. 이는 실리콘 특유의 표면특성 때문인 것으로 판단된다.

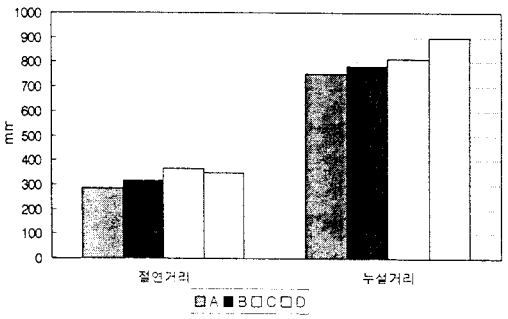
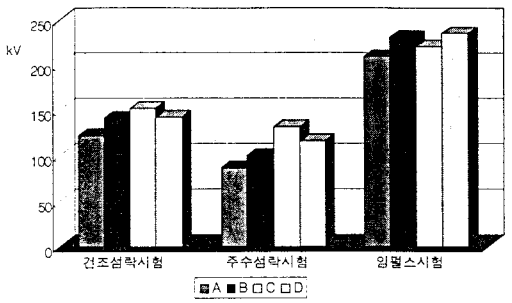
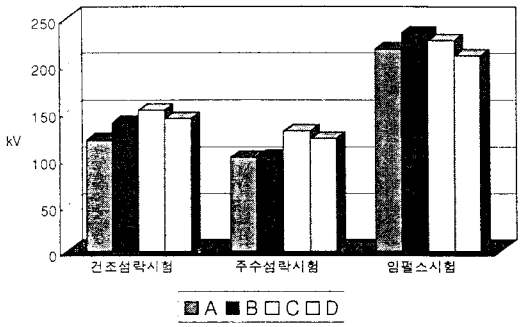


그림 2. 절연거리 및 누설거리 비교



(a) 신품



(b) 트래킹 휠 시험 시료

그림 3. 시료별 특성시험치 비교

2.3.3 접촉각 측정

트래킹 휠 시험한 시료에 대해 고압측과 접지측을 구분하여 갓에 대한 접촉각을 측정하였으며, 그 결과를 표 2에 나타내었다.

또한, 부분에 따른 열화 정도를 알아보기 위해 고압측과 접지측 부분의 갓에 대해 상부와 하부 표면에 대한 접촉각을 구분하여 측정하였으며, 갓 전체 표면에 대해 고르게 측정하여 평균값을 취하였다.

표 2. 트래킹 휠 시험 시료의 접촉각

시료명		A		B		C		D	
측정부		HV측	LV측	HV측	LV측	HV측	LV측	HV측	LV측
접촉각 (°)	열화 시료	84.6	99.2	70.6	84.9	103.5	100.8	78.8	83.6
	신품	102.8		96.5		112.6		111.5	

대체로 모든 시료들의 접촉각이 신품에 비해 상당히 감소한 것으로 볼 때 트래킹 휠 시험시 염수 및 부분적인 아크 등의 가혹한 조건이 표면 발수성에 영향을 주었다고 판단된다.

측정결과 시료 C를 제외한 모든 시료에 대해서 고압이 인가되었던 부분에서 열화가 보다 심하게 진전된 것을 알 수 있었다.

또한, 갓의 바깥쪽에서 안쪽으로 접촉각을 측정한 결과 대체로 갓의 바깥쪽 부분에 비해 안쪽의 부분 즉, 코어부근 표면의 접촉각이 낮았다. 이는 트래킹 시험시 갓과 갓 사이에서 발생된 아크가 원인이 된 것으로 판단되며, 애자 설계시 충분히 고려될 필요가 있다.

특히, EPDM 재질의 애자 시료 A, B, D의 경우는

시료의 갓 안쪽부분에서 접촉각 감소가 두드러진 것을 확인할 수 있었다. 반면에 실리콘 재질의 애자(시료 C)의 표면에서는 측정부위에 관계없이 전체적으로 균일한 접촉각 특성을 보였다.

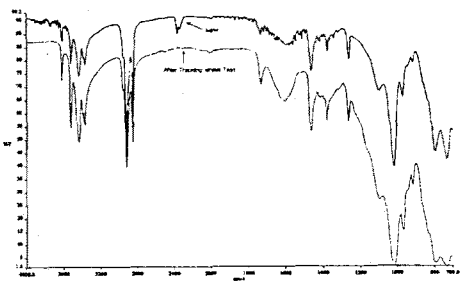
2.3.4 화학구조 분석

신품 시료와 트래킹 휠 시험한 시료에 대한 표면의 화학구조를 비교 분석한 결과를 그림 4의 (a), (b)에 나타내었다.

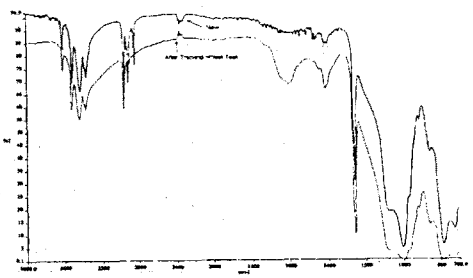
EPDM의 경우 신품과 트래킹 시험품 사이의 화학구조에서 큰 차이는 보이지 않았으나, 1655 cm-1 근처에서 트래킹 시험품의 경우 OH기의 증가가 약간 나타났다. 이는 장기간 염수에 침적되는 실험조건에 의해서 표면이 열화되었기 때문인 것으로 판단된다.

또한, 실리콘 고무 재품의 경우 EPDM의 경우와 마찬가지로 화학구조에서 큰 차이가 보이지 않으며, OH기 증가에 의해 1655 cm-1에서 피크 증가가 관찰되었다. 이 역시 표면 열화와 관련된 것으로 판단된다.

전체적으로 화학구조 분석에서는 별 다른 차이가 나타나지 않았다.



(a) 시료 B



(b) 시료 C

그림 4. 표면 화학구조분석

3. 결 론

30000회 트래킹 휠 시험 한 시료에 대해 전기적인 방법 및 표면특성 분석결과 다음과 같은 결론은 얻을 수 있었다.

1. 시료표면에서 육안으로 관찰할 수 있는 특별한 손상은 발견되지 않았으며, 섬락시험 결과 트래킹 휠 시험품은 신품과 비교하여 큰 차이는 발견되지 않았다.

2. 실리콘 재질의 시료 표면에서 미소하게 침식이 진전되고 있는 것을 볼 때 디자인이나 성분 조성시 침식에 대책이 필요할 것으로 판단된다.

3. 접촉각 측정 결과 기저폴리머에 따라 차이가 있었으며, 실리콘은 제외한 시료에 대해 갓 표면의 위치에 따라 다소 차이가 발견되었다.

4. 열화에 따라 특성피크의 변화가 일부 나타났으며, 이는 장기간 염수 및 미소아크가 원인이 되어 표면이 열화되었기 때문인 것으로 판단된다.

[참고문헌]

[1] 한전 전력연구원, "배전용 폴리머애자의 신뢰성평가 및 운용기준제정 연구(중간보고서)" 1999

[2] 한재홍, 이병성, 김찬영, 한용희, "현장열화에 따른 폴리머애자의 전기적 특성", 전기전자재료학회 춘계학술대회, 1999

[3] J. Sundara, V. Asai, S.N. Moorching, "Evaluation of Trackin and Erosion Failure of Polymeric Materials by the Inclined Plane Tracking Test