

## PE18) 복합 폴리머 애자의 내오염 특성에 관한 연구 A Study on the Anti-contamination Characteristics of Composite Polymeric Insulator

천성남·이재봉·김동명  
 한국전력공사 전력연구원 배전연구센터

### 1. 서론

2003년 12월말을 기준으로 우리나라에는 총 연장 약 100만 km에 이르는 가공 전선과 700만 본이 넘는 전주 및 이들의 운영에 관련된 각종 스위치 등을 포함하는 배전 설비가 운영 중에 있다. 이들 설비에서 일어나는 각종 사고 중 해안 지역의 염해나 공단이나 대도시에서의 대기오염, 또는 봄 황사 기간 중의 고농도 먼지 등과 같은 대기오염에 의한 전력설비 오염 사고는 그 피해의 범위가 넓고 복구에 장시간이 소요되는 점에서 전력회사는 이들을 사전 예방할 수 있도록 각종 배전 설비의 오염 기구(mechanism)와 오염 양의 예측 및 영향과 대책 등에 관한 연구를 수행해 오고 있다. 그러나 지금까지의 연구의 대부분은 해안 지역에서의 염분에 의한 절연물의 오염과 그 대책에 집중되어 왔으며 이들 결과를 바탕으로 표 1에 나타난 오염 등급에 따라 전국의 염분 오염 지도를 작성하고 설비의 설계 및 운영 기준으로 활용하고 있다. 하지만 산업화의 결과로 공단을 포함한 도시의 대기오염이 점차 악화되는 추세를 반영하면 염분 이외에도 도시나 산업지역의 대기오염에 의한 영향에 관한 연구의 필요성은 절실하다. 또한, 지금까지의 연구는 최근까지 절연물로 주로 사용되어 온 자기재 애자를 대상으로 하였으나 최근 복합 폴리머 애자가 고농도 오염지역에서 사용되기 시작했으며 이들이 사용이 점차 확대되는 추세이며 일부 연구 보고에 의하면 폴리머 애자는 자기재 애자와는 다른 내오염(耐汚染) 특성을 나타내는 것으로 보고되고 있는 바 본 고에서는 이들을 간단히 소개하고 전력연구원이 추진하려는 연구 계획을 소개하고자 한다.

Table 1. Salt contamination category classified by ESDD\*.

Class	A	B	C	D	E
Upper limit of ESDD(mg/cm <sup>2</sup> )	0.063	0.125	0.250	0.500	0.500 ~

$$*ESDD(mg/cm^2) = \frac{\text{Total mass of salt deposited for a certain period}}{\text{Surface area of the insulator}}$$

### 2. 연구 방법

#### 2. 1 복합 폴리머 애자의 오염 및 섬락(閃絡)

전력설비에서 절연재로 사용되는 주로 사용되는 자기재 애자에서는 표면에 오염물이 부착되면 오염층이 형성되며 일정 두께의 오염층에 이슬이나 안개 혹은 가랑비와 같은 적은 양의 수분이 닿게 되면 오염물질 중 전해성 물질이 녹게되고 이로 인한 전기적 도전성 막으로 인해 누설 전류(leakage current)가 흐르게 된다. 절연체 표면을 따라 흐르는 불균등 누설전류는 주울 열을 발생시켜 절연체 표면에 형성된 오염층의 전류 밀도가 가장 높은 곳에 좁은 건조 영역을 형성하며 누설전류의 흐름에 따라 건조영역은 급격히 확산되어 건조 대(dry band)를 형성하게 되고 이를 통해 섬락(flash over)이 일어나게 되며 전력설비의 고장을 야기한다. 반면 복합 폴리머 절연 애자에서는 높은 표면 발수성(surface hydrophobicity) 때문에 물방울이 방울지게 되며 이로 인해 전체 표면이 완전히 젖게 되는 경우가 적으므로 누설전류의 감소와 함께 고전압 섬락을 일으키는 건조대의 형성 확률을 낮춤으로 인해 자기재 애자에 비해 상대적으로 우수한 내 오염 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 그러나 일부의 실험실 연구에서는 오염 수준이 높고 동시에 표면을 적신 경우 염면 방전(surface arcing)이 일어나고 그 결과로 표면 발수성이 파괴되어 누설 전류가 증가하며 이후 자기재 애자에서 처럼 섬락이 일어나기도 하는 것으로 보고되고 있으나 표면이 건조되고 염면 방전이 없는 조건이 약 10~12 시간 정도 유지되면 표면

발수성이 회복되는 것으로 나타나는 등 자기제 애자와는 현저히 다른 오염 거동 특성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 복합 폴리머 애자에서의 섬락 발생 기구는 다음처럼 요약될 수 있다.

- 1) 절연체 표면에 오염물질의 누적
  - a) 해염 오염과 내륙지역의 오염은 서로 다른 누적 특성을 가짐
- 2) 저 분자량 체인의 확산
- 3) 표면 젖음
  - a) 오염물질의 물방울로의 이동
  - b) 물의 건조 오염물질 내로의 이동
- 4) 음 가열
- 5) 물방울에 미치는 전기장의 영향
- 6) 점 방전

## 2. 1 대기오염에 의한 복합 폴리머 애자의 성능 평가

대기오염물질에 의한 절연물의 영향을 평가하기 위해서는 절연물이 가지는 고유 성능이 대기오염물질에 의해 어느 정도 훼손되는지를 평가하며 다음과 같은 항목에 대한 시험이 행해졌다.

- ① 육안검사 : 오염물질의 누적으로 인한 섬락 등에 의해 절연물의 표면 손상 정도를 확인
- ② 발수성 시험 : 오염물질의 누적으로 인한 절연물 표면의 젖음성(wettability) 평가
- ③ 경도 변화 측정 : 공업단지 등에서 경도가 상대적으로 크게 나타남
- ③ 표면미세구조 : SEM등을 이용 표면 균열 및 구성 성분 파악
- ④ 화학구조분석 : SEM 과 FTIR을 이용 고분자 구조 파악
- ⑤ 열중량 분석 : 온도-무게의 변화량 곡선으로부터 구성 성분의 정량 및 정성 분석
- ⑥ 전기적 성능시험
  - ㉠ 상용주파 건조/주수 섬락 시험
  - ㉡ 뇌충격 섬락 시험
  - ㉢ 표면 누설 전류 변화

## 3. 향후 연구 계획

우리나라는 지금까지 급증하는 전력 수요에 대응하기 위한 목적으로 전력 설비를 증설하여 왔다. 최근 도시 내 대기질이 악화되고 지구 규모의 기상이변으로 봄철 황사의 빈도 및 농도가 높아지는 등 대기오염으로 인한 각종 환경 문제가 심각해지고 있는 상황에서 전력설비 사고와 관련해서도 대기오염의 연관성이 조심스럽게 제기되고 있다. 외국의 보고에 의하면 대기오염에 의한 전력사고는 피해의 범위가 넓고 복구에 장시간이 소요되는 특징을 가지는 것으로 알려져 있으므로 사고의 사후 복구보다는 사전 예방의 관점에서 설비를 운영하고 관리하는 기준을 마련할 필요가 있을 것으로 보여지며 이를 위해 다음과 같은 분야의 연구를 진행할 예정이다.

- ① 대기오염으로 인한 전력설비 사고 기구(mechanism)의 규명
- ② 대기오염도에 따른 전력설비 운영 기준 확립
- ③ 전력설비 운영을 위한 오염 자동 모니터링 및 사고 예지 시스템개발
- ④ 실험실 규모의 모의 실험 오염 자료와 실 오염 자료로의 적용 기술
- ⑤ 기상 인자가 포함된 오염 예측식의 개발 등

## 참 고 문 헌

- Karady G.G., (1999), Flashover mechanism of Non-ceramic Insulator, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 6, No.5, pp 718-723.
- 한국전력공사(2004), 폴리머애자 경년 열화 실증 연구 보고서.
- Goto, S., Nakamura, M. and T. Taniguchi, Accurate Decision-making for Timely Washing of Substation Insulators, Based on a Pollution Model, Control Eng. Practice, Vol. 5, No. 12, pp. 1683-1689.