

애자 표면열화에 의한 방전특성과 ICP-AES 분석

송길목*, 김영석, 정진수
한국전기안전공사 전기안전연구원

The discharge characteristics and ICP-AES analysis of insulators by surface deterioration

Kil-Mok, Shong-Young-Seok, Kim-Jin-Soo, Jung
KESCO-ESRI

Abstract - It's described the discharge characteristics and ICP-AES analysis of insulators by surface deterioration in this paper. For the assessment of insulators, there are applied the conductivity of dusts, contact angle measurement of the insulator surfaces and the ingredient analysis in each area. Through the analysis of pollutants attached to insulators inside the tunnel, the cleaning cycle is discussed. As the results, it would be expected to the electrical safety.

1. 서 론

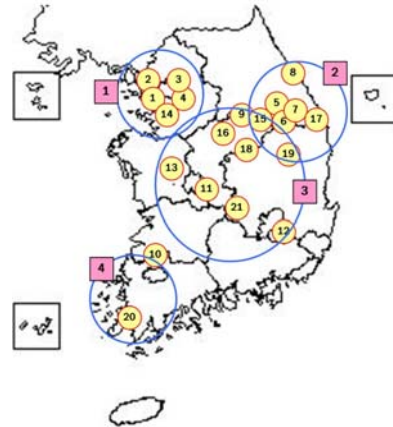
산업발달의 원동력으로 전기에너지는 매우 중요한 자원의 하나이며, 생활에 필요한 열, 빛, 회전 등의 동력으로 많이 이용되고 있다. 정상적인 전기에너지의 흐름을 유지하기 위해 필요한 애자는 절연이격 확보에 중요한 역할을 담당한다. 애자의 재료로서는 자기, 폴리머, 유리 등이 있다. 초창기에는 자기애자가 주를 이루었으나 최근에는 폴리머 애자가 현장에 널리 이용되고 있다. 폴리머 애자의 연구동향을 보면, 폴리머의 특성상 현장에서 열화되는 장기 열화패턴과 세정 및 교체 주기를 선정하기 위한 수명예측 등의 연구가 일부 진행 중에 있다. 최근에 각광을 받고 있는 폴리머 애자의 평가는 IEC61109 salt fog test(1,000h), Ontario Hydro의 tracking wheel test(TWT)가 이용되었으며, 재료 표면의 특성을 평가하기 위해 ASTM D 2303 경사면 시험, ASTM D 2132 먼지 및 안개시험, VDE 0278에 의한 기후 특성 시험 등이 주로 이용되었다. 특히 국내의 경우에도 3면이 바다로 되어 있고 사계에 따라 대륙 또는 해양에서 부는 바람의 특성과 황사, 공해의 영향 등을 고려하여 각 지역의 상태와 애자에 대해 평가를 실시하여 이에 대한 대책 마련에 활용할 필요가 있다.

따라서 연구는 국내에 포설되어 있는 애자를 대상으로 분진성분, 도전특성과 절연과피 특성을 종합적으로 평가하고자 하였다. 이를 통해 현장에 설치된 애자류에 대한 점검방법 최적화 및 지역별 특색을 고려한 오염정도 분석기준 확립으로 설비 안전 확보에 기여하는데 있다.

2. 실험구성과 방법

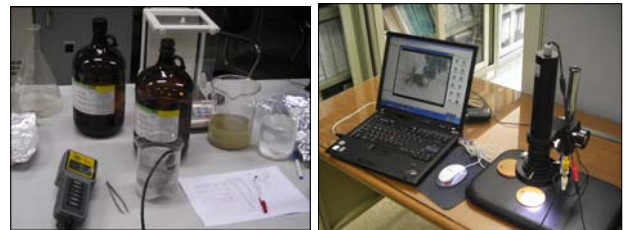
평가대상물은 우수에 의해 세정이 되지 않는 터널구간에 설치된 폴리머애자를 중심으로 이루어졌다. 성분분석이 요구되는 ICP-AES를 우선으로 분석하였다. 오염물의 도전율과 포집량을 분석하고 일부 현장에서 수거한 애자의 표면에 대해 발수특성을 확인하기 위해 접촉각 측정을 실시하였다. 실험실에서 오염물질이 부착된 상태에서의 전기적 특성을 확인하는 방법으로 내전압 시험을 통해 애자의 표면특성을 해석하고자 하였다.

분진포집대상이 되는 지역과 터널의 선정은 총 21개소로써 그림 1에 나타낸 것과 같다.



<그림 1> 터널애자 오염 측정을 위한 포집구역

도전율과 접촉각 측정은 실험실 조건에서 실시하고 세정액을 일정비율로 하였다.



(a) 도전율 측정 (b) 접촉각 측정
<그림 2> 애자 표면 오염물 분석에 이용된 장치

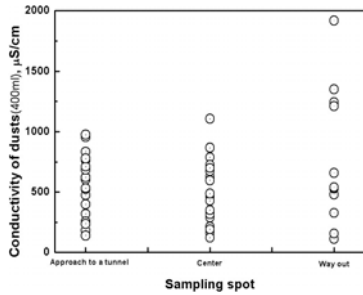
절연재료의 표면발수특성을 확인하는데 매우 유용하게 이용되는 방법으로 접촉각 측정법(Contact angle measurement)이 있다. 접촉각을 측정하기 위해서 표면에 일정량의 물방울을 적하한 후 표면에 맺히는 각도를 측정한다.

3. 실험결과 및 토론

3.1 도전율 측정과 분석

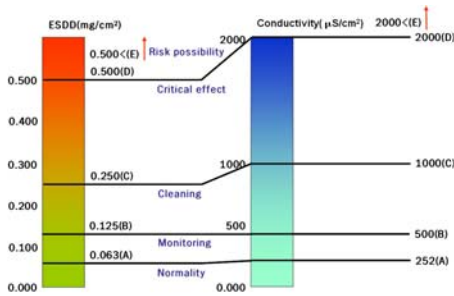
옥외에 설치된 고전압 절연물은 전기적 스트레스가 항상 존재하고, 오손 물질의 누적과 자연세정이 반복되고 있는가 하면, 물이 비나 안개 등의 형태로 부정기적으로 표면을 적시는 환경에 놓여 있다. 오손 물질이 수용성 염(NaCl)이나 바닷물에 직접 노출되는 환경이면 트래킹이 일어날 수 있다.

그림 3은 터널구간의 위치에 따른 도전율 특성을 그래프로 정리한 것이다. 평균 500 μ S/cm인 것으로 나타났다. 터널 내부는 자연세정이 불가하여 주기적인 세정이 필요하다.



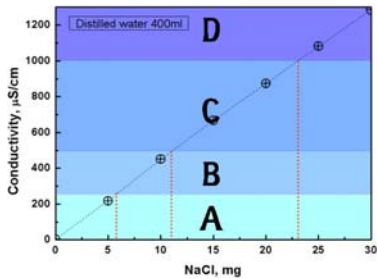
〈그림 3〉 전체 터널구간의 도전을 비교

국내의 규정을 근거로 하여 등가염분부착밀도(ESDD)에 대한 평가 기준을 도전율과 비교하여 나타낸 것으로 국내 산업규격과 한국전력공사에서 자체 개발한 내용을 활용하여 오손등급[1-3]을 마련하여 세정주기를 산출할 수 있는 평가기법을 찾을 수 있다.



〈그림 4〉 ESDD에 따른 도전율과 오손등급

그림 5에서 나타낸 자료를 활용하여 애자의 오손등급을 정리하고 이에 따른 점검주기와 세정주기를 역으로 환산하여 평가하면, 각 지역의 특성에 따라 세정주기와 관리방법에 대해 제안이 가능할 것으로 판단된다.

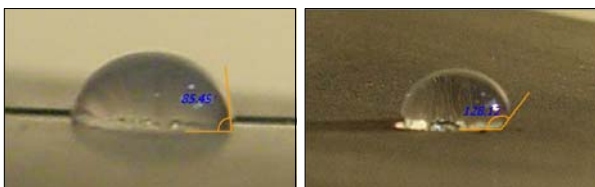


〈그림 5〉 오손등급에 따른 도전을 비교

오손등급별 도전특성을 근거로 하여 평가하면 현장의 애자표면에 대한 오손정도가 심각한 것으로 나타났다.

3.2 접촉각 측정에 의한 분석

현장에서 수거한 애자의 표면발수 특성에 대해 분석하기 위해 접촉각을 측정하였다.



(a) 친수성 (b) 발수성

〈그림 6〉 접촉각에 따른 발수특성 평가

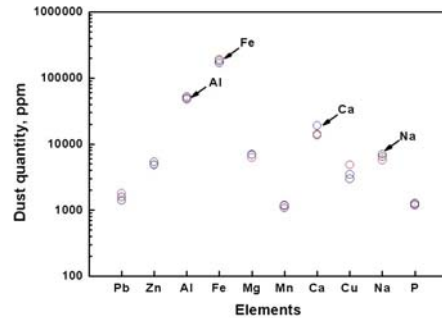
현장의 애자를 수거하여 10회 이상 접촉각을 측정하고 이를 평균낸 값을 보면, 접촉각이 70°이하인 애자는 없는 것으로 나타났다. 이는 폴리머애자 자체가 자외선 등에 의해 노출되지 않았기 때문인 것으로 추정된다.

〈표 1〉 애자표면의 접촉각 평균치

애자구분	접촉각, °
G0	80.25
G1	111.01
G2	116.51
G3	130.14
D0	78.09
D1	126.36

3.3 ICP-AES 분석

오염물은 양극과 음극으로부터 분리된 극간 금속전위차에 의해 이동되는 이온이 원인이 된다. 따라서 마그네슘, 아연, 알루미늄, 철 등의 순서로 부식 형성이 매우 용이하다. 분석성분은 현장에서의 대표성을 나타내는 성분으로 하였으며, 아연(Zn), 나트륨(Na), 칼슘(Ca), 인(P), 마그네슘(Mg), 철(Fe), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 망간(Mn), 납(Pb) 등이다. 분진의 경우 애자 표면에 부착되어 절연을 저하시키는 요인이 된다.



〈그림 7〉 전체 터널에서의 성분분포 특성

분석성분분포에 대해 그래프로 나타낸 결과에 의하면, 철, 알루미늄, 칼슘, 나트륨 등의 순서로 나타났다.

3.4 절연파괴 특성 분석

절연구리스를 도포한 경우 장기적으로 외부환경에 노출되면, 절연파괴전압이 낮은 특성을 나타냈다.

〈표 2〉 터널내 애자의 절연파괴 특성

표면조건	방전개시, kV		절연파괴, kV		특징
	건조	수분	건조	수분	
G0 - greece : ≒0% - dust : ≒0%	-	-	>150	>150	세정 후 실험
G1 - greece : < 5% - dust : > 90%	-	15±5	>150	>150	절연구리스가 얇게 도포되어 있음 (10/17)
G2 - greece : < 30% - dust : > 70%	-	100±10	>150	>150	절연구리스 내부에 분진이 완전 스며들
G3 - greece : < 50% - dust : > 50%	60±5	45±5	93 105 105.2	100 100.5 100.5	절연구리스가 내부에 굉장히 많이 남아 있음
D0 - dust : ≒0%	-	-	>150	>150	세정 후 실험
D1 - dust : 100%	-	60±10	>150	>150	절연구리스 도포가 없음

4. 결 론

국내 전력설비 중 특수한 환경에 설치된 애자의 오염물 분석을 통해 지역적 특성을 고려한 세정주기를 찾아내어 전기안전에 효과적인 관리가 될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 지식경제부 기술혁신사업의 지원으로 수행되었습니다.

〈참 고 문 헌〉

[1] KS C 3801, “애자 시험 방법”, 기술표준원, 2003
 [2] KS C IEC 60507, “교류시스템에 사용되는 고압애자의 인공 오염 시험”, 기술표준원, 2005
 [3] 심규일, 김호수, 김주환, 박홍석, 한상욱, “오손도와 기상 데이터의 통계적 분석을 이용한 오손도 예측”, Journal of the KIIEE Vol. 18, No. 1, pp.73~77, 2004