

폴리머에자 오손 분석과 절연 특성에 관한 연구

박철배\*, 천성남\*, 이병성\*, 추철민\*  
한국전력공사 전력연구원

Analysis of Contaminants Adhered and Insulation Characteristics on Polymeric Insulators

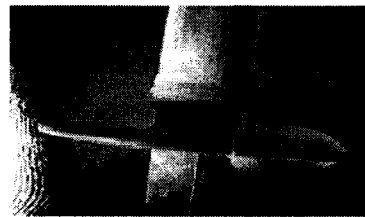
Chul-Bae Park\*, Sung-Nam Chun\*, Byung-Sung Lee\*, Cheol-Min Chu  
Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - 폴리머 에자는 자기계 에자에 비해서 경량이면서 오손특성이 내환경성이 우수하여 전세계적으로 배전 및 송전선로에 사용되고 있으며, 우리나라에서는 1973년 철도청에서 전철화 구간에 처음으로 사용하기 시작하여, 배전선로에는 90년대 중반에 본격적으로 사용되기 시작하였다. 현재 배전선로에 최초로 설치된 에자가 10여년이 지난 현재 각 지역의 환경적인 요소에 따라 폴리머에자 성능에 상이한 차이를 보이고 있다. 특히, 최근에 들어 배전선로현장에서 오염에 의한 폴리머에자 사고가 빈번하게 보고되고 있는바, 본 논문에서는 폴리머에자의 소손 분석 방법과 에자 표면의 오손이 절연성능에 미치는 영향을 연구 하였다.

료들이다. 이들 시료는 각기 한번의 섬락 사고를 경험한 시료이고 발생 환경은 다습 또는 비가 멈춤 직후에 발생한 것으로 조사 되었다. 시료를 육안 검점 실시한 두 지역 시료 모두에게서 그림 2와 같은 환경적인 용인에 의한 금구와 결합부문의 약간으 부식이 관찰 되었다.

1. 서 론

에자표면에서의 오염물질의 부착 및 누적은 표면의 누설전류를 증가 시켜 에자의 절연성능을 저하시키고, 종국적으로 섬락을 일으켜 배전선로 사고를 야기 시킨다.

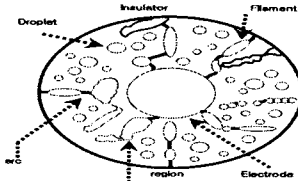


<그림 2> 금구와 결합부문의 부식

오염물질의 누적으로 인한 섬락은 폴리머에자와 자기계 에자가 서로 다른 발생 메커니즘을 가진 것으로 알려져 있다. 즉, 자기계 에자의 경우에는 표면에 오염물질이 고르게 분포되어 있는 상태에 높은 습도나 이슬비등이 내려 표면 오염물질에 수분이 가해지는 조건이 형성시 되면, 누설전류가 표면에 흐르게 되고 이때 발생한 Joule 열에 의해 건조대가 형성시 된다. 이렇게 형성된 건조대에 누설전류가 흘러 결국 섬락이 일어나게 된다. 즉 자기계 에자에서의 섬락은 건조대를 걸쳐 1회 하나씩 일어나는 것으로 알려졌다.

<표 1> 사용 시료

No	제조년월	설치장소	사용년수	비고
1	2000.10	내륙	8	
2	2002.09	내륙	5	
3	2003.05	내륙	5	
4	2003.05	내륙	5	
5	1999.09	해안	9	
6	1999.09	해안	9	
7	1999.09	해안	9	
8	1999.09	해안	9	
9	1999.09	해안	9	
10	1999.09	해안	9	



<그림 1> 폴리머에자에서 수분 필라멘트 형성과 섬락

표 1은 각 지역별로 발취한 시료의 이력이다. 내륙지역의 시료는 약 5-8년 정도로 사용한 시료로써 설치된 전주 위치는 상이하나 지역은 내륙지역으로서 동일하며, 제조사는 국내 동일 제조사의 것이다. 해안지역의 시료는 배전선로에 폴리머에자가 최초로 설치되었던 것으로 설치 위치는 바닷가로부터 약120m, 제조사는 국의 동일제조사로써 동일전주에 약 9년간 설치 운용되었던 시료이다.

폴리머 에자의 경우에는 그림 1에서 와 같이 표면에 오염물질이 저분자 오일과 결합하여 오염층을 만들고, 오염층은 외부수분에 의해 얇은 폴리머 층을 통해 건조오염대로 이동하게 되어 필라멘트를 만들게 된다. 이때 표면에서의 자기장에 의해 필라멘트 사이의 거리가 짧아서 젖음영역이 넓어지고, 각 필라멘트 사이에 아크가 발생하여 도전 경로를 형성하여 종국적으로 섬락에 이르게 되는 것으로 알려져 있다.

2.2 발수성 시험

발수성 시험은 IEC 62073에서 제시한 Spray method(Method 3) 법에 따라 표면에 약 20~30초 동안 10ml~30ml를 뿌린후 10초안에 발수성을 평가 하였다. 모든 시료에 걸쳐 시행한 결과 지역 구분 없이 그림 3과 같이 HC 1~7등급중 6~7등급급 으로 수막이 에자표면의 90% 이상 걸쳐 형성 되었다.

현재 배전선로에서 사용 중인 폴리머에자는 오염지역에 따라 A호와 B호로 나누어 운용중에 있으며, 이때의 지역구분은 EDSS 값으로 구분하여 사용하고 있다.

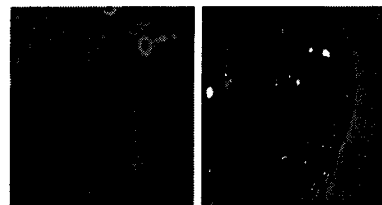
본 연구에서는 지역적 오염의 특성에 따른 폴리머에자의 절연성능을 분석하여, 지역별 운용기준을 제시 하고자 한다.

2. 시료 및 시험

2.1 시 료

시험에 사용된 폴리머에자는 우리나라 배전선로에서 사용중에 표면의 오손에 의한 선간 혹은 지락 사고가 발생한 폴리머에자 A호 12개 시료를 가지고 분석을 하였다.

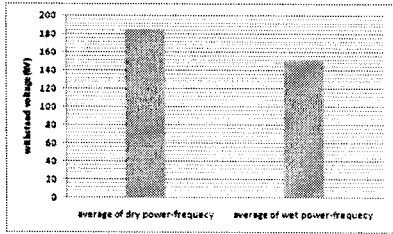
시료는 설치 장소에 따라 크게 2지역 즉, 해안과 내륙지역으로 나누어 발취 하였으며, 해안 지역의 시료는 바닷가로부터 약 120m 떨어진 내장 전주에서 발취하였으며, 내륙의 시료는 경기지역과 중부지역 발취한 시



<그림 3> 발수성 시험(a)신품, (b)발취된 시료

### 2.3. 전기시험

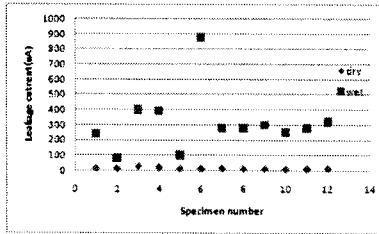
각각의 시료에 대해서 상용주파건조시험과 상용주파주수시험을 각 7회 실시하여 평균한 값을 그림 4에 나타내었다.



〈그림 4〉 상용주파 주수 및 건조시험

그림 4에서 볼 수 있듯이 주수평균 섬락 전압이 건조 섬락전압 보다 약 35kV 정도 높은 것으로 폴리머에자는 건조상태에서는 오염의 여부와 관계없이 양호한 절연성능을 보이지만, 주수상태에서는 폴리머에자 섬락메커니즘에 의해 절연전능이 확연하게 떨어짐을 알 수 있었다.

오염된 폴리머에자의 표면이 사용환경에 미치는 영향을 보기 위하여 건조 및 주수시의 표면누설전류를 측정하였다. 이때 사용되는 장비는 폴리머피뢰기 누설전류 측정장비인 LCD-4 장비를 사용하여 13200 V을 인가하여 전체 누설전류를 측정하였다.

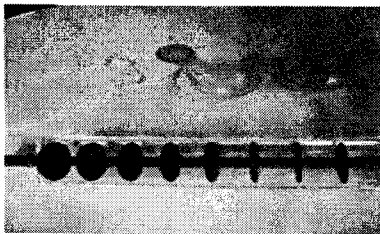


〈그림 5〉 표면 누설전류 측정

그림 5에서 볼 수 있듯이 오염된 폴리머에자의 표면에 흐르는 누설전류는 수분에 의해 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 즉 건조 상태에서는 표면의 오염여부와 관계없이 표면누설전류는 흐르지 않았지만, 주수 상태에서는 표면의 오염에 따라 최대 880µA의 흘러 건조상태와 큰 차이를 나타내어, 폴리머에자의 표면누설전류는 사용환경 즉 수분의 유무에 따라 많은 영향을 받음을 알 수 있었다.

### 2.4 오염성분 분석

에자의 표면에 부착된 오염성분을 분석하기 위해서는 그림6에 보이는 장치를 사용하여 표면에 부착된 오염물질을 씻어낸다



〈그림 6〉 표면의 오염물질 세정장치

이때 사용되는 물은 전도도가 1µs/cm 이하로 정수된 물 1000ml 가치고 플라스틱 수세미를 사용하여 에자를 닦아낸 물의 ESDD를 측정하기 위해 전도도미터(Orion 사)를 사용하여 전도도를 측정하고 식 (1)를 사용하여 ESDD를 계산한다.

$$ESDD = \frac{\text{Total equivalent salt amount}}{\text{Total surface area of insulator}} \quad \text{식(1)}$$

측정후 세정된 물은 0.45µm pore size를 가지는 유리섬유여과지에 걸

러 표면에 부착된 고형물질을 추출하고, 걸러진 물의 전도도 변화보기 위해 다시 측정한다. 고형물질을 총량을 측정하기 위해 여과지를 110°C dry oven에 2시간동안 건조후 무게를 측정하였다. 본 논문에서 오염에 대한 또 하나의 지표인 NSDD(Non Soluble Solid Deposit Density)를 제시하고 이는 에자표면의 총 고형물을 표면넓이로 나누어 것으로 식 (2)과 같이 정의하였다.

$$NSDD = \frac{\text{Total solid}}{\text{Total surface area of insulator}} \quad \text{식(2)}$$

위의 식 (1)과 (2)사용하여 ESDD와 NSDD를 각 계산하여 주수상태에서의 누설전류와 비교하여 표 2에 나타 내었다.

〈표 2〉 지역별 ESDD, NSDD 및 누설전류 비교

No	지역	ESDD	NSDD	average
1	내륙	0.016	0.270	ESDD : 0.015 NSDD : 0.284 Leakage A : 0.32
2		0.007	0.050	
3		0.024	0.279	
4		0.013	0.537	
5	해안	0.014	0.0002	ESDD : 0.288 NSDD : 0.0002 Leakage A : 0.285
6		0.020	0.0002	
7		0.012	0.0002	
8		0.024	0.0003	
9		0.016	0.0002	
10		0.030	0.0002	

표 2는 지역별 ESDD 와 NSDD 및 주수시 표면에 흐르는 누설전류의 평균값을 구하여 나타 냈다. 위의 표에서 알 수 있듯이 두 지역의 평균 누설전류는 비슷한 양상을 보였으나, 현재 배전선로에서 오염지역의 기준으로 사용하고 있는 ESDD는 내륙이 0.015, 해안이 0.288로 약 20배의 차이를 보이고 있다. 이와 반대로 오염의 기준으로 고려하지 않은 NSDD는 내륙이 0.284 해안이 0.0002로약 1400배의 차이를 보이고 있다. 이로써 ESDD로만 전지역에 적용하여 운영하는 것은 내륙지역에 많은 문제가 있을 것으로 보여지며, 이에 따른 보완책으로써 NSDD를 내륙지역의 지표로써 적용해야 할 것으로 생각된다. 또한 분진이나 유기성 오염물질이 많이 발생하는 산간과 내륙 공간 지역에서는 오염성분이 쉽게 제거 되지않은 폴리머에자보다 자기제 에자를 사용하는 것이 오염에 의한 사고측면에서 바람직하다고 생각 된다.

### 3. 결 론

배전선로의 현수에자로서 높은 점유율을 나타내는 폴리머에자 오염에 의한 고장이 빈번하게 보고 되고 있는 바, 지역에 따른 폴리머에자의 관리기준 및 적용유무를 검토하기 위하여 폴리머에자의 오염에 따른 전기적 특성 변화를 조사하였다.

폴리머에자 표면의 오염에 따른 발수성 저하는 지역특성과 무관하게 HC6-7등급으로 나타났으며, 전기시험 결과 건조섬락에서는 절연성능이 양호하였지만, 주수 섬락에서는 절연성능이 많이 저하 되었다.

ESDD는 지역적인 특성에 따라 많은 차이를 나타내어 내륙지역에서는 아주 작은값을, 해안지역에서는 큰 값을 나타내었고, NSDD 또한 ESDD와 반대로 지역적인 큰 차이를 나타내었다.

폴리머에자의 관리기준은 지역적인 특성을 감안하여 ESDD와 NSDD를 병행하여 운용할 필요가 있다.

본 논문은 특정 오염지역에서 발췌한 제한된 수량으로 실험한 결과로서 향후에 더 많은 수량과 다양한 오염에 따른 연구를 수행하고, 이를 통해 지역적 특성에 따른 폴리머에자의 관리 및 적용방안이 요구된다.

### 〈참 고 문 헌〉

- [1] STRI "Field inspection of composite line insulators",2002
- [2] 한국전력공사 "폴리머에자 경년열화 실증연구" 2008
- [3] G.G Karady, M, Shah and R.L.Brown, "Flashover mechanism of silicone rubber insulator used for out door insulation" IEEE transactions on power delivery. vol. 10. No. 4. 1965-1971, 1955
- [4] "Guide for the selection of insulators in respect of polluted condition" IEC 815. 1986
- [5] "Guidance on the measurement of wettability of insulator surfaces" IEC 62073, 2003.06