

## 염분오손에 따른 배전설비의 누설전류 분석

김찬영\*, 김동명, 권태호, 이남우  
 우석대학교\*, 한전 전력연구원

### Analysis of Leakage Current for Distribution Facilities on the Salt Contamination

Chan Young Kim\*, Dong Myung Kim, Tae Ho Kwon, Nam Woo Lee  
 Woosuk University\*, KEPRI

**Abstract** - 동일한 오손환경에서 자기재, EPDM, 실리콘 alloy 등의 현수애자에 흐르는 누설전류 변화를 관찰하여 오손과의 상관성을 규명하였다. 고장실증시험장에 신품과 경년품의 배전설비를 전주와 동일한 높이의 구조물에 설치하여 2006년 5월1일부터 11월 1일까지 약 6개월 동안의 누설전류를 측정하여 분석하였다.

#### 1. 서 론

해안으로부터 불어오는 바람에 의해 염분이 전력설비의 표면에 누적된다. 특히 비가 없거나 약한 가랑비 정도로 강우량이 적은 경우에는 염분에 의한 오염량은 시간이 경과하면서 증가하게 된다. 이후 일정량 이상의 강우를 만나면 표면에 누적된 염분물질이 세정되어 누적된 오손량이 일시적으로 감소하게 되고, 다시 비가 없거나 적은 날씨가 이어지면 누적 오손량은 증가하게 된다. 이후 기상조건에 따라 애자 표면에 염분이 누적과 세정이 계속 반복되며, 이런 반복의 과정을 거치는 도중에 한계량에 도달하기도 한다.

염분이 전력설비에 부착되면 배전설비에 흐르는 누설전류가 증가한다. 특히 오손된 상태에서 습도가 높거나 적당한 조건이 되면 전력설비에 흐르는 누설전류가 증가되어 섬락고장으로 진전된다.

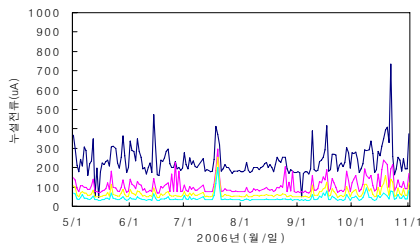
이 연구에서는 고장실증시험장에 설치된 자기재, EPDM, 실리콘 alloy 등의 현수애자에 흐르는 누설전류 변화를 관찰하여 오손과의 상관성을 규명하여 배전설비의 운영기준을 설정하는데 활용하고자 한다.

#### 2. 본 론

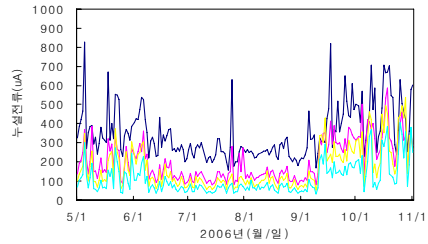
##### 2.1 배전설비에 따른 누설전류 분석

###### 2.1.1 신품 자기재 현수애자

자기재 현수애자를 고장에 설치하고 누설전류를 분석하였다. 그림 1과 2는 각각 2006년 5월 1일부터 11월 1일까지 애자가 1개, 2개, 3개, 4개 연결되어 있을 경우의 누설전류 변화이다. 애자수가 증가함에 따라 누설전류가 작게 흐르는 것을 알 수 있다. 그림 1과 2는 동일한 기간의 낮과 밤의 12시에 측정된 누설전류이다. 낮 12시에 비하여 밤 12시에 측정된 누설전류의 변화가 크고, 특히 9월 중순 이후에는 밤에 측정된 누설전류가 크게 변화하고 있음을 알 수 있다. 이 그래프에서 알 수 있는 것은 오손이 되었을 경우에도 습도가 낮은 낮 12시에는 누설전류가 증가하지 않지만, 습도가 높은 밤 12시에는 애자에 부착된 용해성 물질이 전도에 기여하기 때문에 누설전류가 증가되는 것으로 판단된다. 표 1은 동일기간 동안의 낮 12시와 밤12시에 6개월 동안 측정된 누설전류의 평균값을 나타내고 있다. 애자를 1개 달았을 경우의 낮 12시의 6개월 평균 누설전류는 233 $\mu$ A에서 밤 12시에는 349 $\mu$ A로 증가한다.



<그림 1> 신품 자기애자 설전류(낮12)



<그림 2> 신품 자기애자 누설전류(밤12)

<표 1> 신품 현수애자의 6개월 평균 누설전류

	6개월 평균 누설전류( $\mu$ A)			
	4개	3개	2개	1개
낮 12 시	42	66	106	233
밤 12 시	115	171	207	349

###### 2.1.2 경년품 자기재 현수애자

경년품 자기재 현수애자는 2000년 1월에 K사에서 제조된 현수애자를 고장실증시험장에 5년 동안 전압을 인가하지 않은 상태에서 설치되었던 애자를 사용하였다. 경년품 자기애자의 누설전류도 낮 12시보다는 밤 12시에 표 2에서와 같이 증가하였다.

<표 2> 경년품 현수애자의 6개월 평균 누설전류

	6개월 평균 누설전류( $\mu$ A)			
	4개	3개	2개	1개
낮 12 시	62	82	127	260
밤 12 시	142	168	213	344

자기재 현수애자는 경년품과 신품의 누설전류 차이거 거의 없는 것으로 나타났다.

###### 2.1.3 EPDM 및 실리콘 alloy 신품 현수애자

2006년 5월 1일부터 11월 1일까지의 신품의 EPDM A호(P사) 현수애자의 누설전류변화를 측정하였다. 신품 EPDM A호 현수애자의 6개월 평균누설전류는 낮 12시에 8 $\mu$ A, 밤 12시에 24 $\mu$ A로 자기재 현수애자 4개를 설치하였을 경우의 평균(낮 12시 42 $\mu$ A, 밤 12시 115 $\mu$ A)보다 적게 흐름을 알 수 있다. EPDM도 자기재 현수애자와 마찬가지로 9월 중순 이후의 누설전류는 낮보다 밤에 증가하고 있음을 알 수 있다.

실리콘 alloy는 EPDM에 실리콘이 첨가된 재질로 되어 있다. 2006년 5월 1일부터 11월 1일까지의 낮12시와 밤12시의 누설전류변화를 측정하였다. 신품 실리콘 alloy A호 현수애자의 6개월 평균 누설전류는 낮 12시에 7 $\mu$ A, 밤 12시에 10 $\mu$ A로 신품의 EPDM과 비슷하지만 자기재 현수애자(애자 4개)에 비하여 적게 흐름을 알 수 있다.

###### 2.1.4 EPDM 및 실리콘 alloy 경년품 현수애자

고장실증시험장에 5년 동안 전압을 인가하지 않은 상태에서 설치되었던 경년품의 EPDM(P사)과 실리콘 alloy(O사) 현수애자에 대하여 누설전류를 측정하였다. 경년품 EPDM과 실리콘 alloy 현수애자의 누설전류는 신품의 현수애자와 비교하여 크게 증가하였다. 특히 EPDM 보다는

경년품의 실리콘 alloy 현수애자의 누설전류가 크게 증가하였다. 일반적으로 EPDM 보다는 실리콘의 고분자 체인의 결합에너지가 크기 때문에 열화가 적게 되는 것으로 알려져 있다. 따라서 실리콘이 포함된 alloy의 특성이 좋을 것으로 예측하였으나 EPDM의 특성이 우수한 것으로 나타났다. 이것은 애자 내부에 실리콘 alloy의 함량과 alloy의 결합이 불완전하였기 때문으로 판단된다.

표 2.3에는 경년품의 EPDM, 실리콘 alloy, 자기재 현수애자의 6개월 평균누설전류를 나타낸 표이다. 표에서와 같이 약 5년 동안 경년 열화된 폴리머애자는 동일기간, 동일지역(고창실증시험장)에서 열화된 자기재 현수애자 보다 평균 누설전류가 큰 것을 알 수 있다.

<표 3> 경년품 현수애자의 6개월 평균 누설전류

	EPDM	실리콘 alloy	자기재(4개)
낮 12 시	166	392	62
밤 12 시	241	500	142

2.2 수동오손 측정결과와 누설전류의 비교

2.2.1 수동측정 결과 및 누설전류의 상관성 도출

고창실증시험장에서 2006년 7월 13일과 9월 21일에 측정된 수동오손 측정결과와 누설전류를 비교하였다. 여기서 2006년 7월 13일을 선정 한 이유는 고창(부안)에 2007년 7월 11일에 132.2mm의 강우량이 기록되었기 때문에 애자가 자연세정된 것으로 판단하였고, 이후 강우량이 적었던 기간에 측정된 9월 21일 결과와 비교하였다. 7월 11일에 측정된 등가염분부착밀도는 0.0023mg/cm<sup>2</sup> 이었고, 9월 21일에 측정된 등가염분부착밀도는 0.0202mg/cm<sup>2</sup>였다. 따라서 두 측정일 사이의 등가염분부착밀도의 증가에 따라서 누설전류가 어떻게 증가되는가를 확인하기 누설전류를 분석하였다.

표 2.4는 각 배전설비에 대하여 2006년 7월 13일과 9월 21일의 낮 12시와 밤 12시에 측정된 누설전류값을 비교하였다.

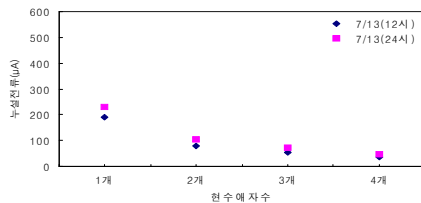
<표 4> 각 배전설비의 7월 23일과 9월 21일의 누설전류

설비명	누설전류	누설전류(μA)			
		2006/07/13		2006/09/21	
		12시	24시	12시	24시
신 품	191현수-1 (LCH-A3)	190	230	270	520
	191현수-2 (LCH-B3)	77.5	102.5	122.5	292.5
	191현수-3 (LCH-C3)	52.5	72.5	75	230
	191현수-4 (LCH-D3)	35	45	45	145
경 년 품	191현수-1(LCH-A5)	212.5	260	250	307.5
	191현수-2 (LCH-B5)	102.5	120	140	260
	191현수-3 (LCH-C5)	62.5	80	92.5	197.5
	191현수-4 (LCH-D5)	50	65	70	165
신 품	EPDM (LCH-A4)	2.5	10	5	32.5
	실리콘 alloy(LCH-C4)	5	7.5	5	10
경 년 품	EPDM (LCH-B6)	125	160	142.5	230
	실리콘 alloy(LCH-D6)	122.5	160	145	240

2.2.2 누설전류 분석

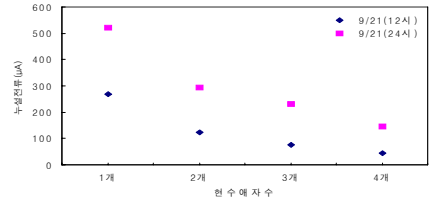
2.2.2.1 191mm 신 품 자기재 현수애자

그림 3은 2006년 7월 13일 191mm 신 품 자기재 현수애자의 낮과 밤의 누설전류를 나타내고 있다. 신 품 자기재 현수애자의 누설전류는 낮과 밤에 큰 차이가 없다. 이것은 자기재 현수애자가 7월 11일 132mm의 강우에 의하여 자연 세정되어 낮과 밤의 누설전류 차이가 크지 않은 것으로 판단된다.



<그림 3> 신 품 자기재 현수애자의 누설전류(7월 13일)

그림 4는 9월 21일 191mm 신 품 자기재 현수애자의 낮과 밤의 누설전류를 나타내고 있다. 누설전류가 낮과 밤에 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 9월 21일의 낮과 밤의 누설전류가 차이가 있는 것은 애자에 염분이 포함된 오손물이 부착되어 밤의 습기에 의해 전도성이 증가되었기 때문으로 판단되며 낮과 밤의 차이가 오손도의 차이로 판단된다.

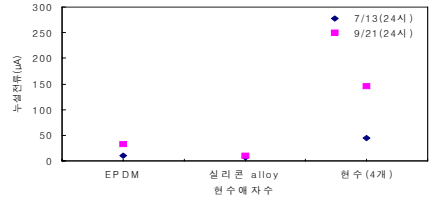


<그림 4> 신 품 자기재 현수애자의 누설전류(9월 21일)

2.2.2.2 종류에 따른 신 품 현수애자의 누설전류 분석

그림 5는 신 품의 EPDM, 실리콘 alloy, 자기재 현수애자의 누설전류를 나타낸 그래프이다.

신 품의 EPDM과 실리콘 alloy 현수애자는 자기재 현수애자와 다르게 7월 13일과 9월 21일의 누설전류 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 이것은 폴리머애자의 초기 오손 특성이 우수하기 때문으로 판단된다.

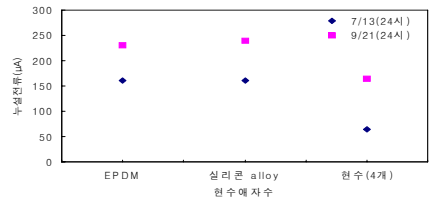


<그림 5> 종류에 따른 신 품 현수애자의 누설전류

2.2.2.3 종류에 따른 경년품 현수애자의 누설전류 분석

그림 6은 경년품의 EPDM, 실리콘 alloy, 자기재 현수애자의 누설전류를 나타낸 그래프이다.

고창실증시험장에서 약 5년 동안 열화된 경년품의 EPDM과 실리콘 alloy 현수애자는 신 품과 다르게 7월 13일과 9월 21일의 누설전류에 차이가 발생하였다. 자기재 현수애자의 누설전류도 차이는 있지만 폴리머 애자에 비하여 상대적으로 누설전류가 적었다. 따라서 폴리머애자의 초기 특성은 자기재 현수애자보다 우수하지만 열화된 폴리머(EPDM, 실리콘 alloy) 애자의 특성은 오히려 자기재 애자보다 특성이 떨어지는 것으로 나타났다.



<그림 6> 종류에 따른 경년품 현수애자의 누설전류

3. 결 론

- 오손이 되었을 경우에도 일반적으로 습도가 낮은 낮 12시에는 누설전류가 크게 증가하지 않지만 습도가 높은 밤 12시에는 애자에 부착된 용해성 물질이 전도에 기여하기 때문에 누설전류가 증가되었다.
- 2006.05.01~2006.11.01까지 6개월 동안 각 배전설비의 평균 누설전류 특성은 다음과 같다.
  - 신 품 및 경년품 자기재 현수애자 : 신 품과 경년품 자기재 현수애자의 6개월 평균 누설전류의 차이가 거의 없음.
  - 신 품 및 경년품의 폴리머 현수애자 : 약 5년동안 열화된 경년품의 폴리머(EPDM, 실리콘 alloy) 현수애자는 신 품과 비교하여 6개월 평균 누설전류가 크게 증가하였음.

[참 고 문 헌]

[1] 최인혁 외, "송전용 애자의 신뢰성 평가(최종보고서)", 한국전력공사 전력연구원, TM 01PJ12.M2006.711, 2006.  
 [2] M.A.R.M. Fernando and S. M. Gubanski, "Leakage Current Patterns on Artificially Polluted Composite Insulators", Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, pp. 394-397, San Francisco, October 20-23, 1996.