

옥외에서 사용되는 배전급 폴리머 현수애자의 오손특성에 관한 연구

論 文
50C-7-5

The Influence of Contaminations on Distribution Polymeric Suspension Insulators for Outdoor Applications

李 丙 成* · 韓 相 玉**
(Byung Sung Lee · Sang Ok Han)

Abstract - Because they have superior insulating properties and lower in price than their ceramic equivalents, polymeric insulators have been used in outdoor insulators. But polymeric insulators mainly using in an heavy contamination area of outdoor could be easily attached to contaminants such as salt and by-products of industrial processes. To understand its effect on contaminants adhered to these insulators, we dismantled polymeric insulators adhered contaminant in the field, and evaluated its electrical characteristics, CA, and ESDD. We also manufactured slurry mixed by some kaolin and salt for the artificial contamination test and measured the degree of contaminant, AC leakage current for these contaminated samples. Consequently, the adhered contaminants to its surface is likely to be affected the performance of insulation.

Key Words : Polymeric Insulator, Contamination, Leakage Current, ESDD, Contact Angle, Hydrophobicity

1. 서 론

옥외에서 장기간 사용하게 될 경우 폴리머애자는 주변환경으로부터 표면에 염분, 분진 등과 같은 오손물이 부착되는 것을 피할 수 없다. 일반적으로 오손물질이 부착되었을 때 저분자물질이 표면으로 확산되어 발수성이 회복되는데 발수성이 저하되었다가 회복되는 속도는 폴리머의 재질, 오손층의 종류 및 두께 뿐만 아니라 표면재질에 의존한다.¹⁾ 폴리머애자 표면에 오염물의 부착된 후 충분한 시간이 주어지면 오염물은 발수성에 영향을 주지 않는다. 그러나 오손물이 많이 부착된 상태에서 충분한 발수성 회복시간이 주어지지 않는다면 표면에 부착된 수분은 도전성막을 형성하게 되고 표면 누설 전류를 크게 하여 국부적인 건조대 아크를 발생하여 섬락고장으로 이어질 수 있다. 따라서 폴리머 애자에 대한 현장 사용경험이 적은 우리나라 환경에서 오손에 대한 특성을 이해하는 것이 중요하다.

이러한 오손특성을 평가하기 위해 인공오손시험법이 시도되고 있다. 하지만 폴리머애자의 경우는 초기의 우수한 발수성 때문에 인공 오손물을 부착하는 것은 쉬운 일이 아니다. 인공오손시험을 위해 사용하는 방법은 토노코(tonoko) 분말을 수분과 함께 표면에 스프레이하여 건조시키고, 다시 이 애자를 오염물 현탁액에 담근 다음 건조시키는 방법이 적용되기도 하였다.²⁾ 또한, 물, 소금(NaCl), 카올린(kaolin)과 같은

비가용성 물질을 혼합한 현탁액에 애자를 일정시간 담근 다음 건조시키는 방법 등이 적용되기도 하지만 이들 시험들은 규격화되지 않아 시험자가 적당하게 선택하여 시험을 하고 있다.

본 연구에서는 폴리머 애자의 표면에 부착된 오손물의 영향을 이해하기 위해 공업오손이 심한 공단지역과 염해오손이 심한 해안 지역을 선택하여 시료를 발취하였다. 발취한 시료에 대해 외관 관찰 및 표면 상태를 분석하고 전기시험을 행하였다.

또한, 애자의 오손에 따른 표면특성 변화를 관찰하기 위해 시료를 인공적으로 오손시키는 방법을 적용하였다. 이를 위해 입자의 크기가 미세한 카올린을 이용하여 인공 오손액을 제조하였으며, 현재 우리 나라에서 사용하고 있는 2종류의 폴리머 현수애자를 선택하여 이에 대한 표면 오손특성을 평가를 하였다. 인공오손 시료에 대해 표면의 오손물 부착 정도를 평가하기 위해 등가염분부착밀도를 측정하였으며, 표면특성의 변화 및 표면 누설전류를 측정하였다.

2. 시료 및 시험

2.1 시료

폴리머애자의 오손특성 평가를 위해 국내에서 사용되고 있는 배전급 폴리머 현수애자 2종류를 선택하였다. 자연상태에서의 오손 특성을 평가하기 위해 염해가 심한 지역 해안 100 [m] 이내에서 사용된 시료 및 공업용 분진이 많은 공단지역 및 도심 지역에서 약 3~5년 정도 사용한 시료를 발취하였다. 시험을 위해 사용된 시료는 모두 EPDM 재질의 폴리머 애자이며, 세부적인 사양은 표 1과 같다.

* 正 會 員 : 韓 國 電 力 公 社 電 力 研 究 院 先 任 研 究 員

** 正 會 員 : 忠 南 大 電 氣 工 學 科 教 授 · 工 博

接 受 日 字 : 2001年 5月 11日

最 終 完 了 : 2001年 6月 1日

표 1. 현장 발취 시료의 사양

Table 1. Specification of field-aged samples

시료명	발취지역	시료수	사용연수	재질	누설거리 (mm)
시료 1	서울 도심	3개	5년	EPDM	785
	인천 해안	3개	5년		
시료 2	제주 해안	3개	3년	EPDM	898
	인천 공단	3개	3년		

인공오손특성 평가를 위해 오손지역에서 사용된 시료와 동일한 제조 연도를 갖는 신품을 사용하였다. 또한 자기애자와 폴리머 애자의 염해 오손도 비교를 위해 동해안의 오손이 심한 지역을 선택하여 매월 등가염분부착밀도를 측정하였다.

2.2 인공 오손액의 제조 및 오손 방법

공업지역에서 추출된 오염물질보다 카올린의 입자의 크기가 미세하므로 애자표면에 오손층 형성에 유리하고 자연상태에서 수십년간 누적된 오손된 상태를 모의할 수 있기 때문에 본 시험에서 인공오손을 위해 카올린을 사용하였다. 오손액 제조를 위해 사용된 카올린의 주요한 성분은 표 2와 같으며, 입자의 92[%]가 크기가 2 [μm] 이하로 구성되었으며, 비중은 2.6 [g/cm³]이었다.

표 2. 카올린의 주 성분

Table 2. Main disposition of kaolin

주성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	loss on ignition (955°C)
함유율 (%)	44.3	37.9	1.2	1.60	0.09	0.13	0.04	0.15	14.0

오손액은 IEC 60507을 참조하였으며, 전도도 360 [μS/cm] 인 지하수 (30 l)에 NaCl (360 g)과 카올린 (1200 g)을 잘 혼합하여 제조하였다.

위와 같이 제조한 오손액에 폴리머애자를 수평방향으로 10초간 담근 다음 그대로 꺼내어 표면에 수분이 없어질 때까지 실내의 공기중에서 약 1시간 정도 건조시키고, 다시 오손시키는 방법을 반복하였다. 표면건조 및 발수성 회복을 주기 위해 최종건조는 약 3일 동안 실내에서 건조한 후 태양광에서 4시간 정도 건조시켰다. 이와 같은 방법을 적용한 결과 시료 표면에 오손물을 쉽게 부착할 수 있었다.

2.3 표면 발수성 측정

폴리머 재료의 가장 큰 장점 중에 하나가 우수한 표면 발수성이므로 시료의 특성 평가를 위해 표면 발수성 측정이 중요하다. 현장에서 발취한 시료의 경우 표면에 부착된 먼지가 발수성 측정에 영향을 줄 수 있으므로 압축공기를 이용하여 제거한 후 측정에 사용하였다. 또한, 인공오손 시료의 경우는 위에서 설명한 오손방법을 이용하여 7회 오손건조를 반복하고, 표면에 완전히 고착되지 않은 오손물을 제거하기 위해 시료를 수평으로 설치하고 30분 이상 충분히 주수한 후 실내에서 7일간 건조하였다.

이들 시료의 갖의 일부를 발취하여 접촉각 측정기(모델명 : FACE CA-V, Japan)를 이용하여 접촉각을 측정하였으며, STRI (swedish transmission research institutes) 에서 권장하는 방법으로 시료 표면에 증류수를 스프레이하여 시료 표면에 물방울이 맺히는 형상으로 젖음성을 측정하였다.

2.4 등가염분 부착밀도 측정

등가염분 부착밀도(ESDD ; equivalent salt deposit density)의 측정은 필세법을 이용하였다. 증류수를 이용하여 애자 표면의 일정 면적을 깨끗이 세정하여 그 물의 전도도를 측정하는 방법으로 고압측으로 부터 1번 갓 바깥쪽면부터 3번 갓 안쪽면 까지 갓의 4개 면을 전도도가 1.0 [μS/cm]인 증류수 400 [ml]에 깨끗이 세척하였다. 세척한 물은 전도도 측정기 (모델명 : HANA)를 이용하여 전도도를 측정하였다. 측정된 전도도값을 이용하여 등가염분부착밀도 W는 다음 식을 이용하여 계산하였다. 여기서 C는 세정한 물의 전도도 [μS/cm]이고, V는 증류수량 [ml], S는 단면적 [cm²]을 나타낸다.

$$W(mg/cm^2) = 0.09 \times C \times \frac{V}{200} \times \frac{1}{S}$$

2.5 표면누설전류 측정

현장발취 시료 및 인공오손 시료의 전기적인 특성 변화를 관찰하기 위해 교류 누설전류 측정을 하였다. 챔버 내에 시료를 설치하고 전압을 인가한 상태에서 안개(clean fog) 분무 및 주수(clean rain)를 하면서 시료 표면 누설전류를 측정하였다. 이때 사용한 챔버의 내부용적은 10 [m³]이고, 50 kV, 1 A 용량의 시험용 변압기를 이용하여 13.2 [kV] 전압(상전압)을 인가하였다. 안개 분무를 위한 노즐은 IEC 60507에서 권장하는 방법에 따라 제작하였으며, 이때 사용한 물의 전도도는 17.0 [μS/cm]이고, 공급된 물의 양은 주수시 4 [ml/min], 안개시 8~9 [ml/min/m³]이었다. 또한 안개 분무시 사용된 공기의 압력은 5.6 [kg/cm²]이었다.

표면 누설전류는 시료와 직렬로 저항을 연결하여 전압을 측정하는 방법을 사용하였으며, 측정에 사용된 계측기의 데이터 샘플링은 초당 3개의 비율로 전압의 실효값을 측정하여 RS232C 통신을 통해 컴퓨터에 저장되도록 설계하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 경년품 시료의 특성

현장에서 발취한 시료의 경우 표면 육안 관찰시 약간의 초킹이 있었으나 갈라짐, 침식 또는 트래킹 등의 흔적은 없었다. 그림 1과 같이 공단지역 및 도심 일부 지역에서 사용하던 시료의 표면에는 폴리머 내부에서 확산되어 나온 저분자량 성분과 오손 분진이 결합되어 세정하기 힘들 정도로 심하게 고착되어 있었다.

현장에서 발취한 시료의 열화 정도를 파악하기 위해 갓의 일부분을 샘플링하여 전반사 현미적외선분광기(FTIR-ATR; Perkin Elmer)와 전자현미경(SEM; Jeol)을 이용하여 시료 표면의 화학구조 및 전자현미경 사진 분석을 하였다. 애자 표면 상태를 분석한 대표적인 결과를 그림 2와 그림 3에 나타내었다.

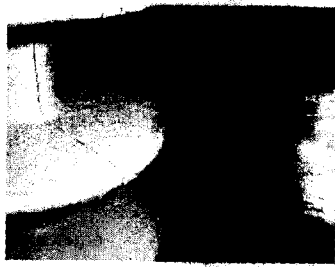
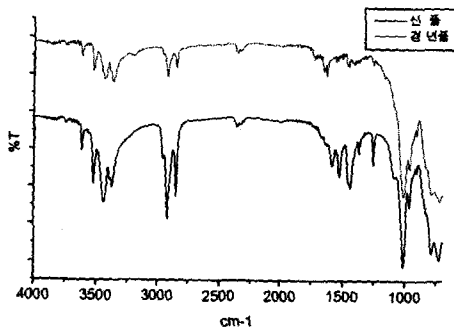
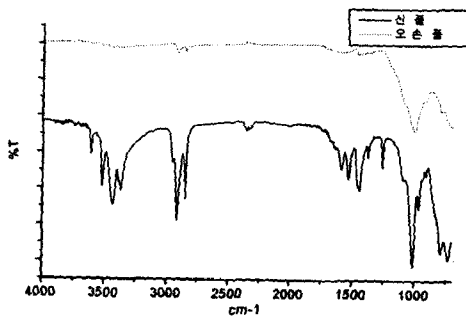


그림 1. 오손물 부착상태 (시료 2)
Fig. 1. The deposit of non-soluble contaminant

화학구조 분석에 있어서 그림 2에서와 같이 경년품의 특성 피크 감소는 있었지만 현장의 환경조건 및 표면의 오손상태에 관계없이 화학구조상의 변화는 발견할 수 없었다. 또한, 공단지역에서 발취한 시료의 경우 표면에 부착된 오손물의 영향으로 해안지역에서 발취한 시료에 비해 특성 피크치의 감소가 심한 것을 확인할 수 있었다.



(a) 해안지역



(b) 공단지역

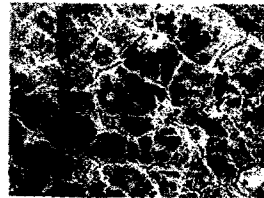
그림 2. 현장 발취 시료의 화학구조 분석 (시료 2)
Fig. 2. Chemical structure of field-aged polymeric insulators (sample 2)



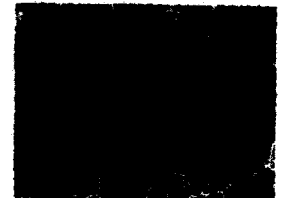
(a) 신 품 (시료1)



(b) 도심지역 (시료1)



(c) 공단지역 (시료2)



(d) 해안지역 (시료2)

그림 3. 시료의 표면 미세구조 분석 (×200)
Fig. 3. Microstructure of field-aged polymeric insulators (×200)

그림 3에서와 같이 표면 미세구조 분석 결과 경년품 표면에서 미소한 크랙이 발견되었다. 이는 주로 자외선이나 오존 등의 영향을 받아 나타나는 현상으로 크랙의 깊이는 10 [μm] 정도였으며, 전기적인 특성을 저하시킬 정도는 아니었다. 또한 지역적인 영향으로 진해지역과 해안지역의 표면 특성 차이를 보였다.

3.2 시료의 표면 오손 정도

3.2.1 인공오손 특성

시료의 인공오손시 오손 반복횟수 결정 및 표면 오손도 측정을 위해 오손 횟수에 따른 등가염분부착밀도와 오손물 부착량을 구하였다. 그림 4는 두 신 품 시료에 대한 오손물 부착량을 나타낸 것이고, 그림 5는 시료 1에 대한 신 품과 해안지역에서 발취한 경년품 시료의 인공오손 특성을 비교한 것이다.

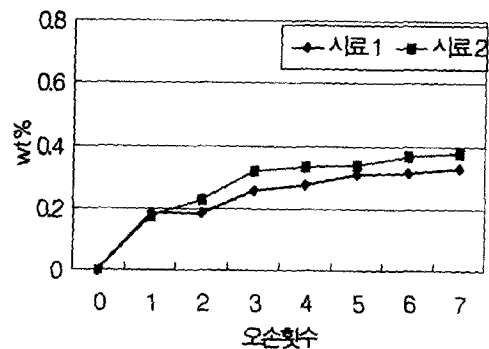


그림 4. 신 품 시료에 대한 오손물 부착량 비교
Fig. 4. Comparison of deposit rate of artificial contaminant

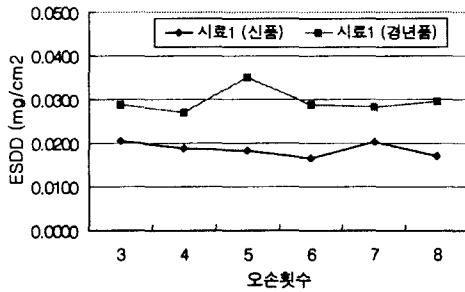


그림 5. 신품과 경년품의 오손도 비교 (시료 1)
Fig. 5. Comparison of ESDD between virgin and field-aged sample (sample 1)

그림 4에서와 같이 오손 반복이 일정횟수 이상이 되면 오손물 부착량은 비례적으로 증가하지는 않고 거의 일정 수준을 유지하였다. 또한, 그림 5에서와 같이 신품에 비해 현장에서 발취한 경년품 시료의 등가염분부착밀도가 큰 것은 시료의 표면특성이 저하되었을 경우 오손물의 부착이 용이하다는 것을 의미한다.

인공오손 시료에 주수하여 표면을 다시 세정한 경우에는 폴리머 고유의 표면 특성으로 인해 오손물이 시료 표면에 고착되어 완전히 제거되지 않았다.

3.2.2 폴리머와 자기제 애자의 오손도 비교

현장에서 폴리머애자와 기존의 자기제 애자의 상대적인 오손특성을 평가하기 위해 오손이 심한 해안 지역에 파일럿 애자를 설치하고 동일 시료에 대해 표면에 부착된 염분 오손물을 매월 1회 측정하였다. 측정에 사용된 파일럿 애자는 국내에서 생산되고 있는 폴리머 현수애자(시료2)와 세라믹 재질의 254 [mm] 송전급 현수애자 신품을 사용하였다. 측정지역은 동해안의 화력발전소 주변으로 해안에서 100 [m] 정도 떨어진 지역을 선택하였다. 측정된 결과를 그림 6에 나타내었다.

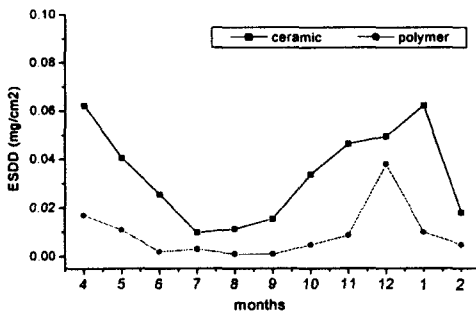


그림 6. 폴리머와 자기제 현수애자의 오손도 비교
Fig. 6. Comparison of ESDD between polymeric and ceramic insulators

동일 조건에서 자기제 현수애자에 비해 폴리머 재질의 현수애자의 염분 오손물 부착이 적어 오손특성이 우수하였다. 염분 부착량은 계절적인 영향을 많이 받았으며 강수량이 많은 6, 7, 8월에는 표면에 부착되는 등가염분부착밀도가 낮게

나타났다.

3.2.3 오손지역별 등가염분부착밀도

진해지역과 해안지역에서 동일한 시기에 시료를 발취하여 등가염분부착밀도를 측정하였으며, 오손액에 7회 반복오손 시킨 인공오손 시료와 비교하였다. 등가염분부착밀도는 현장발취 시료 및 인공오손 시료 각각에 대해 3개를 측정하여 평균한 것이며, 측정 결과를 표 3에 나타내었다.

표 3. 오손 지역별 등가염분부착밀도
Table 3. ESDD measurement of each the district

위치	ESDD(mg/cm ²)		비고
	시료1	시료2	
진해지역	0.0161	0.0179	도심 및 공단지역
해안지역	0.0322	0.0248	해안지역
인공오손	0.0169	0.0158	신품

등가염분부착밀도를 측정한 결과 모든 시료의 등가염분부착밀도 값은 오손등급 A등급을 나타내고 있으며, 신품을 인공적으로 오손시킨 시료는 진해지역에서 발취한 시료의 등가염분부착밀도와 비슷하였다. 또한, 경년품의 경우 등가염분부착밀도는 측정 가능하지만 폴리머 재료 특성상 저분자량 성분이 표면으로 확산되어 나와 표면에 부착된 오손물과 결합되어 표면에 고착되어 세정되지 않기 때문에 비용해성물질 부착밀도 (NSDD; nonsoluble deposit density)는 측정하는 것은 의미가 없어 제외하였다.

3.3 표면 발수성 측정

시료 표면 발수성 측정은 시료 표면에 약 10 [ul]의 물방울을 떨어뜨려 물방울이 형성된 부분을 사진으로 나타내어 시료표면/공기/물이 만나는 점에서 접촉각을 측정하였다. 보통 신품의 경우 접촉각은 물방울을 떨어뜨린 초기에는 90° 이상이었다가 시간이 경과함에 따라 약간 감소한다. 접촉각은 물방울을 떨어뜨린 1분 후에 측정하였으며, 시료면에 대해 고르게 10회 측정한 다음 평균하여 구하였다. 측정된 결과를 지역별로 구분하여 표 4에 나타내었다.

표 4. 표면 발수성 측정
Table 4. Measurement of contact angle

구분	접촉각 (°)				비고
	신품	진해지역	해안지역	인공오손	
시료 1	103.8	82.3	110.7	58.5	
시료 2	107.3	110.4	96.6	61.3	

진해지역에서 발취한 시료 1은 발수성 저하가 심한 반면에 시료 2는 오히려 신품에 비해 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 재료의 특성 및 지역적인 영향을 받아 나타나는 것으로 판단되며, 표면 오손 후 충분한 시간이 주어진다면 표면 특성을 원상태로 회복될 것으로 판단된다. 또한 해안지역에서 발

취한 시료의 경우 신품에 비해 약간의 증감은 있으나 뚜렷한 감소는 보이지 않았다.

인공오손시료의 경우 발수성 저하가 심하였는데 이는 현장 조건에서와 같이 오손 후 충분한 발수성 회복 시간이 주어지지 않았으며, 부착된 오손물 량에 비해 온도나 자외선 등의 주위환경의 영향을 받아 표면으로 확산되어 나오는 저분자 물질이 확산이 적었기 때문인 것으로 생각된다.

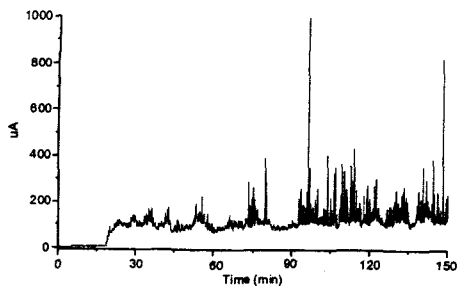
또한, 스웨덴의 STRI에서 제시한 스프레이를 이용하여 표면 발수성을 측정할 결과 인공오손 시료 및 진해지역에서 발취한 시료는 완전 친수성 등급에 가까운 HC6 (hydrophobicity class 6) 또는 HC7 을 나타냈으나, 해안지역에서 발취한 시료의 경우는 이보다 높은 등급인 HC4 또는 HC5 등급을 나타내었다.

3.4 표면 누설전류 측정

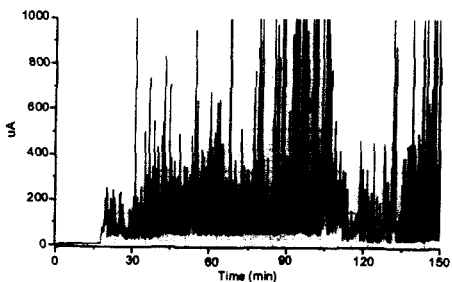
3.4.1 인공오손 시료의 누설전류

신품 및 경년품을 인공오손 시킨 시료를 챔버내부에 수직으로 설치하고, 13.2 [kV]의 AC 전압을 인가한 상태에서 안개(clean fog)를 분무하면서 AC 누설전류를 측정하였다. 측정된 결과를 그림 7과 그림 8에 나타내었다.

안개 분무 시간이 경과함에 따라 챔버내부의 습도가 증가하고 시료표면에 물방울이 맺히게 된다. 이때 형성된 물방울은 안개 분무시간에 따라 점차로 커지게 되며 오손물과 작용하여 애자 표면 저항을 저하시켜 누설전류를 가져온다

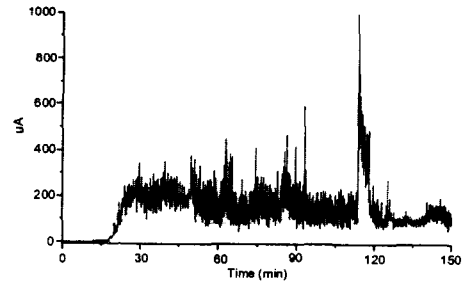


(a) 신품

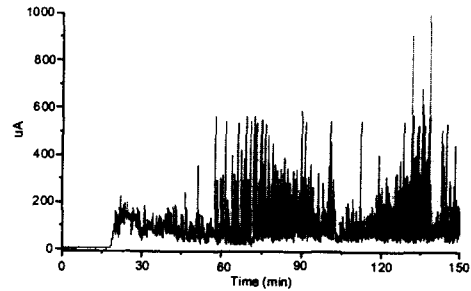


(b) 경년품

그림 7. 인공오손 후의 누설전류 분포 비교 (시료 1)
Fig. 7. Leakage current of the artificially contaminated (sample 1) (a) virgin (b) field-aged



(a) 신품



(b) 경년품

그림 8. 인공오손 후의 누설전류 분포 비교 (시료 2)
Fig. 8. Leakage current of the artificially contaminated (sample 2) (a) virgin (b) field-aged

누설전류는 초기 애자가 건조시에는 노이즈를 포함한 정현파 형태이며 용량성 전류이다. 오손된 표면의 젖음성이 증가함에 따라 전류값은 커지게 되고 이 전류는 용량성과 저항성이 합성되어 나타난다. 또한 애자 표면에서 건조대 아크가 발생하면 전류는 높은 주파수의 성분을 포함하고 있으며, 그림 7과 그림 8에서와 같이 연속적이지 않고 크기에 있어서도 급변하게 된다.

그림 7과 그림 8의 (b)에서와 같이 신품을 오손시킨 경우보다 경년품을 오손시킨 경우의 누설전류가 컸으며, 이는 그림 5에서 알 수 있듯이 표면에 부착된 오손물의 양과 관계가 있었다. 신품에 비해 경년품을 인공오손 시킨 시료의 표면 오손이 심하였으며 그림 7과 그림 8에서와 같이 누설전류값의 변화가 컸으며 이들 시료의 표면에서 부분적으로 아크가 발생되는 것을 관찰할 수 있었다.

3.4.2 현장발취 시료의 누설전류

인공오손 시료와 동일한 방법으로 챔버내에 현장에서 발취한 시료를 설치하고 주수(clean rain)시 표면 누설전류를 측정된 결과를 그림 9에 나타내었다.

그림 9의 (a)에서와 같이 해안지역에서 발취한 두 시료의 표면 누설전류는 비슷한 양상을 보였으나, (b)의 진해지역에서 발취한 시료 2의 경우는 표면에 부착된 오손물로 인해 발수성이 저하되어 주수시간의 경과에 따라 표면의 건조대 아크로 인해 누설전류가 시간의 경과와 함께 급변하는 양상을 보였다.

참 고 문 헌

[1] K. Kimdersberger and M. Kuhl, "Effect of Hydrophobicity on Insulator Performance," 6th Intern. Symp. on HV Engin., 1989.

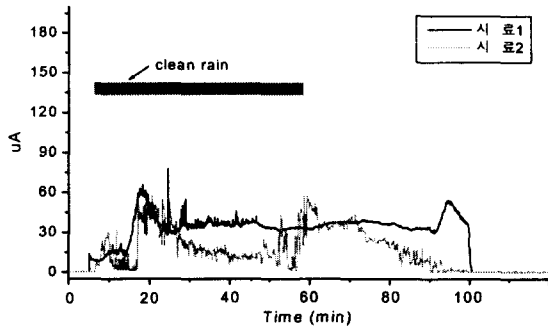
[2] K. Naito, K. Izumi, K. Takusu and R. Matsouka, "Performane of Composite Insulators Under Polluted Conditions," CIGRE 33-301, pp. 1-8, 1996.

[3] X. Wang, S. Kumagai, K. Kobayashi and N. Yoshmuara, "Degradation of Surface Hydrophobicity of Outdoor Polymer Insulating Materials from Erosion of Acid Rain," Proceedings of 5th ICPADM, pp. 758-761, 1997.

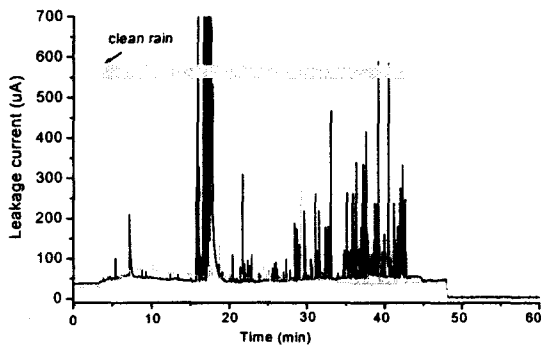
[4] A.De la O and R. S. Gorur, "AC Clean Fog Test on Non-Ceramic Insulating Materials and a Copmparison with Porcelain," IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 9, No. 9, pp.2000-2008, Sept 1994.

[5] M. Ishii, M. Komatsubara, R. Matsuoka, T. Matsumoto, M. Kurokawa and k. Naito, "Behavior Insoluble Materials in Artifitial Contamination Tests," IEEE Trans. DEI, Vol. 3, pp.432-438, 1996.

[6] 김찬영, 송일근, 김주용, 한재홍, 이병성, "비용해성 산업용 분진이 배전용 자기제 현수애자의 전기적 특성에 미치는 영향", 대한전기학회 논문지, Vol.50C, No.4, pp.182-189, 2001.



(a) 해안지역 (시료1, 2)



(b) 진해지역 (시료2)

그림 9. 주수시 누설전류 변화

Fig. 9. Leakage current in clean rain

(a) seashore (sample 1, 2) (b) industrial district (sample 2)

4. 결 론

폴리머애자의 오손에 대한 특성을 평가하기 위해 오손이 심한 지역에서 시료를 발취하였으며, 또한 애자 표면을 인공 오손시킨 시료에 대해 특성을 평가한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- [1] 해안지역은 전도성에 영향을 주는 염분으로 인해 진해지역에 비해 시료표면의 등가염분부착밀도가 높았으나, 표면 발수성은 진해지역 보다 우수하였다.
- [2] 동일지역에서 폴리머애자는 자기제애자에 비해 염분부착밀도가 낮아 염분 오손에 대한 특성이 우수하였으나, 진해지역에서는 장시간 동안 많은 양의 분진이 폴리머애자 표면에 고착되게 되면 고유한 발수성이 저하되어 표면 누설전류를 크게 하였다.
- [3] 인공오손 시험결과 오손물이 폴리머애자 표면에 부착되게 되면 발수성 상당히 저하되었으며, 신품에 비해 경년품의 오손 정도가 심해 표면 특성이 저하되면 오손이 가속된다는 것을 알 수 있었다.

저 자 소 개



이 병 성 (李 丙 成)

1968년 8월 17일 생. 1993년 충남대 공대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995~현재 : 한전 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원.

Tel : 042-865-5924

E-mail : leebs@kepri.re.kr



한 상 옥 (韓 相 玉)

1974년 충남대 전기공학과 졸업. 1978년 단국대 전기공학과 졸업(석사). 1986년 인하대 전기공학과 졸업(공학박). 현재 충남대 전기공학과 교수

Tel : 042-821-5655

E-mail : sohan@hanbat.cnu.ac.kr