

기후·환경 인자에 의한 옥외 절연물의 누설전류 특성 분석

Leakage Current Properties Analysis of Outdoor Insulator on Climatic · Environmental Factor

이원영*, 심규일**, 한상옥***, 박강식****

(Lee Won Yeong*, Shim Kyu Il**, Han Sang Ok***, Park Gang Sik****)

Abstract

In this paper, we were investigated leakage current properties of outdoor insulator on climatic environmental factor.

Contamination is one of the most important factor to determine the performance of insulator. Thus, it is very important to exam the contamination degree on the outdoor insulator. There are many limits, such as reliability of data, interval of measurement and similarity of environmental conditions, in conventional method. So, we measured phase and leakage current of outdoor insulator using the temperature & humidity chamber.

In this investigation, phase difference was measured to compare the variance of phase difference with the contamination degree and relative humidity.

Key Words : climatic properties, pollution cycle method, leakage current, ESDD

1. 서 론

송·배전선로의 사고는 자연현상을 기준으로 雷擊(lightning), 風雨(rainstorm), 氷雪(ice and snow), 鹽塵(salt and dust) 汚損 등으로 구분되어 관리되고 있다. 전체사고에서 염진해로 인한 전력설비의 사고 발생확률은 비교적 낮은 편이지만, 일단 발생하면 피해지역이 매우 넓고 복구에 많은 시간과 인력을 필요로 하는 특성을 지니고 있다.

일반적인 경우, 오손요인은 크게 지리·지형적 요인, 기후적 요인, 환경적 요인 등으로 나누어 검토할 수 있다. 우리나라는 삼면이 바다라는 지리적 특성과 비교적 완만하고 긴 해안선을 지닌 지형적 특성으로 인해 海鹽(sea salt)의 영향을 크게 받고 있는데 이는 사고의 발생실적 및 사고지점의 해안거리별 분포특성을 통해 이와 같은 사실을 확인할 수 있다. 기후적 측면에 있어, 우리나라는 비교적 강수량이 많은 특성을

지니지만, 6~8월의 하절기에 대부분의 강수량이 집중되고, 10월경 시작되어 3월경까지 지속되는 건조기가 존재하며, 연중 계절풍(Monsoon)의 영향하에 놓이게 되어 장기간에 걸친 누적오손이 발생하기 용이한 특성을 지니고 있다. 또한, 봄철(3~5월)의 경우, 극심한 일교차로 인한 凝縮(condensation), 濃霧(heavy fog), 細雨(drizzle) 등이 집중적으로 발생하여 수 개월에 걸쳐 형성된 오손층(pollution layer)이 습윤되고, 오손섬락(contamination flashover)이 발생하기 용이한 특성을 지니고 있다.

아울러 환경적 측면에 있어서도 각종 대기관련 오염지표가 근래 급격히 악화되었으며, 특히 온산, 여천 등과 같은 중화학 공업단지의 경우 환경부고시 특별관리구역으로 선정되어 관리되고 있기도 하다. 이상의 요인과 함께 최근에는 염해와 공해, 염해와 진해 등을 중심으로 각종 오손요인의 동시발생에 따른 상승효과(synergy effect)에 대한 관심이 고조되고 있다.

이상과 같은 현황에서, 오손에 의한 전력 설비의 사고 및 이에 따른 경제적 손실을 방지하기 위해서는 지리적요인, 기상요인, 환경요인 등에 따른 오손과정을 분석하고 적절한 오손등급으로 분류해 주는

* 충남대학교 전기공학과
(대전시 유성구 궁동 충남대학교,
Fax : 042-823-7970, E-mail : in2@cnu.ac.kr)

시스템이 절실하다.

일반적으로 사용되고 있는 오손측정 시스템에는 자동오손측정장치가 있는데 이는 활선상태에 있는 애자의 오손도를 측정하는 것이 아니라 비활선상태의 애자에서 오손도를 측정하는 것이기 때문에 활선상태에서의 오손도 값을 예측하기란 매우 힘들다. 뿐만 아니라 오손도에 따른 누설전류의 값을 측정할 수 없기 때문에 애자의 전계변화를 측정할 수 없다.

따라서 본 논문에서는 오손요인과 오손측정방법의 현황을 고려하여, 실사용 절연물에 대한 누설전류 및 파형측정을 통해 그 오손 정도를 추정하기 위한 연구를 수행하고자 한다.

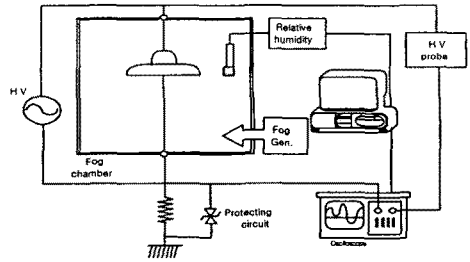


Fig. 1 Schematics of experiment

2. 실험방법

2.1 시료

본 연구를 위한 시료로는 191 mm 배전용 자기제 현수애자를 사용하였으며, IEC 60507의 인공오손법에 따라 1ℓ의 수돗물에 40 g의 Kaoline을 첨가한 후 10, 20, 30, 50 g의 NaCl을 첨가하여 오손액을 만들었다.

오손된 시료는 60 ℃의 건조오븐에서 1시간에 걸쳐 건조시킨 후, 90분간 실온에서 보관하여 열적 평형 상태를 확보한 후 실험에 사용했다.

2.2 실험장치

그림 1은 본 연구를 위해 구성된 실험장비의 개념도를 보이고 있다.

본 연구를 위해 제작된 향온향습 chamber는 60×60×90 mm로 되어 있으며 온도 및 습도의 제어가 매우 정밀하였다.

변압기를 이용하여 전압을 인가시키고, 출력전압특성의 확인 및 파형의 왜곡은 고전압프로브 및 DAS 시스템을 사용하여 측정하였다. 누설전류 측정을 위해 10 kΩ의 정밀저항 3개를 직렬 연결하였다.

2.3 오손도 측정

애자의 오손도에는 brush wiping이 사용되었으며, 세정용수로는 distilled water(=5μS/cm)를 사용하였다.

식 (1)은 수용액의 전도도를 이용한 등가염분부착 밀도 환산공식을 보이고 있다. 표 1은 식 (1)에 의해 시료의 ESDD를 환산한 결과를 제시하고 있다. 그림 2는 시료의 ESDD 그래프를 보여주고 있다. 하부면의 ESDD값은 오손액의 농도에 선형적인 비례 관계를 나타내는 것으로 파악되어, 시료에 대한 오손도 제어가 매우 우수하게 수행되었음을 알 수 있었다.

$$ESDD = 0.09 \times w \times \frac{V}{200} \times \frac{1}{S} \text{ [mg/cm}^2\text{]} \quad (1)$$

where,

w is volume Cond. of the solution, μS/cm
V is the amount of distilled water, 400 cc
S is the area of washed surface

Table 1 Polluting degree of specimen

Contamination Solution		ESDD
Kaoline	NaCl	하부
40 g/l	0 wt%	0.00049
40 g/l	1 wt%	0.01945
40 g/l	2 wt%	0.03094
40 g/l	3 wt%	0.04726
40 g/l	5 wt%	0.08322

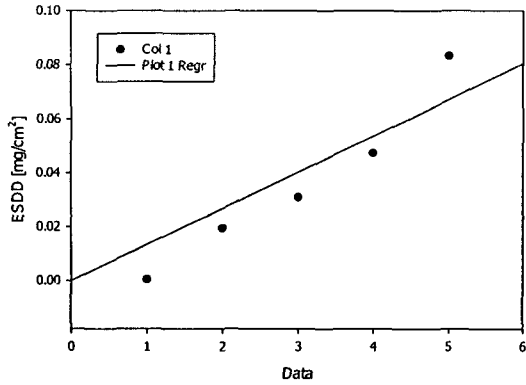


Fig. 2 Polluting degree with concentration of the solution

3. 결과 및 고찰

표 2와 그에 따른 그림 3은 상대습도에 따른 위상차의 변화를 보여주고 있다.

0 wt% 시료의 경우 위상차는 상대습도가 99 %가 되어도 거의 동일하게 유지되었다. 기타의 모든 시료는 60 %RH에 이를 때까지 위상차의 변화가 심하지 않았다.

Table 2 Phase difference of specimen with relative humidity

	Relative humidity [%RH]						
	50	60	70	80	90	95	99
0 wt%	74°	71°	71°	71°	67°	67°	67°
1 wt%	75°	71°	71°	69°	62°	58°	36°
2 wt%	81°	75°	70°	59°	37°	24°	24°
3 wt%	84°	78°	60°	15°	11°	13°	13°
5 wt%	89°	69°	39°	15°	11°	4°	9°

각 시료의 총 위상차 변화는 점점 증가하는 것으로 나타났다. 1, 2, 3, 5 wt%의 시료는 각각 39, 57, 71, 80도의 총 위상차 변화를 보였다. 이와 같은 특성은 상대습도에 따른 위상차 변화의 확인을 정밀하고, 정확하게 제시할 수 있을 것이다. 또한 오손량이 증가함과 동시에 위상차의 총 변화도 증가했다. 여기서 오손이 증가할수록 습윤이 위상차에 미치는 영향이 크다는 사실을 알 수 있었다.

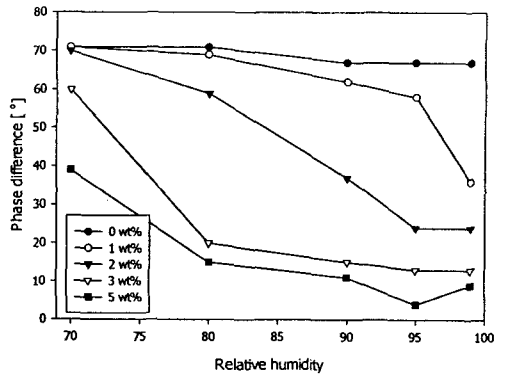
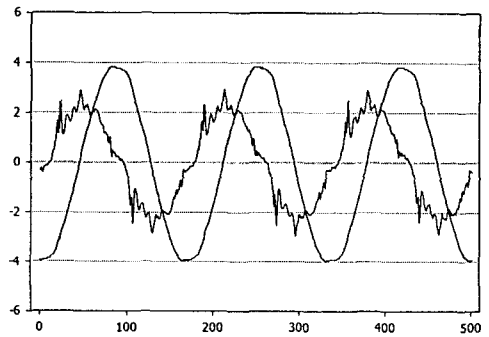
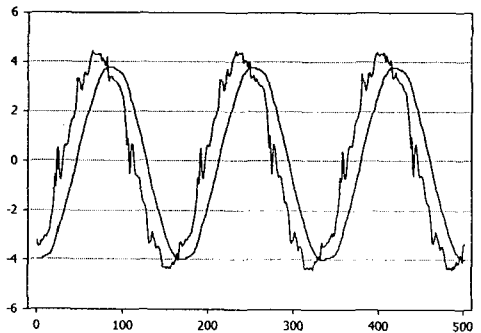


Fig. 3 Phase difference with relative humidity



(a) Waveform at 50%RH



(b) Waveform at 99%RH

Fig. 4 Voltage and current waveforms
of 1 wt% specimen

그림 4는 위상차 변화폭의 일례를 보여주고 있다. 그림에서 보여지듯이 전압의 파형은 일정하게 유지되는 반면에 전류의 파형은 위상차와 크기가 큰 비율로 변한다는 것을 알 수 있었다.

표 2를 보면 각각의 시료마다 위상차가 급격하게 변하는 지점을 발견할 수 있다. 1 wt% 시료 경우, 95 %RH와 99 %RH 사이에서 위상차가 급격하게 변하였고, 2 wt% 시료는 80 %RH와 90 %RH에서, 3 wt% 시료는 70 %RH와 80 %RH에서, 그리고 5 wt% 시료의 경우에는 60 %RH와 70 %RH에서 각각의 위상차가 급격하게 감소하고 있다. 여기에서 우리는 애자의 오손량이 증가할수록 낮은 상대습도에서 위상차가 급격하게 감소한다는 특성을 파악 할 수 있었다. 이러한 특성을 역으로 활용하면 우리는 활선에 있는 애자의 오손도를 측정할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 위상차가 급격하게 감소하는 지점의 상대습도가 다르게 산출되어 오손도를 추정할 수 있기 때문이다.

4. 결 론

누설전류 측정을 이용하여 전압인가 절연물의 오손도를 추정하기 위해 전압과 전류의 위상차를 측정하였다. 누설전류의 위상차는 오손도에 따라 각각 다른 특성을 보였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

위상차는 오손도에 따라 상이하게 변하였다. 각각의 시료는 위상차가 급격하게 감소하는 상대습도 구간이 다르게 나타났다. 위상차가 급감하는 구간은 오손이 증가할수록 낮아지는 특징을 보였다. 예를 들어, 1 wt%시료는 상대습도가 95%~99%의 구간에서 위상차가 급감하였고, 2 wt% 시료는 80%~90%의 상대습도 구간에서 급감하였다. 그리고 5 wt% 시료는 60%~70%의 상대습도 구간에서 위상차가 급감하였다. 이와 같은 특성을 토대로 우리는 위상차 측정법을 통한 오손도 추정의 가능성을 확인하였다.

본 연구에서는 이와 같은 결론에 의해 위상차 측정법에 의한 오손도 평가의 가능성을 확인하였고, 추후 연구를 통하여 위상차 측정방법이 오손도 평가를 수행하는데 탁월한 효율성을 가질 것으로 예상된다.

[참고문헌]

- [1] George G.Karady, A.Vincent Rayappa, Mukund Muralidhar, Don L.Ruff, "A New Method for Pre-Contamination and Testing of Non-ceramic Insulators", Conference Record of the 1996 IEEE on EI, 1996
- [2] Sioe T.Mak, G.E.Lusk, "Contaminated Environment Testion of Cable Terminations", IEEE/PES, 1979
- [3] IEC 60507 "Artificial Pollution Tests on High Voltage Insulators to be Used on A.C Systems", 1991
- [4] C.Lozano. R.Diaz, G.Ramos. "Patterns of Pollution on Insulators : Clustering by Seasonal Variation and Exposure Period". IEEE Trans. PD. Vol.5. No.1. 1990