

누설전류 측정을 통한 활선 절연물의 오손도 추정

심규일*, 최남호*, 박강식**, 한상옥*
충남대학교*, 대덕대학교**

Estimation of Pollution Degree for Liveline Insulator
with Leakage Current Measurement

Kyu Il Shim*, Nam Ho Choi*, Kang Sik Park**, Sang Ok Han*
Chungnam Univ*, Daeduk Coll**

Abstract - In this paper, a method was presented to estimate the contamination degree of outdoor insulator by the measurement of surface leakage current.

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, the estimation technique for contamination has been needed to monitor the accurate pollution degree of insulator in situ.

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

From the result, we could confirm the capability of the estimation method.

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

오손측정방법에는 크게 수동측정방식과 자동측정방식의 두가지가 있다. 수동측정방법으로는 필세법(Brush wiping)을 이용해서 애자의 오손량을 직접 측정하는 방법이 대표적이며, 자동측정방법으로는 광의 산란도, 전자식 애자, 열전소자 등을 이용하는 방법이 있으며, 이러한 방법은 특정 센서부분에서 전기 신호의 변화를 이용하여 오손량을 측정한다.

그러나, 이들 측정방법은 대부분의 경우 오손도 측정용 애자를 대상으로 한 것이며, 활선에 적용하기 어려운 구조형태를 하고 있다. 바람의 영향을 제외할 경우, 전계는 오손도에 영향을 미치는 주요 요인 중 하나로 간주되고 있어 이로 인한 영향을 고려해야만 할 것으로 생각된다.

이와같은 오손요인과 오손측정방법의 현황을 고려하여, 본 연구에서는 실사용 절연물에 대한 누설전류 파형 측정을 통해 그 오손 정도를 추정하기 위한 연구를 수행하고자 한다.

1. 서 론

옥외용 전력설비는 실내의 설비와는 다르게 각종의 기후 및 환경요인에 의해 오손되는 것이 불가피하다. 옥외 절연물에 오손을 일으키는 일반적인 요인은 크게 기후적 요인, 지리적 요인, 환경적 요인으로 나누어 살펴 볼 수 있다.

한반도는 위치상으로 편서풍대에 속해 있으며 일년내 내 Monsoon의 영향을 받는다. 또한, 연 2~3회에 이르는 태풍의 내습을 받기도 한다. 이러한 요인들로 장기간에 걸쳐 오손이 누적되는 특성과 급속한 오손증가 특성을 보이게 된다.

우리나라는 지형적으로 동고서저의 형태를 이루고 있어 지역에 따라 연내 강수량, 기온, 풍향, 풍량 등의 차이를 보이고 있다. 해안지역에서는 해안선이 잘 발달되어 있어, 염해에 노출되기 쉬운 형태이다. 또한 주요 산업단지, 대형전력설비, 도시등이 교통이 편리한 해안에 위치하고 있어 염해의 영향은 더 커지고 있다.

최근에 증가되고 있는 오손요인은 환경요인이다. 우리나라는 지난 수십년간에 걸쳐 고도로 발달하는 산업화의 경제성장을 이루었으나, 각종의 환경오염이 심각해지고 있다. 특히 대기오염과 관련된 각종의 사항은 과거에 비해 현격하게 악화되고 있다. 이 부분에 대해 전력설비에 미치는 영향에 대한 관심이 증가하고 있다. 환경요인에 의한 오손은 인위적인 행위에 의해 기인되는 것으로, 오손의 영향이 유동적일 수 있다는 특징이 있다.

해안선에 위치한 대규모 산업시설과 도시에서 위와 같은 환경오손 요인과 기존의 염해오손 요인이 공존하는 경우 상승효과(Synergy effect)를 일으킬 수 있으며 이러한 현상에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

2. 실험방법

2.1 시료

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

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

2.2 실험장치

그림 1은 본 연구를 위해 구성된 실험장치의 개념도를 보이고 있다.

본 연구를 위해 제작된 fog chamber는 직경 40 cm, 높이 55 cm의 원통형의 투명 아크릴관을 이용하여 제작되었다. Fog는 그림 1에서와 같이 chamber의 하단으로 주입하였다. Fog의 주입방향이 애자를 향하지 않도록 하여 fog가 직접 애자 표면에 부착되는 것을 방지하였다. Fog의 주입량은 그림 2와 같이 chamber 내부의 상대습도 곡선을 보이도록 하였다. 그림 2에서는 90 %RH에 이르는 시간이 약 17분 정도가 소요되었지만, 이는 chamber의 초기 상대습도에 따라 약간씩 변하게 된다. 상대습도 측정을 위하여 온습도계를 사용하였다. 온습도계의 센서부위는 애자밀면의 높이와 일치하도록 하여, 애자위치에서의 상대습도 변화를 파악할 수 있도록 하였다.

일단접지면압기를 이용하여 전압을 인가시키고, 출력

전압특성의 확인 및 파형의 왜곡은 고전압프로브 및 Lecroy사의 9310A 오실로스코프를 사용하여 측정하였다. 누설전류 측정을 위해 10 kΩ의 정밀저항을 직렬연결하였다.

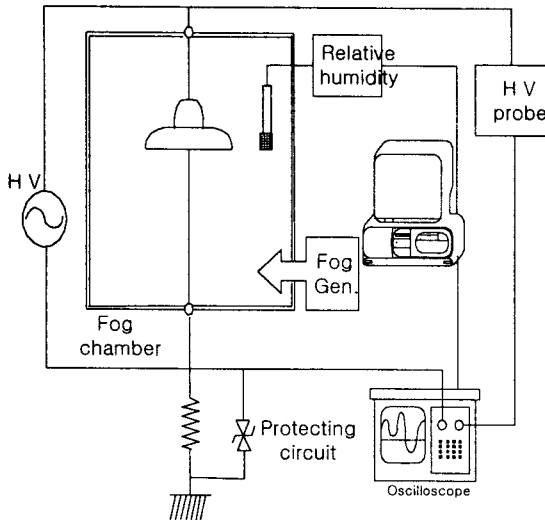


Fig. 1 Schematics of experiment

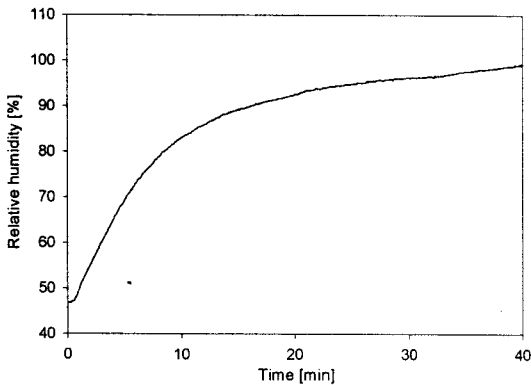


Fig. 2 Relative humidity with time

2.3 오손도 측정

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

식 (1)은 수용액의 전도도를 이용한 등가염분부착량도 환산공식을 보이고 있다. 표 1은 식 (1)에 의해 시료의 ESDD를 환산한 결과를 제시하고 있다. 그림 3은 시료의 ESDD 그래프를 보여주고 있다. 상하부면의 ESDD값은 오손액의 농도에 1차적인 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	상부	하부
40 g/l	0 wt%	0.00078	0.00049
40 g/l	1 wt%	0.01758	0.01945
40 g/l	2 wt%	0.02128	0.03094
40 g/l	3 wt%	0.04617	0.04726
40 g/l	5 wt%	0.05968	0.08322

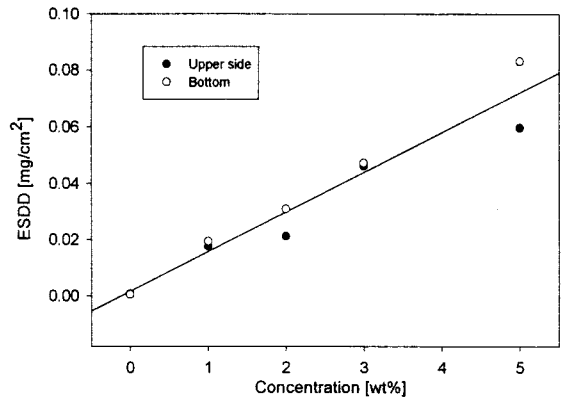


Fig. 3 Polluting degree with concentration of the solution

3. 결과 및 고찰

표 2와 그에 따른 그림 4는 상대습도에 따른 위상차의 변화를 보여주고 있다.

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

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.

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 °

그림 5와 그림 6은 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 변

하는 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.

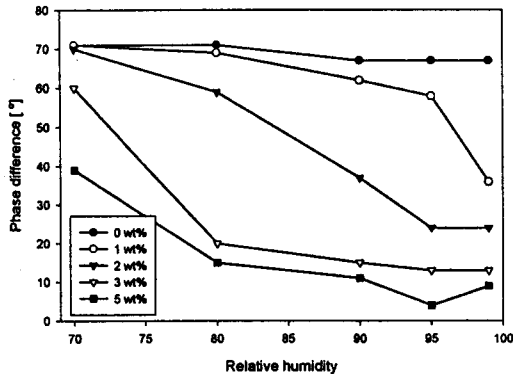


Fig. 4 Phase difference with relative humidity

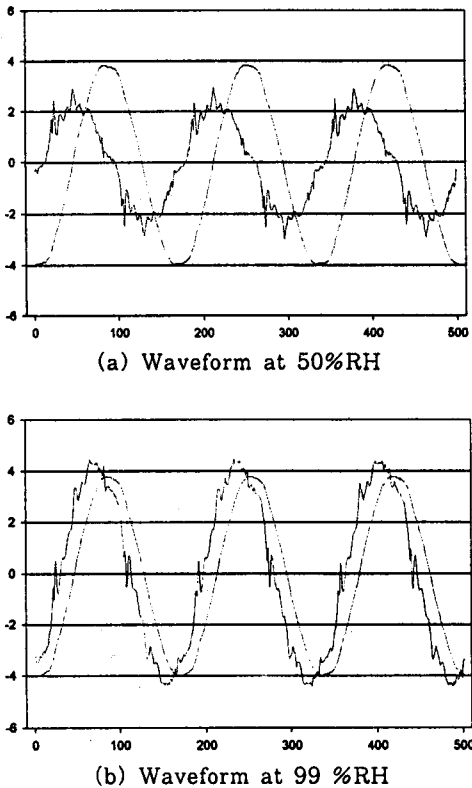


Fig. 5 Voltage and current waveforms

of 1 wt% specimen

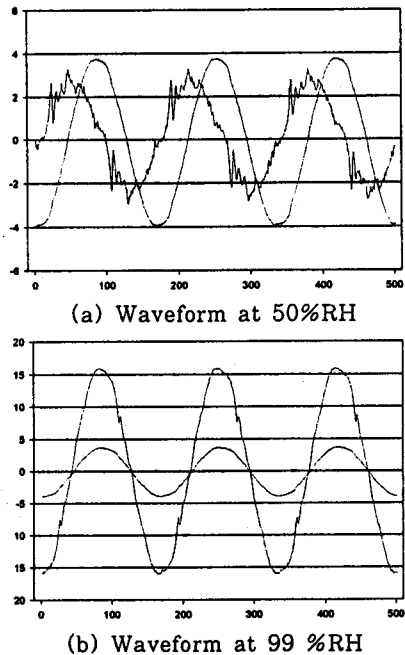


Fig. 6 Voltage and current waveforms of 5 wt% specimen

4. 결 론

누설전류 측정을 통해서 활선 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 특성을 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.

(참 고 문 헌)

- [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