

옥외절연물의 오손도 파악을 위한 위상차 측정

A Estimation of Contamination Degree by the Measurement of Phase Difference on the Outdoor Insulator

심규일*, 이원영*, 한상옥*, 박강식**

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

Abstract

In this paper, a phase difference of liveline insulator was measured and analyzed to estimate the contamination degree. The probability of accident rises according to the increase of the contamination. So the estimation of contamination degree is very important in design and maintenance of outdoor insulator. There are many methods to measure the contamination degree, but those methods use the spacial sense to measure the contamination degree. So, we have no information about the contamination from the liveline insulator, but there is a measurement of phase difference to estimate the contamination degree. The phase difference is varied with the increase of ESDD, so the contamination degree could be estimated by using those characteristics. The experiment is performed to analyze the interrelationship between contamination degree and phase difference. The variable condition is relative humidity that increases from 30 to 100 % in a chamber. We use the DAS program to measure and analyze the data. From the result, the variation of phase difference is different by the contamination degree, so we can confirm the possibility of estimating the contamination degree by the phase difference.

Key Words : Leakage current, Phase difference, Contamination degree

1. 서론

옥외 전기 절연물의 오손 요인은 일반적으로 기후적, 지리 지형적 요인 및 환경적 요인으로 살펴볼 수 있다.

기후적으로 일년 내내 Monsoon의 영향을 받으므로 강수량의 변화가 크다. 따라서 동절기는 장기간 동안 오손이 축적되는 현상이 발생한다. 또한 하절기에는 년 2~3회에 걸쳐 태풍에 의해 급속오손이 발생하기도 한다.

이러한 기후적 특성과 더불어 지형적 특성에 의

해 서해와 남해의 경우 내륙 깊숙이 염분이 부유하여 전력설비에 부착되는 특징을 보인다. 또한 이 지역은 해안선이 길게 발달되어 염분에 의한 오손의 영향이 크다.

또한 대부분의 공업단지와 주요 전력설비는 해안 지역에 위치한다. 따라서 상당부분의 전력설비는 공급가측에서 수용가측까지 염에 의한 오손의 영향을 받고 있다. 또한, 공업단지에서 배출되는 다량의 대기오염물질은 염분과 더불어 상승효과(Synergy effect)를 일으키는 것으로 알려지고 있으며, 이에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

이와 같은 오손에 의해 발생하는 사고를 방지하기 위해서는 오손의 정확한 측정 방법이 필요하다. 오손을 정확하게 측정하고 오손 접촉 사고를 방지하기 위해서는 항상 전력 설비의 오손을 감지할 수 있는 자동 측정 시스템이 요구된다.

* : 충남대학교 전기공학과 대전시 유성구 궁동 220
Fax: 042-823-7970 E-mail : orion@cnu.ac.kr

** : 대덕대학교 전기전자계열
대전시 유성구 장동 48

그러나 기존의 오손에 대한 연구는 지역별 오손량을 측정하고 적절한 절연설계를 하는 것에 한정되었으며, 전력설비의 운영중에 발생하는 오손의 변화를 파악할 수 없었다. 이에 대해 운영중에도 오손도를 파악할 수 있는 몇 가지 자동오손도 측정 시스템이 개발되었으나, 측정용 센서에 의해 오손도를 측정하는 것이므로 센서의 오차가 발생하며 전력선의 전자기장에 의한 오손의 영향을 정확하게 구현할 수 없었다.

본 연구는 이와 같은 문제점을 개선할 수 있는 위상차 측정 방법을 제시하고 있다. 즉, 활선 상태의 옥외용 절연물에 발생하는 누설전류의 위상차를 측정함으로써 오손도 예측이 가능성을 검토하고자 한다.

2. 실험

2.1 시료

본 연구의 시료로써 현재 배전급에 상용되고 있는 191 mm 자기재 현수애자를 사용하였으며, 시료를 오손시키기 위해서 IEC 60507의 인공오손법을 적용하였다. 이에 따라 오손액의 농도는 5, 10, 15, 45 wt%로 조성하였으며, 각 오손액에 40 g/l의 Kaoline을 첨가하였다.

2.2 실험장치

본 실험은 그림 1의 개략도에서 보여지듯이 고전압 인가장치, 항온항습장치, 인가전압과 누설전류를 측정하는 장치로 구성되어 있다.

안개나 강수에 의한 상대습도 상승을 모의하기 위해 항온항습장치를 이용하였다. 실험조건으로써 Chamber내의 온도는 25℃로 고정시켰으며, 상대습도는 1시간내에 30에서 100 %RH까지 상승하도록 설정하였다.

실제의 배전 선로와 유사하도록 고압을 인가하기 위하여 일단 접지 변압기를 이용하여 5 kV의 피크전압을 공급하였다. 공급되는 전압의 파형을 측정하기 위하여 2000:1의 배율을 갖는 고전압프로브를 사용하였다.

누설전류의 변화를 측정하기 위하여 DAS를 사용하였다. 그림 2는 누설전류의 측정을 위한 DAS 프로그램의 프론트 패널을 보여주고 있다. 프론트 패널에는 인가전압과 누설전류의 파형과 위상차의 변화를 그래프로 나타내고 있다. 채널 1과 채널 2을 통하여 인가전압과 누설전류가 동시에 측정되며, 그에 따라 계산된 위상차 수치를 보여주고 있다.

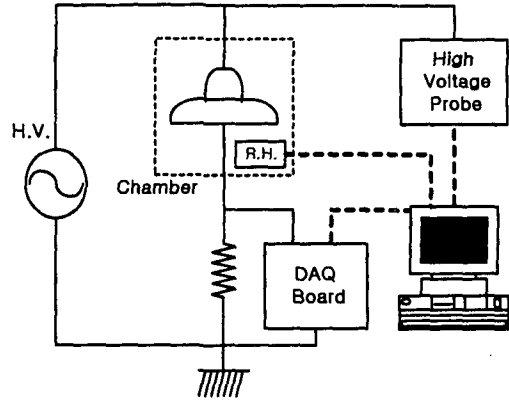


그림 1. 오손된 절연체의 인가전압과 누설전류의 위상차를 측정하기 위한 실험의 개략도

Fig. 1. Experimental Diagram to measure the phase difference between applied voltage and leakage current on the contaminated insulator

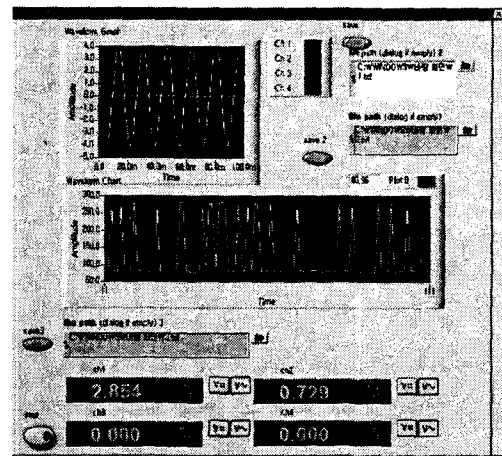


그림 2 상대습도에 따른 누설전류의 변화를 측정하기 위한 DAS의 프론트 패널

Fig. 2 Front panel of DAS to measure the variation of leakage current according to the relative humidity

2.3 오손도 측정

시료는 오손액의 농도에 따라 다른 염분량이 부착된다. 그에 따른 위상차 변화를 분석하기 위하여 Brush Wiping Method에 따라 ESDD를 측정한다.

식(1)은 세정한 용액의 전도도를 이용하여 ESDD를 구하는 환산공식이다. 시료의 세정범위는 면적이 545 cm² 인 애자의 하면으로 한다.

표 1은 오손용액의 농도에 따른 시료의 ESDD 측정 결과이며, 그림 3은 그에 따른 ESDD 결과를 그래프로 보여주고 있다.

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

where,

w is volume Cond. of the solution, $\mu\text{S}/\text{cm}$
 V is the amount of distilled water, 400 cc
 S is the area of washed surface

표 1. 시료의 하면에서 측정한 오손도
 Table 1. Contamination degree measured on the bottom side of the specimen

Contamination solution		ESDD
NaCl	Kaoline	[mg/cm ²]
5 wt%	40 g/l	0.070349
10 wt%	"	0.163486
15 wt%	"	0.207743
20 wt%	"	0.342456
25 wt%	"	0.445478
30 wt%	"	0.478745
35 wt%	"	0.575687
40 wt%	"	0.615632
45 wt%	"	0.743119

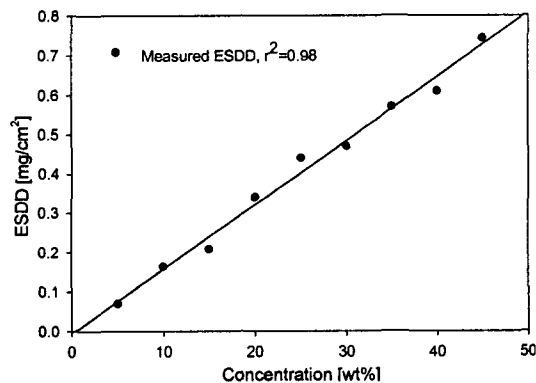


그림 3. 오손액과 ESDD의 관계
 Fig. 3. The interrelationship between the contaminated solution and the ESDD

그림 4는 본 실험에서 설정한 일반적인 상대습도 변화 곡선을 나타내고 있다. 위상차의 변화 특성을 분석하기 위해서는 각 시료마다 상대습도 변화가 동일해야 한다. 그림에서 알 수 있듯이 상대습도는 1시간내에 30에서 100 %RH까지 상승하고 있다.

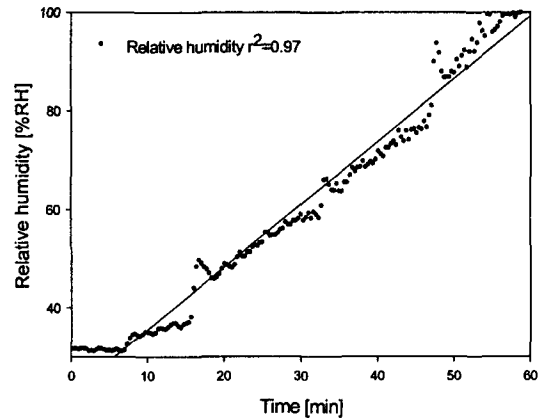


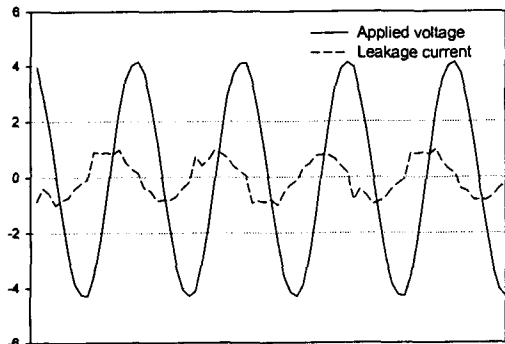
그림 4. 각 시료의 실험에 적용된 일반적인 상대습도 변화곡선
 Fig. 4. A typical variation curve of relative humidity in the respective experimental specimen

3. 결과 및 고찰

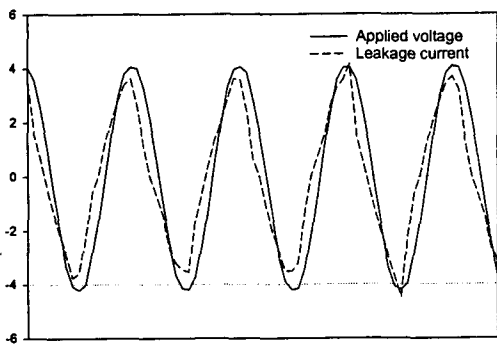
먼저, 염은 대표적인 조해성 물질로서 공기중의 수분을 흡수하여 수화한다. 수화 과정에서 염은 이온화되며, 그에 따라 옥외 절연물 표면의 누설전류는 변화하게 된다.

0 wt%의 경우 위상차는 거의 변하지 않았지만, 상대습도가 높아짐에 따라 미소하게 감소하는 특성을 보였다. 그리고 오손된 모든 시료에서 상대습도의 증가에 따라 위상차는 감소하였으며 그림 5는 45 wt%의 오손액으로 오손된 시료의 전압과 전류 변화를 나타내고 있다. 각각의 시료에서 나타난 위상차의 감소 추세는 시료의 오손 조건에 따라 다르게 나타났으며, 오손량과 감소기울기의 비례적인 관계를 확인할 수 있다.

이와 같은 실험을 통하여 절연물의 표면에 부착된 염분량에 따라 위상차가 각기 다르게 변화하는 특성을 확인할 수 있었으며, 이를 이용하여 상대습도에 따른 위상차의 변화를 바탕으로 절연물에 부착된 오손량을 예측할 수 있었다.



(a) 40 %RH일 때 전압과 전류의 파형



(b) 99 %RH일 때 전압과 전류의 파형

그림 5. 오손액의 농도 45 wt%일 때 전압과 전류의 파형

Fig. 5. The waveforms of the specimen contaminated with 45 wt%

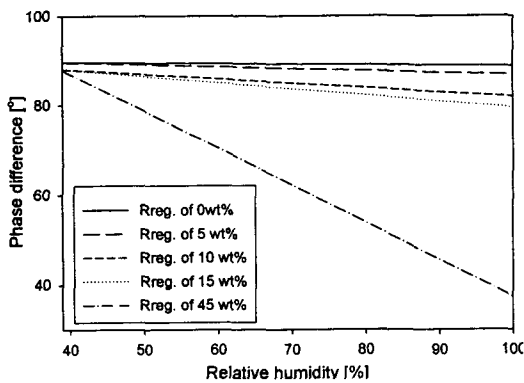


그림 6. 상대습도에 따른 인가전압과 누설전류의 위상차 변화

Fig. 6. The variation of phase difference according as relative humidity

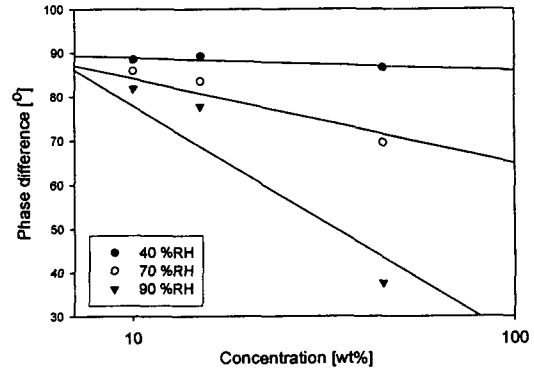


그림 7. 오손액 농도에 따른 위상차 변화

Fig. 7. The variation of phase difference according to the concentration

4. 결론

본 연구를 통하여 위상차 측정에 의한 오손도 예측 메커니즘은 활선상태의 옥외절연물에 대한 오손도 측정 방법으로써 직접적인 오손도 측정이 가능함을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] M.A.Sens, P.dos Santos, J.H.Mason and S. Nunes, "Climatic Ageing Testes on Polymeric Power Cable Terminations", CEPPEL
- [2] 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
- [3] Sioe T.Mak, G.E.Lusk, "Contaminated Environment Testion of Cable Terminations", IEEE/PES, 1979
- [4] IEC 60507 "Artificial Pollution Tests on High Voltage Insulators to be Used on A.C Systems", 1991
- [5] 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
- [6] IEC 60507 "Artificial Pollution Tests on High Voltage Insulators to be Used on A.C systems", 1991
- [7] Zhang Renyu and Zheng Jianchao, "Progress in Outdoor Insulation Research in China", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. 25, No. 6, pp. 1125-1137, cember 1990