

복합 고분자 애자의 열화 진단 데이터 분석 기법

*최남호, **이병성, **조성수, *한상옥
*충남대학교, **한국전력공사 전력연구원.

Introduction of Data Analysis Method for Ageing Diagnosis of Polymer Insulator

*Nam Ho Choi, **Byoung Sung Lee, **Sung Soo cho, *Sang Ok Han
*Chungnam Nat'l Univ., **Korea Electric Power Research Institute(KEPRI).

Abstract - This paper introduces the data processing method and the measurement of the leakage current flowing through polymer insulators. For ageing diagnosis of polymer insulator, data aquisition system was developed to record the leakage current of insulator being tested. Hence, we have gained information for life time from its leakage current. the DAS is protected against over-voltage which would develop in the event of a flashover of the test sample.

1. 서 론

송배전선로용 애자로 주로 사용되고 있는 자기재 애자는 절연성이 뛰어나고 내화학적 안정성과 내후성, 내열성 및 내아크성이 뛰어나다는 장점을 가지고 있으나 중량이 무겁고 충격강도에 약하며 소결시 부피 감소가 크기 때문에 두께가 큰 절연물의 제작시 어려움이 있으며 아크에 의한 파손시 그 파편이 비산하여 인명을 위협하는 등의 문제점이 있다. 따라서, 재료기술 및 가공기술의 발달에 따라 경량성, 가공성, 내오손성 및 오손동작 특성 등이 우수한 고분자 전기 절연재료가 각종의 절연물에 기존의 무기질 전기 절연재료를 대신하여 확대 적용되어 가고 있다. 그러나 일반적으로 고분자 절연재료의 경우 기존의 자기 및 유리질 절연재료에 비해 내후성이 열악한 특성을 갖는다. 따라서 옥외환경에 장기적으로 노출될 경우 절연물로서의 동작 신뢰성이 의문시 되어 왔다. 하지만 1950년대 GE에 의해 처음 개발된 이후 20년 이상의 현장경험의 축적을 바탕으로 다소간의 장기적 신뢰성이 확보되었으나, 아직까지도 그들의 성능을 비교하고 평가하기 위한 적절한 방법이 없는 실정이며, 더구나 경년에 따른 애자의 열화상태를 판정하기는 많은 어려움이 있다.

이와 같은 현황에 따라 본 연구에서는 고분자 절연재료의 열화현상에 대한 메커니즘을 이해하고, 열화형태 및 진전 상태에 따라 애자의 표면 누설전류값 및 파형이 변화를 관찰하기 위해 누설전류 데이터 취득을 위한 시스템을 구성하였다. 측정된 데이터에 대한 통계적 처리를 통해 절연물의 잔존수명예측 및 열화경향분석을 시도하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 열화진단 기법

폴리머애자의 열화진단을 위해 소개되는 방법으로 첫째, 폴리머애자 표면의 변색, 손상이나 침식 또는 금구부식 등을 육안으로 관찰하여 진단 방법이 있으며, 둘째는 폴리머애자의 길이 방향으로 전계를 측정하여 전계의

변화형태로 열화를 판정하는 방법이 있으며, 셋째는 내부에서 미소한 방전이 발생되었을 때 무선으로 이때 발생된 음향신호를 감지하여 판단하는 방법 등이 소개되고 있다. 또한, 최근에는 적외선 카메라를 사용하여 내부 결함을 가진 폴리머애자를 검출하는 방법이 많이 시도되고 있다. 그러나 이러한 방법들은 선행적으로 해결해야 할 문제들이 많아 현실에 적용하는데는 상당한 시일이 소요될 것이다.

현재까지 폴리머애자의 열화상태를 평가하는 보편적인 방법으로는 표면 변색, 코어노출, 표면 트래킹, 발수성 상실, 금구부식, 등가열분부착밀도 측정 등의 방법이 많이 사용되고 있다.

본 연구에서는 폴리머애자로부터 쉽게 정보를 얻을 수 있는 누설전류를 측정하여 시간에 따른 누설전류 변화 추이 및 누설전류 파형 등을 비교 분석하여 열화형태를 고찰하는 방법을 도입하고자 측정 및 분석시스템 구성하였다.

2.1 시스템 구성

폴리머애자의 경우 경년에 따라 주위환경에 많은 영향을 받게되어 열화가 진행되는데, 제조상의 결함이 없다면 대부분 재료의 표층에서 열화가 진행되어 누설전류가 증가하는 경향을 나타낸다. 이들의 시간에 따른 누설전류 패턴을 면밀히 분석하면 폴리머애자의 열화의 진행 상태 및 열화유형을 찾아낼 수 있다.

따라서 누설전류를 감지하여 데이터를 얻고, 또한 획득한 데이터 분석하기 위해 그림 1과 같이 시스템을 구성하였다.

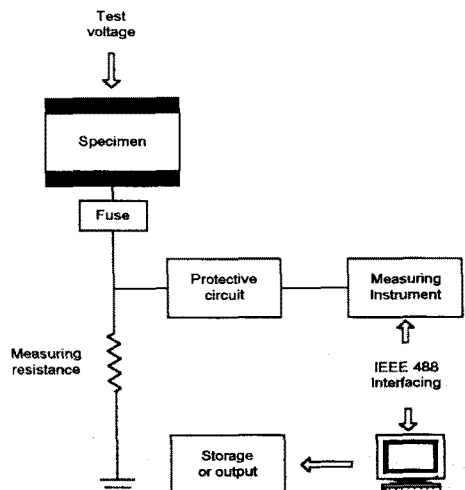


그림 1. 시스템 구성

데이터 처리 시스템은 보호회로, 측정회로, A/D converter, PC, 데이터 처리용 소프트웨어로 구성된다. 전류를 측정하기 위해 시료와 접지측 사이에 shunt 저항을 연결하였으며, 이 저항에 걸리는 전압을 측정하는 방식을 취하였다. 시스템은 고전압인가 전원을 사용하기 때문에 적절한 보호회로가 갖추어져 있다. 시료의 절연이 파괴되었을 때 나타나는 과전류 및 과도고전압에 대한 측정회로의 간섭을 막기 위해 고안되었다.

또한, 측정하고자 하는 신호에는 폴리머애자 고유의 특성을 나타내는 것 이외에 외적인 환경의 영향으로 나타날 수 있는 무수히 많은 정보가 들어 있으므로 전자기적 과도 간섭과 같은 것에 대해 루프가 이루어지는 것을 피하기 위해 신호연결선의 차폐, 측정회로의 격리 등의 충분한 고려가 선행되어야 한다.

시험 전체 기간동안에 실시간으로 측정된 데이터는 PC에 저장되게 되며 이를 처리하기 위해 별도의 프로그램을 설치하였다.

2.2 데이터 처리 기법

2.2.1 측정 알고리즘

그림 2에 데이터 감지하고 분석하여 열화상태를 예측하는 알고리즘을 나타내었다. 전류센서를 통해 측정된 아날로그 신호를 처리하기 위해 디지털 신호로 변환한다. 이 변환된 디지털 신호는 PC에 저장되고 처리되게 된다.

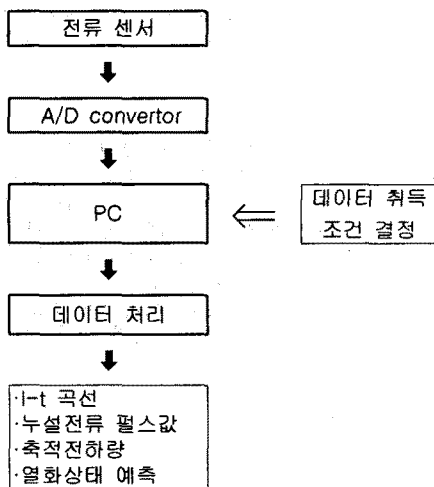


그림 2. 측정 알고리즘

2.2.2 데이터 처리

시스템의 측정조건은 계측장비의 샘플링 속도 및 측정하고자하는 데이터 값 및 하드디스크의 저장 공간 등을 고려하여 설계하여야 한다.

- 전류 센싱을 위해 저항값은 A/D 컨버터 오차범위 내에서 선택
- 측정된 누설전류치를 적분하여 축적전하량을 계산
- 다수의 시료에 대한 값을 측정하기 위해 샘플링 주파수 변경
- 장시간 측정의 경우 데이터량이 많아 처리하기 어렵기 때문에 전체 측정시간을 고려하여 데이터 측정 및 저장 간격을 결정
- 설정 입력치 이상의 누설전류 값을 카운터
- 고조파 분석
- 측정값 Display

2.2.3 I-t 곡선

측정 데이터를 처리하기 위해 최소자승법을 도입하여 에러가 최소가 되는 함수값을 선택하였다.

$$\begin{bmatrix} 1 & Be^{at} \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \\ 1 & Be^{atn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C \\ D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} A x &= B \\ A^T A x &= A^T B \\ x &= (A^T A)^{-1} A^T B \end{aligned}$$

최소자승법을 이용하여 데이터를 통계처리하는 흐름도를 그림 4에 나타내었다.

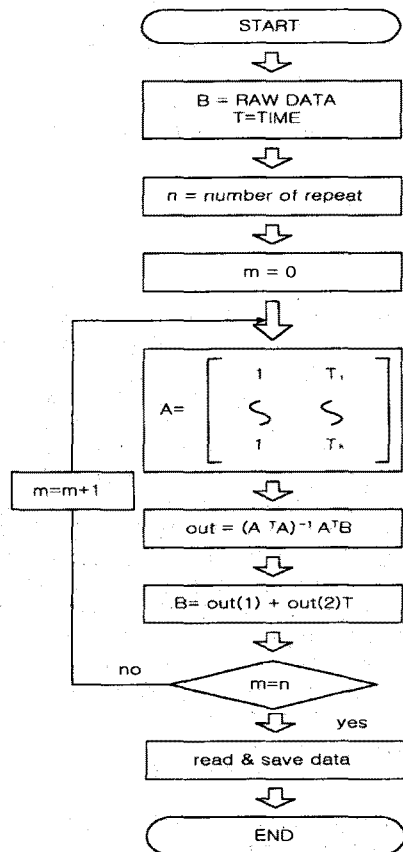


그림 3. 데이터 처리 흐름도

측정된 데이터 값에 대해 연속된 데이터 3~4개를 선택하여 위와 같은 최소자승법을 이용하여 선형화하였다. 처리 프로그램은 상용화된 Matlab을 이용하였다. 위와 같은 방법을 이용하여 데이터 분석한 결과를 그림 5에 나타내었다.

2.3 보호회로의 구성

측정시료에서 섬락이 발생하였을 경우 과전압이 시스템으로 유입되는 방지하기 위한 특별한 보호회로가 요구된다. 시스템 보호를 위해 적용되는 회로의 예를 그림 3에 나타내었다.

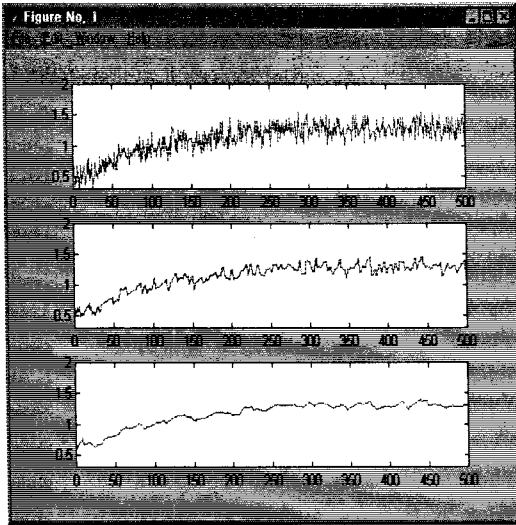


그림 4. 최소자승법을 이용한 데이터 처리

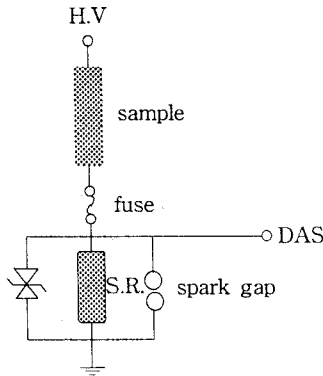


그림 3. 보호 회로의 구성

3. 결 론

폴리머에자로부터 얻은 누설전류값이나 파형으로부터 열화상태를 판정하고자 측정시스템을 구성하였으며 얻어진 데이터를 분석하고 처리하는 기법을 소개하였다.

정확한 열화진단이 이루어지기 위해서는 열화 형태에 따른 누설전류 파형 및 피크치의 변화, 예자 형상 및 재질에 따른 데이터, 온도특성에 따른 누설전류 변화, 절연 파괴에 이르기 전단계의 I-t 특성 등의 요건을 고려할 필요가 있다.

복합 고분자에자의 열화진단 데이터분석 툴개발에 관한 본 연구에서는 열화 메커니즘에 대한 고찰 및 국제적 경향 분석을 통하여 표면누설전류를 열화진단을 위한 transducer로 선정하였으며, Data aquisition system의 구성 및 데이터 처리과정을 통하여 복합 고분자에자의 열화진단의 가능성을 제시하였다.

(참고문헌)

[1] M. Sato, A. Nakajima, T. Komukai. "Spectral Analysis of Leakage Current on Contaminated Insulators by Auto Regressive Method". IEEE

ICPEDM, 1998.

- [2] M.A.R.M. Fernando, S.M. Gubanski. "Leakage Current Patterns on Artificially Polluted Composite Insulator". IEEE CEIDP, 1996
- [3] Tiebin 코매 몽 John Skich. "Salt fog aging tests on non-ceramic insulators and fog chamber data acquisition system". IEEE Annual Report, Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, 1996
- [4] Edgar P. Casale and Stephen A. Sebo. " Polymer insulator fog chamber project: Dta acquisition system development". IEEE Annual Report, Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, 1996
- [5] M.A.R.M. Fernando, J.Lambrecht, S.M. Gubanski. " Modelling non-linear leakage currents on artificially polluted polymeric surfaces". IEEE, 1998