

해저케이블의 열화진단을 위한 트리잉의 화상처리

이재봉^o, 임장섭^{*}, 박현빈^{*}, 구할본^{*}, 김태성^{*}, 요시무라 노보루^{**}

^{*}전남대학교 전기공학과, ^{**}아키다대학 전기공학과

Image Processing of Treeing for Diagnosis of Deterioration in Submarine Cable

J.B. Lee, J.S. Lim, H.B. Park, H.B. Gu, T.S. Kim, N. Yoshimura^{**}

Dept. of Elec. Eng. Chonnam Nat'l. Univ.

^{**} Dept. of Elec. Eng. Akita Univ.

Abstract

To measure treeing, visual measurement with an optical microscope has been used to explain breakdown mechanism by treeing in organic materials.

The conventional direct visual method of tree deterioration observation is difficult to measure in short time processing, and impossible to analyze the deteriorated area by treeing, direction of tree growth, tree patterns etc.

In this paper, we have developed a tree-measuring system using image processing for the tree growth, the area of deterioration, and other progresses of treeing. As experimental result, image processing is an effective alternative to direct visual observation method.

1. 서론

절연체의 트리잉을 시각적으로 관찰하는 기존의 방법은 실시간 분석이 어렵고, 트리잉의 정량적 해석이 어렵기 때문에 트리의 성장 길이에 대한 결과만 조사되었다. 그러나 화상처리에 의한 관찰의 경우에는 트리의 성장을 화상 데이터로 입출력하므로 여러 가지 데이터 처리 및 정량적인 분석이 가능해진다.

해저케이블의 경우에는 단절연층 및 침수방지를 위한 층이 존재하므로 층간의 전기적 트리와 수트리가 연구분야로 제안되고 있다. 특히 케이블의 제작시 층간의 전기적 트리가 진전하는 특성이 존재한다.

본 연구에서는 해저케이블의 열화기구의 기초 연

구분야로 절연층간의 트리잉을 연구대상으로 하였으며, 기초연구단계로 수트리가 존재하지 않는 전기적 트리만을 고찰하였다. 열화의 전과정을 기록하면서 화상처리를 하였다. 또한 기존의 시각적 관측방법에 의한 결과와 화상처리를 수행한 후의 결과를 비교하였고, 트리의 성장 길이, 성장 면적 및 트리의 형태에 대하여 고찰하였다.

2. 실험방법 및 시료제작

2.1 시료

시료는 가교폴리에틸렌(12×12×3)을 이용하였다. 그림 1은 제작된 시료로서 (a)는 층이 존재하지 않는 경우의 시료이며, (b)는 절연층이 존재하는 시료이다. 시료를 120℃에서 15분간 가열한 후 침삼입기를 이용하여 전극(곡률 반경 5μm)을 삽입하였다. 침-평판 전극방식으로 전극간의 거리는 2mm로 하였다. 시료와 평판전극의 접촉을 양호하게 하기 위하여 도전성 은페인트로 도포하고 실리콘 오일 내에서 트리잉 실험을 하였다.

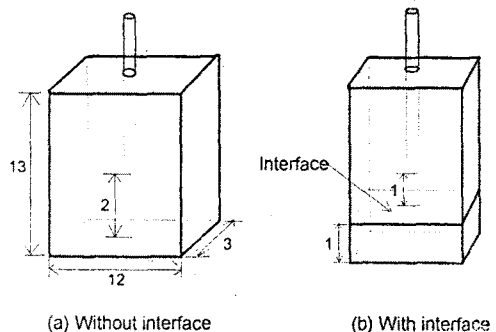


Fig 1. Configuration of Specimen [mm].

2.2. 시스템의 구성

교류전압을 인가한 후 광학현미경을 통하여 트리잉을 관측하면서 비디오테이프에 녹화하였다. 녹화된 화면을 화상처리보드를 이용하여 디지털 이미지로 만들고 트리잉의 진전특성을 고찰하였다. 화상처리보드의 화소수는 256×256 이며, 흑백 농도는 256(8bit) 단계이다.

화상처리의 순서는, 먼저 입력된 화상으로부터 2진화 처리를 하고 노이즈를 제거한 후에 전극의 선단부를 측정한다. 이때의 선단점을 트리의 시작점으로 판단하고, 최초의 트리화면과 열화과정의 트리화면을 이용하여 전극부분을 제거한다. 전극제거후 각 열화단계별로 트리의 시작점부터 트리의 중단점까지의 X축 좌표를 트리의 수평성장 길이, Y축 좌표의 범위를 트리의 수직성장 길이로 하고 이때의 면적을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 화상처리 프로그램의 개요

화상처리 프로그램에서 처리되는 데이터는 이미지 프로세서에서 이진화된 디지털 값이 입력된다. 이미지보드에서 입력된 화상은 256×256 픽셀의 256 농도 화상이며 히스토그램 분포에서 이진화 변화값을 얻고 이진화를 수행한다.

이진화 화상은 전압인가 시간 별로 구분하여 단계별 데이터를 저장한 후 초기화상과의 비교를 통하여 진전된 화상만을 추출하여 트리 화상을 얻을 수

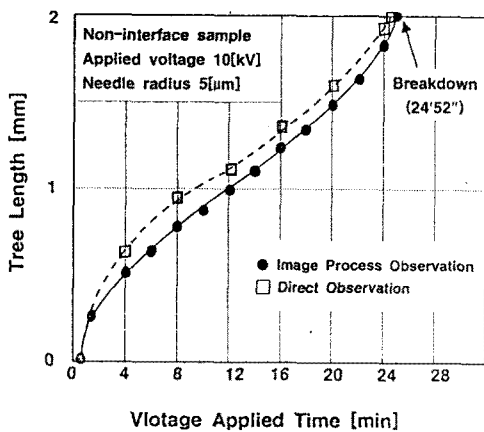


Fig 2. Comparison between Image Processing and Direct Observation

있다. 그러나 입력된 화상은 재료의 불투명성으로 인하여 노이즈가 존재하고 이미지 추출과정에서 노이즈가 존재하므로 노이즈제거를 위한 필터링을 반복한다.

트리의 길이는 전극의 선단부분에서 평판전극부까지의 거리를 측정하여 기준으로 하였으며, X축의 성장은 트리의 길이, Y방향의 성장을 트리의 수직방향 길이로 하였으며, 관측되는 화소수를 트리면적으로 계산하였다.

3.2. 시각측정결과와 화상처리결과를 비교

그림 2는 10[kV]의 전압을 인가한 트리잉 실험의 한 예이다. 전 열화과정을 광학 현미경을 통하여 직접 측정하여 화상처리의 결과와 비교하였다. 그림 2의 실험에서 직접관측법과 화상처리에 의한 방법은 결과의 차이가 적었다. 따라서 직접관측법으로는 불가능한 대단히 짧은 시간의 트리진전 등의 실험에도 화상처리방법은 유용하였다. 그러나 미세한 선단부의 측정엔 필터링과정에서 다소 손실되므로 직접관측보다는 정확도가 떨어지나 인위적인 오차는 없다.

그러나 이미지 프로세싱은 트리의 길이 및 수직방향 성장도 동시에 측정이 가능하고 데이터 처리를 통하여 면적의 측정도 가능하다. 즉 이미지 프로세싱을 통한 트리관측법은 기존의 관측법보다 다각적인 측정이 가능하고 정량적인 해석도 가능하다.

3.3. 트리의 성장 길이

그림 3은 층이 존재하지 않는 경우의 트리성장 모델이다. 인가된 전압에 따라서 트리의 형태가 다르고

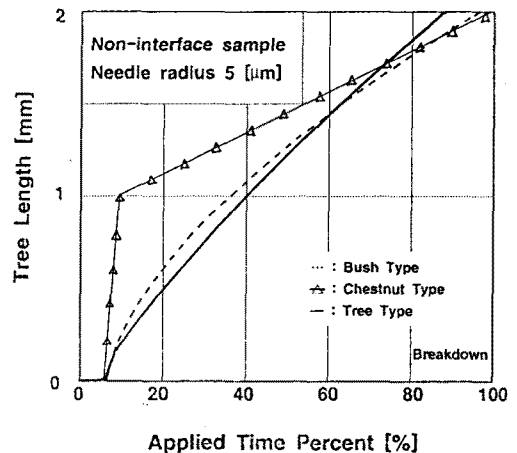


Fig 3. Tree Growing Model According to Tree Shape (without layer).

절연파괴시간이 다르므로 절연파괴시간을 기준으로 결과를 비교하였다. 트리의 초기 진행과정에서는 체스트너트(chestnut)형의 트리가 가장 빠른 성장속도를 갖고 있지만, 후반부의 트리진행은 부시(bush)형이나 트리(trce)형의 트리가 성장률(length/applied time percent)이 빠르다. 이것은 트리형의 트리가 수직방향의 성장을 하는 반면, 부시나 체스트너트형 트리는 면적의 증가가 함께 일어나기 때문이다. 트리의 형태는 인가된 전압에 따라서 다르게 나타나며, 파괴시간도 트리의 형태에 따라서 다른 값을 갖는다.

그림 4는 절연층의 존재를 가정한 그림 1.(b)의 시료의 실험결과이다. 층간에 가해지는 물리적인 압력은 일정하게 유지하고 실험하였다. 트리형의 진행과정은 부시형 및 체스트너트형보다 절연파괴시간이 길고 층간유지시간 및 하부전극에서의 유지시간이 길었다. 층간유지시간은 1[mm]에서 지연되는 시간을 말하며 하부전극 유지시간은 2[mm]에 도달한 후 절연파괴까지의 시간이다. 특히 1[kV]이하의 전압에서와 같은 낮은 스트레스에서는 층간이상의 진전이 존재하지 않고 계면층으로 트리가 진전되는 결과가 보이기도 하였다.

체스트너트형 트리는 층간부분에서 하부전극까지 빠르게 성장하는 특성을 보이고 하부전극도달 후에는 전 영역에서의 트리면적이 증가하는 특성이 관측되었다.

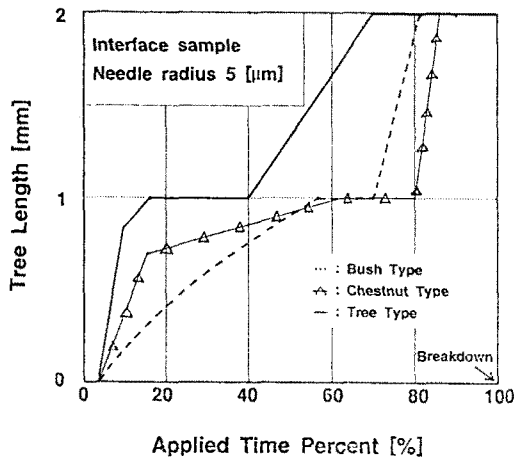


Fig 4. Trce Growing Medel According to Tree Shape(with layer).

3.4. 인가전압에 따른 트리의 형태

인가된 전압에 따라 발생하는 대표적인 트리의 형태는 3가지로 구분된다. 트리개시전압 이상의 경우는 부시형태 또는 체스트너트형 트리가 관측되고 낮은 전계하에서는 트리상의 진전을 관측할 수 있었다. 또한 데이터의 진행각도별 분포가 다르고 트리면적의 증가율도 다르다. 이러한 데이터의 분포를 고찰하여 트리의 분포를 정량화하는 것이 가능하다.

4. 결론

화상처리를 이용하여 층간의 트리진전과 층이 존재하지 않는 경우를 시험하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 화상처리를 이용한 트리잉 관측법을 통해 기존의 연구에서 불가능했던 해석을 할 수 있다.
- (2) 층이 존재하지 않는 경우의 시료에서 트리의 초기진행은 체스트너트형 트리가 성장률이 가장 크고 트리형이 가장 느리게 성장하였다.
- (3) 절연체 내부에 층이 존재하는 경우, 트리의 성장률은 트리형 트리가 가장 빠르고 부시형이 가장 느린 성장을 보였다.

화상처리 관측시스템은 기존의 관측법보다도 정량적인 측정이 가능하고 정성적인 해석도 가능하였다. 또한 화상처리를 이용한 새로운 트리잉 관측방법 및 응용분야가 지속적으로 연구되어야 한다.

5. 참고문헌

- [1] 김춘승, "CT법 및 광투과법에 의한 트링열화의 3차원 측정법의 개발", Trans.IEE, Vol. 111-A, No. 1, Jan. 1991
- [2] R. Patsch, "Electrical and Water Trecing", IEEE Trans on EI, Vol. 27, No. 3, pp. 532-542, 1992
- [3] L.A. Dissado, "The Statistics of Electrical Tree Inception", IEEE Trans on EI, Vol. 25, No. 4, pp. 660-666, 1990
- [4] T.S. Kim, "The Dielectric Properties of Interface Layer in Mica-Epoxy", KIEEME, '92 Korea-Japan Joint Conference, pp. 89-92, 1992