

XLPE에서의 트리특성 및 프랙탈 해석

임 장 섭*, 김 태 성*, 이 준 응**.

* : 전남대학교 전기공학과

** : 광운대학교 전기공학과

Fractal Analysis and Tree Characteristics in XLPE

Lim Jang-seob*, Kim Tae-sung*, Lee Joon-ung**.

* : Dept. of Electrical Eng., Chonnam Nat'l University.

** : Dept. of Electrical Eng., Kwangun University.

<ABSTRACT>

The Tree observation technique is being highlighted as a reasearch area for deterioration of insulation because of high-voltage power system.

For the measurement of tree, image processing is actively studied as a experimental technique of electrical tree, because the conventional directed visual method is impossible to analyze on tree degradation area and tree pattern.

In this paper, we have developed the tree measuring system using image processing. By using an image processing technique, the treeing can be easily measured and effectively observed.

I. 서 론

전력 시스템의 초고압화로 인하여 새로운 절연 재료 즉 Epoxy나 XLPE 등의 절연성 증대에 관한 연구와 절연열화의 연구가 요구되고 있다. 그러나 전력용 설비의 결함은 정상적인 전압에서도 전계집중을 형성 및 전기 트리라는 독특한 열화 과정을 동반하게 된다.

트리열화 진단기술은 트리의 발생으로부터 진단되는 열화과정을 고찰함으로써 절연체의 절연 파괴 메카니즘을 해석하고 판단하는 관측기술이다. 그러나 트리열화 과정의 시각적 관측으로는 트리성장의 정확한 정량화가 어렵기 때문에 화학처리에 의한 트리성장의 정량적 해석뿐만 아

니라 정성적 분석으로 프랙탈 수학을 이용한 트리의 패턴을 수식화에 관한 연구가 진행되었다.

본 연구에서는 화학처리를 이용한 실시간 트리 관측을 수행하였고, 프랙탈에 의한 정량화를 수행하였다.

II. 프랙탈(Fractal)

자연계에 존재하는 패턴으로부터 자기상사성, 즉 도형의 둘레를 적당한 방법을 이용해서 구하여 프랙탈 차원을 구하고 있다. 프랙탈 차원을 구하는 방법은 여러가지 방법이 제안되고 있지만 대표적인 커버법에 대해서 기술한다.

프랙탈은 자기상사성을 갖고 있지만, 이 방법은 임의의 스케일 이하의 미소한 변화를 무시하는 것에서 차원을 구하는 방법이다. D차원의 공간 내에 있는 패턴을 주변거리 r과 D차원의 입방체로 덮어서 측정하는 방법이다. 그 때 필요한 초입방체의 최소수 N(r)는 다음의 수식과 같이 된다.

$$N(r) \propto r^{-D} \quad (1)$$

이러한 수식에서의 D가 프랙탈 차원이다. 상기의 수식에서 프랙탈 차원은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D = - \frac{\log(N(r))}{\log(r)} \quad (2)$$

이것은 스케일이 1/a로 될 때의 체적이 V_a 로 된다고 하면 $N(r)=V_a/V$, $r=1/a$ 로 된다면 전술한 스케일 변환법의 수식과 일치 함을 알 수 있다. 그

러나 커버법은 스케일 변환법과 달리 간단히 3차원의 프랙탈화가 가능하기 때문에 널리 이용되고 있다. 특히 입방체의 변환이 가능하므로 적용가능성이 우수하다. 일반적으로는 정방형 및 원형이 널리 이용되고 있다.

III. 시료제작 및 실험방법

본 연구의 재료는 가교폴리에틸렌(XLPE, 일본 후지쿠라)을 이용하였다. 재료에 삽입하는 침전극은 선단곡률반경 $5[\mu\text{m}]$, 선단각도 30° 의 오후라 트리전극(일본, 오후라보석정기)을 이용하였으며, 하부의 평판전극에서의 접촉저항 감소를 위하여 샌드페이퍼를 이용하여 연마하였다. 침전극과 평판전극과의 거리는 $2[\text{mm}]$ 로 하였다.

그림 1은 트리관측 시스템의 전체 개략도이다. 전압을 가하는 전극부분은 동일한 압력을 가하기 위하여 스프링의 위치를 일정하게 하였으며, 시료에 가해지는 압력은 $15[\text{kg}/\text{Cm}^2]$ 이며 면압의 측정은 프레스-겔법을 이용하였다.

원화상의 입력을 위하여 최초 1분간은 전압을 인가하지 않았고, 승압속도 $500[\text{Volt}/\text{sec}]$ 로 전압을 목적한 전압까지 상승하였다.

입력된 화상데이터를 화상보드를 이용하여 디지털화 하고 트리잉의 진전특성을 고찰하였다. 화상처리보드의 해상도는 256×256 이며 흑백단계는 256 단계이다.

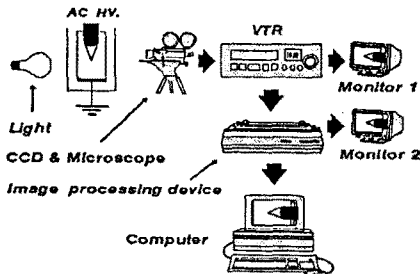


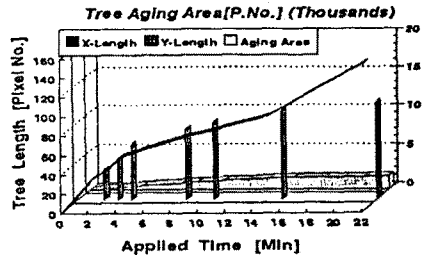
그림 1. 트리관측 시스템.

IV. 결과 및 고찰

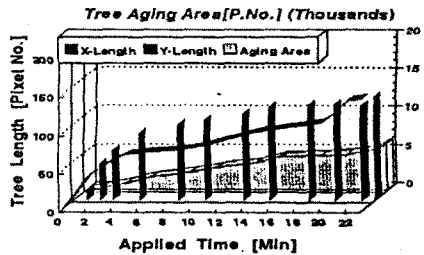
4-1. 화상처리에 의한 트리관측

화상처리를 통한 트리의 Y축 성장 특성 및 열화면적에 관하여 고찰하였다. 인가전압에 따라

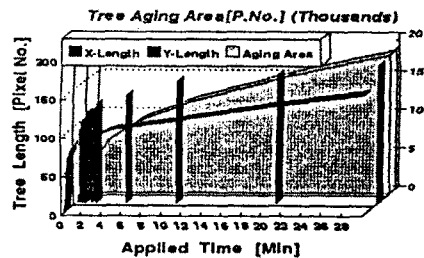
절연파괴까지의 시간이 다르기 때문에 동일 전압의 트리실험을 반복하고 트리의 Y축방향 및 열화면적 성장을 열화시간에 따라서 조사하였다.



(a) 8 [kV]



(b) 10 [kV]



(c) 14 [kV]

그림 2. 트리의 X축, Y축 및 열화면적.
(a) 8 [kV] (b) 10 [kV] (c) 14 [kV]

그림 2는 트리의 Y축방향 및 열화면적의 성장을 보여주고 있다.

트리형 트리의 Y축 진전특성은 열화단계 초기(10%)에 증가한 후 열화면적의 증가가 부시형이나 체스트너트형에 비하여 느린것이 고찰된다.

부시형 및 체스트너트형 트리의 X축 성장패턴이 초기에 급격히 증가하다가 후반부의 X축방향의 진전속도율이 낮은 이유는 고전계가 트리의 선단부보다는 트리의 전영역에 집중되어 있기 때

문에 Y축방향으로의 진전과 열화면적의 증가가 일어나기 때문이다.

4-2. 프랙탈에 대한 고찰

본 연구에서 채택한 프랙탈 계산법은 입방체의 변환이 가능하여 적용가능성이 우수하고 3차원의 프랙탈화가 가능한 커버법을 채택하였다.

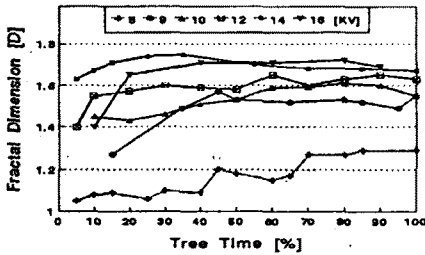


그림 3. 프랙탈 차원
Fig. 3. Fractal dimension

프랙탈의 자기상사성은 그림 3에서 잘 나타나 있다. 프랙탈 차원은 길이와 같은 정량적인 표현으로 불가능한 정성적인 표현방법을 제시할 수 있다. 초기의 일부를 제외하고는 트리가 일정한 프랙탈 차원이 얻어졌다. 계산된 프랙탈 차원은 트리 발생초기에는 저차원에 가까운 트리가 발생하여 점차 인가전계에 따른 자기상사영역으로 발전함을 확인하였다.

동일전압의 트리실험에서도 트리형태를 3가지 (Tree, Bush, Chestnut)로 명확히 구분하기가 어려운 영역이 있다. 이러한 중간적인 형태의 트리를 표현하는 경우도 있는데, 즉 Tree, Bush, Chestnut의 표현에 Tree like Bush, Bush like Chestnut의 형태를 쓰는 경우도 있다. 본 연구에서의 결과로써 트리형은 트리의 차원이 1.2에서 1.5차원 정도이고, 부시형의 경우에는 1.5에서 1.6차원으로 계산되었다. 체스트너트형의 경우에는 1.5차원 이상의 결과가 얻어졌다. 또한 트리의 차원이 인가전압에 따라서 증가함을 알 수 있었으며, 트리의 정성화에 효과적임을 알 수 있다.

그러나 경우에 따라서는 애매한 구분이 존재

하고 있다. 이에 대한 기존의 여러 논문에서는 명확한 정의를 하지 못하고 있으며, 단지 3차원적 트리관측에서 이를 해결하려고 있다. 프랙탈화가 트리의 근사적인 정성화에 있어서 효과적이지만 선형적 정성화에는 몇가지의 한계가 있다. 그림 3.에서 1.5차원에서 1.6까지의 영역이 애매한 영역으로 구분된다.

V. 결 론

본 논문에서는 화상처리를 이용한 트리 관측시스템을 구성하여 전기트리의 정량적·정성적 고찰을 통한 결론은 다음과 같다.

1. 트리초기의 진행은 체스트너트형 트리가 트리성장율이 가장 빠르게 진행하고 트리형이 가장 느린 진행을 보였다. 그러나 트리진행의 후반부에서는 트리형 트리의 성장율이 가장 빠르게 관측되었다.
2. 트리형의 트리의 주된 열화진행은 X축방향의 진전이고, 체스트너트형 트리는 열화면적의 증가가 일어난다.
3. 프랙탈을 이용한 트리패턴의 수치화가 가능하고, 트리형은 프랙탈 차원이 1.2에서 1.5차원 정도이고, 부시형의 경우에는 1.5에서 1.6차원으로 계산되었다. 체스트너트형의 경우에는 1.5차원 이상의 결과가 계산되었다.

참고문헌

- 1> Yosimura, "Diagnostics of Treeing Degradation by Image Processing", IEEE. Trans. On Electrical Insulation, Vol.26, No. 2, pp.314-317, 1991.
- 2> Yosino, "フラクタルと電気電子現象", 日本電気材料技術雜誌, Vol. 2, No.1, pp.3-18. 1993.
- 3> Liu Ziyu, "Space Charges and Initiation of Electrical Trees", IEEE. Trans. on Electrical Insulation. Vol.24 No.1, pp.83-89, 1989.
- 4> L.A.Dissado, "The Statistics of Electrical Tree Incception", IEEE. Trans. on Electrical Insulation. Vol. 25 No.4, pp.660-666, 1990.