

프랙탈 차원을 이용한 SD절연의 새로운 평가

The New Estimation of Surface Discharge Insulation Using Fractal Dimension

임 장 섭*, 한 재 홍**, 김 덕 근***

Lim Jang-Seob* , Han Jae-Hong** , Kim Duck-Keun***

* : 목포해양대학교 해양전자통신공학부

** : 한국전력공사 전력연구원

***: 한국전기안전공사 전기안전시험연구원

<Abstract>

Fractal mathematics is being highlighted as a research method for classification of image. But the application of Fractal dimension(FD) has been required the complicated calculation method because of its complex repetition progressing.

In this paper, it has been developed the new approach method to express the Fractal Dimension(FD) for aging level calculation and estimation system of outside insulator using special image processing algorithm.

As a result after FD testing, the recognized aging estimation of FD has a very characteristics compared to the conventional visual inspection.

1. 서 론

전력계통에는 여러 종류의 절연재료가 도전재료, 자성재료 및 절연재료 등으로 사용되고 있다. 이 중 옥외용 절연재료는 타 분야의 재료에 비하여 장기간 사용되고 열악한 환경에 노출되어 있다. 이러한 이유로 옥외용 애자로 Porcelain Type 애자가 내아크성, 내후성, 내열성 등의 절연특성 갖고 있으므로 이용되고 있었다. 그러나 산업의 발전으로 인한 전력수요의 급격한 증가는 상기의 특성외에도 유지·보수, 소형화, 경량화 및 내환경성 등의 추가적인 기능이 요구되고 있다. 특히 종래에 사용되던 Porcelain Type 애자는 내열성, 내열화성, 기계적 강도 등이 우수하지만 가공 및 성형이 곤란하고, 환경적 절연특성 등에서 취약하여, 선진국에서는 약 20년전부터 폴리머 절연재료가 연구개발되어 사용되

고 있다.

그러나 옥외용 설비의 내트래킹성과 같은 절연성을 평가하는 방법은 아직까지 정립된 이론 및 방법이 없다. 따라서 객관적인 평가가 가능한 새로운 정량화를 개발할 목적으로 표면방전(Surface Discharge :SD)을 프랙탈 차원(Fractal Dimension :FD)을 이용하여 평가하였다.

본 연구에서는 배전용 22.9[KV] EPDM 애자를 이용하여 트래킹의 발생 및 진행 과정을 분석하고, 특히 SD 측정을 통하여 트래킹성에 대한 비교분석 및 각종가속실험 전후의 특성을 판단하고자 한다. 그리고 마지막으로 SD관측을 통하여 EPDM 애자의 가속열화에 따른 표면방전을 고찰하였다.

2. 프랙탈 수학

현대과학의 지식으로 아직 미해결된 문제

가 많은데, 이 미해결의 문제에는 대개 복잡성과 난해성 등과 같은 공통적인 성질을 내포하고 있다. 어떤 대상이 복잡하다는 감각을 정량화 할 수 있다.

복잡한 형태를 정량적으로 표현할 수 있는 제일 확실하고 현명한 방법은 공통적인 형태를 찾아내서 이 형태에 대한 성질을 구체적으로 세밀하게 조사한 것이다. 여러 가지로 복잡한 형태의 성질들 중에서 공통적인 전형적인 성질을 추출해 내면 복잡한 형태는 쉽게 해석할 수 있다. 다시 말하면 복잡한 형태가 공통으로 갖고 있는 전형적인 성질을 정량화 하면 이 복잡한 형태를 모두 정량화 할 수 있다.

자연계의 모양을 두가지로 분류했는데 특징적인 길이를 가진 도형들은 그것을 길이, 넓이, 부피 등 정량적으로 표현할 수 있다. 그러나 특징적인 길이가 없는 도형들은 프랙탈의 개념이 나오기 전에는 정량적으로 표현할 방법이 없었다. 프랙탈 개념이 탄생되어 발전하면서 프랙탈 차원에 의해 그런 도형들에 대한 정량적인 표현이 가능하게 되었다.

유클리드 기하학적 차원이라는 개념을 생각할 때 경험적으로 점은 0차원, 직선은 1차원, 평면은 2차원, 그리고 우리주변의 공간은 3차원이라는 것을 알고 있다. 즉 경험적인 차원은 정수값으로 표현되고 있다.

그러나 자연계의 모든 형상들은 정수치의 차원을 갖지 않는다. 따라서 수많은 차원의 정의가 고안되었는데 그 중 이해하기 쉽고 프랙탈과 밀접하게 관련되어 있는 것이 상사성 차원이다.

상기와 같은 특성에는 같은 모양의 패턴이 반복적으로 생성되고 반복적인 작업 후에도 작업전의 패턴이 남아있는 것을 쉽게 발견된다. 이와 같은 특성을 자기상사성이라고 부르고 있다. 이러한 프랙탈 모형으로 길이와 같은 정량적인 표현으로 불가능한 정성적인 표현방법을 제시하고 있다.

자기상사성을 갖는 임의의 패턴은 가정한다. 모형의 크기를 1/a로 축소한 후 자기상사성을 측정할 경우 패턴의 상사성은 다음과

같은 수식으로 표현된다.

이와 같은 관계를 고차원의 경우로 확장한다면 다음과 같은 수식이 성립한다.

$$N(r) = r^D \quad (1)$$

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

일반적으로 유클리드 기하학에서의 차원은 정수값을 표현되지만, 위 식에서의 차원은 비정수값을 가질 수 있다. 이것을 전술한 코호곡선에 적용하여 보자. 예를 들어 FD가 1.26으로 표현된다면, 1차원의 직선적인 모형보다는 복잡하지만 2차원의 평면적 모형보다는 간단한 형태이다.

3. 실험방법 및 프랙탈 계산 알고리즘

3-1. SD 실험방법

현재까지의 많은 제안된 방법은 시편에서의 특성분석만이 가능한 방법이 보고되고 있으며, 너무나도 가혹한 조건에서 시험하는 방법으로 시행하는 단시간 Testing이 시행되고 있다. 따라서 장기간의 신뢰성이나 운용중의 재품을 평가할 수 있는 방법은 아직까지 제안되고 있지 않다. 특히 재현성 있는 수식화와 같은 파라메타가 없기 때문에 정량적인 개발법이 요구된다.

본 연구에서는 기존의 내트레킹성 시험에서 이용되는 조건을 이용하고, 재현성 있는 FD 실험을 위하여 다음과 같이 각각의 조건을 제안한다.

- 침적액은 IEC-60587법에서 제시한 내트레킹 침적용액(NH₄Cl)으로 이용.
- 배전용예자를 용액내에 30초간 침적.
- 인가전압은 45 [KV]. (1회 시험을 약 10분 이내로 하기 위함)
- 전원 인가 후, 3분간 연속 촬영. (3-5분)
- 입력의 크기 재변환 : 256*256 픽셀
- 10회의 반복실험 후 상한과 하한을 제외한 평균값. (재현성, 반복성)

3-2. 프랙탈 계산 알고리즘

상기의 시험방법에 의하여 시험한 결과는 다음과 같이 얻어진다. 이 조건의 외국 A사의 제품으로 현장에서 3년간 운용된 제품을 SD 실험한 결과이다.

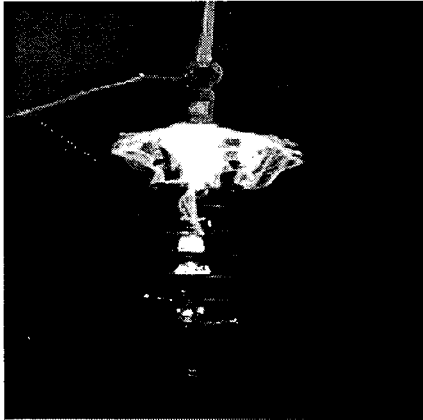


Photo 1. 가속 SD 시험 화면

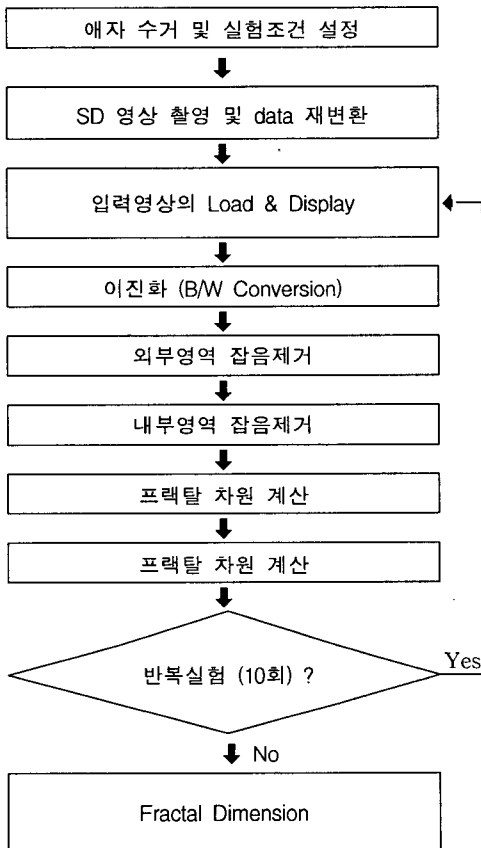


그림 1. SD의 프랙탈 차원 계산 알고리즘
 최초에 설정된 침적조건에 의해서 샘플링 된 시료를 준비하고 500Volt/sec의 승압속도로 목표전압 45[KV]를 인가한다. SD의 효과적인 관측을 위하여 암실 내에서의 시험이 요구되며, 카메라의 노출과 촬영시간이 적절히 조절되어야 한다. 특히 45[KV]의 전압은 상당히 높은 전압으로 추정되지만, 적절한 시험시간을 위하여 인위적으로 조정된 결과이다. 예를들면, 35[KV]에서는 수십분 이상의 시험시간이 요구되면 이는 보다 효과적인 자동화 시스템이 요구된다. 이는 추후에 보다 효과적인 개발을 추진할 계획에 있다.

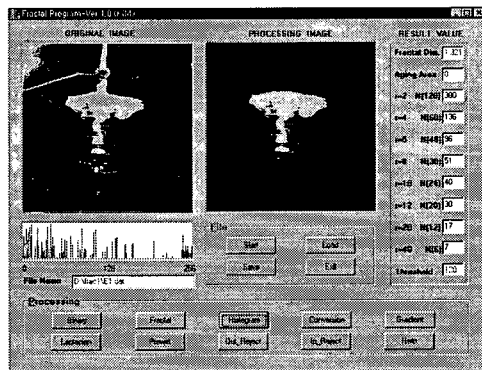


그림 2. 컴퓨터로 계산된 FD 결과

그림 1의 과정을 거치면서 필수적인 단계를 수행한 후, 영역분할을 통한 프랙탈 구강 카운트를 수행하면 모의 공간에서의 결과 값이 계산된다. 이들의 좌표를 다시 최소자승 오차법에 의한 기울기를 구하면 프랙탈 차원이 구해진다.

4. 결과 및 고찰

본 연구에서 제안한 새로운 평가법은 다음과 같은 결과가 얻어졌고, 또한 보다 효과적인 열화평가 가능성을 위한 개발의 요구된다.

4.1. 프랙탈 차원의 가능성 및 장점

FD를 이용한 제안된 방법은 현재의 다른 확실한 기술적인 방법이 없다는 점에서 새로운 접근방법으로 추정된다. 또한 옥외용 설비

의 현장 운용 후에도 샘플링을 통한 정량적인 평가가 가능하다는 장점을 확인 할 수 있다.

환경적인 열화요인 이 복잡한 옥외용 설비의 지역적·환경적 열화가속정도를 표현할 수 있는 방법으로 제안한다. 즉 동일 생산품의 경우에도 지역적인 열화가속도가 다르다는 점이 옥외용 설비의 운용 및 유지보수 측면에서 문제점으로 나타난다. 즉 경험적인 시각적 관찰(Visual Inspection)이 유일한 지역별·통계적 고찰이라는 점에서 제안된 방법은 새로운 접근이 가능하며, 운용지역의 효과적인 보수상황을 예측할 수 있다.

제안된 방법은 열화정도를 숫자로 표현가능하기 때문에 제품별의 절연성 평가 및 지역별 상대적 평가가 가능하다. 또한 운용기간 동안의 SD열화정도를 구체적인 숫자로 정량화가 수행 가능하다. 예를 들어 그림 2의 경우에는 SD=1.32정도로 같은 기간동안 운용된 다른 지역보다는 열화정도가 심한 것으로 추정되며, 다른 제조사의 경우보다도 열화가 심한 것으로 추정가능하다.

4-2. 프랙탈 차원의 프랙탈 응용의 문제점 및 해결방안 제시

그러나 다음과 FD 응용에도 같은 문제점과 해결방안 고안되어야 한다.

- SD 특성상의 FD 재현성
: SD는 주변상화에 따라서 또는 시험조건에 따라서 동일조건 환경 및 반복적 실험을 통하여 신뢰도 영역을 높여야 한다.
- 단일 인가전압의 특성 고유치 고찰
: 다단계 실험고찰(25, 30, 35, 40, 45 [KV])을 통하여 보다 효과적인 SD 정보를 수행한다면 가능하다. 그러나 측정 시간의 증대에 따른 자동화가 요구된다.
- 측정자동화 시스템
: 프랙탈의 영역분할은 정확한 계산을 위하여 보다 효과적인 디지털화 추진 및 실시간 영상처리가 요구된다.
- 지역적인 편차의 관리

: 장기적인 Database화 필요하며, 지속적인 샘플링이 요구된다.

- 제품평가의 명확한 데이터
: SD기술 및 소프트웨어법의 개발

제안된 방법은 기존의 불분명한 SD 평가법보다도 효과적이며, 저비용의 SD평가가 가능하다. 또한 보다 효과적인 발전 가능성이 높음으로 국내외적인 적용이 요구된다.

5. 결 론

옥외용 애자의 표면 절연특성을 평가하기 위한 새로운 프랙탈 차원(FD)을 적용한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1> FD를 이용한 제안된 방법은 현재의 다른 확실한 기술적인 방법이 없다는 점에서 새로운 접근방법으로 제안한다.
- 2> 옥외용 설비의 지역적인 열화정도를 정량화 할 수 있다. (큰 FD:심한열화지역)
- 3> 제조사별 열화진행을 상대적으로 평가할 수 있다. (큰 FD:열화진행이 빠른제품)
- 4> FD의 최대값은 1.8정도로 추정된다. 이를 통하면 기대수명을 예측할 수 있다.

상기의 제안된 새로운 방법으로 FD의 효과적인 운용을 수행 할 수 있으며, 지역적인 판리나 제조사별 운용에 적용하는 것이 가능할 것으로 기대된다.

<REFERENCE>

- 1> Jangseob Lim, CIRGE GW15-108, 1998.
- 2> Jangseob Lim,"Aging Recognition of Partial Discharge Patterns Using Neural Network and Semi-Fractal Dimension", Proceedings of the 5th ICPADM, Vol.1, pp290 - 293,1997.
- 3> M. Fujii, "Fractal Character of DC Trees in Polymethylmethacrylate", IEEE. Trans. on E.I. Vol.26 No.6, pp.1159-1162, 1991.