

현장운용 EPDM의 SD평가 및 트래킹 열화

The Tracking Degradation and Surface Discharge Estimation in Field Operated EPDM

임 장 섭*, 한 재 홍**, 송 일 근**

Lim Jang-Seob* , Han Jae-Hong** , Song Il-Keun***

* : 목포해양대학교 해양전자통신공학부

** : 한국전력공사 전력연구원

<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 applied the new approach method to express FD for aging level calculation and investigated the relative degradation processing in outside EPDM insulator.

As a result after testing, new proposed method has a capability to estimate in case of the field operated EPDM and accelerating test. Therefore, we find the differency of operated EPDM according to field condition.

1. 서 론

전력계통에서 사용되고 있는 옥외용 절연재료는 타 분야의 재료에 비하여 장기간 사용되고 열악한 환경에 노출되어 있다. 이러한 이유로 내트래킹성이 우수한 Porcelain Type 애자가 널리 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 애자에 비교하여 가공 및 성형이 우수하고, 환경적 절연특성 등이 우수한 폴리머 절연재료가 연구 개발되어 사용되고 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 프랙탈차원(Fractal Dimension :FD)을 이용하여 평가하였다.

본 연구에서는 배전용 22.9[KV] EPDM 애

자를 이용하여 현장에서 운용된 경험이 있는 애자를 중심으로 비교분석 및 절연성 평가를 하고자 한다.

2. 프랙탈 수학

자연계에 존재하는 패턴은 유한크기를 갖고 있기 때문에 그 크기에 대한 상한과 하한을 갖고 있다. 전술한 단순한 정의로는 현실의 패턴의 프랙탈을 구하는 것이 어렵기 때문에 실제적으로는 대상 패턴으로부터 자기상사성, 즉 도형의 둘레를 적당한 방법을 이용해서 구하여 프랙탈 차원을 구하고 있다. 또한 프랙탈 차원을 구하는 방법으로는 스케일 변환법, 회전반경법, 상관함수법 및 커버법등이 있다.

프랙탈은 자기상사성을 갖고 있지만, 이 방법은 임의의 스케일 이하의 미소한 변화를 무시하는 것에서 차원을 구하는 방법이다. 어떤 물체의 길이, 면적 또는 체적 등의 크기는 측정에 이용하고 있는 스케일의 기본단위가 변화하게 되면 따라서 변화하게 된다. 1차원의

경우, 어떤 스케일에서 측정된 L_1 이라는 것을 스케일의 단위를 a 배하여 측정하면 선분의 길이는 다음과 같다.

$$L_a = \frac{L_1}{a} \quad (1)$$

같은 모양의 문제에 대하여 2차원, 3차원으로 생각해 보면 즉 입자의 단위에서 정방형의 면적 및 체적이 S_a 와 V_a 로 평가되는 것은 스케일을 a 배한 관계이며 다음과 같은 두 식으로 적용할 수 있다.

$$S_a = \frac{S}{a^2} \quad (2)$$

$$V_a = \frac{V}{a^3} \quad (3)$$

상기 수식을 1에서 a 배까지 적용가능한 일 반화된 수식으로 작성하게 되면 D 차원 공간 내에 있는 물체에 적용할 수 있는 다음의 수식이 가능하다.

D 차원의 공간 내에 있는 패턴을 주변거리 r 과 D 차원의 입방체로 덮어서 측정하는 방법이다. 그 때 필요한 초입방체의 최소수 $N(r)$ 는 다음의 수식과 같이 된다.

$$N(r) \propto r^{-D} \quad (4)$$

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

$$D = -\frac{\log(N(r))}{\log(r)} \quad (5)$$

이것은 스케일이 $1/a$ 로 될 때의 체적이 V_a 로 된다고 하면 $N(r)=V_a/V$, $r=1/a$ 로 된다면 스케일 변환법의 수식과 일치한다. 그러나 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.

커버법의 계산은 반투명한 그래프 용지를 이용하여 모형 위에 커버한 후 표시된 점을 체크하고 하나의 마크의 크기에 따라서 프랙탈 차원을 계산하는 것이다. 이 때의 마크의 크기를 변화하면서 여러 지점에서의 값을 구하고 이때 얻어지는 그래프의 마이너스 기울기가 프랙탈 차원이다.

3. 실험방법 및 샘플링 지역

3-1. 실험방법

본 연구회에서 발표된 "프랙탈 차원을 이용한 SD절연의 새로운 평가" 논문의 3장을 참조 바랍니다.

3-2. 현장운용 EPDM의 구분

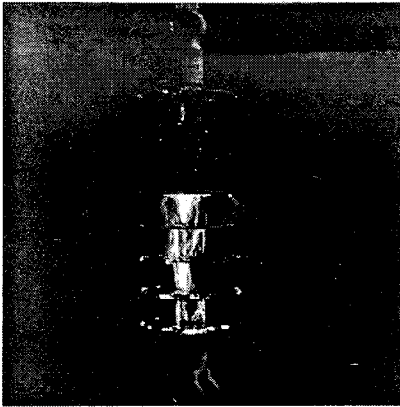
국내에서의 EPDM의 운용은 약 5년 미만 정도의 경험밖에 없기 때문에 아직까지 확고한 운용경험 및 품질평가 기준이 없다. 특히 장기신뢰성을 평가하는 시스템에 관한 부분도 부족한 형편이다. 따라서 본 연구에서는 초기에 설치된 외국 2개사의 열화진행을 일차적으로 고찰하여 열화진행을 고찰 한 후에 현장시험중인 국내의 제품에 대한 운용경험을 제안된 방법으로 적용하고자 한다.

지역적인 샘플링은 목포, 제주, 거제 등을 표본조사해서 열화정도를 확인하였다. 또한 적용상의 상당한 가속화에 대한 가중치의 예측과 신뢰도 영역을 모의하여 장기적인 예측커브를 수행하였다.

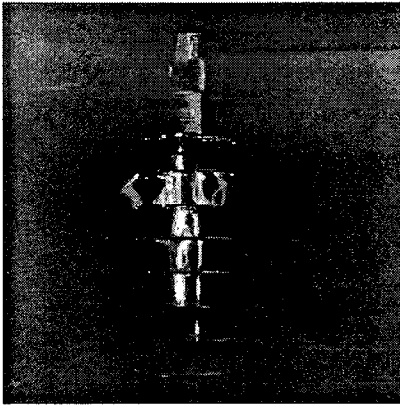
4. 결과 및 고찰

4-1. 적용대상의 신뢰영역

표면방전에서 동일한 결과가 얻어진다는 것은 거의 불가능하다. 그러한 이유의 가장 큰 영향은 건조대 형성의 발생이 통계적으로 동일하게 일어나는 것이 어렵고, 또한 이러한 불규칙적인 건조대 형성은 불규칙적인 SD를 유도한다. 이는 지극히 카오스/프랙탈적이며 기존의 해석으로는 발생의 랜덤성을 해석하기가 어렵다. 그러나 새로운 수학적 카오스/프랙탈은 이러한 불규칙적인 현상을 해석하기 위한 접근이기에 이에 대한 신뢰도를 확인하였다.



(a) 시험 1 (FD=1.48)



(b) 시험 2 (FD=1.42)

사진 1. 반복시험에 대한 FD 계산결과

본 연구에서 적용하고 있는 FD도 경우에 따라서는 상당히 넓은 편차를 가지고 있다. 특히 빠른 반복시험의 경우에는 많은 오차를 가지게 된다. 사진 1의 경우에는 오차가 약 0.06% 정도로 비교적 우수한 경우를 볼 수 있지만, 많은 반복시험이 필요하다. 통상적으로 제안하는 방법은 10회의 반복시험에서 상한과 하한을 제외한 8회의 평균치를 실험상의 FD로 채택하였다. 또한 통산적인 표준편차는 0.05로 계산되어지는 FD의 편차는 아직까지는 큰 편이다. 그러나 보다 효과적인 방법을 고안할 필요가 있을 것으로 추정된다.

4-2. 초기에 설치된 외국 2개사의 FD
 목포, 제주, 거제 및 서울 중부지점에서 약

3년간 운용된 경험이 있는 애자의 FD결과는 다음과 같다.

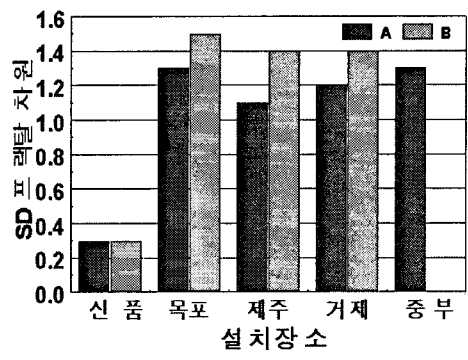


그림 1. 외국산 3년간의 운용후 FD

상기의 결과에서는 외국산 2개사의 제품의 차이가 전 지역에서 발견할 수 있다. 특히 신 품의 경우에는 차이를 발견하기 어렵지만, 3년 이 경과된 지역에서는 B사의 제품이 보다 심각한 SD의 발전으로 진행함을 확인 할 수 있다.

이를 통하여, 본 연구에서 제안한 FD는 제품 의 현상운용에서 나타나는 열화진행을 효과 적으로 상대 비교할 수 있는 가능성을 확인하고 있으며, 장기적인 Database를 구축한다면 이러한 열화진행을 적용하는 것도 가능 할 것 으로 추정된다.

또한 지역적인 SD 열화진행의 차이도 관측 되고 있다. 이에 대한 보다 정확한 고찰은 운 용기간별, 운용지역별, 제작사별 조사가 필요 하겠지만, 지역에서 관리되는 상황도 EPDM애 자의 장기신뢰성 측면에서 상당히 중요한 측 면을 예상 할 수 있다.

중부지점의 경우에는 독특한 결과가 고찰되 었는데, 이는 기존의 옥외용 폴리머 애자의 주 된 열화원인으로 추정되는 염해나 산성우 등 의 문제뿐만 아니라, 대기오염 및 도심먼지 등 같은 분진 등도 많은 문제점의 원인으로 추정된다. 최근 문제시되는 황사 등의 영향 및 대도시의 대기오염 등에 관한 광범위한 연구 가 필요함을 예상 할 수 있다.

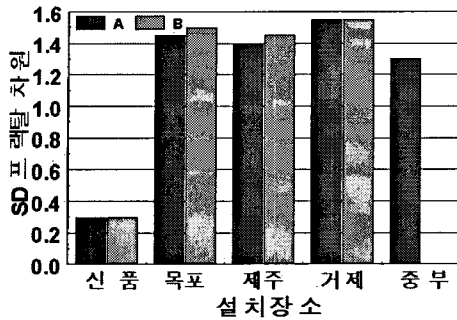


그림 1. 3년간의 운용후 FD

현재 운용되고 있는 국내의 제품도 외국 B사의 제품과 상당히 유사한 특성을 가지고 있다. 그러나 초기의 우수한 특성에 비하여 장기적인 측면에서는 열화진행이 다소 빠를것으로 예측된다. 그 이유로 추정되는 원인은 초기의 내트래킹성 강화를 고려한 제품의 개발로 추정되며, 이는 IEC-60587법과 같은 너무나도 가혹한 조건에서의 개발 목표가 장기적으로는 치명적인 신뢰성 저하로 진행할 가능성을 가지고 있음을 의미한다.

그러나 본 연구에서의 제안된 실험도 상당히 큰 외부 스트레스임을 고려한다면, 장기신뢰성 고찰은 보다 많은 Databaserk 요구된다.

국내산의 특징은 제품에 다소 편차가 심한 것으로 추정된다. 이는 기술개발 초기단계에서 보다 고품질의 능력을 유도한 것으로 추정되며, 이는 초기 생산품에 비교하여 단기적으로는 우수할 것으로 추정된다. 그러나 이러한 점이 장기신뢰성에서는 반대의 결과를 초래할 수도 있다.

5. 결 론

옥외용 애자의 SD절연특성을 평가하기 위한 프랙탈차원(FD)을 현장운용된 제품에 적용한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1> FD를 이용한 제안된 방법은 SD의 효과적인 정량화가 가능하다.
- 2> 옥외용 설비의 지역적인 열화정도를 정량화 할 수 있다.

- 3> 제조사별 열화진행을 상대적으로 평가할 수 있다. (큰 FD:열화진행이 빠른제품)
- 4> FD은 제품의 상대적인 평가가 가능하고, 특히 장기신뢰성을 새롭게 판정할 수 있다.
- 5> 저차원 FD보다는 FD의 증가율이 장기 신뢰성을 보장하는 것으로 추정된다.
- 6> 초기의 FD는 장기신뢰성을 보장하기 못한다.

상기의 제안된 새로운 방법으로 현장운용중인 애자의 FD를 수행한 결과, 효과적인 운용을 수행 할 수 있고 지역적인 관리나 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.