

PD패턴과 방전량의 통계적 분포 및 정규화

The Normalization and the Statistical Distri in Partial Discharge Quantities and Patter

임장섭, 이진, 김덕근.
목포해양대학교, 목포대학교, 전남대학교

*Lim Jang-Seob, Lee Jin, Kim Duck-Keun.
Mokpo Maritime Univ, Mokpo Univ, Chonnam Univ.*

<ABSTRACT>

Estimation system of aging diagnosis using partial discharge(PD) is being highlighted as a research area for the residual lifetime prediction of industrial equipment. But the application of PD requires complicated analysis method as expert system because the PD has complex progressing forms according to external stress.

In this paper, it has been investigated the statistical distribution to express the 2D PD patterns of the diagnosis system using neural network(NN).

1. 서론

부분방전은 일반적으로 전극간의 절연체가 완전 절연파괴에 달하기 전에 절연체의 내부에서 부분적으로 발생하는 전기 방전 현상으로, 절연체의 내부에 존재하는 보이드나 돌기 부분에 전계가 집중하여 발생하기 때문에 절연재료 내부의 부분방전 및 전기 트리에 의한 열화과정이 발생하게 된다.

최근의 부분방전에 관한 연구는 부분방전의 새로운 분석과 해석방법 등을 개발하는 것과 활성상태의 전문가 시스템이 중점적으로 연구되고 있다. 처음으로 상업용 시스템의 일부로 개발되었던 것이 CIGRE에서 찾아 볼 수 있다. 그리고 Kreuger가 방전신호의 다양한 검출방법 등을 제시하였다.

컴퓨터를 이용한 부분방전의 진단에 관한 연구가 활발히 진행되었고, 각각의 부분방전 펄스와 연관된 방전정보, 즉 방전량의 크기, 극성, 시간적 발생변화 등을 컴퓨터를 사용하여 디지털화하는 방전 측정연구가 시도

되었다. 그러나 부분방전의 자동해석 과정에 대한 노력은 펄스각과 펄스위상의 히스토그램으로부터 얻어지는 자료를 전문가 시스템에 결합하는 것으로 시작되었다. 그러나 측정장치에서 얻어지는 신호에서 인위적인 해석이나 인식은 대단히 어렵고 경우에 따라서는 불가능하다고 발표되었다.

그러나, L.Satish는 이러한 부분방전의 패턴인식에 관한 최초의 가능성을 보여주었다. 그가 제안한 3D 부분방전 패턴은 방전특성의 복잡성을 높였지만 기존의 부분방전 데이터보다 훨씬 많은 정보를 갖고 있어서 PD해석의 측면에 공헌하고 있다.

본 연구에서는 신경회로망 프로그램으로 PD를 분석하는 방법, 열화과정에 형성되는 부분방전 신호를 통계적 고찰, PD 신호의 2D 및 3D로 패턴화하고 이것을 신경회로망 등의 진단프로그램을 수행하였다.

2.. PD신호의 통계적 패턴화

부분방전 측정으로부터 얻어지는 데이터를 방전량에 관한 축의 비교보다는 위상에서 주어지는 것이 패턴을 인식하는데 있어 중요한 것으로 추정되고 있기 때문에, 위상의 분할을 20개의 구간으로 구분하였다. 그 이하로도 위상의 표현의 감소가 가능한 것으로 확인되었지만, 많은 데이터 분포가 20개의 위상그룹으로 구분하는 것이 여러 패턴을 보다 명확히 구분함으로 결정하였다. 또한 방전 크기에 대한 데이터 분포에서 6개 이상의 입력셀이 패턴인식을 위해서는 적절한 크기로 제안한다.

3D 부분방전 데이터의 구성은 먼저 12주기 동안의 데이터를 샘플링하여 얻어진다. 이러한 샘플링 과정에서 10,000개의 데이터가 얻어지고, 위상구간 20구간에서 500개의 데이터가 샘플링된다. 그리고 각 구간내에서 구간의 대표값으로 임의의 구간 내에 존재하는 데이터 값의 분포 중에서 최대치의 값을 취한다. 3D 패턴으로 불려지는 것은 측정된 부분방전 데이터를 정규화된 부분방전 위상에 정규화된 부분 방전량 및 부분방전 빈도수로 조합되는 형태이다.

부분방전 신호는 복잡한 패턴으로 구성되어 크기만의 데이터로는 해석하는 것이 어렵기 때문에 신호를 정규화하여 해석한다. 따라서 최대값으로 할당된 부분 방전량을 1로 하는 Normalization을 한다.

3D 패턴으로 불려지는 것은 검출된 부분방전 신호를 정규화된 부분방전 위상에 정규화된 부분 방전량 및 부분방전 빈도수로 조합되어지기 때문이다. 부분방전 신호는 복잡한 패턴으로 구성되어 크기만의 데이터로는 해석하는 것이 어렵기 때문에 신호를 정규화하여 해석하는 방법이 요구되어진다. 따라서 최대값으로 할당된 부분 방전량을 1로 하는 정규화 과정을 하는 것이다.

3. 실험방법 및 시뮬레이션 조건

본 연구에서는 PD 분석을 위한 조건으로 XLPE cable을 연구대상으로 하였으며, 널리 이용되고 있는 침대 평판의 기본구조로 설정 하였다. 외부에서 오쿠라 전극을 XLPE절연층 내로 삽입 하였고, 평판전극으로는 cable의 동축에 연결한 방식을 취하였다. 전

극간의 거리는 3 ± 0.2 [mm]로 설정 하였으며, 내도축의 반도체성층은 시뮬레이션 조건으로 설정하지 않았다.

4. 결과 및 고찰

4-1. 2D방전량만으로 진단이 가능한가 ?

1998년 CIGRE에서 논의된 WG-15의 제 1주제였다. 수년전부터 수행된 컴퓨터 기술 및 PD장비개발로 이러한 가능성을 지속적으로 논의 하고 있다. 이에 대한 기존의 시스템에 적용한 2D적인 고찰을 수행하였다.

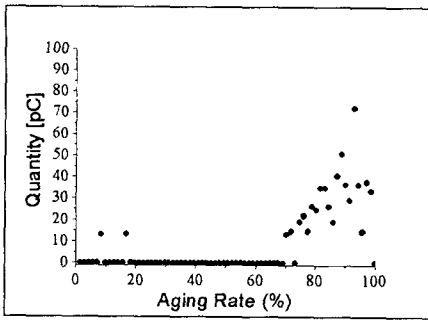
부분방전 신호의 감도기준이 되는 100 [pps]는 일본 및 유럽의 경우, 기준 주파수 50[Hz]내의 1주기, 즉 50[Hz] 정·부극성에 각각 1회의 방전 펄스형성하게 된다. 따라서 2회의 방전빈도수 = 1초에 100회의 방전빈도수의 통계적 분포 값을 취급하고 있다. 본 연구에서는 60[Hz]를 기준으로 12 [cycle]동안에 형성되는 방전 신호를 정규화하였다. 이때의 통계적 분포를 Unit PDQ(Partial Discharge Quantity)를 환산한다면 다음과 같다. (12 [cycle] at 60[Hz])

- 1st PDQ → 5 [pps]
- 2nd PDQ → 10 [pps]
- 4th PDQ → 20 [pps]
- 10th PDQ → 50 [pps]
- 12th PDQ → 100 [pps]

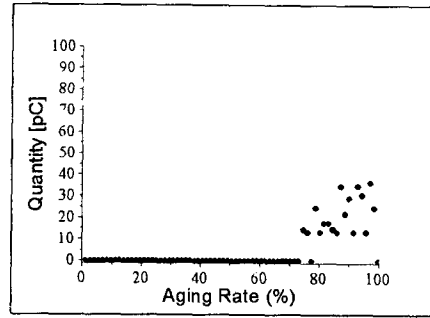
각각의 pps에 따른 결과는 다음 그림과 같다.

100[pps]의 감도 기준을 갖는 것으로서 저 스트레스의 경우에는 부분방전 신호를 검출하는 것이 불가능해 지고 높은 스트레스의 경우는 신호의 랜덤성은 매우 감소되는 한편, 감도가 매우 낮아지므로 실 계측에 적용하는 것은 매우 불가능하다고 할 수 있겠다.

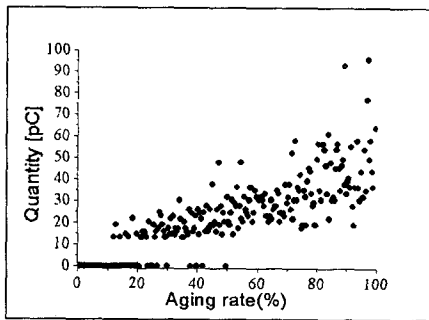
따라서 절연 열화가 진전됨에 따라 형성되는 부분방전 신호를 2D 패턴으로 절연상태를 인식한 결과 2D 패턴만으로 열화의 위험성을 인식하는 것은 매우 어렵다는 것을 확인할 수 있었다. 즉, pps 감도 기준을 감소시키면 감도는 증대하는 반면에 신호의 랜덤성이 증가하기 때문에 열화의 위험성을 인식하는 효율은 매우 저하된다고 할 수 있겠다. 한편, pps를 증가시키면 감도는 감소



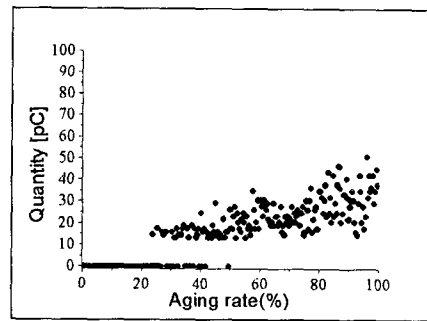
(a) 7 [KV]



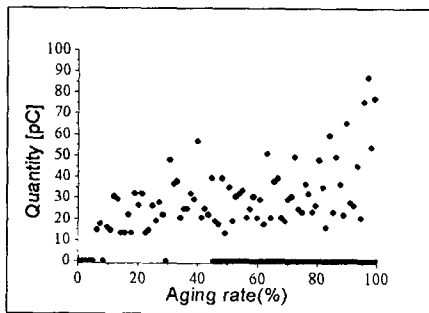
(a) 7 [KV]



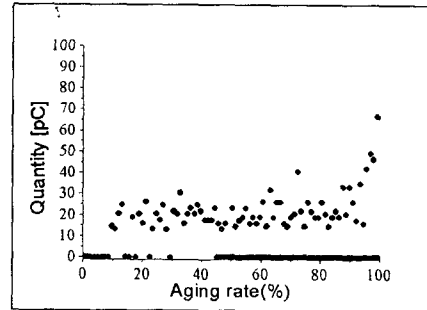
(b) 인가전압 9[kV]



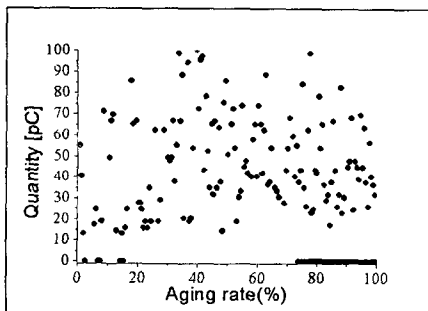
(b) 9 [KV]



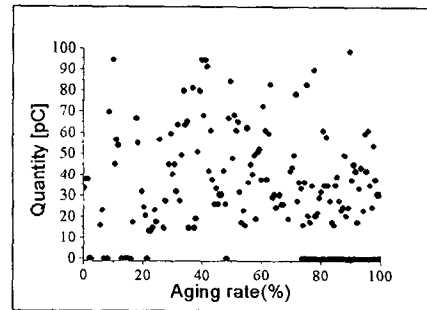
(c) 11 [KV]



(c) 11 [KV]



(d) 인가전압 13 [kV]
그림 1. 5 [pps] 방전량의 분포



(d) 13 [KV]
그림 2. 10 [pps] 방전량의 분포

되며 신호의 랜덤성이 감소되므로 실 계측에 적용하는 것은 매우 불가능하다고 하겠다.

또한 부분방전 신호를 2D 패턴을 통하여 열화 개시 후 파괴에 이르기까지 방전 전하량의 진행 특성을 비교하여 보면, 저 스트레스를 인가한 경우에는 초기에 신호를 감지하다가 열화 파괴시 급진전하는 전형적인 파괴 패턴을 보여주고 있다. 높은 스트레스를 인가한 경우는 초창기에 증가하였다가 열화가 진전되면서 신호가 감소되고 열화 파괴시에는 급진전하는 S-Curve의 형태를 보여주고 있으며, 저,고의 중간 스트레스를 인가한 경우에는 지속적으로 신호가 증가하면서 파괴되는 선형적인 열화 파괴 패턴을 보여준다.

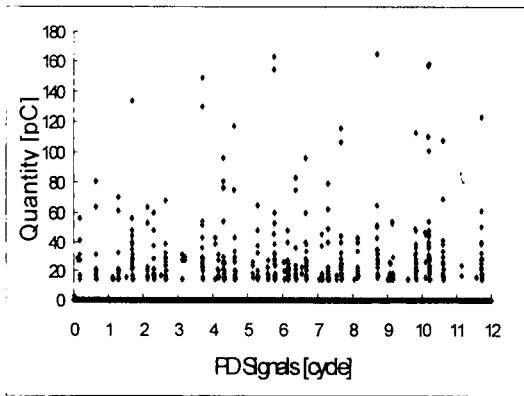


그림 3. 검출된 PD 신호

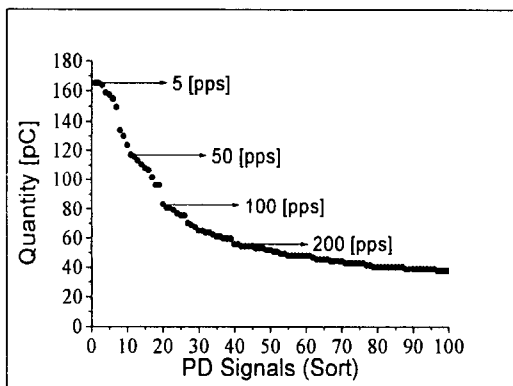


그림 4. pps로부터 방전량 결정

4-2. 신경회로망을 이용한 인식결과

신경회로망의 학습과정은 기본적으로 목적하는 출력을 따라가는 입력패턴의 구조를 반복적으로 변환하고, 적절한 오차의 값까지 감소시키기 위해 가중치 및 바이어스를 교정하는 것이다. 교정된 가중치와 바이어스를 적용하여 시간적 열화발생에 대한 3단계 패턴인식을 수행하였고, 이것으로 열화형태에 관한 위험영역의 인식이 가능하였다.

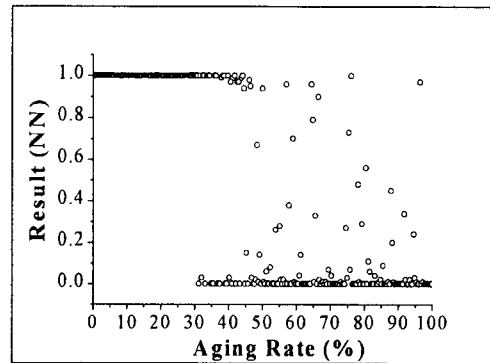


그림 5. 7 [kV]에서의 신경회로망 결과

5. 결 론

본 연구에서는 2D&3D PD신호의 절연평가를 위하여 PD패턴결과는 다음과 같다.

- 1> 2D PD는 절연상태에 따라서 재현성이 없기 때문에 정규화과정을 통한 패턴화가 필요하다.
- 2> 단위시간당 방전량은 명확한 열화진단자로서는 적합하지 않다. 그러나 PD 패턴과 같은 통계적인 분포가 고려되어야 한다.
- 3> PD의 3D 패턴화 및 정규화는 열화판정 및 평가가 가능하다. 또한 비교적 높은 재현성을 갖는다.

<REFERENCE>

[1] F. H. Kreuger "Partial Discharge Detection in High-Voltage Equipment", Butterworth Pub., pp.15-65, 1989.

[2] J.S. Lim, CIGRE G15-108, 1998.