

안테나를 이용한 부분방전의 진단기법에 관한 연구

김영노* 김재철 전영재 서인철
승실대학교

The Diagnosis technique of Partial Discharges using Antenna

Young-no Kim, Jae-chul Kim, Young-jae Jeon, In-chul Seo,
Soong-Sil University

Abstract - This paper presents new diagnosis technique for detecting a partial discharge(PD) using antenna. The wavelet transform is applied for the analysis of PD pulse signal because it is difficult to identify PD signal using electromagnetic waves detected by antenna. The capabilities of the proposed diagnosis methodology for detecting PD signal is verified on experiment in laboratory.

1. 서 론

산업 발달에 따른 전력수요 급증, 대도시 집중현상, 전력설비의 대용량화 추세 등에 따라 전력공급의 질적 향상이 크게 요구되고 있다. 국내의 경우 1960년대 후반부터 경제개발계획의 추진에 의하여 전력설비가 증대되었으며, 경제적인 문제와 용지확보의 문제로 인하여 전력설비의 경우 밀집형의 전력설비가 증대되었다. 현재 이들 설비중 일부가 점점 노후화 됨에 따라 설비사고의 가능성이 증대되고 있다. 현재의 전력설비의 경우 사후 처리는 시간기준관리(Time Based Maintenance)의 처리방법을 사용하고 있다. 전력공급의 신뢰성의 문제로 인하여 예방진단 측면에서 상태기준법(condition based Maintenance)에 의한 방법이 연구 및 적용되고 있다. 그러나, 전력설비의 경우 개개에 의한 진단을 위주로 하고 있어 밀집형 전력설비에 대하여 경제적이고, 효율적인 진단 방법의 필요성이 대두되었다[1].

절연열화정도를 측정하는 방법중 부분방전 측정법이 많이 사용된다[2]. 현재 부분방전의 측정을 위한 방법으로 하나의 장비에 하나의 측정센서를 사용하는 방법을 사용하고 있으나, 측정시 밀집된 여러 종류의 전력설비에 대하여 측정하기 어렵고 경제성이 떨어진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 이러한 밀집형 전력설비에 대하여 안테나를 이용한 절연열화의 측정기법과 웨이블릿 변환을 이용한 분석방법에 대하여 연구하였다.

2. 웨이블릿 변환

푸리에변환은 sine과 cosine을 이용하여 함수를 표현하여 주파수의 영역에서의 특징을 구할 수가 있다. 그러나, 푸리에 변환의 기저함수인 sine, cosine은 지역적이지 않아 불연속 신호해석에 문제를 가지고 있기 때문에 보다 적절한 기저함수의 필요성이 대두되었다. 시간과 주파수의 정보를 동시에 표현하기 위하여 부분 푸리에 변환(Short Time Fourier Transform)이 개발되었으나, 이 또한 해상도(resolution)가 고정되는 단점을 가진다. 이를 극복하기 위하여 기저함수가 지역적이고 다양하며, 시간-주파수 표현이 가능한 wavelet변환이 개발되었고, 응용되어지고 있다.

Wavelet 변환은 mother wavelet의 스케일링(scaling)과 천이(translation)과정에 의해 다양한 기저함수를 생성하기 때문에 시간과 주파수의 정보를 동시

에 적절하게 표현할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이때, 천이(translation)은 시간 정보를 포함하고, 스케일(scale)은 주파수 정보를 포함한다. 웨이블릿 변환은 저주파수 정보를 원하는 곳에서는 긴 시구간 윈도우를 사용하였고, 고주파수 정보를 원하는 곳에서는 짧은 시구간 윈도우를 사용한다. 즉 고주파수에서는 시간의 해상도가 좋고 저주파수에서는 주파수 해상도가 뛰어나게 된다.

연속시간영역에서의 웨이블릿 변환(Continuous Wavelet Transform)은 식 (1)과 같이 정의된다.

$$CWT_x(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int f(t) \psi^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt \quad (1)$$

이때 s는 스케일(scale)의 매개변수이며, τ 는 천이(translation)매개변수이다. $f(t)$ 는 해석하고자 하는 신호이고, $\psi(t)$ 는 mother wavelet이다. Mother wavelet이란 다른 기저함수를 생성하는 기본형이라는 의미를 내포한다.

CWT를 계산하기 위해서는 불연속화 과정이 필요하다. 식 (2)에 의해 각각의 매개 변수들을 불연속화 시키고, 이를 이산 웨이블릿 변환(Discrete Wavelet Transform)라 한다.

$$s = s_0^j, \quad \tau = k\tau_0 s_0^j$$

$$DWT_x(j, k) = \frac{1}{\sqrt{|s_0^j|}} \int x(t) \psi^*(s_0^{-j}t - k\tau_0) dt \quad (2)$$

일반적으로 s_0 와 τ_0 의 값은 2와 1을 사용한다. DWT가 컴퓨터를 이용하여 CWT의 계산을 가능하게 하였다. 마더웨이블릿의 형태는 Morlet, Haar, Shannon, Meyer, Daubechies등 만들어 낸 사람들에 따라서 다양하며 각각의 모 웨이블릿이 가지고 있는 신호 분해의 특성과 장점에 따라서 응용되는 분야는 다를 수 있다.[3]

3. 안테나를 이용한 전자파 측정

3.1 실험장치와 실험방법

실험장치는 부분방전시 발생되어지는 코로나 방전과 었면방전을 모의하여 실험실에서 실험을 하였다. 실험장치의 구성 중 부분방전 측정센서는 헬리컬안테나를 사용하였다. 오실로스코프는 Lacory 9310A를 사용하여 측정된 파형을 IEEE-488(GPIB-488)인터페이스를 통하여 데이터의 저장장치인 컴퓨터에 저장하였다. 오실로스코프의 내부측정저항은 50Ω으로 측정하였으며, 부분방전의 발생은 기중에서 발생시켰다.

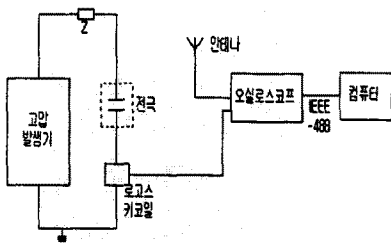


그림 1 모의실험장치의 구성도

그림 1의 실험장치의 구성은 IEC-270을 참고로 설정하였다.[4]

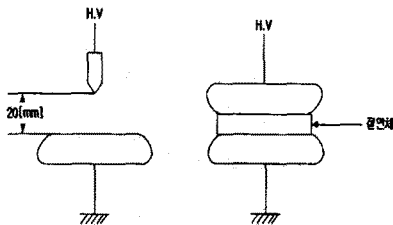


그림 2 전극의 형태

실험에 사용된 전압은 교류전압을 인가하였고, 전극은 침대평판과 평판대평판의 전극을 사용하여 실험하였다. 침대평판의 전극은 침과 평판의 간격은 20(mm)사용하였고, 평판대 평판은 사이에 절연체를 두어 엽면방전을 유도하였다. 안테나는 전극과 1m의 거리에서 측정하였다.

3.2 실험 결과

전자파를 안테나로 측정시 부분방전에 의해 발생하는 전자파인지 아닌지를 구분하기가 어렵다. 부분방전시 발생하는 전자파의 유무를 확인하기 위하여 로고스키코일을 통해 얻은 부분방전의 파형과 안테나를 통해서 얻은 파형을 비교하였다.

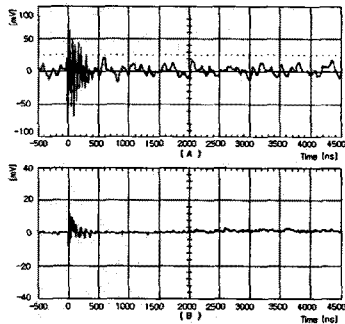


그림 3 오실로스코프에 측정된 파형

그림 3은 (A) 안테나에서 측정된 부분방전 파형과 (B)로고스키 코일에서 측정된 부분방전 파형을 동시에 측정한 것이다. 기중에서 전자파의 전파속도는 매우 빠르기 때문에 로고스키 코일의 파형과 전자파의 파형을 동시에 측정을 하며 동시에 측정되며, 이를 통해 안테나

로 얻은 파형이 부분방전시 발생된 전자파라는 것을 확인할 수 있었다. 그 외 전극과 노이즈의 데이터를 취득할 수 있었다.

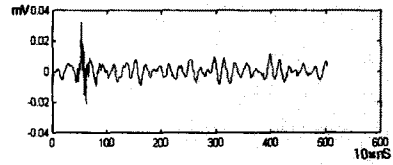


그림 4 침대평판의 파형

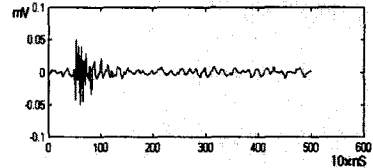


그림 5 평판대평판의 파형

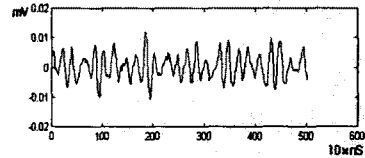


그림 6 노이즈(noise)파형

그림 4와 그림 5는 전극에서 부분방전시 발생된 전자파의 파형이고, 그림 6은 부분방전이 발생되지 않을 때 주위에서 측정되는 노이즈의 파형이다.

4. 웨이브렛 변환을 이용한 전자파 분석

4.1 웨이브렛 변환의 적용

웨이브렛 변환의 방법 중에서 이산 신호에 대한 적용이 나은 Daubechies의 웨이브렛을 적용하였다. Daubechies의 웨이브렛은 down simple 방법으로 원신호를 적용하며 분석을 할 수가 있다. 단위함수는 Daubechies의 mother wavelet은 여러 가지의 단위함수를 가지고 있고 신호의 분석에 따라서 적절한 적용이 필요하다. 본 논문에서 사용한 단위함수는 그 중 Daubechies3을 사용하였다. Daubechies3의 특성으로는 3개의 tap을 가지고 있으며 길이가 6샘플의 스케일링(scaling)가지고있다. 웨이브렛 계수의 값은 (0.2352, 0.5706, 0.3252, -0.0955, -0.0604, 0.0249) 이다. 각 성분에서의 주파수의 성분은 전체 샘플링 주파수가 f_s [Hz]라고 하면, n 차 단계까지의 wavelet을 수행하였을 때의 주파수 분포는

$$D_{n'} = \frac{f_s}{2^n} \sim \frac{f_s}{2^{n+1}} [Hz]$$

과 같이 나타내어진다. 본 논문에서는 샘플링 주파수를 100MHz로 샘플링을 하였다. 데이터이 개수는 502개를 취득하였으며, 이를 이용하여 컴퓨터상에서 웨이브렛의 분해를 하였다. 측정되어진 침대평판의 신호와 평판대평판의 신호, 외부 노이즈(noise)의 신호를 8단계로 분해하였다.

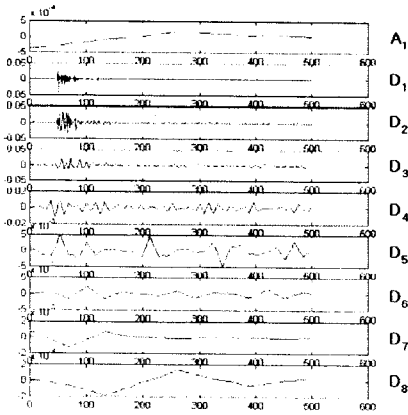


그림 7 최대평균의 웨이블릿 분석

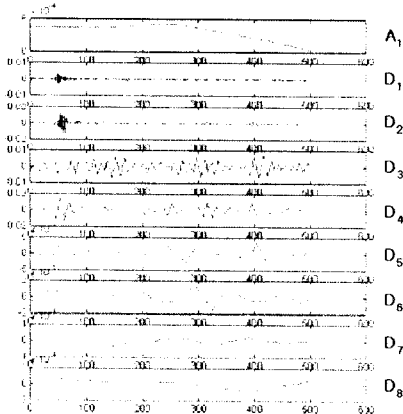


그림 8 평균대평균의 웨이블릿 분석

4.2 웨이블릿 변환을 이용한 진단

부분방전시 안테나를 이용한 측정법은 주위의 노이즈의 영향을 많이 받는다. 이러한 노이즈의 영향에 따라서 부분방전의 유무를 확인하기가 어려워진다. 각 부분방전의 파형과 노이즈를 비교 분석하여 보았다. 각각 일정 데이터를 웨이블릿 분해 후 data1 신호와 approximation1의 신호의 값을 절대값을 취한 뒤 이의 전체의 합과 최대값을 비교하여 보았다. 최대평균과 평균대 평균에서 측정된 파형과 외부 노이즈에 대하여 비교하여 보았다. 데이터의 수는 502개를 사용하였고,

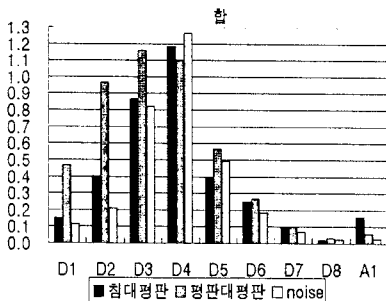


그림 9 각 분해된 절대값의 합

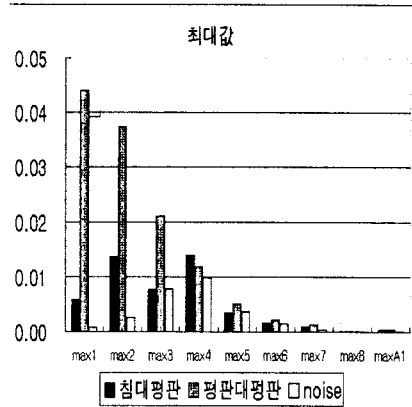


그림 10 각 분해된 절대값의 최대값

그림9와 그림 10에서 나타내어지는 것처럼 Datil1과 Datil2의 신호에서 노이즈와 부분방전시 발생되는 파형과의 구분이 되고 Datil 4의 신호에서부터는 노이즈와 신호와의 구분이 없어지는 것을 알 수가 있다. 부분방전시 측정된 안테나의 파형은 Datil1과 Datil2의 신호는 50MHz ~ 12.5MHz의 주파수의 영역에서 그 특징을 가지고 있음을 알 수가 있다. 주파수가 그보다 낮을 경우 노이즈와의 구분이 어렵다는 것을 알 수가 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 밀집형 전력설비의 절연열화를 감시하고 부분방전을 측정할 수 있는 방법으로 안테나를 이용한 전자파의 측정방법을 제시하였다. 기중에서의 부분방전시 안테나를 이용한 측정을 할 수 있었다. 비 주기적이고 일시적인 시간영역을 가지며, 주변잡음에 상당히 영향을 받는 안테나의 분석법에서 시간과 주파수의 영역을 동시에 볼 수 있는 웨이블릿 변환을 이용하여 부분방전 파형의 분석을 할 수 있었다. 분석에서 알 수 있듯이 부분방전시 전자파의 특징은 data1과 data1 2일에서 잘 나타났다. 앞으로 많은 데이터 적용과 웨이블릿 변환에 의하여 분해된 신호의 적용에 따라서 경제적이고 확실한 진단의 기법이 될 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 기초전력공학연구소 "전력설비의 사고예방 및 진단기술"(1차년도보고서) `1992.10
- [2] T.S.Sidhu, Gurdeep singh, M.S.Sachdev "Microprocessor Based Instrument for Detecting and Locating Electric arcs" IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 13, no.4, October 1998
- [3] 백운진 "Wavelet 변환을 이용하는 여러 가지 잡음제거 알고리즘의 비교" 1999, 8. 석사논문
- [4] M.Kawada, Z.Kawasaki, M.Kenji "Time-Frequency Analysis of E-M signals Emitted from a Partial Discharge Occurring in GIS using Wavelet Transform"
- [5] IEC-270 "Partial discharge measurement"
- [6] M.hikita, H.Okubo "Electromagnetic Noise Spectrum Caused by Partial Discharge in Air at High Voltage Substation" IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 13, no. 2, April 1998.
- [7] K.H.Weck, F.Weinel "Noise Reduction in On-Site Partial Discharge Measurement by the Use of the Transfer Function" ETEP Vol. 8, No 4, July/August 1998.