

안테나로 측정된 부분방전신호의 노이즈제거 관한 연구

김영노*, 김재철, 전영재, 서인철, 배주천, 강창원
 송실대학교, (주)피에스디테크

The study on the de-noise for partial discharge signal measured using the antenna

Young-no Kim*, Jae-chul Kim, Young-jae Jeon, In-chul Seo, Ju-cheon Bae, Chang-won Kang
 Soong-Sil University, PSDTech

Abstract - This paper is detecting a partial discharge(PD) using antenna. The wavelet transform is applied for the analysis of PD pulse signal. It is difficult to identify PD signal using electromagnetic waves detected by antenna. And so we can removed noise of PD signal using wavelet de-noising method.

1. 서 론

산업 발달에 따른 전력수요의 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].

절연열화상태를 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 측정기법을 제시하였다. 이러한 안테나를 이용한 부분방전의 측정은 현장에서 외부 노이즈가 많이 발생하게 된다. 안테나를 이용하여 부분방전의 측정시 발생하는 노이즈를 웨이블릿 변환을 이용한 노이즈의 제거 방법에 대하여 적용하였다.

2. 웨이블릿 변환

웨이블릿 변환은 마더 웨이블릿(mother wavelet)의 스케일(scale)과 천이(translation)과정에 의해 다양한 기저함수를 생성하기 때문에 시간과 주파수의 정보를 동시에 적절하게 표현할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이 때, 천이는 시간 정보를 포함하고, 스케일은 주파수 정보를 포함한다.

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 스케일의 매개변수이며, τ는 천이 매개변수이다. f(t)는 해석하고자 하는 신호이고, ψ(t)는 마더 웨이블릿(Mother Wavelet)이다. 마더 웨이블릿이란 다른 기저함수를 생성하는 기본형이라는 의미를 내포한다.

CWT를 계산하기 위해서는 불연속화 과정이 필요하다. 식 (2)에 의해 각각의 매개 변수들을 불연속화시키고, 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 s₀와 τ₀의 값은 2와 1을 사용한다. 마더 웨이블릿의 형태는 Morlet, Haar, Shannon, Meyer, Daubechies 등 만들어 낸 사람들에 따라서 다양하며 각각의 모 웨이블릿이 가지고 있는 신호 분해의 특성과 장점에 따라서 응용되는 분야는 다를 수 있다[2].

3. 안테나를 이용한 전자파 측정

3.1 실험장치와 실험방법

실험장치는 부분방전시 발생되어지는 코로나 방전과 엽면방전을 모의하였고, 실험실내에서 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.

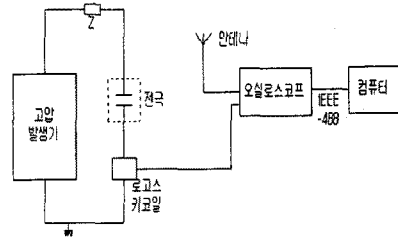


그림 1 모의실험장치의 구성도

그림 1의 실험장치의 구성은 IEC-270을 참고로 설정하였다.[3]

4. 웨이블릿 변환을 이용한 전자파 분석

4.1 웨이블릿 변환의 적용

웨이블릿 변환의 방법 중에서 이산 신호에 대한 적용이 나온 Daubechies의 웨이블릿을 적용하였다.

Daubechies의 웨이블릿은 down sample 방법으로 원신호를 적용하며 분석을 할 수가 있다. 단위함수는 Daubechies의 마더 웨이블릿은 여러 가지의 단위함수를 가지고 있고 신호의 분석에 따라서 적절한 적용이 필요하다. 본 논문에서 사용한 단위함수는 그 중 Daubechies 3을 사용하였다. Daubechies 3의 특성으로는 3개의 tap을 가지고 있으며 길이가 6샘플의 스케일을 가지고있다. 웨이블릿 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 웨이블릿 변환을 수행하였을 때의 주파수 분포는

$$D_{nf} = \frac{f_s}{2^n} \sim \frac{f_s}{2^{n+1}} \text{ [Hz]} \quad (3)$$

과 같이 나타내어진다. 본 논문에서는 샘플링 주파수를 100MHz로 샘플링을 하였다. 데이터의 개수는 502개를 취득하였으며, 이를 이용하여 컴퓨터상에서 웨이블릿의 분해를 하였다. 측정되어진 칩대평판의 신호와 평판대평판의 신호를 상세계수 8까지 분해하였다.

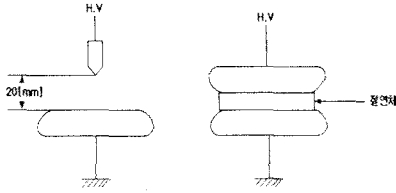


그림 2 전극의 형태

실험에 사용된 전압은 교류전압을 인가하였고, 전극의 형태는 그림 2와 같이 칩대평판과 평판대평판의 전극을 사용하여 실험하였다. 칩대평판의 전극은 칩과 평판의 간격은 20(mm)사용하였고, 평판대 평판은 사이에 절연체를 두어 엮면방전을 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.

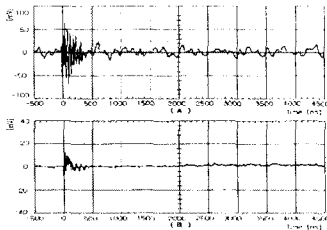


그림 3 오실로스코프에 측정된 파형

그림 3 (A)는 안테나에서 측정된 부분방전 파형이고 그림 3 (B)는 로고스키 코일에서 측정된 부분방전 파형을 나타내었으며 이 두 파형은 동시에 측정된 것이다. 공기중에서 전자파의 전파속도는 매우 빠르기 때문에 로고스키 코일에서의 전류 파형과 전자파의 파형을 동시에 측정하였고, 이와 같은 과정을 통하여 안테나로 측정된 파형이 부분방전시 발생한 전자파임을 확인하였다. 그 후 안테나로부터 측정된 부분방전 파형의 데이터를 컴퓨터로 취득하였다.

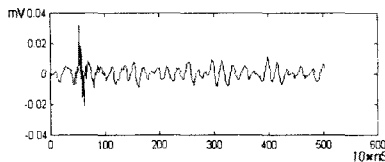


그림 4 칩대평판에서의 부분방전 파형

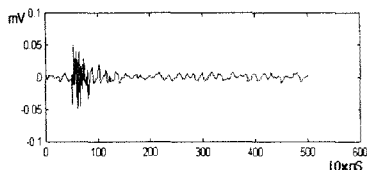


그림 5 평판대평판에서의 부분방전 파형

그림 4와 그림 5는 칩대평판과 평판대평판의 전극에서 부분방전시 발생한 전자파의 파형이다.

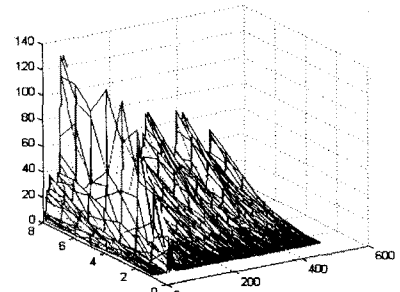


그림 6 칩대평판의 wavelet 변환

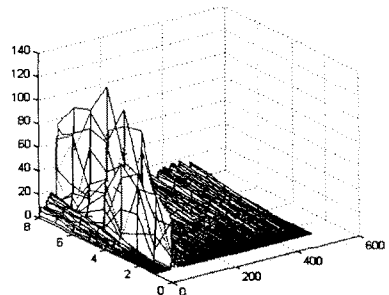


그림 7 평판대평판의 wavelet 변환

그림7과 그림8은 칩대평판과 평판대평판의 전극에서 측정된 부분방전의 신호를 웨이블릿 변환을 한 것이다.

주파수의 영역에서 상세계수 1에서는 주위의 노이즈가 적고 상세계수 8로 갈수록 주위의 노이즈의 영향이 커짐을 알 수 있다. 이는 실험실내의 노이즈가 저주파수에 분포되어 있음을 나타낸다. 평판대 평판에서 발생한 부분방전의 경우 발생한 파형이 커짐에 따라서 노이즈의 세약이 없이 구분되어 짐을 알 수 있다.

4.2 De-noise의 적용

부분방전시 안테나를 이용한 측정법은 현장의 적용시 주위의 노이즈의 영향을 많이 받는다. 이러한 노이즈의 영향에 따라서 부분방전의 유무를 확인하기가 어려워진다(4.5).

부분방전의 파형의 구분을 확인하기 위하여 실험실에서 측정된 부분방전의 파형에 변전소주변에서 안테나로 측정된 전자파의 노이즈를 적용하였다.

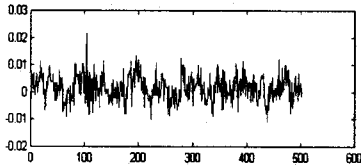


그림 8 침대평판의 파형에 변전소주변의 노이즈적용

그림 8은 침대평판의 신호에 변전소 주변의 노이즈를 첨부한 파형의 형태이다. 이러한 파형의 부분방전의 신호를 구분하기 위하여 웨이브렛 변환에 제시되는 노이즈 제거 방법을 적용하였다.

웨이브렛 변환을 이용한 노이즈제거(de-noise)과정은 크게 3단계로 이루어진다.

1 단계

레벨을 선택하고, 선택된 레벨까지 분해과정을 수행.

2 단계

각각의 레벨에 대해 threshold 방법을 결정하고, shrinkage함수에 적용.

3 단계

수정된 상세계수와 기존의 근사계수를 이용하여 역 변환.

이 중 두 번째의 단계가 중요하며 threshold값인 λ 를 이용하여 shrinkage 함수에 의해 고주파 정보를 포함하는 상세계수를 수정한다(4).

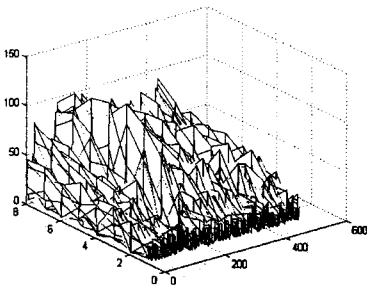
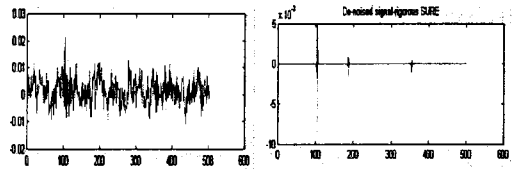


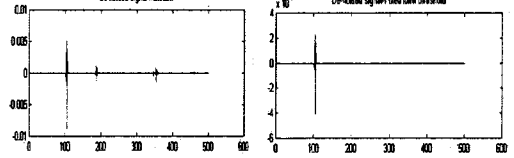
그림 9 노이즈가 포함된 부분방전 파형의 wavelet의 적용

그림 9에서도 상세계수 1에 부분방전의 특징이 구분되어지고 상세계수 8로 갈수록 노이즈의 영향에 의하여 부분방전의 신호의 구분이 어려워짐을 알 수 있다. 이러한 신호의 노이즈제거를 위한 방법의 적용은 웨이브렛 변환의 노이즈제거의 방법 중 SURE, minimax와 fixed from threshold를 적용하였다(4).



a) 부분방전의 신호에 노이즈가 첨가된 파형

b) SURE threshold 방법의 적용시



c) minimax threshold 방법의 적용시

d) Fixed from threshold 방법의 적용시

그림 10 침대평판의 노이즈제거방법의 적용 결과 그림 10은 침대평판에 변전소의 노이즈를 적용한 파형을 노이즈제거를 한 파형이다.

3가지의 de-noise방법을 적용하였을 때 fixed from threshold의 방법이 noise의 제거가 잘 이루어졌고, 노이즈가 포함된 신호에서 부분방전의 신호의 발생을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 논문에서는 밀집형 전력설비의 절연열화를 감시하고 부분방전을 측정할 수 있는 방법으로 안테나를 이용한 전자파의 측정방법을 제시하였다. 실험실내에서 기중에서의 부분방전시 안테나를 이용한 측정을 할 수 있었다. 주변잡음에 상당히 영향을 받는 안테나의 분석법에서 시간과 주파수의 영역을 동시에 볼 수 있는 웨이브렛 변환을 이용하여 부분방전 파형의 분석을 할 수 있었다. 웨이브렛 변환의 적용에서 부분방전의 신호는 상세계수가 낮은 곳에 밀집되었고 노이즈의 경우 상세계수가 높은 곳에 밀집되어졌다. 또한, 변전소의 노이즈를 포함한 부분방전의 파형에서 노이즈를 제거하기 위한 방안으로 웨이브렛변환의 노이즈제거 방법을 적용하였으며, 부분방전의 신호의 구분이 가능하여 졌다. 이러한 적용법이 현장에서의 적용이 가능할 것이라 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박희로, 정찬수, 전희중, 김재철, 한민구, 구자운 "전력설비의 사고예방 및 진단기술"(1차년도보고서) `1992.10 기초전력공학연구소
- [2] M.Kawada, Z.Kawasaki, M.Kenji "Time-Frequency Analysis of E-M signals Emitted from a Partial Discharge Occurring in GIS using Wavelet Transform" power delivery, vol. 15, No.2, April 2000
- [3] IEC-270 "Partial discharge measurement"
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 백운진 "Wavelet 변환을 이용하는 여러 가지 잡음제거 알고리즘의 비교" 1999, 8. 전남대학교 석사논문