

Wavelet Transform을 이용한 PD 신호 De-Noising에 관한 연구

양훈석*, 김상현*, 김종왕*, 김지호**, 이향범*
 숭실대학교*, ㈜에너지테크**

Study about De-Noising of PD signal using Wavelet Transform

Hoon-Seok Yang*, Sang-Hyun Kim*, Jong-Wang Kim*, Ji-Ho Kim**, Hyang-Beom Lee*
 Soong-Sil University*, Enertech**

Abstract - 본 논문은 몰드 변압기의 PD(Partial Discharge) 발생 여부를 판단하기 위해 Wavelet Transform을 이용한 PD 신호의 De-Noising에 관한 연구이다. PD는 변압기 고장사고 중 가장 판단하기 어렵고, 예방 및 진단 시 적은 항목의 검사 항목을 통해 관리되어진다. 따라서 보다 정확하게 PD 발생 여부를 판단하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 몰드 변압기의 PD 신호를 측정하고, 취득한 신호를 Wavelet Transform을 이용한 De-Noising을 수행하고 몰드 변압기의 PD 발생여부에 대해 확인하는 방법에 대한 연구를 수행하였다.

Wavelet Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform), SWT(Stationary Wavelet Transform) 3종류로 나뉘는데, 이때 DWT의 경우 분해 과정에서 신호의 샘플링 개수가 절반으로 줄어드는 다운 샘플링이 일어나게 된다. 다운 샘플링이 발생한 경우 신호 분해 후 De-Noising 과정을 거쳐 원래 신호로 복원하는 과정 중에 오차율을 증가시키는 문제를 야기 할 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 보완하여 분해 후 샘플링 개수를 원래 개수로 늘려주는 업 샘플링 과정이 추가되는 SWT 기법을 이용하여 Wavelet 변환을 수행하였다.

1. 서 론

산업이 발달하고, 전기·전자 제품의 소비가 늘어나면서 이로 인하여 전력 수요 값은 나날이 증가하고 있다. 2011년 대한민국의 대규모 정전 사태 이후 전력 공급의 신뢰도를 높이고, 안정적인 전력 공급을 위해 보다 정확한 전력 수요의 예측과 함께 많은 연구들이 이루어지고 있다. 또한 기존의 발전설비의 고장 및 수리 지연, 추가적인 신규 발전설비의 건설에 어려움을 겪으면서 보다 정확한 전력 수요의 예측이 중요시되어지고 있다.

그 중 전력 계통의 전력용 변압기는 국내 전기설비 중 중전기 부분 에 많은 비중을 차지하고 있으며, 기존의 유입식 변압기를 대체하여 최근에는 몰드 변압기가 빠른 속도로 전력 설비 현장에 보급되고 있는 추세이다.[1,2]

일반적으로 몰드 변압기의 사고는 절연물의 종류중 하나인 에폭시 수 지내의 보이드에 의해 발생하는 보이드 방전이나, 이물질에 의한 절연 파괴 사고, 에폭시 표면의 크랙에 의해 발생하는 연면방전의 사고유형이 대부분의 사고 원인으로 나타난다. 하지만 이러한 사고예방을 위한 몰드 변압기의 점검 방법은 매우 제한적인 항목에 의해서만 관리되고 있다.[4] 특히 부분방전 시험을 이용한 몰드 변압기의 부분방전 점검의 경우 외부 잡음 신호가 대량으로 유입될 경우 검사결과에 대한 신뢰도가 떨어지게 된다. 따라서 보다 정확한 부분방전 시험을 통한 고장진단을 위해서는 변압기 절연물의 절연상태를 판정할 수 있는 분석 방법을 개발하는 것이 필요하다.[1]

본 논문에서는 몰드 변압기의 PD 발생여부 판단을 위해 내전압 시험 장치를 구성 시험을 통해 PD 신호를 획득하고 Wavelet Transform을 이용한 De-Noising을 통해 결과 신호의 패턴을 분석, PD 발생 여부를 확인하였다.

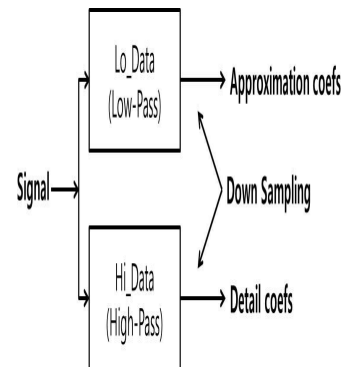
2. 본 론

2.1.1 Wavelet Transform

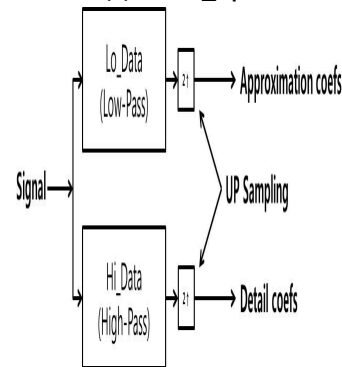
입력의 신호를 시간영역에서 주파수 영역으로 변환하여 그 신호의 특성을 파악하는 방법이 푸리에 변환이다. 하지만 푸리에 변환은 2개 이상의 멀티 주파수 신호에 대한 해석의 경우 그 한계가 존재한다. 이러한 푸리에 변환의 단점을 보완한 방법이 STFT(Short-Time Fourier Transform)이다. STFT의 경우 2개 이상의 멀티 주파수 신호에 대해 다른 주파수 값을 갖는 윈도우 함수를 이용하여 신호를 분석하게 되고, 이는 기존의 푸리에 변환과 비교하여 향상된 결과를 얻을 수 있다. 하지만 STFT의 경우 서로 다른 주파수 신호가 시간영역에 대해 다양한 경우 멀티 윈도우 함수가 필요하게 되는 단점이 존재한다.

이러한 한계를 극복하기 위해 제안된 기법이 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)이다. Wavelet Transform은 원래 신호에 시간과 주파수 영역에 대해 크기가 변화하는 모함수를 이용하여 신호를 분석한다. 결과적으로 분석하고자 하는 신호에 대해 시간영역과 주파수 영역에 대해 동시에 신호분석이 가능하고, 불연속적인 신호를 분석하는데 유리한 장점이 있다.

Wavelet Transform은 입력 신호에 대해 분해(Decomposition)과정을 통해 신호를 분해한다. Wavelet Transform은 크게 CWT(Continuos



(a) DWT 순서도



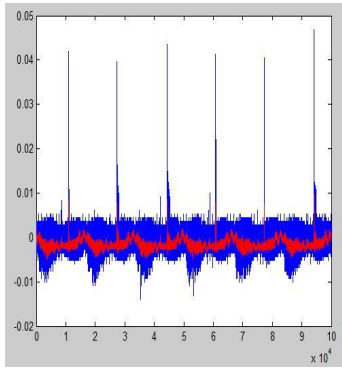
(b) SWT 순서도

<그림 1> DWT 기법과 SWT기법의 Flow Chart

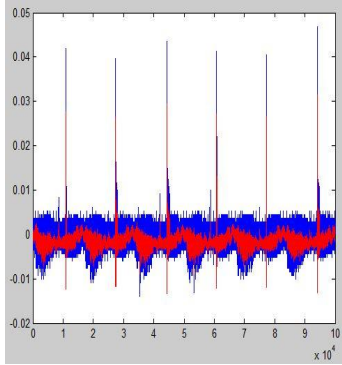
2.1.2 Wavelet 모함수

Wavelet Transform에 사용된 모함수의 종류에 따라 De-Noising의 결과가 달라진다. 본 논문에서는 Orthogonal Wavelet 모함수에 비해 peak 값 탐색에 유리한 Biorthogonal Wavelet 모함수를 선택하였다. 또한 케이스 스터디를 통해 각 모함수의 분해 과정의 근사 계수의 결과와 원래 신호의 크기 값을 비교하여 원래 신호의 peak 값을 가장 근사하게 유지하는 모함수의 종류를 선택하였다.

그림 2는 Biorthogonal Wavelet 모함수에 따른 분해 후 peak 잔존량을 비교한 결과이다. 그림 2의 (a)는 bior 1.1의 모함수를 이용하여 신호를 4단계까지 분해했을 때의 근사 계수의 결과이고, (b)는 bior 2.2의 모함수를 이용하여 신호를 4단계까지 분해했을 때의 근사 계수의 결과이다. 그림 2의 결과와 같이 분해 후 피크 잔존량이 더 많은 bior 2.2 Wavelet 모함수를 사용하여 Wavelet Transform을 수행했다.



(a) bior 1.1를 이용한 분해 결과



(b) bior 2.2를 이용한 분해 결과

<그림 2> biorthogonal 모함수 종류에 따른 분해 결과

그림 2의 파란색 신호는 원래 측정된 PD 신호이고, 빨간색 신호는 Wavelet Transform을 4단계 까지 진행한 후의 신호이다. 그림 2의 결과를 통해 bior 1.1에 비해 bior 2.2의 결과가 분해 단계 후 원래 신호와 비교했을 때 peak값 잔존량이 더 많은 것을 확인할 수 있다.

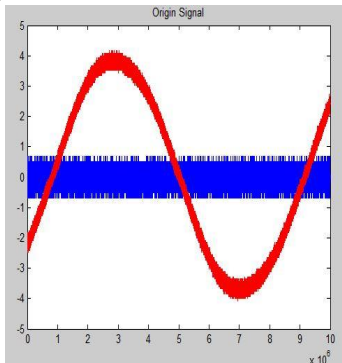
2.1.3 De-Noising

De-Noising은 임의의 신호 내에 주요 신호 성분을 제외한 잡음 신호 성분을 제거하고, 원래 신호에 가장 유사하게 신호를 복원하는 작업을 의미한다.

Wavelet Transform을 이용한 De-Noising 작업을 수행하기 위해서 적절한 Threshold 값을 선정해야 한다. Wavelet Transform의 분해 단계에서 신호를 분리한 후 근사 계수(Approximation Coefficients)와 상세 계수(Detail Coefficients)로 나뉘는데, De-Noising은 각 분해 단계에서 상세 계수의 결과에 Threshold 값을 설정하여 Threshold 이하의 값은 모두 0으로 만들어 주는 단계를 거친 후 Inverse Wavelet Transform을 통해 원래 신호를 복원하였을 때 노이즈 성분을 제외한 원래 신호에 유사한 형태로 복원시킬 수 있게 된다. 따라서 De-Noising 과정에서 적절한 Threshold 값을 선정하여 상세 계수의 노이즈 성분들을 적절히 소거해주는 것이 중요하다.

본 논문에서는 적절한 Threshold 값을 선정하기 위해 케이스 스터디를 통해 노이즈 성분이 가장 적으면서 PD 신호의 패턴이 가장 잘 보이는 Threshold 값을 사용하여 De-Noising 작업을 수행하였다.

2.2 실험 방법

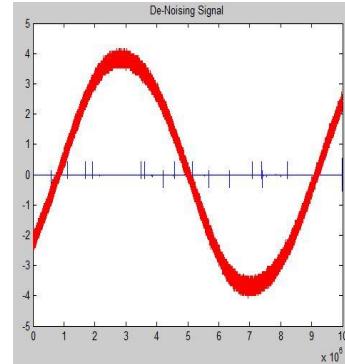


<그림 3> 실험을 통해 얻어진 PD 신호

PD 신호를 획득하기 위해 내전압 시험 장치를 구성하였다. PD 시험을 위해 27kV의 전압을 인가하였고 실험한 PD의 형태는 보이드 방전에 대한 실험을 진행하였다. PD 신호는 HFCT(High Frequency Current Transformer)를 이용하여 측정하였다.

PD가 발생할 경우 PD 신호는 60Hz 사인파의 동기신호와 비교하였을 때 동기신호와 같은 주기로 동일한 패턴의 신호가 반복적으로 발생하는 특성을 가지고 있다. 실험을 통해 얻어진 PD 신호는 그림 2와 같다. 이때 PD 신호가 주기적으로 반복되는 특성을 이용하여 동기신호의 1주기를 기준으로 신호를 누적하여 PD 신호를 측정하였다. 그림 3의 신호를 이용하여 상용 프로그램을 통해 De-Noising을 수행하였다.

2.3 실험 결과



<그림 4> De-Noising 후 PD 신호

그림 4은 그림 3의 신호를 De-Noising 한 후의 결과 신호이다. 그림 4의 빨간색 그래프는 60Hz의 동기 신호의 파형이고, 파란색 그래프는 HFCT를 통해 측정된 PD 신호를 De-Noising 한 후 결과 신호이다. 그림 3과 비교하여 노이즈 성분이 감소된 것을 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 내전압 시험 장치를 이용하여 보이드 방전 상황을 모사한 후 HFCT를 통해 PD 신호를 획득, 상용 프로그램을 이용하여 신호를 De-Noising 하였다. De-Noising 한 후 PD의 패턴을 확인할 수 있었으며 보이드 방전의 경우 PD 발생 시 정극성, 부극성 모두 같은 값을 갖는 형태를 보이는데 De-Noising 신호 역시 정극성 부극성의 패턴 및 크기 값을 비교하였을 때 보이드 방전 발생 여부에 대해 확인할 수 있었다.

향후 HFCT가 아닌 안테나를 이용한 PD 신호 측정을 수행하고 De-Noising 작업을 통해 PD 발생 여부를 판단할 수 있는 휴대 가능한 PD 측정 장비에 관해 연구를 진행할 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최명일, "안테나를 이용한 몰드 변압기의 절연결합 측정과 분석기법 연구", 숭실대학교 대학원 박사학위 논문, pp1-2, 2014
- [2] 한국전기안전공사, "특고압(22.9kV) 기기류에 대한 사용 연한에 관한 연구", 2009
- [3] Masayuki Kikita, Masahiro Kozako, Hajime Takada, "Partial discharge phenomena in artificial in epoxy cast resin insulation system", IEEE International symposium, pp1-5, 2010
- [4] F.Guastavino, E.Torello, A.Ratto, A.Dardano, M.Secci, F.Ferraro, D.Pistone, "diagnosis of common defects inside cast resin current transformers by digital partial discharges acquisition", IEEE ICEM, pp1647-1650, 2012