

웨이블릿변환을 이용한 부분방전 종류의 특징추출에 관한 연구

박재준*

요 약

본 논문에서 우리는 변압기의 부분방전형태를 진단하기 위하여 새로운 방법을 제시 하였다. 웨이블릿 변환을 위하여, 다우비치 필터가 사용되어졌다. 우리는 3개의 전극 종류(침대평판전극,IEC전극,보이드 전극)마다 고주파 전류신호에 관한 통계적인 특징 파라미터(최대값,평균값,분산,왜도,첨쇄도)를 추출하기 위하여 사용 하였다. 역시 이들 계수들은 변압기내 내부부분방전의 신호의 정체를 알기 위하여 사용되어졌다. 그 결과로서 고주파전류신호의 진폭과 평균값의 비교로부터 우리는 IEC electrode > Void electrode > Needle-Plane electrode의 결과를 얻었다. 반면에 왜도와 첨쇄도의 경우, 우리는 Void electrode > IEC electrode > Needle-Plane electrode을 얻었다.

1. 서론

전력설비에 대한 열화상태의 계측과 진단은 시스템전체의 신뢰성을 높일 수 있는 하나의 방법이 될 것이다. 전력분배 시스템에서 가장 중요한 전력기기 중 하나로서 변압기가 치명적인 고장, 사고를 초래하면 그에 대한 엄청난 피해와 보상이 뒤따르게 될 것이다.

이런 사고를 미연에 방지하여 엄청난 정전사고를 예방하기 위해서는 변압기의 결함탐지 및 변압기 열화의 원인이 될 수 있는 부분에서 발생된 신호를 계측하여 특징을 추출하여 변압기 열화상태 진단을 할 수 있는^(6,7) 많은 연구가 절실히 필요한 것이다.

이런 변압기 결함부위를 진단하기 위하여 부분방전 종류에 따른 초음파신호의 주파수 특성 등을 검토하여 왔었다. 이런 문제점을 검토하기

위해서 일반적으로 부분방전에 의한 초음파신호의 측정은 변압기내에서 가장 발생빈도가 높고 위험한 결함인 돌출부를 침-평판 전극으로 모의하여 실험하여 왔었다.⁽⁸⁾

최근에서는 음향방출신호(Acoustic Emission Signals)가지고 시간의 흐름에 따른 주파수 분석 기법으로서 탁월한 성능을 가진 웨이블릿 변환 기법(wavelet Transform)을 적용하여 연구되어지고 있다.^(1,2,3,4)

본 연구에서는 크게 3가지 부분방전결함을 모의한 전극으로서:

첫째 침-평판전극, 둘째 유중연면 방전(IEC전극), 셋째 보이드 방전을 모의하여 각각에 대한 고주파 전류센서를 이용하여 계측하였다. 이산 웨이블릿 변환기법을 적용하여 레벨-3으로 계수를 구한 후 5가지 통계적인 파라미터(최대값, 평균값, 분산, 왜도 첨쇄도)를 이용하여 특징을 추출하였다.

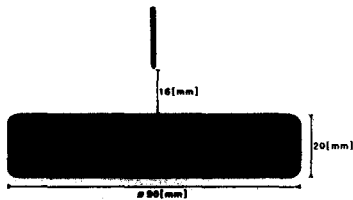
* 중부대학교 정보공학부 전기,전자공학 전공 조교수

II. 실험장치 및 디지털 신호처리 과정

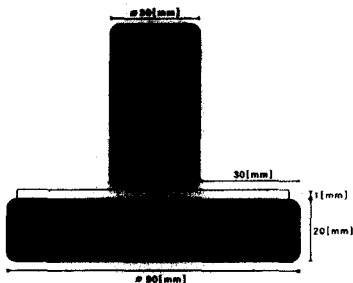
2.1. 실험장치

1) 전극구성 및 실험방법(1.2.3)

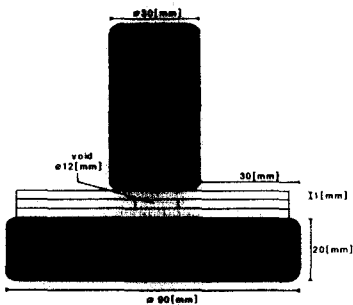
전극의 구성은 그림1에서 보여준 대로 3가지 종류의 전극으로 구성하였다. 1-(a) 침대평판 전극, 1-(b) 유중 연면방전을 일으키기 위한 IEC전극, 1-(c)보이드 방전을 위한 전극으로 구성하였다.



(a)침- 평판전극

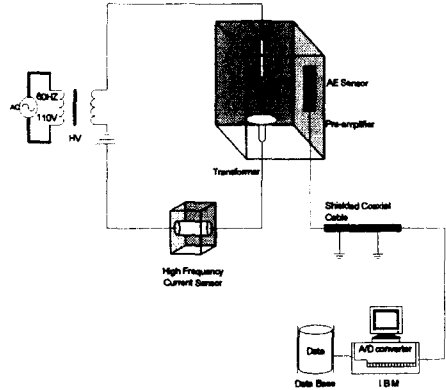


(b) IEC전극



(c) 보이드 전극

(그림 1) 부분방전 결합부위를 모의하기 위한 전극



(그림 2) 실험장치 구성

Fig 2. Data Acquisition system set up

2.2. 특징추출을 위한 다 분해능 웨이블릿변환(Multi-Resolution Wavelet Transform) (1.2.3.4.5.6.7)

이산 웨이블릿의 확장으로 직교벡터공간에서 웨이블릿 함수를 변화시킴에 따라서 다양한 크기의 해상도로 신호 $x(t)$ 에 포함되어 있는 성분들을 분석할 수 있게 된다. 이를 위해 다중 해상도 신호 분할 알고리즘이 소개되었으며, 이는 신호성분을 단계별로 더욱 세밀하게 표현하는 이산웨이블릿을 만들어서 적용하는 과정을 거치게 된다. 다시말해 2만큼 확장된 식 (1)에서

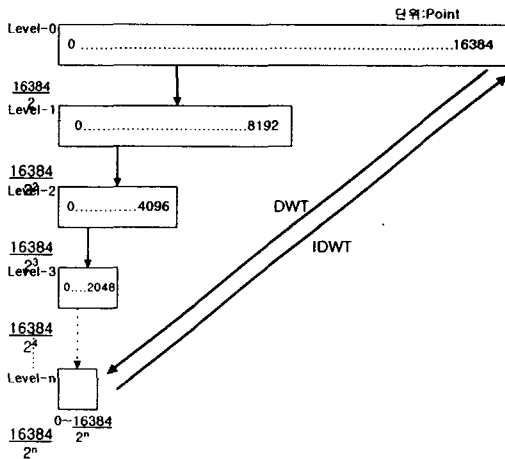
$$W_w f(a,b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int f(t) \Psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt \dots\dots (2.1)$$

이산 웨이블릿 함수 $\Psi_2^j(t)$ 를 시간 축에 대해 $2^j n$ 천이 시키고, 로 정규화 함으로써, 함수를 $\Psi_2^j(t)$ 를 시간 축에 대해 $2^j n$ 천이 시키고, $\sqrt{2^{-j}}$ 로 정규화 함으로써,

$$\sqrt{2^{-j}} \Psi_{2^j}(t - 2^{-j}n) \dots \dots \dots (2.2)$$

이산웨이블릿이 구성된다. 다 분해능 웨이블릿변환 (Multi Resolution Wavelet Transform) 은 웨이블릿 함수를 정규 직교기저에 적용함으로써 주어진 함수 특성을 분해하여 나타내는 알고리즘이라 할 수 있다.

웨이블릿은 고주파와 저주파를 단계별로 분리 적용하여 level-1, level-2.....level-n.로 분해하여간다. 그 역의 과정을 합성 즉, 역 이산웨이블릿(Inverse Discrete Wavelet Transform , 이하 IDWT이라 부른다)이라고 한다. 이산웨이블릿의 과정 및 그 역의 과정을 그림3에서 나타내고 있다.



(그림 3) 본 연구에 적용된 신호의 이산웨이블릿의 분해 및 합성과정

Fig 3. Discrete Wavelet Decomposition and Composition Procedure

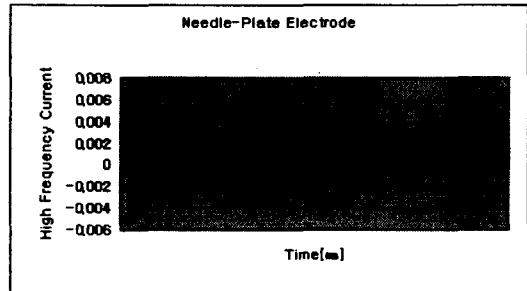
그림3에서 볼 수 있듯이 고주파성분과 저주파성분이 적절히 분해되고 있음을 볼 수 있으며, 분리된 에너지는 웨이블릿 변환레벨을 증가시킴에 따라 저주파 쪽으로 에너지가 집중 되어가는 과정을 볼 수 가있다. 일반적으로 웨이블릿 변

환을 적용했을 때 90[%]이상의 에너지성분이 저주파 쪽으로 집중된다.

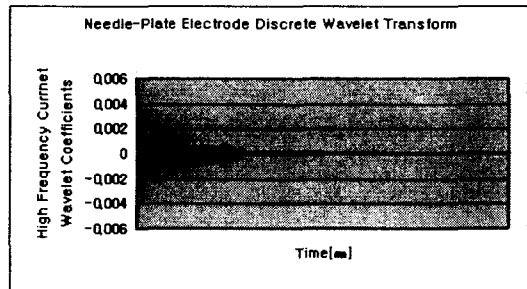
III. 결과 및 검토 고찰

3-1. 각 전극의 고주파전류 신호의 패턴

1) 침대평판전극



(그림 5) 침대평판전극의 고주파전류신호의 대표적인 신호패턴

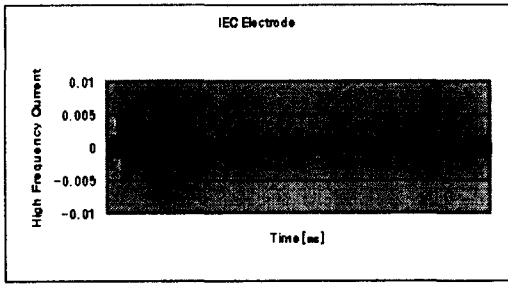


(그림 6) 이산웨이블릿 변환의 Level-3

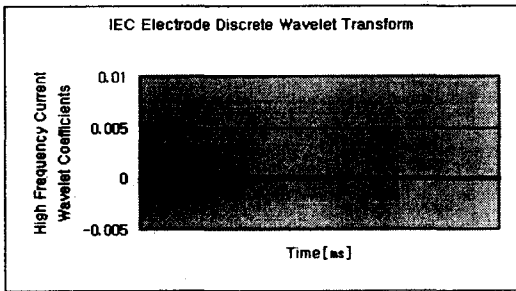
전체적으로 각 전극에 인가된 전압은 교류 30[KV]을 인가하였다.

그림5~6는 유중상태에서 침대평판전극에, 그림7~8는 연면방전의 전극에, 그림9~10는 보이

2) IEC전극

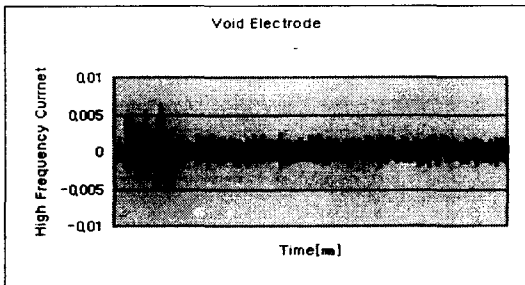


(그림 7) IEC전극의 고주파전류신호의 대표적인 신호패턴

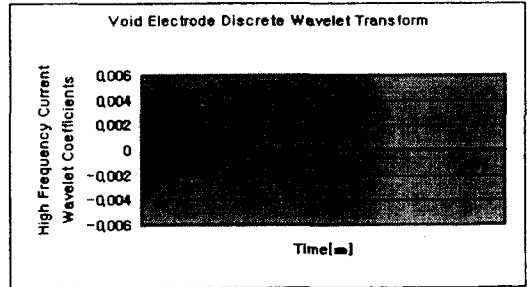


(그림 8) 이산웨이블렛 변환의 Level-3

3) 보이드 전극



(그림 9) 보이드전극의 고주파전류신호의 대표적인 신호패턴



(그림 10) 이산웨이블렛 변환의 Level-3

는 수천에서 수만의 자료를 전체 산술 평균한 값이 5가지 통계적인 파라메터(이산웨이블렛 계수의 최대값, 평균값, 분산값, 왜도값, 첨세도값)를 가지게 되므로 그 신호에 가장 근사한 신호를 선택하여 침대평판전극의 대표신호 및 IEC 전극의 대표신호, 그리고 보이드 전극의 대표신호로 나타내었다.

그림6, 그림8 그리고 그림10에서는 이산웨이블렛의 레벨을 Level-3 이상 높이면 원형 신호의 패턴을 잃게 되므로, 즉 에너지가 새어 버리게 되므로서 최적의 이산 웨이블렛 레벨-3으로 하는 것이 바람직하였다. 특징추출시 하나의 파일에서 나타난 신호패턴이 16,384포인트로 구성되어있지만, 이산웨이블렛 변환의 Level-3을 취하게 되면 2048 포인트의 웨이블렛 계수로서 16384포인트와 유사한 신호패턴을 그대로 유지하게 된다.

3.2. 각 전극에서 고주파전류신호의 통계적인 특징추출

표1에 결과로서 음향방출신호의 웨이블렛 계수의 최대값을 비교하여볼 때 연면방진>보이드방진>침대평판전극 순으로 나타내었고, 왜도와 첨세도의 경우 보이드 방전시가 가장 크게 나타

드 전극을 구성하여 인가하였다.

모두가 절연지 보드판이 관통 시까지 계속하여 인가 후 고주파 전류센서로부터 고주파 전류를 계측하였다. 그 결과 대표적인 신호의 경우

내었다. 신호의 파형을 고려할 때 보이드 방전 시 방전의 집중도가 크다는 것으로 사료된다.

〈표 1〉 방전의 종류에 따른 고주파전류신호의 통계적인 특징추출

| Electrode Feature | Needle- Plate | IEC | Void |
|----------------------|------------------|---------|--------|
| Max | 0.0363 | 0.0464 | 0.041 |
| Average | 0.00414 | 0.0052 | 0.0048 |
| Dispersion | 0.00131 | 0.00168 | 0.0015 |
| Skewness | 2.029 | 2.04 | 2.47 |
| Kurtosis | 5.31 | 4.54 | 7.24 |

IV. 결론

부분방전의 종류에 따른 전극을 모의하여 실험한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 부분방전 종류의 고주파 신호의 패턴은 유사한 양상을 볼 수 있었다. 그러나 통계적인 특징추출의 결과를 볼 때 웨이블렛 계수의 최대값은 IEC전극에서 발생된 신호가 가장 크고, 왜도 및 첨쇄도의 경우 보이드방전 시가 가장 크게 됨을 알 수가 있었다.

2. 부분방전의 종류를 진단하기 위해서는 이산 웨이블렛 변환기법을 도입하여 특징추출함으로써 변압기의 열화상태 정보를 알아내는데 유익할 것으로 사료됩니다.

참고 문헌

[1] 박재준, 권동진, 송영철, 안창범 “이산 웨이블렛 변환기법을 이용한 변압기 열화신호

의 특징추출에 관한 연구”, 대한전기학회 논문지(c), Vol.50, No3, pp121-129, 2001.3

[2] 박재준, 송영철, 전병훈 “이산 웨이블렛 변환과 신경망을 이용한 변압기 열화상태 진단에 관한 연구”, 한국전기전자재료학회논문지, Vol.14, No1, pp84-92, 2001년 1월

[3] 박재준, “변압기 부분방전 발생 패턴 인식에 의한 열화 진단”, 기초 전력 공 동 연구 소, 99-지-02, 1999년

[4] Santosh Kumar Pandey and L. Satish, “Multiresolution Signal Decomposition: A New Tool For Fault Detection in Power Transformers During Impulse Tests”, IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.13, No.4, pp1194-1200, 1998

[5] 박현수, 박재도, 정용기, 곽희로, “부분방전 종류에 따른 초음파의 신호 특성”, 2000년도 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, pp.1897-1899, 2000

[6] Xiaoli Li, Shen Dong, Zhejun Yuan, “Discrete Wavelet Transform for Tool Breakage Monitoring”, International Journal of Machine Tools & Manufacture 39(1999) 1935-1944, 1999

[7] Stefan Pittner and Sagar V. Kamarthi, “Feature Extraction from Wavelet Coefficients for Pattern Recognition Tasks”, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.21, No.1, pp83~88, 1999

[8] E.M.Lalitha and L.Satish, “Wavelet Analysis for Classification of MultiSource PD Patterns”, IEEE Transaction on Dielectric and Electrical Insulation, Vol.7, No.1, pp40-47, 2000

A Study on Feature Extraction of Partial Discharge Type Using Wavelet Transform

Jae-Jun, Park*

Abstract

In this papers, we proposed the new method in order to diagnosis partial discharge type of transformers. For wavelet transform, Daubechie's filter is used, we can obtain wavelet coefficients which is used to extract feature of statistical parameters(maximum value, average value, dispersion, skewness, kurtosis) about high frequency current signal per 3-electrode type(needle-plane electrode, IEC electrode and Void electrode.). Also, these coefficients are used to identify signal of internal partial discharge in transformer.

As a result, from compare of high frequency current signal amplitude and average value, we are obtained results of IEC electrode > Void electrode > Needle-Plane electrode.

Otherwise, In case of skewness and kurtosis, we are obtained results of Void electrode > IEC electrode > Needle-Plane electrode .

As Improved method in order to diagnosis partial discharge type of transformers, we use neural network.

* Professor, Division of Information Engineering, Joongbu Univ.