

부분방전 종류에 따른 Time-Frequency 분포

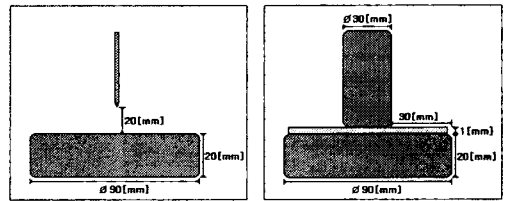
이동준*, 송현석*, 정용기*, 박희로*, 김경화**, 김두석***
 송실대학교*, 대전기능대**, 호원대학교

Time-Frequency Distribution to Partial Discharge Kinds

D.Z. Lee, H.S. Song, Y.K. Jung, H.R. Kwak, K.W. Kim, D.S. Kim
 Soongsil Univ. Deajeon p. col. Howon Univ.

Abstract - In this paper, a comparative study of time-frequency distributions by partial discharge(PD) kinds was made. The PD kinds were to be classified into the corona, the surface discharge and the void discharge in this paper.

As a result, the distributions of the PD kinds were different, and using neural network, the PD pattern recognizing rate was about 85(%)



(a) 침-평판 전극

(b) IEC(b) 전극

1. 서 론

최근 송전전압의 765[kV] 승압과 고신뢰도를 가지는 전력공급의 필요성이 날로 증가됨에 따라 전력 기기의 이상진단을 검출하여 사고나 장애를 미연에 방지하는 이상진단의 중요성이 커지고 있다.

현재의 전력기에 사용되는 진단방법으로는 가스분석에 의한 화학적 검출법, 초음파 측정 혹은 진동 측정에 의한 기계적 검출법, 부분방전 측정을 위한 RF 측정법, UHF 측정법 같은 전기적 검출법 등이 제시되고 있다.

이러한 진단방법 중 화학적 검출법의 진단 알고리즘은 특정한 화학물질의 검출량에 증가 및 변화 추이에 따른 분석이고 기계적 검출법과 전기적 검출법의 진단 알고리즘은 신호의 $V_{peak-peak}$ 값 비교, 펄스 수 계측, 위상에 따른 분석법과 주파수에 따른 분석법 등이 있다.[1]

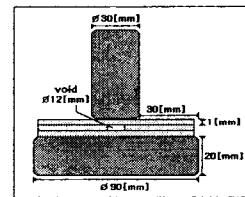
그러나 기존의 알고리즘들은 계속신호에 실려오는 내부 사정을 충분히 설명하지 못하고 또한 외부노이즈를 분리하여 분석하는데 어려움을 겪고 있어 최근에는 다양한 분석 방법들이 나오고 있으며 그중 웨이블릿 변환을 이용한 분석도 많이 연구되어지고 있다.

따라서 본 논문에서는 변전기기 내부의 이상진단을 위하여 내부에서 발생할 수 있는 부분방전의 종류에 따라 발생하는 초음파 신호를 계측하여 웨이블릿 변환 (Wavelet transform)을 이용해 시간-주파수 분포(Time-Frequency Distribution)를 나타낸 후 그 분포를 비교하였다.

2. 실험 및 분석 방법

2.1 실험방법

본 논문에서는 부분방전 종류에 따른 초음파 신호를 측정하였다. 이때 이용한 초음파 센서는 공진주파수 150[kHz]인 광대역 센서를 이용하였고, 60[dB]의 프리앰플을 이용하여 신호를 증폭하였다. 부분방전 발생원은 SF₆ 가스가 절연매질인 경우를 모의하였으며 부분방전 종류는 코로나 방전, 연면 방전, 보이드방전을 모의하였고[2] 모의된 방전 외에 노이즈 신호를 측정하여 4 가지 경우를 비교하였다. 그림1은 본 논문에서 모의한 부분방전 종류의 모의 전극이다.



(c) 보이드 전극

그림1 부분방전 종류에 따른 모의 전극

2.2 분석 방법

본 논문에서는 부분방전 종류에 따른 초음파 신호를 웨이블릿 변환을 이용한 시간-주파수 분포를 가지고 비교, 분석하였다. 웨이블릿 변환은 시간과 주파수 영역을 같이 분석할 수 있는 방법으로 초음파 신호와 같은 비정현적인 신호를 분석하는 데 유리하다.[3]

웨이블릿 변환은 신호와 wavelet과의 유사성을 나타내는 계수를 구하는 것으로, wavelet은 mother wavelet $\psi(t)$ 를 scaling과 translation 시킨 함수이다. Wavelet transform 변환식은 식 (1)과 같다.

$$(W_{\psi f})(b, a) = |a|^{-\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} dt \quad (1)$$

여기서 a는 scaling 파라미터, b는 translation 파라미터, f(t)는 분석하고자 하는 신호, $\psi(t)$ 는 mother wavelet이라 불리는 분석함수.

Mother wavelet 함수는 Morlet family, Mexican hat family, Haar family, Daubechies family 등이 있으며 본 논문에서는 Daubechies family를 mother wavelet으로 사용하였다.

또한, 본 논문에서는 초음파 신호의 분석을 위하여 SPAW 시간-주파수 분포(Smoothed Pseudo Affine Wigner time-frequency distributions)를 이용하였다. 이때 threshold level은 10[%]로 하였으며 분석한 시간은 2,000[μ s] 동안이었다.

3. 시간-주파수 분포 분석

본 논문에서는 부분방전 종류에 따라 발생한 초음파 신호와 노이즈를 측정하여 그림 2에 나타내었다.

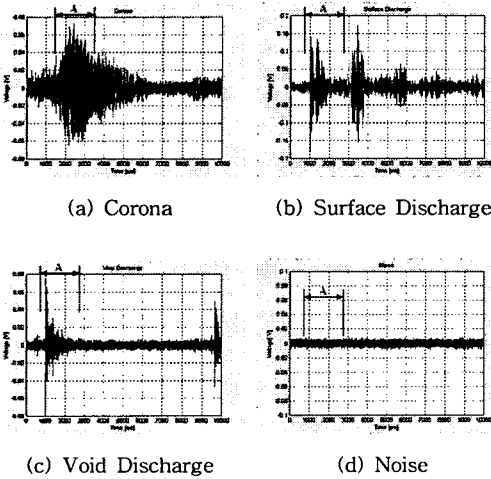
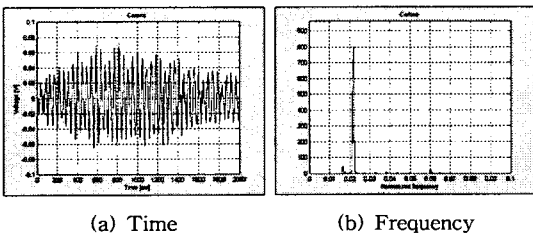


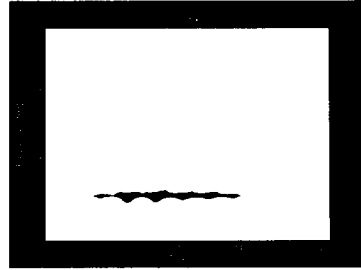
그림 2. 초음파 신호

그림 2에서 보는 것처럼 부분방전 종류에 따라 나타난 파형은 매우 유사하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 부분방전 종류에 따른 시간-주파수 분포를 나타내기 위하여 각 파형에서 Peak를 중심으로 2,000[μ s] 시간의 데이터를 샘플링 한 후 시간-주파수 파형을 나타내었다. 각각의 종류에서 샘플링 한 시간을 그림 2에서 A로 나타내었다.

그림 3은 코로나방전에 따른 초음파 파형의 시간, 주파수 그리고 시간-주파수 분포를 나타낸 것이다. 특히 시간-주파수 분포는 pcolor 형태(pcolor type)로 나타내었다.



(a) Time (b) Frequency

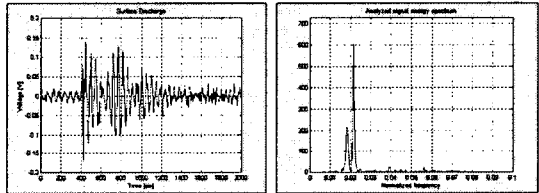


(c) Time-Frequency

그림 3. 코로나 방전의 시간-주파수 분포

그림에서 보는 것처럼 코로나 방전의 시간 분포에서는 비슷한 크기의 파형이 지속적으로 나타나고 있으며, 주파수 분포에서는 일정한 주파수 대역(0.02)에서만 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 종합적으로 시간-주파수 분포에서는 일정한 주파수대역에서 시간축을 따라 길게 나타나는 형태로 표시된다.

그림 4는 연면방전에 따른 초음파 파형의 시간, 주파수 그리고 시간-주파수 분포(pcolor type)를 나타낸 것이다.



(a) Time (b) Frequency

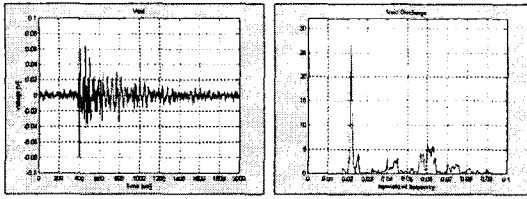


(c) Time-Frequency

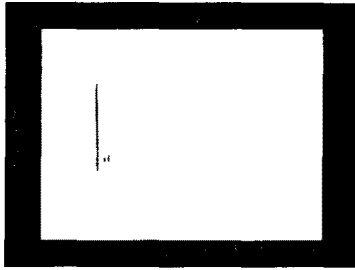
그림 4. 연면방전의 시간-주파수 분포

그림에서 보는 것처럼 연면방전의 시간분포에서는 큰 파형이 두 번 나타나고 있으며, 주파수 분포에서는 일정한 주파수 대역에서만 높게 나타나고 있음을 알 수 있다. 종합적으로 시간-주파수 분포는 일정한 주파수에서 두 번에 걸쳐 파형이 타났는데 상대적으로 원형과 유사한 형태로 나타났다.

그림 5는 보이드방전에 따른 초음파 파형의 시간, 주파수 그리고 시간-주파수 분포(pcolor type)를 나타낸 것이다.



(a) Time (b) Frequency

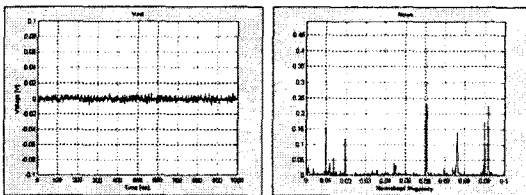


(c) Time-Frequency

그림 5. 보이드방전의 시간-주파수 분포

그림에서 보는 것처럼 보이드방전의 시간분포에서는 한 개의 큰 파형과 짧은 시간 내에 몇 개의 파형이 나타나고 있으며, 주파수 분포에서는 일정한 주파수 대역뿐만 아니라 다른 대역에서도 나타나 상대적으로 넓은 대역으로 분포되어 있음을 알 수 있다. 전체적으로 시간-주파수 분포는 다른 방전의 경우와 비교하여 주파수 축을 따라 길게 나타나고 있다.

그림 6은 노이즈에 따른 초음파 파형의 시간, 주파수 그리고 시간-주파수 분포(pcolor type)를 나타낸 것이다.



(a) Time (b) Frequency



(c) Time-Frequency

그림 6. 노이즈의 시간-주파수 분포

그림에서 보는 것처럼 시간분포에서는 큰 파형이 없이 작은 파형만 일정하게 나타나고 있으며 주파수 분포에서는 여러 주파수 대역에서 불규칙적으로 높게 나타나고 있다. 노이즈의 시간-주파수 분포의 특징적인 형태는 매우 불규칙적으로 나타난다.

이상의 결과를 가지고 시간-주파수 분포의 특징량을 추출한 후 부분방전 패턴인식을 위하여 신경회로망을 이용하였다. 신경회로망에는 여러 가지 알고리즘이 있으나 그 중 다층구조를 가지는 역전파학습 알고리즘(Back-Propagation Algorithm)을 이용하였다. 그 결과 약 85(%)의 인식률을 나타내었다.

3. 결 론

부분방전 형태에 따른 초음파 신호의 시간-주파수 특성을 비교해 보았다 그 결과 코로나, 연면방전, 보이드방전이 방전 형태에 따라 시간축으로 길게, 둥글게, 주파수 축으로 길게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

또한, 역전파학습 알고리즘을 이용한 패턴인식에서 약 85(%)의 인식률을 나타내어, 부분방전 인식을 위한 데이터로도 적합함을 알 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- (1) F. H. Kreuger, E. Gulski and A. Krivda, "Classification of Partial Discharges", IEEE Trans. on Elect. Insul., Vol. 28, No. 6, pp. 917-931, 1993.
- (2) 박희로 외, "변압기내 부분방전의 종류에 따른 초음파 신호 특성", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1897-1899, 2000.
- (3) C. Sidney, Ramesh A. Gopinath, and Haitao Guo, "Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms" Prentice Hall, 1998.