

VHF안테나를 이용한 기중 부분방전 신호의 전자파 특성연구

이도훈 김재철 전영재
 숭실대학교

김영노*
 PSD Tech*

김광화**
 전기연구원**

A Study on the Electromagnetic Pattern of Partial Discharge Signal using VHF(Very High Frequency) Antenna

Do-Hoon Lee, Jae-Chul Kim, Young-Jae Jun, Young-No Kim*, Kwang-Whoa Kim**
 Soon Sil Univ. PSD-Tech KERI.

Abstract - This paper describes measurement and diagnosis methods for electromagnetic wave using a VHF(Very High Frequency) antenna. In the laboratory partial discharges are generated on a needle-plate and a plate-plate configuration. The detected electromagnetic wave is analyzed by FFT(Fast Fourier Transform).

We propose a methode to classify creeping partial discharge and corona partial discharge that are detected in three frequency bands.

Biconical Antenna를 사용하였고, 오실로스코프는 Lecroy LT342를 사용하여 측정된 파형은 IEEE-488(GPIB-488) 인터페이스를 통하여 그림 파 일과 데이터 파일로 저장하였다. 오실로스코프의 내부측 정저항은 50(Ω)로 설정하였고, 측정시간은 0.5 μ s로 동일하게 측정하였다. ETS사의 Biconical 안테나는 1[M]거리에서 20-200[MHz]의 주파수대역을 ± 1.2 dB 의 오차이내로 측정 가능하다[2].

1. 서 론

부분방전(Partial discharge)은 절연체가 파괴되기 전에 국부적으로 발생하는 방전으로 정의된다. 이러한 부분방전은 전기적 신호의 형태로 절연시스템의 열화상 태에 대한 수많은 정보를 가지고있기 때문에 많은 전기 설비의 상태를 진단하는데 있어 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 그러므로, 부분방전 신호의 정확한 측정과 적 합한 분석은 신뢰성 있는 진단 이론 개발과 현장 적용에 매우 필수적이라 할 수 있다[1]. 부분방전의 특성과 패턴을 분석하고 활용하기 위해, Fast Fourier Transform(FFT)에서 웨이브렛변환(Wavelet Transform) 그리고 신경망 (Neural Network)등의 여러 가지 기법이 적용되고 있다. 현재 시간과 주파수 영역에서 동시에 분석이 가능한 웨이브렛변환이 많이 사용되고 있으며, 웨이브렛변환의 결과 값을 신경망에 적용하여 부분방전의 형태에 따른 패턴을 분류하기도 한다. 그러나 이러한 방법은 현장에 적용함에 있어 복잡하며, 시간 또한 많이 소요되기 때문 에, 본 논문에서는 적용이 쉽고 빠른 FFT를 이용한 부 분방전 분석법을 제안하였다.

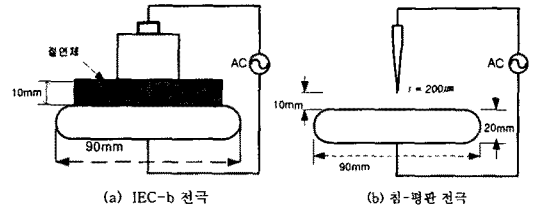


그림 2. 실험 전극의 구조

그림 1과 그림 2의 실험장치는 IEC-270과 IEC-466 을 참고로 하여 구성하였다[3]. 그림2의 전극들을 이용 하여 전력설비 내의 (a) 연면 방전과 (b) 코로나 방전 을 모의하여 부분방전을 발생시켰으며, 절연체의 두께와 침과 전극의 간격을 조정하여 전압의 크기가 5.9[kV] 에서 6.1[kV]일 때 부분방전이 발생되도록 하였다. 각 실험마다 30초의 간격을 두어 측정하였고, 전자파 차폐 설비를 갖춘 기초전력공동연구소의 고전압 실험실에서 이루어졌다.

2. 부분방전 측정시스템의 구성

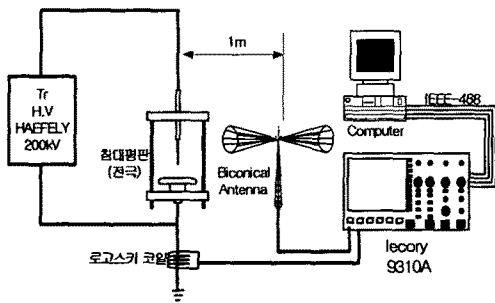


그림 1. PD측정 실험장치 구성도

실험장치는 그림 1에 나타난 것처럼 부분방전을 발생 시켜 안테나로 측정할 수 있도록 구성하였다. 안테나는

3. 전자파의 측정과 분석

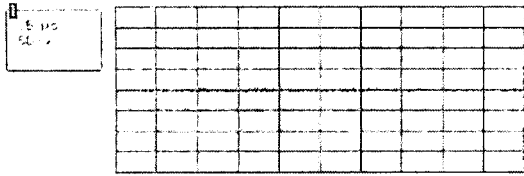
3.1 전자파 측정시 고려한 사항

부분방전 측정 시 고려해야할 사항은 고압인가장치의 전압인가 시마다 내부에 스위치 형태의 기기가 작동하게 되므로 이러한 점을 고려하여 부분방전을 측정하여야 하며, 진단시험을 수행하는 현장에서는 반송파 등 부분방 전에 의하여 발생하는 전자파 이외에 잡음성 전자파가 존재하므로 실제 부분방전에 의한 전자파만을 검출하기 위해서는 부분방전에 의하여 발생하는 주파수와 진폭을 분석할 필요가 있다. 일반적으로 부분방전에 의해 발생 되는 전자파의 주파수는 특정 대역의 주파수만 발생하는 것이 아니고 조건에 따라 변화하게 된다.[4] 실험실내의 고전압인가 시 발생하는 전자파를 측정했을 때, 부분방 전 신호와 노이즈 신호를 분리하기 위해, FFT를 이용하 였다.

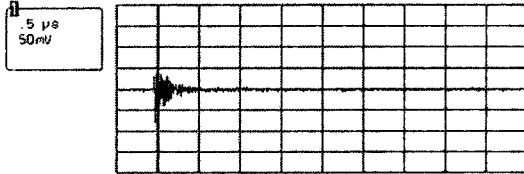
3.2 실험실 내의 전자파측정

부분방전 파형의 정확한 측정과 발생 유무를 확인하기 위해 로고스키 코일(Rogowski coil)을 사용하였다. 로 고스키 코일을 접지선에 설치하여 부분방전 시 흐르는

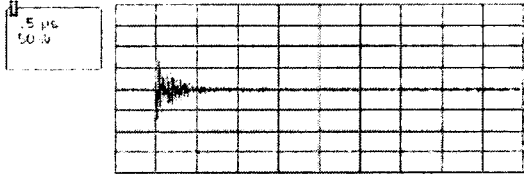
전류 파형과 안테나에서 측정되는 전자파를 비교하여 부분방전 발생 유무를 확인하였다.



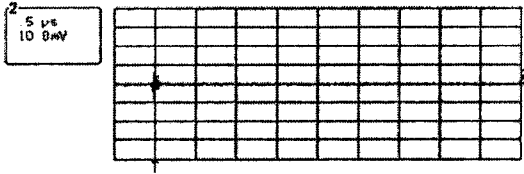
(a) 6kV 인가시 실험실 노이즈 파형



(b) IEC-b전극에서 연면 부분방전시의 전자파 파형



(c) 침-평판 전극에서 코로나 부분방전시의 전자파 파형



(d) 부분방전 발생시 로고스키코일의 전류 파형

그림 3. 전자파 파형과 로고스키코일 파형

그림 3(a)는 6[kV] 인가 시 측정된 실험실 노이즈에 대한 전자파 파형이다. 3(b)는 연면 방전 발생 시 측정된 전자파 파형이며, 3(c)는 코로나 방전 발생 시 측정된 전자파 파형이다. 그리고 3(d)는 로고스키 코일에 측정된 접지선에 흐르는 전류 파형이다. 안테나에서 측정된 전자파신호와 로고스키 코일에서 측정된 전류신호가 동시에 측정되었다는 것은 부분방전의 발생 시 전자파가 발생되며, 발생된 전자파를 Biconical Antenna로 측정됨을 확인할 수 있다. 그림 3(b)와 3(c)에 나타난 것처럼 부분방전 발생 시 측정된 전자파는 시간 영역에서 측정이 되며, 이를 시각적으로 분류하는 것은 매우 어렵다. 그러므로 신호를 시간의 영역에서 주파수 영역으로 분석하는 푸리에 변환을 적용했다[4].

4. 부분방전의 특성과 패턴분석

4.1 FFT의 적용

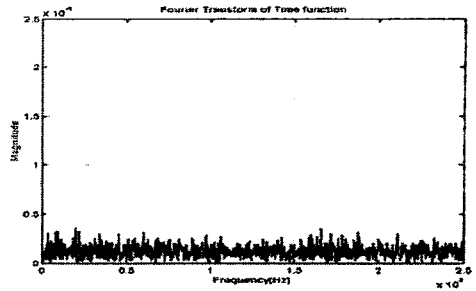
푸리에 변환은 시간 t 의 함수를 주파수 ω 에 관한 함수로 바꿀 때 사용하며, 다음과 같이 계산된다.

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt \quad (1)$$

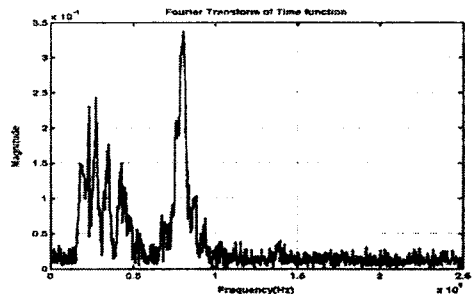
데이터 하나의 샘플링(Sampling) 수는 2502개를 저장하였으며, Matlab을 사용하여 FFT를 하였다[5].

6kV의 전압인가 시 4(a)노이즈, 4(b)연면 방전, 4(c)코로나 방전 파형에 FFT를 수행한 결과 파형이다. 각 파형은 0~250(MHz)의 영역의 주파수의 특성을 보여

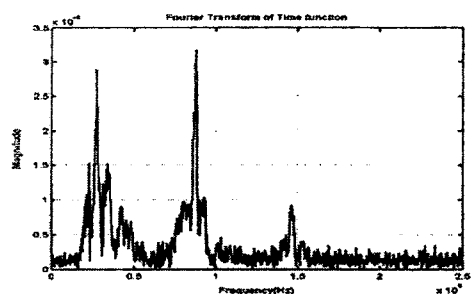
주고 있다.



(a) 6kV 인가시 노이즈 FFT 파형



(b) IEC-b전극에서 연면 부분방전 파형의 FFT



(c) 침-평판 전극에서 코로나 부분방전 파형의 FFT

그림 4. 부분방전 파형의 고속푸리에 변환

4.2 특징추출

부분방전은 항상 잔류전하에 의하여 이력현상이 있게 되며, 따라서 방전펄스의 발생은 복잡한 양상을 나타나게 된다. 예를 들면, 실제적인 부분방전에서는 극성효과, 절연물의 누설저항의 변화 등에 따라 방전전압과 잔류전압이 모두 일정하지는 않다[6]. 이와 같은 요소 때문에 방전펄스의 주기와 크기가 불규칙을 이루게 된다. 따라서, 본 논문에서는 많은 실험 데이터를 분석하여 각각의 부분방전 파형의 일관성을 유지할 수 있도록 하였다.

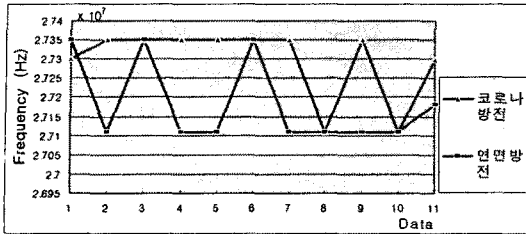
특징을 추출하기 위하여 각 부분방전의 형태에 따라 100개의 데이터를 FFT하여 연면 방전과 코로나 방전에서의 확인하였다.

그림 4의 (b),(c)에서 보이는 것처럼 주요 주파수 성분은 20~40(MHz), 70~90(MHz) 영역에 분포하고 있으며, 미약하지만 130~150(MHz) 영역에서도 부분방전의 특성이 나타남을 알 수 있다.

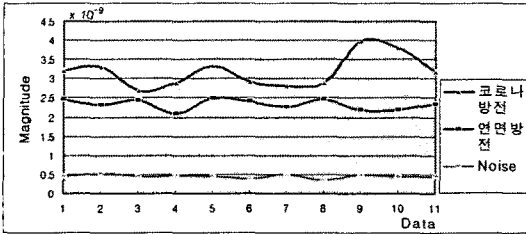
4.3 패턴분류

패턴을 분류하기 위해 본 논문에서는 코로나 방전과 연면 방전의 각 영역별로 가장 큰 침투값을 갖는 파형의

주파수와 크기(Magnitude)값을 비교하였다. 아래 데이터의 값은 이전 측정값의 10개를 평균한 값이며, 11번째의 데이터는 총100개의 측정값을 평균한 값이다[7].

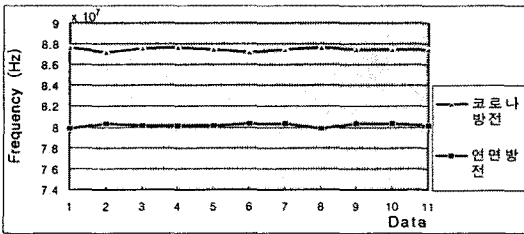


(a) 27~28(MHz) 주파수영역 비교

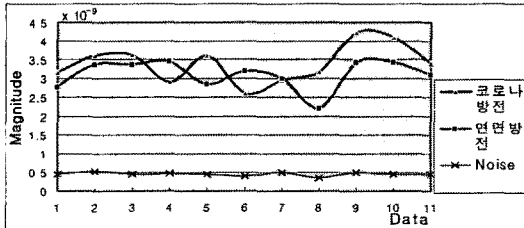


(b) 27~28(MHz) 대역의 크기 비교
그림 5. 27~28(MHz) 주파수영역의 비교와 크기 비교

그림 5의 27~28(MHz)대역에서의 코로나 방전과 연면 방전의 특성을 보면 평균적으로 코로나 방전이 연면 방전 보다 0.12(MHz) 정도 높은 주파수대역에 나타나지만 전체적으로 일관적이지 못하다. 그러나 그림 6의 70~90(MHz)대역에서는 7.3(MHz), 그림 7의 130~150(MHz)대역에서는 5.2(MHz) 정도 높은 주파수 대역에서 발생함을 알 수 있다.



(a) 70~90(MHz) 주파수영역의 비교

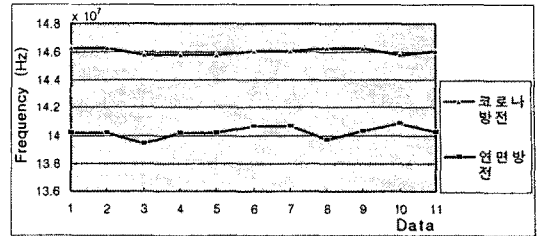


(b) 70~90(MHz) 대역의 크기 비교

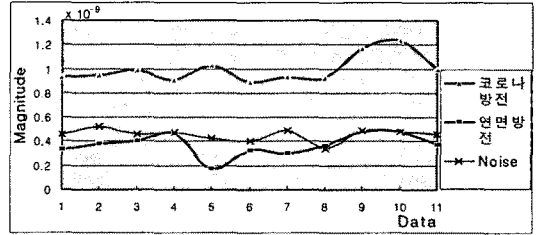
그림 6. 70~90MHz 주파수영역의 비교와 크기 비교

푸리에변환에서의 크기는 주파수 영역에서의 분포를 나타낸다. 이전의 부분방전 분석이론에서는 주파수영역에서의 해석이 주를 이루고 있으며, 크기의 값이 부분방전의 패턴을 분류하는데 있어 중요한 정보를 담고 있다고 생각되지 않고 있다. 그러나 본 논문에서는 130~150(MHz) 영역에서 많은 데이터들이 일관된 성향을 보이며 코로나 방전과 연면 방전의 서로 다른 특징을 보이는 크기를 노

이즈와 비교해 봄으로써 패턴을 분류하였다.



(a) 130~150(MHz) 주파수영역의 비교



(b) 130~150(MHz) 대역의 크기 비교
그림 7. 130~150(MHz) 주파수영역의 비교와 크기 비교

그림 7의 130~150(MHz)대역을 보면 연면 방전의 경우 크기는 노이즈영역($0 \sim 0.51829 \cdot 10^{-9}$ Magnitude)에 속하게 되므로, 이는 연면 방전의 경우는 코로나 방전과는 달리 130~150(MHz)영역에서는 부분방전이 일어나지 않는다고 간주 할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 VHF 안테나를 이용하여, 측정된 부분방전 신호를 푸리에변환 함으로써 연면 방전과 코로나 방전의 패턴을 분류하였다. 주요 특징을 보이는 27~28(MHz), 70~90(MHz), 130~150(MHz) 대역에서의 가장 큰 침투값을 통계적으로 분석한 결과 70~90(MHz), 130~150(MHz) 대역에서는 코로나 방전이 연면 방전의 경우보다 항상 높은 주파수 영역에서 나타난 것을 알 수 있었다. 그리고 130~150(MHz) 대역에서 연면 방전의 경우는 노이즈대역에 포함되므로 이 대역에서는 침대평판의 특징만 나타나는 것을 알 수 있었다. 이 분석방법은 인가전압이 6(kV)일 때뿐만 아니라 12(kV), 18(kV)에서도 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 한국전기연구원의 연구비 지원으로 진행되었음.

(참 고 문 헌)

- [1] 기초전력공학연구소, 전력설비의 사고예방 및 진단 기술(최종보고서).
- [2] 정해신, 안테나 핸드북, 성안당, 1999.
- [3] IEC-270 Partial discharge measurement
- [4] M. hikita, and H. Okubo, "Electromagnetic Noise Spectrum Caused by Partial Discharge in Air at High Voltage Substation", *IEEE Transaction on Power Delivery*, Vol. 13, No. 2, pp. 434-439,
- [5] 이채욱, 최신 디지털 신호처리, (주)북스힐, 2001.3.
- [6] 김영노 외, "폐쇄형 배전반내의 안테나를 이용한 부분방전측정에 관한 연구" 2000년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, p 534-536, 2000, 07.
- [7] 박대철, 공학도를 위한 확률 통계, 인터뷰전, 2001