

공기중 부분방전에 대한 PRPD 측정법과 UHF센서 측정법의 비교분석

Comparative analysis of PRPD method and UHF sensor method for Partial Discharge in air

이강원, 이용희, 박성희, 장동욱*, 강성화**, 임기조
(K. W. Lee, Y. H. Lee, S. H. Park, D. U. Jang*, S. H. Kang**, K. J. Lim)

Abstract

Assessing the condition of air insulation by measuring electromagnetic wave generated in it by partial discharges gives warning of developing faults and breakdown which may give some bad effects to other thing concerned with it. Electromagnetic wave are taken from UHF antenna with 20k ~ 2GHz frequency range. The signal waveform and FFT(Fast Fourier Transform) results from UHF antenna for PD(partial discharge) generated from two different electrode(needle-plane, needle-needle) configurations are shown and it is processed by using PRPD($\phi-q-n$ distribution) method. Cumulative pulse sequence during 100 period is compared with PRPD method. This also will show the possibility of making apparent distinction between two PD sources.

Key Words : Fast Fourier Transform, UHF antenna, Phase-Resolved Partial Discharge
Cumulative Pulse Sequence

1. 서 론

부분방전은 전력기기의 절연특성을 가장 잘 나타내는 요소로서 기기내부 또는 외부의 결함에 의한 절연의 열화정도를 나타내는 중요한 척도 중 하나이다. 또한 근래에 많이 사용되고 있는 초고압 GIS에서의 부분방전측정은 상당히 중요한 의미를 가지고 있다. 이러한 부분방전에 대한 검출방법으로는 방전원의 접지측에 저저항을 직접 연결하여 측정하는 방법, 접지측 또는 고압측으로 흐르는 방전전류를 측정하는 CT법, 측정대상기기의 안 또는 밖에서 방전원으로부터의 초음파를 측정하는 AE센서법 그리고 방전원으로부터 발생한 전자기

파에 의한 UHF신호를 측정하는 방법 등이 있다.[1-5] 현재 연구가 많이 이루어지고 있는 검출 방법으로는 CT법, AE센서법, UHF센서법등이 있다. 그러나 CT법과 AE센서법은 대상기기에 직접 설치를 해야 하는 번거로움을 가지고 있으며, 또한 AE센서법은 외부의 기계적인 노이즈 및 초음파를 전달하는 매질의 영향을 많이 받는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 비접촉식으로 방전원으로부터 발생하는 전자기파를 검출하는 UHF센서법을 이용하여 전극형상에 따른 UHF센서로부터의 신호파형을 보이고, 이에 대한 주파수 분석결과를 보여주며, 100주기동안 측정된 펄스파군의 형태를 PRPD(Phase Resolved Partial Discharge)법에 의한 $\phi-q-n$ 분포와 비교한다. 이를 통하여 두 개의 다른 전극 배치에서의 부분방전 형태를 구별하여, UHF센서법을 이용한 부분방전원 식별의 적

충북대학교 전기공학과
(충청북도 청주시 흥덕구 개신동 산48)
TEL : 043) 261-2424
E-mail : river222@hanmail.net

용 타당성을 검토하고자 한다.

2. 실험 방법

본 논문에서 사용된 전극 구조는 침대 침전극구조와 침대 평면전극 구조를 이루며, 이는 그림 1에서 보여진다. 사용된 침의 곡률반경은 약 $3\mu\text{m}$, 전극몸통의 원통형으로서 지름 7mm이고, 전극간 거리는 양 전극 모두 10mm를 유지하였으며, 각 전극에는 6.2kV(60Hz)의 동일한 교류전압이 인가되었다.



(a) Needle-Needle (b) Needle-Plane

그림 1. 전극배치

Fig. 1. Electrode configurations

공기중 전극구조에서의 불평등전계하에서 발생하는 PD 전류펄스의 빠른 상승시간(거의 1ns 정도)에 의하여 발생된 전자기파는 상당히 넓은 주파수범위를 가지며 공기중으로 전파되어 나가므로, 이러한 방사된 전자기파를 측정하기 위한 안테나로서 광대역 특성을 갖는 반파장 다이폴 UHF안테나(30kHz~2GHz)를 사용하였다. UHF안테나 신호는 피측정물로부터 1m떨어진 거리에서 측정되었으며, 실험에 사용된 장치들에 대한 간단한 블록다이어그램이 그림2에 보여진다. 안테나에서 측정된 신호는 안테나에 내장된 Preamplifier를 거쳐 디지털오실로스코프(Tektronix, 5GHz)를 통하여 관찰되었으며, 측정된 데이터는 GPIB 케이블을 거쳐 컴퓨터로 보내진 후 저장 및 데이터 처리 후 주파수분석, 100주기당 펄스열처리, $\Phi-q-n$ 분포 등의 기법이 유효함을 확인하였다.

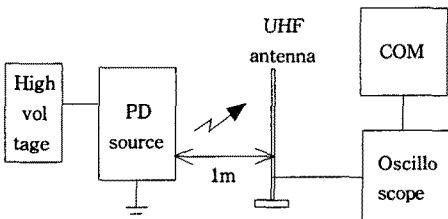
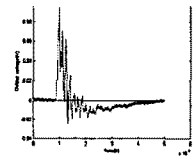


그림 2. 시스템 구성도

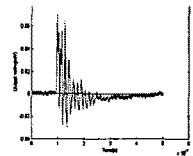
Fig. 2. Block Diagram of system

3. 결과 및 고찰

그림3 (a)와 (b)는 각각 침대평판 및 침대 침전극구조에서 발생된 PD신호를 UHF안테나를 이용하여 측정된 신호파형과 이에 대한 주파수분석결과를 나타내고 있다. 두 경우 모두 거의 유사한 신호파형과 주파수 분석결과(100MHz이하)를 보여주고 있으나, 파형의 하강시 oscillation의 크기가 그림(a)보다 그림(b)의 경우가 더 큰 것을 보여주고 있으며, 주파수 분석결과에서도 그림(b)의 경우가 그림(a)의 경우보다 고주파영역에서의 주파수성분이 더 많다는 것을 보여주고 있다. 이러한 결과는 두 전극의 불평등전계하에서의 PD 펄스의 상승시간의 차이에 기인한 것으로 보여지며, 침대침에서 발생된 PD펄스가 침대 평판의 경우보다 더 빠른 상승시간을 가진다는 것을 알 수 있다.



(a) Waveform & FFT at Needle-Plane Electrodes

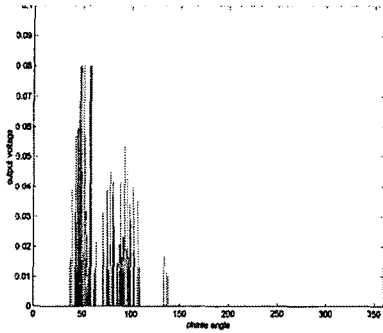


(b) Waveform & FFT at Needle-Needle Electrodes

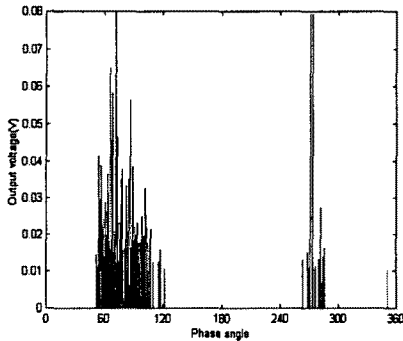
그림 3. UHF 안테나의 출력신호

Fig. 3. Signals from UHF antenna

그러나 두 파형은 거의 유사한 모습을 보여주므로 이를 이용하여 두 개의 전극구조에서의 방전형태를 구별하는 것은 어렵다.



(a) Needle-Plane Electrodes

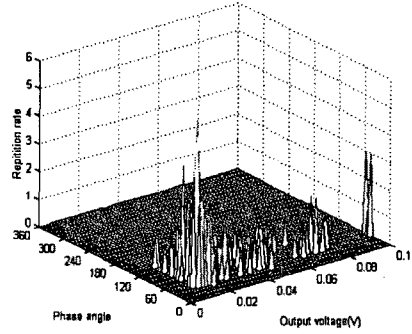


(b) Needle-Needle Electrodes

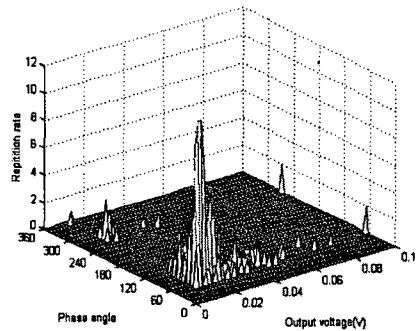
그림 4. 100주기동안 축적된 UHF 펄스열
Fig. 4. Cumulative Pulse sequence during 100 period from UHF antenna

두 방전원에 대한 차이를 보다 명확히 구별하기 위하여 교류전압(6.2kV, 60Hz)하에서 UHF 안테나로부터 100주기동안 발생된 펄스를 축적하였으며, 그 결과가 그림 4에 보여지고 있다. 그림 4(a)의 결과는 양의 주기부분에서만 펄스가 보여지며, 또한 그 형태에서 펄스열의 중간부분이 가라앉은 형태인데 반하여 그림 4(b)에서는 양의 주기와 부의 주기에서 모두 펄스가 나타나며, 또한 펄스열의 형태가 그림 4(a)의 경우와는 달리 중간부분이 들출된 형태를 가지고 있다. 이런 두가지 비교를 통하여 그림4(a)와 (b)는 서로 다른 방전원이라고 추측할 수 있게 한다. 그러나 이러한 비교는 단지 정성적인 결과를 보여주므로 정량적인 데이터를 얻기

힘들다. 그러므로 이러한 정성적인 비교를 정량적으로 보여줄수 있는 방법이 필요하다.



(a) Needle-Plane Electrodes



(b) Needle-Needle Electrodes

그림 5. UHF 안테나로 측정된 100주기간의 $\Phi-q-n$ 분포

Fig. 5. $\Phi-q-n$ distribution during 100 period from UHF antenna

그림 5는 그림4와는 달리 정량적인 통계적 데이터로 표현이 가능한 $\Phi-q-n$ 분포의 3차원그림을 보여주고 있다. 그림을 통하여 볼 수 있듯이 보다 더 명확하게 침대 평판과 침대 침, 두가지 방전원에 대한 차이를 보여주고 있다. 또한 그림 4에서는 알 수 없는 각 위상별 방전의 발생을 확인 할 수 있다. 표 1은 그림 5의 $\Phi-q-n$ 분포로부터 만들어진 2차원 분포들에 대한 양(+)주기와 부(-)주기에서의 왜도와 첨예도의 계산값을 보여준다. 이러한 계산결과를 이용하여 두 전극사이의 차이를 정량적으로 비교하면, 각 분포에서의 통계적 파라

미터값이 큰 차이를 보여주므로 두 개의 방전원에
서의 방전양상이 서로 다를 수 있다.

표 1. 각 전극별 통계적 파라미터 비교

Table 1. The comparison of statistical parameters between two electrode configurations.

	Skewness		Kurtosis	
	침-평판	침-침	침-평판	침-침
$H_n(q)$	1.6	3.3	4.9	16.8
$H_{qn}(\Phi)$	정	7.6×10^{-5}	-1.5×10^{-5}	2.2×10^{-5}
	부	-	6.2×10^{-4}	-
$H_n(\Phi)$	정	0.58	-0.87	2.46
	부	-	1.02	-
$H_q(\Phi)$	정	2.3×10^{-4}	-5.6×10^{-6}	7.03×10^{-6}
	부	-	0.001	-

4. 결 론

본 논문에서는 두 개의 서로 다른 전극 구조에서 발생된 부분방전에 의하여 공기 중으로 방사되는 전자기파를 UHF안테나(30k-2GHz)를 이용하여 검출한 후, 검출결과를 약 4가지 방법으로 비교 분석하였으며, 다음은 그 결과를 보여준다.

- 1) UHF안테나의 출력신호파형 및 주파수분석결과 방전원에서 발생하는 PD펄스의 상승시간 및 PD펄스의 크기를 예측 가능하게 한다.
- 2) UHF안테나에서의 출력펄스에 대하여 100주기 동안 축적하여 보여지는 펄스열은 두 방전원의 차이를 정성적으로 이해할수 있게 할수 있으나 정량적인 데이터의 획득은 어렵다.
- 3) PRPD법에 의한 $\Phi-q-n$ 분포를 구성하도록 데이터를 처리한 결과 각 위상각에서의 발생빈도에 대한 데이터를 추가로 얻을 수있으며 2)의 결과보다 명확하게 두 방전원의 차이를 확인할 수 있었다.
- 4) 이러한 $\Phi-q-n$ 분포로부터 얻어진 $H_n(q)$, $H_{qn}(\Phi)$, $H_n(\Phi)$, $H_q(\Phi)$ 분포에서의 각 방전원 별 정주기와 부주기에서의 왜도와 첨예도의 계산값들은 두 방전원에 대하여 정량적인 비교를 가능하게 하였다.

이후 UHF antenna 신호크기에 대하여 실제부분 방전전하량과의 정량적 관계에 대한 연구와 여러 가지 방전원들을 구별하기 위한 보다 많은 실험이 이루어져야할 것이다.

참고 문헌

- [1] F. H. Kreuger, E. Gulski and A. Krivda. "Classification of Partial Discharges", IEEE Transaction on Electrical Insulation, Vlo. 28 No. 6, December 1993.
- [2] E. Gulski, F. H. Kreuger, " Computer aided Recognition of Discharge Sources", IEEE Trans. on Elect. Insul., Vol. 27, pp. 82-91, 1992
- [3] Turner, G.R.; Hofsjajer, I.W. "Rogowski coils for short duration (>10 /spl mu/S) pulsed current (<10 kA) measurements", Africon, 1999 IEEE Volume: 2 , 1999 , Page(s): 759 -764 vol.2
- [4] L. E. Lundgaard, et al "Acoustic Diagnosis of Gas Insulated Substation; A Theoretical and Experimental Basis" IEEE Transactions on Power Delivery, Vol5. No.4, November 1990.
- [5] Brian Hampton "UHF Diagnostics For Gas Insulated Substations"; High Voltage Engineering Symposium, IEE No.467, 22-27 August 1999