

기중, SF₆ 및 절연유 하에서의 방전신호 주파수 특성분석

구선근, 주형준, 한기선, 박기준, 윤진열
한전 전력연구원

Study on Spectrum of Partial Discharge under Air, SF₆ and Oil

Sun-geun Goo, Hyung-jun Ju, Kiseon Han, kijun Park, Jinyul Yoon
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 기중, SF₆ 가스 및 절연유에서 부분방전시 방사되는 전자파의 주파수 특성을 분석하였다. 비슷한 구성의 부분방전 발생장치(PD Cell)에서 절연유에서의 부분방전이 가장 크고 높은 주파수의 신호가 발생하였으며 SF₆ 가스 하에서도 비교적 높은 주파수의 부분방전 신호가 발생하였다. 또한 부분방전의 종류에 따라 전자파 방전신호가 수직 편파되어 있음을 알 수 있었다. 본 결과는 전자파를 이용한 변전기기의 부분방전 측정기술 개발에 응용할 예정이다

1. 서 론

SF₆를 절연가스로 사용하는 가스절연개폐장치의 예방진단기법으로 오토 동안 연구되어왔던 UHF(Ultra High Frequency, 극초단파) 대역의 전자파를 이용한 부분방전 측정기술이 널리 보급되어 실 변전소에 성공적으로 적용이 되고 있다. 이러한 성공을 바탕으로 동일 기술을 이용해 전력용 변압기 분야에 적용코자하는 시도들이 있었으나, 가스절연개폐장치와는 달리 주로 유중에서 방전이 발생하는 변압기에서도 UHF 대역 전자파 부분방전 신호의 발생 여부에 대한 관련 연구그룹간의 의견이 상이한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 부유전극(Floating Electrode) 형태의 부분방전원을 기중, SF₆ 및 절연유에서 방전시키고 이때 발생하는 전자파 부분방전신호의 주파수 분포를 분석함으로써 유중에서도 SF₆가스 하에서와 같이 UHF 대역에서 강한 전자파 신호가 발생함을 보임으로써 전력용 변압기에서도 UHF 대역의 전자파를 이용한 부분방전 측정기술이 효과적일 수 있음을 보이고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험방법

방전 매질에 따른 부분방전신호의 특성을 분석하기 위해 그림 1과 같이 실험설비를 구성하였다. 먼저 매질을 바꾸어 가며 부분방전신호를 발생시킬 수 있는 PD cell을 그림 2와 같이 제작하였다 PD cell 내부에는 그림 3과 같이 부유전극이 고전압 인가전극과 마주하고 있는 형상이며 전극 주위를 공기, SF₆ 및 절연유를 채울 수 있도록 하였다. 부유전극의 방전매질별 최소방전유지전압 및 이때의 최대방전양과 극간 간격은 표 1과 같다.

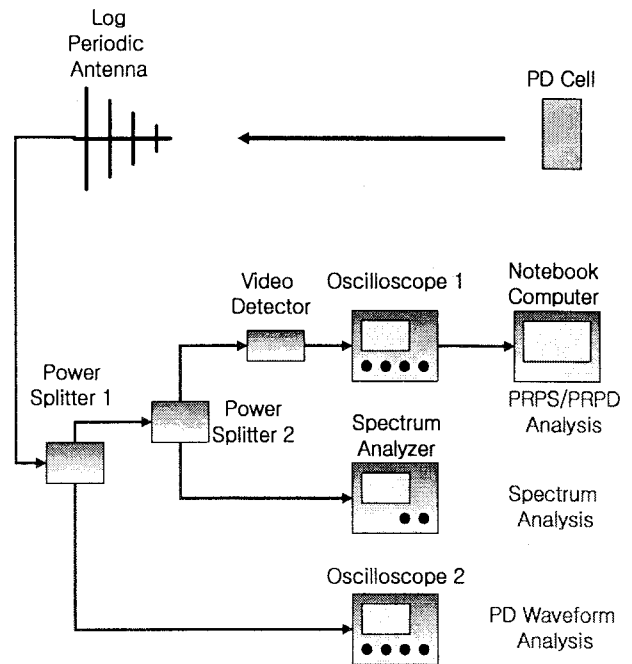
<표 1> PD Cell 별 방전특성.

매질	Antenna 편극	최소방전유지 전압 (kVp)	최대 방전량	극간간격 (mm)	비고
Air	수직	5	860 pC	0.1	습도 61 %
	수평				
SF ₆	수직	10	7.5 nC	0.1	4 bar
	수평				
Oil	수직	6	600 nC	0.05	Natural Ester
	수평	10	750 nC	0.08	

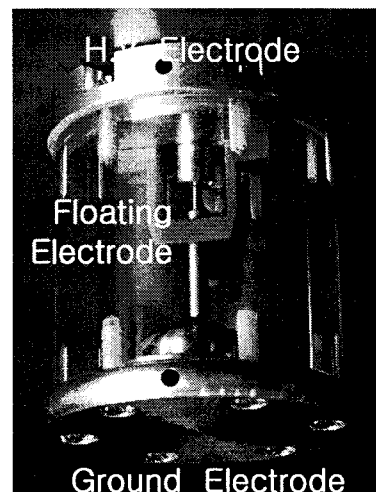
PD cell에서 발생한 전자파 부분방전신호는 PD cell에서 6 m 떨어진 곳에 설치된 log periodic antenna를 이용해 측정을 하였다. Antenna의 antenna factor는 그림 4와 같으며, 안테나를 대지와 수평 혹은 수직으로 위치를 바꾸어가며 방전신호를 측정함으로써 전자파 방전신호의 편파특성을 확인하였다. Antenna에서 측정된 신호는 power splitter를 통해 일부는 analog bandwidth가 4 GHz인 oscilloscope(그림 1의 oscilloscope 2, Tektronix TDS74040)로 입력되어 전자파 방전신호의 파형을 분석하고, 일부는 다시 power splitter를 거쳐 spectrum analyzer(Rohde & Schwarz, FSP7)에 입력하여 주파수 특성을 분석하였다. Power splitter를 거친 일부 RF 전력은 video detector를 거쳐 oscilloscope(그림1의 oscilloscope 1, Tektronix7104)에 입력되어 방전신호의 PRPS 및 PRPD를 분석하였다. 사용한 power splitter의 특성은 표 2와 같다.

<표 2> power splitter의 특성

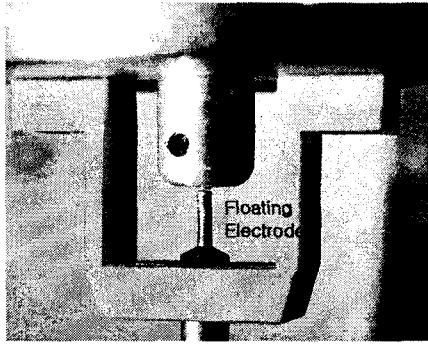
	주파수 범위 (MHz)	Insertion Loss (dB)
Power Splitter 1	DC - 4,200	6.1
Power Splitter 2	10 - 2,500	3.6



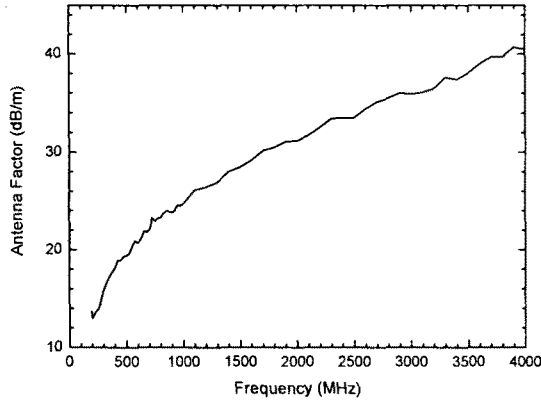
<그림 1> 매질별 부분방전신호의 특성을 분석하기 위한 실험구성.



<그림 2> Floating Electrode PD cell.



〈그림 3〉 Floating Electrode를 확대한 모습.



〈그림 4〉 방전신호 측정용 antenna의 antenna factor.

2.2 매질별 방전신호의 특성

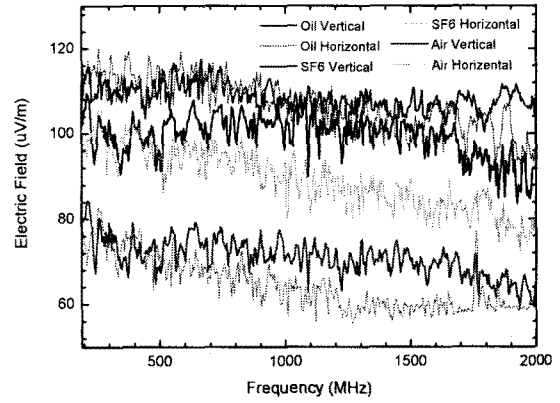
측정한 매질별 전자파 방전신호의 주파수 분포는 그림 5와 같다. 그림 5의 그래프는 각 측정부품의 insertion loss와 antenna factor를 고려해 antenna 설치위치에서 PD cell에서 생성된 전자파 방전신호의 전기장의 세기를 나타낸 것이다.

부유전극의 극간 간격이 달라 매질별 특성을 바로 비교하기는 힘들지만 기중에서의 방전신호 크기가 가장 작으며, 유중에서의 방전신호 크기가 가장 큼을 알 수 있었다. 이는 표 1의 매질별 방전량과 비교할 때 방전량이 클수록 전자파 방전신호도 커짐을 알 수 있었다. 특히 기중에서도 UHF 대역에서 상당량의 전자파 방전신호가 감지됨을 알 수 있었다.

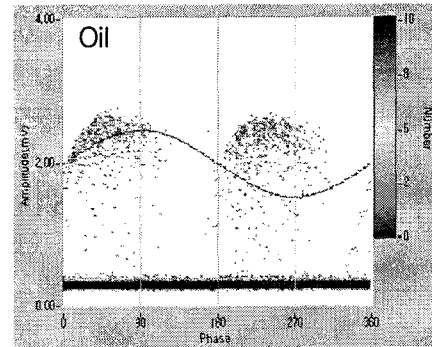
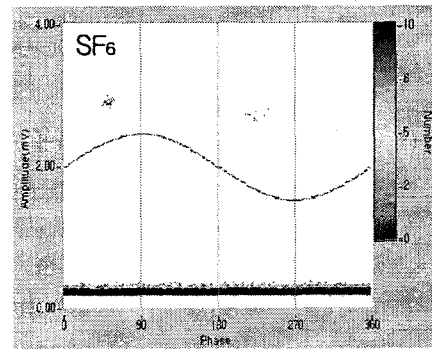
유중에서의 전자파 방전신호의 주파수 분포를 살펴보면 UHF 대역에서 크고, 균일한 주파수 분포를 보이며, 이는 유중 방전의 경우에도 UHF 대역의 전자파를 이용한 부분방전 측정기술이 유효할 수 있음을 보여주는 증거이다.

전자파 방전신호의 편극을 살펴보면 매질에 관계없이 500 MHz 이상부터 수직편파가 수평편파보다 큼을 알 수 있다. 이는 500 MHz 이하에서는 PD cell이 lumped element로 작용하여 편파특성이 없으나, 500 MHz 이상에서는 방전전류가 주로 수직방향으로 흐르고 이 전류에서 여기된 전자파 방전신호도 주로 수직으로 편파됨을 알 수 있다.

UHF 대역에서 매질별 방전신호의 PRPD를 그림 6과 같이 살펴보면 기중 및 SF₆ 가스 하에서는 PD cell 인가전압 위상의 1, 3분면에서 방전신호가 발생하였으며, 비교적 균일한 크기의 방전신호가 발생되었다. 유중 방전에서의 PRPD도 기중 및 SF₆ 가스에서와 같이 주로 1, 3분면에서 방전이 발생하지만, 다양한 크기의 방전신호가 분포하였다.



〈그림 5〉 매질별 전자파 방전신호의 주파수 특성



〈그림 5〉 매질별 전자파 방전신호의 PRPD. Oil 실험시 30 dB attenuator 장착.

3. 결 론

매질에 따른 부분방전신호의 특성을 조사하였다. 유중에서의 부분방전에서도 UHF 대역에서 큰 방전신호가 발생함을 확인하였으며, 따라서 절연유를 사용하는 전력용 변압기에서도 UHF 대역 전자파를 이용한 부분방전 측정기술이 적용될 수 있음을 확인하였다.

유중에서의 부분방전신호 PRPD는 SF₆ 가스 하에서의 방전신호 PRPD와 상이한 모습을 나타내었다. 따라서 변압기에 전자파 이용 부분방전 측정기술을 적용하기 위해서는 유중에서 방전원인별 부분방전 pattern database를 별도로 구성할 필요가 있음을 확인하였다.