

유입 변압기에서 폴디드 다이폴형 센서의 부분방전 펄스 검출 특성

論 文
55C-10-5

The Detection Characteristics of the Partial Discharge Pluses with Folded Dipole Type Sensors in the Oil Transformers.

金光和[†] · 李相和^{*} · 宣鍾好^{*} · 姜東植^{*} · 金載哲^{**}

(Kwang-Hwa Kim · Sang-Hwa Yi · Jong-Ho Sun · Dong-Sik Kang · Jae-Chal Kim)

Abstract - This paper describes that the distribution of electromagnetic field occurred by PD(Partial Discharge) pulse was calculated with simulation program and characteristics of calibration and PD pulses measured with folded dipole types sensors were analyzed. As the distribution of electromagnetic field in simulation was very random the wide band measuring methods were good. Therefore three folded dipole antenna types sensors which had different their widths were designed and made. The signal according to direction and distance between sensor and pulse source in these sensor was measured and the spectrum of surface PD were acquired in the experiment of model transformer. In this result the characteristics of sensor which had middle width was better than others and the main spectrum of PD signals in surface discharge were existed in around 220MHz, 320MHz and from 450MHz to 750MHz.

Key Words : Oil-Immersed Transformer, Partial Discharge, Coupler

1. 서 론

유입식 변압기의 진단은 여러 가지 방법이 개발되어 사용되었으며, 그 중에서도 유중 가스분석법이 운전 중에 가능하고 신뢰성이 높아 지금까지 가장 널리 활용되고 있다. 그러나 이 방법은 화학적인 분석법으로 결합의 위치 및 결합의 상태를 명확히 파악하기에는 근본적으로 한계가 있으며, 결합의 발생으로부터 검출하는 때까지의 시간지연이 긴 단점이 있다. 따라서 이와 같은 단점을 보완하고 변압기의 진단의 신뢰성을 높이기 위해서는 부분방전의 측정과 진단기술의 개발이 요구되고 있다.

부분방전의 측정은 운전을 중지하여 실시하는 오프라인(Off-line)방식과 운전 중에 실시하는 온라인(On-line) 측정방식이 있다.[1] 부분방전에 의한 변압기의 고장을 효율적으로 예방하기 위해서는 실시간으로 변압기의 부분방전을 상시 감시할 수 있는 온 라인 측정방식이 효율적이다.[2,3] 현재 사용되고 있는, 온 라인 측정방식으로는, 부싱 탭이나 전류센서 등을 이용한 전류신호를 검출방식과 기계적 진동센서를 이용하여 부분방전을 측정하는 초음파방식 등이 있지만, 전자의 전류신호검출법은 주변 잡음의 영향을 많이 받고 후자의 초음파법은 감도가 낮다는 단점을 가지고 있다. 그러나 변압기 탱크 내부에 전자파 센서를 설치하여 부분방

전에서 발생하는 전자파를 측정하는 방법은 실시간측정이 가능하고, 전기적으로 차폐된 변압기의 특성상 감도가 좋으며 외부노이즈를 어느 정도 차폐하는 장점이 있어 매우 유망하다.[4-7] 이러한 상황에서 단순한 부분방전의 측정뿐 아니라, 나아가 변압기 내부의 부분방전 위치를 전자파를 이용한 방법으로 탐지할 수 있다면, 변압기의 신속한 유지보수에 기여할 수 있을 것이다[8,9].

따라서 본 논문에서는 전자파를 이용한 변압기 유중 부분방전에서 발생하는 부분방전의 특성을 고찰하고 전자계 측정법에 의한 부분방전 측정을 위한 적절한 방법을 모색하기 위하여 시뮬레이션 법에 의한 변압기 내에서 UHF 대역인 200MHz에서 800MHz 범위까지 전자파의 분포특성과 이의 측정용 센서를 개발하기 위하여 폴디드 다이폴 안테나의 해석 설계와 측정시 센서의 위치에 따른 검출특성과 모델 결합에서 발생하는 부분방전 스펙트럼의 측정 결과를 논하고자 한다.

2. 변압기에서 부분방전 시뮬레이션 및 센서의 설계 제작

2.1 변압기 내부의 전자파 분포계산

변압기 내부에서 전자파의 분포를 계산하기 위하여 그림 1과 같이 변압기를 모의한 차폐된 직육면체 탱크내부에 변압기 권선을 모의하여 직육면체 모델도체를 설치한 후, 내부 공간은 절연유에 해당하는 비유전율 2.2로 한 유전체로 채운 것으로 하여 전자계 해석을 실시하였다. 모델도체의 전면 좌측에 PD를 모의한 5kV의 매우 빠른 임펄스(rising time : 0.5ns, falling time : 0.5ns)를 발생시킨 후 센서가 측정할 인자인 상하방향 전계를 계산하였다. 이 계산에서 200MHz 이하의 잡음이 강한 영역이라 제외하였고, 800MHz 이상에서는 유

† 교신저자, 正會員 : 韓國電氣研究員 産業電氣研究段
E-mail : khkim124@keri.re.kr

* 正會員 : 韓國電氣研究員 産業電氣研究段

** 正會員 : 崇實大學敎 正敎授

接受日字 : 2006年 6月 15日

最終完了 : 2006年 9月 13日

절연에서 발생하는부분방전신호 성분의 주파수 스펙트럼이 이 주파수 이하의 것보다 매우 미약하므로[4] 200MHz - 800 MHz 대역을 계산 영역으로 하였으며, 200MHz, 400MHz, 800MHz에서 주파수 성분에 대한 전자계 분포를 계산하여 나타낸 것이 그림 2이다.

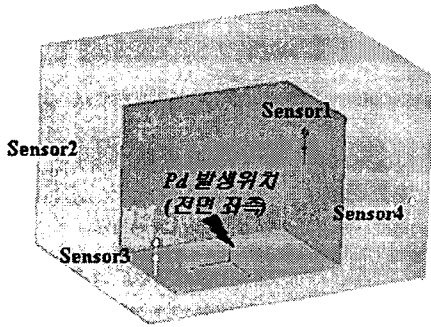
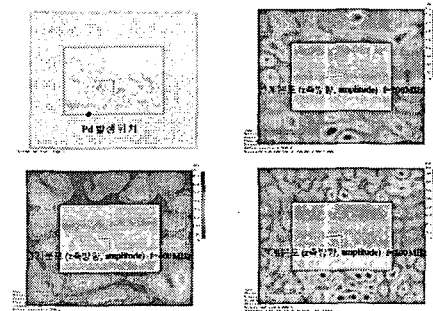


그림 1. 모델 변압기에서 부분방전 발생위치 및 센서위치
Fig. 1. The locations of partial discharge source and sensors in the model transformer.

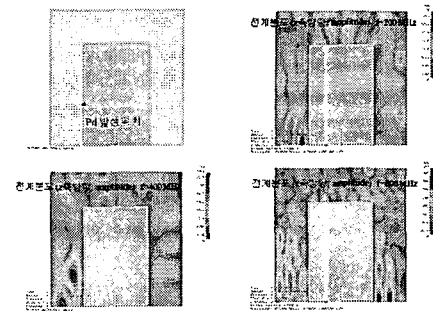
그림 2는 z와 x축 위치에서 살펴 본 주파수별 계산된 전계 분포도이며, 그림 2(a)는 높이 방향인 z축의 중간에서 수직인 면의 전계 분포도이고, 그림 2(b)는 가로방향인 x축의 중간에서 수직인 면의 전계 분포도이다. 그림 3은 각 센서의 위치에서 z 방향의 주파수에 대한 전계의 세기를 나타낸 것이다. 그림 2에서는 주파수에 따라 모델 변압기 내부에서 전계세기의 분포가 다르다는 것을 보여주고 그림 3에서는 센서에 도달하는 주파수에 대한 전계의 세기로 300MHz 이하의 주파수에서 센서와 발생원의 위치와의 상관성을 보이고 있으나, 그 이상의 주파수에서는 상관성을 볼 수가 없다. 이것은 이 주파수의 파장이 유중에서 0.67m로 계산되어 센서와 발생원과의 거리가 이 파장 내에 있으므로 이 주파수를 중심으로 계산값의 특성차이가 있는 것으로 사료된다.

표 1의 결과는 센서위치에서의 200MHz, 400MHz, 800MHz 주파수별 z방향 전계크기를 나타내는 것이다. 특정한 하나의 주파수만 살펴본다면, 센서위치와 부분방전 위치사이의 거리가 반드시 전자파 센서에서 검출되는 신호의 크기에 비례하는 관계가 아니라는 것을 확인할 수 있다. 그러므로 검출 시스템 설계시 협대역 공진형보다 광대역 또는 다중 주파수로 설계하는 것이 부분방전의 검출에 보다 효율적이라는 것을 보여준다.

부분방전은 결합상태, 조건 및 절연 매질에 따라 방전의 크기와 주파수 스펙트럼이 달라진다. 특정조건에서 발생하는 부분방전의 스펙트럼이 수 MHz대역까지 분포하는 것과 달리, 변압기의 유중에서 부분방전에 의해 발생하는 전자파 스펙트럼은 600MHz 이하의 주파수에 대부분 존재하며 900MHz 이상에는 아주 작은 신호성분이 존재하는 것으로 알려져 있다 [4]. 안테나형 센서의 공진 특성에 따라 측정 중심주파수 대역이 변하고, 전자파의 특성도 변압기 내부 구조물과 매질의 특성에 영향을 많이 받는다[5]. 이러한 유중 부분방전의 특성과 절연유의 유전을 그리고 전자파 잡음 등을 고려한 전자파센서의 측정대상이 되는 주파수 대역을 200~800MHz가 적절한 것으로 사료된다.



(a) z축에 수직인 평면
(a) The perpendicular plane to z axis



(b) x축에 수직인 평면
(b) The perpendicular plane to x axis

그림 2. 임펄스에 의한 모델변압기에서 전자계의 분포
Fig. 2. The distribution of electromagnetic field due to the impulse in the model transformer

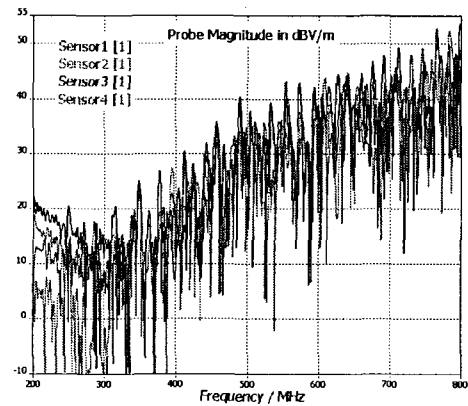


그림 3. 4개의 센서 위치에서 z-축 방향의 전계의 주파수 스펙트럼
Fig. 3. The frequencies spectrum of z-axis components electric fields at four locations of sensors.

표 1. 센서위치에서 주파수별 z방향 전계크기
Table 1. The intensities of z-axis component electric fields in the locations of sensors

주파수 (MHz)	전계크기 (dBV/m)				크기순서
	sensor1	sensor2	sensor3	sensor4	
200	13.7	11.7	21.54	17.7	3 > 4 > 1 > 2
400	14.1	13.9	7.7	14.5	4 > 1 > 2 > 3
800	29.4	47.3	52.5	40	3 > 2 > 4 > 1

2. 2 전자파 센서의 설계 및 제작

변압기의 온라인 전자파법에 의한 부분방전 측정용 센서의 설치와 종류는 크게 두 가지 형태로 개발되고 있다. 하나는 절연유 배유구를 활용하여 삽입형 센서로 모노폴 안테나를 채용하고 있으며 협대역 특성을 가진다. 다른 하나는 변압기 탱크 벽면에 유전체 창을 설치하여 광대역센서를 창외부에 설치하는 것이다. 이들 방법은 설치의 편리성과 보수면에 큰 장점을 가지고 있다. 그러나 전항의 시뮬레이터의 결과에 의하면 센서의 특성은 광대역을 가져야 하고 전자파의 전계분포가 균일하지 않아서 센서의 성능을 높이려면 넓은 영역을 유효하게 작용할 수 있는 것이 되어야 할 것이다. 그러나 센서의 크기는 부차이나 절연 등에 어려움이 있으므로 최소화 하여야 한다.

이에 따라 센서는 변압기 탱크 내부 설치형으로 하고 200MHz, 400MHz, 800MHz에서 다중 또는 광대역으로 동작하는 폴딩 다이폴(Folded Dipole)로 선정하고 폭이 다른 3가지의 형태로 설계하였다. 이들 크기는 길이는 46cm로 동일하고 폭은 4cm(소폭형), 6.4cm(중폭형) 및 10cm(광폭형)로 하였다. 폴딩 다이폴은 일반적인 다이폴에 비해 광대역특성을 갖고 있으며[10], 변압기 모서리에 취부할 수 있게 세로로 긴 모양이지만, 센서 끝단이 날카롭지 않으므로 고전계에서 절연내력의 감소 및 자체 코로나 발생과 같은 문제의 해소에 유리하다.

설계된 센서의 특성을 파악하기 위하여 대표적인 중폭형 센서의 200MHz, 400MHz, 800MHz 주파수에서 계산된 azimuth 방사패턴을 구한 것이 그림 4이다. 세 가지 동작 주파수에서 방사패턴이 동일하지 않음을 보여 주고 있어 주파수에 따라 지향성이 다른 것으로 파악된다.

설계에 따라 그림 5와 같이 센서들을 제작하고 트랜스포머형 발룬을 채용하여 매칭을 하였다. 이 센서들을 모델 변압기의 유중에 넣어서 네트워크 분석기(Agilent E8358A)로 S11 특성을 측정하였으며, 그 결과는 그림 6이다. 이 그림(a)에서 소폭형센서는 140MHz - 450MHz영역에서 신호의 검출은 약하며, 450MHz 이상의 주파수 대역에서 광대역 특성을 보여 주고, 1000MHz, 1120MHz, 부근의 고주파영역에서는 공진특성을 보이고 있다. 그림 (b)에서 중폭형 센서는 200MHz 이상의 주파수 대역에서 광대역 특성을 보여 주며, 197MHz, 293MHz, 511MHz, 650MHz에서는 공진특성을 보이고 있다. 그림(c)에서 광폭형센서는 130MHz - 320MHz, 520MHz - 780MHz 영역과 900MHz이상의 일부영역 주파수 대역에서 광대역 특성을 보여 주며, 730MHz과 1120MHz에서는 공진특성을 보이고 있다. 그러므로 이상의 결과에서 설계치에 가장 적합한 것은 중폭형의 센서로 평가되며 이 센서를 중심으로 실험을 실시하였다.

3. 실험 방법

3. 1 모델변압기와 센서의 설치

실험용 변압기 탱크는 그림 7과 같이 가로 0.9m, 세로 0.6m, 높이 0.9m의 직육면체의 형태로 강판으로 제작되었으며, 내부에 변압기 권선을 모의한 가로 0.2m, 세로 0.3m, 높이 0.6m의 직육면체 모델도체를 설치하였다. 변압기상부 판의 네 모서리 중 세 곳에 제작된 그림 5의 센서를 취부하였으며, 각각의 센서는 수평방향으로 회전이 가능하도록 하였다.

3. 2 실험 방법

그림 7과 같이 모델 변압기에 제작된 센서를 세 귀퉁이에 설치하였고, 교정용 펄스발생기(LEMKE LDIC-5/UHF)로부터 부분방전을 모의한 신호를 그림에 표시한 A와 B의 위치에서 발생시켜 오실로스코프 (Lecroy wavePro960 /2GHz /16GS/s /16Mpts)로 신호를 측정하였고, 연면방전 모델 결합셀을 그림 8과 같이 제작하여 A의 위치에 설치하여 전압을 인가하고 부분방전을 발생시켜서 센서를 통하여 오실로스코프와 스펙트럼분석기(Advantest, R313A, 9kHz~3GHz)로 부분방전 펄스를 측정하였다. 측정시 센서의 방향은 교정 펄스 측정에서는 귀퉁이에서 중심축으로 향하는 방향을 0°로 하고 우측방향으로 -22.5°, -45°와 좌측방향으로 -22.5°, -45°하여 5개 방향에서 센서의 감도를 측정하였으며, 부분방전 결합셀에서 측정할 때는 방향을 0°로 하여 측정하였다.

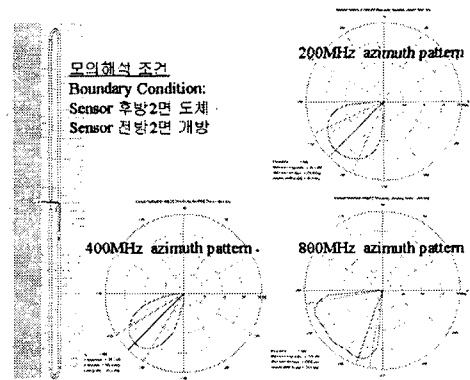
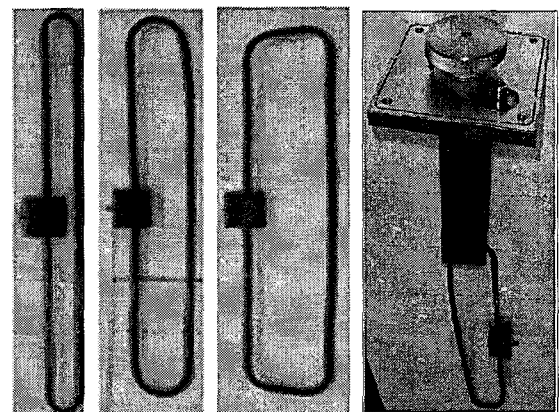


그림 4. 설계한 센서의 유중 azimuth 방사패턴
Fig. 4. The azimuth radiation pattern of sensor in oil



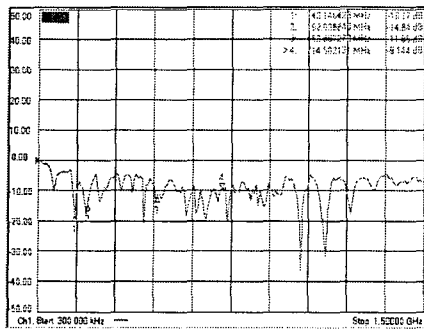
(a)소폭형 (b)중폭형 (c)광폭형 (d)취구에 설치된 센서
(a)Narrow Type (b) Middle Type (c) Wide Type (d)Installed sensor in holder

그림 5. 제작된 폴딩 다이폴 센서
Fig. 5. The fabricated folded dipole sensors.

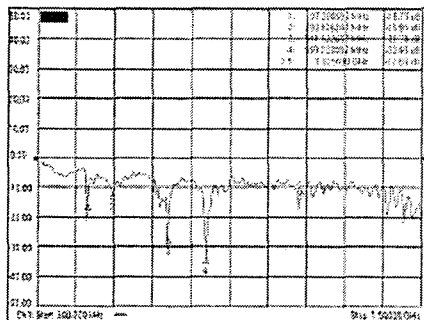
4. 실험 결과

4.1 교정펄스 발생기에 의한 결과

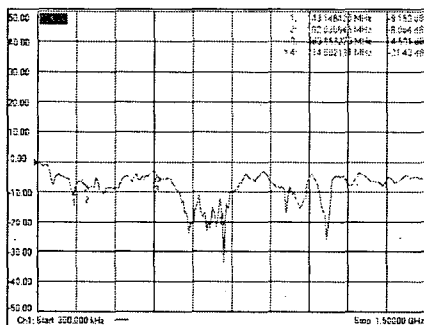
그림 9는 실제 변압기와 같이 절연유를 가득 채운 상태에서 부분방전 위치를 PD Position A로 하고 3.2항의 교정펄



(a) 소폭형 센서
(a) Narrow type sensor



(b) 중폭형 센서
(b) Middle type sensor



(c) 광폭형 센서
(c) Wide type sensor

그림 6. 모델변압기 유중에서 측정된 센서들의 S11 특성
Fig. 6. S11 characteristics of sensors measured in the oil of model transformer.

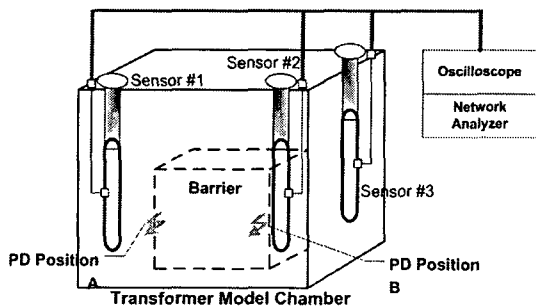


그림 7. 모델 변압기에 센서 설치구성
Fig. 7. The sensors setup in model transformer

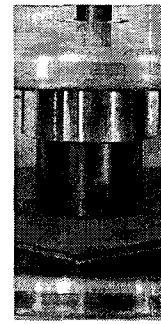


그림 8. 부분방전 발생용 연면방전 결합 셀
Fig. 8. PD test cells for generating surface discharge.

스 발생기에 의한 실험방법으로 0° 방향으로 실시한 중폭형 센서의 측정결과이다. 교정펄스 발생기위치에서 가까운 센서 1 에서 측정된 오실로그래프 결과가 위의 위치의 센서에 비해 큰 피크 값을 보여주고 있다. 그림 10은 교정펄스 발생기의 위치를 PD Position B로 하고 유중에서 측정한 파형으로, 역시 가장 가까운 센서2에서 큰 피크 값을 보여주었다. 앞의 계산의 결과에서 특정 주파수에서 보면 거리와 신호의 관계가 상관성이 일정하지 않았지만, 이 결과에서는 특정주파수만을 필터링 하지 않고 전적으로 센서의 특성으로 측정된 것이기 때문에 거리가 가장 가까운 센서에서 큰 신호를 얻었다.

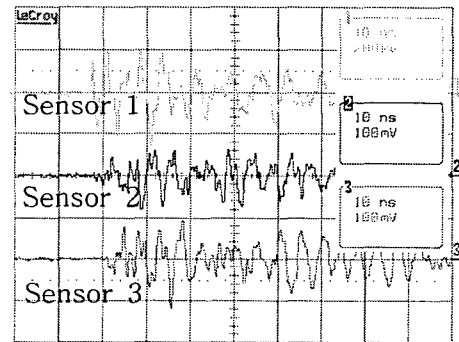


그림 9. 유중, 위치A PD발생 시 파형
Fig. 9. Oscillogram detected in sensors (Generation of pulse in PD Position A)

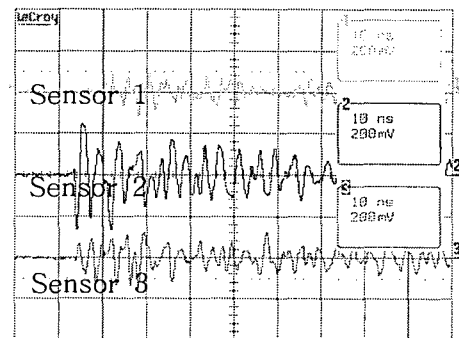


그림 10. 유중, 위치B PD발생 시 파형
Fig. 10. Oscillogram detected in sensors (Generation of pulse in PD Position B)

교정펄스 발생기 위치를 PD Position A로 하고 센서의 방향별로 오실로그래프의 피크 값을 측정된 결과를 정리하면 표 2와 같다. 이 표에서 보면 센서 1은 방향에 대하여 민감하게 반응을 하고 있으나, 센서 2와 센서 3은 방향에 거의 의존하지 않는 결과를 나타내고 있다. 이것은 센서1의 위치의 경우, 펄스 발생 위치와 매우 가까워 폴디드 다이폴의 구조에 큰 영향을 받기 때문이고, 센서 2와 센서3의 경우 부분방전 발생위치가 충분히 떨어져 있어 방향에 따라 민감하지 않는 것으로 생각된다.

표 2. 방향각도별 측정된 신호의 최대치

Table 2 Peak voltage of measured signal over azimuth of sensor

Peak Voltage of Measured Signal (mV)					
Sensor	Azimuth of Sensor				
	-45°	-22.5°	0°	22.5°	45°
1	240	450	240	170	160
2	70	80	70	80	80
3	65	80	80	70	80

4.2 부분방전 결함 셀에 의한 측정결과

3.2항의 실험방법에 따라 연면방전형의 부분방전 결함 셀에서 발생한 부분방전 신호를 한 위치에서 센서의 종류별로 측정된 스펙트럼은 그림 11과 같으며, 그림 11(a)에서 소폭형 센서는 다른 센서들에 비해 저주파영역이 고주파 영역에 비하여 신호의 세기가 상대적으로 약한 것으로 보이며, 그림 11(b)의 중폭형에서 그림 11(c)의 광폭형이 될수록 고주파성분의 신호가 약해지는 것으로 나타났다. 이것은 그림 6의 센서별 S11특성과 어느 정도 일치가 되고 있다. 따라서 본 실험에서는 중폭형센서를 중심으로 하였다.

각 위치별 중폭형 센서에서 측정된 주파수 스펙트럼은 그림 12와 같고 오실로그래프는 그림 13과 같다. 그림 12 (a)는 부분방전 발생위치가 가장 가까운 센서 1의 위치에서 측정된 것이고 센서 2와 센서 3은 거리가 먼 곳에서 측정된 것이다. 150MHz 이하 주파수 영역에서 센서 1은 높은 값을 나타내고 있으나, 센서 2와 센서 3은 거의 백그라운드 정도로 낮은 값을 나타내고 있고 그 이상의 주파수에서는 모든 센서의 스펙트럼 형상이 거의 같은 것으로 나타나고 있다.

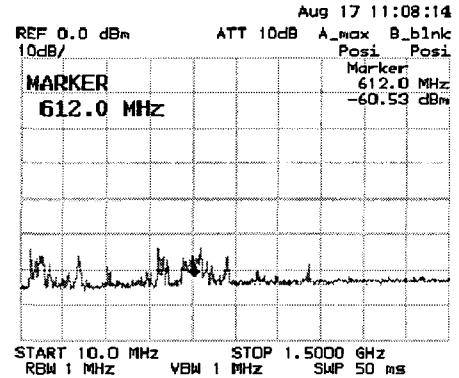
그림 13의 오실로그래프는 센서1의 파형은 제일 상부의 파형이고 그 아래로 센서 2 및 센서 3의 파형이다. 센서1의 파형은 센서 2와 센서 3과 달리 저주파 성분이 큰 값으로 존재하는 것을 볼 수 있다. 따라서 그림 12의 스펙트럼의 특성과 일치하고 있다.

센서 1의 저주파 성분은 4.1 항에서 설명한 근접장의 효과로 사료되며, 이것은 센서와 발생위치가 가깝기 때문에 커패시티브인 유도에 의한 펄스파 성분인 것으로 사료된다.

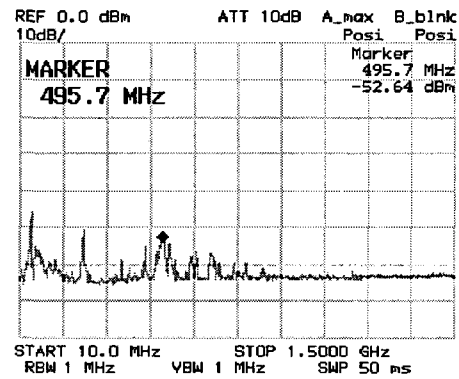
5. 실험결과 검토

그림 2와 그림 3의 계산의 결과에서는 전자파의 분포가 거리에 따라 일률적으로 분포하는 것이 아니라 주파수에 따라 분포가 다르게 나타나고 있으며 센서로부터 거리에 따라 주파수에 따른 크기를 나타낸 표 1에 의하면 거리와

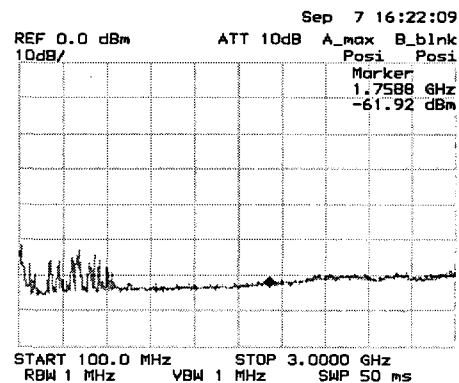
관계가 일률적으로 이루어지지 않음을 알 수가 있었다. 그러나 그림 3에서 300MHz 이하의 영역에서는 센서와 거리의 관계에서 멀어질수록 신호가 작아져 상관성이 있는 것으로 평가되었으나, 300MHz이상의 영역에서 상관성이 없는 것으로 되었고 그림 12의 실제 부분방전 스펙트럼의 경우와 달리 이 영역에서 계산된 신호 스펙트럼이 크게 증가하는 것은 넓은 주파수 대역의 분해능을 높이기 위하여 모의 펄스를 실제의 부분방전펄스보다 더 빠른 상승시간으로 하였기 때문인 것으로 평가된다.



(a) 소폭형 센서 (a) Narrow width

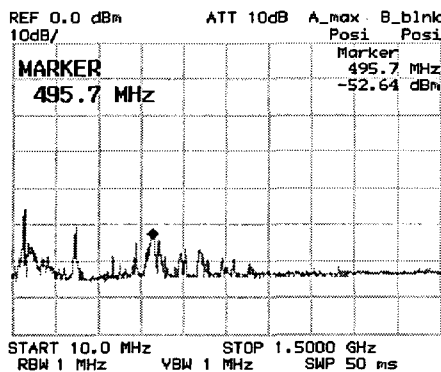


(b) 중폭형 센서 (b) Middle width

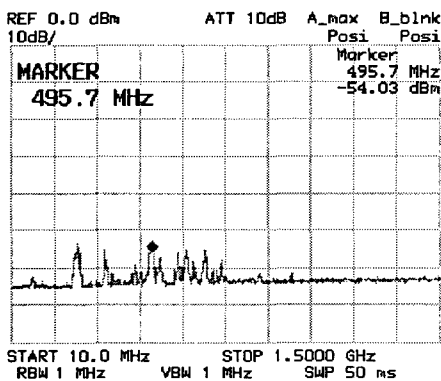


(c) 광폭형 센서 (c) Wide width

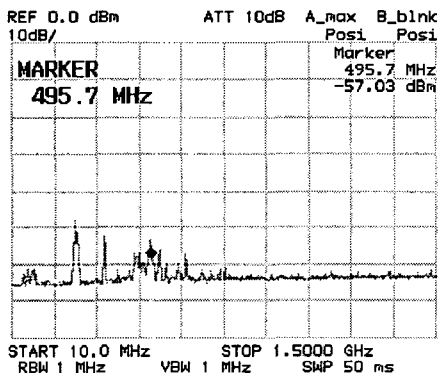
그림 11. 모델변압기 유중에서 측정된 센서별 주파수특성
Fig. 11. Spectrum characteristics of sensors measured in the oil of model transformer.



(a) Sensor 1



(b) Sensor 2



(c) Sensor 3

그림 12. 연면방전에 의한 부분방전 스펙트럼
Fig. 12. Spectrum of surface discharge PD signal

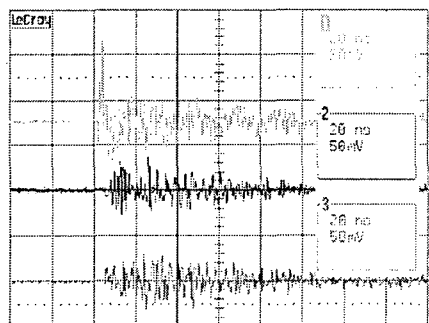


그림 13. 3개의 센서에서 측정된 연면방전의 파형
Fig. 13. Oscillogram form surface discharge measured by three sensors (ch#1:sensor1, ch#2: sensor 2, ch#3:sensor 3)

이상의 특성으로부터 폴디드 다이폴 안테나형의 센서를 선정하고 주파수 대역을 200 - 800MHz로 설계하였으며 소폭형, 중폭형 및 광폭형의 세가지 형태로 제작된 센서의 특성인 그림 6의 반사계수 특성을 보면 중폭형이 이 대역에서 더 적합한 것으로 평가되었다. 그림 11의 결과에서 보면 소폭형은 고주파 영역의 신호검출이 좋은 것으로 평가되고 중폭형에서 광폭형으로 되면 저주파 영역의 특성이 좋은 것으로 평가 되었다.

각 위치별 중폭형 센서에서 측정된 교정펄스 신호의 오실로그램인 그림 9와 그림 10의 결과와 센서의 방향에 따른 감도 특성인 표 2의 특성에 의하면 센서와 거리와의 상관성이 있음을 보여주고 있다. 이것은 발생 주파수의 특성에 의해 큰 영역의 범위에서만 분해능이 있는 것으로 사료되며, 센서의 방향성에 대한 민감도인 표2의 결과에서는 부분방전 발생원과 가까운 센서1 위치인 경우는 지향성에 민감함을 보여 주었고, 상대적으로 먼 센서 2, 3 위치인 경우는 지향성이 민감하지 않는 것으로 나타났다.

모델 변압기에서 연면 부분방전 결합셀에 의한 실험의 결과인 그림 12와 그림 13에서 보면 결합셀과 제일 가까운 센서1에서의 스펙트럼은 150MHz 이하의 저주파 영역의 강한 스펙트럼을 보여 주고 있으나, 센서 2와 센서 3은 이 부분의 스펙트럼은 백그라운드 값으로 나타나고 있다. 150MHz이하의 주파수는 파장이 길기 때문에 가까운 센서 1은 커패시티브적으로 커플링 되어 측정된 값으로 사료되고, 그림 13의 오실로그램을 보면 스펙트럼과 마찬가지로 나타나는 것으로 사료된다.

6. 결 론

이상과 같이 변압기 부부방전 측정을 위한 방전펄스의 전자파 방사특성의 계산과 교정펄스 및 부분방전 펄스에 대한 폴디드 다이폴 센서의 측정결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 가. 모델 변압기 탱크 내에서 전자파의 발생원에서 발생된 전자파가 일정하게 분포하는 것이 아니라 주파수별로 보면 매우 불규칙하게 분포하는 것으로 계산되었으므로 측정방식은 광대역 측정법이 유리하고 센서 작용의 유효범위가 넓은 것이 적합하다고 사료된다.
- 나. 폴디드 다이폴 안테나형 센서를 설계를 하고 폭을 달리한 3종류를 제작하였고, 이 센서들에서 소폭형은 고주파 특성이 좋았고, 광폭형은 저주파 특성이 좋았으며, 설계치인 200 - 800 MHz 범위를 잘 충족하는 것은 중폭형인 것으로 평가되었다.
- 다. 부분방전 교정펄스와 연면방전 결합셀에 의한 실험의 결과에서 오실로그램의 피크값은 발생원과 거리가 가까운 센서에서 큰 값으로 검출되었고, 위치와 센서의 감도의 상관성은 센서가 저주파영역에서는 커패시티브적으로 가까운 센서에 신호가 커플링 되어 크게 검출된 것으로 사료되며 먼 곳의 센서는 이와 같은 효과가 적기 때문에 거리의 상관성을 볼 수 없는 것으로 사료된다.
- 라. 부분방전 교정펄스 실험 결과에서 각 센서에 방향각도에 따라 측정된 오실로그램은 발생원과 가까운 거리에 위치하는 것에서 방향각도에 민감하게 감도가 변화했지만 먼 곳에 위치한 센서에서는 거의 변화가 없었다.

마. 연면방전 결합셀에 의한 실험의 스펙트럼결과에서 가까운 곳에 위치한 센서에서 150MHz 이하의 저주파의 신호가 존재하고 있는 것을 보여 주었고, 먼 곳에 위치하는 것에서 150MHz 이하의 저주파의 신호의 성분이 없었다. 150MHz 이상의 주파수에서는 220MHz, 320MHz 부근과 450MHz에서 750MHz까지에 부분방전신호가 대부분 존재함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] "High-voltage test Techniques-Partial discharge measurements", IEC Pub. 60270, 2000

[2] Christophe Moreau, Xavier Charpentier, "On-Line Partial Discharge Detection System for Instrument Transformers", 1996 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, June 1996, pp 65-68

[3] CIGRE TF15/33.03.05, "Partial Discharge Detection System for GIS: Sensitivity Verification for the UHF Method and the Acoustic Method" Electra NO. 183, April 1999, pp75-87

[4] Raja Kuppuswamy, "On the UHF partial discharge measurement in transformer", 2003 Annual Report CEIDP pp349-352.

[5] F. Marangoni, J.P. Reynders, P.J. de Klerk, "Investigation into the effects of different Antenna dimensions for UHF detection of partial discharge in power Transformers" 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, 2003 June pp23-26

[6] Martin Judd, Gerry Cleary, "Site Trial of UHF Partial Discharge Detection for Transformers," Report on Diagnostic Tests Pof SG T4 at Neilston Substation, June 2001

[7] M.D. Judd, O.Farish, J.S Pearson, et al, "Power Transformer monitoring using UHF Sensors insulation and Testing", Conference of 2000 IEEE Sym. On Electrical Insulation, 2000. pp. 373-376

[8] Sang-Hwa Yi, Jong-Ho Sun, Kwang-Hwa Kim "Development of PD Measurement Technology for Power Transformer (1)" 2005 Korea-Japan Joint Symp. on ED and HVE

[9] Kwang-Hwa Kim, Jong-Ho Sun, Sang-Hwa Yi, Sang-Bo Han, Dong-Sik Kang, "Development of On-line PD Measurement Technology for Power Transformer", International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, April 2006

[10] Contantine A. Balanis, "Antenna Theory (theory and design)", John WILEY & SONS, INC., second edition, 1982, pp. 458-462.

저 자 소 개

김 광 화 (金光和)

KIEE International Transactions on EA, Vol. 3-C, 참조
 Tel : 055-280-1570
 Fax : 055-280-1589
 E-mail : khkim124@keri.re.kr

이 상 화 (李相和)

KIEE International Transactions on EA, Vol. 3-C, 참조
 Tel : 055-280-1556
 Fax : 055-280-1490
 E-mail : shyi@keri.re.kr

선 종 호 (宣鍾好)

KIEE International Transactions on EA, Vol. 3-C, 참조
 Tel : 055-280-1578, Fax : 055-280-1589
 E-mail : jhsun@keri.re.kr

강 동 식 (姜東植)

대한전기학회논문지:전기물성.응용부문C , 1229-246X , 제 54권2호 참조
 Tel : 055-280-1573
 Fax : 055-280-1547
 E-mail : dskang@keri.re.kr

김 재 철 (金載哲)

대한전기학회논문지:전력기술부문A , 1229-2443 , 제55권 1호 참조
 Tel : 02-820-0647
 Fax : 02-817-0780
 E-mail : jckim@ssu.ac.kr