

Oil-Transformer에서의 UHF PD 측정 기술 연구

이창준, 강원중, 강운식, 박중배, 이희철, 박중화
LG산전(주) 전력시험기술센터

Research of UHF PD measuring techniques for Oil-Transformer

C.J. Lee, W.J. Kang, Y.S. Kang, J.B. Park, H.C. Lee, J.W. Park
PT&T, LG Industrial Systems, Co., Ltd.

Abstract - Oil-TR에서의 이상을 진단하기 위해서, 유증가스 분석 및 AE센서를 사용한 부분방전측정을 중심으로 많은 연구가 진행/적용되어왔다. 근래 들어서는 거의 모든 진단항목이 환산상태에서 측정하는 것으로 전이되는 추세이며, 사용자가 설비의 현재의 상태를 계속 감시하여 수명을 연장시키는데 관심의 초점이 모아지고 있다.

이에 본 논문에서는 Spiral-type의 광대역 UHF센서를 사용하여 TR에서 발생하는 부분방전을 측정하였다. 이 방식은 TR내부에 센서를 주입하는 방식으로서, 상대적으로 감도가 우수하며, 노이즈의 영향이 적게 받는다. 코로나방전, 표면방전 및 부유물 형태의 결함에 대하여 측정된 결과를 나타내었으며, 주파수 분포에 대한 변화를 주로 관측하였다. 결과적으로, 서로 다른 결함은 서로 다른 결과를 나타내었으며, 이를 바탕으로 Oil-TR에서 발생하는 결함을 인식할 수 있는 데이터로 활용할 수 있다.

파수 범위를 가지는 센서를 사용하였으며, 그림과 같은 Spiral type의 센서이다. 본 센서는 초고압 Oil-TR 탱크 안에 있는 Oil-Drain에 삽입하기 위하여 특별히 설계된 센서이며, 기밀을 위한 몇 가지 기능을 가지고 있다. 특별히, 주입시 발생하는 기포가 변압기 내부로 들어가지 않도록 센서측으로 유도하는 인출구조를 가지고 있다. 현재 우리나라에서 사용되는 Oil-Drain은 거의 모두가 1인치와 2인치 크기이므로, 이 크기에 맞게 2가지 타입을 개발하였으며, 일반적으로는 1인치 센서가 감도가 떨어지지만, 국부적으로 두 센서가 측정범위내에서 감도가 높은 상위대역은 서로 다르다. 본 시스템은 협대역 방식을 사용하기 때문에 서로 다른 대역에서 측정이 가능하다는 것을 실험을 통하여 알 수 있었다.

1. 서 론

지금까지 많은 Lab.과 기업체에서 부분방전을 이용하여 결함의 원인을 찾기 위하여 많은 연구들이 이루어져 왔다. 이 같은 노력은 측정 시 발생하는 복잡한 노이즈의 간섭문제를 해결하는데 초점이 맞추어져 있었다. Ultra-High Frequency(UHF)를 이용한 기술을 이용한 감시시스템은 노이즈 문제를 상당히 줄일수 있는 장점을 가지고 있다. 이 논문에서는 PRPD법 이외에 주파수 스펙트럼을 이용하여 노이즈가 적은 부분을 찾아내고, POW(Point On Wave)를 이용하여 노이즈 간섭이 매우작거나 없는 부분에서의 신호를 이용하여 PD를 검출하는 기법을 소개한다. 이러한 방법이 전혀 새로운 방법은 아니지만, 본 실험에서는 Zero-Span을 이용한 방법이 각 결함을 특징지을수 있는 방법이 될 수 있다는 것을 보여준다. 또한 결함에 종류에 따라서, 서로 연관성이 강하다는 것을 알 수 있으며, 이를 적용하기 위한 조건이 매우 좋다는 것을 알 수 있었다. 이러한 방법은 노이즈가 존재하는 현장에서의 변압기에 대한 실제 사용하는 on-line PD 감시/진단 솔루션이 될 수 있으며, 또한 전력설비내의 결함신호와 관련한 지식들을 활용할 수 있다는 장점이 있다.

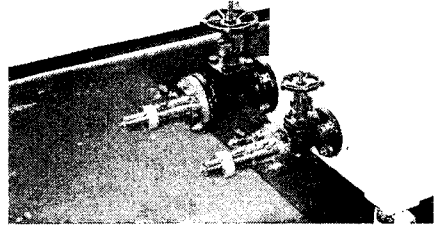
이 장비를 사용하여 실 변압기에 적용하기 위하여 준비중이며, 현재 변전소 주위의 노이즈분포를 조사중이다.

2. 본 론

2.1 실험장치

본 실험에서는 Oil TR에 사용되는 환경과 유사한 상태를 모의하기 위한 Tank를 제작하여 그 내부에 실험용 전극을 배치하였으며, 칩대 평판전극, 절연물 표면방전, 부유물질을 모의한 전극의 3가지 파티클을 모의하기 위한 전극을 제작하였다. 본 논문에서는 표면방전과 칩대 평판형 전극의 경우만 서술하였다.

사용한 센서는 UHF대역(300MHz~1.2GHz)의 주



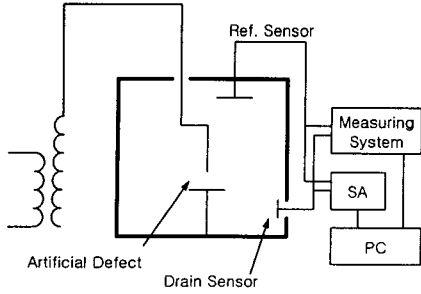
<그림 1. TR용 UHF센서 사진>

파수 범위를 가지는 센서를 사용하였으며, 그림과 같은 Spiral type의 센서이다. 본 센서는 초고압 Oil-TR 탱크 안에 있는 Oil-Drain에 삽입하기 위하여 특별히 설계된 센서이며, 기밀을 위한 몇 가지 기능을 가지고 있다. 특별히, 주입시 발생하는 기포가 변압기 내부로 들어가지 않도록 센서측으로 유도하는 인출구조를 가지고 있다. 현재 우리나라에서 사용되는 Oil-Drain은 거의 모두가 1인치와 2인치 크기이므로, 이 크기에 맞게 2가지 타입을 개발하였으며, 일반적으로는 1인치 센서가 감도가 떨어지지만, 국부적으로 두 센서가 측정범위내에서 감도가 높은 상위대역은 서로 다르다. 본 시스템은 협대역 방식을 사용하기 때문에 서로 다른 대역에서 측정이 가능하다는 것을 실험을 통하여 알 수 있었다.

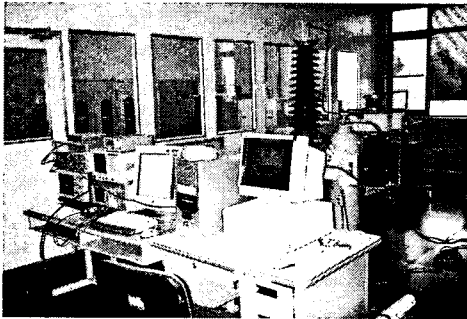
그림 1에서 볼 수 있듯이 현장에서 환산상태로 취부 및 측정이 가능하도록 되어있으며, 케이블을 통하여 측정 시스템과 연결된다. 실험설비는 ~100kV 가압용 변압기, 전극계, 모의 TR, 센서부 및 측정부로 나뉘어져 있다. 센서는 TR내부에 직접 연결되어있는 기준센서와 이번에 개발한 센서를 동시에 장착하여 신호의 차이를 비교할 수 있도록 하였다. 이 신호는 20dB Pre-Amp를 통하여 Spectrum Analyzer 및 측정 시스템으로 연결된다. 측정부는 ~20GHz Spectrum Analyzer (Agilent)와 ~3GHz Oscilloscope(Lecroy)를 사용하였다.

측정 순서는 Spectrum으로 S/N비가 큰 부분을 먼저 확인한 후, 측정시스템에서 Band-Pass Filter를 사용하여 측정한다. 기본적으로 p-q-n분석을 수행하고, 주파수에 따른 방전분포를 보기 위하여, 위상과 주파수를 변수로 하는 위상-주파수-파위(phi-f-q)의 3차원 분포 및 이미지를 추출한다. 이를 각 결합별로 수십 차레 측정하여 Data-Base화 하며, L2-Classifer를 이용하여 결함 내용을 분석할 수 있도록 설계되어있다.

DAQ를 포함한 분석 및 인식 알고리즘은 Visual Basic으로 개발 되었으며, 현재 LG산전에서 개발중인 GIS-UHF센서와 상호 호환되는 시스템으로 설계되어져 있다.



<그림 2. 실험계의 개략도>



<그림 3. 측정시스템 전경>

2.2 실험 결과

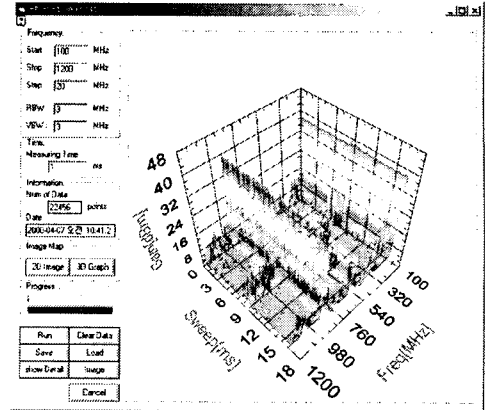
본 측정 시스템을 이용하여, 상기 언급한 몇가지 결함에 대하여 반복실험을 수행 하였다. 본 논문에서 사용한 결과는 2인치 센서를 사용한 결과이며, 표면방전과 침-평판전극에 대한 실험결과를 주로 설명한다. 표면방전의 주파수 분포의 예를 보면 그림4와 같다. 그림에서 실험실 조건의 노이즈가 약 -60dBm 이므로, 전체적으로 60dBm 씩 Shift시켰다. 측정은 100MHz~1.2GHz 대역에서 측정하였으며 그 결과를 그림 4에 3차원으로 나타내었다. 이 데이터를 추후 이미지 처리하여, 인식프로그램의 DB로 활용하기 위하여, 2D로 변환시킨 그림을 그림 5에 나타내었다. 모든 데이터는 CIGRE에서 권고하는 포맷으로, Header/Data를 ASCII로 저장한다.

2.2.1 표면방전

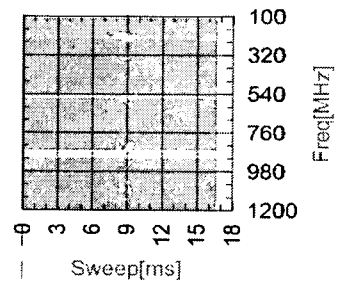
본 실험에서 사용한 Spiral type 센서의 경우 수~수십 GHz까지 측정대역이 광대역이지만, 센서취부대나 TR 외함의 배치에 따라서 그 측정특성이 국부적으로 바뀐다. 따라서 실제로 측정을 수행하게될 S/N비가 좋은 측정 대역은 각 경우마다 다르게 나타나게 된다. 본 실험에서는 표면방전의 경우 220, 600, 740, 820, 960, 1000, 1100 및 1200에서, 또한 그 이상까지 측정이 가능한 것으로 나타났으며, 이때의 위상에 따른 분포를 보기 위하여 60Hz에 대한 POW(Point on wave)파형을 6에 나타내었다. 그림 5.에서 가로선으로 나타나는 부분은 60Hz와 동기되지 않는 핸드폰이나 방송파동의 노이즈 신호이다. 이들 신호는 이미 잘 알려져 있으며, 추출하여 삭제하는 것이 가능하다.

이 경우에서 인가전압은 32kV 였으며, PC으로 환산하기위한 시도를 하고 있으나, 정확하지 않다.

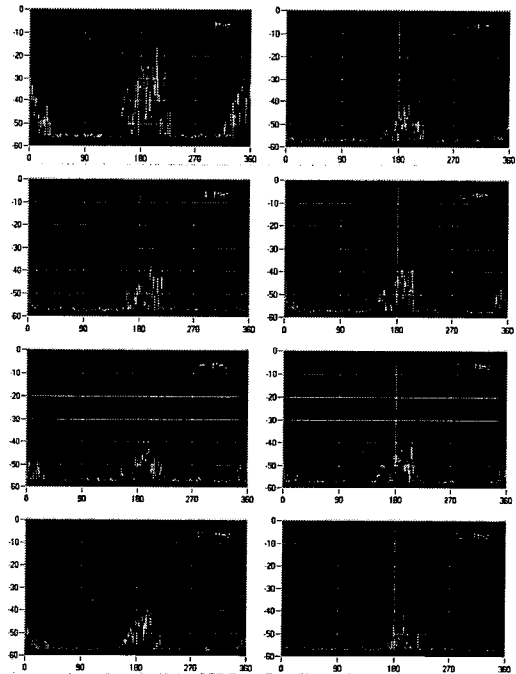
그림 6.으로부터, 검출되는 방전의 크기만 변하며, 발생위상은 거의 변화가 없는 것을 알 수 있다. 이 분포는 기존의 PDPR법으로 측정한 결과와 크게 다르지 않는 것으로 나타났다.



<그림 4. 표면방전의 p-f-q 파형의 예>



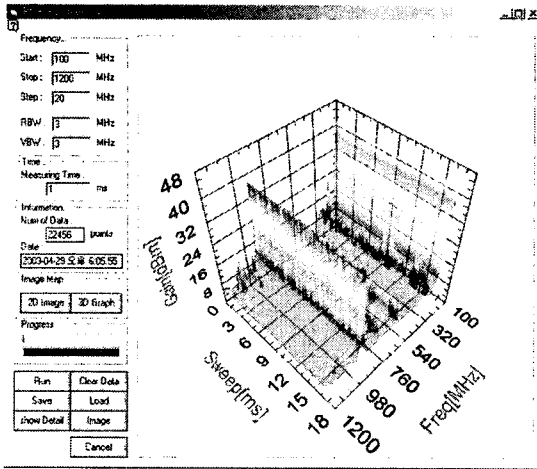
<그림 5. DB를 위한 2차원 이미지>



<그림 6. 발생 주파수 대역의 POW 파형>

2.2.1 코로나 방전

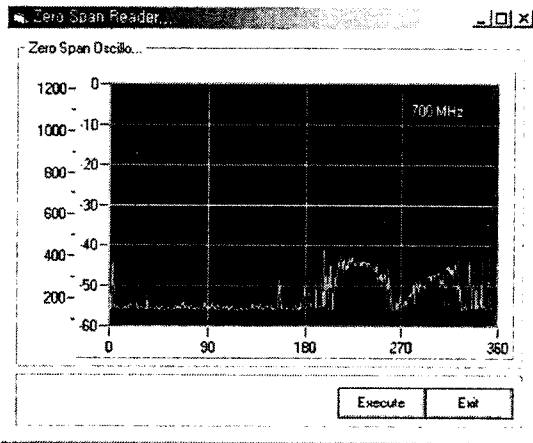
동일한 측정 시스템을 사용하여, Oil-TR내부의 코로나방전을 모의하기 위하여 침-평판형의 전극계를 구성하였으며, 주파수 분포의 예를 그림 7에 나타내었다.



<그림 7. 코로나방전의 p-f-q 파형의 예>

실험 시 방전이 안정적으로 발생하지 않아 주파수 별로 드물게 나타나는 것을 알 수 있다. 하지만, 반복실험을 한 결과, 어느 한 대역에서만 나타나지 않고, 전 주파수 대역에 걸쳐 간헐적으로 짧은 시간동안 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 본 실험에서는 각 주파수에서 60sec동안 측정하였으나, 현장에서는 좀 더 오랜 시간 동안 측정할 필요가 있다고 할 수 있다.

이때의 POW파형을 그림 8에 나타내었다.



<그림 8. 코로나 방전에서의 POW>

220MHz와 700MHz에서 뚜렷하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 부극성에서 주로 발생하는 것을 알 수 있었다. 방전용량이 부극성에서 2개의 peak가 발생하는 것을 볼 수 있었는데, 반복실험 하여도 마찬가지로 발생하였다. 하지만, 2개의 신호가 동시에 발생하지 않았으며, 2가지 방전 메커니즘이 발생하는 것으로 생각된다. 이 현상은 측정 가능한 다른 주파수 대역에서도 동시에 나타났다.

3. 결 론

Oil-TR에 대한 측정시스템을 구축하여 결합에 대한 측정을 수행하여, 주파수 분포에 대한 결과를 나타내었으며, 다음과 같은 결과를 알 수 있었다.

1) 환선상태에서 부분방전을 측정하기 위하여, Oil-TR의 Drain부분을 이용하는 측정 시스템을 완성하였다. 이를

이용하여, 현장에서 실험을 수행중이다.

2) 각 결합별로 주파수 분포가 다를 수 있으며, 이 분포역시 위상과 주파수를 변수로 하는 몇 가지 패턴으로 나눌 수 있다. 이를 이용하면 현장에서 결합의 종류를 인식하는 것이 가능하다.

3) 협대역 측정방식을 사용하면, 외부 노이즈가 심한 현장에서도 효과적으로 사용할 수 있다. 실제 실험에서도 외부노이즈에 노출시켜 실험하였으며, S/N비가 충분한 대역이 몇 군데 나타나는 것을 알 수 있다. 노이즈의 대역은 현장마다 차이가 있으므로, 측정전에 이를 잘 파악하여 측정할 필요가 있다.

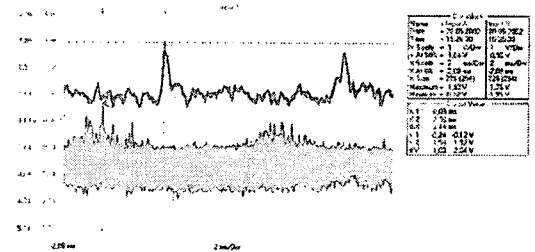
향후계획

1) DB와 연결하는 알고리즘의 신뢰성확보를 위하여, 좀 더 많은 데이터와의 확인작업이 필요하다. 또한 L2-Classifer, Neural Network, Fuzzy를 모두 사용하는 것 보다, L2-Classifer 1가지만 이용하여 판별하는 것이 정확도가 높다는 보고가 있으므로 이에 대한 검토도 필요하다.

2) 원방에서 감시하는 측정 시스템을 구축하고 있다. 또한, GIS와 TR의 부분방전을 동시에 관리하는 시스템을 모델링 중이며, 향후 PD이외의 다른 진단 아이템과 통합하여 변전소를 하나의 시스템으로 관리하기 위한 작업이 진행중이다.

3) 모의전극을 이용한 실험이 종료되면, 실 TR에 대한 데이터 확보가 필요하다. 실제와 동일한 구조를 가진 TR을 설계중이다.

4) 현장에서, TR에서의 결합위치 판별을 위하여 AE센서와 동시에 사용하여 측정하는 방식을 사용하고 있다. 전자파와 초음파의 매질에서의 속도차이를 이용하여 계산하는 방식으로, GIS에서도 동일하게 적용가능하다. (그림 9.)



<그림 9. UHF/AE 동시측정화면>

[참 고 문 헌]

- [1] K.Raja,F.Devaux, and S.Lelaidier, "Recognition of Discharge Sources Using UHF PD Signatures", IEEE Electrical Insulation Magazine, 0883-7554, pp.8-14, 2002.
- [2] W.R.Rutgers, P.van den Aardweg, A.Lapp and H.G.Kranz, "TRANSFORMER PD MEASUREMENTS : Field experience and automated defect identification", Proc. XIII Int. Conf. on Gas Discharge and their Applications, Glasgow, September 2000, pp. 872 875.
- [3] W.R.Rutgers, P.van den Aardweg, A.Lapp and H.G.Kranz, "New on-line measurements and diagnosis concepts on power transformers", Submitted to 13th ISH 2003. Delft. The Netherlands. 2003.
- [4] F.H.Kreuger, "Recognition of discharges", Electra, no.11, pp. 69 91, 91.
- [5] M.D.Judd, J.S.Pearson, O.Farish, T.Breckenridge, and B.M.Pryor,"Power Transformer monitoring using UHF Sensors-Installation and Testing", in Proc. Int. Symp. Elec, Insul., 2000, pp.373 376.