

초고압 GIS의 CT 단자부를 이용한 Semi-내장형 UHF PD 센서 개발 및 적용

강원중, 이도훈, 이용희, 신양섭, 김영근, 오일성
LS산전(주)

Development and application of the semi-internal type UHF PD sensor for Gas Insulated Switchgear

W.J.Kang, D.H.Lee, Y.H.Lee, Y.S.Shin, Y.G.Kim, I.S.Oh
LS Industrial Systems. Co. Ltd.

Abstract - In this work, a novel semi-internal type UHF PD sensor has been proposed and related investigations has been performed in order to detect the partial discharges that could be possibly produced at the insulation system of the gas insulated switchgear(GIS). This sensor was designed to mount on the CT terminal hole of GIS using the spiral antenna theory. Therefore this type sensor can be install on GIS during the power apparatus has been operation and better sensitivity compare to the commercial external type UHF PD sensor.

10% 수준인 것으로 알려져 있다.[5]

2.2 Semi-내장형 센서

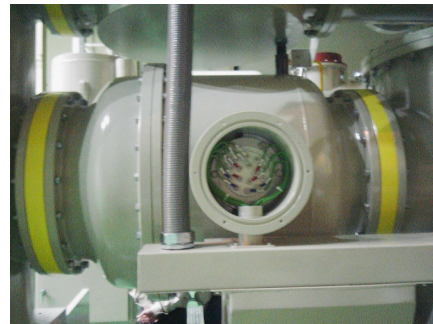
앞 절에서 설명한 바와 같이 내장형 센서는 GIS 내부에 설치되어 감도는 우수하지만 운전 중인 설비에 설치 불가능 하며, 상용 외장형 센서는 운전 중인 설비에도 설치가 가능하다는 장점이 있지만 감도가 기존의 내장형 센서에 비하여 부족하며 외부 노이즈의 영향도 많이 받는다. 따라서 이미 설치되어 운전 중인 GIS에 대하여 기존의 외장형 센서를 적용하여 진단을 수행할 경우 낮은 감도와 외부 노이즈의 영향으로 정밀 진단은 어렵다.

초고압 GIS들은 CT부에 측정 신호를 전송하기 위한 단자대 및 작업창이 있다. 이러한 단자대는 예폭시 몰드물로 제작되어 있기 때문에 GIS 내부에서 발생된 UHF PD 신호가 이곳을 통과하여 외부로 방사되는 것이 가능하다.[6] 또한 단자대 자체가 기밀 구조로 되어있기 때문에 그림 1과 같이 내부에 가스가 주입되어 있는 상태에서도 작업창 커버를 개방할 수 있다.

1. 서 론

전력 설비가 초고압 대용량화 되어 감에 따라 여러 유형의 사고 가능성이 증가하고 있으며, 사고에 따른 피해의 규모도 증가하는 추세이다. 이에 따라 사고가 발생하기 이전에 전력기기 내부의 이상 신호를 검출하기 위한 각종 진단 기법 및 첨단 장비들이 전력기기 진단에 적용되고 있으며, 최근 들어 GIS에 가장 널리 사용되는 기법이 UHF PD 측정 기법이다. 이러한 기법은 GIS 내부에 결함이 존재할 때 PD라는 물리 현상에 의하여 발생하는 전자파 신호를 센서를 이용하여 검출하여 설비의 이상 유무를 판별하는 기법이다.[1-3]

UHF PD 검출기법을 이용하여 전력설비 내부에서 발생하는 PD신호를 검출하는 기법은 크게 내장형 센서를 이용하는 방법과 외장형 센서를 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 내장형 UHF PD 센서를 이용한 시스템은 검출 감도는 우수하지만 센서의 설치에 GIS 신설시 또는 정전 후 수리 시에만 가능하다. 외장형 UHF PD 센서를 이용한 시스템은 외부에 노출된 GIS 절연 스페이스에 설치가 가능하므로 운전 중인 GIS에도 쉽게 설치가 가능하지만 검출 감도는 내장형 센서보다 부족하며, 외부 노이즈의 영향에도 민감한 단점이 있다. 또한 기존의 외장형 센서는 GIS의 스페이스 부분에 금속 쉴드가 있는 일부 GIS에 대하여 적용시 쉴드에 의한 차폐효과로 인하여 측정 감도가 매우 약하다.[4] 본 논문에서는 기존의 외장형 UHF PD 센서의 단점인 감도 및 노이즈 차폐 성능을 개선하고, 절연 스페이스 외부에 금속 쉴드가 있는 GIS에도 적용 가능한 새로운 형태의 Semi-내장형 UHF PD 센서를 제안하였다. Semi-내장형 센서는 기밀구조와 상관없는 초고압 GIS의 CT 단자부에 설치가 가능하기 때문에 센서의 설치를 위한 정전 작업이 필요 없으며, PD 검출 성능도 우수함을 확인하였다.



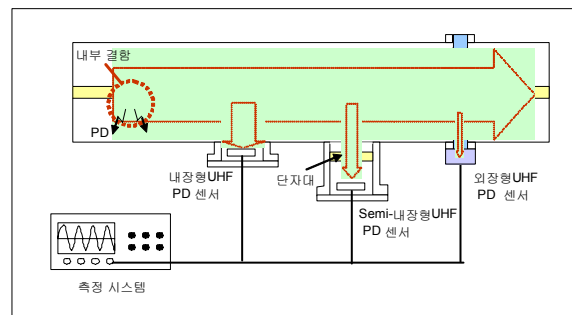
〈그림 1〉 GIS의 CT 단자대

Semi-내장형 센서는 Spiral antenna의 원리를 적용하여 CT 단자대가 있는 작업창에 센서를 설치할 수 있도록 제작하였다. 내장형, 외장형 및 Semi-내장형 센서를 이용한 UHF PD 신호 측정 개요는 그림 2와 같다.

2. 본 론

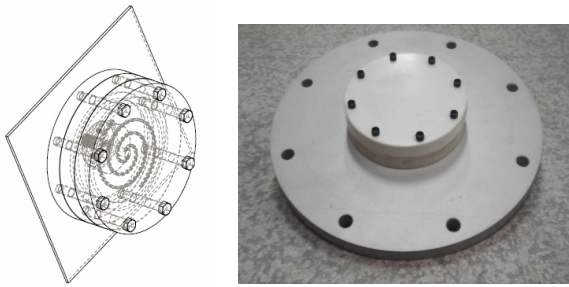
2.1 상용 UHF PD 센서

GIS는 장시간 운전을 하게 되면 절연물 등의 열화현상에 의하여 설비 내부에 결함이 발생할 수 있으며, 장기간 방치할 경우 사고로 연결될 수 있다. 이러한 내부 결함은 대부분 PD신호를 발생하며, PD 신호를 검출하여 설비의 이상 유무를 판별할 수 있다. PD 신호 발생시 UHF (300MHz ~ 3000MHz)대역의 전자파 신호가 동반되는데, 이 신호를 센서를 이용하여 검출함으로써 GIS의 이상 유무를 판별할 수 있다. 전력 설비의 상태 감시를 위하여, 국내의 800kV급 및 362kV급 중요 GIS 대해서는 내장형 UHF PD 센서 및 On-line 진단 시스템이 의무화 되어 있으며, 그 외 신설 GIS에 대해서는 내장형 UHF PD 센서의 설치가 의무화 되어있으며, Portable UHF PD 측정기를 적용하여 정기 점검을 실시하고 있다. 그러나 내장형 UHF PD 센서는 GIS의 기밀 구조 내부에 설치되기 때문에 운전 중인 GIS에는 설치가 불가능 하며, 정전 작업을 수반한 수리시에만 적용이 가능하다. 따라서 운전 중인 GIS는 외장형 UHF PD 센서 및 Portable UHF PD 진단 설비를 이용하여 정기적인 진단을 수행하고 있다. 이러한 외장형 UHF PD 진단 센서는 운전 중인 GIS에 적용 가능하다는 장점이 있지만 내장형 센서에 비하여 감도가



〈그림 2〉 UHF PD 센서를 이용한 측정 개요

새로이 제안된 Semi-내장형 UHF PD 센서(그림 3)는 예폭시로 제작된 단자대에 의한 신호 감쇠가 발생하며, 홀의 크기도 작아 기존의 내장형 센서보다는 감도가 부족하지만 GIS 설비의 기밀 구조와 무관하므로 운전 중인 설비에도 설치할 수 있는 장점이 있으며, 기존의 외장형 센서에 비하여 감도가 우수하며 외부 노이즈에 의한 영향도 적다. 센서의 제질은 예폭시, 전체 지름은 140mm이며 기밀을 위한 O-ring은 필요 없다.



〈그림 3〉 Semi-내장형 UHF PD 센서의 구조 및 외관

2.3 Semi-내장형 UHF PD 센서 PD 검출 특성 실험

Semi-내장형 UHF PD 센서의 감도 특성 확인을 위하여 그림 4(a)와 같이 170kV GIS를 이용하여 특성 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 GIS는 실제 운전 조건과 동일한 상태로 5기압의 SF₆ 가스가 충전되었다. 5pC 수준의 UHF PD 신호를 발생하도록 교정된 pulse generator(Picosecond, 4016)의 신호를 그림에서와 같이 GIS 부스측에 설치된 내장형 센서를 통하여 GIS 내부로 전파시켰다. 교정 펄스 신호의 크기는 -5V이며, 상승 시간은 ≤50ps이다. 특성 비교를 위하여 상용 내장형 센서가 CT부 감시창에 설치되었으며, Semi-내장형 센서는 상용 내장형 센서가 설치된 반대편의 CT 단자대 측에 설치되었다. 센서의 출력 신호는 이득이 20dB인 preamp를 이용하여 증폭되었으며, 오실로스코프(Lecroy, 8300A 20GS/s)를 이용하여 측정되었다.

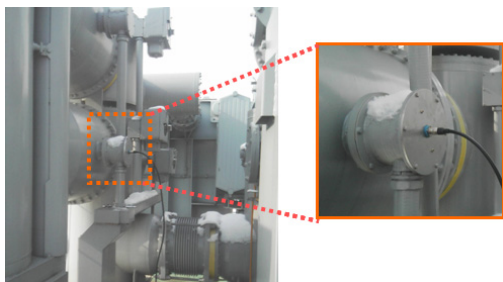
측정 결과는 그림 4(b)에서 보여진다. 내장형 센서로 측정된 신호의 크기는 약 800mV이며, Semi-내장형 센서로 측정된 신호의 크기는 약 600mV로 측정되었다. 따라서 Semi-내장형 센서로 측정 되는 신호는 내장형 센서 측정 신호의 약 75% 수준인 것으로 판단되며, 5pC 수준의 PD 신호의 측정이 가능함을 확인할 수 있다. 그러나 CT 단자대에 의한 고주파 대역 신호의 감쇠가 발생하여, 그림에서 볼 수 있듯이 내장형 센서 출력 신호에 비하여 고주파 성분의 감쇠가 상대적으로 큰 것을 볼 수 있다.



(a) 실험 현장 모습 (b) 측정 결과
〈그림 4〉 내장형 센서와 Semi-내장형 센서 특성 비교 실험

2.4 Semi-내장형 UHF PD 센서 노이즈 특성 실험

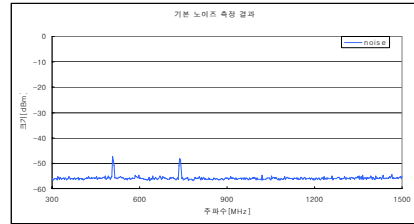
CT 단자대의 작업창에 Semi-내장형 UHF PD 센서 설치시 두 가지 성분에 의한 노이즈가 발생할 수 있다. 먼저 외부에 존재하는 UHF 대역 노이즈 신호가 유입될 수 있으며, CT의 출력 전류에 의한 자체 노이즈가 발생할 수 있다. 이러한 노이즈 특성 파악을 위하여 그림 5와 같이 현장에서 운전 중인 170kV GIS의 CT 단자부에 센서를 설치한 후 기본 노이즈 측정을 수행하였다. 센서의 출력 신호는 20dB preamp를 사용하여 증폭하였으며, 주파수 분석기(Agilent 4402B)를 이용하여 주파수 성분을 분석하였다. 측정 주파수 대역은 300~1,500MHz이며, 15분간 "Max hold" 모드를 이용하여 측정하였다.



〈그림 5〉 노이즈 측정을 위한 Semi-내장형 센서의 설치

그림 6의 측정 결과에서 볼 수 있듯이, 500MHz 부근의 방송파와 800-900MHz 대역의 핸드폰에 의한 주파수 성분만 미약하게 유입되었다. 또한 CT 출력 신호선에 흐르는 전류에 의한 자체는 주파수 대역이

낮아 영향을 주지 않는 것으로 측정되었다. 노이즈 성분은 GIS 및 센서의 측정 현장에 따라 변화될 수 있으나, 노이즈 분석 결과에서 볼 때 Semi-내장형 센서가 PD 이외의 노이즈 성분에 의한 영향은 미비한 수준으로 판단할 수 있다.



〈그림 6〉 Semi-내장형 센서를 이용한 노이즈 측정 결과

2.5 Semi-내장형 현장 적용

국내 변전소에 2001년에 설치되어 운전 중이던 GIS의 감시 진단을 위하여, 본 연구를 통하여 개발된 Semi-내장형 UHF PD 센서가 2006년 설치되어(그림 7) 운전 중에 있다. 현재까지 센서 자체의 이상은 보고되지 않고 있으며, GIS 운전상태의 상시 감시를 수행 중에 있다.



〈그림 7〉 실제 운전 중인 GIS에 설치된 Semi-내장형 UHF PD 센서

3. 결 론

운전 중인 GIS의 내부 결함을 진단하기 위하여, 외장형 UHF PD 센서를 이용하여 PD 신호를 측정하는 진단 기법이 이용되고 있다. 그러나 이러한 외장형 UHF PD 센서는 내장형 센서에 비하여 감도가 부족하고 외부 노이즈에 취약한 단점이 있었다. 이를 개선하기 위하여 본 연구에서는 초고압 GIS의 CT 단자대의 작업창에 설치하여 UHF PD 신호를 검출할 수 있는 semi-내장형 UHF PD 센서를 제안하였다. 성능 확인을 위하여 내장형 센서와의 비교 감도 시험 및 운전 중인 GIS에 설치하여 노이즈 스펙트럼을 분석하여 semi-내장형 센서가 GIS 내부에서 발생하는 UHF PD 신호를 검출할 수 있음을 확인하였다. 현재는 실제 운전 중인 GIS에 설치되어 감시진단 기능을 수행 중에 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] J. S. Pearson, O. Farish, B. F. Hampton, M. D. Judd, B. M. Pryor and I. M. Welch, "Partial discharge diagnostics for gas insulated substations", IEEE Trans. On Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 2, No. 5, pp. 893-905, 1995
- [2] CIGRE Task Force 15/33/03.05 of working group 15.03, "Partial discharge detection system for GIS: sensitivity verification for the UHF method and the acoustic method", Electra, No. 183, pp. 75-87, 1999.
- [3] W. J. Kang, C. J. Lee, H. C. Lee, J. W. Park, "The spectrum analysis of UHF PD signals from artificial defects in GIS using UHF PD measuring system", 13th ISH, 2003.
- [4] 강원중 외5명, "스페이스에 metal flange가 있는 GIS에서의 UHF PD 측정기술 연구", 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1638-1640, 2003
- [5] S. Meijer, "Partial Discharge Diagnosis of High-voltage Gas Insulated Systems", Optima Grafische Communicatie Rotterdam, ISBN 90-77017-23-2, 2003
- [6] Wei Wang et al., "Sensitivity improvement of UHF PD detection in GIS by sensors installed from CT outlet port", ISH, No. G-035, 2005