

UHF 센서 양산화를 위한 시스템 구축에 관한 연구

김정배*, 김민수, 정재룡, 송원표

*(주) 효성

Research of System Construction for Mass Production of UHF Sensor

J.B. Kim*, M.S. Kim, J.R. Jung, Y.P. Song

*Hyosung Co.

Abstract - 본 논문은 UHF센서를 개발하는데 있어, 개발 완료 후 양산시에 필요한 시험항목을 선정하고, 시험항목에 따른 시험을 실시하여, 센서의 성능 및 신뢰성을 입증하고 있다.

1. 서 론

부분방전을 측정하는 방법에는 UHF법과 초음파법이 적용되고 있다. 특히 UHF법은 최근들어 세계각국의 연구그룹들에 의해 검증된 부분방전을 측정하는 기법으로, 외부 잡음의 영향을 상대적으로 적게 받는 UHF대역(300MHz~3000MHz)의 부분방전 펄스를 검출하여, GIS 내부의 이상 원인 및 정도를 예측하는 현재 가장 신뢰성 있는 방법으로 알려져 있다.

부분방전 펄스는 1ns 이하의 급격한 상승시간(rise time)을 가지므로 전파하는 부분방전 펄스의 주파수특성은 거의 모든 주파수 대역에 걸쳐 나타나게 된다. 이러한 부분방전 펄스는 GIS의 동축 부스바를 따라 전파하는 TEM모드와 TE, TM의 여러 고차모드의 전자파로 구성되는데, GIS 내부를 전파하면서 각종 불연속면을 만나 복잡하게 반사 및 굴절하게 되어 원래의 신호보다 훨씬 복잡한 형태를 띠게 된다. 이러한 복잡한 부분방전 신호를 외부에서 측정하기 위해서는, GIS 금속용기를 통과하지 못하는 UHF 대역의 전자파 특성 때문에, GIS 제작초기에 센서를 내장시키는 방식이 감도나 신뢰성면에서 우수하다. 하지만, 국내 GIS에는 UHF 센서가 내장되는 방식이 현재 일부 GIS에 대해서만 도입이 추진되고 있어 내부의 절연상태를 효과적으로 확인할 수 없는 상황이다. 그러나, 최근 들어서는 부분방전에 의해 GIS 내부에서 발생하는 전자파가 유기물을 관통한다는 특성을 이용하여, GIS의 가스구획 및 도체지지의 목적으로 설치되어 있는 에폭시 스페이서를 통해 감지하는 방법이 제안되고 있다.[1]

UHF방식의 부분방전측정에 있어 센서의 감도와 주파수 응답특성은 기기의 진단기술에 큰 영향을 미치기 때문에 가스절연기기의 제조업체에서 활발한 연구를 진행해 오고 있다. (주)효성에서도 수년간 부분방전 진단시스템에 대한 연구를 지속적으로 해오고 있으며, 내장형 UHF 센서를 개발하여 최근에 UHF센서 양산을 하고 있다. 본 논문에서는 UHF 센서 개발 및 양산품 시험 결과에 대해 보고하고자 한다.

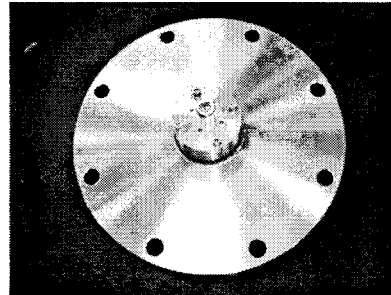
2. 본 론

2.1 내장형 UHF 센서

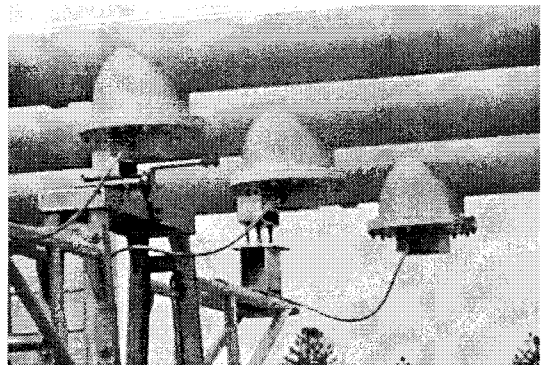
부분방전 펄스를 측정하기 위한 UHF 센서에는 내장형 UHF센서와 외장형 UHF센서 2가지 Type이 있다. 내장형 UHF 센서는 그림 1과 같이 원판모양으로 GIS 점검장을 통해 GIS 내부에 설치되어 부분방전 펄스를 직접 측정하며, 외장형 UHF 센서는 GIS의 가스 구획 및

도체 지지의 목적으로 설치되어 있는 에폭시 스페이서를 통해 측정하는 방식이다.

내장형 UHF센서에는 안테나의 형상별로 원판 monopole 안테나, dipole 안테나, 반원판 dipole 안테나, 대수주기 안테나, spiral 안테나 등이 적용되고 있다. 본 연구에서는 dipole 안테나 형상으로 내장형 UHF 센서를 개발하였다. 내장형 UHF 사양은 표 1과 같다.



(a) 내장형 UHF 센서



(b) GIS에 쿠퍼되어 있는 내장형 UHF 센서

그림 1. 내장형 UHF 센서

표 1. 내장형 UHF 센서 사양

항목	내용
Output Power (peak)	10pC에서 -10dBm이상
Bandwidth	500MHz~1500MHz
안테나 Type	Dipole 안테나
Connector	N-type

2.2 내장형 UHF 센서의 검수시험

내장형 UHF 센서는 GIS 내부에 취부되기 때문에 가장 중요한 시험항목으로써 기밀을 유지해야하고, 그리고 한전 규격에 따라 센서와 센서사이에 10pC의 부분방전을 모의 했을때 센서 출력값이 -50dBm(=0.01μ) 이상의 감도 특성을 가져야한다.

양산을 위한 내장형 UHF 센서 검수시험에는 Type Test, Routine Test 두가지를 실시하였다.

Type Test는 양산품 중 샘플 몇개를 무작위로 선택하여 가혹한 조건의 시험을 통하여 기밀과 센서 특성이 유지되는지 확인하는 시험으로 제작공정, 부품, 치수 등이 변할시에 재시험을 실시한다. Routine Test는 제조되는 전 UHF센서에 대해 시험을 실시하는 것으로 기본적인 절연성능, 기밀성, 감도 특성을 시험하여 한전 규격에 맞는 적합한 센서인지 확인하는 시험이다.

2.2.1 Type Test

Type Test는 환경적 요인, 기계적 요인, 전기적 요인 등에 대한 가혹한 조건에서 기밀과 센서의 특성이 유지되는지 확인하는 시험으로 Heat Cycle 시험, Heat Shock 시험, 상용주파 내전압 시험, 절연저항 측정, 뒤틀림 강도 시험, 뇌 임펄스 시험, 내압력/수압력 시험, 기밀시험, 센서 감도특성 시험 총 9가지의 시험을 실시하고 있으며 시험 과정은 그림 2와 같다.

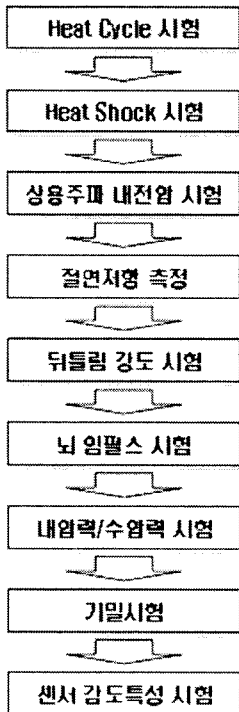


그림 2. Type Test Process

Heat Cycle, Heat Shock, 뒤틀림강도, 내압력/수압력과 같은 가혹한 조건으로 센서의 피로를 준 후 기밀과 센서 감도특성을 유지하는지 시험을 실시하였다.

시험품은 전체 양산품 중 2EA를 무작위로 선정하여 시험을 실시 하였으며, 표2와 같이 전 시험항목에서 이상이 없음을 알 수 있었다.

표 2. Type Test 시험 결과

순서	시험항목	시험 결과
1	Heat Cycle 시험	양호
2	Heat Shock 시험	양호
3	상용주파 내전압시험	양호
4	절연저항 측정	양호
5	뒤틀림 강도 시험	양호
6	뇌 임펄스 내전압 시험	양호
7	내압력/수압력 시험	양호
8	기밀시험	7×10^{-10} Pa · μ /s이하
9	센서 감도특성 시험	-7dBm 이상 (10pC)

2.2.2 Routine Test

Routine Test는 생산된 전 제품에 대해서, 제품자체에 피로를 주지않으면서, 절연성, 기밀성, 감도특성을 측정하기 위한 시험으로 그 시험항목에는 구조 및 외관 검사, 상용주파 내전압 시험, 절연저항 측정, 기밀시험, 센서 감도특성시험 등 총5가지가 있다. 시험 과정은 그림 3과 같다.

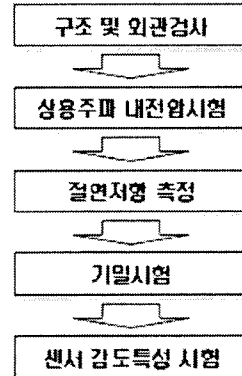


그림 3. Routine Test Process

내장형 UHF센서의 양산품을 전수 시험한 결과 표 3과 같이 모두 이상이 없음을 알 수 있었고, 한전 규격에도 적합한 제품임이 입증되었다.

표 3. Routine Test 결과

순서	시험항목	시험결과
1	구조 및 외관검사	양호
2	상용주파 내전압 시험	양호
3	절연저항 측정	양호
4	기밀시험	10×10^{-10} Pa · μ /s이하
5	센서 감도특성 시험	-9dBm 이상 (10pC)

2.2.3 센서 감도특성 시험

센서의 성능을 나타내며 진단 기기에도 큰 영향을 미치는 것이 UHF센서의 감도이며, 이 감도특성을 측정하는 시험은 UHF센서의 시험항목중에서도 가장 중요한 시험이라 할 수 있다. 현재 UHF센서의 감도 특성에 대한 한전 규격은 GIS에 설치된 센서와 센서 사이에 10pC이 발생했을 때 센서 출력값이 -50dBm(=0.01μ) 이상이 출력되도록 규정하고 있다.

센서 감도 특성 시험을 위해 우선 그림 4와 같이 시험용 Chamber에 두개의 내장형 UHF 센서를 설치한다. 그리고, 10pC을 발생시키는 PD Cell (Rolling Ball Type)을 시험용 Chamber 내부에 두고, 전압을 인가하여 10pC의 부분방전을 발생시킨다. 발생된 부분방전신호를 Oscilloscope와 Spectrum Analyzer로 측정하여, 출력 신호의 크기를 계산한다.

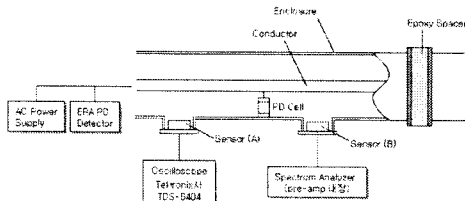


그림 4. 센서 감도특성시험 Layout

보정값 계산

Oscilloscope로 측정된 신호는 0~1.5GHz대역의 신호를 모두 측정할 출력값이기 때문에, 0~500MHz 대역의 노이즈 신호를 제거해 주기 위해 보정값을 측정하여 Oscilloscope로 측정된 신호의 크기를 500MHz~1.5GHz의 출력값으로 보정하여준다.

보정값은 Spectrum Analyzer로 0~500MHz와 500MHz~1.5GHz의 Power값을 계산하여 식 1과 같이 계산하여 구한다.

$$C = \frac{P_2}{P_1 + P_2} \times 100 \quad (2)$$

여기서, C : 보정값(%)

P_1 : 0~500MHz power

P_2 : 500MHz~1.5GHz power

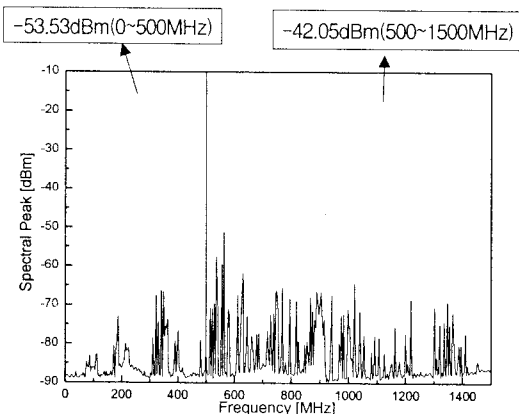
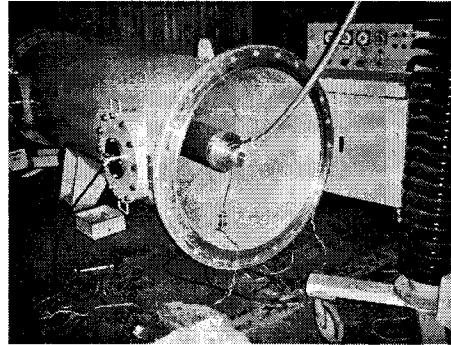


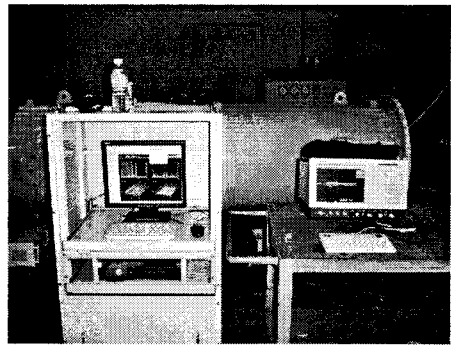
그림 5. 10pC 발생시 Spectrum Analyzer 측정예 (보정값 93.3%)

시험결과

본 연구에서는 양산품 전 수량에 대해 센서 감도특성 시험을 실시 하였고, 시험 설비는 그림 6과 같다.



(a) PD Cell과 UHF 센서



(b) 측정장비

그림 6. 센서 감도특성 시험

내장형 UHF센서 감도특성 시험 결과 Average Power는 -20dBm 이상, Peak Power는 -8dBm 이상으로 측정되었다. 이때 보정값은 평균적으로 90% 정도로 측정되었다.

3. 결 론

본 연구에서는 가스절연기기의 점검창 내부에 설치하여 UHF대역의 부분방전 신호를 검출 가능한 내장형 UHF 센서를 개발하고 양산시에 한전규격에 적합한 센서임을 입증하기 위한 Type Test와 Routine Test Process 및 시험 기준을 마련하였다. 해당 시험항목과 시험 기준으로 양산품을 시험한 결과 모두 규격에 적합한 제품임을 확인 하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] C.Neumann, B.Krampe, R.Fcgcr, K.Feser, M.Knapp, A.Breuer, V.Recs, "PD Measurements on GIS of different designs by non-conventional UHF Sensors", CIGRE 2000, 15-305
- [2] Tatsuro Kato, Fumihiko Endo, Shingo Hironaka, "Sensitive Partial Discharge Monitoring System by UHF Method and Calibration Technique", SC15 Gas Insulated Systems Symposium, May 9, 2001, pp.73~76.