

800kV GIS용 UHF 부분방전 센서 특성시험에 관한 고찰

박경수 · 김정배 · 송원표 · 김덕수
(주) 효성

A Study of Sensitivity Verification in UHF Partial Discharge Sensor for 800kV GIS

Park,Kyoung-Su, Kim,Jung-Bae, Song,Won-Pyo, Kim,Duck-Su
Hyosung Corporation

Abstract - UHF 부분방전시스템은 GIS 내부에서 발생하는 절연이상을 가장 효과적으로 검출해 낼 수 있는 방법이지만, 기존의 IEC60270법에 의해 측정된 절보기 방전량과는 직접적인 상관관계를 가지지 않는다. 현재 신가평과 신태백의 765kV 변전소에 설치되는 800kV GIS는 제작자가 부분방전센서를 취부하여 납품하여야 한다. 본 논문에서는 한전규격을 만족할 수 있는 센서의 감도시험법에 대하여 고찰하였다.

1. 서 론

절연매체로 SF6를 사용하는 GIS(Gas Insulated Switchgear)는 전력계통의 이상시 계통을 보호하는 핵심장치로 설계시부터 충분한 절연내력과 차단성능을 가지도록 설계되어 높은 신뢰성을 가진다. 하지만, GIS 동작중에 발생하는 도체이물질(metal particle)이나, 조립시에 발견되지 못한 내부의 수mm의 작은 도체이물질, 스페이서 내의 작은 공극등에 의해서도 절연파괴가 일어날 수 있으며, 20년 이상의 GIS 수명을 유지하기 위한 유지관리의 측면에서도 GIS 내부의 상태를 감시할 수 있어야 한다. 만약 GIS 내부에 위와 같은 문제가 존재하게되면 사고가 일어나기 전에 부분방전(Partial Discharge)이 발생하는데, 이것을 검출하면 내부의 이상 상태를 예측할 수 있다. 이러한 부분방전 측정법에는 내부에 UHF 부분방전 센서를 설치하는 방법, 외함에 초음파 센서를 부착 설치하는 방법, 외함에 특수 제작된 정전용량성 센서를 부착 설치하는 방법, 차단기 접지선에 유도성 센서를 부착 설치하는 방법 등이 있을 수 있지만 가장 감도가 우수한 방법은 UHF부분방전센서를 이용하는 방법이다.[1]

신가평, 신태백의 765kV 변전소에 납품되는 예방진단시스템에는 UHF기법을 이용한 부분방전측정시스템이 적용될 예정이며, 여기에 사용되는 UHF 부분방전센서는 10pC이상의 부분방전 발생시 -50dBm이상의 감도를 가져야 하며, 이를 CIGRE TF 15/33.03.05법에서 제안한 방법에 의해 검증을 하도록 하고 있다. UHF 부분방전 센서는 GIS의 점검창에 부착되며 센서는 전계가 집중되지 않는 형태로 설계되어야 한다. 또한 센서는 외부와 연결시 신호의 감쇠가 적은 N-type 컨넥터로 인출되어야 한다.

본 논문에서는 한전의 규격을 만족할 수 있는 800kV GIS용 UHF 부분방전 센서의 특성시험 방법에 대해 고찰하고자 한다.

2. 감도시험

2.1 감도시험의 의미

UHF 부분방전 감시진단시스템의 UHF 부분방전센서는 일종의 전자파센서로 부분방전에 의해 발생한 전자파 펄스를 검출하여 시간, 주파수, 위상 특성 등을 분석한다. GIS 모선(main bus)의 경우 크게 도체(conductor)와 외함(sheath)으로 구성되므로 전자파의 주모드(dominant mode)는 TEM모드이다. 따라서, 전파하는 전자파의 차단주파수는 없고 감쇠도 아주 적다. 하지만, T형이나 L형으로 구부러지거나 차단기(Circuit Breaker), 스페이서(Spacer), 단로기(DS), 접지개폐기(ES)등의 방해물에 의해 전자파는 감쇠하거나 산란, 굴절하게 되는데 이때 TEM모드 이외에도 TE나 TM모드가 발생하게 된다. 또한, 측정된 전자파의 크기는 실제 전하의 위치와 GIS의 구조에 따라 달라지므로, 기존의 IEC60270에 따라 측정된 절보기 방전량과 직접적인 상관관계를 가지지 않는다. 이러한 상관관계를 계산하기 위해서 여러 가지 수치적인 방법들이 연구되고 있지만 결합의 위치와 원인이 일반적으로 알려져 있지 않기 때문에 현실적으로 쉽지 않다.

CIGRE TF 15/33.03.05는 UHF 부분방전검출장치가 GIS 내부에서 IEC60270법에 의한 최소 5pC의 절보기 방전량 이상을 검출할 수 있는 감도를 가질 것을 권고하고 있으며, 이를 펄스발생기를 이용하여 검증하는 방법을 제안하였다.

2.2 CIGRE법에 의한 감도시험

CIGRE법에 의한 방법은 먼저 Lab. Test를 통해 5pC의 부분방전신호와 동등한 펄스를 구한 다음, 현장에서 Lab. Test와 동일한 방법으로 펄스를 UHF센서에 입력하여 다른 센서에서 이를 확인하는 방법이다.

2.2.1 Lab. Test

실제 결합과 유사한 부분방전 신호를 펄스발생기로 발생시키기 위하여 실제 5pC에 상당하는 부분방전을 발생시킨다. 이때 부분방전을 일으키기 위해 도체돌기(protrusion)나 도체이물질(Metal Particle)을 이용한다. 시험은 그림1(a)와 같이 먼저 5pC상당의 실제 결합에 의한 신호A를 구하고, 그림2(b)와 같이 펄스발생기로 신호를 입력하였을 때의 신호B와 비교하여 오차가 ±20%이 될 때까지 펄스발생기의 파형과 전압을 조정한다.

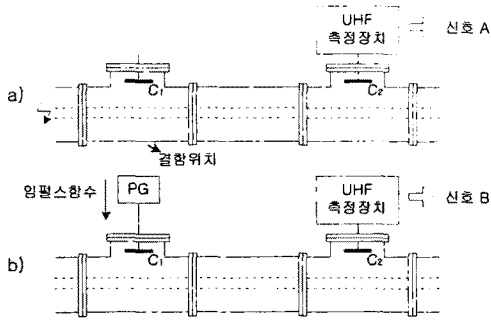


그림 1 실험실 시험
Fig. 1 Laboratory Test

2.2.2 On-site Test

현장 감도시험은 GIS 운전중에 실시한다. Lab. Test 시 사용한 장비를 그대로 이용하여야 하며, 펄스발생기를 이용해 입력한 펄스를 근접한 센서에서 검출할 수 있으면 5pC 상당의 부분방전을 검출할 수 있다고 볼 수 있다.

2.3 800kV GIS용 UHF센서의 감도시험법

본 시험은 한전의 UHF 부분방전센서의 최초 감도시험과 검수시험을 위한 것으로, CIGRE법에 기초한다.

2.3.1 Lab. Test

한전의 부분방전 검출 기준치인 10pC의 부분방전에 해당하는 펄스발생기의 값을 결정하기 위하여 그림 2와 같이 부분방전 Test Chamber에 부분방전을 발생시킬 수 있도록 결함을 만들고 전압을 인가한다. 이때 부분방전을 발생시키기 위해서는 도체이물질이나 도체돌기과 같은 실제 부분방전원 뿐만 아니라 그림3과 같은 방전셀을 이용하여 부분방전을 발생시킬 수도 있다.

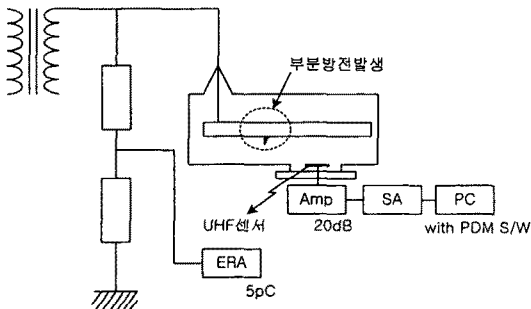


그림 2 부분방전 측정장치의 배치
Fig. 2 A Test Layout of PD measurement

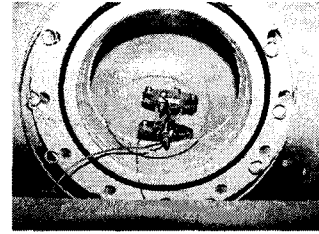
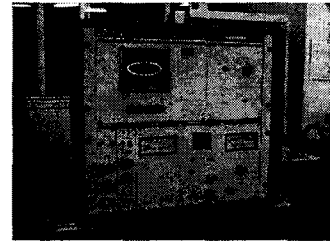


그림 3 방전 셀
Fig. 3 Discharge Cell

부분방전량의 측정은 그림 4(a)와 같은 ERA기를 이용한다. 그림 4(b)와 같이 부분방전량이 10pC이 되었을 때의 주파수분석기에 나타난 파형을 저장한다.



(a) ERA Test



(b) ERA Test 결과

그림 4 ERA시험 결과

Fig. 4 Result of ERA Test

그림 5와 같이 펄스발생기를 이용하여 부분방전원이 있던 위치에서 펄스를 입력한다. 펄스의 형태는 임펄스 펄스나 구형파를 입력하며 이때 나오는 결과를 그림 2의 시험결과와 비교한다. 펄스발생기의 전압값을 변화시켜 가며 측정하여 가장 비슷한 파형이 나오도록 한다.

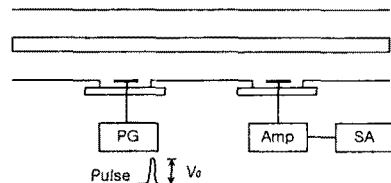


그림 5 펄스발생기를 이용한 시험 배치
Fig. 5 A Test Layout using Pulse Generator

2.2.2 On-site Test

센서의 현장 감도시험은 그림 6과 같이 현장 또는 공장에서 Layout 구성후 Lab. Test시 사용한 펄스발생기를 이용해 펄스를 인가한 후 인접한 센서에서 -50dBm이상이 검출되는지를 확인함으로써 시험할 수 있다.

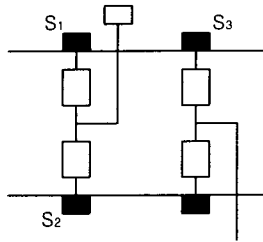


그림 6 현장시험
Fig 6 On-site Test

하지만, 현장시험이 어려울 경우 기존에 측정한 감쇄율 데이터를 이용하여 센서구간 내에서 -50dBm이 나오는지를 계산하여 현장시험을 대체할 수 있다.

2.4 UHF 부분방전센서 시험방안

UHF 부분방전센서는 2.3에서 제시한 CIGRE법에 의한 감도시험을 합격하여야 할뿐 아니라 구조, 외관검사 및 가스 기밀시험에 합격하여야 한다. UHF 부분방전 센서의 시험방안을 표 1과 같이 정리하였다.

표 1 UHF 부분방전센서 시험방안

순번	시험항목	기준	적용규격
1	구조·외관검사	도면대비 육안 확인	-
2	기밀시험	1ppm/년간	K S C 8331
3	감도 특성 시험	ERA비교시험 (10pC, Test Cell이 용)	C I G R E T F 15/33.03 .05
		Pulse 발생기 이용시험	
4	GIS 감도 특성	감쇄율 시험결과를 이용하여 센서구간 -50dBm이상의 출력증명	

3. 결론

UHF 부분방전 센서가 한전의 규격을 만족할 수 있도록 CIGRE법을 이용한 시험방법에 대하여 고찰하였다. UHF 부분방전 센서에서 나오는 출력값(단위: dBm)을 기존의 IEC60270에 의해 측정한 값과 비교할 수 있도록 현실적인 시험방안을 제시하였다. 본 시험방법에 의한 시험은, 추후 실제 Test Chamber에서 시험을 실시할 예정이다.

(참 고 문 헌)

[1] C.Neumann, B.Krampe, R.Feger, K.Feser, M.Knapp, A.Breuer, V.Rees, PD measurements on GIS of different designs by non-conventional UHF

sesnors, CIGRE paper 15-305, 2000

[2] Electra paper of Cigre TF 15/33.03.05, Partial Discharge Detection System for GIS : Sensitivity Verification for the UHF Method and the Acoustic method, Electra No. 183, pp.75-87, April 1999

[3] Sander Meijer, Andrea Bovis, Edward Gulski, Johan J. Smit and Alain Girodet, Analysis of ther Sensitivity of the UHF PD Measuring Technique, IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Anaheim, CA USA, pp.395-399, April 2-5, 2000

[4] Uwe Schichler, Jorg Gorablenkow, Experience with UHF PD Detection in GIS Substations, The 6th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, June 21-26, 2000