

간이형 상시 GIS 진단장치

정재기, 최윤종, 강창익, 장훈기, 곽희섭*
한빛EDS(주), *한국전력공사

Simplified GIS Diagnostic SYSTEM

J.K.Jeong, Y.J.Choi, C.I.Kang, H.K.Jang, H.S.Gwak*
Hanbit EDS.co.,Ltd, *KEPCO

Abstract - This research is focused on the development of GIS Diagnostic SYSTEM to prevent accidents beforehand by inspecting the internal defects of GIS (Gas Insulated Switchgear) which is a main power-facility for substations. GIS Diagnostic SYSTEM is categorized as 'Real time on-line test type' and 'Portable test type' depending on the types of testing, it uses PD(partial discharge) which mostly incurs in GIS internal defects, to inspect. As of now, mostly foreign equipments are imported for use due to the lack of the technology localization, and these are installed and operated on only some parts of highly-graded GIS power-facilities such as in 765kV or 345kV for its being expensive. Furthermore, other than foreign equipments being costly, it also has a weak point of very long unavailability in case of Diagnostic system break-down while using, because it takes a comparatively long period of corrective maintenance processes. We have localized to develop personal real-time multi-functional GIS Diagnostic system which can test on all GIS power-facility comprehensively and economically therefore overcome all these problems mentioned above, a market expansion is expected from the decrease of price and replacing the import equipments in the future. As the equipment was developed to be personal for the simple ways of installing and utilizing, it can be operated without any complex cable installation like other existing GIS Diagnostic system requires, therefore also decrease the cost of cable installation.

1. 서 론

근래에 전력계통 기술의 향상과 더불어 변전소의 주요 switching설비로 GIS(가스절연개폐장치)를 사용하면서 주변의 환경친화적인 이점과 운영상의 경제적인 이점 등을 가지게 된 반면, 사고발생시 재산상의 엄청난 손실과 막대한 복구비용에 대한 문제가 대두 되고 있다. 그러므로 GIS 설비는 지속적인 진단이 필요하며 GIS사고를 유발하는 여러 가지 요인들을 사전에 발견하여 사고를 미연에 예방하는 것이 중요하게 되었다. 이러한 GIS사고예방이 중요시 되면서 GIS설비의 진단기술이 필요하게 되었다. 또한 고장시 유지보수기간이 길어 불편하다는 단점도 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 본 연구에서는 국내 기술을 이용한 저가형 시스템으로서 을 제작하

는 것과 모든 전력급수에 적용 가능한 간이형 상시 GIS 진단장치를 개발하였다.

2. 본 론

2.1 UHF 신호 검출

GIS내부 결함에 의해 발생하는 부분방전은 전 주파수 대역에서 발생하며, 그중 500MHz 이하의 신호는 변전소에서 발생하는 기중방전 노이즈와 구별이 어려우므로 다음과 같이 PD 검출 주파수 대역을 선정하였다.

2.1.1 PD 검출 주파수대역의 선정

외부적으로 발생된 Noise가 GIS 내부에 유입될시, 그 신호는 기중을 통해 유입되어 고주파영역의 신호에서는 크게 감쇄되는 특징이 있으며, GIS 스페이스(Spacer)크기의 제한된 공간 및 Patch ANT의 크기를 고려하여 구현하기 용이한 검출 주파수 대역으로 UHF대역을 선정하였고 현재 사용하고 있는 통신 주파수 대역을 고려하여 500MHz~1500MHz 대역을 중심으로 설계하였다. 표1에서 보는바와 같이 500MHz~1500MHz 주파수 범위 중 국내에서 할당하지 않은 주파수 영역은 752~806MHz, 960~1170 MHz, 1200~1450MHz이다.

순번	항 목	주파수 범위[MHz]
1	무선기	40~50
2	TV 방송 (VHF)	54~72 76~78
3	무선호출	161.2~164
4	TV 방송 (VHF)	174~216
5	무선호출	322~326.8
6	TRS	371.5~381.5 389.5~399.5
7	TV 방송 (UHF)	470~752
8	TRS	806~821
9	셀룰러	824~849
10	TRS	851~865
11	셀룰러	869~894
12	무선데이터	898~900
13	CT2	910~914
14	CT1	914~915
15	무선데이터	938~940
16	CT1	959~960
17	DBS	1170~1200 1450~1480
18	PCS	1750~1780 1840~1870
19	IMT2000	1885~2025 2110~2200
20	WLL	2300~2330 2370~2400
21	GMPCS	2483.5~2500

표1. 국내 할당 주파수

2.1.2 UHF 검출센서의 감도

GIS내 SF6 가스에서 발생하는 부분방전은 펄스폭이 1ns 이하인 짧은 전류펄스의 형태[그림1]이다. 따라서 전차파 신호는 수GHz 대에 이르는 주파수 성분을 가지며

GIS내부를 진행하면서 반사, 굴절, 감쇠현상을 보이며 TE_{n1}(n=2,4,...)모드의 형태로 전파된다.[1]

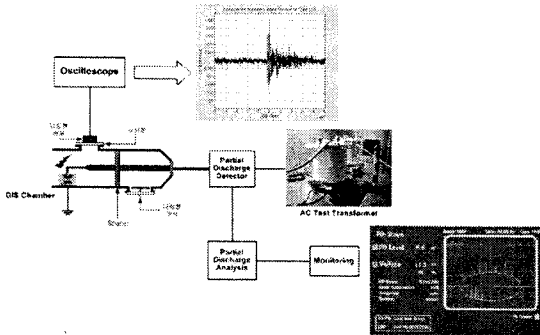


그림 1 5pC 부분방전 검출시 센서 출력감도

[그림1]은 외장형 UHF센서의 성능 및 감도를 측정하고 시스템의 입력레벨을 결정하기 위해 측정한 실험이다. CIGRE는 UHF센서를 실제GIS에 설치할 때 IEC60270법에 의한 최소 5pC의 겉보기 방전량 이상을 검출하도록 권장하고 있다.[2] 그리하여 CIGRE권고안을 토대로 그림1에서는 GIS 설비내에 도전성 파티클 방전원을 설치하고 전압을 인가하여 PD detector에서 5pC 부분방전 신호를 감지하였을 때, 오실로스코프 에서 측정 한 파형을 보여주고 있다. 이 신호는 방전원과 센서간의 거리가 45cm정도로 짧아 신호가 크게 검출되었지만, 연구보고서에 의하면 5pC 방전 발생시 보통 내장형 센서의 경우 -20dBm정도 이고, 외장형 센서의 경우 -29dBm의 신호 감도를 가진다.[1]

2.2 시스템의 설계

본 시스템은 Local Server 와 Main Server로 구성되어 있으며, Local Server 1set가 GIS 1bay(최대12Ch)를 감시할 수 있도록 하였다. 그러므로 변전소 최대 8bay인 경우, Local server는 8set 설치만 필요하며, Main Server는 1set가 필요하다. 위 시스템은 국산화 개발을 목적으로 국내자체 기술로만 시스템을 설계 제작하였으며, 무선통신기술을 이용하여 데이터통신을 하므로 종래의 광케이블 설치와 케이블 공사가 없다는 장점이 있다.

2.2.1 Local Server 설계

PD 입력은 1bay 감시가 가능하도록 12Ch 입력으로 설계하였고 PD신호의 입력레벨은 5pC 부분 방전시 내장형 센서의 출력요구감도 -20dBm 신호의 스페이서 구간별 감쇄를 고려하여 -65dBm~-15dBm의 신호처리가 가능하도록 설계하였다. 주파수 대역은 500MHz ~ 1500 MHz 이며, 12Ch의 신호는 상전압에 동기를 맞추었고 1상의 상전압을 입력받아 12Ch이 적용된 상위치마다 상별 위상 shift 기능을 구현하였다. 신호처리방식을 보면 GIS 내부결함에 의한 부분방전 발생시 PD 신호는 센서를 통해 시스템에 입력된다. 입력된 신호는 짧은 펄스의 신호이므로 이 신호를 바로 처리하기는 어려움이 있다. 우선, 500MHz~1500MHz 대역의 신호만 필터링 한 후, 증폭을 한다. 그리고 그 신호를 저주파대역으로 바꾸어 ADC에서 신호처리가 가능하도록 한다. 이 부분은 고속, 고가의 ADC를 사용하지 않고 저가의 ADC를 사용할 수 있으므로 가격을 낮출 수 있는 효과가 있다. 또한 범용 ADC를 사용하면 회로가 복잡해 지지 않는다. 이렇게 처리된 아날로그 펄스 신호는 디지털 화되어 RAM에 저장 이 되고, DSP에서는 저장된 RAM의 Data를 실시간으로 처리하여 Ethernet 망을 통해 Server로 전달한다. 이 때, Server에서 저장된 데이터는 판정 알고리즘을 거쳐 PD 여부를 판정하고 PD인 경우 데이터를 저장하고 Noise인

경우 데이터를 저장하지 않는다. 판정은 1초 동안의 데이터를 가지고 판정을 하며, 15분(900초)마다 데이터를 백분율로 환산하여 PD라 판정한 기준이 50%이상을 넘을 경우, '위험'이라 하고 20% 이상인 경우를 '주의 요망' 그 외의 경우를 '정상'이라 본다. 이 때의 가공된 데이터를 Main Server로 전송한다.

2.2.2 Main Server 설계

Main Server에서는 Local Server의 판정 데이터를 수집하여 DB화 한다. 최대 감시를 8bay로 하여 bay에 설치된 센서들의 정보를 15분마다 Local Server에 요청한다. Main Server와 Local Server와의 통신은 가시거리 1km 까지 송수신이 가능하고 2.4GHz 대역을 사용하고 있는 Bluetooth 무선통신기술을 적용하였으며, 따라서 광케이블 및 포설공사가 없게 되었고, 또한 Server의 이동 설치가 용이하다는 장점을 갖게 되었다.

2.2.3 판정알고리즘 구현

4가지 형태의 PD방전 셀을 이용하여 5pC 방전 발생시 데이터 취득여부와 PD패턴을 얻기 위해 데이터 취득실험을 하였다. 그림2와 같이 회로를 구성하고 GIS 내부에 4가지 형태의 PD셀(부유전극, 파티클(자유돌기), 코로나, 보이드)을 이용하여 데이터 취득실험을 하였다.

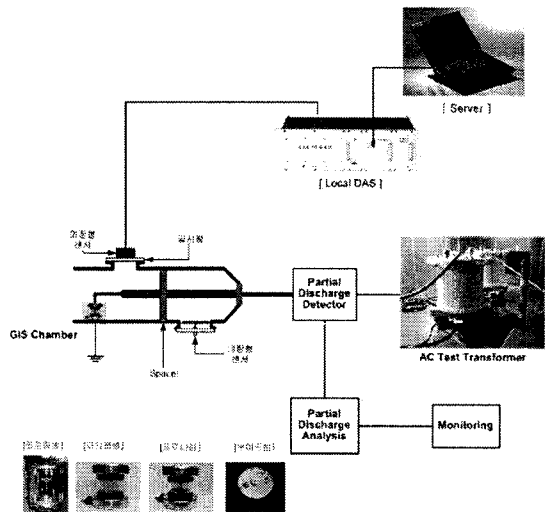
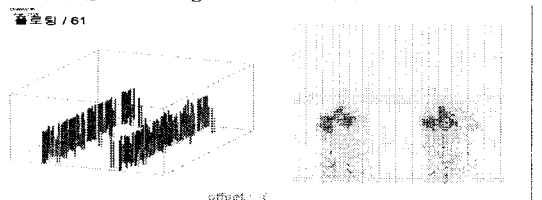


그림 2 데이터 취득실험

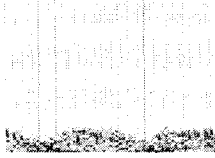
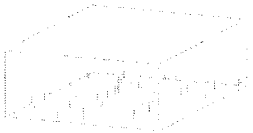
이 때, 적용한 셀은 5pC이 발생 가능한 셀을 이용하여 실험하였으며 다음과 같은 패턴을 얻었다.

< 부유전극(Floating Electrode) 패턴 >



< 파티클(Free particle) 패턴 >

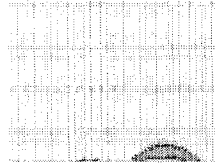
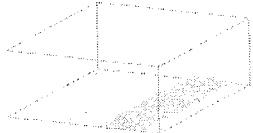
패턴 / 10



< 코로나(Corona) 패턴 >

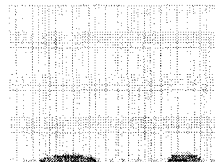
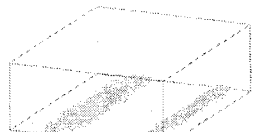
- Busbar corona

Channel #3
max: 419
offset: 0



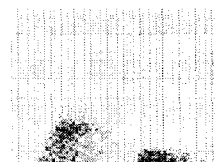
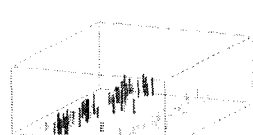
- Chamber corona

Channel #4
max: 176
offset: 0

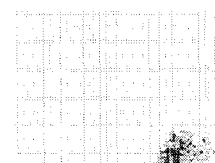
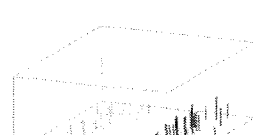


< 보이드(Void) 패턴 >

점진보이드 / 22



잡지보이드 / 20



이러한 패턴을 중심으로 알고리즘을 구현하였으며, 각각의 방전 특징이 될 만한 알고리즘 factor를 찾아 Local Server에 판정 알고리즘을 porting하였고 그림3과 같이 판정하였다.

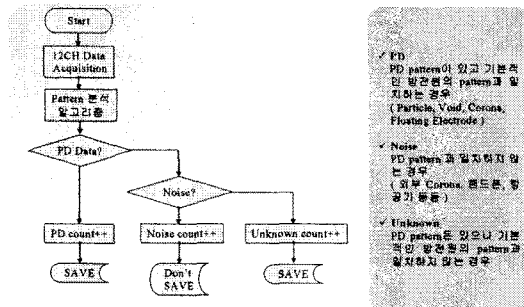


그림 3. 판정알고리즘

2.2.4 타 장비와의 비교 시험 및 현장검증

본 장비의 개발평가를 위해 먼저, 타사 장비와의 동일 출력여부를 확인하였다. 그림4는 대전전력관리처관내 동대전S/S 효성170kV GIS의 637CB측 A상 Spacer 부근에서 측정한 데이터로서 타사 장비와 동일한 출력을 나오는 것을 알 수 있었다.

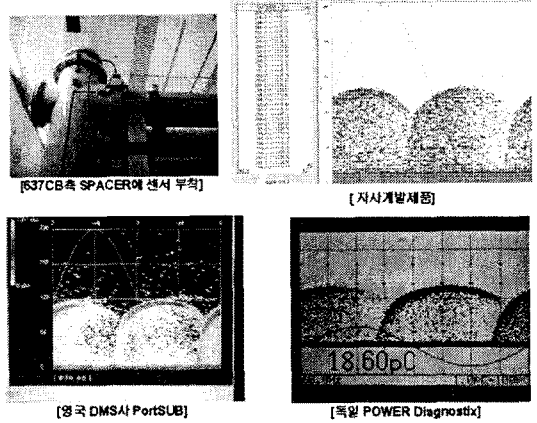


그림4. 타사제품과의 성능비교시험

또한, 신대백S/S에 설치된 현대800kV GIS와 효성362kV GIS에 설치하여 데이터 검증 및 시스템 전체 평가도 하였으며, 동등이상의 성능을 평가 받았다.

2.2.5 Noise 대책

당사는 현장을 다니며, Noise에 대한 신호를 취득한 결과, DS(단로기) 동작시나 핸드폰 신호 또는 콤프레셔 동작, 그리고 공장 조업시에 대한 Noise 발생은 일시적인 발생이었지만, 외부 Corona 신호는 GIS의 Spacer에 유입되어 센서에 상시로 전달되므로 PD와의 확실한 구분이 필요하다는 것을 확인하였다. Noise 대책에 앞서 센서의 부착형태에 대해 알아보면, 현대 GIS설비의 경우, Spacer에 부착할 수 있는 형태로는 메탈플랜지 형과 에폭시 노출형 두가지가 있으며, 효성GIS설비의 경우, Spacer에 부착할 수 있는 형태는 에폭시 노출형으로만 되어 있다. 메탈플랜지형은 Spacer가 금속(metal)으로 되어 있어 외부Noise 신호유입이 어려우므로 Noise 대책에 대해 어려움이 없는 반면, GIS마다 Spacer의 주형크기가 다르고 장이 좁아서 센서를 부착할 수 있는 크기가 제한이 되며, 이러한 공간에서 센서를 500MHz ~1500MHz의 1GHz의 광대역 특성을 갖도록 제작하기는 어려움이 있다. 스페이서 에폭시 노출형은 메탈플랜지형보다 크기를 크게 제작할 수 있는 장점이 있어 좀 더 광대역으로 설계하기가 용이한 반면, 외부로부터의 Noise 유입이 쉬우므로 Spacer마다 차폐밴드를 설계하여 부착하여야 하는 단점이 있다. 하지만, Noise에 대한 대책은 Spacer에 차폐밴드를 설치하므로 완벽히 해결되는 것은 아니다. Bushing에서 들어오는 Noise의 유입은 차폐밴드에 무관하게 유입되므로 이런 Noise 신호는 외부에 Noise ANT를 별도로 설치하고 동시에 데이터를 취득한 후, 판정 알고리즘에 반영하여 해결할 수 있다. 또한 Noise 유입은 3상 Bushing 동시에 신호가 유입되므로 3상 데이터의 취득과 Noise ANT로 유입되는 신호와 적절한 판정을 합하여 구현하면 Noise에 대한 해결이 가능하다.

3. 결 론

현재 적용중인 상시 진단 설비는 고가로서 345, 765 kV급 GIS에 일부 적용 중에 있으며, 설치 시 소요되는 고비용으로 인해 전 변전소 확대적용까지 상당기간과 많

은 예산이 소요된다. 또한 PD 데이터 처리 기술은 해외 기술 의존도가 높아 국내 자체 국산화가 필요한 실정이었다. 본 개발 장비는 이러한 문제점을 극복하고자 154kV급 GIS까지 확대 설치 가능하도록 저가형 진단 장비를 개발하였으며 현재 개발한 장비는 경제적 측면과 국산화 개발이라는 취지에 잘 부합하였다고 판단한다. 또한 본 개발품의 개발로 외국장비의 단점이었던 고장시 유지보수의 어려움을 해결하게 되었으며, GIS의 상시감시와 무선통신기술을 이용한 무인감시도 가능하게 되었다. 또한, 악조건상황에서도 견딜 수 있도록 신뢰성 시험 및 EMC적합시험을 실시하였으며, 인증을 획득하였다. 앞으로 당사는 충분한 현장실증기간을 통해 장비의 신뢰성을 높일 예정이며 만족할 만한 현장실증 완료 후, GIS 설비를 갖춘 전 사업장에 보급되도록 노력할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] "GIS 부분방전 검출기술 연구", 전력연구원, p33-50, December, 2002.
- [2] B. F. Hampton, J. S. Pearson, C. J. Jones, T. Irwin, I.M. Welch and B. M. Pryor, " Experience and Progress with UHF Diagnostics in GIS", CIGRE Paper 15/23.03, Paris, 1992
- [3] M.D.Judd, O.Farish and B.F. Hampton,"The excitation of UHF signals by partial discharges in GIS", IEEE Trans.on DEI, vol. 3, no. 2, pp. 213-228, 1996.
- [4] CIGRE Task Force 15/33.03.05 of Joint 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, April, 1999.
- [5] 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 Sensors", CIGRE 2000. 15-305