

광대역 및 협대역을 동시에 사용하는 부분방전 측정 시스템 모듈 개발

(Development of Partial Discharge Measuring System Module
by use of Wide and Narrow Band)

이종오* · 유경국 · 신인권 · 장덕진 · 안창환**

(Jong Oh-Lee · Kyoung-Kook Yu · In-Kwon Shin · Doc-Jin Chang · Chang-Hwan Ahn)

Abstract

Power plant is that very high reliability when industrial and economic impact on the overall electric power system is required, it is essential to improve the reliability, especially the fault prediction diagnosis. Since an accident caused by the partial discharge in the power plant is above state has a faster response characteristic than the other indications in the case of any, the partial discharge generated in the power plant immediately detect the deterioration of insulation due to the accident of the power plant and the non-drawn It should prevent or reduce.

Partial Discharge Measuring Systems for UHV SF6 Gas Insulated Switchgear and power transformer on site installed has some probability of abnormal recognition in case of non-flexible deal with on site noise. Many methode to eliminate these kinds of noises, UHF Detection System is chosen as purchase description in Korea, but this system having a bandwidth between 500MHz 1.5GHz wide band. Initial install periods(about 20 years ago), this band had no strong signal source, but in these days this wide band have strong signals, such as LTE. So, module described in this paper is designed as simultaneously use with wide and narrow band for solve this noise problem, and introduce this system.

Key Words : SF6-Filled Switchgear, Partial Discharge, Narrow Band, Wide Band, UHF

* Main author : Director of Research, ITSH I&C Ltd

** Corresponding author : Professor, Department of Digital Electronics, Inha Technical College

Tel : 032-870-2218, Fax : 032-870-2558

E-mail : aza@inhac.ac.kr

Received : 2015. 7. 23

Accepted : 2015. 8. 18

1. 서 론

현재 초고압 전력설비에 설치하여 운전되고 있는 UHF부분방전 시스템은 약 20년 전에 비교적 측정대역의 노이즈가 적은 시대에 만들어진 시스

템을 기반으로 개발되어져 왔다. 하지만 주파수 대역이 상업화되고 이를 이용한 상용 시스템이 증가하면서 이들 대역이 더 이상 노이즈가 적은 대역이 아니며, 신호의 크기 또한 매우 커서 여러 가지 경로를 타고 초고압 설비 내부로 유입되고 있는 것이 확인되고 있다. 이에 따라 현장에 설치되어 있는 시스템의 운전을 위하여 노이즈 대역의 신호를 없애기 위하여 Band Pass Filter등을 통하여 이를 제거하기 위한 여러 가지 부수적인 작업을 통하여 설비의 정상적인 운전을 도모하여 왔다 [1-3]. 하지만 이러한 시스템은 다음과 같은 문제점이 있는 것으로 파악되고 있다. 현재 상업용으로 사용되고 있는 Band Pass Filter는 스킨드 특성이 매우 좋지 않기 때문에 필터링 대역 내의 노이즈 신호도 유입된다. 이는 측정개념의 Cutting Level 대역에 의한 수치로 일정 수준 이하의 Loss만 발생하면 이대역의 cutting이 가능한 것으로 표시되어 일어나는 오류로 파악된다. 현장의 노이즈 발생대역이 정확한 노이즈 원이 아닌 경우 특히 코로나 등, 주파수 발생 대역이 일정하지 않다. 현장에서 확인한 경우 필터를 설치하여 일정대역 이상의 신호를 삭제하도록 하였음에도 온도, 습도 등의 매일 혹은 계절적 요인에 따라 그 대역이 변하는 것을 확인할 수 있었다. 초기 설치 시에는 LTE등의 전 지역을 상대로 하는 노이즈 대역이 없었으나, 수 년 전 부터는 830MHz LTE 대역을 사용하기 시작하였으며, 근래에는 930MHz, 950MHz등의 통신사업용 LTE 노이즈 대역 사용이 시작되었다. 또한 UHD 방송이 본격적으로 시작되면 현재 사용하고 있는 대역의 사용범위는 더욱 좁아질 것으로 판단된다. 하지만 광대역 측정 방식 역시 상기 열거한 문제점에도 불구하고 에너지 유입을 최대화하여 측정거리를 넓힐 수 있는 장점이 있다. 이러한 추세에 따라 본 연구에서는 현재 전체 주파수 대역을 사용하는 광대역(Wide Band, 500MHz~1.5GHz) 및 본 대역 중 노이즈가 없는 대역을 선택적으로 사용할 수 있는 협대역(Narrow Band)을 동시에 구현할 수 있는 새로운 모듈을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 모듈에 대한 동작실험을

수행하고 실험을 통하여 얻어진 동작특성에 대하여 본 논문에 기술하였다.

2. 협대역, 광대역 모듈의 설계 및 제작

부분방전 측정 시스템은 노이즈 제거 기법을 다양하게 사용하고 있으며, SRPDA방식의 응답속도가 서로 다른 로그앰프를 병렬로 사용하여 처리하는 방식과 대역 자체를 협대역으로 사용할 수 있는 방식 등이 고려되어 있다[4].

본 연구에서는 협대역과 광대역을 동시에 사용하는 방식을 구현하고자 하며, 이에 따라 협대역 측정 모듈을 개발하였다. 그림 1은 협대역 측정을 위한 모듈 구성으로 초고주파 신호가 유입되면 이를 증폭, 필터링 및 주파수 선택을 위한 구조가 복수의 단계로 되어 있는 것을 알 수 있으며, 이를 구현하기 위한 여러 단계의 시험을 수행하였다. 이를 통하여 그림 2와 같은 단위 모듈을 제작하였으며, 표 1에 나타난 성능 특성을 얻을 수 있는 단위 모듈이 구현되었다.

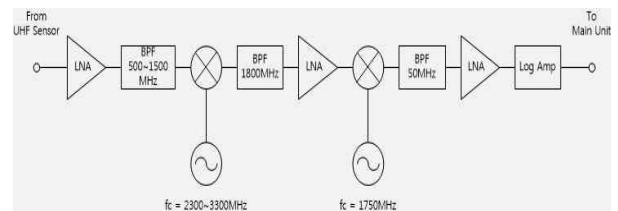


Fig. 1. Concept of narrow band Module

본 연구에서 설계 제작된 측정모듈의 입출력 임피던스는 RF에서 50Ω으로 매칭 되도록 설계하였으며, 입력 주파수 대역은 500~1500MHz, 주파수 대역폭은 선택주파수에서 50MHz로 설계되어 있다. 주파수 절체시간은 < 5ms로 매우 빠르게 설계되어 있으며, 최소검출 레벨은 -80dBm로 IEC60270 규격에 의한 걸보기 방전량의 크기 5pC 이하의 부분방전 신호를 검출하기에 충분하다. 하드웨어적으로는 고속 로그앰프를 적용하여 응답시간이 40ns의 성능을 가진다.

광대역 및 협대역을 동시에 사용하는 부분방전 측정 시스템 모듈 개발



Fig. 2. Picture of the Module

Table 1. Specification on the Module

항목	단위	실적치(B)
채널질체속도	ms	<20
채널질체수	ea	12
채널질체대역	MHz	200~1500
스위칭Loss	dB	0.8~1.2
고속로그앰프반응속도	ns	10
저속로그앰프반응속도	ns	400
부분방전진단유형수	ea	4
노이즈제거기법적용수	ea	1
한전시방규격(최소검출신호)	dBm	-70

또한 이와 동시에 사용되는 광대역 모듈의 구성은 그림 3과 같다.

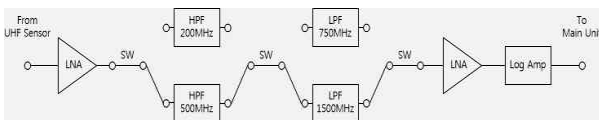


Fig. 3. Concept of Wide band Module

본 모듈의 입력주파수 대역 선택 가능 대역은 200~1500MHz로, 고주파수 대역 통과 필터는 200MHz 또는 500MHz이고, 저주파수 대역 통과 필터는 750MHz 또는 1500MHz를 사용할 수 있다.

최소검출 레벨은 -75dBm이며, 마찬가지로 IEC60270 규격에 의한 걸보기 방전량의 크기 5pC 이하의 부분방전 신호를 검출하기에 충분하며, 응답시간 10~40ns의 고속 로그앰프를 적용하였다.

또한 이와 동시에 사용되는 광대역 모듈에서는 입력 주파수를 500MHz~1500MHz범위 내에서 저주파수, 고주파수 대역 필터를 통해 대역을 선택할 수 있도록 하여 부분방전 신호를 검출할 수 있게 하였다.

3. 실험

3.1 실험 개요

설계 및 제작과정에서 서술한 모듈을 개발하여 노이즈 제거 특성을 파악하기 위한 실험을 아래와 같은 순서로 수행하였다.

3.2 실험 방법

노이즈가 효과적으로 제거되었는지 확인하기 위하여 아래와 같은 방법으로 실험을 수행하였다.

(1) 휴대폰 신호 대역에 해당하는 860MHz 대역의 펄스 신호를 휴대폰 노이즈로 모델링하였다.(신호원 : Agilent E4436B) (2) GIS 부분방전 유형의 신호들은 40ns 이하의 임펄스 형태를 가지므로 펄스폭 : 5ns의 펄스신호를 GIS 부분방전 신호로 모델링하였다.(신호원 : Agilent B81112A) (3) 상기 두 신호를 파워 혼합기를 이용하여 동시에 광대역 및 SRPDA 기반 부분방전 취득 장치에 인가하였다. (4) 기존 광대역 방식 부분방전 데이터취득 모듈 적용에서 상기 두 신호가 동시에 취득됨을 확인하였다. (5) SRPDA 기반 부분방전 데이터취득 모듈 적용에서 휴대폰 노이즈는 제거되고, 순수 모의 GIS 부분방전 신호만 존재함을 확인하였다.

3.3 실험 장치

실험은 170kV GIS Mock-up을 이용하여 수행하였

으며, 방전셀은 35pC 코로나 부분방전, 2nC 보이드 부분방전, 5nC 플로팅 부분방전, 5pC 파티클 부분방전 및 800MHz 대역 휴대폰 노이즈 등을 조건을 바꾸어 가면서 사용하였다[5]. 성능 시험은 -120dB 이하의 RF 차폐 챔버 내에서 가압장치를 변화시켜 가면서 시험을 수행하였으며, 노이즈에 의한 변화를 파악하기 위하여 챔버 름을 개방한 상태에서 LTE 신호를 보기 위한 830MHz 대역을 사용하는 통신사의 단말기의 동영상을 계속적으로 동작시키면서 노이즈 반응 시험을 수행하였다.

초고압 GIS를 최대한 모의하기 위하여 그림 4와 같이 실험장치를 구성하고 154kV 단상 시스템의 사이즈를 모방하여 제작된 GIS 목업 구조에서 시험하였으며, 전송모드(TE, TM, TEM)이 유사하게 나타나도록 Coaxial 구조로 설계되어 있다.



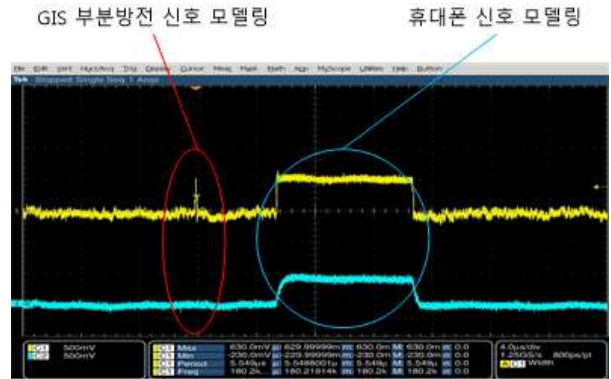
Fig. 4. Experimental Setup

3.4 실험 결과

상기 표현한 실험 장치와 순서에 따라 성능확인 실험을 수행하였으며, 그 결과를 계측기와 개발된 측정 시스템을 통하여 검증하였다.

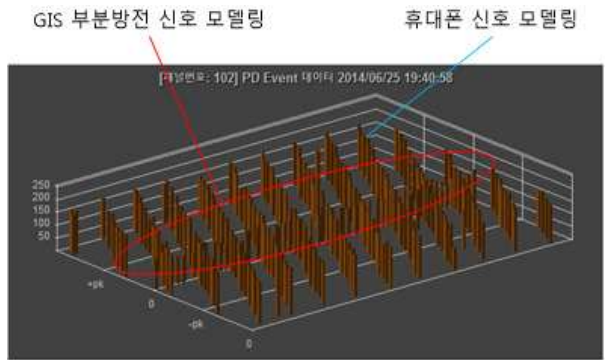
오실로스코프를 통하여 그림 5와 같은 신호특성을 확인하고, 전체 시스템의 HMI상에서 신호가 필터링 되어 표시되는 것을 확인하였다.

그림 6에서 보는 바와 같이 LTE대역 노이즈 및 진성 부분방전 신호의 동시 발생을 모사한 경우 진성신호가 정상적으로 분류되어 회로에서 검출하는 것을 확인할 수 있었다. 이 모듈을 기존의 노이즈 제거용으로 제작된 병렬 로그앰프를 이용한 모듈과 병행하여 사용할 경우 그 효과를 극대화할 수 있었다. 노이즈

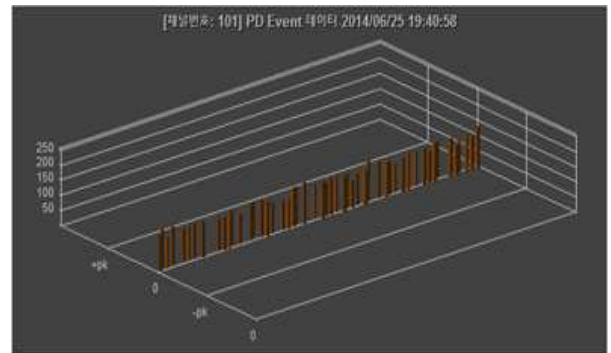


SRPDA 방식의 부분방전 데이터 취득 (로그앰프 출력)

Fig. 5. PD Signal and LTE Noise



광대역 방식의 부분방전 데이터 취득



SRPDA 방식의 부분방전 데이터 취득

Fig. 6. Wide band(upper) and Narrow band (Lower)

유무에 대한 차이점을 확인하기 위하여, 차폐실 차폐 성능이 -120dB까지 차폐가 가능한 챔버 내에서 HAEFELEY사의 PD-Free 가압 장치를 이용하여 기존의 IEC60270방식과 병행하여 시험을 수행하였다

[5-6]. 개별 결합들에 대한 검출특성을 파악하기 위하여 그림 4와 같이 SF6가스가 채워져 있는 모의결합을 넣고 내부에서 방전을 발생시켜서 계측기 및 본 연구에서 개발한 측정시스템으로 부분방전 신호를 검출하였다[7].

이에 따라 오실로스코프를 통하여 신호특성을 확인하고 전체 시스템의 HMI상에서 신호가 필터링되어 표시되는 것을 확인하였다.

총 4가지의 결합을 사용하여 시험을 수행하였으며, 결합별로 발생 크기 및 위상이 알려진 것과 동일하게 발생하는 것을 확인하였고, 이들 중 Floating Particle 신호에 대한 결과물을 그림 7에 나타내었다[8-10].

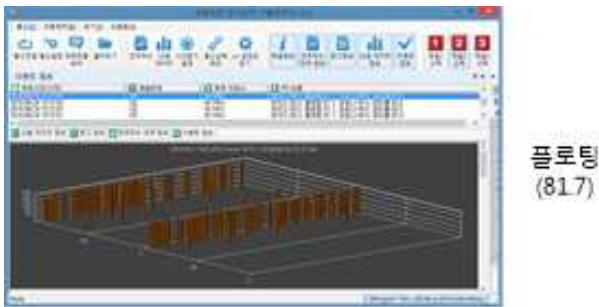


Fig. 7. Floating Particle Signal after noise canceling process

4. 결 론

본 논문에서는 현장에서의 노이즈 대처 방법 중 하나로 적용할 수 있는 광대역-협대역을 동시에 사용하는 시스템에 장착하기 위하여 개발한 모듈에 대하여 기술하였다. 이 방법을 이용하여 LTE 노이즈가 산재되어 있는 공간에서 시험을 수행하여도 노이즈가 제거되어 실제 신호가 유입되는 것을 확인할 수 있었다.

휴대폰 신호의 노이즈가 제거된 상태에서 PD신호가 정상적으로 검출되는 것을 확인하였으며, 이를 이용하여 뉴럴 네트워크 등을 사용하는 시스템에서 검출 정확도를 높일 수 있다는 것을 확인하였다.

본 기술을 이용하여 현장의 노이즈원에 대한 스캔이 이루어진 후, -75dB 이상의 노이즈가 검출되지 않는 주파수 구간을 선정하여 이에 대응하는 협대

역 설정으로 정확한 측정을 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 2013년도 산업통상자원부의 제원으로 한국 에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 20131020400990)

References

- [1] C.J.Lee, W.J.Kang, H.C.Lee, J.W.Park, "A study on the UHF PD measurement for the HV apparatus", Joint conference of ACED & KJ symposium on ED and HVE, pp. 223-226, 2002.
- [2] Nicholas de kock, Branko Coric and Ralf Pietsch, "UHF PD detection in gas insulated switchgear-suitability and sensitivity of the UHF method in comparison with the IEC 270 method", IEEE Electrical insulation magazine, Vol. 12, No. 6, pp. 20-26, 1996.
- [3] M. D. Judd, O. Farish, B. F. Hampton, "The excitation of UHF signals by Partial discharges in GIS", IEEE Trans. On Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 3, No. 2, pp.213-228, 1996.
- [4] W.R.Rutgers, R.Ross adn T.G.M Rijn, "On-line PD detection techniques for assessment of the dielectric condition of HV components", pp. 481-484, 7th ICSD, 2001.
- [5] E. Gulski, S. Meijer, W.R. Rutgers, R. Brooks, "Recognition of PD in SF6 Insulation Using Digital Data Processing", IEEE Annual Report-Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, San Francisco, pp.577-580, October 20-23, 1996.
- [6] 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.
- [7] Gulski, S. Meijer, W.R. Rutgers, R. Brooks, "Recognition of PD in SF6 Insulation Using Digital Data Processing", IEEE Annual Report-Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, San Francisco, pp.577-580, October 20-23, 1996.
- [8] I.Gallimberti, G. Marchesi and R. Turri, "Corona formation and Propagation in Weakly and Strongly Attaching Gases", 8thInternat.Conf.OnGasDischarges,Oxford,pp.587-594, 1985.
- [9] Paul C. Wertz, Warren L. Stutzman, "Design, analysis and construction of an Archimedean spiral antenna and feed structure", Southeastcon '89. proceedings, 'Energy and information technologies in the southeast'. IEEE, vol. 1, pp. 308-313, 1989.
- [10] R.E. James and B.T. Phung, "Development of Computer-based Measurements and their Application to PD Pattern Analysis", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 2, no. 5, pp.838-855, 1995.

◇ 저자소개 ◇



이종오(李種五)

1969년 2월 28일생. 2000년 KAIST 전자공학과 박사과정 수료. 현재 (주)에스에이치아이앤씨 연구소장.

Tel : (02)863-1994

Fax : (02)863-1909

E-mail : jolee@uisn.co.kr



유경국(劉庚國)

1975년 10월 22일생. 1996년 2월 동양미래대학교 공장자동화과 졸업. 현재 (주)에스에이치아이앤씨 연구소 부장.

Tel : (02)863-1994

Fax : (02)863-1909

E-mail : 7508@uisn.co.kr



신인권(申仁權)

1979년 8월 22일생. 2006년 2월 명지전문대학 컴퓨터과 졸업. 현재 (주)에스에이치아이앤씨 연구소 차장.

Tel : (02)863-1994

Fax : (02)863-1909

E-mail : 1126@uisn.co.kr



장덕진(張德鎭)

1972년 2월 20일생. 2008년 2월 열린사이버대 정보통신공학과 졸업. 현재 (주)에스에이치아이앤씨 대표이사.

Tel : (02)863-1994

Fax : (02)863-1909

E-mail : sysok@uisn.co.kr



안창환(安昌煥)

1959년 11월 4일생. 1999년 8월 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 인하공업전문대학 디지털전자과 교수. 현재 본 학회 총무이사.

Tel : (032)870-2218

Fax : (032)870-2558

E-mail : aza@inhatec.ac.kr