

가스절연개폐장치 고장예방을 위한 UHF 부분방전 상시 감시 시스템

최재욱, 김영노, 황철민, 이영상, 박기준*, 구선근*, 윤진열*, 구자운**
 (주)피에스디테크, *전력연구원,**한양대학교

On-line UHF partial discharge monitoring system for Gas-insulated switchgears (GIS)

Jae-Ok Choi, Young-Ro Kim, Chul-rin Hwang, Young-Sang Lee, Kijun Park*, Sun-Gaun Goo*, Jin-Yul Yoon*, Ja-yoon Koo**
 PSDTech, Inc., *Korea Electric Power Research Institute **Hanyang University

Abstract - We developed an on-line Ultra-high frequency partial discharge monitoring system to prevent a catastrophic failure of gas-insulated switchgears. The system has been tested in the laboratory for detection of various UHF PD signals. We also performed detection sensitivity verification tests and compared them with conventional IEC60270 method.

1. 서 론

최근 전기수요급증으로 인한 변전 설비의 대형화로 인하여 가스절연개폐장치 (Gas-insulated switchgear, GIS)의 예방진단에 대한 필요성이 강조되고 있으며, 특히 이를 상시 감시할 수 있는 진단시스템에 대한 요구가 계속되어 왔다.[1-3] GIS 진단기법 중 극초단파(Ultra-high frequency, UHF) 부분방전 측정방법은 부분방전시 발생하는 UHF 대역의 전자파 신호를 측정하여 GIS의 상태를 감시하는 방법으로 현장 적용이 용이하고, 기존의 IEC60270에 의거한 방식보다 높은 신호 대 잡음비 (signal-to-noise ratio, SNR)를 가지고 있어 GIS 상태를 정밀하게 감시할 수 있다.[4-5]

UHF 부분방전 상시 감시 시스템은 UHF 센서 설계 기술, 초광대역 극초단파의 신호처리 기술, 고속 신호처리 기술, 다 채널 측정 및 분석 기술, 변전소 외부 노이즈 대책, 운영 및 분석 software 기술 등을 접목시켜야 하는 종합 전력 IT기술이다. 본 논문에서는 다양한 분야의 최첨단 국내기술을 적용하여 개발된 가스절연개폐장치 고장예방을 위한 UHF 부분방전 상시 감시 시스템을 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 UHF PD 상시 감시 시스템 기본 구조

GIS 고장예방을 위한 UHF 부분방전 상시 감시 시스템은 GIS 내부의 이상으로 발생하는 부분방전 신호를 내장형 및 외장형 센서를 사용하여 검출한다. 센서에 유기된 부분방전 신호는 전송선을 통하여 Advanced Monitoring System (AMoS)로 입력되어 초광대역 극초단파 신호처리 장치에서 낮은 주파수대역의 영상신호로 변환되고 dual DSP가 탑재된 local 신호처리 장치에서 PRPD 및 PRPS 분석과 운영체제에 맞게 연산하고 각종 parameter를 추출하여 상위서버와 통신하게 된다. 운영서버는 다양한 console을 사용하여 정확한 부분방전 정보를 사용자에게 제공할 수 있도록 설계하였다. 그림 1은 UHF 부분방전 상시감시 시스템의 전체 구성도이다.

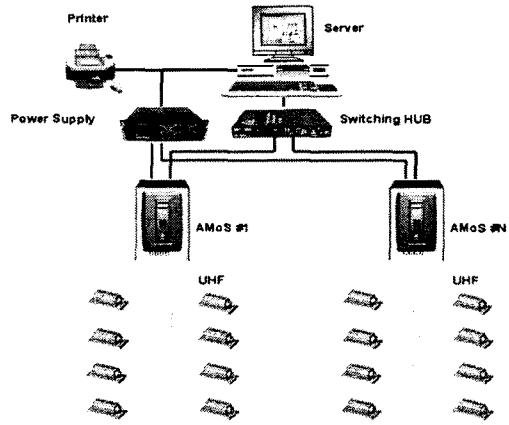
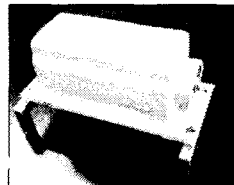


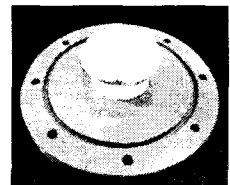
그림 1. UHF 부분방전 상시감시 시스템의 구성도.

2.1.1 UHF Sensor

기 설치된 GIS에 적용될 외장형 센서는 GIS의 스페이서 (Barrier)에 센서를 설치하여 GIS 내부에서 발생하는 부분방전신호를 측정하기 위한 센서이며 내장형 센서는 GIS에 장착을 목표로 개발하였다. GIS는 전압과 제작사에 따라 그 구조가 다양하기 때문에 각 전압별, 제작사별로 센서를 개발하였다. 내장형·외장형 센서의 주파수대역은 500 ~ 1500 MHz이며, 센서의 감도는 5 pC이하의 부분방전신호를 측정할 수 있도록 제작하였다.



(a) 외장형 센서



(b) 내장형 센서

그림 2. UHF 센서.

2.1.2 AMoS (Advanced Monitoring System)

AMoS가 설치되는 변전소는 강한 전압과 썬지에 노출되어 있으므로 상시 감시 시스템은 각 단계별로 보호 장치와 보호 회로를 갖추었다. 또한 다양한 외부노이즈에 대처할 수 있도록 3종류의 대역통과필터와 5단계로 이득 조절이 가능한 초광대역 극초단파 신호처리 장치를 설계하여 장착하였다. AMoS는 센서의 효율적인 배치와 경제성을 고려하여 Unit 당 입력을 8개로 설계하였으며 동시에 8채널을 처리할 수 있는 구조로 제작하였다. Dual DSP가 탑재된 local 신호처리 장치는 극초단파 신호처리 장치의 아날로그 출력 신호를 정밀급 ADC가 디지털

신호로 바꾸어 운영 software의 PRPD, PRPS 분석 알고리즘과 요구에 따라 데이터가 취득되어 연산한다. 연산된 데이터는 신호의 특성 값들을 통계 처리하여 상위 서버에 전송하고 통신한다. 표 1에는 AMoS 주요 기술 사양을 그림 3에는 개발된 AMoS의 외형을 보이고 있다.

표 1. AMoS의 주요 기술 사양

No	항 목	사 양
1	최소검출감도	< -55 dBm (=0.0032 μ)
2	검출영역	3개 preset 대역 선택
3	입력채널	8 Channel/Unit (동시측정)
4	과전압보호	Surge Protector 내장
5	통신	TCP/IP(Lan)/Optical Fiber
6	공급전원	220 Vac (60 Hz)
7	동기신호	내부 또는 외부동기 선택가능
8	프로세서	dual 600 MHz DSP
9	이득	5단계 원격 제어
10	EMC	Industrial Emission Standard 적용

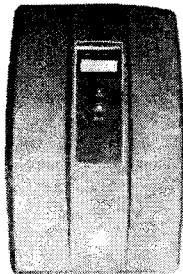


그림 3. AMoS 외형

2.1.3 SOMoS (Substation On-line Monitoring System)

운영 및 분석 소프트웨어인 SOMoS는 UHF 부분방전 상시감시 시스템/AMoS에서 측정된 데이터를 실시간으로 모니터링하고 분석할 수 있다. SOMoS는 사용자 요구와 특성을 고려하여 다층메뉴로 구성하였고 변전소 운전원과 전문가의 요구사항을 반영하여 친숙하고 직관적인 구조로 구성하였다. 표 2는 SOMoS의 측정방식 및 표현방식의 기본사양이다.

표 2. SOMoS의 측정방식 및 표현방식 사양

항 목		내 용
측정 방식	Trend mode	채널별 trend
	Real-time mode	실시간 측정
표현 방식	Time chart	년, 월, 일별 trend
	2D	PRPD, PRPS
	3D	PRPD, PRPS

2.2 부분방전 시험

UHF 부분방전 상시감시 시스템과 IEC60270방식의 부분방전 측정 장비를 비교하기 위하여 그림 4와 같은 실험장치를 구성하였다. 전원은 Haefely Trench 사의 Noise Free High-voltage transformer(PZTL 100-0.25)를 사용하였으며, 전자파 차폐를 위해 모든 실험은 차폐된 실험실내에서 이루어졌다. 실험용 GIS mock up(정적

170kV, 50kA, 1200A)의 한쪽 끝에 PD cell (방전량 ~ 3 pC)을 고정하고 근처에 내장형 센서를 설치하였다. 그림 5는 실험에 사용된 PD-cell과 IEC60270방식으로 측정된 결과기 부분방전량이다.

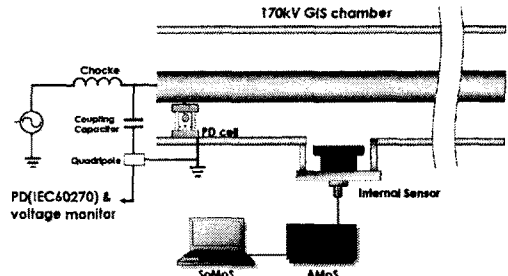
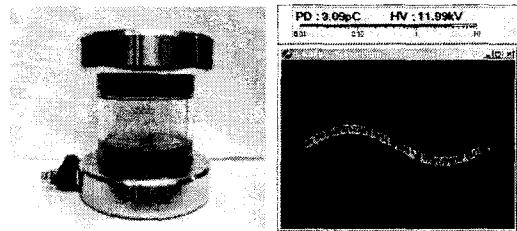
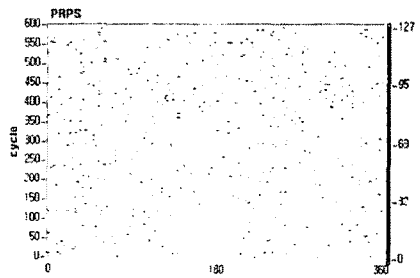
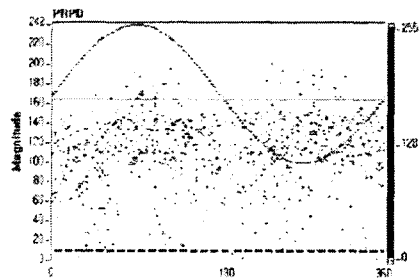


그림 4. 실험장치 구성도

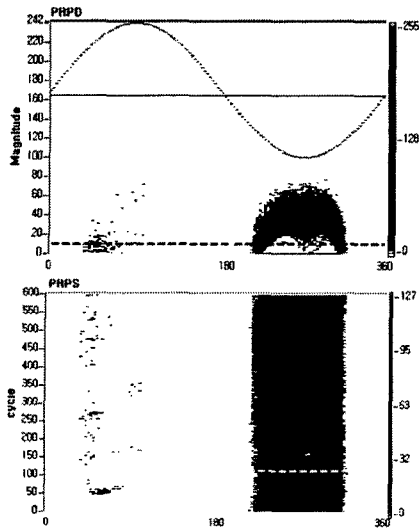


(a) PD-Cell (b) 부분방전량
그림 5. 부분방전발생장치

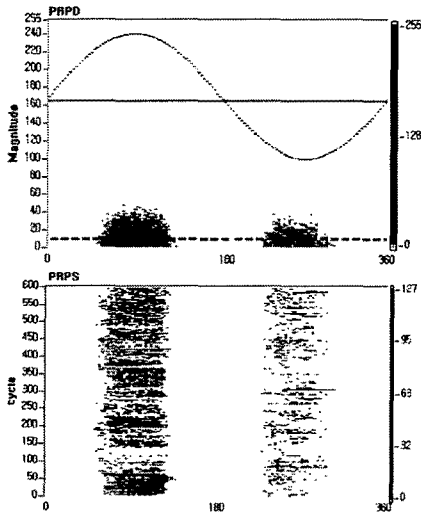
GIS 내부에서 발생할 수 있는 대표적인 결함에는 자유이동도체(Free moving metallic particle), 부유전극(Floating electrode), 돌출전극(Protrusion) 등이 있다. 각각의 결함들은 동기위상대해 고유한 패턴을 가지며, 결함별 패턴 분석 (Phase Resolved Partial Discharge, PRPD)을 통해 이상신호에 대한 원인을 판별할 수 있다. 그림 6은 UHF 부분방전 상시 감시 시스템으로 측정된 대표적인 결함원에 대한 패턴의 예이다.



(a) Particle (PRPD, PRPS)



(b) Protrusion (PRPD, PRPS).



(c) Floating electrode (PRPD, PRPS).

그림 6. 결합원별 PRPD 및 PRPS 패턴.

GIS 내부에서 이상신호가 발생되었을 때, 감시 시스템에서는 이를 인지하여 이상신호를 검출함과 동시에 발생 원인에 대한 분석이 이루어져야 한다. 따라서 결합원에 대한 다양한 신호 database 구축이 필요하다. 본 연구에서는 UHF 부분방전 상시 감시 시스템을 개발하였으며 자체적으로 다양한 신호에 대한 data-base를 구축하고 있다. 본 연구를 통해 국내 변전소 운전환경을 고려한 최적의 통합 시스템을 구축할 예정이다.

3. 결 론

본 논문에서는 다양한 분야의 최첨단 국내기술을 적용하여 개발된 UHF 부분방전 상시 감시 시스템 AMoS와 SOMoS를 소개하였다. 특히 시스템의 hardware에 적용된 극초단파 초광대역 PD 센서 제작 기술, 초광대역 극초단파 신호처리 기술, dual DSP 신호처리 기법, 운영 및 분석 software 기술 등은 최첨단 순수 국내 기술로서 본 UHF 부분방전 상시 감시 시스템은 전력IT 기술의 종합체라 할 수 있다. 아울러 본

시스템을 이용하여 각종 결함에 대한 database를 구축하고 software에 적용하므로 국내 변전소 환경을 고려한 최적의 감시시스템이라 판단된다. 또한 본 장비가 설치될 변전소의 환경 및 사용자 관점에서 운영 software를 설계하였으므로 전문가뿐만 아니라 비전문가도 GIS의 상태를 쉽게 파악할 수 있으리라 판단된다.

순수 국내 기술로 개발된 UHF 부분방전 상시감시 시스템은 국내의 GIS 고장예방 수단의 고급화를 선도하고 고장예방효과를 높일 수 있을 것이라 생각되며 국내 운전환경을 고려하여 지속적으로 현장의 요구를 수용하며 발전시킬 수 있는 최적의 시스템이라 생각된다. 특히 순수 국내 기술로 개발된 UHF 부분방전 상시감시 시스템의 상용화로 전력기기 생산업체의 국제 경쟁력 향상, 전력기기 설계기술의 향상, 계측 기술의 산업화 등 기술적 파급효과가 클 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 부분적으로 산업자원부 전력산업 연구개발사업 지원에 의해 수행된 연구 결과로 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 윤진열, 박기준, 구선근, "GIS 부분방전 검출기술연구 최종 보고서", TR98PJ04. J2002.407, 한국전력연구원, 2002.
- [2] M.D. Judd, O. Farish, B.F. Hampton, "Broadband couplers for UHF detection of partial discharge in gas-insulated substations", IEE proc.-Sci. Meas. Technol., vol. 142, No. 3, pp 237-243, 1995
- [3] E. H. Newman and P. Tulyathan, "Analysis of Microstrip Antennas Using Method of Moments," IEEE Trans. antennas Propagation, Vol. AP-29, Jan 1981, pp. 47-53.
- [4] Kijun Park, Sun-Geun Goo, Jin-Yul Yoon, Won-Ho Kye, Tae-Yoon Kwon, Sunghwan Rim, Chil-Min Kim, and Young-Jai Park, "Dynamics of a metallic particle bouncing between alternating high voltage electrodes," Appl. Phys. Lett. 83, Jul 2003, 195.
- [5] Kijun Park, Sun-geun Goo, Jin-yul Yoon, Cheol-yong Hong, Jong-ho Kang, "Measurement of ultra-high frequency(UHF) partial discharge sensor sensitivity and partial-discharge(PD) signal losses in the 800KV gas-insulated substation(GIS)", ISH 2003, The XIIIth International Symposium on High Voltage Engineering Delft, The Netherlands, August 25-29, 2003.