

## 융복합센서를 이용한 GIS 감시진단 시스템

권영진\*, 송완석\*, 서덕기\*, 노유일\*  
한전KDN(주)\*

### GIS Condition Monitoring and Diagnosis System by Using Convergence Sensors

Young-Jin Kwon\*, Wan-Seak Song\*, Duck-Ki Seo\*, Yu-il Noh\*  
KEPCO-KDN\*

**Abstract** - 본 논문에서는 초고압 GIS의 감시진단을 위한 여러 센서를 하나의 융복합 센서로 개발한 결과를 보였다. GIS 차단부 이상 검출을 위해서는 압력과 센서를 이용한 진폭 변화와 주파수 스펙트럼 분석 방법의 사용을 제안하였고, 가스구획 부분방전 검출 능력 향상을 위해서는 SWNT 센서를 사용하여 발생 위치를 찾고 진단 일치율을 향상 시키는 것을 제안하였다. 간이 합성 설비와 GIS Mock-up을 제작하여 실험을 수행하여 제안한 방법들의 타당성을 검증하였다.

복합 센서와 트랜스미터이다.



〈그림 1〉 온도/압력 융복합 센서(좌) 및 트랜스미터(우)

#### 1. 서 론

현대화에 따른 전력수요는 급증하고 있으나 전력설비와 송변전 설비의 입지는 점점 제한되고 있는 추세이므로 변전소 부지의 효율적 사용이 요구되는 바 Compact한 초고압, 대용량 전력기기의 사용이 확대되고 있다. 절연내력과 차단성능이 우수한 가스절연개폐장치(GIS : Gas Insulated Switchgear)는 높은 절연내력을 확보하기 위하여 SF6가스로 충진을 하는데 운전중에 발생하는 부분방전 및 아크방전으로 인해 사고로 이어질 경우 파급효과가 막대하므로 이를 사전에 정확하고 신뢰성 있게 진단하는 기술이 무엇보다 중요하다. GIS의 진단을 위한 방법으로는 UHF(Ultra High Frequency) 센서를 사용하여 0.5~1.5[GHz]의 주파수를 분석하여 GIS내부의 부분방전을 검출하는 방법이 보편적이며 최근에는 이상 발생 지점까지 예측하는 방법이 사용되고 있지만 판단 근거로 삼을 수 있는 장기간에 걸쳐 수집된 데이터 베이스와 뉴럴, 퍼지 같은 비선형적인 학습패턴에 의존해야 한다는 점과 각종 노이즈의 영향으로 진단 일치율이 크게 향상되고 있지 못한 실정이다.[1] 압력과 센서는 설비 진단요소로 사용되기 보다는 GIS 내부에 지락과 같은 고장이 발생하였을 시에 어느 구간에 고장이 발생하였는지를 찾는 방법으로 연구된 바가 있으나 [2,3] 본 논문에서는 차단부에 설치된 압력과 센서 출력의 진폭과 주파수 스펙트럼 분석을 이용하여 이상 여부를 진단할 수 있는 가능성을 제시하였다. 논문에서는 MEMS 기술을 이용하여 여러 가지 센서를 하나의 융복합 센서로 개발한 결과를 보였다. 차단부 이상 진단 일치율을 향상시킬 수 있는 방안으로 압력과 (Pressure Wave) 센서의 사용을 제안하였다. 부분방전 발생 구간을 찾기 위해서는 SWNT(Single Wall Nano Tube) 센서를 이용하였다.[4] 간이합성 설비와 GIS Mock-up을 이용하여 개발된 융복합 센서의 성능과 진단 요소를 검증하였다. 또한 센서 데이터 측정 시 발생할 수 있는 노이즈를 감소시키고 센서 데이터의 디지털화를 위하여 최근 변전소 자동화의 표준으로 사용되고 있는 IEC 61850 9-2 Sampled Value 형식을 이용하여 센서 데이터를 전송한 결과를 보였다.

#### 2. 본 론

GIS 감시진단을 위해 여러 가지 센서를 사용할 경우 설치 장소가 늘어날수록 설치 공간 확보의 문제와 센서의 오동작 가능성이 늘어남으로 본 논문에서는 여러 가지 센서를 하나로 융합한 융복합 센서를 사용하는 것으로 제안하였다. 여러 가지 센서를 하나로 제작할 경우 센서 제작비용 또한 절감하는 효과를 가져오게 된다. 온도, 압력이 하나의 모듈로 된 융복합 센서와 압력과 압력파가 하나의 모듈로 된 융복합 센서를 개발하였으며 향후에는 이 세 가지 센서를 하나로 개발할 예정이다.

##### 2.1 GIS용 진단용 융복합 센서 개발

온도/압력 융복합 센서 MEMS 공정을 이용하였으며 압력센서부는 0~20[Bar], 온도센서는 -20~60℃의 측정범위로 측정오차는 1%이고, STS316L, 유리몰딩, 세라믹으로 패키징하였고, 트랜스미터의 출력은 4~20[mA]이다. 그림 1은 개발된 온도/압력 융

압력과 센서 역시 MEMS 공정을 이용한 Piezo resistive 타입으로 개발하였으며 SF6에 의한 소자 부식을 방지하기 위해 Au 박막 공정을 이용하여 passivation 공정으로 설계하였고 압력과 감지를 위한 pressure venting 구조로 개발하였다. 동작 압력은 5-10[bar]이며 주파수 대역은 0~10[kHz]이며 동적(Dynamic) 압력 범위는 5[bar], 오차 범위는 5[%/bar]이다. 그림 2(좌)는 개발된 압력과 센서 모듈이며 그림 2(우)는 압력센서와 압력파 센서가 하나의 모듈로 제작된 융복합 센서이다. 그림 3은 개발된 SWNT 센서 모듈이다.



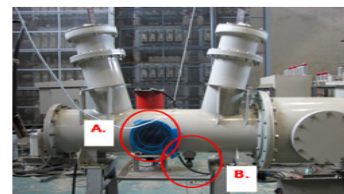
〈그림 2〉 GIS용 압력파 센서(좌), 압력/압력파 융복합 센서(우)



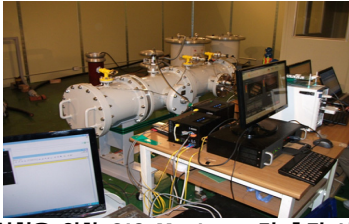
〈그림 3〉 SWNT 센서 칩과 패키징

##### 2.2 센서 실험을 위한 시험 구성

차단부 이상 검출을 위해서는 한국전기연구원의 간이합성설비를 이용하였으며 압력/온도 융복합 센서와 SWNT 센서 실험을 위해서는 245kV급 GIS 가스 구획Mock-up을 제작하여 실험하였다. 데이터의 측정에는 현대중공업의 Hi-PDMS 시스템과 Labview 시스템을 이용하였다. 압력과 센서는 그림 4의 A와 B부분에 설치하여 데이터를 취득하였다. 간이합성설비의 차단전류는 40[kA], 차단 시간은 16[ms]로 고정한 상태에서 차단부의 주점점과 아크점점이 마모되어 정상차단이 이루어지지 않을 시점까지 차단시험을 하였으나 9회째 실험에서 차단부에 이상 발생으로 더 이상 실험을 진행하지 못하였다.



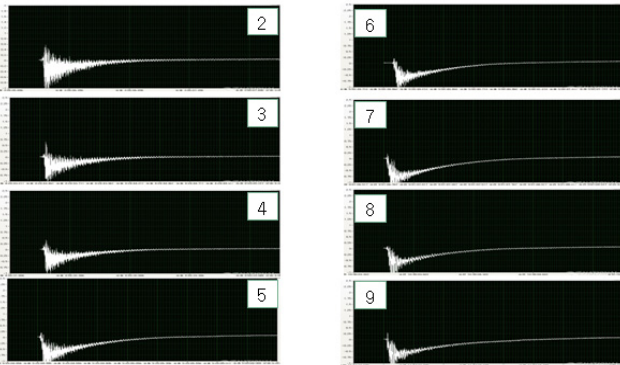
〈그림 4〉 간이합성 설비를 이용한 GIS 차단부 압력파 특성시험 시스템 구성



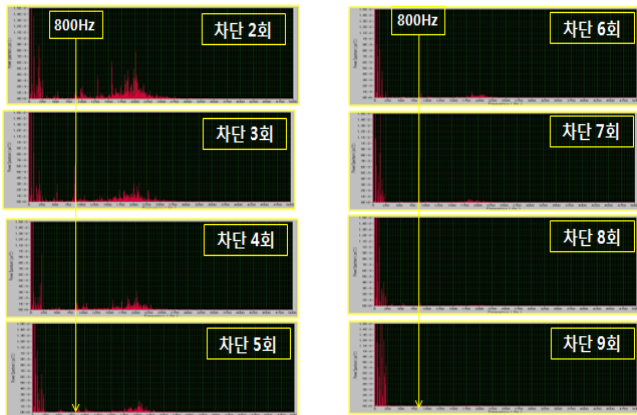
〈그림 5〉 실험을 위한 GIS Mock-up 및 측정 시스템 구성

### 2.2 융복합 센서를 이용한 GIS 진단 실험

그림 6은 차단 횟수에 따른 차단시점부터 측정된 압력과 센서 파형으로 차단 횟수가 늘어남에 따라 압력과 진폭이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 최초 주점점과 아크점점 및 노즐 사이의 이격이 없는 상태에서는 차단시 발생하는 압력파의 변화가 크나 차단횟수가 늘어남에 따라 아크점점과 노즐 등에 용착이 발생하여 압력파의 발생이 줄어드는 것으로 해석할 수 있다. 그림 7은 그림 6의 측정 압력파의 주파수 스펙트럼 분석으로 차단 횟수가 증가함에 따라 800[Hz] 이상의 주파수 성분이 점차 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 따라서 차단부의 노후화와 이상 징후를 압력과 진폭 변화와 주파수 분석 요소를 이용해 측정할 수 있을 것으로 사료된다.



〈그림 6〉 차단횟수에 따른 압력파의 진폭 변화

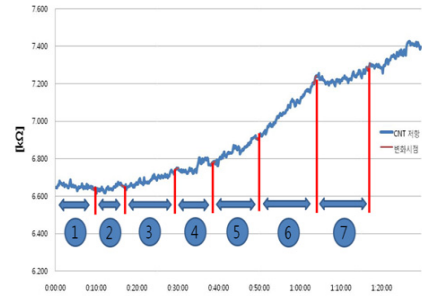


〈그림 7〉 차단횟수에 따른 압력파의 주파수 스펙트럼

그림 8은 그림 5의 시험 장치에서 고전압 발생기를 사용하여 아래 표 1과 같은 조건으로 코로나 방전을 발생시켰을 때 SWNT 센서의 출력 저항값을 나타낸 것이다. SWNT 센서는 가스 구획마다 설치를 하므로 UHF센서에 비해 부분방전 발생 위치를 정확하게 파악할 수 있으며 차폐된 가스구획 내의 변이가스만을 검출하므로 UHF 센서를 이용한 부분방전 검출방법의 보완적인 요소로 진단 일치율을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

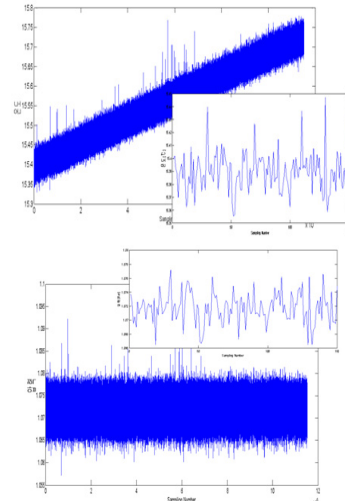
〈표 1〉

시험 조건	1	2	3	4	5	6	7
인가전압[kV]	4.5	5	6	7	8.5	10	11.5
부분 방전량[pC]	0	150	250	300	350	550	600
	~130	~200	~300	~350	~450	~600	~100



〈그림 8〉 SWNT 센서를 이용한 부분방전 검출 결과

IEC 61850 9-2 Sampled Value는 CT, PT의 샘플 데이터를 IED에 전송하는 규격이다. 변류기 측정값을 디지털로 변환 후 광통신을 이용하여 전송하는 이 방식은 아날로그 센서 출력선에 유기될 수 있는 각종 노이즈로 인한 계측 오차와 케이블링을 감소시킬 수 있으며, 데이터를 필요로 하는 어느 상위 장치에도 전달할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 별도의 센서용 LN을 정의하여 센서 측정값을 Sampled Value 형태로 상위 장치에 전송하여 압력/온도 융복합 센서 값을 측정하였다. 그림 9는 상위 시스템에서 전송받은 압력/온도 융복합 센서값을 도시한 결과이다.



〈그림 9〉 IEC 61850 9-2 형식의 Sampled Value를 이용한 센서 데이터 전송 결과

### 3. 결 론

논문에서는 MEMS 기술을 이용하여 융복합 센서를 개발한 결과를 보였다. 압력과 센서를 이용한 초고압 GIS 차단부 진단 방법 및 SWNT 센서를 사용하여 기존 UHF 센서를 사용한 방법의 보완적 방법으로 사용하여 진단 일치율을 높일 수 있는 방안을 제시하였다. 또한 센서 데이터를 IEC 61850 9-2 규격에 준한 광통신을 이용한 전송 방법을 제안하였다.

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.  
(No. 2009T100200097)

### [참 고 문 헌]

- [1] 정세훈, 최재봉, 김영진, 이종철, 장용무, 백승현, "SF6 GIS의 부분방전 검출을 위한 단일벽 탄소나노튜브 센서" 한국정밀공학회 2007년도 춘계학술대회논문집
- [2] Toshiba Corp., Kawasaki, "Development Of GIS Fault Location System Using Pressure Wave Sensors", Power Delivery, IEEE Transactions on, Issue Date: Apr 1999, Volume: 14 Issue: 2, pp. 371 - 377
- [3] 전상동, "170kV GIS 내부고장 Arc 상태 시험 결과", 전력용 개폐장치연구회 24차 기술발표회, 2011년 4월
- [4] 안희성, 조성철, 엄주홍, "UHF 및 가스센서를 이용한 SF6 가스 상태 감시기술 기초연구", 조명,설비학회논문지 제21권 제2호, 2007년 2월