

## SRPDA 기반 노이즈 제거 기법을 이용한 하이브리드 방식 GIS 부분방전 진단장치 개발

고영주\*, 박현수\*, 이종오\*\*, 유경국\*\*, 장덕진\*\*, 서정철\*\*\*  
 케이디파워\*, 에스에이치아이앤씨\*\*, 한국전력공사\*\*\*

### Development of Hybrid Partial Discharge Diagnosis Equipment for GIS using SRPDA-Based Noise Reduction Technique

Young-Ju Go\*, Hyun-Soo Park\*, Jong-Oh Lee\*\*, Kyoung-Kook-Yu\*\*, Doc-Jin Chang\*\*, Jeong-Chul Seo\*\*\*  
 KD Power\*, SHI&C\*\*, KEPCO\*\*\*

**Abstract** - 부분방전 진단 기술 분야에서는 노이즈의 영향을 최소화할 수 있는 기법이 요구되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 부분방전과 노이즈 신호 추출을 위한 로그앰프의 반응 속도차와 부분방전 신호특성을 비교하여 노이즈를 제거하는 SRPDA(Speed Related Partial Discharge Analysis)를 적용한 부분방전 진단 시스템의 개발 내용을 나타내었다. 또한 본 시스템은 광대역 방식의 장점인 빠른 검출 속도와 협대역 방식의 장점인 적은 노이즈의 영향을 장점을 취하는 동시에, 광대역 방식의 단점인 큰 노이즈 영향과 협대역 방식의 단점인 느린 진단 속도를 개선할 수 있는 하이브리드 방식을 채택하여, 기존 부분방전 진단 시스템의 신뢰성을 개선할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 이러한 SRPDA 알고리즘을 검증하고, SRPDA 모듈을 최적화하기 위해 노이즈 게이팅 모듈을 설계·제작하여 다양한 조건 및 응답 속도의 조건에서 시험을 수행하였다.

시험 결과 부분방전 신호는 고속 신호처리부에서는 신호가 정상적으로 측정되지만 저속 신호처리부에서는 신호가 미약하게 검출되어 차동 비교 시 신호가 검출되며, 여러 가지 노이즈 가운데 휴대폰 노이즈의 경우 고속, 저속 신호처리부 양측에서 모두 신호가 정상적으로 검출되어 차동 비교 시 신호가 검출되지 않거나 미약한 신호만이 검출되며, 기중 코로나 노이즈의 경우 저속 신호처리부 조건에 따라 다른 것으로 나타나, 응답 차동 기반 부분방전 신호 분석 알고리즘을 적용할 경우 부분방전과 노이즈의 구분에 도움이 될 것으로 나타났다. 아래에 설정된 신호처리부의 속도를 나타내었다.

#### 1. 서 론

GIS 내부에 결함이 존재할 경우 운전시간이 경과함에 따라 절연열화가 진행되고 그 과정에서 부분방전 현상을 수반하기 때문에, 이러한 부분방전의 측정을 통해 GIS 고장을 예방할 수 있다. 그러나 변전소 GIS 주변 가공송전선로에서 발생하는 신호, 무선통신신호, 레이더, 각종 방송파, 모터 등 다양한 종류의 노이즈가 부분방전 신호로 오판되어 예방진단기술의 신뢰성을 떨어뜨리는 물론 GIS의 불필요한 보수로 경제적 손실까지 초래할 수 있다. 따라서 측정신호의 노이즈 여부를 판단하는 것은 예방진단기술의 핵심요소이다.

전력설비 예방진단 기술 중 가장 광범위하게 적용되고 있는 것이 GIS에 있어서의 "UHF 부분방전 진단"이다. 부분방전 시 방사되는 전자파 에너지를 안테나 방식의 센서가 검출하여 전압 위상도에 신호강도로 표시하고 전자파 도달시간차를 이용하여 결함위치를 쉽게 파악할 수 있는 장점이 있는 반면 노이즈 간섭에 취약하여 부분방전 진단결과의 신뢰성이 확보되지 못하는 문제점이 있다.

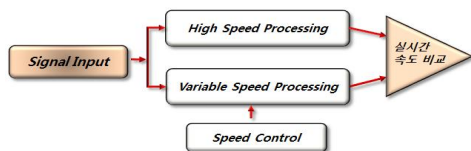
#### 2. 본 론

##### 2.1 SRPDA 노이즈 제거 알고리즘 설계

SRPDA 노이즈 제거 알고리즘은 GIS 내 부분방전 신호와 노이즈 신호의 구분을 위한 알고리즘으로, 본 알고리즘의 설계를 위해 實GIS 내부에서 일반적으로 발생하는 부분방전 신호를 모의하고, 제작한 멀티로그앰프 노이즈 게이팅 모듈을 사용하여 응답 차동 기반 부분방전 신호 분석 알고리즘의 성능을 검증하고, 최적의 로그앰프를 선정하였다.

實GIS 부분방전 신호는 각각의 부분방전을 모의·발생시킬 수 있는 모의 전극을 제작하고, 노이즈 차폐실 내에서 부분방전 발생 및 측정 설비와 모의 GIS를 사용하여 신호를 발생시켰다.

본 알고리즘은 입력 신호를 병렬 구성된 서로 다른 응답 속도 특성의 로그앰프 회로부를 사용하여 신호 처리를 수행하고 출력결과를 차동 비교하는 방법으로 구축된다. 부분방전과 같은 조고주파 신호는 고속 처리부에서는 신호가 검출되나 저속 처리부에서는 신호가 검출되지 않거나 미약한 신호만이 검출되기 때문에 차동 비교할 경우 신호가 검출되지만, 휴대폰 노이즈, 기중 코로나와 같은 상대적으로 낮은 주파수 대역의 신호는 고속 처리부에서도 신호가 검출되고 저속 처리부에서도 신호가 검출되기 때문에 차동 비교할 경우 신호가 검출되지 않는다.

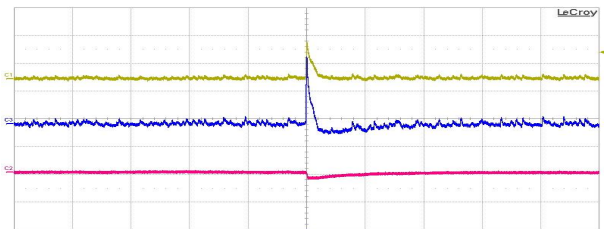


<그림 1> SRPDA 알고리즘 개념도

<표 1> 신호처리부 설정 속도

조건	신호처리부 속도 (10 → 90%)
조건 ①	0.03 $\mu$ s
조건 ②	0.06 $\mu$ s
조건 ③	0.74 $\mu$ s
조건 ④	3.57 $\mu$ s
조건 ⑤	15 $\mu$ s
조건 ⑥	67.2 $\mu$ s
조건 ⑦	278 $\mu$ s
조건 ⑧	1,120 $\mu$ s

아래 그림은 플로팅 방전을 사용한 측정 결과로, 고속처리부(C1)는 조건 ①, 저속처리부(C2)는 조건 ②를 사용, 플로팅 방전 신호를 각각 검출하고 차동 비교(C3)하였다. 차동 비교 결과인 C3의 경우 파형의 중첩을 최소화하기 위해 역상으로 표시하였다. 이 경우 C1에는 약 1.3V의 신호가, C2에는 약 0.1V 크기의 신호가 검출되었으며, C1과 C2를 차동 처리한 C3의 경우 약 1.1~1.2V의 신호가 검출되어, 알고리즘 처리 결과 신호가 검출되는 것으로 나타났다.

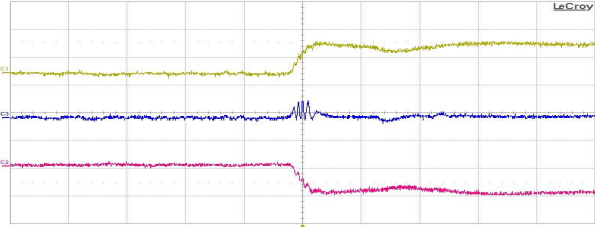


<그림 2> 플로팅 방전 시 신호 파형 및 차동 분석 결과

플로팅 외 돌출부, 보이드, 파티클 총 4가지 부분방전의 경우 신호처리부 조건 ①에서만 신호를 완전하게 검출할 수 있었으며, 신호처리부 ②~⑧까지는 부분방전 신호를 원 크기의 약 1/10 정도로 밖에 검출할 수 없었다. 이를 근거로, 응답 차동을 사용하여 부분방전을 검출할 경우 고속 처리부에는 조건 ① 이상의 처리속도로 설계되어야 할 것으로 보이며, 저속 처리부에는 조건 ② 이하의 경우 큰 차이가 없을 것으로 추정된다.

다음은 휴대폰 노이즈 발생 시 측정 결과로, 상당 파형의 경우 고속처리부(C1)는 신호처리부 조건 ①, 저속처리부(C2)는 조건 ②를 사용, 휴대폰 노이즈 신호를 각각 검출하고 차동 비교(C3)하였다. 이 경우 C1에는 약 1.2V의 신호가, C2에는 약 1V 크기의 신호가 검출되었으며, C1과 C2를 차동 처리한 C3의 경우 상대적으로 미약한 약 0.2V의 신호가 측

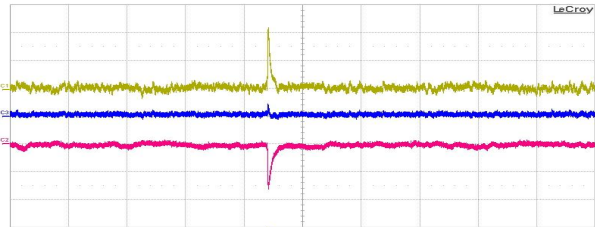
정되어 알고리즘 처리 결과 신호가 검출되지 않는 것으로 나타났다.



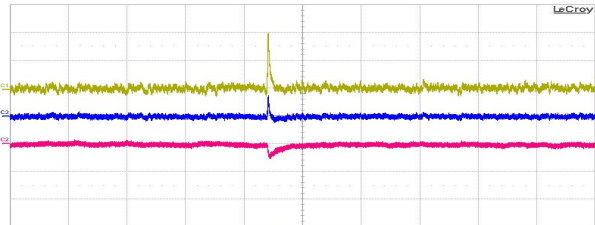
〈그림 3〉 휴대폰 노이즈에 의한 신호 파형 및 차동 분석 결과

다음 그림은 기중 코로나 노이즈 발생 시 측정 결과로, 상단 파형의 경우 고속처리부(C1)는 조건 ①, 저속처리부(C2)는 조건 ②를 사용, 기중 코로나 노이즈 신호를 각각 검출하고 차동 비교(C3)한 파형이다. 이 경우 C1에는 약 410mV, C2에는 약 360mV 크기의 신호가 검출되었으며, C1과 C2를 차동 처리한 C3의 경우 약 40~50mV의 신호가 검출되어 알고리즘을 사용하여 노이즈 구분이 가능한 것으로 나타났다.

하단 파형의 경우 고속처리부(C1)는 조건 ①, 저속처리부(C2)는 조건 ③을 사용, 기중 코로나 노이즈를 각각 검출하고 차동 비교(C3)한 파형이다. 이 경우 C1에는 약 400mV가 검출되었으나, C2에는 약 100mV 크기의 신호가 검출되었으며, C1과 C2를 차동 처리한 C3의 경우 약 350mV의 신호가 검출되어 알고리즘 처리 결과 부분방전 신호와 구분이 어려운 것으로 나타났다.



〈그림 4〉 기중 코로나에 의한 신호 파형 및 차동 분석 결과 1

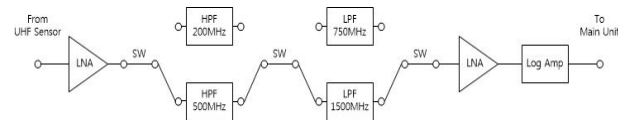


〈그림 5〉 기중 코로나에 의한 신호 파형 및 차동 분석 결과 2

결과적으로, 부분방전을 검출하기 위해서는 고속 처리부는 조건 ①의 응답 속도에 상응하는 하드웨어를 적용해야 하지만 저속 처리부는 조건 ②~⑧ 모두 유사한 결과로 나타났으며, 휴대폰 노이즈의 경우 부분방전 검출을 위한 신호처리 속도 설정 결과와 동일하여도 SRPDA 기반 부분방전 신호 분석 알고리즘 처리를 통해 부분방전과 노이즈의 구분이 가능할 것으로 나타났다. 그러나 기중 코로나의 경우 알고리즘을 통해 신호가 검출되지 않도록 하려면 저속 처리부를 조건 ②를 사용했을 경우에만 가능하였다.

## 2.2 SPRDA 기반 하이브리드 방식 하드웨어 개발

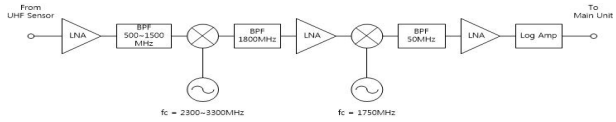
본 시스템은 광대역 방식의 장점인 빠른 검출 속도와 협대역 방식의 장점인 적은 노이즈의 영향을 장점을 취하기 위해 하이브리드 방식으로 설계, 제작되었다. 각 모듈별 구성도와 사양은 아래와 같다.



〈그림 6〉 광대역 모듈 구성도

- 광대역 모듈 사양
  - 입력주파수 대역 선택 가능 : 200 ~ 1500 MHz

- 고주파수 대역 통과 필터 : 200 MHz or 500 MHz
- 저주파수 대역 통과 필터 : 750 MHz or 1500 MHz
- 최소검출 레벨 : -75 dBm
- IEC60270 규격에 의한 결보기 방전량의 크기 5 pC 이하의 부분방전 신호 검출



〈그림 7〉 협대역 모듈 구성도

- 협대역 모듈 사양
  - 입력주파수 대역 : 500 ~ 1500 MHz
  - 주파수 대역폭 : 50 MHz @선택주파수
  - 주파수 절제시간 : < 5 ms
  - 최소검출 레벨 : -80 dBm
  - IEC60270 규격에 의한 결보기 방전량의 크기 5 pC 이하의 부분방전 신호 검출
- 시스템은 상시 설치형과 포터블 2가지 형태로 제작되었으며, 각 시스템별 외관과 사양은 아래와 같다.



〈그림 8〉 시제품 외관 (좌 : 상시 설치형, 우 : 포터블형)

- 시스템 사양
  - 데이터취득 입력채널 수 : 6 개
  - 동기화 입력채널 수 : AC 2 개, DI 2 개
  - 동기신호 선택 가능
  - 16bit, Simultaneous AD Converter (8 channel)
  - Floating point DSP 및 Logic CPLD(256gate)
  - 32MByte SDRAM, 1MByte NOR Flash, 1Gbit NAND Flash
  - Watchdog, Real Time Clock
  - RS232, LAN, Status LED
  - Surge Protection

## 3. 결 론

본 논문에서는 SPRDA 기반 노이즈 제거 기법을 이용한 하이브리드 방식 GIS 부분방전 진단장치 개발에 관하여 기술하였다. 본 연구개발을 통해 SRPDA 기법을 적용하여 GIS 내부에서 발생하는 부분방전과 휴대폰 노이즈, 외부 코로나의 구별 가능성을 검증하였으며 SRPDA 알고리즘에서의 최적 신호처리 속도를 선정할 수 있었다.

또한 SRPDA 기법과 광대역, 협대역 부분방전 측정 기법을 적용한 하이브리드 방식의 하드웨어를 설계, 제작하여 기존 제품보다 신뢰성 높은 부분방전 측정 장비를 개발하였다.

시작품의 성능은 모의 GIS와 유형별 모의 부분방전 셀을 사용하여 테스트한 결과 현재 코로나, 보이드, 플로팅, 파티클 4가지 형태의 부분방전에 대해서 약 90% 이상의 정확도를 나타내고 있으며, 현재 진행중인 현장 실증 시험 및 시스템 보안을 통해 정확도를 향상시킬 예정이다.

본 시스템의 성공적인 도입 시 GIS 시설의 신뢰성 향상과 정전 사고 등 전기 사고 예방에 큰 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 서정철 외, 부분방전측정 자동화 장비(PASS, SRPDA), 독일 국제어 이디어·발명·신제품 전시회 심사자료, 2012

본 연구는 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20131020400990)