

철도 배전선로 부분방전 상시진단 시스템의 무전원 및 무선통신 최적화 방안 연구

A Study on the Optimization of Powerless and Wireless Communication in the Partial Discharge Continuous Diagnostic System of Rail Power Distribution Line

박정환*[†], 이성호*

Jung Hwan Park*[†], Sung Ho Lee*

전력분야에서는 설비의 효율적인 관리, 사고 발생의 사전 예방을 위해 부분방전 상시진단 시스템에 대한 연구가 활발하다. 본 논문에서는 전력분야에 적용된 부분방전 상시진단 시스템의 주요 기술과 철도 배전선로 환경에 최적화하기 위한 주요 이슈 사항에 대해 언급하고, 이에 대한 대책을 제시하여 궁극적으로 철도 배전선로의 효율적 관리, 운영 및 장애 저감의 효율화에 기여하고자 한다.

주요어 : 철도 배전선로, 부분방전, 상시진단, 무전원, 무선통신

1. 서 론

전력설비의 효율적 관리를 위해 전력분야에서는 설비 상태를 상시 진단하여 투자 가치를 최대화 하고, 사고 발생의 사전 예방이 가능한 부분방전 상시진단 시스템을 활발히 연구하고 있다. 전력분야 부분방전 상시진단 시스템의 주요 기술은 부분방전 신호 수집, 신호처리 기술 및 부분방전 패턴 해석기술로 구분된다.

철도 배전선로 환경은 부분방전 신호 수집, 신호처리 장치 운영을 위한 상시 전원 확보가 힘든 '무전원' 환경이다. 또한, 수집한 부분방전 데이터를 무선통신 방식으로 중계, 전송하는 '무선통신' 환경이다. 본 논문에서는 전력분야에 적용된 부분방전 상시진단 시스템의 주요 기술과 철도 배전선로 환경에 최적화하기 위한 제약 사항 및 그에 따른 대책에 대해 언급 하고 결론을 맺는다.

2. 본 론

2.1 전력분야 부분방전 상시진단 시스템

2.1.1 부분방전 신호 수집

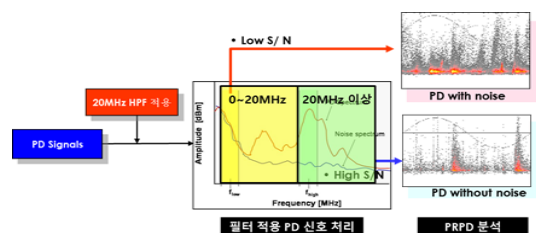
부분방전 신호는 수[ns]에서 수[us]까지 상승, 저연을 반복하는 광대역 주파수 성분을 가진

(syropa_14@kdn.com)

* 한전케이디엔 발송전ICT연구부 임펄스 전류이다. 부분방전 신호 수집을 위해 전력분야에서는 도체를 통하여 전파되는 부분방전 신호를 전자유도 원리를 이용하여 20[MHz]에서 80[MHz] 대역에서 검출하고 극성 분석을 통해 신호의 전파 방향과 발생원을 추정할 수 있는 HFCT 센서를 적용하였다. HFCT 센서에서 수집된 아날로그 부분방전 신호는 DSP에서 디지털 부분방전 신호로 변환되고 디지털 부분방전 신호를 이용하여 부분방전을 분석한다.

2.1.2 노이즈 제거 및 신호처리

센서에서 수집된 부분방전 신호에 포함된 노이즈 신호의 제거를 위해 그림 1에서 보는 바와 같이, 20[MHz] HPF를 적용하여 부분방전 신호만 구분하는 기법을 적용하였다. 또한, 노이즈 센서를 설치해서 얻은 노이즈 신호를 부분방전 센서에서 수집된 노이즈가 혼합된 부분방전 신호에서 제거하는 Noise gate 기법도 적용할 수 있다.



[†] 교신저자: 한전케이디엔 발송전ICT연구부

<그림 1. HPF 적용 노이즈 신호처리 예시>

2.1.3 데이터 전송 및 부분방전 패턴 해석

JSON 포맷 형태로 상위 시스템으로 부분방전 신호의 최대값(PD max), 평균값(PD ave), 노이즈 신호의 최대값(NOISE max), 평균값(NOISE ave) 및 PRPD(Phase Resolved Partial Discharge)를 누적하여 재구성 하기 위한 Base64 코딩 값을 전송한다. 상위 시스템에서 구현된 PRPD 이미지를 바탕으로 딥 러닝 모델을 통해 패턴 해석 및 부분방전 자동 진단이 이루어진다.

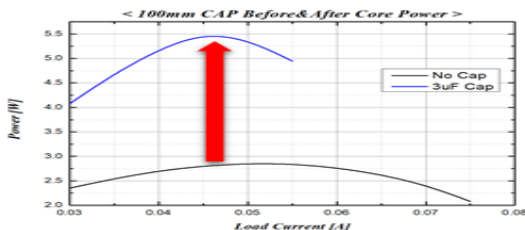
2.2 철도분야 부분방전 상시진단 시스템 최적화

2.2.1 무전원 환경

철도 배전선로 환경에 최적화된 부분방전 상시진단 시스템을 구현하기 위해 고려해야 할 두 가지 제약사항이 있다. 첫 번째 제약사항은 전력분야보다 낮은 부하전류 환경에서 에너지 하베스팅 기술을 이용하여 부분방전 신호 수집, 신호처리 장치가 원활히 동작할 수 있는 동작전원을 확보할 수 있어야 한다.

철도 배전선로 환경에서는 철도역사, 선로 신호기 등의 수용가에서 사용되는 전력량이 전력분야와 비교해 적으며 특히, 철도 운행이 없는 심야시간에는 전력 사용량이 현저히 떨어져 부하전류의 확보가 힘든 상황이다.

이에 대한 해결 방안으로 그림 2에서 보는 바와 같이, Power CT에 병렬 공진 커패시턴스를 적용하여 동일한 Core 사이즈에서 더 큰 출력을 확보할 수 있는 기술을 바탕으로 철도 배전선로 환경에 최적화 설계, 개발, 적용 되어야 한다. 또한, 부분방전 신호 수집, 신호처리 장치의 동작전원 최소화 및 백업 배터리 등도 함께 고려되어야 한다.



<그림 2. 병렬 공진 커패시턴스 적용 Power CT 예시>

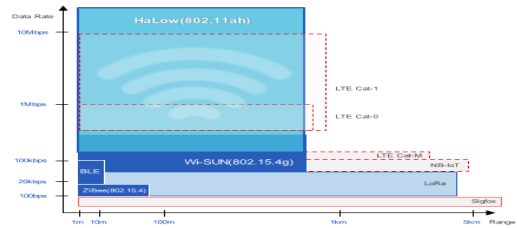
2.2.2 무선통신 환경

두 번째 제약사항은 부분방전 신호의 수집,

데이터 전송을 위한 광대역의 무선 통신망이 구성되어야 한다. 철도역사 간 수[Km]에서 수십[Km]에 걸쳐 설치된 철도 배전선로에 유선 통신망을 구축하는 것은 현실적으로 어렵다.

철도 배전선로 환경에서 고려할 수 있는 저전력 장거리 무선 통신 기술은 그림3에서 보는 바와 같다. BLE, ZigBee 방식은 무선통신 거리, 데이터 전송 속도에서 한계점이 있고 LoRa, Wi-SUN 방식은 데이터 전송 속도에서 한계점이 있다.

이에 대한 해결 방안으로 WiFi-Halow(802.11ah) 방식이 있으며 전력분야 실증을 통해 성능의 안정성이 확인되었다. 또한, 향후 현장 적용 시 효율적인 운영을 위해 현재 관리자들이 실시간 철도운행 상태확인 목적으로 사용 중인 LTE-R 방식과의 연계도 함께 고려되어야 한다.



<그림 3. 저전력 장거리 무선통신 기술 예시>

3. 결론

본 논문에서는 전력분야에서 연구된 부분방전 상시진단 시스템의 주요 기술에 대해 언급하였고 철도 배전선로 환경에 적용하기 위해 고려되어야 할 제약사항과 그에 대한 해결 방안을 언급하였다. 향후 철도 배전선로 환경에 최적화 된 부분방전 상시진단 시스템을 적용하여 노후화된 철도 배전선로의 효율적인 관리, 운영으로 장애 저감의 효율화에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 김정태, 이육, “센서에 따른 부분방전 펄스 분석 및 노이즈 제거 기법에 대한 연구”, 대한전기학회 학술대회 논문집, Vol.2006 No.7, pp.1469-1471, 2006.
 [2] 이승환, 유치형, 정찬수, 김재철, 이상철, 정양웅, “부분방전 신호와 잡음의 분리”, 조명·전기설비학회논문지, Vol.13 no.1, pp.21-30, 1999.
 [3] 김광화, “전력기기의 감시진단 기술”, 대한전기협회지, Vol.-No.227, pp.11-21, 1995.