

노후 배전설비의 효율적 관리를 위한 부분방전 진단시스템에 관한 연구

박정환, 이성호, 박찬, 박성철, 나호성

한전KDN(주)

sypapa_14@kdn.com, letitbe_953387@kdn.com, chan-767710@kdn.com,

sungchul_0126@kdn.com, sung_970529@kdn.com

A Study on the Partial Discharge Diagnosis System for the Efficient Management of Old Power Distribution Facilities

Park Jung Hwan, Lee Sung Ho, Park Chan, Park Sung Chul, Na Ho Sung

KEPCO KDN Co.,Ltd.

요 약

본 논문은 인력 중심의 점검에 의한 사후정비 방식으로 관리되던 노후 배전설비의 효율적인 관리, 사고 발생의 사전 예방을 위해 4차산업혁명 기술을 활용하여 배전설비에서 발생하는 부분방전 신호를 취득, 처리, 분석하는 시스템의 주요 기술에 대해 언급하고 궁극적으로 노후 배전설비의 효율적 관리, 운영 및 장애 저감의 효율화에 기여하고자 한다.

I. 서 론

우리나라의 경우 1980~90년 급격한 산업화에 따른 전력설비 건설과 국가 경제 성장과 비례한 전력설비 지중화율의 증가로 지중케이블, 지상개폐기와 같은 30년 이상 노후 배전설비의 수량이 급격히 증가하고 있다. 증가하는 노후 배전설비의 유지 보수 예산은 매년 증가하고 있으나, 현재까지도 배전설비는 인력 중심의 점검에 의한 사후정비 방식으로 관리가 되고 있다. 그러나 배전설비에서 발생하는 열화 현상은 불규칙적으로 발생하고 소멸하는 비연속적 특성을 가지고 있어 인력을 통한 배전설비 관리 방식은 진단 신뢰도가 떨어지고 비경제적인 방식이라 증가하는 노후 배전설비의 효율적인 관리를 위해서는 개선이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 4차산업혁명 기술을 도입하여 배전설비의 실시간 상태를 감시하고 장애가 발생한 위치를 특정하여 현장 인력의 유지보수 업무를 지원할 수 있는 연구개발 및 현장 실증이 활발히 이루어지고 있다. 본 논문에서는 노후화된 배전설비를 효율적으로 관리하기 위해 배전설비의 열화 인자인 부분방전 신호를 취득, 처리, 분석하는 시스템의 주요 기술에 대해 언급하고 결론을 맺는다.

II. 본론

II. I 부분방전 신호 취득

부분방전 신호는 배전설비 및 계통의 구조에 따라 수[MHz]에서 수백[MHz] 범위의 고주파 특성을 가지며 수[ns]에서 수[us]까지 상승, 지연을 반복하는 임펄스 전류이다. 이러한 특성을 가진 부분방전 신호의 취득을 위해 2[MHz]에서 400[MHz] 주파수 대역폭을 가진 HFCT(High Frequency Current Transformer) 센서를 적용하였다. 부분방전 신호의 효율적인 취득을 위해서는 부분방전 센서의 설치 위치가 중요하며, 지중케이블은 동축 원통형의 전극 구조를 가지고 있기 때문에 물리적으로 차폐되어 지중케이블의 어느 곳에서나 부분방전 신호를 취득할 수 있는 것이 아니라 도체와 시스가 분리되어 있는 접속점의 공통 접지선에 부분방전 센서를 설치하여 지중케이블 내부에서 발생해 외피의 도체부나 중심 도체를 통하여 전파되는 부분방전 신호를 취득할 수 있다. 또한, 지상개폐기의 경우에는 부분방전 신호의 수신 감도가 높고 노이즈 신호 유입이 적으며 부분방전 센서 설치 수량을 최소화할 수 있는 공통 접지선에 부분방전 센서를 설치하여 부분방전 신호를 취득할 수 있다.



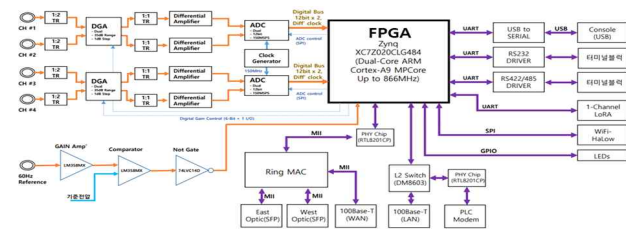
<그림 1. 30년 이상 노후 배전설비 증가>



<그림 2. 부분방전 센서 설치>

II. II 부분방전 신호 처리

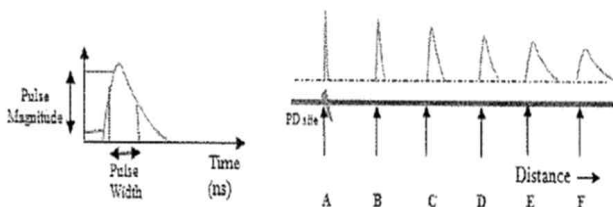
아날로그 신호는 저장이나 조작의 편리성이 디지털 신호보다 어렵고 처리 또는 가공을 위해 낮은 신호 레벨을 증폭하면서 다양한 잡음이 발생한다. 이에 일반적으로 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 처리하는 것이 잡음 처리에 매우 유리하다. 지중케이블 및 지상개폐기에 설치된 부분방전 센서를 통해 취득되는 광대역의 아날로그 신호는 부분방전 진단장치의 150[MS/s] 속도의 고속 샘플링을 통해 실시간으로 디지털 신호로 변환되고, 변환된 디지털 신호는 FPGA(Field Programmable Gate Array) 반도체 소자에 Raw 데이터로 저장되며 부분방전 신호 분석 요청이 발생하면 저장된 Raw 데이터를 기반으로 분석이 시행된다.



<그림 3. 부분방전 진단장치 모듈>

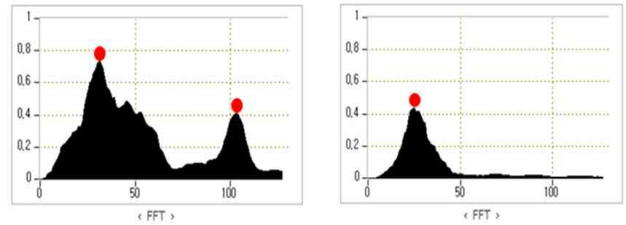
II. III 부분방전 신호 분석

부분방전 센서를 통해 취득되는 신호에는 부분방전 신호와 노이즈 신호가 혼합되어 있어 노이즈 신호를 제거하기 위해서는 부분방전 진단장치의 FPGA 반도체 소자에 저장된 Raw 데이터를 활용한 신호 분석이 필요하다. 신호 분석을 위해 부분방전 펄스와 노이즈 펄스의 형태적인 특성과 주파수적인 특성을 구분할 수 있는 산술적 특징 파라미터를 추출하여 두 신호를 분리할 수 있는 데이터를 선별하였다. 형태적인 특성을 구분하는 산술적 파라미터는 펄스의 첫 상승부와 후반부 부분이 이동 거리에 따라 변형 정도가 심하게 발생하는 사실에 기초하여 펄스의 표준편차 및 무게 중심점 등을 산출하였다. 표준편차는 펄스가 생성부터 소멸까지의 진폭에 대한 산술적 파라미터를 의미하며, 무게 중심점은 펄스의 외형에 대한 첨예도를 의미한다.



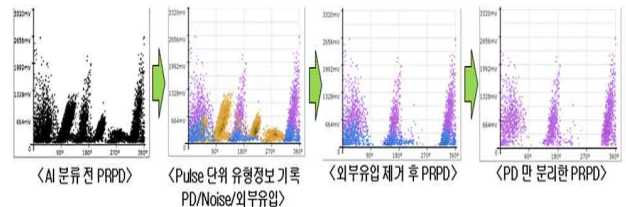
<그림 4. 펄스의 이동에 따른 외형의 변경>

배전 계통을 따라 이동하는 펄스 신호의 변형은 외형적인 변형보다 주파수적인 변형이 더 크게 발생하게 된다. 이에, 주파수 특성을 구분하는 산술적 파라미터는 펄스 단위로 FFT(Fast Fourier Transform) 연산을 통해 웨이브 형태의 신호를 주파수 형태로 변환한 뒤 주파수 기반의 특성을 바탕으로 Peak 부분의 위치정보 등을 산출하였다.



<그림 5. 펄스 주파수 특성 그래프의 Peak 정보 추출>

부분방전 진단장치에는 부분방전 신호와 노이즈 신호를 분석하기 위하여 인공지능 기반의 알고리즘[FCM 기반의 RBF 신경망 알고리즘]을 개발하여 적용하였다. 알고리즘 처리 속도를 개선하기 위해 입력변수의 전처리 과정과 회귀 연산을 최적화하기 위한 가우시안 함수를 적용하였으며 알고리즘의 입력변수는 펄스 기반의 외형적, 주파수적 특성 파라미터를 적용하고 알고리즘의 출력은 부분방전 신호와 노이즈 신호로 구분하였다. 또한, 현장에 설치된 지중케이블, 지상개폐기에서 발생한 부분방전 및 노이즈 신호 데이터를 수집하여 알고리즘을 학습시켜 분석 정확도를 제고하였다.



<그림 6. 알고리즘으로 분류한 부분방전 신호>

III. 결론

본 논문에서는 노후화된 배전설비를 효율적으로 관리하기 위해 배전설비 열화 인자인 부분방전 신호를 취득, 처리, 분석하는 부분방전 진단시스템의 주요 기술에 대해 언급하였다. 최근 국내에서는 지중케이블, 지상개폐기를 대상으로 하는 전력 분야 및 철도 배전선로를 대상으로 하는 철도분야에서 배전설비의 효율적 관리를 위해 부분방전 진단시스템에 대한 연구와 실증이 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 향후, 배전설비 환경에 최적화된 부분방전 센서 및 진단장치와 같은 부분방전 진단시스템이 개발되고 현장에 적용되면 장애 저감의 효율화, 유지보수 비용 저감 등 배전설비의 효율적인 관리 및 운영에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

- [1] 김정태, 이욱, "센서에 따른 부분방전 펄스 분석 및 노이즈 제거 기법에 대한 연구", 대한전기학회 학술 대회 논문집, Vol.2006 No.7, pp.1469-1471, 2006.
- [2] 이승환, 유치형, 정찬수, 김재철, 이상철, 정양웅, "부분방전 신호와 잡음의 분리", 조명·전기설비 학회논문지, Vol.13 no.1, pp.21-30, 1999.
- [3] 김광화, "전력기기의 감시진단 기술", 대한전기 협회지, Vol.-No.227, pp.11-21, 1995.