

배전설비 전기적 열화신호 검출 및 전송시스템 개발에 관한 연구

이성호*, 전홍대, 정준영

*한전KDN

*letitbe_953387@kdn.com, workjhd@naver.com, jjy371@gmail.com

A Study on the Development of a Partial Discharge Signal Detection and Transmission System for Distribution Power Facilities

Lee Sung Ho*, Jeon Hong Dae, Jung Jun Young

KEPCO KDN

요약

본 논문은 배전전력설비의 열화현상에 의한 전력사고에 대응하기 위해 방전신호를 수집하여 신호처리하고 전송하기 위한 시스템개발에 관한 것으로 전력설비로부터 발생한 신호정보를 수집하여 노이즈를 제거하고 신호처리한 데이터를 IoT 프로토콜을 적용하여 IoT 플랫폼으로 전송하는 구조로 개발하였으며 IoT플랫폼은 저장된 신호정보를 분석하여 방전의 형태와 위험도 분석 및 수명주기 예측 서비스를 수행하는 어플리케이션을 개발하였다.

I. 서론

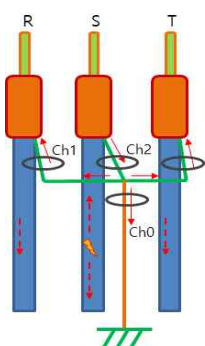
배전계통의 중요성 증가로 설비 고장으로 인한 파급 영향이 커짐에 따라 지중배전설비 고장 위험도 사전 판단을 위한 기술 개발이 활발히 진행되고 있다. 이에 본 논문에서는 4차산업혁명 핵심기술을 활용하여 배전설비의 부분방전 상태를 모니터링하고 진단하며 나아가 위험도분석 및 수명에 측을 위한 배전계통 광역감시 시스템을 개발하고 실험결과를 분석하였다.

시스템의 구성은 전력설비의 부분방전 신호를 수집하는 센서, 수집된 신호정보의 노이즈제거 및 Digitizing을 통한 특징추출 신호처리모듈, 유무선통신 인터페이스를 이용한 통신모듈, OneM2M 플랫폼 기반의 빅데이터 분석시스템, 분석결과 학습 및 모델링을 위한 머신러닝시스템으로 이루어져 있으며 부분방전 신호에 대한 분석결과를 바탕으로 배전계통도 및 GIS 기반 광역 감시, 배전설비 위험도분석, 수명예측을 위한 응용 서비스를 개발하고 분석하였다.

II. 본론

1. 방전신호 수집

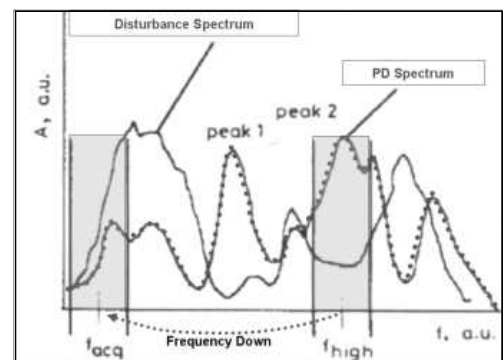
부분방전 신호는 수[ns]에서 수[us]까지 상승과 지연을 반복하는 광대역의 주파수 성분을 가진 임펄스 전류이다. 이러한 특성을 가진 부분방전 신호를 측정하고 센서를 개발하기 위해서는 정확한 부분방전 신호의 측정 및 측정시스템에 대한 이해, 방전신호의 전달과정에 대한 이론적 이해가 기반 되어야 한다. 배전설비의 부분방전 신호를 수집하기 위한 HFCT 센서는 도체를 통하여 전파되는 부분방전 신호를 전자유도 원리를 이용하여 검출하는 센서로서 20MHz ~ 80MHz 대역에서 15mV/mA의 감도로 방전 신호를 검출하며 극성분석을 통하여 신호의



〈그림 1〉 3상선로 PD 측정

전파 방향과 발생원을 추정한다. <그림1>과 같이 각 상의 차폐선이 공통 접지선으로 연결된 경우 하나의 상에서 전달되어온 신호는 다른 두상과 공통 접지선으로 신호가 전파되며 크기가 감소한다. 이는 각 상별 차폐선의 고주파 임피던스가 공통접지선의 임피던스보다 낮기 때문이다. 센서에서 부분방전 신호를 검출하고, 검출된 부분방전 신호의 S/N비를 향상시키기 위해 증폭기(Pre-Amplifier)를 통해 부분방전 신호 대역의 주파수를 증폭시키며 증폭된 부분방전 신호는 DSP(Digital Signal Processing) 주파수 대역과 일치시키기 위해 다운컨버터를 사용하여 주파수를 설정 주파수 대역으로 낮추며 트리거 신호를 기준으로 DSP에서 아날로그 부분방전 신호를 디지털 부분방전신호로 변환시킨다. 변환되어진 디지털 신호를 이용하여 최종적으로 부분방전을 분석하게 된다.

2. 노이즈 제거 및 신호처리



〈그림 2〉 PD/Noise 주파수 스펙트럼

입력된 센서로부터 노이즈를 판별하기 위한 Frequency Domain Signal Processing 방식은 연속되어 나타나는 노이즈가 존재할 때 측정 주파수대역에서 S/N비를 향상시키는 기술로서 <그림2>와 같이 중심주파수를 선

태하여 부분방전 스펙트럼의 Peak2 지점(f high)을 측정하기 위해 부분방전 패턴 기록기의 주파수 대역으로 낮추었다. 중심 주파수를 동조 증폭하는 것은 특성상 부분방전 발생원의 위치 추적에 사용하기도 하며 이 특성은 서로 다른 장소에서 발생된 별개의 부분방전 패턴은 전달함수가 다르다는 특성을 사용한 것이다. 이 특징을 이용하여 중심 주파수를 동조 증폭함으로써 감도를 향상시킬 수 있게 되었다.

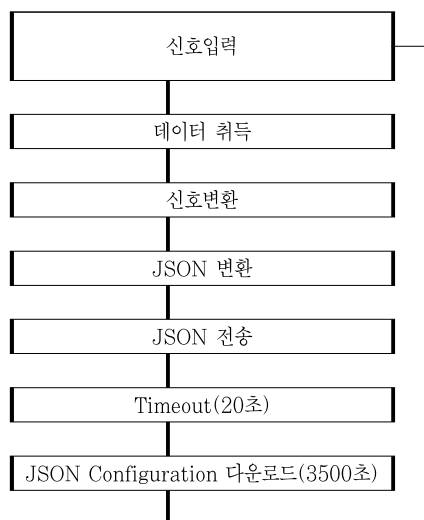
3. 데이터 전송

자동 PRPD 분석을 위하여 PD 진단에 활용한 시간-주파수 특성 분류에 의한 PRPD 분석기술은 펌웨어에 적용하고 사용자가 수동으로 처리했던 분석과정을 자동적으로 처리되도록 하였으며 분석된 결과는 내부 메모리에 DB로 저장되고 서버시스템에 TCP/XML을 이용하여 전송되도록 하였다.



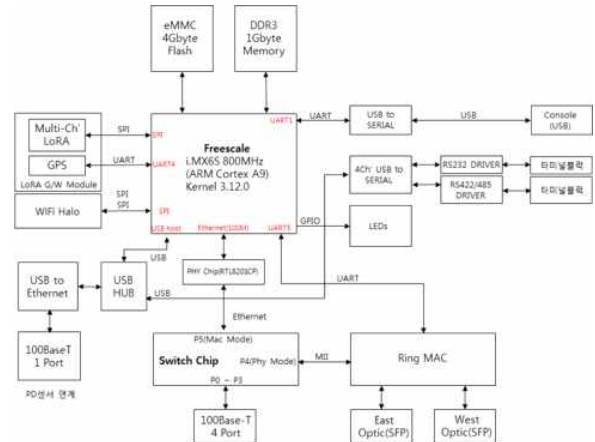
〈그림 3〉 펌웨어 제어 블록 다이어그램

적용된 통신 알고리즘은 입력채널에서 신호가 입력되면 취득한 데이터를 시간 순서에 따라 전송하도록 하였다. 순서는 <그림 4>와 같으며 JSON string query POST를 통하여 수집된 데이터를 서버 시스템으로 전송하게 하였다. JSON 포맷으로 전송하는 정보로는 데이터 취득기간중 가장 높은 PD값인 “PD max”, 데이터 취득기간중 평균 PD값인 “PD ave”, 데이터 취득기간중 가장 높은 노이즈값인 “NOISE max”, 데이터 취득 기간중 평균 노이즈 값인 “NOISE ave”, PRPD를 누적하여 재구성하기 위한 Base64 코딩값인 “PRPD”를 설정하였다.



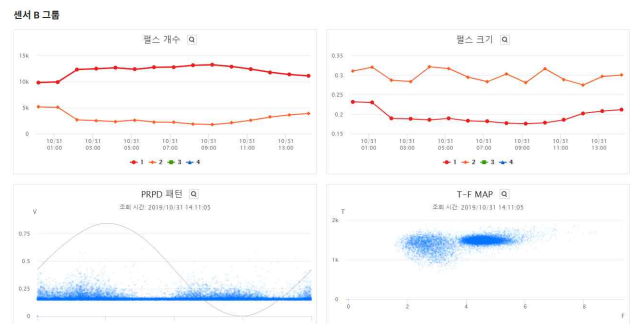
〈그림 4〉 JSON Data Format

JSON 크기는 약 16 kbyte로 시스템은 총 16 kbytes x 4 = 64kbytes 를 한 주기당 전송한다. 만일 한 주기가 1시간이면(3,600초), 하루에 약 1.6 Mbytes를 전송한다. 서버 시스템은 축적된 PRPD 이미지를 재구성하기 위하여 JSON을 해독하며 PD 최고값, PD 평균값, 노이즈 최고값, 노이즈 평균값의 이미지에 기초하여, 서버 시스템은 PD가 존재하는지 아닌지를 결정할 수 있다.



〈그림 5〉 통신 모듈 구성도

이러한 데이터 전송기능을 수행하도록 제작한 통신모듈은 <그림 5>와 같으며 LoRa, HaLOW, Ethernet, Optical 등의 통신 인터페이스를 적용하였고 배전설비의 특성을 고려하기 위해 개폐기와 개폐기간 무선 호핑 기능을 적용하여 무선 mesh 통신망을 구성하여 데이터를 전송하도록 하였다. 해당 시스템을 통하여 수집된 데이터를 누적하고 데이터분석단계를 통하여 시각화한 결과는 <그림 6>과 같으며 PD 펄스와 시간-주파수맵을 통한 부분방전의 이미지화가 구현되도록 하였다.



〈그림 6〉 부분방전 정보

III. 결론

순간적으로 사라지는 임펄스형태의 전력설비 부분방전 아날로그 신호를 수집하여 디지털 신호처리를 함으로써 특정한 주파수 대역에 군집을 이루는 이미지 패턴을 시스템에서 실시간 분석이 가능하도록 개발하고 부분방전 패턴을 학습시켜 방전의 유형과 분류를 시스템이 자동적으로 수행하도록 함으로써 전력설비의 부분방전 상태를 상시적으로 진단할 수 있도록 하였다.

ACKNOWLEDGMENT

참고 문헌

- [1] 김광화. "전자와 부분방전 측정장치 KSC3700 해설과 IEC 규격동향" 전기의세계 v58 no.2, pp.44-48, 2009, 1598-4613
- [2] 김광화, "전력기기의 감시진단기술" 대한전기협회지 1995 no.227, pp.11-21, 1995
- [3] 이승환, 유치형, 정찬수, 김재철, 이상철, 정양용 "부분방전 신호와 잡음의 분리" 조명전기설비학회지 v.13 no.1, pp.21-30, 1999, 1229-4691