

송전선로용 센서 및 모니터링 시스템 실증 현황과 전망

한경태*, 황우현, 양호욱, 김경환
한국전력공사 SG추진실

The test-status and outlook of sensor and monitoring system for Transmission Line

Kyung-Tae Han*, Woo-Hyun Hwang, Ho-Wook Yang, Kyeong-Hwan Kim
KEPCO Smart Grid Office

Abstract - 최근 들어 전력공급의 신뢰성 강화를 위해 고장을 미리 진단할 수 있는 기술이 요구되고 있다. 전력IT 국제과제로 개발된 전력설비의 감시진단장치 중 송전선로 감시를 위한 센서 및 센서네트워크를 제주 구좌읍의 스마트그리드 실증단지내 기기설치 설치가 진행중이다. 실증사업 1단계로 SG실증단지의 송전선로를 활용하여 성과물의 성능검증하기 위해 송전선로 감시시스템을 현장에 적용하여 성능을 확인한 실증사례 및 문제점에 대한 개선사항을 소개하고 향후 2단계로 추가 실증방향 및 송전선로용 센서를 활용한 시스템 운영 전망을 살펴보고자 한다.

1. 서 론

전력설비의 예방진단 기술은 off-line 중심에서 On-Line 중심으로 전환되고 있다. 산업의 발전으로 전력수요가 급격히 증가하고 있으며 IT 기술의 발전은 고품질의 전력공급을 요구하고 있다. 이를 위해서 전력설비 분야도 고장을 사전예방하고 설비운동을 최적화하기 위해 IT기술을 접목하여 원격에서 모니터링 하는 온라인 예방진단시스템을 개발하고 있다. 이중 송전선로를 원격감시코자 센서기술과 통신기술, 온라인 진단 기술을 이용하여 송전선로의 자연재해, 산불, 중장비 접촉에 의한 고장을 예방하고 효율적인 설비운동을 위해 전력망에 센서 및 센서네트워크 구축하는 기술도 개발되었다. 송전선로 감시시스템은 장거리 또는 송전선로 위해개소 환경정보를 원격에서 감시하는 시스템으로 현장설비의 주변환경, 선로전류 등 정보를 수신하여 선로 상태를 감시하여 신속한 장애 판단과 고장보수를 지원하는 시스템이다. 본 논문에서는 전력IT국제과제로 개발된 송전선로용 센서 및 온라인 감시시스템의 성능검증을 위해 제주 SG실증단지에서 실증한 사례를 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 송전선로 감시용 센서 기술개발 현황

제주 SG실증단지내 SPG(Smart Power Grid) 실증플랫폼 구축에 포함된 송전선로 감시용 센서는 2005년 전력IT과제로 개발된 송전선로 감시를 위한 시스템이다. 시스템 구성은 송전선로용 불센서, 불센서 데이터를 상위시스템으로 전송하기 위한 데이터 중계장치인 LNB(Local Node Box) 및 운영자가 실시간 감시를 위한 HMI로 구성되어 있다.

2.1.1 송전선로 감시용 센서

송전선로용 센서는 구형형태의 센서로 크게 전류센서, 온도센서, 기울기센서, 풍향/풍속 센서, 카메라 등을 포함하고 있다. 전류센서는 부하전류를 측정하는 센서로 50A~250A까지 측정할 수 있고, 고장전류 검출 기능이 포함하고 있다. 온도센서는 외부온도, 전선온도(접촉식)를 측정하고 측정범위 -20℃~+120℃ 및 정밀도는 ±1℃ 수준이다. 기울기 센서는 MEMS 타입의 기울기 센서로 전선의 기울어짐 및 이도를 측정하는데 사용된다. 풍향/풍속센서는 수직,수평 풍향 및 풍속을 측정하는데 7~60m/sec 측정범위와 ±5%의 오차범위를 포함하고 있다. 마지막으로 감시카메라가 센서에 내장되어 있어 불센서 하단 주변을 감시할 있고 카메라 렌즈의 내오염도의 성능을 유지하기 위해 10년간 사용시 70% 이상의 투명도를 유지하고 선로 수목이나, 중장비 접근, 산불 등 송전선로의 위해환경을 감시하는데 사용된다.

센서사양

- 운전 조건 : 154kV ~ 765kV T/L
- 외형 : 직경 300mm, 무게 15.1kg
- 통신방식 : Zigbee, Wi-Fi
- 전원공급 : Power CT 전원 유도 방식
- 운전전류 : 50A ~ 250A

2.1.2 데이터 중계장치(LNB)

데이터 중계장치는 불센서에 취득한 데이터를 상위시스템으로

전송하는 중계장치로 센서로부터 Wi-Fi 등으로 통신하고 상위 시스템으로는 송전선로용 OPGW 광통신을 이용하여 상위시스템으로 전송한다. 통신방식은 IEC 61850 기반의 프로토콜 인터페이스 할 수 있도록 개발되었다.

데이터 취득장치(LNB)

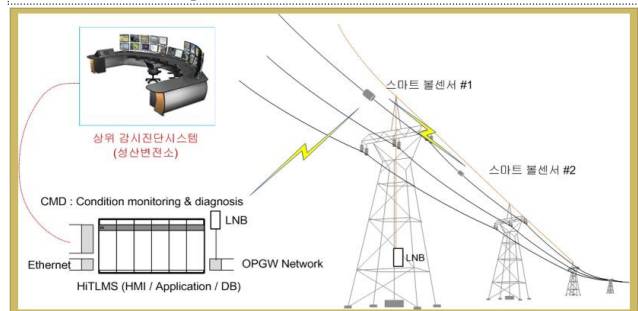
- 송전선로 CMD용 IEC61850 LN Server
- 무선 전송거리 : 500 ~ 800M(WI-FI Network)
- 영상 및 실시간 데이터 전송 기능
- 상위시스템과 IEC61850 프로토콜 인터페이스
- 이중화용 자율전원 장치(태양광, 배터리)

2.1.3 상위시스템(HMI)

상위시스템은 크게 감시 프로세서와 진단프로세서로 나눌 수 있다. 감시프로세서는 데이터 처리 및 상태 감시의 주된 기능을 수행하고, 진단 프로세서는 여러 알고리즘을 이용하여 송전 데이터를 평가하고 진단하는 역할을 한다. 감시프로세서는 크게 송전용 감시진단시스템의 HMI(Human-Machine Interface)와 서버부로 나눌 수 있으며, 각 요소들은 다양한 기능을 수행하게 된다. HMI는 서버로부터 획득된 데이터의 상태 표시 및 감시를 수행하게 되고, 때로는 사용자의 요구에 따라 현재 송전설비의 이력정보들을 데이터베이스로부터 획득하여 필요한 형태로 표시하게 된다. 송전용 감시진단시스템 서버는 송전선로 측 센서 및 센서 네트워크 장치의 데이터를 수집하고 처리하여 상단의 HMI와 데이터베이스, 그리고 진단 프로세서가 일을 수행하는데 필요한 데이터를 제공하는 기능을 가지고 있으며, 데이터베이스의 관리, 통신량 최적화 등의 부가 기능을 수행한다. 또한 알람 정보와 이력 데이터의 효율적인 관리를 위해 각각 알람 및 로깅 프로세스가 내부적으로 수행된다. 그림 1은 송전선로 센서 및 시스템 구성도를 보여준다.

주요감시 항목

- 운전상태 감시 : 부하전류, 온도, 선로이도 및 횡진)
- 선로환경 감시 : 풍향, 풍속, 대기온도, 습도, 기압 영상정보 등
- * 송전선로 기술기, 장력, 온도 데이터를 종합하여 송전선로의 이도(Dip) 계산



〈그림1〉 송전선로 불센서 및 시스템 구성도

2.2 송전선로 감시용 센서 네트워크 실증내용

전력IT 과제로 개발된 송전선로 센서 및 모니터링 시스템의 성능을 검증하기 위해 제주에서 SPG 실증플랫폼 구축하고 있다. 이 시스템은 제주 성산변전소-조천변전소간 154kV 조천-성산송전선로를 활용하여 센서, LNB, 상위모니터링 시스템을 구축하여 성능을 검증 중에 있다.

2.2.1 실증현황

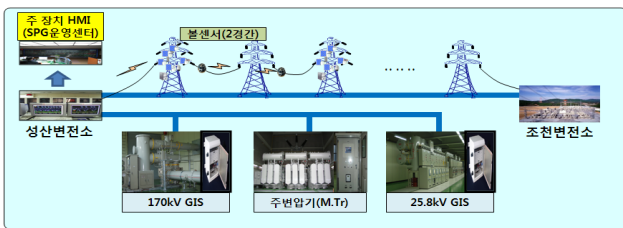
제주 실증단지내 본 시스템을 실증하기 위해 아래와 같이 선로를 선

정하고 시스템을 구축하였다.

- 실증선로 : 제주 SG실증단지 154kV 조천-성산송전선로
- 구축기간 : '10. 10 ~ '11. 5
- 실증수량 : 송전선로 감시용 불센서 2대

데이터 중계장치(LNB), ISET, 상위시스템 1식

불센서는 154kV 조천-성산송전선로 80-81-82호 간 내장철탑 애자란 끝단에서 2m 지점 B상과 C상에 설치하여 데이터를 비교할 수 있도록 하였다. 데이터 수집을 위해 데이터 중계장치는 성산변전소 옥상에 설치하여 불센서 데이터를 Wi-Fi 통신방식으로 수집하여 상위시스템으로는 광통신으로 전송할 수 있도록 구성하였다. 상위시스템은 구좌읍 행원리 스마트그리드 홍보관 3층 파워그리드 운영센터내 설치하고 서버 및 모니터링 시스템을 구성하여 상시 데이터를 감시할 수 있도록 하였다. 또한 센서 설치내용과 모니터링 시스템 운영화면을 일반인이 볼 수 있도록 스마트그리드 홍보관 내 KEPCO홍보관에 설치하여 데이터를 확인이 가능하도록 설치하였다. 그림 2는 실증단지 내 송전선로 센서를 설치한 내용과 모니터링 시스템을 구축한 구성도를 보여주고 있으며, 그림 3은 센서설치 내용이고 그림 4, 5는 파워그리드 운영센터의 모니터링 시스템인 화면을 보여준다. 모니터링 시스템은 선로 및 환경정보 데이터 값, 카메라 촬영화면, 트렌트 추세를 종합적으로 보여주고 선로이도 및 기술기 상태값을 보여준다.



<그림 2> 실증단지 내 센서 및 모니터링 시스템 구성도



<그림 3> 불센서 설치 사진



<그림 4> 모니터링 화면

<그림 5> 이도추정 화면

2.2.1 1차 실증시험 결과

154kV 조천-성산선로의 경우 변전소 부하가 많지 않고, 대용량 풍력인 154kV 삼달풍력선로의 부하공급 영향으로 조천-성산선로 부하전류가 90A 이하로 운전하는 경우가 많았는데 이때는 불센서가 오동작 및 부동작 하는 경우가 발생하였다. 원인으로서는 불센서 전원부(Power CT) 설계시 송전선로 전류값 90A를 최소 센서 기동전원을 확보하도록 설계되어 있어 센서 운전이 필요한 최소전력(5.5W)을 얻지 못했다. 이처럼 Power CT 성능을 향상시킬 수 있도록 개선사항이 중요한 점으로 대두되어 센서 전원장치를 개선토록 하였다.

2.3 송전선로 감시용 센서 네트워크 1차 실증 개선사항

1차 시험결과 센서 전원문제 및 데이터 수신불량 등 여러 가지 도출된 문제점 등을 개선하기 위해 제작사와 협의하여 센서를 개선토록 하고 재 설치할 수 있도록 실증작업을 시행하였다.

2.3.1 송전선로 감시시스템의 문제점 및 개선사항

No	문제점	개선 사항
1	○ 센서 최소 기동전원 확보 필요 - Power CT 효율 (80A, 1000mA, 5W) - 조천-성산송전선로의 경우 60A 이하로 가끔씩 운전하는 상황으로 스마트 센서의 운전 전원을 확보가 간헐적 곤란	○ 선로전류 60A 이상에서는 정상운전을 하고 60A 이하에서는 센서 내장 충전장치로 일정시간 운전이 가능토록 개선.

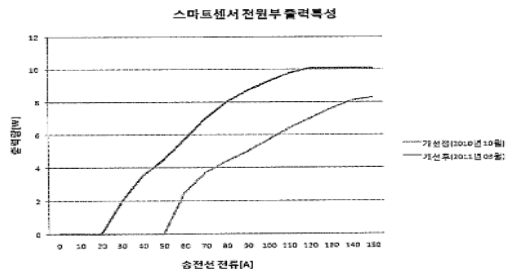
2	○ 내장된 센서데이터 신뢰성 검증필요	○ 각 센서의 선형성과 정밀성 측정기술 확보 : 제작사에 센서 정밀도 관측 실험장치 설치
3	○ 전원 충전장치 성능개선	○ 센서전원 충전용 Super 캐패시터 충전성능 증대
4	○ 센서외부 부착된 풍향/풍속센서 경우 작업자 실수로 파손 우려	○ 불센서 외장부의 풍향/풍속 센서 보호용 캡 취부 등

2.3.1 송전선로 감시시스템의 개선결과 및 센서 개선

센서 데이터 취득상태 신뢰성 확보를 위해 센서 전원부 문제점을 해결코자 센서 전원장치가 선로전류 50A부터 동작가능토록 제작사와 협의 후 Power CT 및 전원회로 보완하였다.

- ✓ Power CT, 전력변환부, 전력관리 프로그램 보완 및 수정
- ✓ 송전선로 사고전류(50kA까지)로부터 회로를 보호하는 보호회로 구성

센서 개선 후 실험실 시험결과 송전선로 전류가 50~60A 시에 운전 최소전력[5.5W]을 확보하여 동작하였고 또한 대전류의 고장전류가 흘려도 성능을 유지토록 보호회로를 개선하여 공인시험기관의 대전류 시험과 자체시험을 통과토록 하였다.



<그림 6> 센서 전원부 출력특성

센서 전원장치 성능을 개선한 후 제주 성산변전소 154kV 조천-송전선로에 2010년 10월에 설치된 스마트 불센서 2기를 교체하고, 파워그리드 센터에 운영중인 감시진단 상위시스템을 업그레이드 하였다. 교체한 스마트 불센서와 송전선로 감시진단시스템에 대해 교체 이후에 주기적으로 Logging Data를 수집하여 통신시험 및 성능시험 분석 확인결과 정상 범위 내에서 동작하고 있다. 다만 풍향/풍속센서의 경우는 보완이 필요한 사항이다.

3. 결 론

제주 실증중인 송전선로 감시시스템은 센서에서 문제점이 도출되고 개선은 하였지만 여전히 센서 신뢰도를 높일 필요가 있다. 풍향/풍속센서 데이터 정확성 및 비교 가능토록 보완이 요구된다. 카메라의 경우는 선로 하단 뿐만 아니라 철탑, 선로측도 감시가 가능토록 제어기능을 추가하여 시스템을 구성이 필요해 보인다. 향후 송전선로 중간지점에 2개의 센서를 취부하여 기존 센서와의 데이터를 비교할 예정이다. 현 시스템의 선로전류 등 선로정보, 환경정보를 취득하여 고장예방 및 신뢰도를 향상시킬 목적이지만 향후 송전선로의 지능화를 위해선 정밀도가 높은 센서 데이터를 활용하여 고장예방과 선로 용량을 실시간 계산하여 선로 운영을 최적화하는 방안이 요구된다. 따라서, 2단계 실증에서는 이런 기능을 포함하여 추가실증 보완하여 확대운영을 검토할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 지식경제부, "전력용 텔레메트릭스 선로측 센서 및 센서 네트워크장치 기반 구축" 최종 보고서, 40-48, 이병호 외 2009. 11
- [2] 전력연구원, "송전선로 감시시스템 구축 및 시험" 1-4, 12-38, 이상우 외 2011. 5
- [3] 현대중공업, 스마트센서 전원부 효율과 안전성 개선보고서 3-4, 시스템 제어연구실 2011. 3