

무선통신기술을 적용한 도시철도 전력설비의 상태모니터링

Condition Monitoring of the Power Facilities applying to the Wireless Communications in Urban Rail Transit

김도윤† 정호성* 박 영* 박현준** 박영재*** 김성태****
Kim, Doyoon Jung, Hosung Park, Young Park, Hyun-June Park, Youngjae Kim, Sungtae

ABSTRACT

Power facilities of urban rail transit substation is deterioration, and endurance limitation is coming, so urban rail transit facilities should take any necessary measure for maintenance and repair. In this paper proposes online monitoring system using the wireless communications for the urban rail transit. This system is constructed various departments; such as sensor, measurement, data communication, host computer, and power departments. It is designed to collect and save AI (Analog Input) information of the power facilities, and to analyze and display them. As a result, it is possible to prevent from any unexpected power cuts and monitor any abnormalities in real time, and to collect accumulated data for creating a better management system.

1. 서 론

도시철도 변전소 전력설비는 노후화가 진행, 내구연한이 도래하고 있어 전력설비 상태를 실시간 감시, 진단하는 시스템 구축의 필요성이 대두되고 있다[4]. 또한 정보기술(Information Technology, IT)의 발전에 따라 IP(Internet Protocol)기반의 상태진단 장비가 개발되고 전력설비의 예방보전이 가능한 부분방 전측정, 전류측정, 이미지분석, 초음파분석 등 다양한 상태진단 기술이 개발되고 있다[3]. 현재 이러한 기술들은 국내 한국전력공사(KEPCO)에서 IEC 61850 기반 변전소 자동화 시스템(Substation Automation System, SAS)에 적용하여 신뢰성 및 운전성능, 환경 적응내력을 검증하고 있으며 해외 ABB사에서는 IEC 60807의 데이터 전송 프로토콜을 이용하여 전차선, 조가선 및 전력설비의 감시 및 보호를 하고 있다. 하지만 위의 기술들을 도시철도 전력설비에 도입하는 것은 도시철도 전력설비가 직류급전 방식을 채택, 사용하고 있고 변전소의 위치가 주로 지하에 건설되어 전력설비의 형태가 소형이고 밀폐형인 등 일반 전력설비와 상이하여 바로 적용하기가 힘들다[5-7]. 본 논문에서는 도시철도 전력설비에 IT기술의 무선 전송기술을 적용한 온라인 상태모니터링 시스템 구현에 관하여 나타내었다. 이 시스템은 센서부, 계측부, 송수신부, Host Computer, 전원부로 구성 하였고, 온라인 상태의 전력설비 데이터를 수집, 저장, 분석, 디스플레이 하도록 설계 하였다. 그 결과로 도시철도 변전소 전력설비의 상태를 실시간 모니터링하고 축적된 데이터로부터 최적의 유지보수 대책을 수립할 수 있는 방법을 제시하였다[8-9].

† 학생회원, 고려대학교, 전자전기공학과, 석사과정
E-mail : doyoonkim@korea.ac.kr

TEL : (031)460-5416 FAX : (031)460-5459

* 정회원, 한국철도기술연구원, 집전전력연구실, 선임연구원

** 정회원, 한국철도기술연구원, 집전전력연구실, 수석연구원

*** 비회원, 광주광역시도시철도공사, 기술본부, 전기팀, 팀장

**** 비회원, 광주광역시도시철도공사, 기술본부, 전기팀, 차장

2. 시스템의 구성

도시철도 변전소 전력설비의 상태모니터링 시스템은 크게 5개의 부분으로 구분 할 수 있다. 첫째는 전력설비로부터 데이터를 수집하는 센서부, 둘째는 입력신호를 받아 처리하는 계측부, 셋째는 데이터를 송신하고 수신하는 데이터 전송부, 넷째는 데이터를 저장, 분석, 디스플레이 하는 Host Computer, 마지막으로 계측부 전체에 전원을 공급하는 전원부이다. 그림 1은 도시철도 변전소 전력설비에 적용한 상태모니터링 시스템의 구성도이고 각 구성요소 별 구체적인 기능은 다음과 같다. 센서부는 전력설비의 물리적 현상인 전압, 전류를 DAQ 시스템(Data Acquisition System)이 측정 할 수 있는 전기적 신호로 변환하는 것으로 전력설비 및 계통의 보호를 위해 기존에 설치되어 있는 계기용 변압기(Potential Transformer, PT) 센서와, 계기용 변류기(Current Transformer, CT)센서를 이용하였다. 계측부는 센서로부터의 입력 신호를 받아 DAQ 장치가 측정하기 적합하도록 데이터를 증폭, 처리하여 부분으로 본 시스템에서는 하나의 모듈 당 4채널까지 확장 가능하고, 각 채널마다 하나의 증폭기와 하나의 A/D Converter로 구성되어 컨디셔닝(Conditioning)하는 NI(National Instrument)사의 전압 모듈을 사용, 이더넷 전송방식의 새시에 담아 각각의 전력설비 내부에 설치하였다. 표 1은 상태모니터링 시스템의 계측기 사양을 나타낸다. 송수신부는 이더넷 기반의 계측부로부터 획득한 데이터를 AP(Access Point)를 통해 원거리의 Host Computer까지 데이터를 송, 수신 하는 부분으로 무선규격 802.11b/g/n을 지원하고 전송속도는 최대 300Mbps까지 지원하는 AP를 사용하였다. Host computer는 계측부의 각 채널 설정을 돕는 Channel Setting과 AP로부터 수신된 데이터를 실시간 저장 및 분석, 디스플레이 하는 부분으로 본 시스템의 구현에서는 Notebook과 상용프로그램인 Lebview 8.6를 이용하였다. 그림 2는 상태모니터링 시스템에서의 계측부 채널을 설정하는 화면이다. 그리고 마지막으로 전원부는 계측장비 전체에 전원을 공급하는 부분이다.

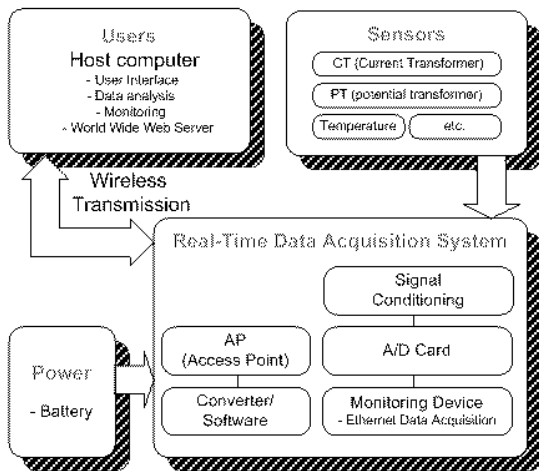


그림 1. 상태모니터링 시스템의 구성

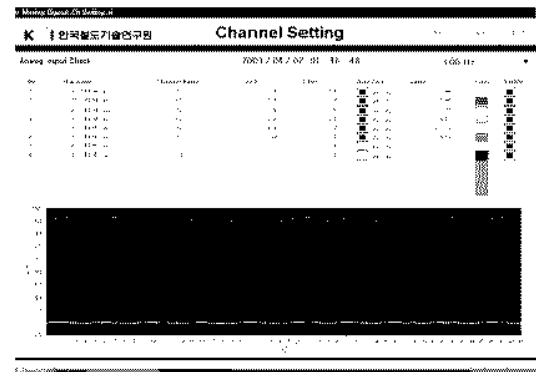


그림 2. 상태모니터링 시스템의 채널 설정

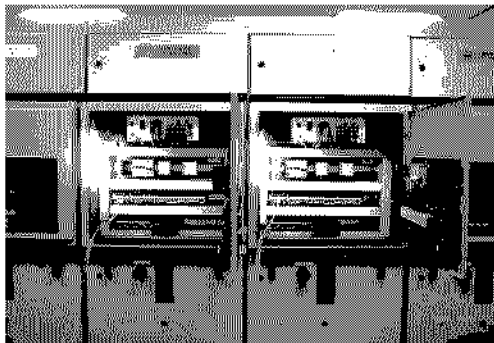
표 1. 전력설비의 상태모니터링을 위한 계측기 사양

연번	명칭	Model	수량	주요사양
1	Module	NI 9215	3	Signal Conditioning · Simultaneous sampling, 16-bit Rate · 100kS/sec/ch Connectivity · Screw terminal or BNC
2	Chassis	NI	3	Ethernet communications interface

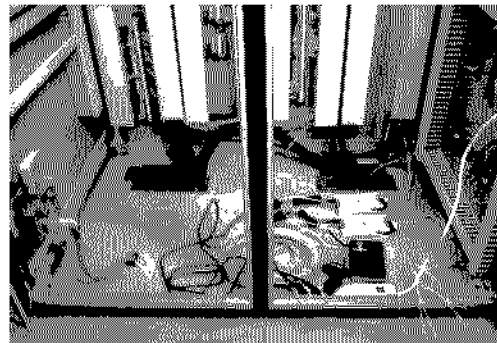
		ENET-9163		<ul style="list-style-type: none"> · 10/100 Mb/sec Cabling distance per segment · Up to 100 m Triggering and sample clock import/export · Two digital PFI lines
3	Switching power Supply	-	3	Sources <ul style="list-style-type: none"> · up to 12 VDC, 1.25 A
4	AP(Access Point)	DIR-615	1	Standards <ul style="list-style-type: none"> · 802.11b/g/n

3. 시스템의 현장시험

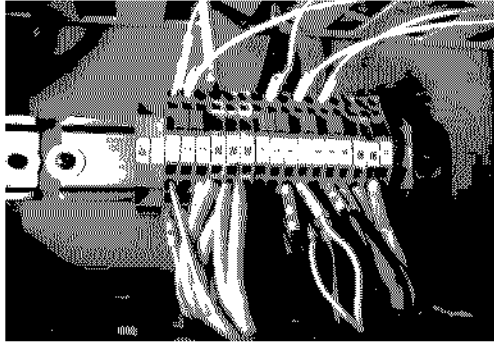
도시철도 변전소 전력설비의 상태를 감시, 진단하기 위한 상태모니터링 시스템은 광주도시철도공사의 옥동변전소에서 현장 설치하여 성능을 확인 하였다. 계측은 급전선 2라인과 부급전선 1라인에 적용 하였고 각각의 라인별로 전압, 전류를 모니터링 하여 총 6개의 계측기 채널에서 데이터를 획득 하였다. 그림 3은 한국전력으로부터 AC 22.9kV를 수전 받아 AC 590V로 강압하는 정류기용 변압기와 전차선에 DC 1500V로 급전하기 위해 교류를 직류로 변환하는 정류기, 철도 급전계통 중 계전기의 트립 신호에 의해 차단동작을 수행하는 차단기를 통해 열차에 DC 1500V로 급전되는 전차선의 전압, 전류를 측정하기 위한 PT센서, CT센서 2차측에 계측기를 설치한 사진과 Host Computer에서 데이터를 저장 및 분석, 디스플레이 하는 사진이다. 계측기로 연결된 각 라인 별 PT, CT센서의 변압, 변류비는 급전선 2라인의 경우 변압비 2000:5, 변류비 8000:5이고 부급전선 1라인의 변압비는 2000:5, 변류비는 24000:5이다. 그리고 계측기의 외함은 고압 전력설비로부터 유기 되어지는 전압이나 기계기구의 절연이 파괴되었을 때 안전사고를 대비하여 부급전선의 메인접지에 연결하였다. Host Computer에서의 데이터 저장 및 디스플레이 하는 Sampling rate는 상태감시진단 시스템이 직류 전압, 전류를 모니터링 하기 때문에 데이터의 앨리어싱 현상이 없다고 가정하고 저장되는 데이터의 용량을 고려하여 1초에 100개의 데이터를 저장, 모니터 화면에 디스플레이는 초당 2개의 데이터를 플롯하게 하였다. 또한 저장된 데이터는 테스트 파일로 변환 가능한 dat파일로 생성하게 하였고 1시간 마다 1개의 파일로 저장하게 하였다.



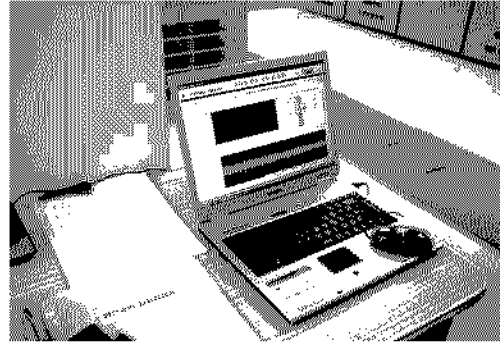
(a) 급전선의 전압, 전류 계측



(b) 상태모니터링 시스템의 계측



(d) 부급전선의 전압, 전류 계측

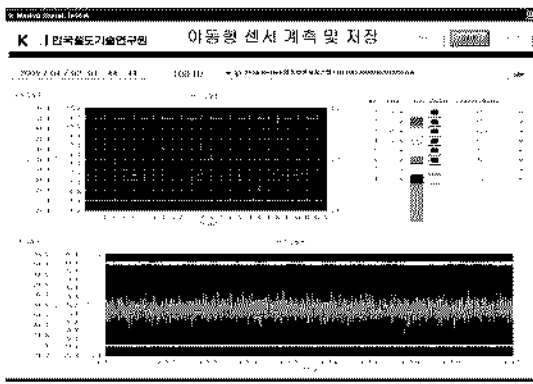


(c) 데이터의 저장, 분석, 모니터링

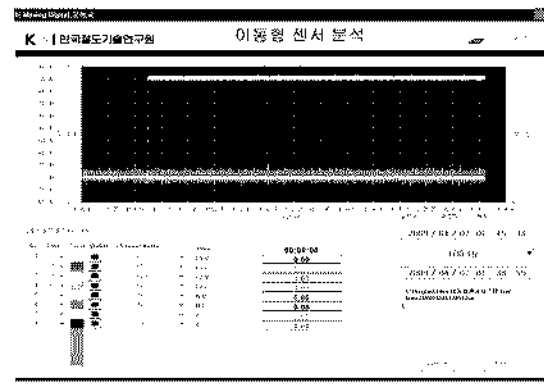
그림 3. 전력설비 상태모니터링 시스템의 현장설치

4. 측정결과

도시철도 변전소 전력설비의 상태모니터링 시스템의 데이터 저장 및 분석, 디스플레이는 Host computer에서 이뤄지도록 설계 하였다. Host computer에서는 크게 2개의 화면으로 나눠 데이터를 획득 하는데 첫 번째는 획득한 데이터를 저장 및 디스플레이 하는 화면으로 각 채널별 데이터의 플롯 여부와 파형의 색등을 사용자가 임의적으로 변경할 수 있게 구성하여 측정한다. 둘째는 저장된 데이터를 분석하는 이동형 센서 분석 화면으로 사용자가 필요한 저장된 데이터를 불러들여 시간 변화에 따른 데이터의 변동 및 FFT를 통한 데이터의 분석을 가능하게 한다. 그림 4는 도시철도 변전소 전력설비의 상태모니터링 시스템의 저장, 분석, 디스플레이 하는 사진이다. 이로써 기존 전력설비의 표면에 현시 하였던 전압, 전류 또는 케이블의 연결에 의해 획득하였던 데이터 대신에 케이블을 사용하지 않고 전력설비의 전압, 전류를 획득하고 획득된 데이터를 저장, 분석, 디스플레이 할 수 있는 방법을 제시하여 도시철도 변전소 전력설비의 정량적인 상태 및 이력데이터 축적할 수 있는 방법을 마련하였다.



(a) 이동형 센서 계측 및 저장 화면



(b) 이동형 센서 분석 화면

그림 4. 전력설비의 상태모니터링 시스템의 데이터 저장, 분석 감시화면

5. 결론

도시철도 변전소는 전력설비의 상태를 실시간 감시, 진단하는 시스템의 도입이 필요하다. 하지만 국내외의 감시 및 진단기술을 도시철도 전력설비에 바로 적용하는 것은 도시철도 전력설비가 직류급전방식을 채택, 사용하고 있고 변전소의 위치가 주로 지하에 건설되어 전력설비의 형태가 소형, 밀폐형인 등 일반전력설비와 상이하여 바로 적용하기가 힘들고 경제성도 고려해야 한다. 본 논문에서는 IP기반 이더넷 무선전송 기술을 이용한 전력설비 상태모니터링 시스템 구현에 관하여 나타낸다. 이 장치는 크게 센서부, 계측부,

송·수신부, Host Computer, 전원부로 구성되어 온라인 상태인 전력설비의 전압, 전류를 실시간 모니터링, 데이터의 저장, 분석, 디스플레이 한다. 이로써 도시철도 변전소 전력설비의 상태 데이터를 무선으로 송, 수신하여 설비의 정상적인 상태 및 이력데이터를 축적하는 방법을 마련 하였고, 이상징후를 실시간 모니터링, 축적된 데이터로부터 최적의 유지보수 대책을 수립할 수 있는 방법을 제시하였다.

6. 참고문헌

1. 김도윤, 정호성, 박영, 한석윤, 이상빈(2008), “도시철도용 몰드변압기 상태감시를 위한 사례조사 연구”, 한국철도학회 추계학술대회논문집, pp.235~240.
2. 김도윤, 정호성, 박영, 이상빈(2008), “도시철도 전기설비 온라인 상태진단 기술”, 한국전기전자재료학회 하계학술대회논문집, pp.500.
3. D. P. Buse and Q. H. Wu, “IP Network-based Multi-agent Systems for Industrial Automation”, Springer, pp.127~155.
4. 한국철도기술연구원(2008), “도시철도 시설물 표준화 연구”, 기술보고서.
5. 한국전기연구원(2006), “몰드 변압기 온라인 이상검출장치 개발”, 기술보고서.
6. 전력연구원(1998), “변전설비 진단기술 개발 연구”, 기술보고서.
7. 전력연구원(2001) “765kV 변전기기 예방진단시스템 개발”, 기술보고서.
8. <http://www.ni.com/products/>(Accessed 19 January 2009)
9. <http://www.abb.com/productGuide/>(Accessed 19 January 2009)