

# 변전소와 수배전반에 적용 가능한 다기능 원격 관리시스템 개발

정성학\* · 강학성\* · 전감표\* · 정도운\*

\*동서대학교

## Development of the Remote Management System for Substation and Distribution Substation

Sung-Hak Jeong\* · Hak-Sung Kang\* · Gam-Pyo Jeon\* · Do-Un Jeong\*

\*Dongseo University

E-mail : jung8988@hanmail.net, dujeong@dongseo.ac.kr

### 요 약

에너지 소비 증가와 환경문제의 이슈화로 전력 산업의 고도화 및 에너지 고효율화에 대한 관심이 집중되고 있다. 이러한 요구에 따라 지능형 전력시스템과 같은 전력 IT 산업이 새로운 신 성장 동력 산업으로 주목받고 있으며, IT 기반의 선진화된 고효율 전력 산업이 저탄소·녹색 성장으로 대표되는 국가 경쟁력 강화의 핵심 요소로 자리 잡고 있다. 지능형 전력시스템은 발전에서부터 송전 및 변전, 그리고 배전/수용가 시스템에 이르기까지 전력의 생산에서부터 소비에 이르는 과정에 자동제어, 센서, 통신망 등의 정보기술을 적용하여 효율적 전력관리를 수행한다. 본 연구에서는 유인 또는 무인 변전소의 수배전반에 적용할 수 있는 실시간 전력감시(전류,전압,전력,역률,주파수), 환경감시(배수장 수위, 국부적 위험지역의 온도등), 상태감시(진공차단기, 기중차단기의 이상 상태, 배수장 모터 작동 상태 등) 등 통합관리 기능을 갖는 다기능 원격 관리시스템을 구현하였으며, 구현된 시스템의 평가를 통해 실제 현장적용 가능성을 평가하였다.

### 키워드

Keyword : Substation ,Transformer substation, Distribution substation, Power IT

## 1. 서 론

전력 IT는 기존의 전력관련 기술에 첨단 IT기술을 접목시켜 전력시스템을 고도화, 지능화 하고, 통신, S/W와 결합한 새로운 전력 서비스를 창출하기위한 사업으로 전력산업의 새로운 성장 동력으로 인식되고 있다.

전력 IT 즉, 지능형 전력 시스템이 도입되면 발전, 송전, 배전 설비 등 전력 인프라에 구축되어 있는 모든 설비 및 장비를 실시간으로 모니터링 함으로써 전력 수요 및 공급의 밸런스를 최적화할 수 있으며, 에너지 수입 및 전력 인프라 건설 및 운영에 소요되는 막대한 비용을 절감하고, 사용자에게는 안정적으로 전력을 공급할 수 있다[1].

지능형 전력시스템을 적용할 경우 전력비용 절감 및 품질 개선 등 연간 7,500억원이상의 사회적 이득이 발생할 것으로 예상하고 있다. 또한 안정적인 전력 공급을 통해 대규모 정전사태의 예방 뿐만 아니라 에너지 효율 향상, 새로운 에너지원의 발굴, 환경 규제 및 지구 온난화 등의 환경문제에 보다 능동적인 대처가 가능하다[2].

본 연구에서는 수배전반, 유인 변전소, 무인 변전소 등에 적용할 수 있는 첨단 IT기술을 접목한 통합형 원격 전력, 환경, 상태 모니터링이 가능한 다기능 원격 관리 시스템을 구현하고자 하였으며, 이를 위해 전류, 전압, 전력,역률,주파수,배수장수위,국부적 위험지역의 온도, 진공차단기, 기중차단기의 상태, 변전소의 주위 환경적 요소 등을 통합적으로 모니터링하여 사고를 미연에 방지하고, 긴급 상황발생 시 신속한 대처가

가능하도록 지원하는 시스템을 구현하고자 하였다. 또한 무인화배전반, 자동제어반, 계장제어반 등에 설치하여 유인 변전소에서 무인 변전소의 각종 정보를 실시간 관리 및 저장함으로써, 화재나 설비 고장 또는 모터의 작동문제 등의 이상 발생 시 긴급구호를 자동으로 처리하고 이를 관리센터 등에 자동 통보할 수 있는 시스템을 구현하고자 하였다. 본 연구를 통해 구현된 시스템을 적용할 경우 시스템 관리를 위해 상근 근무자가 대기하고 있어야 하는 등의 인력낭비를 줄이면서도, 무인 변전소에 자연재해와 같이 예측 불가능한 운용 장애가 발생하는 경우 유인변전소에서 즉각적인 대응 및 관리가 이루어질 수 있어 변전소 관리의 편의성 및 효율성을 극대화할 수 있다.

## II. 원격관리 시스템의 구현

### 1. 원격관리시스템의 개요

지능형 전력 시스템은 크게 송전, 변전설비의 SCADA(supervisory control & data acquisition), 배전부분에서 배전자동화(distribution automation system, DAS), 수용가 영업 및 판매로는 원격자동검침(automatic meter reading, AMR) 시스템 등으로 구성되며, 특히 송,변전에서 SCADA는 원방감시제어장치로 송전, 배전 등의 전력설비의 동작 상태를 감시, 제어, 측정하는 시스템이며 지능형 전력시스템의 핵심요소이다. 전력 IT의 다양한 분야 중 변전소 자동화 시스템(substation automation system, SAS)의 경우 과거 단순한 전력 감시 및 제어 기능에서 전력 품질을 관리하는 기능, 설비의 온라인 상태 진단 및 수명을 예측하는 기능과 재해로부터 시설을 관리하는 등의 첨단기능이 부가된 자동화 시스템으로의 개발 필요성이 대두되고 있다. 즉, 첨단 IT기술과의 접목을 통해 관리 시스템에서 전력이상, 화재나 설비고장, 모터의 작동불량 등 이상 발생 시 이를 모니터링하고 무선통신을 통해 관리센터 등에 자동 통보하는 일련의 과정을 통합적으로 수행할 수 있는 시스템의 필요성이 부각되고 있다. 하지만 기존의 전력 제어 설비는 무인화, 자동화 추세에 따라 많은 수의 센서와 모터 등이 설치되어 있으므로 이들의 작동상태를 관찰하고, 신속한 대응이 필수적이지만 각종이상 발생 시 즉시 조치를 취하여야 할 필요가 있음에도 불구하고 응급 상황을 인지하지 못해 전력사고로 이어질 수 있다.

### 2. 원격관리시스템의 기능

본 연구에서는 개발하고자 하는 원격관리시스템은 송,변전설비에서 사용하고있는 SCADA, 배전자동화에서 사용하고 있는 DAS시스템과 연계하여 사용이 가능하며, 유선네트워크 망이 설치되지 않은 곳에서도 단독으로 원격관리가 가능하도록 CDMA를 이용한 데이터통신기능을 부가

한 관리시스템을 구성하였다. 본 연구를 통해 구현된 시스템은 전력감시뿐만 아니라 환경감시, 상태감시기능을 동시에 수행할 수 있는 관리시스템을 구현하고자 하였다. 전력감시 기능에서는 전압, 전류, 전력, 역률, 주파수의 감시가 가능하도록 구성하였으며, 환경감시 기능에서는 배수장 수위, 국부적위험지역의 온도를 감시하는 기능을 갖는다. 또한 상태감시에서는 고압반의 VCB (Vacumn Circuit Braker), 저압반 ACB(Air Circuit Braker)의 운전, 정지, 트립상태 및 모터의 운전상태 감시가 가능하도록 구성하였다.

### 3. 시스템 전원부의 구성

본 연구에서 구현한 원격관리시스템의 경우 변전소 및 수배전반의 고전압, 서지전류 등의 유입을 차단할 수 있는 전원부의 구성이 필수적이다. 따라서 미세신호 검출을 위한 입력부와 디지털 제어 시스템 부, 디지털 출력부의 전원을 독립전원으로 구성하였다. 또한 각 전원별 접지회로를 별도 구성하여 완전 접지분리회로를 구성하였으며, 포토커플러를 통한 광 결합 신호전송 방식을 사용하였다. 본 연구의 원격관리 시스템에 적용한 전원부의 구성과 전원별 주변장치의 구성은 그림 1과 같다.

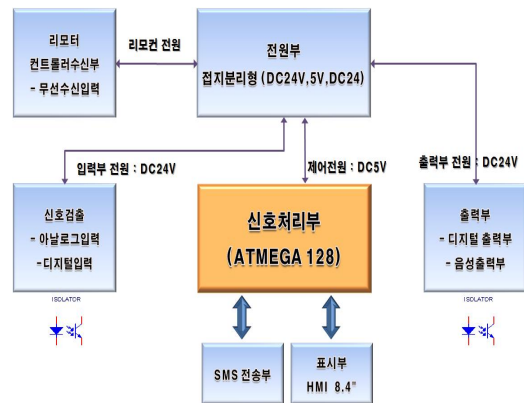


그림 1. 시스템 전원부의 구성 및 주변장치.

### 4. 시스템 제어부의 구성

계측된 전력신호, 배수장 수위신호 및 화재감지신호, VCB, ACB 상태신호 등 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위하여 각각의 입력신호를 초당 128회의 속도로 샘플링하여 10-bit의 분해능으로 디지털 신호로 변환하였다. 이때 순차적 변환을 통해 다중채널 실시간 모니터링이 가능하도록 데이터 획득부를 구성하였다. 또한 전력, 환경, 상태 모니터링을 수행하기 위해 전류, 전압, 전력, 역률, 주파, 수위에 해당하는 아날로그 입력 처리뿐만 아니라 차단기 트립, 수위 디지털 접점 입력처리부를 구성하여 통합적인 원격모니터링이 가능하도록 시스템을 구성하였다.

일련의 원격관리 시스템의 통합제어를 위해

저전력 마이크로프로세서인 ATmega128(Atmel Co., USA)을 이용하였으며, 신호 모니터링뿐만 아니라 주변장치의 통합제어 기능을 수행하도록 시스템을 구성하였다. 본 연구에서 구현한 시스템의 전체적인 구성도를 그림 2에 나타내었으며, 시스템제어부의 동작흐름도를 그림 3에 나타내었다.

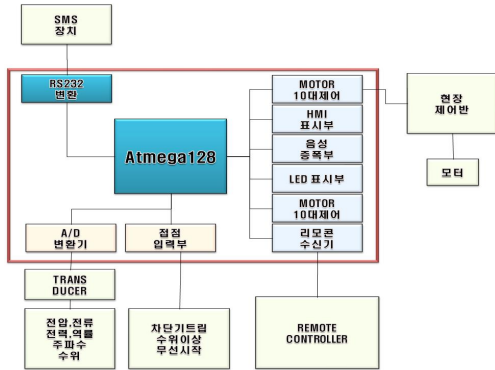


그림 2. 시스템 제어부의 구성.

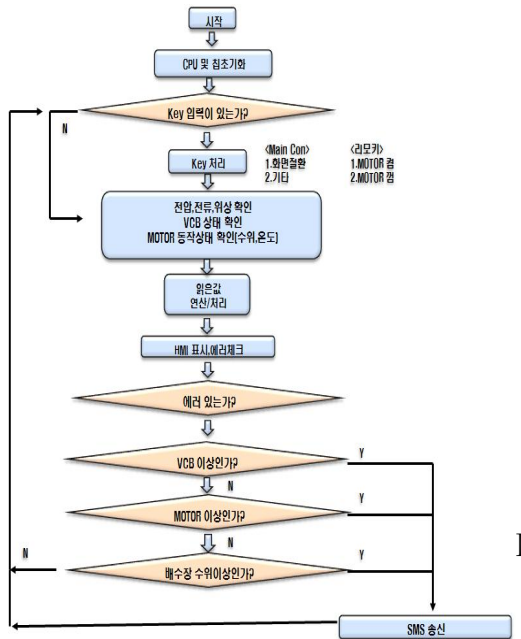


그림 3. 원격관리시스템의 동작흐름도.

### 5. 주변장치부의 구성

본 연구에서 구현한 원격관리시스템의 주변장치로는 모터 제어부, 사용자 인터페이스(HMI, 음성), 동작 및 제어상태 표시 LED, 모터구동상태 표시기, 자가점검 무선리모컨, CDMA모듈을 이용한 SMS 및 데이터 통신부 등을 포함하고 있다. 따라서 실시간으로 전력감시, 상태감시, 환경감시가 가능하며, 이상발생시 CDMA 전송방식을 이용한 긴급문자 전송 및 데이터 통신을 통해 네트워크 인프라가 구축되지 않은 장소에

서도 실시간 데이터 모니터링이 가능하다. 또한 사용자 인터페이스의 편의를 위해 TFT LCD로 구성된 HMI를 설계하였으며, 터치패드를 적용하여 동작편의성을 확보하였다. 본 연구에 적용한 CDMA모듈 및 HMI사양을 표 1과 표 2에 각각 나타내었다.

표 1. 본 연구에 적용한 CDMA모듈의 사양

구분	사양
동작전압	DC 5[V]
주파수대역	수신대역 868~894MHz 송신대역 824~849MHz
전송속도	153.6kbps
소비전력	수신모드 약 120mA, 송신모드 약 350mA

표 2. 본 연구에 적용한 HMI 사양

구분	사양
동작전압	DC 24[V]
디바이스	TFT LCD 65,536컬러 해상도 640×480
전송속도	밝기 450cd/m2
소비전력	메모리 32MB 백업메모리 256KB

## III. 실험 및 결과

### 1. 원격관리시스템의 구현결과

본 연구에서는 유,무인 변전소, 수배전반에 적용할 수 있는 첨단 IT기술을 접목한 통합형 원격 전력, 환경, 상태 모니터링이 가능한 다기능 원격관리시스템을 구현하였다.

원격관리시스템의 시스템의 PCB사진을 그림 4에 나타내었으며, 원격관리 시스템의 메인제어부를 그림 5에 나타내었다.



그림 5. 구현된 메인제어부 PCB 사진.



그림 6. 실제 구현된 메인제어부.

## 2. 원격관리시스템의 동작성능 평가

본 연구에서 구현된 원격관리시스템은 송변전소, 수배전반의 SCADA, 배전자동화의 DAS시스템과 연계하여 적용가능하며, 전력감시, 환경감시, 상태감시를 수행할 수 있다. 시스템의 동작성능을 평가한 결과 전압 및 전류 측정오차는 IEC60687 0.5% 등급 규격을 만족 하였고, 상용주파 내전압시험과 뇌임펄스 내전압 시험은 IEC60694, 60255-5 규격을 만족하는 성능을 나타내었다.



그림 7. 전력 및 환경모니터링 결과.



그림 8. 상태모니터링 결과.

각 기능별 동작성능 평가 결과 전력감시, 환경감시, 상태감시 기능이 원활하게 수행되었고 인위적인 경고상황을 유발시켰을 경우 100%의 위험상황 모니터링이 가능하였으며, SMS문자를 통해 위험상황 통보가 가능함을 확인할 수 있었다. 실제 구현된 다기능 원격관리시스템을 통해 전력 및 환경모니터링을 수행하는 결과를 그림 7에 나타내었으며, 상태감시 수행결과를 그림 8, 배수장 수위 모니터링 결과의 일례를 그림 9에 각각 나타내었다.

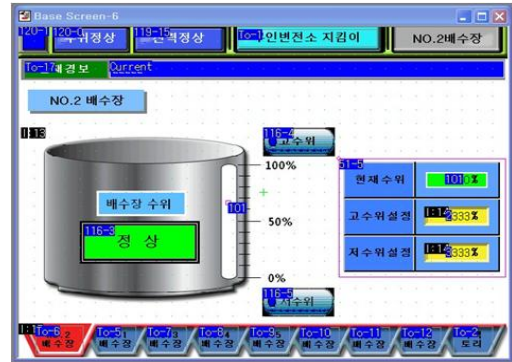


그림 9. 배수장 수위 모니터링 결과.

## IV. 결론

본 연구에서는 유,무인 변전소 또는 수배전반에 적용할 수 있는 실시간 전력감시, 환경감시, 상태감시 등 통합관리 기능을 갖는 다기능 원격관리시스템을 구현하였으며, 주요 특징은 다음과 같다.

- (1) 기존 변전소 또는 수배전반에 설치되는 자동화 시스템은 기능별 모듈로 구성되어 전체 모듈을 구비해야만 자동화 시스템의 구축이 가능하지만, 본 연구에서는 통합형 시스템으로 구현하여 단일 시스템으로 운용이 가능하다.
- (2) 전력감시 뿐만 아니라, 환경감시, 상태감시 등 다기능 모니터링이 가능하다.
- (3) 네트워크 인프라가 구축되지 않은 곳에서도 CDMA 통신을 통해 실시간 SMS 또는 데이터 통신을 통해 상태 모니터링이 가능하다.

## 참고문헌

- [1] IT를 활용한 지능형 전력시스템 추진방향”: [http://www.fkii.or.kr/new/bbs/pdf-eng/2008\\_Autumn\\_13.pdf](http://www.fkii.or.kr/new/bbs/pdf-eng/2008_Autumn_13.pdf)
- [2] 김영현, 명노길, 박병석, 정강식, “전력 IT를 위한 전력제어용 전력선통신 SoC개발”, 대한전자공학회 2008년 하계종합학술대회, 2008.06
- [3] 문형배, “전력계통의 변전소자동화에 대한 연구”, 서울산업대학교 대학원, 2005