

The Development of Dual Structured Power Management System

우 천 희[†] · 이 보 인*
(Chun-Hee Woo · Bo-In Lee)

Abstract - In order to improve the quality of electricity in large scale power systems, stability of power system has to be achieved. This can be done by the means of preventative diagnosis of power equipments and protection, monitoring and control of the power system. Since the recent adoption of digital controllers, an improvement in stability was observed; in particular, IED, which contained self-diagnostic abilities such as fault tolerance, allowed for automatic recovery via redundancy or switching-over functions should there be faults with the equipments. Furthermore, communication lines have been hugely simplified, thus adding to the improvement in stability significantly. Taking these error reports and forecasting emergency reports and by effectively responding to them in the overriding controlling systems, high levels of system stability can be obtained. Power Management System that is being applied to automated power sub-stations, takes the IEC61850 international standard as its specification. In this paper, additional research into achieving stability of already developed PMS system and also the stability of the overall system was carried out, and the results of development of communication servers, which play a pivotal role in connecting systems, are stated.

Key Words : Power Management System, IEC61850, Gateway, Bay Controller, Dual Structure

1. 서 론

전력공급의 안정과 보호설비의 예방진단을 위하여 초고압 변전소에서는 디지털형 변전소자동화시스템(PMS)을 사용하고 있다. 새로운 IEC61850 통신방식을 적용한 디지털형 변전소자동화시스템이 시범적으로 운영된 이후부터 변전소자동화시스템의 수요는 급격하게 증가를 있으며, 이에 따라 시스템의 신뢰성이 중요하게 대두되고 있다.[1] 기존의 통신방식(DNP3.0)으로 변전소에 분산 설치된 지능형 제어기(IED)들을 새로운 표준 네트워크와 연결하는 것에는 많은 기술적 어려움이 있다. 안정적으로 기존 시스템과 기술적, 운영적 측면에서 연계하기 위한 게이트웨이 장치의 개발은 필수적이며, 말단 제어기까지도 새로운 통신방식에 적응하도록 개발되어야 한다.

본 연구에서 개발되어진 IEC61850 변전소자동화시스템은 계통 전반을 감시/제어하는 중앙제어시스템(HMI), 통신의 중추적인 역할을 하는 게이트웨이 및 말단 제어를 담당하는 지능형제어기로 구성하였다. 특히 초고압변전소에서 핵심적인 전력설비인 가스절연개폐기(GIS)를 베이 레벨로 제어하는 베이 컨트롤러를 말단 제어기로 제작하였다. 실제 전력플랜트 현장에서 중앙제어시스템 및 게이트웨이를 중심으로 전력제어시스템을 구성할 경우 전체 시스템의 강건성을 확

보하고 호환성을 제공하기 위하여 하드웨어 및 통신방식에서 이중적인 구조를 채택하였으며, 이를 여러 차례의 현장시험을 통하여 성능을 입증하였다.

2. IEC61850 기반 통신장치 및 제어기의 개발

2.1 DNP3.0 모듈과 호환 가능한 게이트웨이 개발

게이트웨이는 전력플랜트에 분산되어진 말단 지능형제어기로부터 송신되는 다양한 정보를 통합하여 저장하고, 상단의 중앙제어시스템에 필요한 정보를 제공하는 변전소자동화시스템에서 가장 중요한 모듈중의 하나이다. 특히 가스절연개폐기용 베이 컨트롤러에는 제어용 태그가 많기 때문에 네트워크에 많은 부담을 발생시킨다.[2]

게이트웨이 시제품은 저전력 산업용 PC급을 기본으로 Embedded XP를 운영체제로 탑재하였다. 최대 8,000 Tag용 DB 동기화 알고리즘과 기존 시스템과의 호환을 위한 로직용 시리얼 보드가 추가되었으며, 특히 100Mbps 광 랜통신을 지원한다. 또한 시제품의 성능을 시험하기 위하여 공인기관으



그림 1 게이트웨이(AMC-1G)의 시제품
Fig. 1 The prototype of gateway(AMC-1G)

[†] 교신저자, 정희원 : 명지전문대학 전기과 교수 · 공박
E-mail: chwoo@mjc.ac.kr

* 정희원 : (주)유투에스 대표
접수일자 : 2010년 7월 2일
최종완료 : 2010년 8월 6일

로부터 온도특성시험, 진동시험 및 충격시험을 진행하였다. 온도시험은 게이트웨이가 동작하는 상태에서 냉각시험, 진조가열시험 및 주기적 반복 가열시험으로 나누어 시행하였다.

진동시험은 IEC60870-2-2와 IEC60068-2-6에서 규정하는 내용으로 게이트웨이가 동작하는 상태에서 시행하였으며, 마찬가지로 충격시험은 IEC60068-2-7에서 규정에 따라 성능을 검증하였다. 그림 2에서는 충격시험 중 z축으로 시행하기 위해 피시폼을 설치한 모습을 보여 주고 있다.[3]

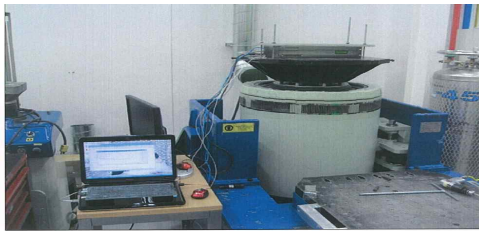


그림 2 충격시험을 위한 시제품 설치 사진
Fig. 2 The picture for the shock test(z-axis)

2.2 가스절연개폐기용 베이 컨트롤러의 국산화

초고압 가스절연개폐기에 제어 및 감시기능을 제공하면서 IEC61850 통신방식을 구현한 제품으로는 독일의 지멘스사 제품이 유일하다. 외국제품을 국내 전력계통에 적용하는데 있어서 인터락 구성 시에 문제점이 도출되었고, 가격 경쟁력을 확보하기 위해 본 연구에서는 베이 레벨 제어기를 국산화하였다. IEC60255에서 규정한 보호계전기와 제어기류를 통합화

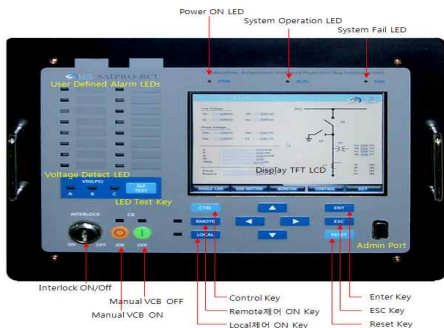


그림 3 베이 컨트롤러의 시제품
Fig. 3 The proto type of Bay Controller

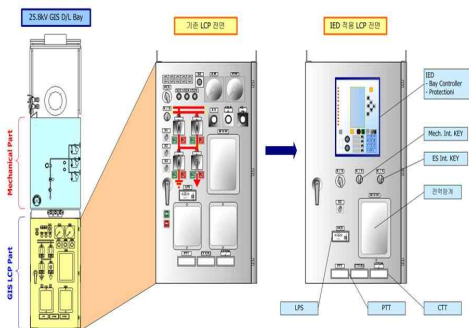


그림 4 25.8kV GIS에 베이 컨트롤러의 적용
Fig. 4 The application for the 25.8kV GIS

하여 상호 연동되도록 물리적 장치들을 로직화 하였으며, 특히 IEC61850 통신방식을 만족시키도록 DSP를 사용하여 제작하였다.[4,5]

개발되어진 베이 컨트롤러를 현장의 가스절연개폐기에 적용한 경우 많은 보조계전기와 메터 및 램프류를 기능 블록으로 대체하기 때문에 단자대의 결선을 획기적으로 제거하여 판넬의 크기를 대폭 줄일 수 있으며, 제어회로의 안정성 및 신뢰성을 대폭 증가시킬 수 있다. 그림 4는 베이 컨트롤러를 25.8kV GIS에 적용한 경우의 개념도를 보여준다.

3. 변전소자동화시스템의 구축과 실계통 적용

기존 변전소의 자동화시스템은 각각의 목적에 필요한 제어용 기기를 따로 설치했을 뿐 아니라 비표준 규격 통신시스템으로 인해 느림, 불안정, 확장성, 상호연동성 등 시스템 신뢰성 문제가 상당부분 존재해왔다. 외국 제품으로 이루어진 시스템의 경우 국내 운영체제와 맞지 않기 때문에 운영시스템, 게이트웨이 및 베이 컨트롤러를 포함하는 지능형 제어기의 국산화 제품기술 개발이 더욱 절실하게 되었다.

3.1 HMI를 활용한 변전소자동화 시스템 구축 및 이중화

중앙제어시스템(HMI)를 활용하여 전력계통을 제어하기 위해서는 계통을 그래픽으로 표시하는 기능은 필수적이다. 그래픽 편집기를 제작하여 사용자가 쉽게 계통도를 그릴 수 있도록 편의성을 최대한 고려하였을 뿐만 아니라, 각 포인트에 할당된 입출력 포트로부터 발생되어진 이벤트를 수집하여 경보발생화면을 구성하고 레포트 형태로 출력하는 시스템 모듈을 개발하였다.[6]

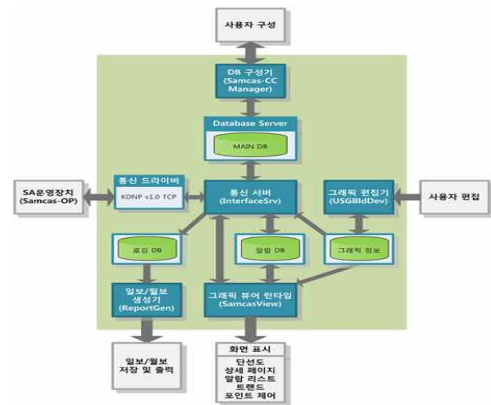


그림 5 HMI의 소프트웨어 구성도
Fig. 5 The structure of HMI software

특히 차단기나 단로기와 같은 개폐기류 투입 및 트립이 발생한 시각과 통신장치의 에러 및 복구상태 등을 알려주도록 개발되었다. 그림 5는 제작되어진 HMI의 소프트웨어 구성 다이어그램을 보여준다.

3.1.1 IEC61850을 지원하는 HMI Tool 개발

IEC61850/DNP3.0을 완벽하게 지원하는 변전소자동화용 중앙제어시스템에는 운영체제와 더불어 이를 지원하는 도구가 다양하게 필요로 한다. 개발되어진 도구들의 특징은 다음과 같다.

① 고장파형 재현 알고리즘 개발

현장에 설치된 다수의 지능형 제어기에 저장된 사고 파형을 실시간으로 수집하고 저장하여 사고 발생 원인을 유기적으로 분석할 수 있는 기능을 제공한다. 고장파형 로거는 IEC 61850 파일 전송 기능을 사용한 파일 수집 모듈과 수집된 파형을 분석할 수 있는 뷰어로 구성되며, 개발되어진 특징은 다음과 같다.

- PMS용 HMI 시스템과 연계 기능
- IEC61850 파일전송 기능을 사용한 실시간 수집기능
- IEEE PC37.111 COMTRADE 파일 형식 지원
- 다양한 파형 분석 기능 제공
- 계전기 매니저 등의 다양한 제품에 활용 가능

② 그래픽 편집기 및 트렌드 디스플레이의 제작

HMI를 활용하여 전력계통에 적용하기 위해서는 계통을 그래픽으로 표시하는 기능은 필수적이다. 그래픽 편집기를 제작하여 사용자가 쉽게 계통도를 그릴 수 있도록 편의성을 최대한 고려하였다. 또한 입출력 포인트로부터 이벤트를 수집하여 경보발생화면을 구성하는 트렌드 디스플레이는 선택되어진 태그의 전기량을 실시간으로 디스플레이 하며, 사용자의 편의성을 제공하기 위하여 줌인, 줌아웃 기능 및 시간 간격을 임의로 설정하는 기능을 제공한다.

③ 프로토콜 변환기의 제작

IEC61850/DNP3.0을 지원하는 게이트웨이 및 DNP3.0/IEC 61850 프로토콜 변환기를 개발하였다. 또한 OPC용 서버 및 클라이언트를 개발하고 시제품의 성능 시험을 완료하였다.

3.1.2 안정성 확보를 위한 이중화 시스템 구성

기존 변전소자동화시스템에서는 전력감시반(SCADA)과 원격단말장치(RTU)를 이중화 구조로 운영하고 있다. 이러한 시스템 운영정책은 전력회사마다 상이할 수 있지만, 기존 시스템과의 호환을 위해서는 반드시 준수해야 하는 사항이다. 그러므로 개발되어진 게이트웨이 장치는 단순히 기존 시스템의 통신 프로토콜 뿐만 아니라, 통신방식과도 연계 운영할 수 있어야 하기 때문에 게이트웨이 장치도 이중으로 구성되어야 한다. 그러므로 본 연구에서는 전력감시반과 원격단말장치를 연결하는 게이트웨이 장치를 원격단말장치의 이중화된 마이크로컨트롤러와 같이 연동되도록 제작하였다.

이러한 디지털 변전소자동화시스템의 신뢰성을 확보하기 위하여 중앙제어시스템(HMI) 및 이에 필요한 운영장치를 이중화하고 이에 따른 통신장치를 이중화하여 백업 라인을 확보하였다. 그림 6은 중앙제어시스템의 운영장치를 중심으로

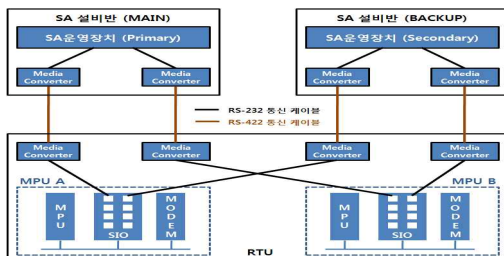


그림 6 변전소자동화시스템의 이중화 구성
Fig. 6 The architecture of Power Management System

원격단말장치의 주회선과 예비회선의 이중화 방식을 보여주고 있다.[7]

중앙제어시스템을 활용하여 변전소자동화시스템의 이중화를 실현하고, 네트워크의 신뢰성을 확보하기 위하여 중앙제어시스템(HMI) 연계상태, VIOM 연계상태 및 통신장치의 마스터 및 슬레이브 인터페이스 상황을 보여주기 위하여 게이트웨이 전용 운영 프로그램을 개발하였다. 여기에는 통신 이벤트가 이루어진 로그 파일을 저장하여 화면에 출력하는 기능이 제공된다.

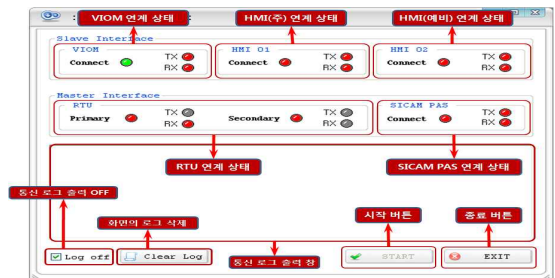


그림 7 게이트웨이의 이중화를 위한 운영 소프트웨어
Fig. 7 The software for dual operation of Gateway

그림 8은 이중화 운영을 위하여 게이트웨이 및 미디어컨버터의 결선을 주회선과 예비회선으로 이중화하였다.

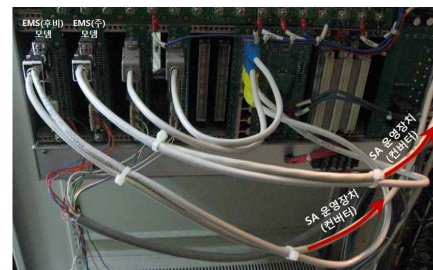


그림 8 이중화 시스템 운영을 위한 케이블결선
Fig. 8 The cable connection for dual operation

3.2 IEC61850 변전소자동화시스템의 실계통 적용

IEC61850을 적용한 변전소자동화시스템은 자체 성능시험을 거쳐 신울산 변전소를 시작으로 시운전 중에 있다. 실계통에 적용시에는 기존의 DNP3.0 통신시스템과 상호호환성이 만족되도록 구성하였으며, 변전소자동화시스템을 실 계통에 적용하여 운전하고 있는 사례를 그림 9에 나타내었다.



(a) 신울산변전소(2008년 9월 설치)



(b) 포천변전소(2008년 11월 설치)



(c) 동두천변전소(2008년 11월 설치)

그림 9 디지털 변전소자동화시스템의 실 적용 사례
Fig. 9 The application of digital PMS system

4. 결 론

디지털형 변전소자동화시스템은 원격으로 분산 설치되어 있는 지능형 제어기들의 정보를 효율적으로 공유함으로써 변전소의 전력설비에 대한 감시·제어·계측 및 보호 기능을 수행하고, 변전소 네트워크를 감시/관리하는 시스템이다.

본 연구에서는 변전소자동화시스템에 사용할 게이트웨이 및 가스절연개폐기용 베이 컨트롤러를 IEC61850 국제표준에서 요구하는 사양으로 독자적인 기술개발을 진행하였으며, 시스템의 신뢰성을 확보하기 위하여 공인기관으로부터 인증을 받았다. 이러한 시스템을 활용하여 실 전력계통에 적용하기 위하여 중앙제어시스템 및 게이트웨이를 이중화하고 이를 효율적으로 운영하기 위한 전용 프로그램을 개발하였다. 특히 해외 수입품에 의존하던 변전소자동화시스템 구축 사업에 있어 국산화된 제품으로 대체가 가능하고 시장 활성화를 촉진할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호: 2009T100100727)

참 고 문 헌

- [1] 한전KDN, “송변전분야 전력IT 구현을 위한 IEC61850 기반 변전소자동화 시범사업 보고서”, 2008. 5
- [2] 우천희, 김정수, 이석배, 오무남, “IEC61850 기반의 Gateway 개발을 위한 이슈에 관한 연구”, 2009년 대한 전기학회 하계

학술대회논문집, 2009.7.14-17

- [3] 우천희, 이보인, “IEC61850용 게이트웨이 개발 및 성능시험”, 대한전기학회 논문집, 59P-1-6, pp.35-39, 2010. 3
- [4] 우천희, 이보인, “초고압 가스절연개폐기의 베이 컨트롤러 개발 및 성능시험”, 대한전기학회 논문집, 59P-2-9, pp.179-184, 2010. 6
- [5] 우천희, 이보인, 안형준, “IEC61850 기반 GIS용 Bay Controller의 시제품 제작”, 2008년 대한전기학회 하계 학술대회, 2008.7.16-18
- [6] 명지전문대학, “IEC61850기반 GIS용 BC 및 PMS 개발 보고서”, 2007. 11
- [7] IEC61850-3, “Communication networks and system in substation, part 3 : General Requirements”, 2002

저 자 소 개



우 천 희 (禹 天 熙)

1961년 6월 5일생. 1985년 연세대 전기과 졸업. 동 대학원 석사(1993). 동 대학원 전기컴퓨터 공학박사(2000). 1985-1995 현대중공업 중앙연구소 선임연구원. 1995-현재 명지전문대학 전기과 교수.
관심분야: 디지털형 제어시스템, 실시간 제어
Tel : 02-300-1266
Fax : 02-300-1093
E-mail : chwoo@mjc.ac.kr



이 보 인 (李 寶 仁)

1964년 7월 23일생. 1988년 광운대 전자과 졸업. 동 대학원 석사(1990). 1992-2006 현대중공업 중앙연구소 책임연구원 재직. 2006-현재 (주)유투에스 대표이사.
관심분야: IEC61850 기반 SA 시스템, 디지털 계전기 제어
Tel : 031-429-0123
Fax : 031-429-2029
E-mail : bilee@u2s.co.kr