

## IEC 61850 기반의 변전소자동화 시스템 개발

이유진, 김용학, 심응보, 한정열, 이종현  
한국전력공사 전력연구원

### Development of Substation Automation System based on IEC 61850

You Jin Lee, Yong Hak Kim, Eung Bo Shim, Jeong Yeol Han, Jong Hwen Lee  
KEPCO Research Institute, KEPCO

**Abstract** - This paper presents the overview of development of substation automation system. The prototypes of SA system are developed in first phase, and being enhanced the performance in second phase. In this research, the project was classified into three projects which are the development of intelligent electronic devices, the development of operation system and communication network in substation, and the development of technology to verify the compatibility of IEC 61850. As a result of this research, the domestic-made SA system are operated and tested for the performance in 154kV substation and/or test-bed in KEPCO PT Center.

**Keywords** : IEC 61850, Substation Automation System, Intelligent Electronic Device, Engineering Tool, Distributed Network Protocol

#### 1. 서 론

국내 대규모 전력산업의 지속적인 성장을 위해서는 전력계통의 높은 신뢰도를 필수적으로 요구하며, 계통운영 전반에 걸쳐 디지털 및 자동화기술 기반의 고도화된 기술을 더욱 필요로 하고 있다. 이러한 시점에서 변전소자동화의 통신구조를 국제적으로 표준화시켜 전력분야의 시스템 통합화와 IT 기술을 접목하였다. 특히, 변전소는 감시, 보호, 제어, 계측, 진단 등의 다양한 정보제공이 필요하며, 이를 위해서는 현재의 아날로그형 변전시스템이 지능형전자장치(IED, intelligent electronic device)를 이용한 디지털 변전시스템으로 대체될 필요가 있다 [1].

기존의 시스템은 제작사별로 서로 다른 표준을 적용하거나 동일한 표준일지라도 제작사별로 별도의 시스템을 구성함으로써, 기존에 설치된 시스템의 제작사가 지속적으로 나머지 부분을 공급할 수밖에 없었던 문제점을 본 연구개발의 기술로써 개발된 구조로 설계하고, IED와 시스템간 통신을 국제표준인 IEC 61850을 적용하여 상호운영성 및 호환성을 검증함으로써 다양한 제품을 하나의 시스템으로 구성 및 통합이 가능하게 되었다. 이러한 디지털 기술기반의 변전소자동화 시스템의 계획, 설계, 실증 및 적용분야에서 축적되는 기술을 근간으로 향후, 해외에서 변전소자동화 시스템 분야의 총체적인 엔지니어링 기술사업(total engineering technology business)을 추진할 수 있는 기반기술의 개발이 필수적이다[2][3][4].

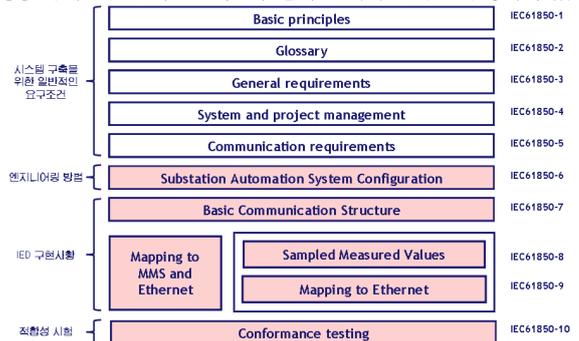
그러므로 본 연구개발은 1단계에서 IEC 61850 기반의 변전시스템 프로토타입을 개발하였고, 2단계에서는 국내시장은 물론 해외시장에서도 경쟁력을 구비한 시스템을 개발하기 위하여 1단계 산출물에 대한 신뢰성 및 성능향상에 노력하고, 해외 선진사 제품과 차별화를 위한 변전소자동화 시스템을 개발하고 있다. 특히, 국산 개발품으로 실계통 변전소에 확대 적용하기 이전에 변전소 설비와 병렬로 연결하여 운전함으로써, 변전설비의 운영환경에 부합한 최적의 변전소자동화 시스템의 기반을 조성하고, 개발품에 대한 신뢰성 검증을 통해 안정적인 시스템 구축을 도모하고 있다.

이를 통하여 계통의 보호, 제어, 진단, 감시 등을 담당하는 변전소간 데이터를 공유하고, 다양한 전력계통의 고장에 적절한 대응과 각 설비간 보호협력을 통한 신속한 고장복구 및 계통고장의 최소화, 그리고 보수점검의 합리화 등을 통해 통합적인 변전소자동화 시스템을 구축하고자 한다. 또한, 기존의 변전소가 갖고 있는 취약점을 개선하고, 전력공급의 신뢰성을 높이고 제반비용의 감소는 물론 거대하고 복잡한 전력계통을 효율적이고 합리적인 관리를 위한 변전소 설비의 디지털화 및 네트워크화를 구현하고자 한다.

#### 2. 국제표준 고찰

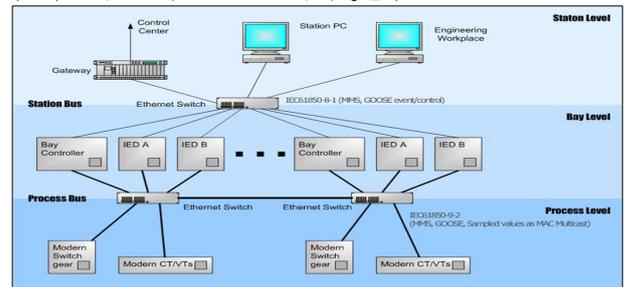
IEC 61850 국제표준은 국제전기기술위원회(IEC, international electrotechnical commission)의 산하 TC57 (Technical Committee, 기술위

원회)에서 담당하고 있다. 특히, TC57은 전력계통의 관리와 연관된 정보교환 등과 같은 주제를 다루면서, EMS(energy management system), SCADA(supervisory control and data acquisition), 배전자동화 등과 같은 전력계통이나 전력제어 장치에 대한 국제표준을 제정하고 있다[1]. 국제표준 문서는 그림1과 같이 10개의 분야로 구성되어 있다.



〈그림 1〉 IEC 61850 국제표준 문서 구성

IEC 61850 기반의 변전소자동화 시스템은 변전소 시스템을 3단계 레벨(Station/Bay/Process Level)과 각 레벨을 연계하기 위해 통신 네트워크(Station/ Process Bus) 구성된다.



〈그림 2〉 IEC 61850 변전소자동화 시스템 구조

##### 스테이션 레벨(Station Level)

SA 시스템을 운영/유지/보수하기 위해 필요한 구성요소인 HMI 장치, SA 운영장치, 시각동기장치 등의 구성요소를 포함하는 시스템을 의미하며, 일반적으로 스테이션 레벨에 위치한 장치의 집합을 상위운영시스템이라 한다.

##### 베이 레벨(Bay Level)

변전소의 주요한 기능인 보호/제어/감시/계측을 수행하는 IEDs로 구성된 시스템 범위를 나타내며, 기존 시스템에서는 계전기가 속한 범위이다. 베이 레벨에서는 현장 전력설비로부터 정보를 입력받아 처리 및 가공하여 고유의 보호/제어/감시/계측 기능을 수행하며, 스테이션 레벨로 가공 및 가공되지 않은 정보를 전송한다.

##### 프로세스 레벨(Process Level)

전력설비의 제어/감시/계측정보를 베이 레벨에 설치된 IED로 전송하는 장치의 집합을 나타내며, 현재 제어케이블로 연결된 CT/PT, 차단기 트립코일, 기계적 접점 등의 기능을 수행하는 장치로 구성된 범위를 의미한다.

##### 스테이션 버스(Station Bus)

스테이션 레벨과 베이 레벨에 설치된 SA장치간을 연결하는 이더넷 스위치 등의 통신장비로 구성된 통신 네트워크이다.

##### 프로세스 버스(Process Bus)

베이 레벨과 프로세스 레벨에 설치된 SA장치간을 연결하는 이더넷 스위치 등의 통신장비로 구성된 통신 네트워크이다.

##### 지능형전자장치(IED)

변전소내 설비의 각종 정보를 현장설비에서 제공받아 디지털화된 데이터로 변환하고, 내부의 프로그램을 이용하여 감시/제어/계측/보

호계전/인터록/HMI 기능 등을 수행하며, 통신 및 네트워크를 이용하여 원격으로 정보를 제공하는 장치이다.

**SA 운영장치**

변전소 전력설비의 운전정보를 IEC 61850 국제표준에서 정의하고 있는 통신을 사용하여 IEDs로부터 정보를 수집하고, 수집된 정보를 HMI 장치에 제공하는 기능을 한다. 즉, 변전소 전력설비의 운전정보를 급전(분)소 제어설비에서 운용중인 프로토콜(DNP)로 변환/역변환하여 급전(분)소 또는 SCADA RTU 제공하는 게이트웨이(Gateway) 기능을 수행하는 장치이다.

**3. 국내의 관련기술**

최근 변전소자동화 분야의 국외 전력산업은 변전소내 다양한 IEDs 간 상호운용성(interoperability)을 강화하기 위한 공통의 통신 구조를 구축하고 운용하는 방향으로 나아가고 있다. 디지털 변전소 제어시스템의 관련기술을 선도하는 Siemens, ABB, Alstom 및 GE 등이 있으며, 이들 선진기술이 추구하는 방향은 분산시스템으로 전자지적 간섭을 받지 않는 광통신에 의해 중앙장치와 현장에 설치된 지능형장치가 결합되는 형태이다. 또한, 현장기기의 운전조건은 중앙장치에서 일괄적으로 내려받기(download) 하여 효율적인 운영이 가능하도록 하고 있다. 그리고 시스템의 총체적인 엔지니어링 기술과 변전소자동화에 필요한 모든 기기의 생산능력을 보유함으로써, 일관된 시스템 구성이 가능하여 신뢰성 확보와 시장 경쟁력을 높여가고 있다.

국내 154kV 옥내형 변전소는 무인화로 많이 운전되고 있으며, 변전소에서 필요한 모든 정보들이 DNP(distributed network protocol) 통신 방식을 통해 SCADA로 연결되어 변전소의 부하 및 설비상태를 감시하고 있다. 변전소 내에서는 상위시스템과 연결된 RTU (remote terminal unit)에 전력기기의 상태를 송신하는 정보/제어용 케이블이 아닐로그 신호로 개별적인 전송이 이루어진다. 그러나 변전소의 RTU에는 다수의 입력단자가 다양한 신호형태에 적합하도록 구성되어 있어, 케이블 배선이 복잡하여 시스템의 확장성 제약요소 및 신뢰성에 취약성을 노출하고 있다. 즉, 변전설비의 확대 및 복잡화에 따른 보호설비의 증대로 제어케이블의 증가와 유지보수의 어려움 등 다양한 문제가 발생하고 있다. 따라서, 변전소가 디지털화로 구축되면 설치공간의 축소, 시공의 용이성, 운용 및 보수의 효율성 계로 경제적이뿐만 아니라, 다양한 전력정보의 수집과 데이터 흐름의 최적화 등 변전소 내부의 보호/제어시스템의 효율을 높이기 위한 연구가 수행되고 있다.

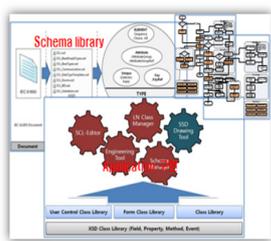
한국전력에서는 2002년에 154kV 독산 및 대방변전소에 DNP 3.0 기반 변전소자동화 시스템을 시범구축 하였고, 확대 적용에 대비하여 154kV 신풍 및 장연변전소에 독립운전이 가능한 형태로 설비를 구축하였다. DNP 시스템의 기본구성은 HMI용 서버, 데이터 집중 및 교환장치, RTU, 보호/제어용 IED 등으로 구성되며, 이를 통하여 현재의 IEC 61850과 유사한 광통신 네트워크 시스템을 구축하였다. 2008년 한국전력에서는 IEC 61850 기반 변전소자동화 시스템을 154kV 산청변전소에 외산(Siemens)으로 시범 구축하였다. 그러나, 현재 국내의 초고압 GIS 및 전력용 변압기 등 개별 전력기기의 설치/운영수준은 세계적이나 변전소 운영시스템을 비롯한 전력통의 운영/정보시스템, 특히 이를 뒷받침하는 개별 전력기기/설비의 디지털화는 매우 미흡한 수준이다.

**4. 변전소자동화 시스템의 국산화**

본 연구는 스마트 전력망 구축에 필수적인 변전소자동화 기술과 IEC 61850 변전소자동화 관련기술을 확보하고자, 보호/제어IED, 변전소 종합운영시스템 및 시스템 성능/시험기술 개발을 목표로 하고 있으며, 다음과 같은 기술개발 성과를 달성하였다[3][4][5]. 154kV 변전소용 Station Level의 보호/제어 IED로 7종(T/L, D/L, MTr, SC, ShR), 기타 2종(BayController, 전기품질IED)이 개발되었고, 프로세스 기반의 Merging Unit와 이를 검증하기 위한 Agent S/W가 되었다. 그리고 사용자 친화적인 전력사 중심의 IED 통합 엔지니어링 툴이 개발되어 디지털변전소의 확대적용을 원활하게 지원할 수 있을 것으로 기대하고 있다.



〈그림 3〉 보호/제어 IED



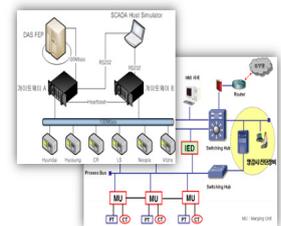
〈그림 4〉 IED 엔지니어링 툴

변전소 종합운영시스템 개발에서는 사용자 편의기능이 강화된 변전

소 운영시스템(HMI)과 이종시스템간 연계를 위한 고기능 Gateway 시스템, 그리고 HMI의 응용S/W 4종이 개발되었다.

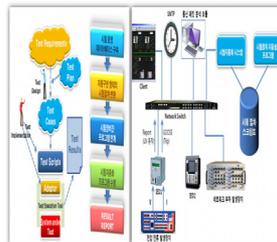


〈그림 5〉 변전소 HMI



〈그림 6〉 게이트웨이/감시시스템

변전소자동화 시스템의 성능검증 및 실증시험 기술 개발에서는 IEC 61850 서버/클라이언트 적합성 시험장치 및 기술이 개발되어 서버 및 클라이언트에 대한 사전시험의 기술이 지원되어 국내 제작사의 공인기관인증 취득에 기여하였다.



〈그림 7〉 시험 자동화시스템



〈그림 8〉 적합성 시험/인증

**5. 결론**

본 연구에서는 국내에서 보유하고 있는 전력계통 및 전력기기 기술과 세계적인 수준에 있는 국내의 IT 기술을 접목하여 기술 경쟁력을 구비한 디지털 변전시스템을 개발하였다.

특히, IEC 61850 기반 변전소자동화 시스템의 IED, Merging Unit, 종합운영시스템 및 성능시험 기술을 개발함으로써, 디지털 변전소의 설계기술을 확보하게 되었으며, 또한 IEC 61850 국제표준을 적용한 고기능의 제품개발로 선진기술과 격차를 해소할 수 있는 기반을 마련하였다. 개발된 변전소자동화 시스템에 대한 실증사업을 154kV 변전소에서 병행하고 있으며, KEPKO PT Center의 서고창변전소에서 종합적인 성능평가를 위한 Test-bed를 운영하고 있다.

상기와 같이 디지털 변전소의 핵심요소 기술을 국가전략과제를 통해 확보하였으며, 향후 이를 활용한 프로세스 기반의 변전소자동화 시스템으로 확대 적용하기 위한 각종 프로세스 레벨의 IED, 시스템 및 응용 프로그램을 추가 개발함으로써, 세계적인 전력기술을 구축하고 국가 경쟁력을 확보할 필요가 있다.

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.  
(R-2005-1-395-001)

**【참고 문헌】**

- [1] Communication networks and systems in substation - IEC 61850 Part 1~9, IEC, 2003
- [2] 디지털 기술기반의 차세대 변전시스템 개발 - 2단계 2차년도 진도보고서, 한전전력연구원, 2010
- [3] IED(intelligent electronic device) 개발 - 2단계 2차년도 진도보고서, 한전전력연구원, 2010
- [4] 변전소 종합운영 시스템 개발 - 2단계 2차년도 진도보고서, 한전 KDN, 2010
- [5] 시스템 성능검증 및 실증시험 - 2단계 2차년도 진도보고서, 한전 전력연구원, 2010