

## IED 적합성 시험장치를 이용한 디지털 변전소 상호운용성 시험

이남호 장병태  
한국전력공사 전력연구원

### Interoperability Test of the Digital Substation using IED Conformance Testing System

N. H LEE, B. T JANG  
KEPCO Korea Electric Power Research Institute

**Abstract** - In order to verify a digital substation based on IEC 61850, KEPRI in charge of POWER IT project related to SAS has constructed IED conformance testing system, which consists of HMI, IED (Intelligent Electronic Device), network equipment, V/I generator, and performed the interoperability test between two IEDs made by other vendors. The test was proceeded based on SCL and with system integrated tools

#### 1. 서 론

디지털 변전자동화 시스템의 기술규격이 IEC 61850으로 국제적인 규격화가 이루어진 시점에서 변전소 내에서 제어케이블로 이루어졌던 IED (Intelligent Electronic Device) 간의 연결이 네트워크를 통한 IED 통신이 가능해지고 다른 제조사간의 IED들도 동일한 기술규격 적용으로 인해 상호간 연결이 가능한 점은 디지털 변전자동화 시스템을 개발하고자 하는 전력회사 입장에서는 이에 대한 검증과 적용은 매우 중요하다고 여겨진다. 디지털 변전소와 관련된 전력IT과제를 수행하고 있는 한국전력공사 전력연구원에서는 과제를 통해 개발되는 국내 IED 시작품에 대한 IEC 61850-10의 사전시험을 수행하고 해외 선진사 제품의 국제 규격기반의 통신 설정 및 내용 분석을 위한 IED 적합성 인증시험 장치를 구축을 하였다. 본 장비를 활용하여 디지털 변전소의 엔지니어링 방법을 기반으로 한 IED간 상호운용성 시험을 시행하고 그 내용을 본 논문에서 다루고자 한다. 실제 디지털 변전소의 상호운용성은 변전소의 보호설비인 IED의 Interlock 정보 등을 대상으로 구현하여야 하지만 본 시험에서는 실제 적용에 앞서 IED들이 네트워크를 통한 GOOSE 통신이 이루어지는 지를 대상으로 하고 있으며 이를 위하여 IEC 61850 인증을 받은 각기 다른 해외 제조사의 IED를 사용하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 전력IT 과제 소개

한국전력공사는 전력IT 국가과제인 “디지털 기술기반의 차세대 변전시스템”개발과제를 2005년부터 2011년까지 6년간의 연구기간을 통해 2 단계로 나누어 진행 중에 있다. 각 단계별 목표는 1단계에서 IEC 61850 기반의 변전시스템 프로토타입(Prototype)을 개발하고 2단계에서는 Intellistation 구축용 차세대 변전시스템 프로토타입 개발완료로 목표로 하고 있으며 세 개의 세부과제로 나누어 수행 중에 있다. 첫 번째 IED 개발 과제는 14개 기업이 참여하여 IEC 61850 기반의 변전소에 적용할 IED, Merging Unit, 유니버설 플랫폼 개발을 수행하고 두 번째 상위 운영시스템 개발과제는 6개의 기업과 대학이 참여하여 디지털 변전소 운영시스템 및 DB 서버 등의 S/W 개발을 목표로 한다. 마지막으로 시스템 성능검증 및 실증시험 과제는 전력연구원이 주관으로 수행하며 IEC 61850 기반 변전소의 성능 시험절차서와 실증 시험을 목표로 한다.

##### 2.2 IED 적합성 시험 장치

IED 적합성 인증시험장치는 IEC 61850 프로토콜 통신 및 HMI 소프트웨어 운용에 필요한 Workstation급 운영서버를 설치하고 변전소의 보호 및 제어를 담당하는 IED는 IED간 통신(GOOSE) 시험을 위해 각기 다른 제작사의 제품 2개를 공급하여 IED 기능 시험 모의장치를 통하여 각종 시험이 이루어질 수 있도록 구성하였다. 본 시스템은 기본적으로 네트워크 기반위에 이루어지기 때문에 고속의 Ethernet 통신이 가능하게 하는 Switching HUB와 시간동기를 위한 표준시간 동기장치를 갖추고 있다. 그림 1은 실제 구축하여 운용 중에 있는 IED 적합성 시험장치이다.



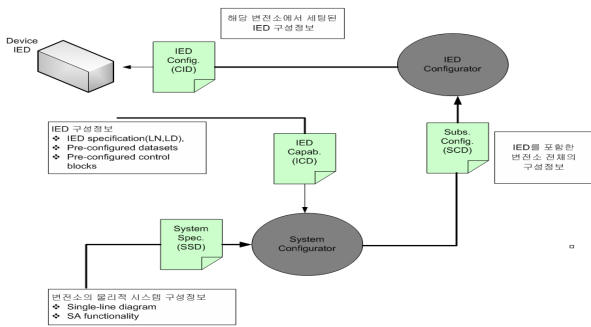
<그림 1> IED 적합성 시험장치

IED 적합성 시험장치가 가지고 있는 주요 특징은 다음과 같다.

- 운영서버 주요 기능
  - 시스템의 기동 및 정지
  - 모니터를 통한 Text 파일 작성, 편집
  - IED 및 시스템 운전상태 Monitoring
  - IEC 61850 소프트웨어 실행
- IED 주요특징 및 보호계전 요소
  - 로직 기능을 이용한 복잡한 보호방식을 간단히 구성 가능
  - IED 상호간 통신을 위해 GOOSE기능 지원
  - DFR(Digital Fault Record) COMTRADE 파일로 출력
  - 과전류보호 (50/51, 50N/51N)
  - 방향 과전류보호 (67)
  - 차단기 실패보호 (50BF)
  - 제페로 보호(79)
  - 트립 회로 감시
  - Synchronism Check (25)
- 통신장비 특징
  - 이더넷 포트 : 6 포트 10/100BaseTX, 2 포트 100BaseF
  - 사용전원 : AC 및 DC 겸용(88~264V AC/DC)
  - IEEE802.3,IEEE 802.3u,IEEE 802.3x 규격
  - 냉각팬 없이 운전이 가능
  - 쌍방향 통신 가능
  - 동작온도: -40C to 85C
  - 전자기특성: ANSI/IEEE C37.90 및 IEC 61850-3 기준 만족
- 제품성능 시험장비
  - 변전자동화 시뮬레이터의 물리적 입력 트리거 주입장치
  - 운영S/W: QuickCMC, Ramping, State Sequencer
  - 각 IED에 주입할 전압전류와 사고 파형 발생

##### 2.3 SCL기반의 변전자동화 엔지니어링

IEC61850 변전자동화의 엔지니어링을 위해서는 그림 3과 같은 SCL(Substation Configuration Language) 순서의 단계에 따라 진행을 해야 한다. 이러한 변전자동화의 엔지니어링을 위해 각 제조사는 틀을 제공하고 있으며, 엔지니어링 틀은 기본적으로 많은 파일을 생성, 처리하고 차후 이용 가능할 수 있는 기능이 있으며 엔지니어링 과정에는 다음의 세 단계가 있다.



<그림 2> SCL을 이용한 변전자동화 엔지니어링

### 2.3.1 시스템 명세와 IED 구성

SSD(System Specification Description)파일에는 단선도, IEC 61850-7-x모델(LD, LN, 데이터, 데이터 속성 등)을 사용한 기본 변전소 기능 및 배와 1차 설비의와의 관계에 대한 정보가 포함되고 사용자의 라이브러리로부터 가져오거나 엔지니어링 툴을 사용해서 생성 가능하다. 또한 제조업자가 지정한 IED 구성 툴은 IED를 구성하는데 사용되며 시스템에서 각 IED의 기능과 정보를 묘사하는 ICD(IED Capability Description)파일을 생성한다. SCL은 다음과 같은 IED의 수용력을 묘사하기 위한 메커니즘을 제공한다.

- LN 형식의 기능 및 이와 관련된 데이터/신호
- 사용되는 통신 서비스
- 사용가능한 통신 컨트롤 블록의 최대수

### 2.3.2 시스템 구성

두 번째 단계에서, 시스템 구성 툴은 변전자동화 시스템의 구성요소인 모든 IED의 ICD 파일을 입력으로 받아들인 후, 시스템 명세에서 정의된 기본 기능들 간의 관계를 정의한다. 또한 변전소에 설치 될 IED와 변전소 토폴로지 간의 관계와 IED들 간의 물리적이고 논리적인 통신 정보도 구성한다. 시스템 구성에 대한 정보는 SCD(System Configuration Description)파일로 생성되며 다음과 같은 내용이 포함된다.

- 변전소 단선도에 대한 모델
- 논리 디바이스(LD)와 논리 노드(LN)로 IED 구성
- 논리노드와 변전소 IED 간의 관계
- 모든 논리 노드의 정확한 데이터 이용
- 통신 구성

### 2.3.3 IED 데이터를 생성하는 데 사용되는 제조업자별 파일

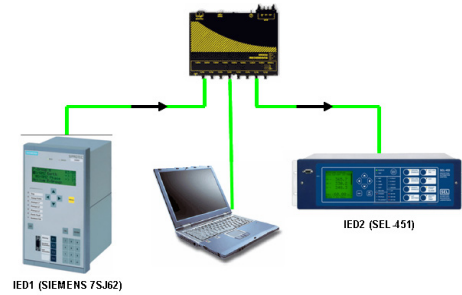
여러 IED 구성 툴은 기기별로 시스템에 독립적인 파라미터와 SCD의 시스템 파라미터를 사용하여 SCL 기반의 파일 포맷인 CID(Configured IED Description) 형식으로 제조업체별 IED에 다운로드 할 수 있는 자신만의 포맷을 제공한다. 파일로부터 읽어 들여 수행하는 프로세스는 사적인 프로토콜을 사용하여 운영되거나 기기에 따라 IEC 61850 통신을 사용하여 다운로드 프로세스에 대한 통신 서비스를 지원한다.

### 2.4 IED간 상호운용성(Interoperability) 시험

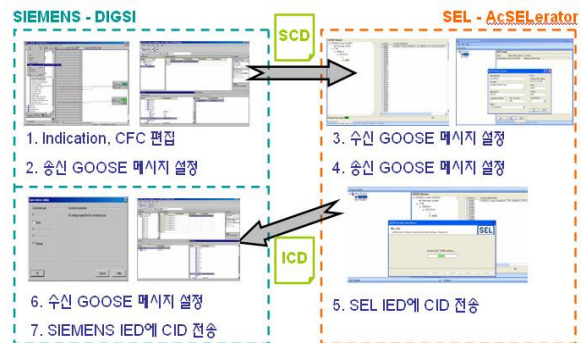
변전자동화의 규격이 IEC 61850으로 국제적인 단일화가 이루어지는 과정에서 가장 큰 변화는 IED가 서로 통신을 통한 대화가 가능해지고 제조사 다르더라도 별도의 장치가 없이 운용이 가능한 상호운용성(Interoperability)이 가능하다는 사실이다. IED간 통신은 이더넷환경의 멀티캐스팅이 가능한 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Event) 메시지 전송을 통해 이루어지며 본 논문에서는 2.3절에서 설명한 SCL파일을 통한 변전소 엔지니어링을 각 제조사가 제공하는 시스템 구성 툴을 통해 설정하였다. 본 실험은 그림 3과같이 서로 다른 계전기인 IED1로부터 IED2로 IEC 61850 GOOSE를 이용하여 Indication정보를 어떻게 전송하는지 보여주며 실험에 사용된 IED1은 SIEMENS SIPROTEC4 시리즈 7SJ62이고, IED2는 SEL-451이다. 실험의 내용은 아래와 같으며 그림 4는 SCL 순서의 단계에 따른 IED간 GOOSE 통신 설정을 위한 IEC 61850 변전자동화의 엔지니어링 과정을 보여준다.

- IED1의 F1 key를 누르면 IED2의 LED1이 "ON"된다.
- IED1의 F2 key를 누르면 IED2의 LED1이 "OFF"된다.

- 이러한 Indication은 Ethernet을 통하여 IEC 61850 GOOSE로 IED2에 전송된다.
- IED2의 F1 key를 누르면 IED1의 LED1이 "ON" 된다.



<그림 3> IED간 상호 운용성 시험



<그림 4> SCL을 이용한 IED간 GOOSE 설정

실험을 통하여 IED 제조사별로 IEC 61850 통신 정보를 저장하는 방식이 조금씩의 차이가 있으며 특히 변전자동화의 엔지니어링을 위한 툴의 방법은 제조사별로 다르기 때문에 변전소에 다른 제조사의 IED를 적용하여 위해서는 여러 단계를 거쳐야 함을 알 수 있었다. 실험 결과 IED1->IED2의 메시지 전달의 경우는 잘되지만 그 반대의 경우는 메시지 전달에 실패함을 확인하였는데 통신 패킷 분석결과 양 IED 모두 GOOSE 메시지를 발생하지만 엔지니어링 과정에서 타사 IED에 대한 통신 설정 부분이 CID 형식으로 다운로드 되지 않음을 확인하고 이에 대한 내용은 IED 제조사의 엔지니어와 기술공유를 통해 확인하였다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 IED 적합성 인증시험장치를 사용한 변전소 엔지니어링과정과 서로 다른 제조사의 IED간 상호운용성 시험을 다루었다. IEC61850 기반의 변전자동화 시스템은 IED간 GOOSE통신을 통한 대화가 가능하여 기존의 변전소 보호방식과 다른 네트워크 기반의 새로운 보호방식의 적용이 가능함을 본 논문을 통해 확인할 수 있었다. 하지만 제조사별로 다른 SCL 해석과 변전소 엔지니어링을 위한 통합 툴의 부재는 디지털 변전소를 구축하려는 전력회사의 입장에서는 적지 않은 어려움이 있을 것으로 예상되며 현재 IEC TC57 WG10에서는 이에 대한 문제점을 확인하고 논의 중에 있다. 전력연구원에서는 이를 시작으로 디지털 변전소에서 구현 가능한 새로운 보호방식에 대한 연구를 진행할 것이며 전력IT과제에서 도출되는 IED를 포함한 변전자동화 시스템의 성능 검증을 위한 시험 절차를 개발 중에 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, "시스템 성능검증 및 실증시험 1차년도 중간보고서", 2006.
- [2] 장병태외 4인 "디지털기술 기반의 차세대 변전시스템 개발", PP.256-257. 대한전기학회 하계학술대회, 2006
- [3] 김상식의 6인 "IEC61850 적합성시험을 위한 QAP", PP.56-57 대한전기학회 하계학술대회, 2006
- [4] 한국전력공사, "시스템 성능검증 및 실증시험 2차년도 상반기 보고서", 2007.