

**IEC61850 프로토콜을 이용한 분로리액터 보호용 IED에 관한 연구**

안용호\*, 송인준\*, 한정열\*, 구춘서\*\*, 조용익\*\*, 구성완\*\*, 오성준\*\*  
 한전전력연구원\*, (주)네오피스\*\*

**A Study on the Protection IED for Shunt Reactor Using IEC 61850 Protocol**

Yong-Ho An\*, In-Jun Song\*, Jung-Youl Han\*, Choon-Seo Gu\*\*, Yong-Ik Jo\*\*, Sung-Wan Gu\*\*, Seong-Jun Oh\*\*  
 KEPRI\*, Neopis Co.,Ltd\*\*

**Abstract** - 최근 전력계통 분야에서는 IEC에서 제정한 변전소 자동화용 국제 규격 프로토콜인 IEC 61850을 적용한 시스템의 도입 및 적용이 활발하게 이루어지고 있다. 이러한 추세에 맞추어 변전소 내 많은 전력기기들의 IEC 61850 프로토콜을 탑재가 요구되고 있으며, 본 연구에서는 변전소 내 조상설비 중 IEC61850 프로토콜을 적용한 분로리액터 보호용 IED의 설계, 제작, 시험을 통하여 변전자동화 가능성을 확인하였다.

**1. 서론**

최근 전력계통에는 기존의 계통 운용 설비들로는 충족시키기 어려운 여러 가지 요구들이 변전소의 보호, 제어 및 감시 등 다양한 분야에서 발생하고 있다. 이러한 이유로 전력계통의 신뢰성 있는 운영을 위해 사용되는 여러 단말장치들은 단순한 보호나 계측 기능을 수행하는 단계에서 탈피하여 각 단말장치들 간의 협조 및 연계보호가 요구되고 있는 실정이다. 이러한 시대적인 변화에 맞춰서 선진 중전기회사들은 전력계통 사업 분야의 구조조정을 수행하면서 지능화된 디지털 변전소 종합자동화(SA:Substation Automation)를 구축하고 있다. 이러한 디지털 변전소 종합자동화를 이루기 위해서는 시스템 내의 통신이 필수적인데 단일 표준화 작업이 이루어지기 전 IED(Intelligent Electronic Device) 제작사들은 MODBUS, DNP3.0과 같은 다양한 프로토콜을 제공하여 시스템과의 통신을 이루도록 하였다.

그러나 시스템 공급업체간 통신 프로토콜이 표준화되지 않아 변전소 자동화 설비를 신설 또는 교체시 서로 다른 통신 기술의 적용에 따른 장비간 호환성의 부재로 전력회사는 많은 경제적 손실 및 위험부담을 감수하여야만 했다.

이에 따라 통신 프로토콜 표준화 필요성이 강력히 대두되었고 1990년대부터 UCA2.0을 근간으로 하는 변전소 자동화용 표준 프로토콜을 IEC 주관아래 개발하여 IEC 61850이라는 국제표준 프로토콜이 제정되었다.

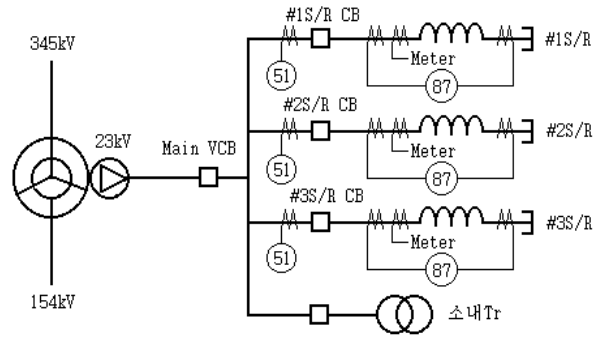
현재 선진 IED 제작사들(GE, ABB, SEL, Siemens 등)은 IEC 61850 기반의 자체 변전소 종합자동화 시스템 Solution을 구성하기 위한 IT 기술이 접목된 IED들을 개발완료하고, 여러 전력회사와 함께 실제 변전소에 다양한 방법으로 적용을 시키고 있는 상황이며, 국내에도 이를 보급하기 위한 활동을 진행 중에 있다. 국내에서는 IEC 61850을 이용한 디지털 변전소 종합자동화를 구축하기 위한 활동을 수년전부터 국내 IED 제작사와 시스템 공급업체들이 진행하고 있으며, 본 논문은 IEC 61850 프로토콜을 탑재한 IED 중 분로리액터 보호용 IED의 설계, 제작, 시험에 관해 언급하였다.

**2. 본론**

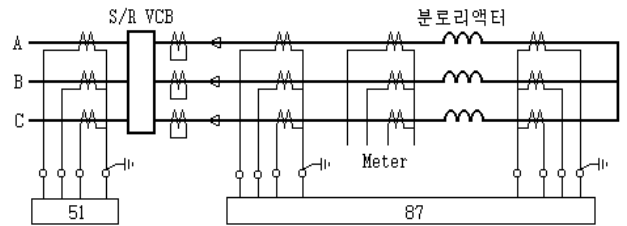
본 연구에서는 변전소의 안정적이고 높은 효율의 전기를 공급하기 위한 많은 조상설비들 중 경부하 또는 무부하운전시 수전단의 전압이 송전단보다 높게 상승함을 방지하기위한 분로 리액터를 보호하기 위한 계전기능과 IEC61850 프로토콜을 이용한 통신기능을 탑재한 IEC61850 프로토콜을 이용한 분로리액터 보호용 IED개발을 수행하였다.

**2.1 분로리액터 보호 개요**

분로리액터(Shunt Reactor)는 계통과 병렬로 연결하여 지상전력을 공급하는 장치로서 그림 1과 같이 통상 345kV 변압기 3차측에 설치하며 보호장치는 주보호로 전류차동계전기를, 후비보호로 과전류계전기를 사용한다. 그림 2는 분로리액터 보호반의 AC Sequence로서 차동계전기는 분로리액터 양단의 BCT를 Y결선하여 사용하고 과전류계전기는 S/R VCB의 BCT를 Y결선하여 사용하며 잔류회로는 배전반 첫 단계에서 접지한다.



〈그림 1〉 분로리액터 보호 개념도

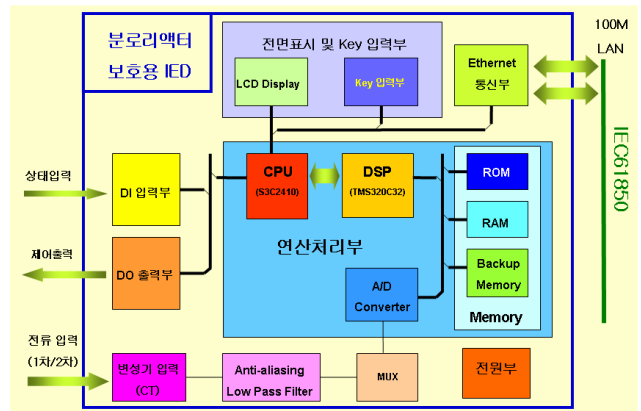


〈그림 2〉 분로리액터 보호반의 AC Sequence

**2.2 분로리액터 보호용 IED의 설계 및 제작**

**2.2.1 H/W 설계**

IED의 H/W는 그림 3과 같은 Block Diagram으로 구성하였다.



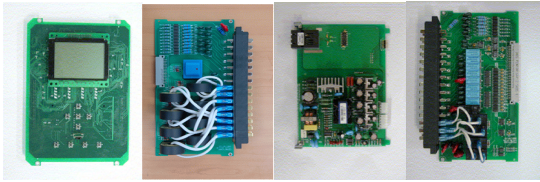
〈그림 3〉 분로 리액터 보호용 IED의 H/W 구성

분로리액터 보호를 위한 리액터 양단의 전류 입력은 Low Pass Filter와 Mux를 거쳐 A/D Converter를 통한 입력으로 DSP에 전달된다. DSP

는 Digiter Filter를 이용한 기본파를 추출, 리액터 보호를 위한 계전기능을 수행하는 전용의 프로세서이며 DPRAM을 이용하여 CPU로 계측값 및 계전기 동작 상태와 같은 정보를 제공한다. CPU는 DSP로부터 전달 받은 각종 정보를 이용하여 Display부로 표시를 하며 100M LAN을 이용하여 상위 시스템과 IEC 61850프로토콜을 이용한 통신기능을 수행하도록 설계하였다.

### 2.2.2 IED H/W 제작

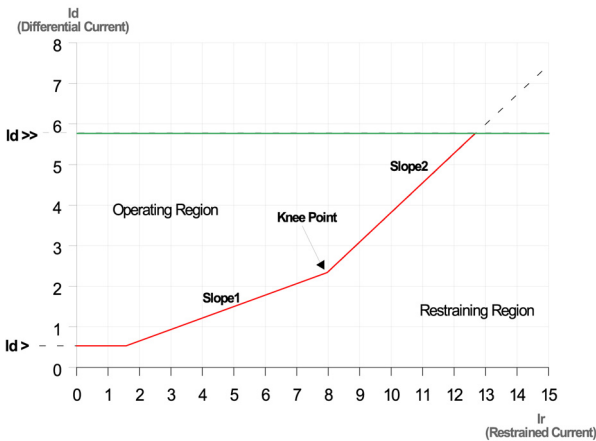
분리리액터 보호용 IED의 H/W는 Main Module, Analog입력 Module, DIO Module, Power Module로 구성되어 제작 되었다. 그림 4는 제작된 IED의 각 Module 이다.



〈그림 4〉 제작된 분리리액터 보호용 IED의 각 Module

### 2.2.3 계전기능 구현

분리 리액터 보호용 IED의 계전기능은 주보호인 87(RDR : Rational Differential Relay)과 후비 보호인 OCR을 구현하였다. 87 계전기능을 수행하기 위한 알고리즘은 다음과 같은 식을 이용하여 구현하였으며 그림 5와 같은 특성곡선으로 동작하게 된다.



〈그림 5〉 RDR 특성 곡선

과전류 계전기는 순시특성과 IEC 60255규격에 준한 3가지의 전류용 한시특성 Curve를 수행하도록 구현하였다.

전류용 한시특성 Curve식은 다음과 같으며, Parameter는 표1에 나타내었다.

$$T_{operate} = \left( \frac{\beta}{(I/I_s)^{\alpha} - 1} \right) \times \frac{T_m}{10}$$

I= 입력전류, Is= 설정전류, Tm = Time multiplier

〈표 1〉 과전류 계전기 특성 Curve식 Parameter

특성구분	α	β
반한시(NI)	0.02	0.14
강반한시(VI)	1	13.5
초반한시(EI)	2	80

## 2.3 IEC 61850 프로토콜의 탑재

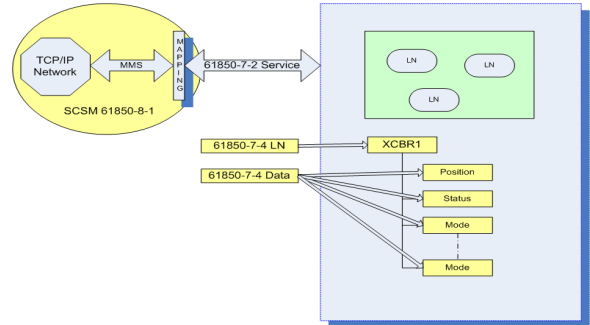
### 2.3.1 조상설비 보호용 IED의 통신 객체 모델링

#### ㉠ 논리 노드와 논리 장치

논리노드는 데이터 교환을 위한 함수들의 가장 작은 단위의 객체이다. 서로 관련된 역할을 하는 다수 개의 논리 노드들과 데이터 집합을 아우르는 가상의 장치를 논리 장치로 표현한다. 하나의 IED는 역시 병렬, 직

렬의 계층 구조를 가진 여러 개의 논리 장치를 포함할 수 있다. 논리 장치는 여러 개의 논리 노드를 그룹화하여 외부와 인터페이스를 하게 된다. 이러한 인터페이스를 구현하기 위하여 우선적으로 인터페이스의 필요성이 요구되는 데이터 요소 등을 구조화하고 그룹화 하는 작업이 필요하다.

#### ㉡ 모델링



〈그림 6〉 논리장치와 논리 노드 설계

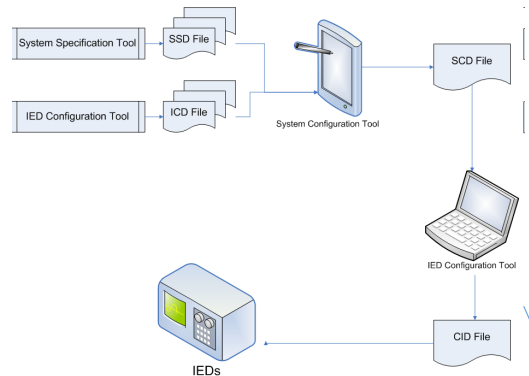
위의 설계 예에서 각 계전기는 차단기를 제어하고, MMXU는 프로세스 장치로부터 실효 계측값을 사용자 인터페이스를 통해 제공하고 있다. 논리 노드 모델의 경우 기능과 목적에 따라 세부적인 논리 노드가 가감될 수도 있다. 통신 시스템을 통하여 전송되는 데이터의 흐름은 클라이언트/서버의 형태로 구현된다. 조상설비 보호용 IED에 사용되는 논리 노드를 각각의 목적 또는 기능으로 그룹화하면 표 2와 같이 정리될 수 있다.

〈표 2〉 논리 노드 분류

Logical Node		분 류
PIOC	순시 과전류 보호 (50)	PROTECTION
PTOC	한시 과전류 보호 (51)	
PDIF	차동 보호 (87)	
RDRE	Fault Recording	데이터 분석 및 저장
PTRC	Trip Control	Trip신호
XCBR	차단기 제어	차단기 제어
MMXU1	Reactor 1차측 계측	계 측
MMXU2	Reactor 2차측 계측	

#### ㉢ SCL을 이용한 통신 모듈 Configuration 기능

IEC 61850 변전소 자동화 시스템은 전체 시스템 구성의 설명을 위한 표준으로 XML(eXtensible Markup Language)기반의 SCL(Substation Configuration Language)을 제시하고 있다. SCL의 목적은 변전소 자동화 시스템을 구현하는데 있어서 각종 디바이스 제작 회사들이 각각 구성 툴(configuration tool)을 다르게 만들더라도 구성 데이터(configuration data)를 서로 교환할 수 있도록 하는 것이다. SCL을 구성하는 각종 파일들의 작성과 흐름을 도식화하면 그림 7과 같다.



〈그림 7〉 SCL구성 흐름도

그림 8은 분리리액터 보호용 IED에서 사용되는 ICD 파일 내용의 일부분을 캡처한 화면이다. 트리구조로 논리 노드를 구성하고 각각의 논리 노드에 필요한 객체들을 정의함으로써 IED의 기능을 표준 포맷의 파일로 제공할 수 있다.

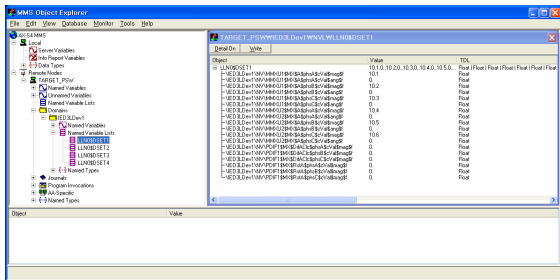


〈그림 8〉 ICD 파일 작성

### 2.3.2 MMS 통신

MMS(Manufacturing Message Specification)서비스는 모든 개방형 시스템간의 상호 접속을 전제로 표준화된 메시지 포맷 기준으로서 IEC 61850의 통신 메시지는 MMS 규약을 만족하여야 한다. IED가 가지고 있는 모든 구성 정보는 MMS 서비스를 통하여 개별 클라이언트로 전송되며, 또한 각 클라이언트의 정보 또한 이 서비스를 통하여 IED로 전송된다. 클라이언트 입장에서 보았을 때 IED는 데이터와 몇몇의 기능을 제공하는 VMD(Virtual Machine Device)로서 동작한다. 즉 클라이언트가 메시지 요구를 수행하고 서버측은 이에 해당하는 응답을 MMS 서비스를 통하여 전송하게 된다. 본 연구에서는 IED의 서버측 MMS 기능을 탑재하고 SISCO社의 MMS 클라이언트 툴인 MMS Explorer를 이용하여 그 기능 충족도를 시험하는 방법을 택하였다.

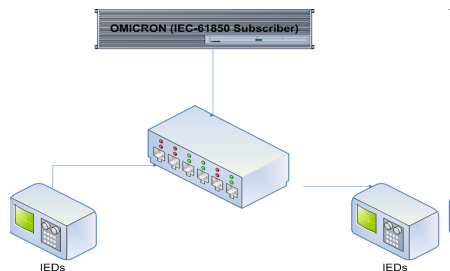
앞에서 작성한 분포리액터 보호용 ICD 파일을 다운로드 한 후 MMS Explorer로 시험하였다. 원격 노드(IED)와 접속을 시도한 결과 SCL로 작성한 데이터의 구조가 MMS 트랜잭션을 통하여 그림 9와 같이 정상적으로 나타남을 알 수 있다.



〈그림 9〉 MMS Explorer를 이용한 Server-Client간 MMS 트랜잭션

### 2.3.3 GOOSE 통신

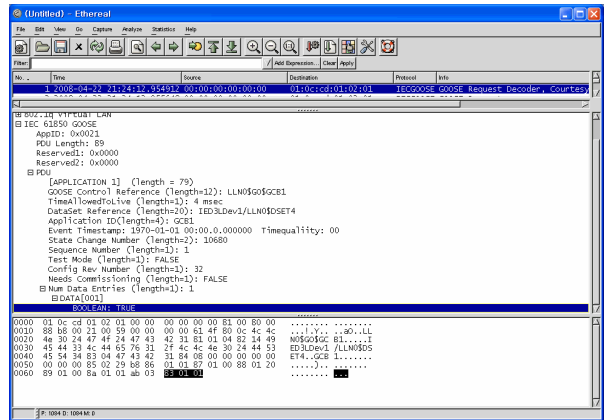
변전소 자동화를 비롯한 거의 모든 통신 산업 분야에서 발생하는 긴급 메시지는 그 중요성으로 인해 언제나 해당 시스템의 운용 가능성을 위한 판단의 기준이 되어왔다. 특히, 트립 등과 같은 매우 긴급한 데이터의 처리를 준비해야하는 변전소 자동화 시스템의 경우에는 그 중요도는 더욱 높아질 수밖에 없다. IEC 61850은 이러한 긴급 메시지 전송을 위해 MMS 메시징과는 별개로 GOOSE(Generic Object Oriented Substation Events) 메시징 방식을 제시하고 있다. IEC 61850은 메시지 우선순위의 개념으로 7개의 메시지 타입을 정의하였는데 GOOSE 메시지는 최우선 순위 즉, 전송시간 3~10ms 이하의 제한을 갖는 이벤트 메시지이다. 이와 같은 이유로 GOOSE 메시지는 Low-level Ethernet Interface로 액세스된다. 즉, UDP, TCP, IP와 같은 중간 계층을 거치지 않고 직접 Data Link 계층(ISO/IEC 8802-3)으로 전달된다. GOOSE 메시지의 흐름은 기본적으로 Publisher와 Subscriber의 개념으로 설명된다. IED는 Publisher의 역할을 수행하여 자신의 디렉토리에 있는 Subscriber들에게 긴급메시지를 전송하고, 각각의 클라이언트는 자신이 접속한 IED로부터 GOOSE 메시지를 수신하여 긴급 데이터를 처리하는 방식이다. 실험을 위하여 클라이언트는 IEC 61850 GOOSE 기능을 탑재한 CMC-256 장비를 사용하여 그림 10과 같이 구성하였다.



〈그림 10〉 CMC-256을 이용한 GOOSE기능 확인

그림 10과 같은 구성에서 GOOSE Publisher의 기능을 IED에 탑재하여 각의 클라이언트에게 긴급메시지를 전송하는 실험을 수행하였다. 긴급 메시지 발생을 위해 신호발생기를 통하여 동작점 이상의 값을 투입하였고 이를 인해 발생하는 트립 정보를 정상적으로 Subscriber들에게 전송하는 지를 모니터링 하였다.

그림 11은 모니터링의 결과로 나타난 화면을 캡처한 것이다.



〈그림 11〉 GOOSE신호의 Monitoring 화면

## 3. 결론

본 연구에서는 변전소 자동화용 프로토콜로 국제 표준화된 IEC61850 프로토콜을 이용한 분포리액터 보호용 IED를 설계, 제작, 시험을 수행하여 디지털 변전소 자동화를 이루는 한 요소로서 가능성을 확인하였다.

이러한 IEC 61850 프로토콜을 이용, 표준화된 IED Modeling을 적용함으로써 상호 운용성을 향상하여 효율적인 변전소 자동화 시스템 구축하는 것은 선진기술과의 격차 해소 및 디지털 변전소 구축의 토대 마련을 이루는데 효과적이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] IEC, <http://www.iec.ch>, 2006/2007
- [2] UCA International Users Group, <http://www.ucausersgroup.org>, 2006/2007
- [3] IEC 61850-1, Communication network and systems in substation-Part1: Introduction and overview
- [4] IEC 61850-5, Communication network and systems in substation-Part5: Communication requirements for functions and devices model
- [5] IEC 61850-6, Communication network and systems in substation-Part6: Configuration description language for communication in electrical substation related to IEDs
- [6] IEC 61850-7-1, Communication network and systems in substation- Part7-1: Basic communication structure for substation and feeder equipment-Principles and models
- [7] IEC 61850-7-2, Communication network and systems in substation- Part7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment-Abstract communication service interface(ACSI)
- [8] IEC 61850-7-3, Communication network and systems in substation- Part7-3: Basic communication structure for substation and feeder equipment-Common data classes
- [9] IEC 61850-7-4, Communication network and systems in substation- Part7-4: Basic communication structure for substation and feeder equipment-Compatible logical node classes and data classes
- [10] IEC 61850-8-1, Communication network and systems in substation- Part8-1: Specific communication service mapping (SCSM) -Mapping to MMS(ISO/IEC 9506-1 and ISO/IEC9506-2) and to ISO/IEC 8802-3
- [11] IEC 61850-9-2, Communication network and systems in substation- Part9-2: Sepsific communication service mapping (SCSM) -Sampled values over ISO/IEC 8802-3
- [12] Nguyen Dihn Nhat, 'IEC61850 기반의 GOOSE 통신에 관한 연구', 울산대학교 전기전자 정보시스템 공학부 석사학위 논문, 2007년 6월