

## 고창실증시험센터 변전소종합자동화 시스템 개발 및 적용

최인선, 최영준, 양항준, 이준철, 김성식  
(주)효성 중공업연구소

### Development and application of Intelligent substation automation system in Kochang testing facility

I.S.Choi, Y.J.Choi, H.J.Yang, J.C.Lee, S.S.Kim  
Power & Industrial Systems R&D Center, Hyosung Co.

**Abstract** - 현재까지 변전소에 구축되어있는 변전소 자동화 시스템은 기존 설비를 바탕으로 지능형 장비(IED)를 추가한, 전력 설비 자체의 인텔리전트화가 아닌 2차 설비(계어, 보호, 감시 장치)의 인텔리전트화를 지향하고 있었다. 그러나 본 실증변전소는 CT, PT와 같은 1차 설비에서부터 상위 시스템까지 전체 전력설비를 Intelligent화하였으며, Hardwiring되어 있는 시스템을 모두 통신과 S/W로 처리하였으며, 국내 최초로 Merging Unit을 개발, 적용하여 디지털 계전기를 검증하였다. 또한 향상된 예방진단 시스템 및 보안방재 시스템을 도입하여 변전소종합자동화 시스템을 구축하였다.

#### 1. 서 론

전 세계적으로 전력의 수요는 계속 급증하고 있으며, 전력망은 더욱 복잡해지고 있다. 또한 산업의 발달로 인해 수요자의 전력 공급의 안정성에 대한 관심도가 계속 커지고 있으나, 전력회사의 한정된 인력으로는 계통을 통제하기 힘들어지고 있다. 이에 전력회사는 수요자 근처에 초고압 변전소 증설을 통한 전력 품질 향상과 수요 상승에 따른 설비증대를 높이고 싶으나, 설비에 대한 사람들의 기피현상으로 인해 주민들과의 마찰이 빈번하게 이뤄지고 있으며, 이에 변전소의 위치는 점점 오지로 밀려나고 있다. 이에 한정된 인력으로 더욱 안정된 품질의 전력을 공급하기 위해서 변전소 종합 자동화의 구축에 대한 전력회사의 관심도가 계속 높아지고 있다. 특히 전력회사의 변전소 종합 자동화에 대한 관심은 원격 감시 제어를 넘어서 기기의 수명을 예측하여 계통의 사고를 미연 방지할 수 있는 예방진단 시스템을 요구하고 있으며, 또한 무인 변전소를 구축하기 위해서 출입자 관리, 화재 예방 등의 보안 방재 시스템을 요구하고 있다.

이와 같이 컴퓨터와 통신 기술을 이용한 디지털 원격 변전 시스템과 기기의 수명을 예측하여 계통의 사고를 미연에 방지할 수 있는 예방진단 시스템 그리고 무인 변전시스템을 위한 보안 방재 시스템 등의 각종 첨단 기술이 갖춰진 변전소 종합 운용 시스템인 인텔리전트 변전소의 필요성이 대두되고 있다. 현재, 인텔리전트 변전소는 기술 개발 중에 있으며, 일부 기간 변전소에만 부분적인 예방진단 시스템이나 디지털보호 계전 시스템이 적용되어 있을 뿐이며, 아직까지도 대부분의 변전소는 전력기기의 사고에 무방비 상태이다.

현재 한전의 변전소는 현장 설비와 데이터 취득 장비 간에 Hardwiring으로 구성되어 있으므로, 설치 및 증설 그리고 유지보수에 어려움이 많다. 또한 감시제어 시스템과 보호계전기 원격 감시시스템 그리고 예방진단 시스템이 별도로 구성되어 있으므로 시스템 통합이 어렵다. 그러므로 인텔리전트 변전소는 Hardwiring을 디지털화 하여 단일통신 네트워크를 구축해야 하며, Ethernet기반 IED 도입으로 시스템 통합에 용이하도록 해야 한다. 그러나 인텔리전트 변전소에 적용되는 대부분의 기기들은 디지털 전자회로로 구성되어 있으며, 이는 실증 시험 없이 초고압 전력계통에 직접 적용하기에는 많은 위험요소가 존재한다.

따라서, 이러한 시스템을 도입하기 위해서는 실 계통 하에서 실증시험을 거칠 필요가 있으며, 실증시험의 효과를 극대화하기 위해서는 단일 변전소를 기기부터 네트워크까지 하나의 디지털 시스템으로 구성해야만 원활한 운영을 할 수 있을 것이다. 이에 ㈜효성은 과제를 통하여 "154kV 실증시험용 인텔리전트 변전소" 구축 사업을 진행하고 있으며, 고창 전력시험센터 내 154kV 실증시험장 변전소를 완공하고 이를 실 계통에 연계할 준비를 하고 있다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 154kV 실증시험용 인텔리전트 변전소

본 사업은 산업자원부에서 자금을 지원하고 전력연구원이 주관하여 추진하는 전력산업 인프라 조성 사업 내에서 추진되는 '신송전 실증시험선로 및 변전설비 구축사업'으로써, ㈜효성은 인텔리전트 변전소의 토목/건축공사 및 변전기기의 설계부터 제작/설치까지 Turn-Key로 납품하였으며, 본 변전소는 전북 고창에 위치한 한전 전력시험센터 부지 내에 설치되었다. 본 변전소는 흥농 변전소로부터 약 7.7km의 공장으로 전력을 공급 받고있으며, 향후 고창 전력 시험 센터의 소내 전원을 자체 조달하기 위해 사용될 것이다[1].

##### 2.1.1 인텔리전트 변전소 사양

본 변전소의 기기정격 및 사양은 한전 표준154kV 변전소 사양을 토대로 구성하였으며, 인텔리전트 시스템에 관련된 사양은 신규 제정된 IEC 규격들과 해외 변전소 벤치마킹 자료를 바탕으로 구성하였다. 또한, 기존 변전소와의 비교를 위해 GIS 3 Bay 및 변압기 1 Bank는 기존Conventional Type 변전소의 형태와 동일한 사양으로 제작되었다[1].

**<표 1> 인텔리전트 변전소 사양**

제어소 층수	1층
제어소 구성	중앙감시실, 전장Panel실, 회의실 등
170kV 50kA GIS	4 Bay (#2.TR Bay:인텔리전트 type)
154kV 45/60MVA MTR	2 Bank (#2.MTR:인텔리전트 type)
25.8kV 25kA C-GIS	9 cct (Bay controller 적용)
전장Panel	1 Set
SCADA시스템	1 Set (Station controller 적용)

##### 2.1.2 기대효과

이 실증시험용 154kV 인텔리전트 변전소 구축을 통하여 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다. 첫째 기존의 CT/PT를 로고스키 코일형 CT 및 Capacitive Voltage Divider로 대체하고 이를 Merging Unit이라는 데이터 수집장치를 통하여 전류 및 전압에 대한 정보를 Network를 통하여 제공함으로써 기존 전력자동화 시스템의 파라다임을 변경하고 이를 적용한 첫 사례가 되었다. 이러한 구성은 향후 IEC61850 변전시스템이 구성될 경우 예상되는 문제점들을 실증시험을 통하여 파악할 수 있을 것으로 기대된다. 둘째 GIS의 경우 기존의 Local Control Panel을 Digital화하여 현장에서 모든 Hardwiring을 수용하여 Control Room까지의 케이블 작업을 제거하였으며, 광 통신을 이용하여 GIS의 모든 정보를 운영시스템에서 관리할 수 있도록 하였다. 이러한 시스템은 설비의 증설에 따른 복잡한 케이블 작업을 없애고, 증설 시간을 단축함과 동시에 기존시스템과의 Interface문제도 쉽게 해결할 수 있는 장점을 가지고 있으며, Plug and Play기능을 구현 가능하게 한다. 또한 향후 개발하는 계전기 및 각종 설비에 대한 실증시험을 행할 수 있는 환경을 제공할 수 있다.

##### 2.2 시스템 구성 및 특징

고창에 구축한 인텔리전트 변전소는 최하위의 프로세스 레벨(Process Level), 중간단계인 베이 레벨(Bay Level), 최상위 단계인 스테이션 레벨(Station Level)로 구성된다. 먼저 프로세스 레벨을 살펴보면 기존의 변전소에서는 CT/PT의 Hardwiring 방식을 통해 데이터를 취득하고 있으나, 인텔리전트 변전소에서는 전

자식 변성기를 적용하여 데이터 취득을 디지털화 하였다. 두 번째로 베이 레벨에서는 디지털화된 Bay Controller의 적용으로 기존의 기계식 스위치와 Magnetic 접점들로 구성된 LCP(Local Control Panel)를 대체하게 된다. 또한 전자식 변성기용 입출력을 처리하는 Merging Unit 및 Merging Unit으로부터 Ethernet통신으로 데이터를 전송받아 계통을 보호하는 디지털 보호 계전기를 개발하였다. 마지막으로 스테이션 레벨에서는 기존의 원격감시 시스템에서 진보되어 전력감시 시스템, 예방진단 시스템, 보안방재 시스템 등 크게 3가지로 구성된 인텔리전트 시스템을 구축하였다. 또한 웹 브라우저를 통한 감시를 지원하는 인텔리전트 웹 감시시스템을 구성하였다.

## 2.2.1 전력감시 시스템

### 2.2.1.1 전자식 변성기

기존의 변전소는 각종 전력 계측하기 위해 CT/PT를 이용하며 Hardwiring을 통해 계측된 값을 전송하고 있으므로 케이블의 수량이 많고, 많은 공사 단가가 필요하다. 그러므로 이번에 구축한 인텔리전트 변전소는 기존의 CT/PT 방식의 단점을 극복하기 위해, 전자식 변성기를 적용하였으며, 전자식 변성기(Electronic Instruments)는 기존의 철심형 CT와 PT의 단점을 극복한 로고스키 코일형 CT(Rogowski coil type CT, 이하 RCT), Capacitive Voltage Divider(이하 CVD)를 사용하였다. RCT의 출력은 미세전압형태이므로 이를 증폭 처리하는 적분기를 사용하였으며, CVD의 경우 전압분배를 효율적으로 하기 위하여 Ratio Box를 사용하였다. 이러한 적분기 및 Ratio Box는 Merging Unit(이하 MU)을 통하여 상위 시스템에 전류 및 전압 정보를 전송하여 준다. MU와 디지털 릴레이간 통신은 Ethernet방식으로 이뤄진다. 이번 인텔리전트 변전소에는 170kV GIS 1 Bay에 RCT가, 모선구간에는 CVD가 적용된다.

### 2.2.1.2 Bay Controller

기존의 변전소는 현장에서 취득되는 데이터를 Hardwiring으로 제어실에 있는 기계적 스위치와 Magnetic 접점들로 구성된 LCP(Local Control Panel)까지 가져오고, 이를 통해 운영자가 제어 혹은 감시를 진행하였다. 그러나 인텔리전트 변전소는 Bay Controller를 이용하여 LCP를 대체하였다. 이에 170kV GIS에는 DCU(Digital Control Unit)이라는 Bay Controller를 설치하였으며, DCP(Digital Control Panel)에 설치되었다. DCP는 현장에 설치되어 있으며, 이를 운영자가 제어실에서 조작하기 위해서는 RCU(Remote Control Unit)라는 장비를 사용하게 된다. RCU는 현장의 DCU 정보 및 제어실의 25.8kV C-GIS 정보와 더불어 각종 인터록 및 Annunciator 기능을 대체, 보유하여 제어실 내에서 모든 설비에 대한 정보를 감시할 수 있도록 구성이 되어 있으며, 향후 시스템이 완전 무인화가 될 경우에는 변압기와 관련된 인터록 정보를 포함하여, Remote 기능이 있어서는 반드시 필요한 Data Hub의 기능을 담당하게 될 것이다.

두 번째로, 25.8kV C-GIS용 Bay Controller인 GCU(GIS Control Unit)를 기존의 LCP 대신 설치하였다. 이를 통해 DCU와 마찬가지로 데이터 취득, 제어, InterLock과 같은 기계적으로 이루어진 것을 모두 디지털화 하였고, 간소화하였다.

### 2.2.1.3 전자식 변성기용 디지털 보호계전기

전자식 변성기용 디지털 보호 계전기는 기존의 CT 및 PT에서 계전기 내부의 보조 CT/PT를 써왔던 기존의 경우와 달리, 전압 변성은 170kV GIS 용 CVD 2차 신호 처리 장치인 Ratio Box를 이용하고, 전류 변성은 로고스키 코일형 CT 2차 신호 처리 장치인 적분기로서 양자화 된 각상 데이터를 추출한다. 이러한 수치화 된 각 상 별 출력 데이터를 Merging Unit에서 통신(Serial / Fiber Optic)으로 수신하여 동기화 Process를 거친 후 Ethernet TCP/IP로써 보호 계전기에 데이터를 송출하여 구현된 보호 계전 기능을 수행하게 된다[2].

### 2.2.1.4 Station Controller

본 인텔리전트 변전소는 Conventional Type과 인텔리전트 Type으로 나뉜다. 그러므로 기존의 Hardwiring된 데이터를 LCP로부터 아날로그 및 디지털 정보를 가져와 HMI로 보내주는 Station Controller와 Bay Controller 및 전자식 변성기용 디지털 보호 계전기의 데이터를 Ethernet 통신을 통해 수집하고, 또한 그 정보를 HMI로 보내주는 Station Controller로 그 종류를 다르게 구성하였다.

## 2.2.2 예방진단 시스템

예방진단 시스템은 휴전을 통해 주기적으로 전력 기기를 검사 하던 방식에서 진일보하여, 전력 기기의 운전 상태를 각종 센서와 데이터 취득 장치를 통해 온라인으로 상시 감시·진단하는 시스템이다. 이러한 센서와 데이터 취득 장치에서 측정된 아날로그 신호 및 디지털 신호는 프로세스 레벨에 해당하는 DAU(Diagnostic Analysis Unit)에 보내지며, DAU에서는 이 신호들을 취합하여 통신으로 Station Controller로 보내진다.

### 2.2.2.1 DAU(Diagnostic Analysis Unit)

예방진단 시스템의 실제 적용 대상인 GIS 및 변압기에 부착되어 있는 센서로부터 측정하고자 하는 다양한 형태의 데이터를 취득하여 상부의 Station Controller로 데이터를 전송하는 장치로써 다양한 출력을 가지는 다수의 센서로부터 Bay 별로 데이터를 직접 취득한다.

### 2.2.3 보안방재 시스템

출입자 감시, 침입자 감시 및 화재 등으로부터 각종 시설을 보호하기 위한 보안방재 기능은 변전소 무인화 기술의 기본이라고 할 수 있다. 이에 설비의 원활한 감시를 위해서는 전체 설비 감시를 위한 인터페이스와 설비에 이상이 생기거나 침입자가 발생하였을 경우 이상 및 침입자 등의 이벤트를 표시해 줄 수 있어야 한다. 또한 각 요소마다 CCTV를 설치하고 이를 제어함으로써 육안을 통한 감시도 제공되어야 한다.

### 2.2.4 인텔리전트 웹감시 시스템

본 시스템은 변전소 운영 효율의 증대를 꾀하고 변전소의 무인화 진행에 맞추어 원격에서 변전소의 전력감시 시스템 및 예방진단 시스템의 필요한 정보를 웹 브라우저를 통하여 얻을 수 있는 인텔리전트 웹감시 시스템을 구성하였다. 인텔리전트 웹감시 시스템을 이용함으로써 시스템 운영 비용을 감소시킬 수 있다.

## 3. 결 론

현재까지 변전소에 구축되어있는 변전소 자동화 시스템은 기존 설비를 바탕으로 지능형 장비(IED)를 추가한, 전력설비 자체의 인텔리전트화가 아닌 2차 설비(제어, 보호, 감시 장치)의 인텔리전트화를 지향하고 있었다. 그러나 고창 실증시험센터에 구축한 인텔리전트 변전소는 GIS에 부착되어 있는 CT, PT에서부터 GIS Local Control Panel까지 전력설비 자체를 인텔리전트화하고 이를 기반으로 통신에 의해 인터락을 포함한 모든 시퀀스 정보를 S/W로 처리한 신개념의 시스템이며, 국내 최초로 Merging Unit을 개발, 적용하여 디지털 계전기의 Dependability 및 Security를 검증한 시스템이다. 또한 예방진단 시스템을 위하여 보다 개선된 Diagnostic Analysis Unit을 적용하여 기본적인 설비 진단은 물론, 장비의 유지보수를 위한 진단 기법까지 도입하였으며, 이러한 예방진단 시스템은 전력 감시 시스템과 데이터를 서로 자유롭게 호환하여 변전소 종합 자동화 시스템의 진정한 기능을 구현한 시스템이다. 이는 추후 IEC61850 통신 프로토콜을 이용한 Ethernet 기반의 인텔리전트 변전소 구축 및 실증 시험에 있어서 큰 기여를 할 것으로 생각된다. 또한 본 사업을 통해 국내 최초로 차세대 변전기기 실증시험용 시험장이 탄생하였으며, 실증 시험을 통해 새로운 전력기에 대한 신뢰도를 검증할 수 있을 것이다. 이러한 시도는 IEC61850 기반의 변전소 자동화 시스템에서 구현하고자 하는 방향과 부합되며, 이를 통하여 국내의 인텔리전트 변전소 구축 기술을 선도함은 물론이고 향후 국제 경쟁력 강화에도 큰 도움이 될 것이다.

현재 인텔리전트 변전소에 대한 관심은 계속 증폭되고 있고, 이에 따라 각종 기술 개발이 이루어지고 있다. 그러므로 앞으로의 변전소는 인텔리전트 변전소가 국내 변전소의 대부분으로 바뀌어질 것이다. 이에 본 사업으로 구축된 인텔리전트 변전소는 계속 새로운 시스템의 도입과 실증을 반복함으로써, 현 시점에서의 인텔리전트가 아닌 계속 진행되는 인텔리전트 변전소가 될 수 있을 것으로 기대한다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 정영환 외, "154kV급 실증시험용 인텔리전트 변전소 구축", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, A권, p456-457, 2006년도
- [2] 노계근 외, "신송전 실증 시험선로용 디지털 보호계전기의 개발 사례", 전력계통보호제어연구회, p111-124, 2007년도