# 170㎸ GIS용 Bay Controller 개발

**김민수***, 정재룡*, 김정배*, 이학성*
(주)효성 중공업연구소*

# Development of Bay Controller for 170㎸ GIS

Min-Soo Kim*, Jung-Ryong Jung*, Jung-Bae Kim*, Hahk-Sung Lee*
Hyosung Corporaton Power & Industrial System R&D Center*

**Abstract** - 근래 선진 중전기 메이커에서는 차단기, GIS 등의 전통적인 단품 위주에서 탈피하여 전력 IT 기술을 접목한 전력기기/변전소 자동화를 강력하게 추진하고 있다. 특히 전체 변전소를 감시, 제어, 계측, 보호할 수 있도록 전력 IT 기술을 기반으로 한 IEC 61850 적용 변전소 종합 자동화 시스템 개발에 역량을 집중하고 있다.

본 논문에서는 당사에서 개발한 최신 IT 기술을 적용한 IEC 61850 기반 170㎸ GIS용 Bay Controller 관련 구성, 기능, 성능시험 결과에 대해 기술하며, 변전소내 노이즈로 인해 유발될 수 있는 전자장치 오동작 등을 보증하기 위해 실시한 전자파 장해시험 결과와 GIS와 동일한 환경에 설치되므로 온/습도, 진동/충격시험을 관련 국제규격인 IEC 60255-6, IEC 60255-21-1, 2, 3에 의거하여 실시한 내용을 기술하도록 한다.

## 1. 서 론

기존의 가스절연개폐장치(이하 "**GIS**" : **G**as **I**nsulated **S**witchgear)는 다량의 계전기와 각종 제어, 상태, 인터록 정보 등을 위한 배선으로 조립된 현장 제어용 조작함(이하 "**LCP**" : **L**ocal **C**ontrol **P**anel)이 설치되어 있어, 공장에서의 생산성 저하, LCP의 대형화, 현장 설치시 복잡한 배선작업 등이 문제점으로 제기되고 있다. 또한 최근에는 전력 IT 기술 기반의 Digital 전력계통에 적합한 GIS의 구성품이 요구되고 있는 실정이다. 종래 GIS용 LCP는 아날로그 제어방식으로 현장 조작함의 시퀀스 제어회로를 계전기, 스위치, 카운터, 타이머, Pilot 램프, 경보 표시장치, 케이블 등을 이용하여 구현하고 있다. 그래서 LCP 내부에 각종 계전품과 케이블이 많이 필요하게 되어서 복잡한 것이 단점이다. 또한, 시퀀스 제어회로의 수정이 필요하면 계전품 및 배선을 수정해야 하므로 현장 제어용 조작함의 유지보수 측면에서 유연성이 낮다.[1][2]

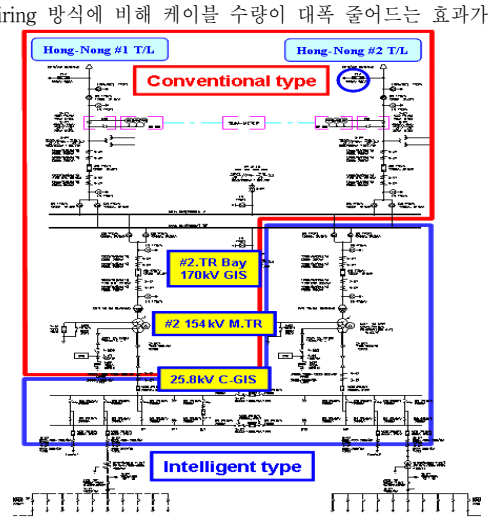
본 논문에서 소개되는 170㎸ GIS용 Digital 제어방식 Bay Controller는 μ-Processor에 의해 동작하는 제어기를 중심으로 디지털 전자회로를 적용한 하드웨어 부분과 기존 GIS용 LCP의 기능을 구현한 소프트웨어 부분으로 구성되어 있고, Ethernet 기반 원격 통신기능으로 SCADA /Remote와 Optic Communication으로 연결되어 변전소 종합 자동화에 적합하며, IEC 61850 적용의 최대 장점인 Inter-operability를 가능케 하고자 하며, 배선의 축소로 인한 조립 작업성의 향상, 원가절감, 기존 LCP의 유지보수성 향상을 목적으로 한다.

종래 GIS의 아날로그 제어방식 LCP를 대체하기 위해서는 기존 LCP의 고유 기능을 모두 포함해야 하며, 이를 확인하기 위해 GIS와 연동하여 각종 동작시험을 실시하였으며, 실제 변전소(고창 시험센터 변전소)에 설치하여 변전소를 구성하는 전체 전력기기와 연관된 Sequence 및 Interlock 기능을 확인하였다. 고창 시험센터 변전소에는 170㎸ GIS가 총 4Bay로 구성되며, 이 중에서 No. 2 MTR용 GIS에 본 논문에서 제안된 Digital 제어방식 Bay Controller를 적용하였다. Remote와의 통신을 위해 No. 1 MTR 보호반에는 Remote Control Unit(이하 "RCU")이 적용되어 있다. 또한 변전소에는 전자장치의 오동작을 유발하는 각종 전자파 및 서어지 등이 혼재하고 있어, 이러한 환경에 적합한 전자장치를 설계, 제작되었으며. 기존의 계전품, 배선 등을 이용하여 구현된 시퀀스 제어회로를 μ-Processor에 의해 동작하는 제어기를 탑재한 디지털 제어방식으로 구성되었다. 추가로 GIS와 동일한 환경에 설치되므로 온/습도, 진동/충격시험을 관련 국제규격인 IEC 60255-6, IEC 60255-21-1, 2, 3에 의거하여 실시한 내용을 기술하도록 한다.

## 2. 본 론

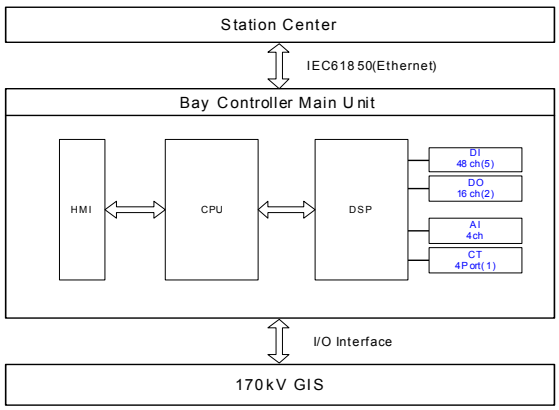
### 2.1 Bay Controller 구성

그림 1의 고창 시험센터 변전소 단선도에서 보는 바와 같이 Bay Controller는 No. 1 MTR Bay에 설치되어 있으며, 종래 TR Bay의 LCP를 대체하기 때문에 동일한 역할, 기능(TR Bay LCP의 고유 Sequence 및 Interlock 회로)을 담당하고 있으며, 상위 SCADA/Remote와의 연계를 위해 Ethernet 기반의 Optic Communication으로 연결되어 있어 기존 Hard-wiring 방식에 비해 케이블 수량이 대폭 줄어드는 효과가 있다.




〈그림 1〉 170㎸ GIS용 Bay Controller 설치된 고창시험센터 변전소 단선도

Bay Controller는 H/W Unit과 S/W Program으로 구성되어 있다. H/W Unit은 Digital 전자회로와 μ-Processor 기반 Digital 제어기를 이용하고 있다. S/W Program은 GIS용 Bay Controller의 다양한 기능을 구현한다. H/W Unit은 μ-Processor 기반 Digital 제어기, LCD, DI, DO, AI, Power부, Ethernet 통신 출력부 등으로 구성된다. 이러한 강력한 μ-Processor와 기존 LCP 기능을 S/W Coding을 통해 GIS 제어회로의 신뢰성과 유연성을 크게 향상시켰다. 그림 2는 Bay Controller H/W 구성도를 나타내고 있다.




〈그림 2〉 170㎸ GIS용 Bay Controller H/W 구성도

### 2.2 Bay Controller 주요 기능

그림 3은 170㎸ GIS용 Bay Controller의 실제 전/후면 구성을 나타내고 있다. Bay Controller의 고유 기능인 감시/제어/계측 기능을 담당하도록 구성되어 있으며, 상세히 설명하자면, 먼저 전면은 640X480 TFT LCD를 사용하고 있으며, Touch Screen 조작이 가능하다. GIS 상태 확인 및 CB/DS/ES 조작이 가능하며 AI/DI를 통한 기기 상태, 각종 알람 상태 및 Event를 확인할 수 있다. TFT LCD에는 7개의 Menu가 [CONTROL], [ALARM], [MOTOR], [GDT], [GRAPH], [STATUS], [SETTING]으로 구성되어 있고, Touch Screen으로 각 해당하는 메뉴를

누르면, 원하는 동작을 실행할 수 있다.

〈그림 3〉 Bay Controller 전/후면 구성

[CONTROL] 모드에서는 CB/DS/ES의 현재 상태를 확인할 수 있으며, 제어 모드가 Local일 경우, 간단한 조작으로 CB/DS/ES의 제어 지령을 내릴 수 있다. 단지, 제어가 성공적으로 실행되기 위해서는 각 제어 지령에 해당하는 인터록 조건을 만족했을 경우 가능하다.

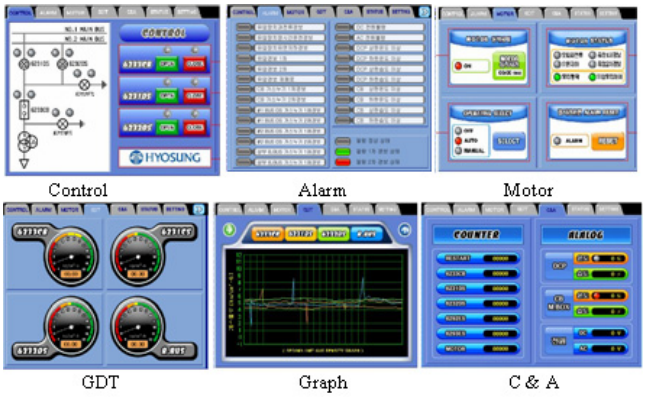
[ALARM] 모드에서는 Mechanism 관련 알람, 가스누기 관련 알람, AC/DC 전원 알람, 온/습도 알람 등 해당 Bay와 관련된 모든 알람 정보를 알 수 있다.

[MOTOR] 모드에서는 유압 모터의 동작모드 설정 및 확인, 동작 상태, 장시간 운전 경보 등을 확인할 수 있다.

[GDT] 및 [GRAPH] 모드에서는 각 가스 구간별 가스압 정보 및 트랜드를 확인할 수 있다.

[C&A] 모드에서는 Mechanism Box 및 Bay Controller의 온/습도 및 CB/DS/ES의 동작횟수를 확인할 수 있다.

[STATUS] 모드에서는 DI/AI/DO 상태를 확인할 수 있다.




〈그림 4〉 Bay Controller LCD 각 모드 화면구성

### 2.3 Bay Controller - GIS 연동 시험

표 1은 CB Trip & Closing 제어회로 Sequence를 나타내고 있으며, 제어회로 시험 결과 모두 양호하였으며. 추가로 모터, DS, Annunciator, Alarm 회로에 대한 Sequence 시험결과도 모두 양호하였다.

〈표 1〉 CB Trip & Closing Control Circuit Sequence

| No. | 시퀀스 |
|---|---|
| 1 | 차단기는 (1) 유압 > 285kgf/㎠.G (63Q1 접점이 OPEN), (2) 33CB 가스압 →"2'ND BREAKING", (3) 31DS 정지, (4) 32DS 정지, (5) 86T, 51NSX, 52CB 접점 OPEN 상태일 때만 LOCAL/REMOTE/SCADA 에서 CLOSE 조작이 가능하다. |
| 2 | 차단기는 (1) 유압 > 272kgf/㎠.G (63Q2 접점이 OPEN), (2) CB 가스압 → "2'ND BREAKING" 상태일 때만 LOCAL/REMOTE/SCADA에서 TRIP 조작이 가능하다. |
| 3 | 차단기가 CLOSE될 때마다 (차단기의 43-44 보조접점이 CLOSE 될 때마다) "차단기 동작회수"를 나타내는 카운터가 1 증가되어 화면에 표시된다. |
| 4 | 유압 < 285kgf/㎠.G (63Q1 접점이 CLOSE)이면 "유압저하 1차경보"가 화면에 표시되고 REMOTE/SCADA로 송신된다. |
| 5 | 유압 < 272kgf/㎠.G (63Q2 접점이 CLOSE)이면 "유압저하 2차경보"가 화면에 표시되고 REMOTE/SCADA로 송신된다. |
| 6 | 33Q 접점이 CLOSE되면 "유면저하경보"가 REMOTE/SCADA로 송신된다. |
| 7 | CB Box 내부의 온습도가 화면에 표시되고 CB Box 내부의 온도에 따라서 히터가 동작(5℃:ON, 10℃:OFF)하고 히터 동작 여부가 화면에 표시된다. |
| 8 | CB Box의 도어를 열면 형광등이 점등한다. |

### 2.4 Bay Controller 전자파 장해시험

실제 Bay Controller가 설치되는 장소는 각종 노이즈 및 써지가 존재하는 변전소이기 때문에 노이즈로 인한 오동작을 방지키 위해 이에 적당한 IEC 규격에 준하는 전자파 장해시험을 표 2와 같이 실시하여 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

〈표 2〉 Bay Controller 전자파 장해 시험항목 및 방법

| 시험명 | 시험방법 | 적용규격 |
|---|---|---|
| 절연 저항 시험 | 직류 500V 절연저항계로 측정<br>전기회로-G:10MΩ이상<br>전기회로/접점 상호간:5MΩ이상 | IEC 60255-5 |
| 상용주파 내전압 시험 | 전기회로-G:AC 2kV/min<br>전기회로 상호간:AC 2kV/min<br>접점상호간:AC 1kV/min | IEC 60255-5 |
| 임펄스 내전압 시험 | 전압:5kV/±3회, 1.2/50㎲<br>전기회로 일괄-G<br>전기회로 상호간/제어회로 접점간 | IEC 60255-5 |
| 1Mhz 진동서지 시험 | 전압:2.5kV, 주파수:1Mhz, 감쇄:3~6Hz<br>CT회로일괄-G/제어전원일괄-G<br>제어전원회로-단자간<br>제어회로일괄-G | IEC 60255-22-1 |
| 서지 강도시험 | 제어전원 상호간:2kV<br>제어전원-G:4kV<br>접점 상호간:1kV/접점-G:2kV | IEC 60255-4-5 |
| 무선주파 방사내성 | 전계:10V/m, 주파수:25Mhz~1Ghz | IEC 60255-22-3 |
| 버스트 강도시험 | 전압:±4kV, 1분이상<br>반복주파수:5or100khz<br>지속:15ms±20%, 주기:300ms±20% | IEC 60255-22-4 |
| 정전기 시험 | Contact:6kV, Air:8kV | IEC 60255-22-2 |
| 제어 전원시험 | DC 90V~140V 전압변동시험<br>Voltage Reduction:100%<br>Voltage Interruption:5/10/20/50/100/200ms | IEC 60255-11 |

### 2.5 Bay Controller 내환경/진동/충격 시험

Bay Controller는 GIS를 구성하는 구성품중 하나이므로, GIS 관련 규격인 IEC 60694에서 규정하고 있는 내환경(IEC60255-6)/진동(IEC60068-2-6)/충격(IEC60068-2-27) 시험을 실시하여야 하며, 본 시험 규정은 표 3에서 보는 바와 같이 규정되어 있고, 이에 준해 시험한 결과, 모두 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

〈표 3〉 Bay Controller 내환경/진동/충격 시험항목 및 방법

| 시험명 | | 시험방법 | 판정기준 |
|---|---|---|---|
| 내환경시험 | 내한성시험 | 동작상태로 -25℃에서 2h 방치 | 시험중 통신기능유지 |
| | 내열성시험 | 동작상태로 55℃에서 2h 방치 | |
| | 고온고습 시험 | 고온고습(40℃, 93%)조건에서 동작상태로 4일간 방치 | |
| | 온습도 사이클 시험 | 상대습도:95%<br>온도사이클:55℃ 12h(상승시간 3h), 25℃ 12h(하강시간 3h)(반복회수:2사이클) | |
| 진동시험 | 진동 응답 시험 | 주파수범위:10Hz~150Hz<br>절점주파수:60Hz<br>60Hz이하:변위진폭0.035㎜<br>60Hz이상:가속도0.5G<br>Sweep 사이클:1(약8분)<br>가진방향:전후/좌우/상하 | |
| | 진동 내구 시험 | 주파수범위:10Hz~150Hz/가속도:1G<br>Sweep 사이클:20(약150분)<br>가진방향:전후/좌우/상하 | 시험후 기계적 손상 없을 것 |
| 충격시험 | 충격응답 시험 | 가속도:5G / 펄스지속:11ms<br>각 방향 펄스 수:3 | 시험중 통신기능유지 |
| | 충격내구 시험 | 가속도:15G / 펄스지속:11ms<br>각 방향 펄스 수:3 | 시험후 기계적 손상 없을 것 |

## 3. 결 론

최근 국내/외 전력회사 및 중전기기 메이커에서 역량을 집중하고 있는 사안중 하나인 전체 변전소를 감시, 제어, 계측, 보호할 수 있도록 전력 IT 기술을 기반으로 한 IEC 61850 적용 변전소 종합 자동화 시스템과 관련하여, 본 논문에서는 당사에서 개발중인 IEC 61850 기반 170kV GIS용 Bay Controller의 구성, 기능, GIS 연동시험, 전자파장해시험, 내환경/진동/충격시험 결과에 대해 기술하였다. 현재 IEC 61850 기능 구현에 집중하고 있으며 향후 관련 규격 공인기관시험을 진행할 예정이다.

## [참 고 문 헌]

[1] 김정배 외, "Development of Intelligent GIS using Electronic Technology", IEEE/PES, CD 1, 2003

[2] 김정배 외, "Development of Intelligent Gas Insulated Switchgear using Electronic Technology", CIGRE SC A3&B3 Joint Colloquium, CD 1, 2005