

## 가스절연 개폐장치용 디지털 제어 패널 개발

\*김태욱, \*김정배, \*송원표, \*김덕수, \*\*고희석  
\*(주)효성 중공업연구소, \*\*경남대학교

### Development of Digital Control Panel for GIS

Tae Wook Kim, Jung Bae Kim, Won Pyo Song, Deok Soo Kim, Hee Seok Koh  
HYOSUNG CORPORATION R&D Institute, KyongNam Univ.

**Abstract** - 종래 가스절연개폐장치용 제어 패널은 아날로그 제어방식으로 제어 패널의 시퀀스 제어회로를 계전기, 스위치, 카운터, 타이머, 파이로트 램프, 경보 표시장치, 케이블 등을 이용하여 구현한다. 그래서 제어 패널 내부에 각종 계전품과 케이블이 많이 필요하게 되어 복잡하고 단점이 있다. 또한, 시퀀스 제어회로의 수정이 필요하면 계전품, 배선을 수정해야 하므로 제어 패널의 유연성이 낮다. 이것을 디지털 제어 패널로 대체하면 아날로그 제어방식으로는 구현하기가 어렵거나 불가능한 기능들을 쉽게 구현할 수 있으며, 시퀀스 제어회로의 수정이 필요하면 종래에는 계전품, 결선을 수정해야 했으나 소프트웨어의 수정만으로 가능하여 제어 패널의 유연성이 향상되며, 제어기의 내부가 PCB 보드로 되어 있어서 제어 패널의 유지보수성이 향상되며, 종래에는 계전품, 케이블을 이용하여 구현한 기능들이 소프트웨어로 가능하게 되므로 제어 패널의 배선이 많이 축소되어 조립 작업성이 향상되고 원가절감이 가능하다. 원격 통신기능이 가능하여 SCADA/REMOTE와 통신으로 연결되어 변전소 종합자동화에 적합하다.

## 1. 서 론

변전소 고압 기기를 설계, 제작하는 기술은 계속적으로 향상되고 있다. 기기의 전체 크기는 축소형으로 되면서, 차단 능력과 기기의 신뢰성은 증가하고 있다. 그리고, 디지털 전자공학 기술의 빠른 발전으로, 변전소 자동화 시스템 (SAS)은 예를 들면 감시 정보의 원격 액세스와 같은 다양한 기능을 제공한다 [1]. 강력한 마이크로프로세서와 정보 시스템의 수월한 이용은 현대적인 변전소용 보호·제어 시스템의 개발에 중요한 영향을 미치고 있다. 최근의 변전소 보호·제어 시스템의 추세는 전체 계통의 제어, 감시에 있어서 보다 효율적이고 유지보수가 적게 요구되는 방향이다. 광 프로세스 버스 인터페이스하는 지능적인 드라이브는 요구되는 배선을 대폭 축소할 수 있다. 그 결과, 상당한 원가 절감이 가능해진다. 더욱 단축된 처리와 설치 기간, 향상된 전자기 적합성이 장점이다. 디지털로 처리된 신호의 정보는 경계성을 향상하며 시스템의 유지보수에 대한 요구를 축소한다 [2]. 유럽의 선진 메이커인 SIEMENS, ABB, VA TECH은 디지털 제어 패널을 개발하여 시장에 내놓고 있으며, 특히 종합감시시스템 및 예방진단시스템 기능이 적용된 변전소를 중심으로 적용하고 있는 실정이다. 종래 가스절연 개폐장치용 제어 패널에서 가스절연 개폐장치의 시퀀스 제어회로는 많은 수의 계전기를 포함하여 스위치, 카운터, 파이로트 램프 등으로 구성되어 있다. 그래서 이것은 많은 배선을 요구하며 전체적으로 매우 복잡해진다. 또한, 시퀀스 제어회로를 수정해야 할 경우에 새로 계전품을 설치하고 결선을 수정해야 하는 등의 단점이 있어서 유연성이 낮은 것이다. 반면에 디지털 제어 패널은 제어기 내부의 소프트웨어의 수정만으로 시퀀스 제어회로의 변경에 대응할 수 있으므로 제어 패널의 유연성이 향상된다.

## 2. 구조와 기능

### 2.1 구조

가스절연 개폐장치용 디지털 제어 패널은 크게 하드웨어 유니트와 소프트웨어 프로그램으로 구성되어 있다. 하드웨어 유니트는 디지털 전자회로와 마이크로프로세서 기반 디지털 제어를 이용하고 있다. 소프트웨어 프로그램은 가스절연 개폐장치용 제어 패널의 다양한 기능을 구현한다. 하드웨어 유니트는 마이크로프로세서 기반 디지털 제어기, LCD, 디지털 입력 (DIs), 디지털 출력 (DOs), 아날로그 입력 (AIs), 계전기 등으로 구성된다. 저자들은 강력한 마이크로프로세서와 정보 시스템을 이용하여 가스절연 개폐장치의 제어회로의 신뢰성과 이용가능성을 크게 향상하였다. 그림 1은 가스절연 개폐장치용 디지털 제어 패널의 구성도를 보인다. 또한 신호 흐름 선도가 표시되어 있다. 이 그림에서, TC, CC, M은 각각 차단기의 트립 코일 (trip coil), 클로징 코일 (closing coil), DS/ES 조작기 박스의 직류 전동기 (dc motor)를 나타낸다. 그림 2는 금번에 개발한 가스절연 개폐장치용 프로토타입 디지털 제어 패널을 보이는 사진이다.

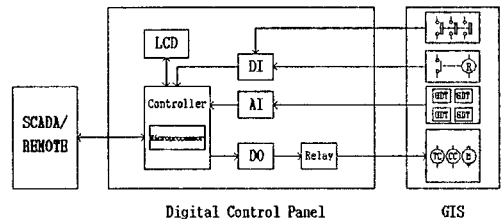


그림1. 디지털 제어 패널의 구성도  
Fig1. Configuration of the Digital Control Panel

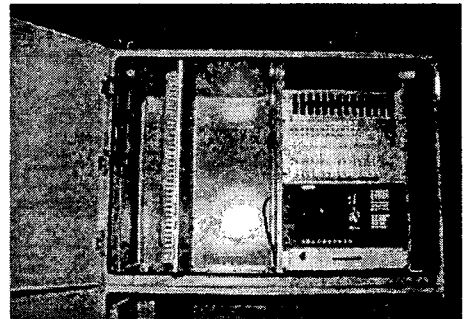


그림2. 프로토타입 디지털 제어 패널  
Fig2. The Prototyp Digital Control Panel

## 2.2 기능

마이크로프로세서 기반 디지털 제어기는 가스절연 개폐장치용 디지털 제어 패널의 시퀀스 제어회로의 알고리즘을 수행한다. 그리고 이것은 알고리즘 수행에 필요한 정보를 받아들여 LCD에 의하여 운전자 인터페이스를 수행한다. 그래픽 LCD는 운전자로 하여금 가스절연 개폐장치용 디지털 제어 패널을 감시하고 운전할 수 있게 한다. 운전자는 LCD에 표시된 그래픽 화면을 통하여 제어 명령을 내릴 수 있으며, 제어 명령 수행을 확인할 수 있으며, 가스절연 개폐장치의 경보 상태, 개폐기의 개폐 상태, 각 가스 구획의 가스밀도를 알 수 있다. 운전자는 또한 멤브레인 키패드를 통하여 차단기, 단로기, 접지개폐기를 개폐 제어할 수 있다.

디지털 입력 (DIs)은 차단기, 단로기, 접지개폐기의 보조점점의 상태와 보조 계전기의 점점의 상태를 읽어들이고, 디지털 출력 (DOs)은 차단기, 단로기, 접지개폐기를 제어하기 위한 점점 출력을 제공한다. 아날로그 입력 (AIs)은 가스절연 개폐장치의 각 가스 구획에 부착된 가스밀도변환기 (GDT) 센서의 출력 신호를 읽어들이고, 그러면 A/D 컨버터는 이들 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환한다. 이는 제조자의 변환식을 이용하여 대응하는 실제 값으로 계산되어진다. 계산 결과는 LCD에 수치값과 그래프의 형태로 선택적으로 표시될 수 있다.

그림 3은 그래픽 LCD에 표시된 가스절연 개폐장치의 미믹(mimic)을 보인다. LCD 상의 미믹에는 개폐기의 개폐 상태가 표시되어 운전자로 하여금 차단기, 단로기, 접지개폐기가 현재 오픈 상태인지, 클로즈 상태인지 알 수 있게 한다. 차단기가 완전히 동작하면 차단기의 보조점점의 상태는 바뀌게 된다. 그러면 차단기의 보조점점에 연결된 디지털 입력 (DI)의 출력 레벨이 논리 Low에서 논리 High로, 또는 논리 High에서 논리 Low로 변하게 된다. 마이크로프로세서 기반 디지털 제어기는 이 신호 변화를 감지하여 대응하는 기기의 미믹에 적색 램프, 또는 녹색 램프를 표시할 것이다. 적색 램프는 대응하는 기기가 클로즈 상태이면 표시되고 녹색 램프는 오픈 상태이면 표시될 것이다. LCD 상의 제어 모드 선택 스위치는 운전자로 하여금 기기의 제어 모드를 선택할 수 있게 한다. LCD 상의 제어 스위치는 기기의 제어 기능을 수행한다. 가스절연 개폐장치에 어떠한 경보가 발생하면, LCD 상에 대응하는 경보 램프가 턴 온(turn on)한다.

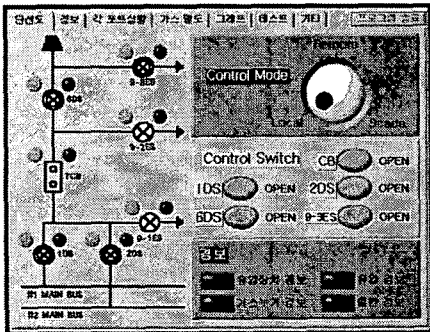


그림3. 그래픽 LCD 상의 가스절연 개폐장치의 미믹  
Fig3. GIS Mimic on Graphic LCD

그림 4는 그래픽 LCD 상에 표시된 가스절연 개폐장치의 각 가스 구획의 가스밀도를 보여주는 가스밀도 모니터이다. 또한 운전자는 가스밀도의 그래프를 보여주는 화면을 선택할 수 있다. 그러면 시간에 따른 가스밀도의 변화 추이를 확인할 수 있다. 만일 가스밀도가 허용치를 벗어났면 경보 신호를 내보낸다.

가스절연 개폐장치의 디지털 제어 패널은 통신 포트를 가지고 있어서 SCADA/REMOTE와 통신을 할 수 있으며 중요한 정보를 외부로 전달하는 것이 가능하다. 이는 SCADA/REMOTE와 데이터를 주고받도록 하여 감시, 계측, 시스템 상태 등에 관한 정보를 제공할 수 있다. 그래서 최신 변전소 자동화 시스템 (SAS)에 기여한다.

자기진단 기능은 디지털 제어 패널 자체의 신뢰성을 보장하기 위하여 반드시 필요하다. 시스템은 메인 프로세서, 메모리, 입출력 장치 등이 정상적으로 동작하는지 자동적으로 검사한다. 워치독 타이머 (watchdog timers)는 하드웨어의 정상적인 기능을 검사한다. 메인 프로세서가 정의되지 않은 다른 메모리 영역에 접근하는 경우에, 이는 메인 프로세서에 오류가 있다는 것을 보여 주며 경보 신호가 보내진다. 메모리의 정상 확인은 지정된 패턴의 데이터를 메모리에 저장하고 메모리에 저장된 데이터를 다시 읽어서 원래 데이터와 비교를 하여 패턴이 같음을 확인하면 메모리가 정상인 것이다. 비교 결과 불일치가 있으면, 이는 메모리에 오류가 있다는 것을 나타낸다. 시스템에 어떠한 오류가 있는 경우에는, 경보 신호가 변전소 제어실로 즉시 보내진다. 그러면 운전자가 그 신호를 확인하여 현재 시스템에 어떠한 오류가 발생했는지를 알 수 있게 된다.

표 1은 슬레이브 보드 (slave board)의 디지털 입력 /디지털 출력 할당의 예를 보인다. 하나의 슬레이브 보드에는 디지털 입력이 16개, 디지털 출력이 16개가 있다.

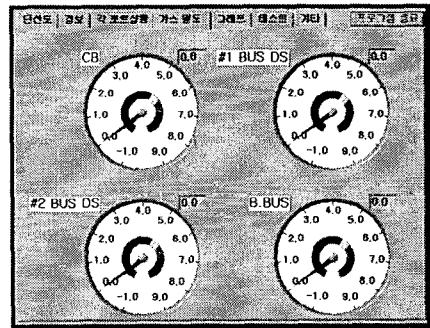


그림4. 그래픽 LCD 상의 가스밀도 모니터  
Fig4. Gas Density Monitors on Graphic LCD

표1. 슬레이브 보드의 디지털 입력/디지털 출력 할당  
Table1. DI/DO Assignments of a Slave Board

DI	Assignment	DO	Assignment
1	"b" aux. contact of CB	1	CB Close
2	"a" aux. contact of CB	2	CB Open
3	"b" relay contact of 1DS	3	1DS Close
4	"a" aux. contact of 1DS	4	1DS Open
5	"b" relay contact of 2DS	5	2DS Close
6	"a" aux. contact of 2DS	6	2DS Open
7	"b" relay contact of 6DS	7	6DS Close
8	"a" aux. contact of 6DS	8	6DS Open
9	"b" relay contact of 2DS	9	93ES Close
10	"a" aux. contact of 93ES	10	93ES Open
11	"a" aux. contact of 91ES	11	91ES Operation
12	"a" aux. contact of 92ES	12	92ES Operation
13	#1 contact of 63Q	13	-
14	#2 contact of 63Q	14	-
15	#3 contact of 63Q	15	-
16	contact of 33Q	16	Motor Operation

### 3. 전자기 적합성 요구

고압 개폐장치 공통사항인 국제규격 IEC 60694에 따르면 가스절연 개폐장치에서 단로기가 동작할 시에는 급준파의 서어지가 발생한다고 한다. 변전소에 설치된 이차 시스템 (secondary system)은 손상이나 오동작 없이 전자기 외란에 견딜 수 있어야 한다.

국제규격 IEC 60694 형식 시험의 일부로서 이차 시스템의 전자기 적합성 시험이 기술되어 있다. 이차 시스템의 일부인 전자 장치는 group 1, class A에 대해 CISPR 11에서 정의된 방사 (emission)에 관한 요구 사항을 만족해야 한다. 개폐장치의 이차 시스템은 전자 장치나 부품을 포함하는 경우에는 전자기 내성을 견디어야 한다.

다음의 내성 시험이 지정되어 있다:

- 전기적 빠른 과도/버스트 시험. 이 시험은 이차 회로에서 스위칭에 의하여 발생하는 상태를 모의한다;
- 진동과 내성 시험. 이 시험은 주회로에서 스위칭에 의하여 발생하는 상태를 모의한다 [3].

저자들은 IEC 60694와 IEC 61000-4 시리즈를 검토하여 표 2에 보인 것처럼 프로토타입 디지털 제어 패널을 위한 전자기 적합성 시험 항목을 결정하였다.

표2. 프로토타입을 위한 전자기 적합성 시험 항목  
Table2. EMC Test Items for the Prototype

Port	Item	Class	Reference
Enclosure	Electrostatic discharge	3	IEC 61000-4-2
	Radiated, RF, electromagnetic field	3	IEC 61000-4-3
Power Supply	EFT/Burst	4	IEC 61000-4-4
	Surge Immunity	4	IEC 61000-4-5
	Conducted disturbances Induced by RF fields	3	IEC 61000-4-6
	Voltage dips, interruptions	-	IEC 61000-4-11
	Oscillatory wave immunity	3	IEC 61000-4-12
	Harmonics, interharmonics Including mains signaling	2	IEC 61000-4-13
DO	EFT/Burst	4	IEC 61000-4-4
	Surge Immunity	4	IEC 61000-4-5
	Conducted disturbances Induced by RF fields	3	IEC 61000-4-6
	Oscillatory wave immunity	3	IEC 61000-4-12
DI	EFT/Burst	4	IEC 61000-4-4
	Surge Immunity	4	IEC 61000-4-5
	Conducted disturbances Induced by RF fields	3	IEC 61000-4-6
	Oscillatory wave immunity	3	IEC 61000-4-12
AI	EFT/Burst	4	IEC 61000-4-4
	Surge Immunity	4	IEC 61000-4-5
	Conducted disturbances Induced by RF fields	3	IEC 61000-4-6
	Oscillatory wave immunity	3	IEC 61000-4-12
	Emission	CISPR 11 Group 1, Class A	

### 4. 장기 신뢰성 시험

저자들은 자체 장기 신뢰성 시험장을 구축하여 170kV 50kA 2000A GIS에 프로토타입 디지털 제어 패널을 적용하여 다양한 성능확인 시험을 실시하였다. 시험의 결과 제어 패널의 기본적인 기능은 정상 동작하였으나, 하드웨어의 신뢰성과 소프트웨어의 안정성 측면에서 개선이 필요하다는 것을 알았다. 그림 5는 장기 신뢰성 시험의 장면을 보인다.

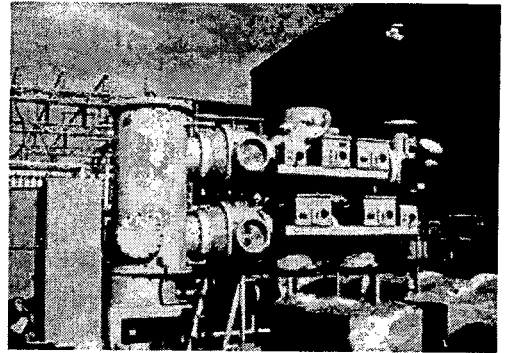


그림5. 장기 신뢰성 시험의 장면  
Fig5. Situation of long-term reliability test

### 5. 결 론

위에서 얻어진 결과들을 요약하면 다음과 같다:

1. 마이크로프로세서 기반 디지털 제어를 적용한 가스절연 개폐장치용 프로토타입 디지털 제어 패널을 개발하였다.
2. 디지털 제어 패널로 가스절연 개폐장치의 제어회로의 신뢰성과 이용가능성을 향상할 수 있다.
3. 저자들은 금번에 개발한 첫번째 프로토타입에 대한 장기 신뢰성 시험 결과 많은 개선이 필요하다는 것을 알았으며 첫번째 프로토타입의 지적된 문제점을 해결하여 더욱 향상된 디지털 제어 패널 개발을 진행하고 있다.

### (REFERENCE)

- [1] D.Gebhardt, D.Hirst, P.Kirchesch, O.Chetay, C.Baudart, J.P.Dupraz, Electronic Control of Circuit Breakers, CIGRE, 13-206, 2000
- [2] V.Rees, M.Burgard, G.Krutmann, B.Feuchter, M.Weber, Advanced Digital Control and Monitoring of Gas Insulated Switchgear (GIS), CIGRE, 23/39-08, 2000
- [3] Standard IEC 60694, 2000