

# 변전소의 보호·제어를 위한 디지털 시스템 개발 PART 1 - 하드웨어 개발

권육현\*, 이영일\*, 박혁기\*, 박상환\*, 김명준\*, 문영수\*, 윤만철\*\*, 김일동\*\*, 이제현\*\*

\* 서울대학교 제어계측공학과, \*\* 한전기술연구원 계통연구실

## Development of a Digital System for Protection and Control of a Substation Part 1 - Development of hardware

W.H.Kwon\*, Y.I.Lee\*, H.K.Park\*, S.H.Park\*, M.J.Kim\*, Y.S.Moon\*

M.C.Yoon\*\*, I.D.Kim\*\*, J.H.Lee\*\*

\* Dept. of Control and Instrumentation, Seoul National University, \*\* KEPCO RC

### ABSTRACT

This paper describes the development of an Integrated Digital Protection And Control System (IDPACS) for 345 KV substation. The developed IDPACS system contains digital protection units for transmission lines, delivery lines, transformers, bus, shunt reactors and Shunt capacitors. We developed a Local Area Network(LAN) which connects the digital protection units to the station computer for monitoring and control purposes.

### 1. 서론

최근 전력 수요의 증대와 함께 전력 계통이 복잡화, 다양화, 대용량화 되고 전력의 질적 향상에 대한 인식이 점차 고조되면서 기존의 계통운용 설비로는 충족 시키기 어려운 여러가지 요구들, 즉 사고검출의 다양화 및 신속화, 감시제어 항목의 증대, 보수점검의 합리화 및 자동화, 전력설비의 고신뢰화 등의 요구가 발생하고 있다. 현재 송변전 설비의 보호, 제어, 감시에 쓰이고 있는 아날로그 방식의 장치들을 이와 같은 새로운 요구들을 충족 시킬만큼 기능을 다양화 시키거나 성능을 향상 시키기는 어려운 실정이다. 이와 같은 사정에 따라서 현재 디지털형 보호, 제어 시스템을 계통 운영에 도입 하는 것이 세계적인 추세이다.

변전소의 보호 및 제어를 위한 디지털 시스템은 보호 제어에 필요한 정보가 있는 주요 전력 설비 근방에서의 보호 기능의 철저한 분산처리와 장치간의 정보전달의 집중, 통합화에 의한 시스템의 간소화를 그 특징으로 한다. 디지털 보호 계전 시스템의 중요한 부분을 이루는 디지털 선로보호 계전기는 1970년대말 이후로 상품화 되어 쓰이기 시작한 이후로 점차 그 기능과 형태가 발전하여 그 사용이 본격화 되고 있다. 각종 전력설비의 디지털 보호 계전기를 유기적으로 연결한 종합적인 디지털 보호 제어 시스템 구성을 위한 몇가지 방법들도 1980년대 이후로 제안 구현된 바 있다[1, 2, 3].

본 연구에서는 디지털 보호 제어 시스템의 기반 단위가 되는, 각종 전력설비를 위한 디지털 보호 계전 유니트를 개발 하

고 이들을 서로 연결 운용하는 지역 광통신망을 개발 하였다. 또한 변전소의 종합적인 상황의 감시, 제어를 위한 스테이션 컴퓨터를 개발 하여 전체 시스템의 관리가 한곳에서 집중적으로 이루어 질 수 있도록 하였다.

개발된 보호 계전 유니트는 담당한 전력설비의 근처인 옥외에 설치되어 운용될 수 있도록 설계되었다. 또한 본 시스템에서 제안되고 구성된 광통신 시스템은 기존의 것[2,3]에 비해서 범용성은 떨어지는 반면 기존의 것들 보다 훨씬 쉽고 싸게 구성할 수 있을 뿐만 아니라 기능면에서도 변전소의 보호, 제어를 위해서는 충분 하다고 여겨진다.

현재 본 연구를 통해서 제작된 보호 제어 시스템은 실험실내에서의 각종 성능 테스트를 마치고 실제 시운전을 위해 영서 345KV 변전소에 설치되어 결선 작업중에 있다.

### 2. 디지털 보호 계전 유니트

본 연구에서는 345KV 송전선, 154KV 송전선, 345KV MTR, 154KV MTR, 154KV 모선, 22.9KV Shunt Reactor, 22.9KV Shunt Reactor 등의 7종의 전력설비 보호용 디지털 계전기 시제품 11대를 제작 하였다. 이들 모두 MultiBus 11용 19" Sub-rack에 만들어 졌으며 각 유니트들의 하드웨어 구성은 거의 동일 하다. 그림 2.1은 345KV 2계열 선로 보호 유니트의 기구적 구성과 보드 구성이다. 개발된, 각종 전력설비의 보호계전 유니트의 특징은 첫째, 주보호와 후비보호가 보드단위로 구성되어 있어서 한 유니트에 설치되며 둘째, 서어지가 침범하기 쉬운 접점 입출력 부분을 연산부분과 분리 하였고 셋째, 범용의 286 CPU와 DSP 56001을 병렬로 사용하여 연산능력을 크게 향상 시켰으며 넷째, 각 보호계전 유니트는 각각이 담당한 전력설비 근처인 옥외에 설치 된다는 것들이다.

각 보호계전 유니트들은 옥외 설치를 위해서 특별히 제작된 배전반 외함들에 장착된다. 옥외 설치를 위해서 3종의 배전반 외함을 제작 하였으며 그 상세한 내부 구조는 그림 2.2와 같다. 옥외용 배전반 외함 제작에 있어서 단열과 습기유입방지에 중점을 두었다. 단열 효과를 위해서는 그림 2.2과 같이 풍풍이 가능하면서 직사광선을 막아주는 형태가 좋은 효과를 얻으리라

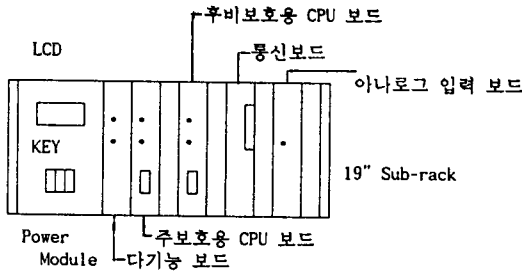


그림 2.1 345KV 2계열 보호계전기 연산부 전면

이상 된다. 디지털 시스템의 동작과 수명에 치명적 영향을 미칠 수 있는 습기의 유입을 막기 위한 방안으로는 배전반 외함을 의 기로부터 완전히 밀폐 시키는 방법을 사용 하려고 한다. 하지만 이때 함의 내외기의 온도 차이에서 오는 이슬 발생 문제가 우려 된다.

### 3. 각 전력설비의 보호 알고리즘

현재 한전에서 사용하고 있는 각종 전력설비의 보호에 사용하고 있는 보호 방식과 알고리즘을 조사하여 이와 동일한 방식과 알고리즘을 디지털 시스템으로 구현 하고자 하였다. 345KV 송전선의 경우 2계열 2중보호, 154KV 송전선로, 345KV MTR, 154 MTR은 2중보호 가 이루어 지도록 하였다. 각 설비의 보호에 채용 된 보호계전 알고리즘은 표3.1과 같다.

### 4. 디지털 보호 제어 시스템 구조

본연구에서 제안하는 디지털 보호 제어 시스템은 그림 4.1과 같은 구조를 갖는다.

송배전 선로및 변압기, 조상설비 등의 전력설비에는 해당설비의 디지털 보호계전유니트가 설치되어 보호 기능을 분산 적, 독립적으로 수행하며, 154KV 모선보호를 위해서는 모선보호 에 필요한 전류데이터를 모선에 연결되어 있는 선로및 변압기 보호계전유니트들로부터 통신을 통해서 취득하게 된다.

모선보호 유니트및 345KV 선로보호 유니트 그리고 리액 터와 커패시터 보호 유니트들은 스타형 광접속기(SC)를 통해서 스테이션 유니트에 연결된다. 스테이션 컴퓨터는 스타형 광접속기 를 통해서 산하의 모든 디지털 보호계전 유니트들을 감시, 제어

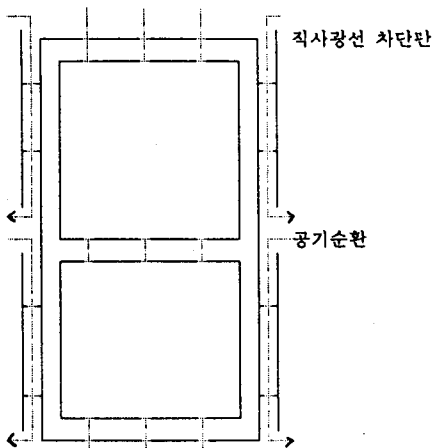


그림 2.2 디지털 보호계전기 옥외용 외함 모습

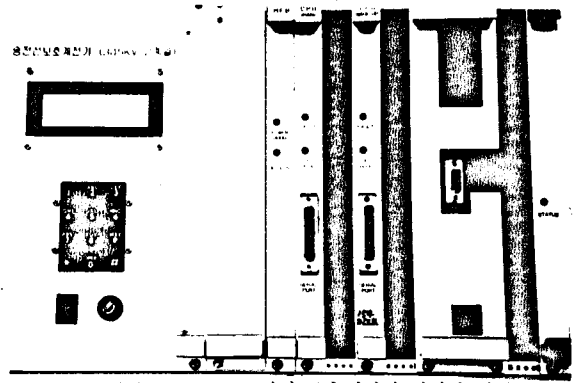


사진 2.1 345KV 2계열 보호계전기 연산부 전면

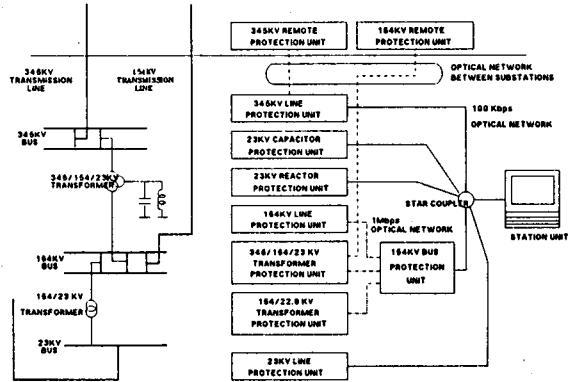


그림 4.1 디지털 보호제어시스템의 전체 구조

표3.1 전력설비별 보호계전 알고리즘

전력설비	보호 방식
345KV 송전선(1계열) (2계열)	주보호: 전류차동계전 후비보호: 방향비고거리계전 후비보호: 단계한시거리계전
154KV 송전선	주보호: 전류차동계전 후비보호: 단계한시거리계전
345KV MTR	주보호: 전류비율차동방식 후비보호: 단계한시거리계전및 방향과전류
154KV MTR	주보호: 전류비율차동방식 후비보호: 단계한시거리계전및 방향과전류
154KV 모선	전류차동계전및 저전압계전
Shunt 커패시터	과전류, 과전압및 차동전압계전
Shunt 리액터	과전류, 과전압및 차동전류계전

한다. 스타형 광접속기를 이용한 광통신망을 Level 1 통신망 이  
라 하고 모선보호를 위한 통신망을 Level 2 통신망이라고 하면 1  
계열과 2계열 통신망의 특성을 다음과 같이 정리할 수 있다.

Level 1 통신망 :

- 전송매체 - Optical Fiber
- 망 형태 - SC를 이용한 스타형
- 전송규약 - 100 Kbps HDLC Normal Response Mode
- 통신내용 - 감시 데이터 및 원격제어 명령

Level 2 통신망 :

- 전송매체 - Optical Fiber
- 망 형태 - 일대일 접속
- 전송규약 - 1 Mbps HDLC Full Duplex
- 통신내용 - 모선보호용 실시간 데이터  
감시데이터 및 제어명령

기존의 디지털 보호 제어방식[2,3]에서는 모선보호를 위  
해서도 스타형 광 네트워크를 사용 하였다. 이 경우 말단의 데이  
터 수집 유니트들로 부터 오는 모선보호용 실시간 데이터를 시분  
할 형식으로 모선보호 유니트에서 받을 수 있어야 하므로 본 연  
구에서 제안한 방식에 비해서 훨씬 높은 전송속도를 요구 하게  
된다. 광통신의 경우 전송속도에 따라 전송모듈, 스타형 광접속  
기의 가격이 크게 좌우되므로 본 연구에서 제안한 방식이 같은  
기능을 훨씬 싸고 손쉽게 구현할 수 있는 구조라 하겠다.

5. 결론

본 논문에서는 345KV 급 변전소의 보호 및 제어를 위한  
디지털 시스템의 개발 사례에 대해서 설명 하였다.

각 전력설비의 보호방식은 한전의 기존 보호방식을 따랐  
으며 각 디지털 보호계전기는 16 Bit 범용 CPU와 DSP를 병렬로  
사용하여 보다 정교한 연산을 빠른 시간내에 할 수 있도록 하였  
다. 또한 주보호와 후비보호를 보드 단위로 구현함으로써 시스템  
의 간략화를 도모 하였다. 육외 설치를 위한 배전반 외함에 대한  
연구도 행하였다.

각 디지털 보호계전기를 유기적으로 연결하기 위한 광통신  
구조를 제안, 구현 하였으며 변전소내의 각종 기록과 감시,  
제어를 담당할 스테이션 컴퓨터도 개발 하였다.

개발된 시스템은 실험실에서의 각종 성능 테스트를 마치고  
현재 영서 변전소에 설치 되어 시험중에 있다.

참고문헌

[1] Substation control and protection project RP  
1359-1, July, 1984, Westinghouse.  
[2] M. Suzuki, T. Matsuda, N. Ohashi, Y. Sano, R.  
Tsukui, and T. Yshida, "Development of a  
Substation Digital Protection and Control

System Using Fiber -Optic Local Area Network,"  
IEEE Trans. on Power Delivery, vol.4, No.3,  
pp1668-1674, July, 1989.

[3] W.H. Kwon, B.J. Chung, J.W. Park, and G.W.  
Lee, " Real Time Fiber Optic Network for an  
Integrated Digital Protection and Control  
System," IEEE Trans. on Power Apparatus and  
Systems, 1991.