

# 분산 전원 계통 연계용 보호 IED 설계를 위한 실험 연구

## Experimental Research for Design of Distributed Power System Protection IED

한철완\*, 오성남\*\*, 윤기돈\*\*\*, 김갑일§, 손영의§§  
(Chul-Wan Han, Sung-Nam Oh, Ki-Don Yoon, Kab-Il Kim, Young-Ik Son)

**Abstract** - In this paper, we design a digital protection IED(Intelligent Electric Device) for a distributed power system in connection with power grid. The device can measure various elements for protection and communicate with another devices through network. The protection IED is composed of specific function modules: signal process module which converts analog signal from PT and CT handle algorithm to digital one; communication module for connection with another IEDs; input/output module for user-interfaces; main control module for control the whole modules. A general purpose DSP board with TMS320C2812 is used in the IED. Experiments with the power system simulator DOBLE have been made to verify the proposed hardware system.

**Key Words** : Protection IED, Distributed Power System, DSP, DOBLE

### 1. 서론

현재 전력계통 보호 IED는 보호기능만을 하던 과거와는 달리 계통 전체를 자동으로 보호, 제어, 감시, 계측하는 '전력설비의 종합 자동화'를 목표로 한다.[1][3] 지금 사용되고 있는 보호 IED는 각 제작사와 개발자에 따라 동일 기능도 서로 다른 S/W구조와 데이터 구조, H/W 구조를 가지며 서로 다르게 제작되고 있어 통합 시스템 구축이 어렵고, 통신 기술의 제약으로 상호 데이터의 교환을 고려하지 않는 지역적 개념에 의존하여 보호기능을 수행함으로써 한계성을 가지고 있다. 보호 IED의 목적은 안전의 확보, 기기손상의 방지, 안전운전의 유지, 공급신뢰도의 확보 등이며 보호계전장치의 역할은 전력계통에 발생하는 고장의 제거, 고장파급의 방지와 고장복구의 신속화이다. 이렇듯 보호 IED의 가장 중요한 기능은 '전력설비의 보호'라 할 수 있다. 이러한 목적 달성을 위해서는 신뢰성, 선택성, 동작속도 그리고 경제성과 확장성 모두를 고려하여 설계해야 한다.

본 논문에서는 분산전원 계통 연계시의 상황을 고려하는 다양한 요소 계측 기능과 이를 네트워크로 연결할 수 있는 통신기능을 갖춘 디지털 보호 IED의 설계에 대해 논한다. 보호 IED는 각각의 기능에 따른 모듈로 구성을 하여 PT, CT로부터 입력 받은 아날로그 신호를 디지털로 변환하여 처리하는 알고리즘을 지닌 신호처리 모듈, 다른 IED와 통신을 위한 통신 모듈, 그리고 사용자 인터페이스를 위한 입출

력 모듈, 각각의 모듈을 관리, 제어하는 메인모듈로 구성하였으며, 보호 IED의 메인 프로세서는 입력신호의 빠르고 정확한 분석 및 알고리즘의 수행을 위하여 TI사의 TMS320C2812를 이용하였다. 모의 사고 시험을 위하여 신호 발생 장치인 DOBLE을 이용하여 실험함으로써 제안한 하드웨어 시스템을 검증하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 전체구성

보호 IED 전체 시스템은 그림 1과 같이 메인모듈, 신호처리 모듈, 입출력 모듈, 통신 모듈로 구성되어진다.

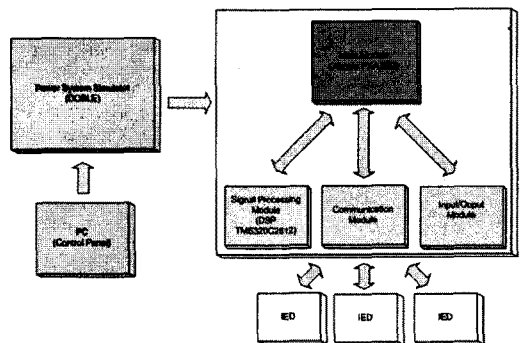


그림 1 보호 IED의 전체 구성

력 모듈은 보호 IED 전체 동작을 제어할 수 있도록 고성능의 임베디드 프로세서인 Xscale을 사용하였으며[5] 고속의

#### 저자 소개

- \* 한 철 완 : 명지대학교 전기공학과 석사과정
- \*\* 오 성 남 : 명지대학교 전기공학과 박사과정
- \*\*\* 윤 기 돈 : 명지대학교 전기공학과 석사
- § 김 갑 일 : 명지대학교 전기공학과 교수
- §§ 손 영 의 : 명지대학교 전기공학과 조교수

신호처리 알고리즘을 구현하기 위한 신호처리 모듈에는 TI사의 DSP프로세서인 TMS320C2812를 사용하였다.

입출력 모듈은 세 부분으로 구분되어져서 아날로그 입력부에서는 외부 센서(CT, PT)로부터 전류와 전압 값을 입력받아 이를 신호처리 프로세서가 처리할 수 있는 디지털 값으로 변환(A/D 변환)을 위하여 사용하였으며, 디지털 입출력부는 사고 발생시 전송로의 개폐를 담당하는 차단기의 현재 상태를 확인하고 동작명령을 출력시키는 기능 및 별도의 키입력을 통하여 보호 IED의 동작을 위한 설정값인 정정치 및 CT/PT의 비, 통신기능 등의 설정과 차단기 수동 동작기능을 수행하도록 하였으며, 표시부는 GUI 인터페이스를 구현하여 현재의 계측한 값들을 표시하거나 사고 발생시 저장된 데이터를 사용자에게 터치패드 LCD에 표시하여 줌으로써 전력계통의 상태를 확인하고 분석할 수 있도록 해준다. 표시 내용으로는 전압, 전류의 크기 및 파형, 유효/무효 전력 그리고 주파수 등의 순시 값들과 정정치, CT/PT비, 시간 정보, 통신정보와 디지털 입출력 상태 등 보호 IED로 들어오는 모든 정보를 표시해준다.

정보교환을 위한 보호 IED간의 통신 기능 그리고 모든 보호 IED의 정보를 수집하는 상위 기기와의 통신 기능을 구현하기 위하여 그림 1과 같이 통신 모듈을 구현하였다. 또한 전력 계통상의 모의 사고 시험을 위해 Power System Simulator인 DOBLE를 사용하였다. 그림 2는 보호 IED 시스템의 실제 모습이다.

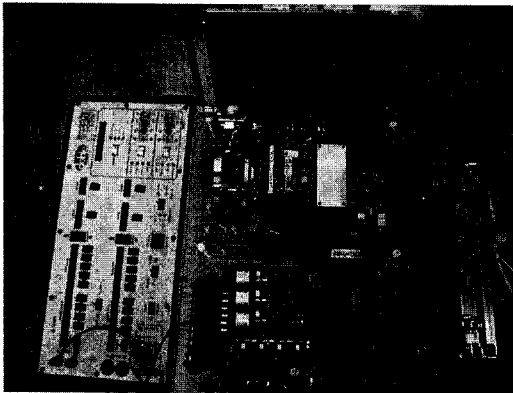


그림 2 보호 IED 시스템의 실제 모습

## 2.2 모의 신호 시뮬레이션

보호 IED 시스템의 구현을 위해서는 전력 계통상에서 발생하는 모의 사고 발생을 통한 검증이 필요하다. 본 보호 IED 시스템에서는 모의 사고 시뮬레이션을 위해 Doble Engineering 사의 Power System Simulator인 DOBLE F6150을 사용하였다. F6150은 3개의 전압과 3개의 전류 소스들을 가지고 있으며 각 소스는 정격 150VA 연속전력이다. 각 소스들은 2개의 75VA 소스들로 최대 아래의 구성을 만들 수 있다.[4]

\* 6 Voltage Sources, 6 Current Sources.

\* 4 Voltage Sources and 4 Current Sources.

소스의 구성은 내향적이며 여러 가지 보호 IED 검사들을

위한 다채로운 요구 사항들을 충족시키기 위해 컴퓨터로 독립적으로 조정되며 8개의 로직 입력 출력 채널들은 보호 스캔 성능을 평가하기 위한 수단을 제공한다. 하나의 독립된 DC 배터리 시뮬레이터는 디지털과 스테틱 보호 IED들에 구동 전원을 공급할 수 있다.

F6150의 컨트롤 패널은 기기에 연결된 컴퓨터로부터 시뮬레이터를 조종한다. 기기의 전압 소스, 전류 소스, 로직 입력, 로직 출력, 타이머를 구성시키고 조종한다. 또한 넓은 범위의 검사 구성들을 수용할 수 있도록 융통성 있는 데이터 입력 단계들을 사용한다. 이 패널을 통한 소스의 제어를 통해 전력계통상에서의 모의 사고를 발생시킬 수 있다.

## 2.3 Xscale을 이용한 메인 모듈 설계

본 보호 IED 시스템의 메인 모듈은 현재 모바일 기기들에서 많이 활용되어지는 Xscale PXA-250을 활용하였고 역시 모바일 기기들에 많이 적용되어지는 운영체제인 WinCE를 포팅하여 응용 프로그램의 개발이 쉽게 이루어지도록 하였다.

메인 모듈에서는 시스템의 초기화 및 기타 모듈들을 제어한다. 신호처리 모듈에 사용되어지는 DSP 프로세서와의 통신을 통하여 제어 신호 명령을 전달해주고 디지털 변환된 데이터를 전송받게 되며 그 데이터를 출력 모듈에 전달해주어 display하도록 했으며 또한 입력 모듈에서 얻은 정보를 타 모듈에 전달해주는 역할도 수행한다. 또한 통신 모듈의 제어를 통해 하나의 보호 IED의 정보뿐만 아니라 각 지역적으로 설치되어있는 다른 보호 IED로부터의 정보를 이용하여 전력계통에 사고가 퍼져나가는 것을 차단함으로써 신뢰성 있는 전력설비를 건설할 수 있도록 설계 하였다. 그림 3은 통신 개념도를 나타낸다.

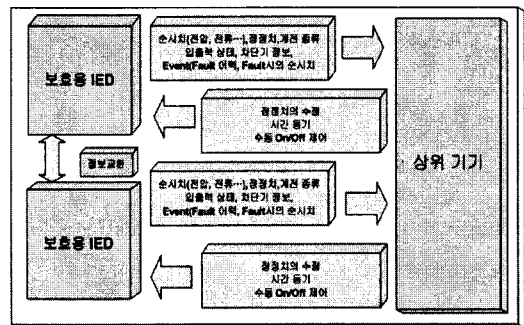


그림 3 통신 개념도

## 2.4 신호처리 모듈을 통한 알고리즘 구현

본 시스템에서는 DOBLE로부터 얻은 전압 및 전류를 외부 센서(CT, PT)에 통과 시킨 후 노이즈를 제거하여 깨끗한 신호를 처리할 수 있도록 필터를 이용한다. 필터를 통과한 아날로그 데이터는 ANALOG DEVICES사의 AD7865를 이용하여 A/D 변환을 수행하게 된다. 변환된 디지털 데이터를 DSP 프로세서 입력으로 사용하여 DSP 프로세서를 통한 신호처리 및 계전 알고리즘을 수행하게 되어 전력계통상의 사고 유무를 판단하고 그에 따른 적절한 보호 조치를 취하게

된다. 그림 4는 신호처리 데이터 흐름도를 나타내고 있다. 보호 IED 시스템은 실시간으로 변화하는 전력 계통을 검사해야 하므로 고속의 데이터 처리능력을 갖추어야 한다. 또한 계전 알고리즘을 수행하기 위해서는 신호처리에 적합한 CPU가 사용 되어져야 한다. 본 시스템에서 사용한 TMS320C2812 프로세서는 32비트 정수형 DSP(Fixed Point DSP)이며 32비트 명령어 지원을 통해 데이터를 대규모로 처리가 가능하다. 또한 일반 용도의 32비트 타이머가 3개 탑재되어 있으며 DSP/BIOS와 같은 Real Time OS가 지원되어 여러 작업들의 효율성을 가질 수 있게 된

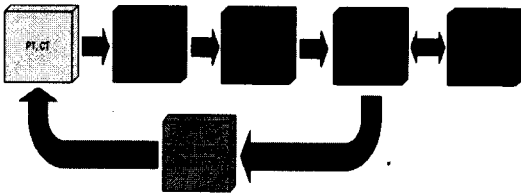


그림 4 신호처리 데이터 흐름

다. 또한 하드웨어적인 14개의 Context을 자동으로 저장함으로써 최소 인터럽트 지연이 가능하며 Atomic read-modify-write 명령어 체계이므로 데이터의 고속처리에 이점을 가지고 있다. 또한 Single 32bit x 32bit Mac, Dual 16 bit x 16 bit MAC 연산을 통해 고정밀, 고속 연산이 가능하며 Harvard Bus 구조(CPU내부)를 채택하여 속도 향상에 도움을 준다. 이와 같은 특징으로 보호 IED 시스템에 알맞은 프로세서라 할 수 있을 것이다.[6] 그림 5는 TMS320C2812 프로세서의 Block Diagram을 보이고 있다.[7]

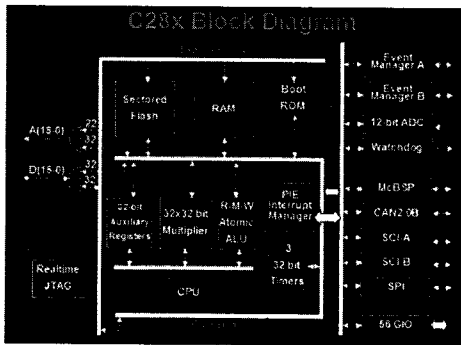


그림 5 TMS320C2812 Block Diagram

### 3. 결론

본 논문에서는 전력계통상에서의 사고를 정확히 감지하고 신속하게 대응을 하여 사고가 발생하였을 때 사고 지역을 계통으로부터 분리함으로써 피해를 최소화 하는데 필수적인 장치인 보호 IED를 설계하였다. 고성능의 프로세서인 Xscale과 DSP를 이용한 설계와 각각의 특징기능을 하는 모

들로 구성하여 보호 IED의 동작 신뢰성을 높이고 고장시 고장이 발생한 모듈만을 교체함으로써 유지보수를 위한 비용 절감과 시간을 단축할 수 있다. 또한 Power System Simulator인 DOBLE을 이용한 모의 사고 검증을 시도함으로써 신뢰성 있는 시스템을 구축할 수 있었다. 향후, 분산 전원용 IED로서의 역할에 보다 적합하도록 다양한 환경 하에서의 실험 연구가 필요하다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] 김철환, 여상민, "디지털 계전기와 연구 동향", 대한전기학회지, 11호, 제 50권, pp. 12-17, 2001. 11.
- [2] 백영기, "전력계통 보호계전기술의 현황과 전망", 대한전기학회지, 4호, 제43권, pp. 4-7, 1994. 04.
- [3] (주)효성중공업 연구소 전략팀, "디지털 보호계전기와 변전소 자동화 시스템 개발", 대한전기학회지, 3호, 제50권, pp 40-43, 2001.
- [4] Doble Engineering Company, "F6000 Family of Power System Simulators User Guide", Feb 2001.
- [5] Intel, "PXA-250 Applications Processors", White Paper, February 2002.
- [6] Texas Instruments, "TMS320C2812 DSPs (Rev. L)", 17 Dec 2004.
- [7] <http://www.tms320.co.kr/>.