

분산 전원 계통 연계용 보호 IED의 설계 및 구현

Realization of Protection IED for Distributed Power System

한철완*, 오성남**, 김갑일***, 손영익****

(Chul-Wan Han, Sung-Nam Oh, Kab-Il Kim, Young-Ik Son)

Abstract - In this paper, we consider a digital protection IED(Intelligent Electric Device) for a distributed power system. The IED 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. A general purpose DSP board with TMS320C2812 is used in the IED. In order to verify the proposed IED, experimental researches with the power system simulator DOBLE has been carried out for a phase earth fault. The results show an under-voltage relaying algorithm has been realized successfully in the hardware system.

Key Words : Protection IED, Distributed Power System, DOBLE, Protection Algorithm

1. 서론

현재 전력계통 보호 IED는 보호기능만을 하던 과거와는 달리 계통 전체를 자동으로 보호, 제어, 감시, 계속하는 '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 신속하다. 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 계속 기능을 갖춘 디지털 보호 IED의 설계를 바탕으로 1상 지락 사고에 따른 저전압 계전 알고리즘의 구현에 대해 논한다. 보호 IED는 각각의 기능에 따른 모듈로 구성을 하여 PT, CT로부터 입력 받은 아날로그 신호를 디지털로 변환하여 처리하는 알고리즘을 지닌 신호처리 모듈,

사용자 인터페이스를 위한 입출력 모듈, 다른 IED와의 통신을 위한 통신 모듈로 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 전체 구성

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

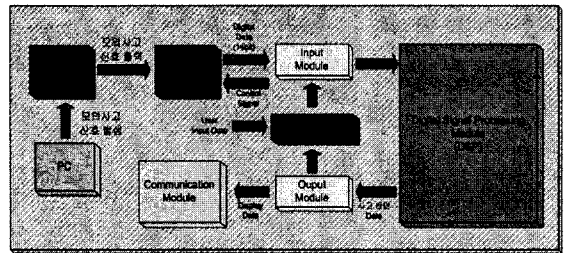


그림 1 보호 IED의 전체 구성

고속의 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 값으

저자 소개

- * 명지대학교 전기공학과 석사과정
- ** 명지대학교 전기공학과 박사과정
- *** 명지대학교 전기공학과 교수
- **** 명지대학교 전기공학과 조교수

로 변환(A/D 변환)을 위하여 사용하였으며, 디지털 입출력부는 사고 발생시 전송로의 개폐를 담당하는 차단기의 현재 상태를 확인하고 동작명령을 출력시키는 기능 및 별도의 키 입력을 통하여 보호 IED의 동작을 위한 설정값인 정정치 및 CT/PT의 비, 통신기능 등의 설정과 차단기 수동 동작 기능을 수행하도록 하였으며, 표시부는 각 디지털 샘플에 대해 현재 계측한 값들을 표시하거나 사고 발생시 저장된 데이터를 사용자에게 모니터링 해줌으로써 전력계통의 상태를 확인하고 분석할 수 있도록 해준다. 표시 내용으로는 전압, 전류의 크기 및 파형, DFT 처리 후의 실효치 값, 기준값과의 비교를 통한 Pick Up 신호, Pick Up 신호가 발생함에 따라 계산되는 Trip_Time, 사고 발생에 따른 Trip 신호 등 보호 IED로 들어오는 모든 정보를 표시해준다.

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

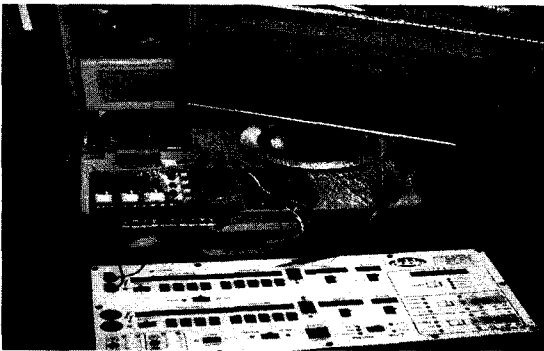


그림 2 보호 IED 시스템의 실제 모습

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 스킴 성능을 평가하기 위한 수단을 제공한다. 하나의 독립된 DC 바테리 시뮬레이터는 디지털과 스테틱 보호 IED들에 구중 전원을 공급할 수 있다.

F6150의 컨트롤 패널은 기기에 연결된 컴퓨터로부터 시뮬레이터를 조종한다. 기기의 전압 소스, 전류 소스, 로직 입

력, 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. 그림 3은 DOBLE에서 발생 하고자 하는 모의 사고 신호와 실제 DOBLE를 통해 발생한 1상 지락 모의 사고 신호를 A/D 변환한 데이터를 비교하고 있다.

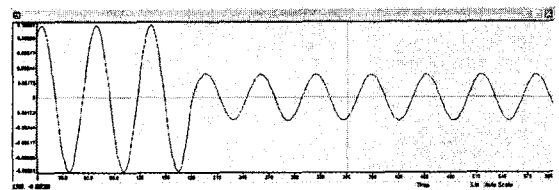
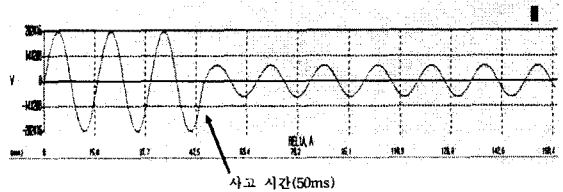


그림 3 발생 하고자 하는 모의 사고 신호와 실제 발생한 모의 사고 신호의 A/D 변환 데이터 비교

2.3 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 그림 3에서 보인 디지털 신호를 이용하여 DFT처리한 후의 전압의 실효치를 보인다.

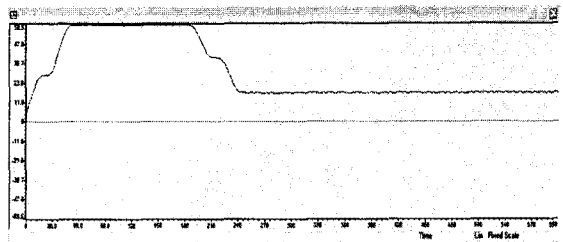
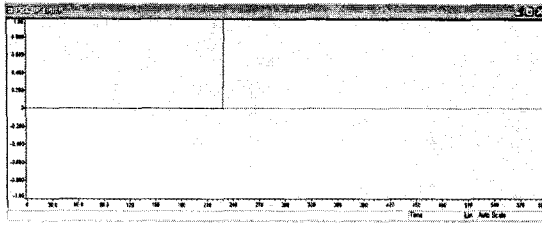


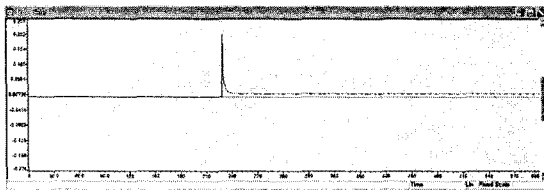
그림 4 DFT 과정 처리 후 전압의 실효치 값

위와 같은 실효치를 얻은 후 계통상의 저전압 사고 유무의 기준값과의 비교를 통해 실효치가 기준값보다 낮아졌을 경우 IED는 Pick_Up 신호를 발생하게 된다. 또한 동작치 정정을 위한 Trip_Time 값과 기준 시간의 비교를 통해 Trip_Signal을 출력하게 된다. 그림 5는 사고 발생에 따른 Pick_up 신호의 발생 및 Trip_time, Trip_Signal의 발생을

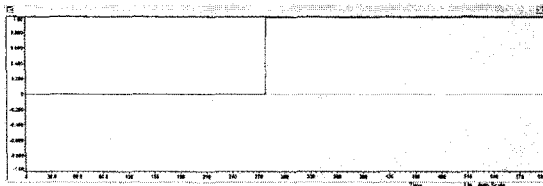
보이고 있다.



(a) Pick_Up 신호의 발생



(b) Pick_Up 신호 발생에 따른 Trip_Time



(c) Trip_Signal 발생

그림 5 사고 발생에 따른 Pick_Up, Trip_Time, Trip_Signal

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

3. 결론

본 논문에서는 전력계통상에서의 사고를 정확히 감지하고 신속하게 대응을 하여 사고가 발생하였을 때 사고 지역을 계통으로부터 분리함으로써 피해를 최소화 하는데 필수적인 장치인 보호 IED의 설계 및 실험을 통한 저전압 보호 계통 알고리즘을 구현하였다.[7] 고성능의 프로세서인 DSP를 이용한 신호처리모듈의 설계와 각각의 특정기능을 하는 모듈로 구성하여 보호 IED의 동작 신뢰성을 높이고 고장시 고장이 발생한 모듈만을 교체함으로써 유지보수를 위한 비용 절감과 시간을 단축할 수 있다. 또한 Power System Simulator인 DOBLE를 이용한 1상 모의 지락 사고에 따른 저전압 계전 알고리즘을 구현함으로써 신뢰성 있는 시스템을 구축할 수 있었다. 향후, 분산 전원용 IED로서의 역할에 보다 적합하도록 다양한 환경 하에서의 실험 연구가 필요하며 사용자 편의를 위한 GUI 환경 구축 및 IED 원격제어를 위한 시스템의 구축이 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성사업의 지원으로 수행되었음(차세대전력기술연구센터)

참 고 문 헌

- [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.ers, 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] Texas Instruments, "TMS320C2812 DSPs (Rev. L)", 17 Dec 2004.
- [6] <http://www.tms320.co.kr/>
- [7] 한철환, 오성남, 윤기돈, 김갑일, 손영익, "분산 전원 계통 연계용 보호 IED 설계를 위한 실험 연구", 정보제어심포지엄 논문집, pp. 90-92, 2005, 05.