

## 전력 시스템 자동화를 위한 디지털 전력장치의 구현

오재훈, 홍정기

(주) 효성 중공업연구소 전력자동화팀

### A Implementation of the Intelligent Electronic Device for Power System Automation

Jae-Hoon Oh, Jung-Gi Hong

Power System Automation Team. R&D Center of HYOSUNG Co.

#### ABSTRACT

Lately, the Intelligent Electronic Device(IED) and the Power System Automation make subjects of discussions and studies. The IED uses microprocessors to practice a lot of functions. In the analog time, an equipment practices only one or two functions. But according to the development of microprocessor and digital technology, it can be implemented by using those kinds of state of the art technology and its function is become more and more powerful. Also, the proliferation of IED makes possible to construct power system automation. An automation of power system make more convenient, safe, and accurate power system.

In this paper, a digital protective relay which is a kind of IED and the power automation system are briefly discussed with development and application cases.

#### 1. 서 론

디지털 기술의 비약적인 발전은 모든 분야에 큰 파급 효과를 미치고 있다. 생활의 모든 부분에서 디지털, 유·무선 네트워크 기술을 이용한 편리한 장치들을 어렵지 않게 찾아볼 수 있으며, 또한 우리가 직접적으로 느끼지 못하는 생활의 많은 부분들도 디지털 장치들에 의해서 이루어지고 있다고 말할 수 있는 것이 오늘날의 현실이다.

전력 시스템 분야 역시 이러한 디지털 기술을 이용하여 보다 편리하고 안전하며, 고부가가치를 창출할 수 있는 각종 디지털 장치들이 지속적으로 개발되어 왔으며,

이러한 장치들을 사용한 전력 자동화 시스템도 점차 확산되고 있다. 전력 자동화 시스템은 과거 아날로그 장치들을 디지털 장치들로 대체함으로 기존에는 생각할 수 없었던 편리하고, 안전한 전력 시스템을 구성하고 있다. 하나의 디지털 장치로 과거 몇 가지의 아날로그 기기들이 수행하던 기능들을 통합하고 있으며, 데이터 통신을 이용하여 원방 감시가 가능하며, 또한 인터넷을 이용하여 현장이 아니라 사무실 또는 집에서도 모든 정보를 확인하고 또한 원하는 제어를 수행할 수도 있다.

본 논문에서는 전력 시스템을 자동화하기 위한 여러 디지털 기기 중 하나인 디지털 계전기의 개발과 그 적용 사례를 보인다. 디지털 계전기의 하드웨어적인 구성을 중심으로 간략히 소개하고, 디지털 계전기를 중심으로 실제 현장에서 운전 중인 전력 자동화 시스템의 사례를 보인다.

#### 2. 디지털 계전기의 개발

##### 2.1 디지털 계전기

계전기는 전력 계통상의 이상 현상을 감지하여 차단기를 동작시킴으로서 특정 선로를 정해진 시간에 계통에서 분리하여, 계통 사고의 여파를 최소한으로 제한하여 전기 시설물들을 보호하는 역할을 수행하는 장치이다. 과거 아날로그 타입의 경우 각 계전 요소에 대한 개별 기기가 존재하였고, 또한 계전 기능 이외의 부가적인 기능은 별도로 존재하지 않았기 때문에 복잡한 시스템을 구성할 시에는 많은 개별 장치들이 설치되어야 하며 그에 따라 수많은 배선들이 결선되어 져야 했다.

마이크로 프로세서를 이용한 디지털 계전기는 과거 아날로그 계전기가 지니던 약점을 보완하고 보다 강력한 보조 기능을 제공함으로써 보다 편리하

고 안정적인 시스템 구성을 가능하게 한다.

디지털 계전기는 내부에 많은 계전 요소들을 포함할 수 있다. 따라서 과거 여러 개의 아날로그 타입의 계전기를 한 개의 기기로 대체 할 수 있다. 그리고, 디지털 계전기는 각종 아날로그 입력, 디지털 입력, 디지털 출력 그리고 계측 및 통신 기능까지 포함할 수 있기 때문에 여타의 추가적인 장비를 필요로 하지 않으며, 복잡했던 배선을 간소화 할 수 있다.

또한, 마이크로 프로세서를 이용하여 각종 기능들을 수행하기 때문에 보다 빠른 속도로 계전 기능을 동작시켜 피해를 적극적으로 최소화 할 수 있으며, 자체적으로 기기의 이상 유무를 판별하여 유지 보수를 보다 간편하게 할 수 있다.

## 2.2 디지털 계전기의 구현

개발된 디지털 보호 계전기는 처리해야 할 작업에 따라 기능 모듈별 하드웨어를 제작하고 이들을 적절히 인터페이스 할 수 있는 구조로 설계되었다. 이와 같은 설계는 보호 계전기의 중요한 부분들을 분산처리 함으로서 소프트웨어의 고속처리를 가능하게 하고, 향후 확장성을 극대화 할 수 있는 장점이 있다.

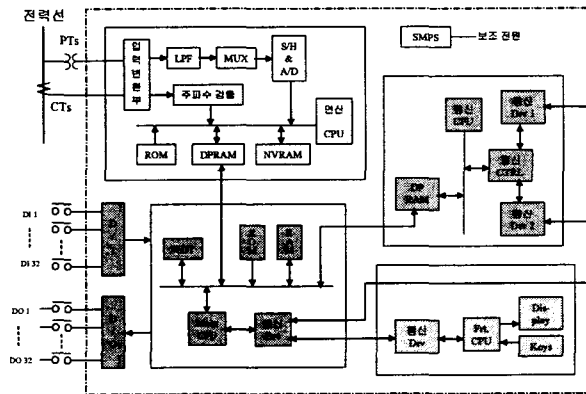


그림 1 디지털 보호 계전기 하드웨어의 개략적 구조  
Fig. 1 A brief hardware construction of digital protection relay

개발에 사용된 하드웨어의 개략적인 구조는 위의 그림 1에 나타난 것과 같다. 사용자 인터페이스를 담당하는 HMI(Human Machine Interface)보드, 전압·전류 샘플링과 보호 요소 및 계측 알고리즘을 처리하는 Sampling & DSP 보드, 통신을 처리하는 통신 보드, 그리고 이들을 종합하여 제어하는 Main Control 보드는 각각 프로세서를 내장하여 각자의 역할을 수행한다. 이들 CPU들은 Dual Port 메모리를 통하여 서로의 데이터를 교환한다. 그 밖

에 CT/PT 보드, DI/O 보드, Power Supply 보드와 같은 수동 보드들을 추가하여 전체적인 디지털 계전기의 하드웨어적인 틀을 구성한다.

### 2.2.1 아날로그 입력 및 처리

디지털 계전기의 주된 역할을 생각할 때 계통의 CT, PT로부터 전압과 전류를 받아들이는 부분이 1차적으로 생각되어야 할 것이다. 기본적으로 디지털 장치는 외부와의 인터페이스를 수행할 때 전기적으로 절연하여 외부로부터의 노이즈의 영향을 최소화 할 수 있도록 한다. 계통의 C/PT로부터 받아들이는 아날로그 신호는 계전기 내부적으로 C/PT를 거치게 되므로 전기적으로 절연된다. 사용되는 C/PT는 위상변동이 없고, 전자기적 특성 및 절연 특성이 우수해야 한다. 또한 계기 특성상 계통의 고장 전압 및 전류 파형을 입력 받아야 하기 때문에 전압의 경우 정격의 2배, 전류의 경우 정격의 20배 까지 안정적인 변환이 가능하여야 한다.

입력된 전압 전류 신호는 아래의 아날로그 필터를 거쳐서 고주파 성분을 제거한다.

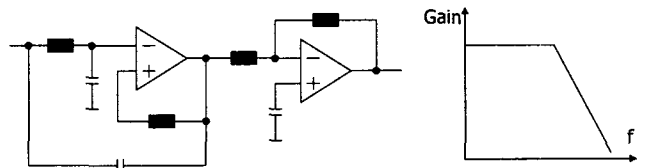


그림 2 아날로그 필터  
Fig. 2 A analog filter

최종적으로 14bit의 AD 변환기 적용시 전압과 전류는 아래와 같은 분해능을 갖게 된다.

$$\begin{aligned} \text{전압 } 2 \times 110\sqrt{2}[V] / 8000[\text{digit}] &= 38.9[\text{mV/digit}] \\ &\Rightarrow 40\text{mV의 분해능} \\ \text{전류 } 20 \times 5\sqrt{2}[A] / 8000[\text{digit}] &= 17.7[\text{mA/digit}] \\ &\Rightarrow 18\text{mA의 분해능} \end{aligned}$$

### 2.2.2 디지털 입력 및 출력의 처리

디지털 입력(DI)은 차단기, 단로기 등의 계통상의 장치로부터 상태를 입력 받는 부분이며, 반대로 디지털 출력(DO)은 계통상의 장치로 제어 출력을 내보내는 부분이다. 인터페이스 하는 부분이 고압의 계통상의 계기이므로, 전기적인 절연뿐 아니라 노이즈, 서지 등으로부터 디지털 계기를 보호할 수 있는 필터들이 2중으로 구성 되었으며, 또한 소프트웨어적으로도 필터를 구성하여 노이즈에 대한 강인성을 극대화 할 수 있도록 하였다. 개략적인 구성은 아래의 그림3, 그림4에 보인 바와 같다.

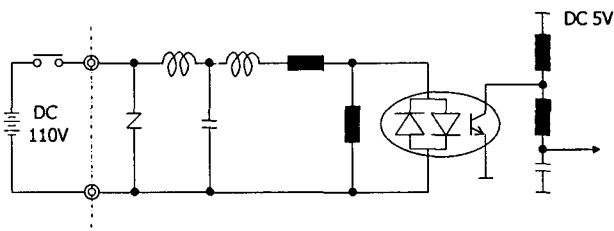


그림 3 디지털 입력 처리 부분  
Fig. 3 A digital input circuit

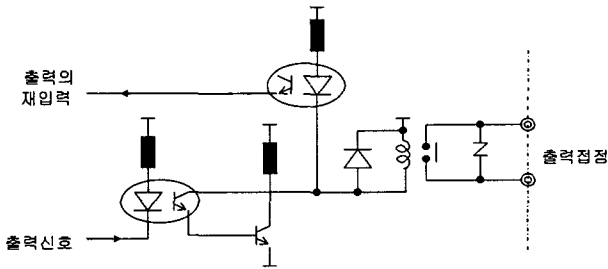


그림 4 디지털 출력 처리 부분  
Fig. 4 A digital output circuit

### 2.2.3 연산 및 데이터의 처리

디지털 계전장치의 가장 중요한 기능인 계전 요소의 구현과 계측 기능은 연산 보드에 설치된 DSP에 의해 고속으로 처리된다. 그리고 전체적인 장치의 제어 및 최종적인 판정은 메인 제어 보드에 설치된 DSP에 의해 처리된다. 각 프로세서 보드간의 데이터 교환은 Dual port 메모리를 통하여 이루어지며, 정전시에도 자체 배터리를 내장하고 있어 데이터 유지가 가능한 NVRAM을 이용하여 릴레이 정정치, Event/Fault 상태, Fault 시의 전압, 전류의 순시값, 기타 릴레이 자체의 상수 등을 저장한다.

### 2.2.4 데이터 통신의 처리

계전 장치를 디지털화 하면서 얻을 수 있는 장점 중의 한 가지가 디지털 통신을 이용하여 여러 가지 편리한 기능을 구현 할 수 있다는 것이다. 개발된 디지털 계전기는 상시 통신을 위한 RS485 2채널, 그리고 점검용의 RS232C 1채널을 구성하였다. 상시 통신 기능을 통해 상위 컴퓨터에서는 전압, 전류, 전력 등의 계측 가능한 모든 전기량과 보호 계전기능의 정정치, 디지털 입·출력의 상태, 각종 이벤트 및 고장의 이력 등을 상시 모니터링 할 수 있으며, 또한 디지털 출력을 이용하여 상위에서의 원방 제어도 가능하다. RS485 통신에서 사용하는 통신 프로토콜은 산업용 기기에서 보편적으로 사용되는 Modbus 프로토콜을 사용하여 다른 장치들과의 통신 호환도 가능하도록 하였다. RS485가 2채널로 구성되었기 때문에 통신 2중화를 통한 보다 안정된

통신 시스템을 구성할 수도 있다. 전면의 RS232C 채널을 통해서만 고장 발생시 고장 데이터를 다운 받아 분석해 볼 수 있다. 고장 데이터는 사고 전 16주기, 사고 후 8주기 정보를 제공하기 때문에 사고 원인에 대한 분석이 가능하도록 하였다. 아래의 그림 5는 RS232C 데이터 통신을 통하여 사고 데이터를 다운로드하여 분석하는 예를 보여준다.

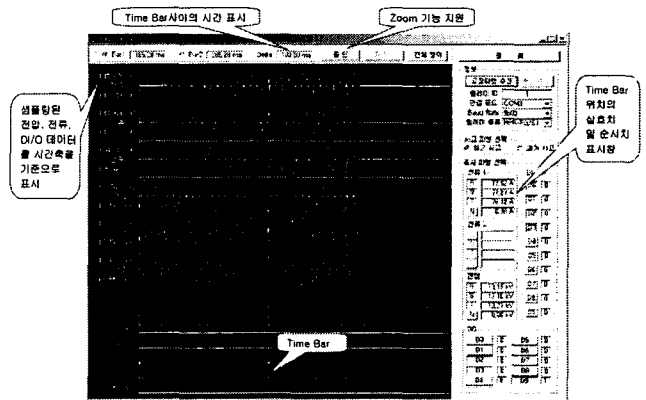


그림 5 사고 파형 분석의 예  
Fig. 5 A example of fault analysis

## 3. 전력 자동화 시스템의 구성

아날로그 방식에서는 전체 전력 사용량 및 각종 전기 제량을 담당자의 주기적인 검침 업무에 의해서만 파악할 수 있었으며, 이러한 각종 지침값들은 여러 조정값들에 의하여 환산하여 비로소 하나의 정보로서 의미를 갖게 되었다. 하지만 이러한 작업들은 인력에 의하여 수동적으로 처리되므로 오입력 및 검침시간에 따른 오차가 발생하여 정확한 사용량을 관리하는데 어려움이 있다. 따라서 이러한 반복적인 검침업무 및 분석을 자동화한다면, 보다 효율적으로 전력 사용량 및 부하 사용량을 파악하고, 이를 자동으로 분석할 수 있다.

앞서 살펴본 바와 같이 디지털 IED는 데이터 통신을 이용하여 계통상의 많은 정보를 상위 컴퓨터로 전송할 수 있다. 상위 컴퓨터는 전송받은 데이터들을 전용 SW를 통해 상세하게 실시간으로 가공하여 데이터베이스에 저장하며 운영자에게 필요한 각종 데이터를 편리하게 제공할 수 있다.

### 3.1 전력 자동화 시스템 구성의 예

아래의 그림 6은 개별 빌딩이나 학교 등의 22.9KV 이하 급의 소규모 설비의 전력 자동화 시스템 구성을 보이고 있다. 전력 계통의 감시 목적으로 사용시 적합하며 WEB을 통한 감시 시스템 구성도 또한 가능하다.

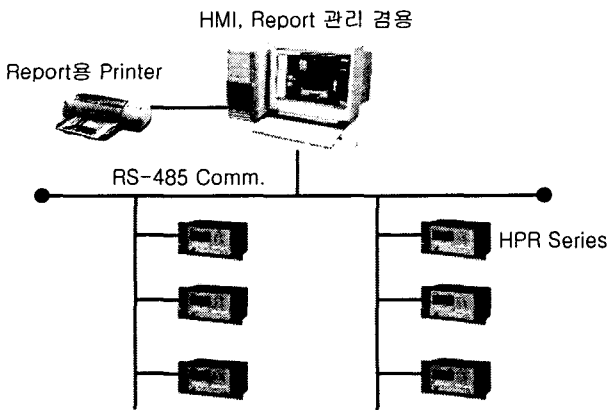


그림 6 전력 자동화 시스템의 구성 예

Fig. 6 A construction example of power system automation

아래의 그림 7은 보다 규모가 큰 154KV 급 변전소 및 공장에 적용 가능한 시스템의 구성을 보인다.

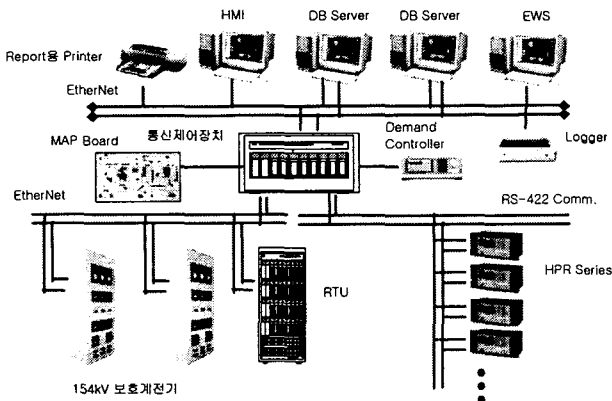


그림 7 전력 자동화 시스템의 구성 예

Fig. 7 A construction example of power system automation

### 3.2 전력 자동화 시스템

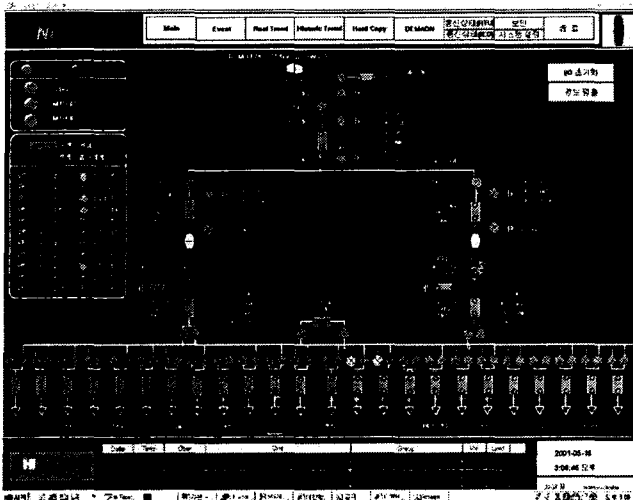


그림 8 전력 자동화 시스템

Fig. 8 A example of power system automation

그림 8은 전력 자동화 시스템을 이용하여 전체적인 전력 계통의 상태를 감시하고 제어 할 수 있는 메인 화면을 보여주고 있다. 자동화 시스템은 상위 SW의 작성에 따라 많은 편리한 기능들이 부가될 수 있으며, 더 나아가 전력 계통의 자동화를 넘어서 빌딩 자동화 및 공장 자동화 시스템과도 연동할 수 있는 구성도 가능하다.

### 4. 결 론

본 논문은 마이크로 프로세서 기반의 디지털 기술을 이용한 지능형 전력 장치의 하나인 디지털 보호 계전기의 개발과 지능형 전력 장치들을 이용한 전력 자동화 시스템에 대하여 논하였다.

지능형 전력 장치는 기존의 아날로그 장치들을 대체하여 보다 안전하고, 안정적으로 전력 시스템을 구성할 수 있도록 해주며, 또한 데이터 통신을 이용하여 전체적인 전력 시스템을 자동화 할 수 있는 기초적인 수단을 제공한다.

전력 자동화 시스템은 데이터 통신에 의해 수신된 수많은 데이터를 적절하게 가공하고 저장하여 사용자가 빠르고 편리하게 전력 시스템을 관리하고 제어할 수 있도록 한다.

향후 현재의 지능형 전력 장치들도 현재의 기능들을 더욱 통합하여 자동화 시스템을 구성하기 위한 기기의 구성이 간소화 될 것으로 전망되며, 통신 프로토콜의 통합에 의하여 전력 자동화뿐만 아니라 빌딩, 공장 등의 자동화 시스템도 함께 통합될 수 있는 시스템 환경이 구성될 것으로 전망된다.

### 참 고 문 헌

- [1] Workshop on Implementation of Digital Technology for the Power Industries, 대한전기학회 하계학술대회, 2003, JUL.
- [2] 김보형, 신영재, 홍정기, "계통사고 분석을 위한 배전용 디지털 보호 계전기 개발", 대한전기학회 전력계통연구회 춘계학술대회, 69 - 72, MAY 2003.
- [3] 오재훈, 정순영, 홍정기, "전자화 배전반 구성을 위한 소용량 RTU의 개발", 대한전기학회 전력계통연구회 춘계학술대회, 73 - 76, MAY 2003.