

## 발전기 고장진단을 위한 디지털보호계전 시스템 설계

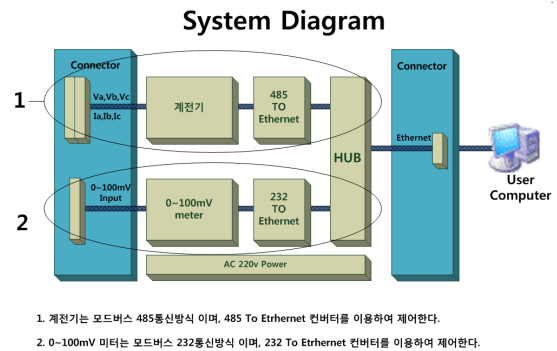
이성환\*, 장낙원\*\*, 이동영\*  
 위덕대학교\*, 한국해양대학교\*\*

### A Design on the Digital Protective Relay System for Generator Fault Diagnosis

SungHwan Lee\*, NakWon Jang\*\*, DongYoung Yi\*  
 Uiduk University\*, Korea Maritime University\*\*

**Abstract** - We developed the protection program for the generator fault protection system and each module of the digital protective relay H/W for loading the protection program. The protective algorithm for the generator is 51, 51G/N, 46P/N, 47P/N, 50G/N, and 32, and we developed each fault protection program. And we must design high efficiency microprocessor, CT, and PT for realtime measuring, relaying and high accuracy of measurement, also. From now on digital protective relay must be operated with integrated management systems. For this point, we must load various industrial protocol on the digital protective relay. In this research, we developed each protective relay H/W module according to above conditions. And we designed real-time operating system in order that each protective algorithm is operated with real-time processing on the H/W system.

출 시스템의 H/W 블록도를 나타낸다.



## 1. 서 론

최근 전력 수요의 증대와 함께 중, 대형 수용가의 전력 시스템이 점차 복잡화, 다양화, 대용량화 되었다. 특히 발전기는 발전소, 대형 플랜트 및 선박 등 전 분야에서 널리 사용되고 있다. 그러나 고장이 발생하였을 때 이를 적시에 발견하지 못한 채 방치하는 경우, 발전기 뿐 아니라 계통의 마비까지도 야기할 수 있으며, 고장에 대비하기 위한 여분의 설비를 준비해야 할 수 있다. 이는 시스템의 전체적인 신뢰도를 떨어뜨리고, 복구를 위한 추가 인력, 재정, 및 시간의 손실을 초래한다. 그러므로 이를 보다 신속하고 신뢰성 있게 운전하며 보호하는 발전기 보호제어 시스템의 개발 및 국산화가 시급히 요구된다. 그리고 보다 효율적이고 신뢰성 있는 발전기 보호제어 시스템을 구현하기 위한 핵심 디바이스인 디지털 보호계전기의 국산화도 필요불가결한 실정이다. 기존의 디지털보호계전기는 인입용(Incoming), 피더(Feeder)용 보호계전기로 분류되어 각각 계통을 보호하는 방식을 취하고 있으나[1-4], 오늘날, 각각의 계전기에 모니터링 기능을 이용하여 고장 진단에도 활용 가능하도록 하는 기능이 요구되어 이러한 현대적인 추세에 병행할 수 있게 개발되어야 한다. 이러한 필요성에 의해 본 논문에서는 기존의 디지털 보호 계전기의 보호 기능에 고장진단 기능이 가능하도록 H/W를 설계하여 계통 보호협조를 원활히 수행하고 기능 연계를 통한 전력 공급의 안정을 도모도록 하고 특히, 인입용, 피더용, 모터보호용 디지털 계전기는 국산화 되어 상용화가 되어 있지만 발전기 보호용 디지털 계전기는 아직 국산화 및 상용화가 미흡한 단계이므로 발전기 보호 제어 및 고장진단을 위한 디지털보호계전 시스템 설계에 관한 연구를 수행하게 되었다.

## 2. 디지털 보호계전 시스템

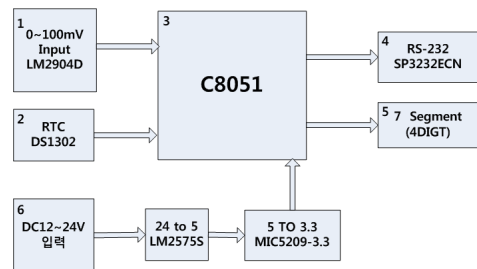
### 2.1 시스템 구성

디지털보호계전기를 활용하여 발전기 고장진단을 수행하기 위해 발전기 회전자에서 자장 데이터를 디지털보호계전기가 센서로부터 전압 형태로 입력받아 이를 100 샘플링이상 수행한 후 A/D 변환기를 통해 디지털화 하여 고장 진단 시스템으로 전달하는 시스템이다. 이 시스템의 구성 도를 그림 1에 나타내었다.

그림 1의 2에 나타난 디지털보호 계전시스템에서 진단을 위한 자장 데이터를 검출하는 시스템에 사용된 CPU는 50MHz 10비트 A/D 변환기능을 가진 C8051F130이다. 계측한 데이터를 MODBUS 232로 전송을 하게 된다. 그림 2는 이 진단 데이터 검

<그림 1> 디지털보호계전 시스템 구성도

### Hardware BlockDiagram



<그림 2> 고장진단 검출 시스템의 H/W 블록도

위의 진단 데이터 검출 시스템은 발전기의 회전자에서 자장 데이터가 전압 형태로 입력된다. 이러한 입력 데이터를 샘플링하고 전송하기까지의 알고리즘을 그림 3에 나타내었다.

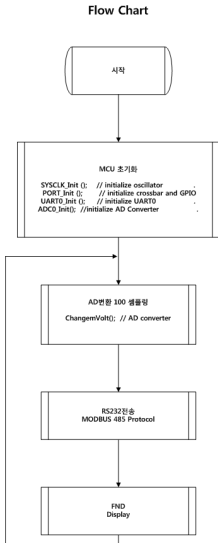
### 2.2 디지털 보호계전 시스템 S/W 테스트 구성

테스트는 디스플레이 테스트, 릴레이 테스트, 통신 테스트가 각각 독립적으로 동작한다. DSP CPU에서는 2가지의 타이머를 사용한다. 한가지는 1.38ms마다 인터럽트가 발생하도록 하는데 사용된다. 1.38ms안에 CT를 통해 입력된 아날로그값을 A/D 변환을 하여 RMS값을 구해야 한다. 이 과정을 모두 수행하고 남은 시간 동안 계전 테스트, 통신 테스트 그리고 디스플레이 테스트를 실시간 운영체제를 통해 수행할 수 있도록 10ms마다 다른 타이머에서 클럭을 제공한다. 실시간 운영체제는 각 하드웨어 자원과 소프트웨어 자원을 Semaphore를 이용해 우선순위에 따라 동기화시킨다. 이러한 시분할 작업을 통해 각 테스트들이 서로 충돌하지 않고 CPU를 운영할 수 있었다.

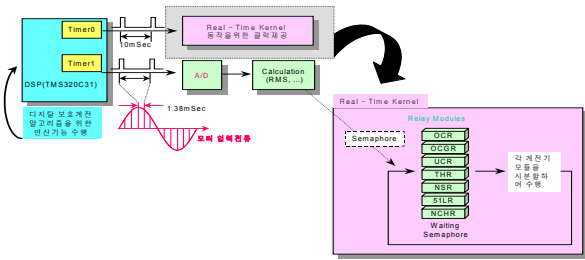
### 2.3 보호계전 기능

본 논문에서 설계한 디지털보호계전시스템은 IEC60255-3에 따라 보호계전기능을 수행한다. 메모리는 flash memory를 채용하고 있으며, 전자파 등으로부터 매우 안정하다. 이는 또한 저장 및 백업의 효과(Mirror effect of data)가 탁월하다. 표 1에 디지털보호계전시스템에 탑재한 보호계전기능을 나타내었다. 보호계

진기능에 사용되는 반한시 특성곡선은 총 6가지를 탑재하였고 IEC60255-3를 만족한다. 특성 곡선과 특성식은 그림 5와 식 (1)에 나타내었다. 그리고, 각 특성식의 상수 및 지수값을 표 2에 나타내었다.



〈그림 3〉 고장진단 데이터 검출 알고리즘



〈그림 4〉 시스템 S/W 태스크 구성도

$$t = M \frac{K}{\left(\frac{G}{G_s}\right)^a} + C$$

(1)

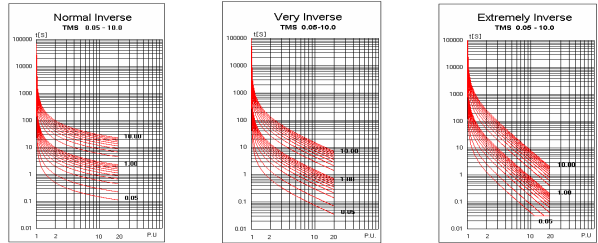
여기서, t : 동작시간 계산치    M : 시간설정변수  
 K : 계전기 특성상수    a : 특성곡선 지수  
 G : 입력치    G<sub>s</sub> : 정정치  
 C : 상수

〈표 1〉 보호계전기능

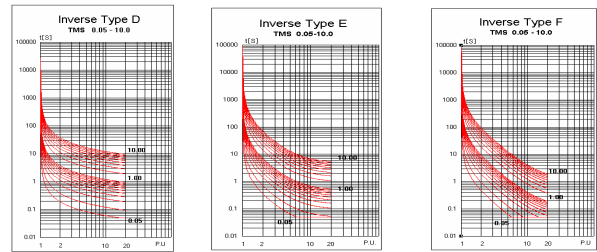
ANSI	Protection Function
25S	3 unit synchro check
27	Under voltage
46	Phase balance current
47	Phase balance voltage
50	Instantaneous overcurrent
50G/N	Instantaneous ground overcurrent
51	Inverse/definite overcurrent
51G/N	Inverse/definite ground overcurrent
59	Inverse/definite overvoltage
59N	Ground overvoltage
67	Directional overcurrent
67GS/GD	Directional ground overcurrent
79	Auto - reclosing
81	Under/over frequency
95i	Inrush blocking

〈표 2〉 보호계전기능의 반한시 특성

반한시특성구분	K	a	C
반한시 특성	0.14	0.02	0
강반한시 특성	13.5	1.0	0
초반한시 특성	80.0	2.0	0
Type D	0.0515	0.02	0.114
Type E	19.61	2.0	0.491
Type F	28.2	2.0	0.1217



(a) 반한시 특성    (b) 강반한시 특성    (c) 초반한시 특성



(e) 반한시 Type D    (f) 반한시 Type E    (g) 반한시 Type F

〈그림 5〉 보호계전기능의 반한시 특성곡선

### 3. 결 론

본 논문에서는 고장진단 기능을 접목할 수 있는 새로운 개념의 디지털보호계전시스템의 설계 관한 연구를 수행하였다. 이 시스템은 오늘 날, 각각의 계전기가 모니터링과 컨트롤 기능이 첨가되면서 새로운 기능들을 요구하는 현대적인 추세에 병행하기 적합하다. 아울러 손쉬운 유지보수, 관리 및 시스템 분석을 가능하게 하고 있으며, 기존의 시스템보다 사용자 하위급 보다 손쉽게 접근할 수 있도록 하고 있다. 즉 사용자에게 알맞은 HMI(human Machine Interface)를 검토하고 연구하고 실험하여 설계를 수행하였다. 또한 디지털 보호 계전 기능을 한국전기협동조합에서 제정한 KEMC 1120에 의거하여 실험을 수행한 결과 계전 동작시간이 모두 ±5% 및 35ms 이내로 동작하여 실험 기준을 만족함으로써 시스템의 보호 및 진단 기능의 타당성을 검증할 수 있었다.

#### 감사의 글

이 논문은 2008년도 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2005-7-068) 주관으로 수행된 과제임.

#### [참 고 문 헌]

- [1] J. Lewis Blackburn, Protective Relaying: Principles and Application, Marcel Dekker, INC. 1987.
- [2] Walter A. Elmore, Protective Relaying Theory and Applications, Marcel Dekker, INC. 1987.
- [3] Protective Relays Application Guide, GEC ALSTHOM MEASUREMENTS LIMITED, 1987
- [4] SYMAP Users Manual, Stuke Elektronik