

디지털보호계전기를 활용한 전력감시제어시스템 설계

이성환*
현대중공업*

안인석**
위덕대학교**

A Design of Power Management and Control Systems Using Digital Protective Relays

Sung-Hwan Lee*
Hyundai Heavy Industries*

Ihn-Seok Ahn**
Uiduk University**

Abstract - In this paper, being different from traditional methods, we design digital protective relay which can be applied to power management and control systems of not only small and medium but also a large scale plants.

The digital protective relay was designed with DSP CPU(TMS320C31) to protect and measure more quickly and precisely. We will present test result which is performed according to the standards of Korea Electrical Manufactures Cooperative to prove the faculties of digital protective relay. The test result on the basis of KEMC1120 and IEC60255, show that the operation time error of the digital motor protection relay is improved within $\pm 5\%$.

1. 서 론

수용가 전력계통이 복잡화, 대형화되면서 부하계통이 점차 복잡해지고 그에 따른 전력 설비 운용의 신뢰성이 점차 중요해짐에 따라 고도화되고 자동화된 디지털 타입의 보호계전기를 이용한 전력감시제어시스템이 절실히 요구된다[1-2]. 또한 중앙감시실에서 현장 조작반의 디지털 보호계전기를 통합관리 감시하는 새로운 HOST SYSTEM을 구축함으로써 이를 통해 계통사고 검출의 다양화 및 신속화, 증대된 감시 제어 항목의 처리, 보수 점검의 합리화, 계통설비의 고신뢰도 운전 등이 가능케 될 것이다.

본 연구에서는 기존의 방법과는 달리 중소규모 플랜트 및 대규모 플랜트에까지 적용가능한 전력감시제어 시스템에 적용할 수 있는 디지털보호계전기를 설계한다. 디지털 보호계전기를 설계함에 있어 보다 빠르고 정확한 계전기능과 계측기능을 수행할 수 있도록 TMS320C31이라는 DSP CPU를 탑재하였다. 디지털 계전기의 성능을 입증하기 위하여 전기협동조합에서 제시한 시험규격에 따라 실제로 시행한 시험결과 계통전체의 안정화된 운전에 있어 그 타당성을 보일 수 있었다.

2. 전력감시제어시스템

전력설비/각종기기의 상황 및 제어, DATA을 위한 현장용 중앙감시 시스템으로서 디지털 단말 유니트들과 통신으로 연결됨으로써 종합적인 보호/제어/감시가 가능하며 다양한 메뉴화면의 운용 및 데이터 관리를 통해 현장에서 최적의 전력설비 운전을 지원하는 시스템이다. 디지털 계전기, 전자식 배전반 등과 같이 디지털화 및 기능화되어 있는 유니트들로 구성되어 있고, 전력설비의 보호기능을 수행한다.

전력감시제어 시스템의 전체적인 구성은 그림 1과 같다. 크게 단말 유니트인 디지털 계전기, 상위 HOST 시스템인 중앙 감시부, 그리고 하위 단말 유니트와 상위

HOST 시스템을 연결해주는 통신제어장치로 구성되어 있다.

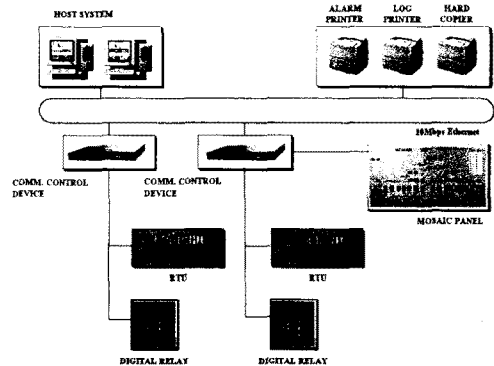


그림 1. 전력감시제어 시스템의 전체 구성도

단말 유니트의 전력요소별 처리장치인 Transducer, 전기기계식 계전기 등이 디지털 계전기, 전자식 배전반 등과 같이 디지털화, 지능화 되어 있고, 이들 단말 유니트들은 표준 통신방식(RS485)을 이용하여 전력감시제어 시스템에서 자체적으로 데이터 관리가 이루어지도록 하였고, HUMAN MACHINE INTERFACE(HMI) 기능을 가지고 있으므로 각종 데이터의 입/출력 상황과 사고 상태를 확인할 수 있다. 또한 실시간으로 데이터의 저장에 이루어지고 수집된 데이터는 범용의 통신방식(IEEE802.3/Ethernet)을 통해 통신제어장치와 HOST 시스템 간에 실시간 전송 처리가 이루어지고 있다. HOST 시스템의 구성(그림 2)을 보면 Windows NT OS를 탑재한 상용화 되어있는 산업용 HOST 시스템으로 Graphic, Database, Event, Alarm, Trend, Report등 데이터 관리 및 HMI 기능을 가지고 있고 단말 유니트로 부터 발생한 데이터를 프린트 장치 및 그래픽 패널에 표시되도록 구성되어 있다.

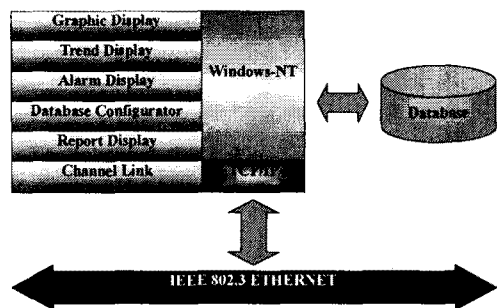


그림 2. Host 시스템 기능 구성도

전체 디지털 계전기를 감시·제어할 수 있도록 GRAPHI C화 된 풍부한 화면이 준비되어 있으며, 특히 Remote Setting기능(그림 3)을 통해 디지털계전기 정정치의 확인 및 정정을 Host 시스템에서 수행할 수 있다.

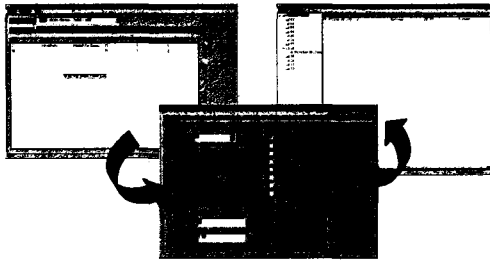


그림 3. Remote Setting 화면

3. 디지털보호계전기의 보호 및 제어

디지털 계전기를 설계함에 있어 보다 빠르고 정확한 계전기능과 계측기능을 수행할 수 있도록 TMS320C31이라는 DSP CPU를 탑재하였다(그림 4). 그리고 계측의 정교도를 보장하기 위해 16bit A/D Converter를 이용하였다. 각 상 전류 및 전압 입력신호는 1주기당 12번 샘플링하여 Ring Buffer에 저장한 후 RMS 값을 구하도록 하였다.



그림 4. 디지털보호계전기

3.1 디지털보호계전기의 S/W 운영체계

디지털 모터보호계전기의 S/W는 3가지의 인터럽트(통신 인터럽트, A/D 인터럽트, OS Timetick 인터럽트)와 3가지의 태스크(디스플레이 태스크, 통신 태스크, 릴레이 태스크)로 구성되어 있다. 각 인터럽트와 태스크에 의한 소프트웨어의 동작원리를 그림 5에 나타내었다.

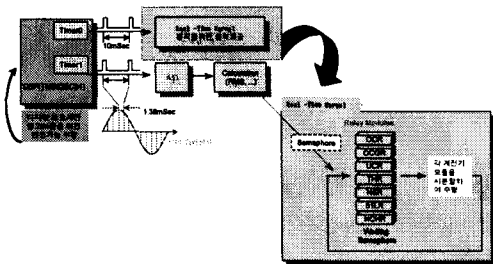


그림 5. 디지털보호계전기 S/W 동작

3.2 디지털보호계전기 알고리즘

전력감시제어시스템 활용된 계전기 알고리즘은 모터를 보호하기 위한 디지털보호계전기의 계전 알고리즘으로 Thermal Overload Relay(49), Locked Rotor & Too Long Start Relay(51LR), Negative Sequence Relay(46), Under Current relay(37), Overcurrent Ground Relay(50N, 51N), Instantaneous Overcurrent Relay(50), Notching

Relay(66)등을 내장하고 있다. 각 계전기의 전류-시간 특성곡선을 그림 6.에 나타내었다. Thermal Overload Relay(49)의 동작특성은 모터가 정상운전상태일 때 적용되며 식 1.에 의해 동작한다.

$$t = \tau \cdot \ln \left[\frac{I^2 - I_B^2}{I^2 - (k \cdot I_B)^2} \right] \quad (1)$$

여기서, t : 동작시간 τ : 모터 열시정수
 I_B : 모터 정격전류 I : 모터의 부하전류
 I_P : 고장전의 부하전류 k : 보증계수

Locked Rotor & Too Long Start(51LR) 계전기는 모터의 대표적인 과부하 상태인 회전자 구속상태를 보호하는 회전자구속 보호요소와 기동시의 과전류(기동전류)를 검출하여 모터를 보호하는 시동전류 보호요소로 구성되었다. 회전자 구속보호는 열적동작 특성을 가지므로 충분한 시간 간격 후에 작동하게 된다. 전류와 시간은 기계적인 부하의 변화와 단락회로로 인한 오동작을 피하기 위해 충분히 크게 설정되어야 한다. 시동전류 보호요소의 동작 특성은 초반한시 특성을 따르며 초반한시 동작시간은 식 2.에 의해 동작한다.

$$t = M \frac{K}{\left(\frac{G}{G_s}\right)^\alpha - 1} \quad (2)$$

여기서, t : 동작시간 계산치 M : 시간설정변수
 K : 계전기 특성상수 α : 특성곡선 지수
 G : 입력치 G_s : 정정치

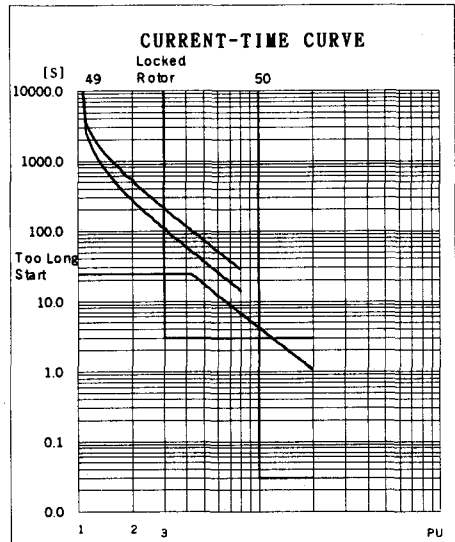


그림 6. 계전기 전류-시간 특성곡선

4. 디지털보호계전기 기능시험

제작되어진 모터 보호용 디지털 계전기의 알고리즘 및 하드웨어의 성능을 검증하기 위하여 실제 시험에서는 3상 전류·전압값이 필요하므로 릴레이 시험장비(FREJA RTS21D)를 사용하였다. 디지털보호계전기의 알고리즘 및 하드웨어를 검증하기 위해서 한국전기공업 협동조합규격인 KEMC 1120 및 IEC60255에서 정하는 실험조건과 기준에 따라 실험하여 한국전기연구소인증을 받았다. 그림 7.은 디지털 보호계전기의 Fault Recording기능을 이용하여 50계전기의 동작상태를 입력전류, 전압 신호와 함께 msec 분해능으로 확인한 그래프이다. 그래프에서 보는바와 같이 과전류가 입력된 후 1주기정도의 시간(16.67msec)이 흐른 뒤에 50 계전기가 동작하여 디지털 출력을 발생시킴을 확인할 수 있다. 디지털 Fault Recording 기능을 이용하여

Feeder에 고장이 발생하여 디지털보호계전기가 동작을 하게 되면 계전기내부의 A/D Buffer에 저장된 고장전 후 40주기 입력 data와 계전기 동작상태 data가 통신에 의해 Host System에 전송되어 monitoring할 수 있다.

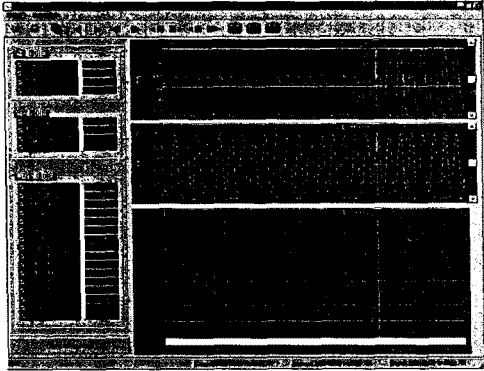


그림 7. Fault Recording 화면

5. 결 론

본 논문에서는 전력계통에서 다양한 부하 환경과 용량을 가지는 유도전동기의 운전 도중 발생하는 고장을 적시에 발견하고, 고장의 원인을 진단하여 계통을 보호하기 위하여 디지털보호계전기를 이용한 전력감시제어 시스템을 설계하였다. 디지털보호 계전기는 기존의 아날로그 계전기에서 구현하지 못했던 통신기능이 추가됨으로써 별도의 RTU없이 전력감시제어 시스템에 연결할 수 있게 되었다. 그리고 DSP CPU를 탑재함으로써 실시간 계산을 가능하게 함으로써 신속하고 정확한 계전기능을 구현할 수 있었다. 이러한 디지털 계전기를 전력감시제어 시스템의 말단 유니트로 적용하고 전력계통에 이용되는 입력전류 및 전압값을 디지털 계전기에서 수집, 저장한 후 통신을 통해 상위 중앙감시부에 전송함으로써 온라인으로 상위 시스템에서 계통의 상태를 모니터링 할 수 있게 하였다. 그리고, 디지털보호계전기 알고리즘을 한국전기협동조합에서 제정한 KEMC1120와 IEC-60255에 의거하여 실험조건과 기준에 따라 실험을 수행함으로써 그 타당성을 검증할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Sam F. Farag, M.K. Jhaveri, "Intelligent Micro-processor-Based Devices Provide Advanced Motor Protection, Flexible Control, and Communication in Paper Mills", IEEE Trans. Industry Applications, Vol. 33, No 3, May/June, 1997.
- [2] Drew Baigent and Ed Lebenhaft, "Micro-processor-Based Protection Relays: Design And Application Examples", IEEE Trans. Industry Applications, Vol. 29, No 1, January/February, 1993.