

# 디지털 계전기를 이용한 전력감시 및 분산제어 Power Monitoring and Distributed Control by Digital Relay

이성환\*, 박상배\*\*, 안인석\*\*  
Sung-Hwan Lee\*, Sang-Bae Park\*\*, Ihn-Seok Ahn\*\*

### <Abstract>

In this paper, intelligent methods using digital protection relay in power SCADA system is developed in order to protect power systems by means of timely fault detection during operation and control at starting for induction motor which have various load environments and capacities in power systems. The digital protective relay was designed with DSP CPU(TMS320C31) to protect and measure more quickly and precisely. 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  $\pm 5\%$ . Also, we can control motors at starting according to starting types with simple method as programmable sequence editor. So we can improve the demerits of high cost and much manhour for rework.

**Key Words** : Digital Relay, Distributed Control, DSP, SCADA System,

## 1. 서론

수용가 전력계통이 복잡화, 대형화되면서 부하계통이 점차 복잡해지고 그에 따른 전력 설비 운용의 신뢰성이 점차 중요해짐에 따라 보다 고도화·자동화된 디지털 타입의 보호 계전기를 이용한 전력 SCADA 시스템이 절실히 요구된다<sup>(1-2)</sup>. 또한 중앙감시실에서 현장 조작반의 디지털 보호계전기들을 통합관리 감시하는 새

로운 HOST SYSTEM을 구축함으로써 이를 통해 전력사고 검출의 다양화 및 신속화, 증대된 감시 제어 항목의 처리, 보수 점검의 합리화, 전력설비의 고신뢰도 운전 등이 가능케 될 것이다.

본 연구에서는 기존의 방법과는 달리 중소규모 플랜트 및 대규모 플랜트에까지 적용 가능한 전력 SCADA 시스템에 적용할 수 있는 디지털 계전기를 설계한다. 디지털 계전기를 설계

\* 정회원 : 위덕대학교 컴퓨터제어공학과 전임강사, 工博  
780-713, 경북 경주시 강동면 유금리 산 50  
Tel: (054)760-1625, Fax: (054)760-1629

\*\* 정회원 : 위덕대학교 컴퓨터제어공학과 조교수, 工博  
780-713, 경북 경주시 강동면 유금리 산 50  
Tel: (054)760-1622-3, Fax: (054)760-1629

\* Prof. Dept. of Computer Control Eng., Uiduk University, Ph. D.  
E-mail : hwaney@mail.uiduk.ac.kr

\*\* Prof. Dept. of Computer Control Eng., Uiduk University, Ph. D.  
E-mail : sbpark:isahn@mail.uiduk.ac.kr



함에 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 계통 전체의 안정화된 운전에서 그 타당성을 보일 수 있었다.

## 2. 전력 SCADA 시스템 설계

전력 SCADA 시스템의 전체적인 구성은 Fig. 1과 같다. 크게 단말 유니트인 디지털 계전기, 상위 HOST 시스템인 중앙 감시부, 그리고 하위 단말 유니트와 상위 HOST 시스템을 연결해주는 통신제어장치로 구성되어 있다. 단말 유니트의 전력요소별 처리장치인 T/D (Transducer), 전기기기개식 계전기 등이 디지털 계전기, 전자식 배전반등과 같이 디지털화, 지능화되어 있고, 이들 단말 유니트들은 표준 통신 방식(RS485)을 이용하여 전력감시제어 시스템에서 자체적으로 데이터 관리가 이루어지도록 하였고, HMI(Human Machine Interface) 기능을 가지고 있으므로 각종 데이터의 입/출력 상황과 사고 상태를 확인할 수 있다. 또한 실시간으로 데이터의 저장과 수집된 데이터는 범용의 통신방식(IEEE802.3 /Ethernet)을 통해 통신제어장치와 HOST 시스템 간에 실시간 전송 처리가 이루어지고 있다.

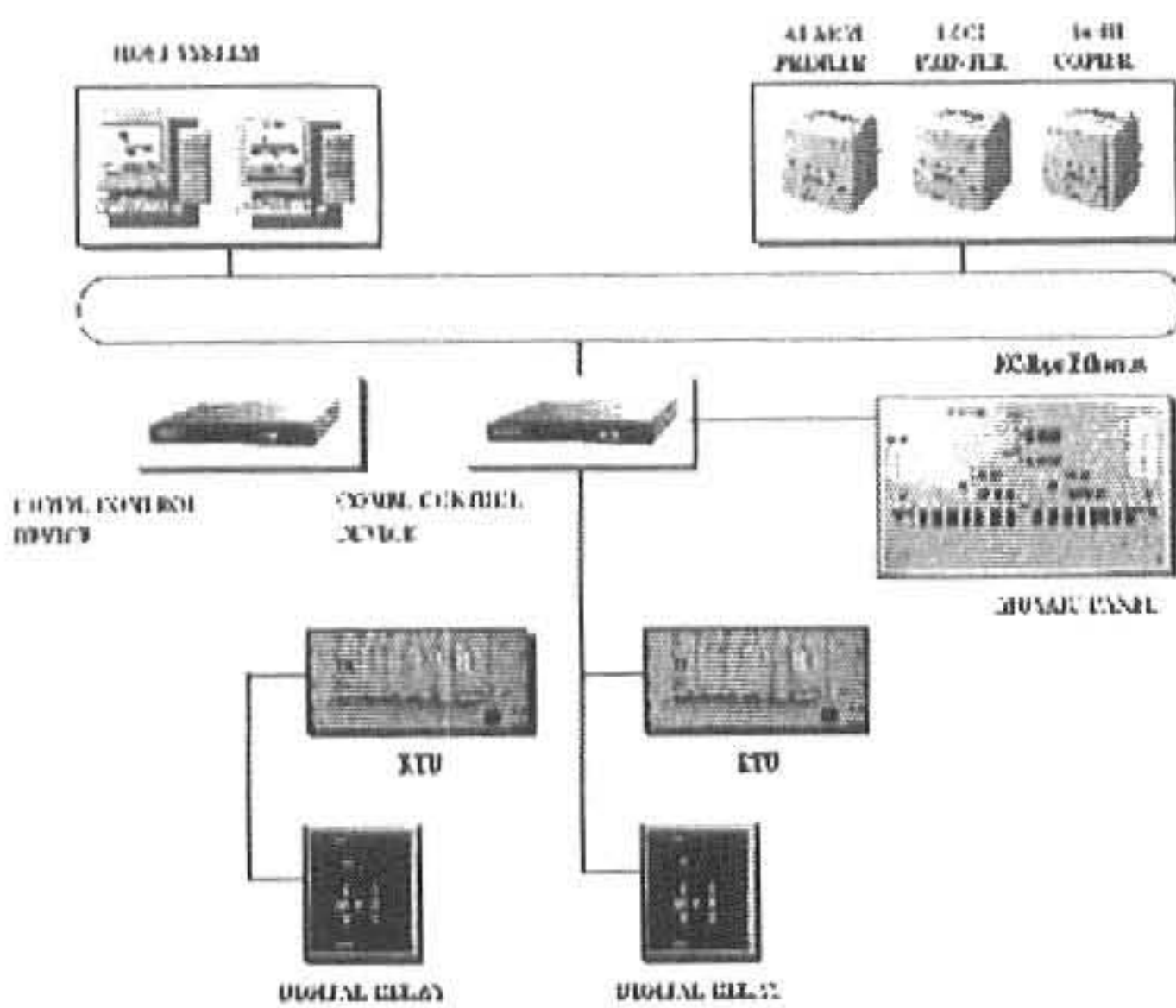


Fig.1 The schematic diagram of power SCADA system

HOST시스템의 구성(Fig. 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 유니트로부터 발생된 데이터를

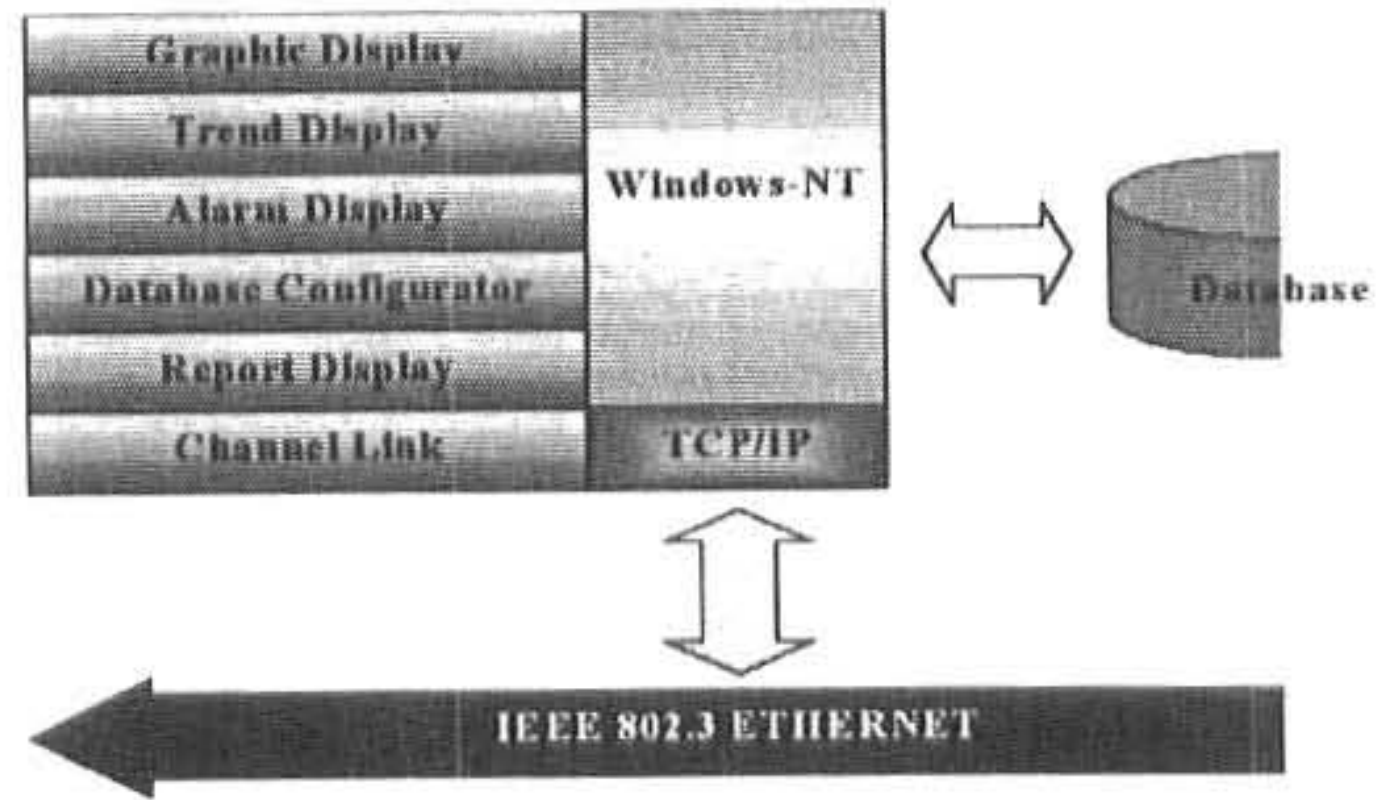


Fig.2 The function diagram of host system

프린트 장치 및 그래픽 판넬에 표시되도록 구성되어 있다. 전체 디지털 계전기를 감시·제어할 수 있도록 GRAPHIC화 된 풍부한 화면이 준비되어 있으며, 특히 Remote Setting기능(Fig. 3)을 통해 디지털계전기 정정치의 확인 및 정정을 Host 시스템에서 수행할 수 있다.

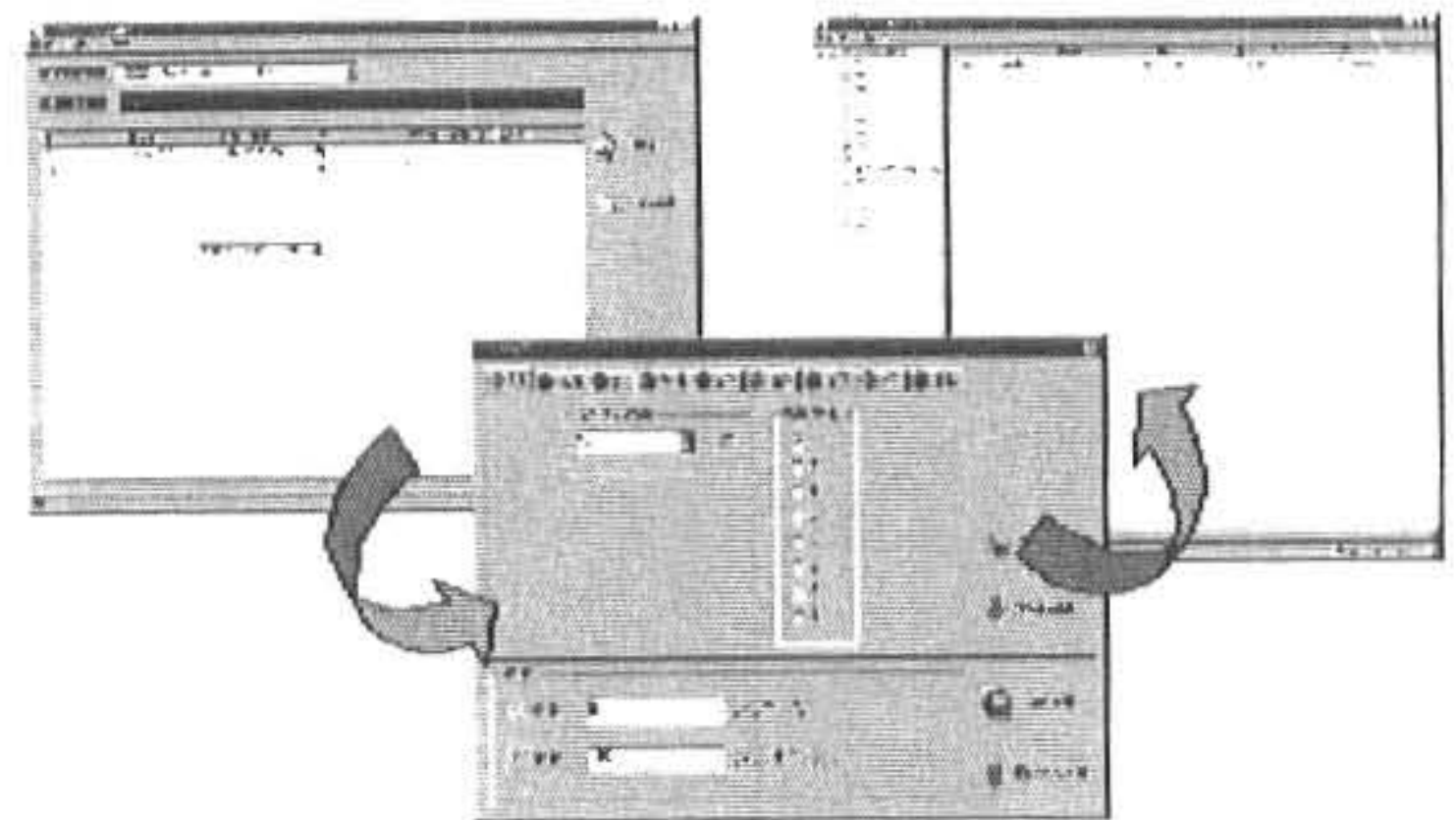


Fig.3 The screen of Remote Setting

Fig.4는 디지털 보호계전기의 Fault Recording 기능을 이용하여 50계전기의 동작상태를 입력 전류, 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 되



면 계전기내부의 A/D Buffer에 저장된 고장전 후 40주기 입력 data와 계전기 동작상태 data가 통신에 의해 Host System에 전송되어 monitoring 할 수 있다.

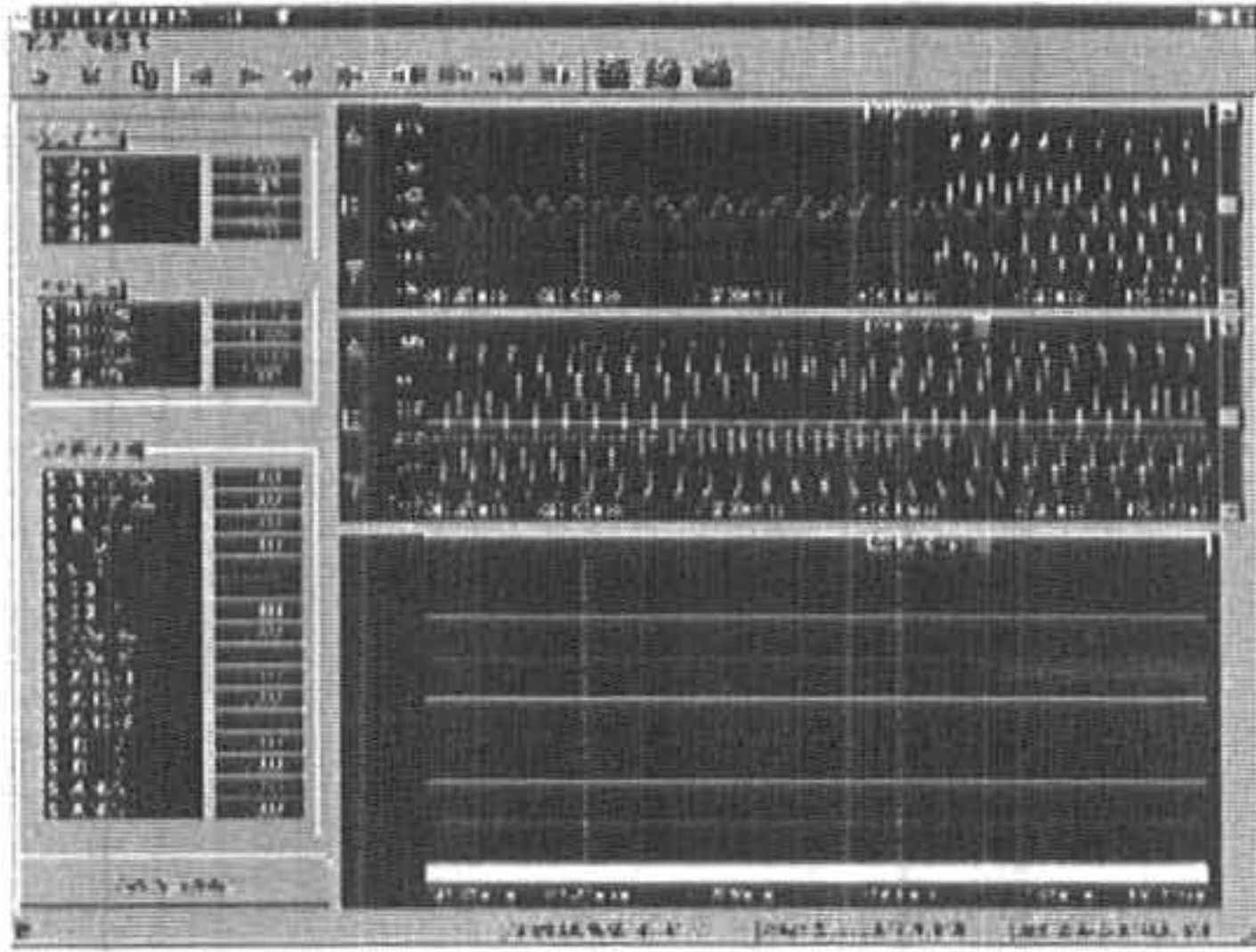


Fig.4 The screen of Fault Recording

### 3. 디지털보호계전기 설계

디지털 계전기를 설계함에 있어 보다 빠르고 정확한 계전기능과 계측기능을 수행할 수 있도록 TMS320C31이라는 DSP CPU를 탑재하였다. 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.

#### 3.1 디지털 보호 계전기 알고리즘

디지털 보호계전기의 계전 알고리즘으로 Thermal Overload Relay(49), Locked Roter & Too Long Start Relay(51LR), Negative Sequence Relay(46), Under Current relay(37), Overcurrent Ground Relay(50N, 51N), Instaneous Overcurrent Relay(50), Noching Relay(66)등을 내장하고 있다. 각 계전기의 전류-시간 특성곡선을 Fig. 5에 나타내었다.

#### 3.2 디지털보호계전기의 시퀀스제어

상위 Host 시스템에서 그래픽 구성 (Programmable Sequence Editor)(Fig. 6)를 이용하여 기동회로의 전기도면을 작성한 후 Compile 하게 되면 도면의 정보가 HEX 코드화된다. 이 파일을 Target인 디지털계전기에게 정해진 Protocol에

의해 Data를 DownLoad하면 디지털계전기는 이 전기 도면의 Sequence대로 기동제어할 수 있다. 그리고, DownLoad된 Data는 디지털계전기 내부의 Flash Memory에 저장된다.

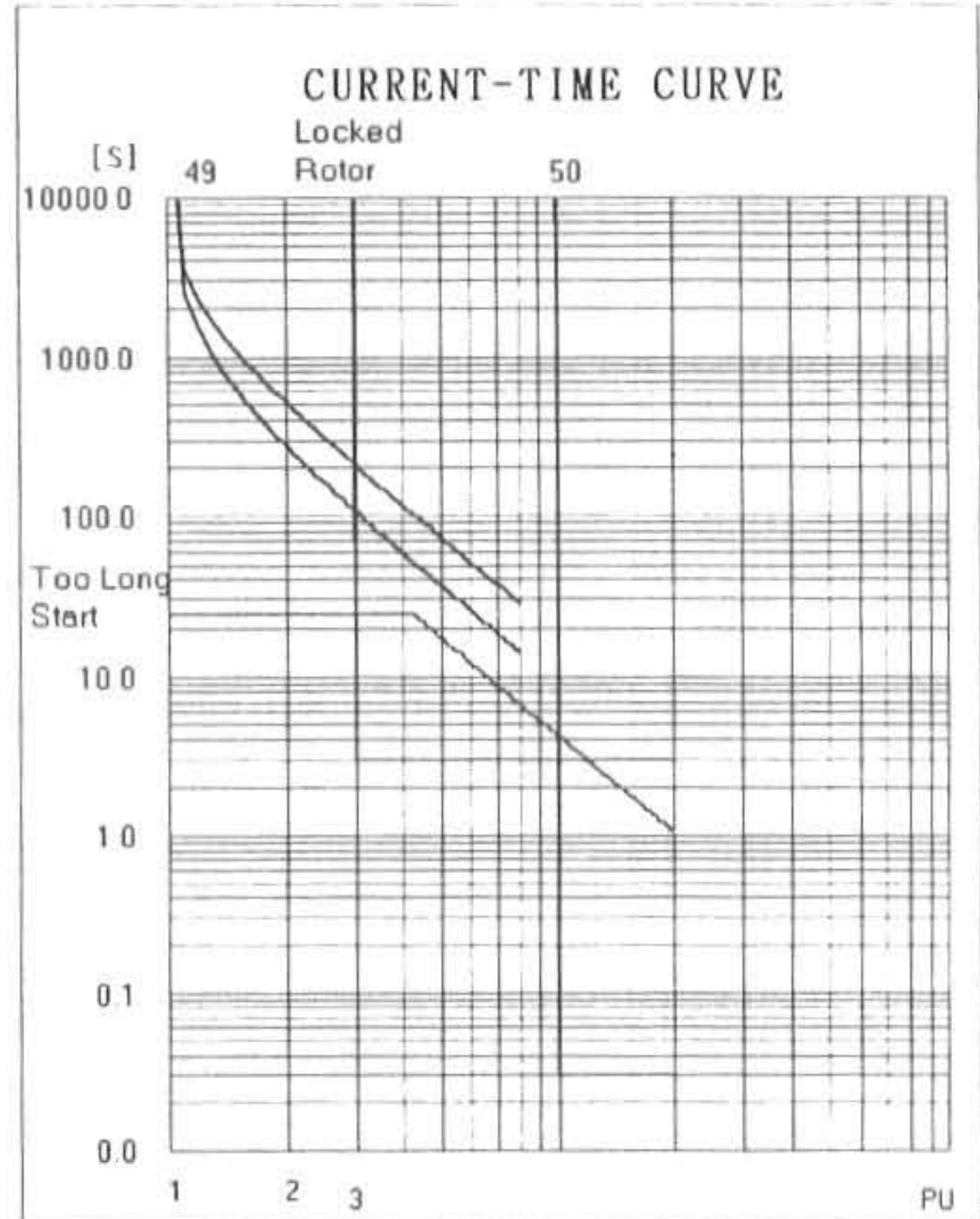


Fig.5 The current-time characteristic curve of relay

또한, RS-485 통신을 통해 디지털계전기를 32대까지 Multi-Drop으로 묶어, 이미 작성되어진 전기 도면을 DownLoad할 수 있으며, 디지털계전기부터 Data를 UpLoad하여 어떠한 전기도면인지 확인할 수 있는 기능을 가지고 있다.

이와 같이 결선회로를 program화 함으로써 기존에 복잡하게 구성되던 기동방식별 결선의 표준화가 이루어져 제작공수의 절감 및 납기를 단축하고 결선의 수정작업시의 번거러움을 피할 수 있다. 도면자체도 Function Block단위의 도면이 아닌 기존 설계자에 익숙한 도면의 형태로 설계할 수 있도록 구성하였다.

### 4. 결론

본 논문에서는 전력계통에서 다양한 부하 환경과 용량을 가지는 유도전동기의 운전 도중 발생하는 고장을 적시에 발견하고, 고장의 원인을 진단하여 계통을 보호하기 위하여 디지털보



참고문헌

호계전기를 이용한 전력 SCADA 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.

- 1) Sam F. Farag, M.K. Jhaveri. Intelligent Microprocessor-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. Microprocessor-Based Protection Relays: Design And Application Examples. *IEEE Trans. Industry Applications*, Vol. 29, No.1, January/February (1993)

(2001년 4월 12일 접수, 2001년 8월 22일 채택)

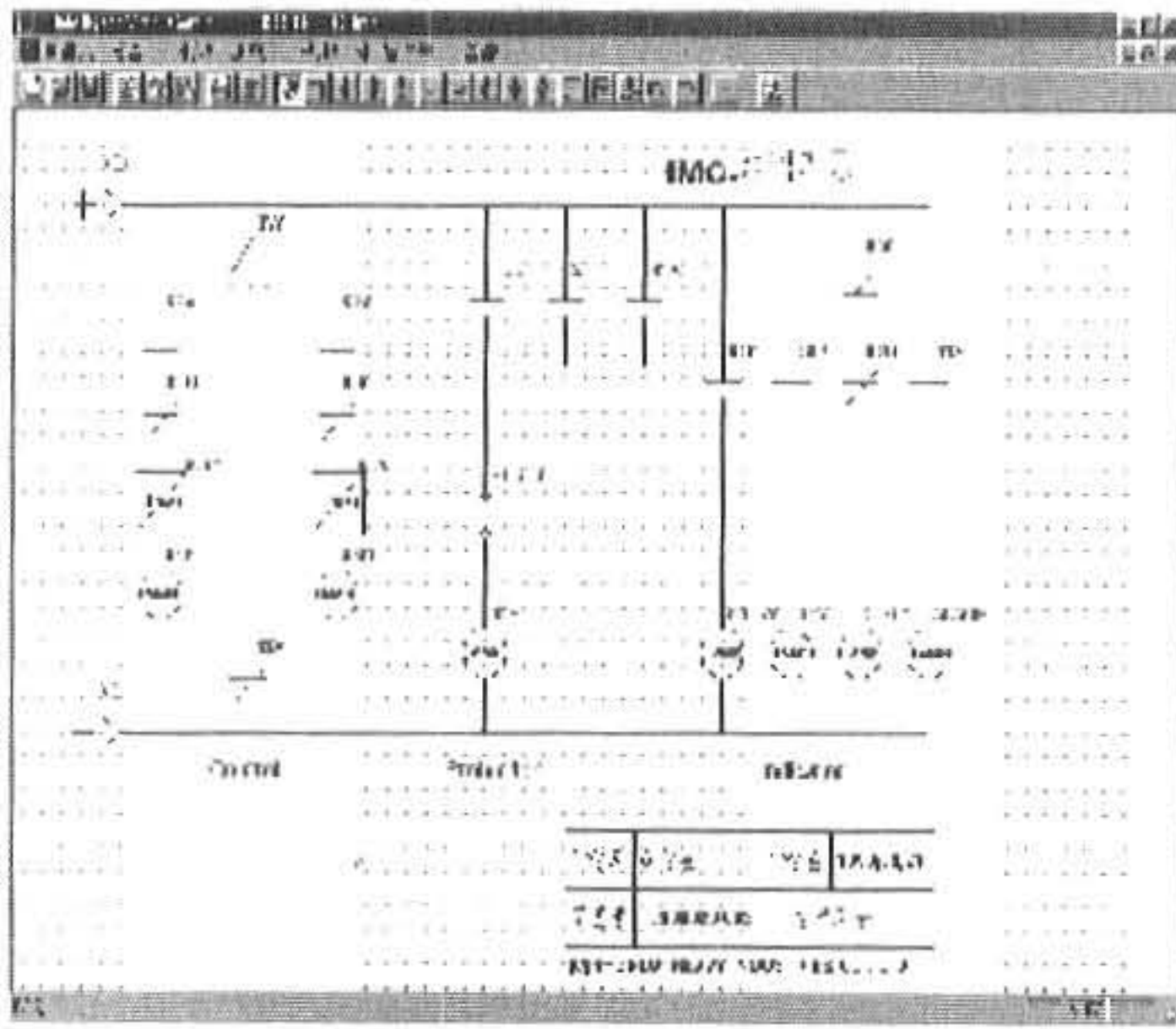


Fig.6 The screen of Programmable Sequence Editor

이러한 디지털 계전기를 전력 SCADA 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.