

## A Design of the Intelligent Motor Control Center Using the Graphic Editor

李 聖 煥<sup>†</sup>

(Sung-Hwan Lee)

**Abstract** - The previous MCCs(Motor Control Centers) have the demerits of high cost and much manhour for rework because it is impossible for us to standardize the previous MCCs and they have many manual connections. The customers require the products which can operate with the SCADA system by digitalizing the functions of the current MCCs and the systematized products with capability of remote control. To solve these disadvantages and requirements, we developed the Intelligent Motor Control Center. This system has the various functions such as protection, measuring, and communication. Using these functions, we can monitor motor status through communication with the upper system and define the circuit for lowering connection costs according to starting type and shortening the manufactural period by the graphic editor. The development of this system results in establishment of the competitive structure with domestic area and perfect automatic monitoring through linkage with the SCADA system.

**Key Words** : MCC Unit, Programmable Sequence Editor, SCADA, Protection, Developing Control

### 1. 서 론

최근 배전계통이 다양화 되고 있는 추세로 고객들이 현 MCC(Motor Control Center)를 SCADA와 함께 운전할 수 있는 시스템화 된 제품을 요구하고 있는 실정이다. 또한 현 MCC는 프로젝트마다 시퀀스가 달라 제품 표준화가 불가능하여 수작업 결선이 많아 재료비 대비 인건비 비율이 높다. 고객 요구 등에 의한 회로 및 결선의 수정작업이 많고, 제작업 시 판넬 회로의 표준화가 되어 있지 않으므로 재결선 작업을 전문 작업자가 수행하더라도 모두 수작업에 의해 수행해야 하므로 많은 인건비가 소요되는 문제점 또 한 가지고 있다. 이러한 기존 MCC의 문제점을 개선하기 위해 본 논문에서는 기존 MCC를 디지털화하여 결선회로를 프로그램에 의해 정의하고 수정할 수 있는 그래픽 에디터를 개발하여 이러한 작업자의 수작업을 대폭 줄이고, 보호, 계측, 통신 기능을 CPU를 통해 구현하여 그 정밀도와 정확도를 향상 시켰다.[1] 그리고, 디지털화된 시스템 구성으로 각 MCC를 SCADA와 연계 운전하여 각 전동기상태를 집중 감시 및 제어 가능하도록 하였다.[2] 이러한 디지털화된 지능형 MCC는 기동방식별 결선의 표준화로 제작 인건비 절감 및 납기 단축을 가능하게 할 수 있고, 이로 인해 원가절감 및

제품 경쟁력을 향상 시킬 수 있을 것으로 본다.

### 2. 지능형 전동기 제어반

지능형 전동기 제어장치는 기존 MCC의 문제점을 개선하기 위해 보호, 계측, 통신기능을 디지털 방식으로 구현하여 상위 시스템과 연계 운전할 수 있도록 하였으며, 결선 회로를 프로그램에 의해 정의하여 기동방식별 회로결선을 표준화 할 수 있도록 그래픽 에디터를 개발하였다.

#### 2.1 MCC 유닛

기존 MCC 유닛은 그림 1과 같이 MCCB, EOCR, MC, timer, key, lamp 등 여러 가지 부품이 전기적 시퀀스에 의해 결선되어 있어, 제작에 많은 시간이 소요되며, 납품 후 고객의 요구에 의해 전기적 시퀀스가 수정되면 MCC 유닛을 수정하기 위해서 많은 작업 인건비가 필요하게 된다. 또한 제품의 표준화가 어렵다.

이러한 유닛 구조를 개선하기 위해 그림 2에서와 같이 기존에 복잡하게 구성되었던 여러 가지 부품(MCCB, EOCR, MC, lamp)을 지능형 전동기 제어장치에 구현함으로써 그림 3에서 보는 바와 같이 MCC 유닛 크기의 축소와 전기적 시퀀스 수정으로 인한 작업 인건비 및 설치비용을 줄일 수 있었다.

<sup>†</sup> 正 會 員 : 威 德 大 學 에 너 지 電 氣 工 學 部 助 教 授 · 工 博

E-mail : hwaney@uu.ac.kr

接 受 日 字 : 2006年 5月 3日

最 終 完 了 : 2006年 7月 24日



과부하 보호용 과전류 계전기는 전동기의 대표적인 과부하 상태인 회전자 구속 상태를 보호하는 회전자구속 보호요소와 기동시의 과전류(기동전류)를 검출하여 전동기를 보호하는 시동전류 보호요소로 구성되었다. 회전자 구속보호는 열적 동작 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.

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

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

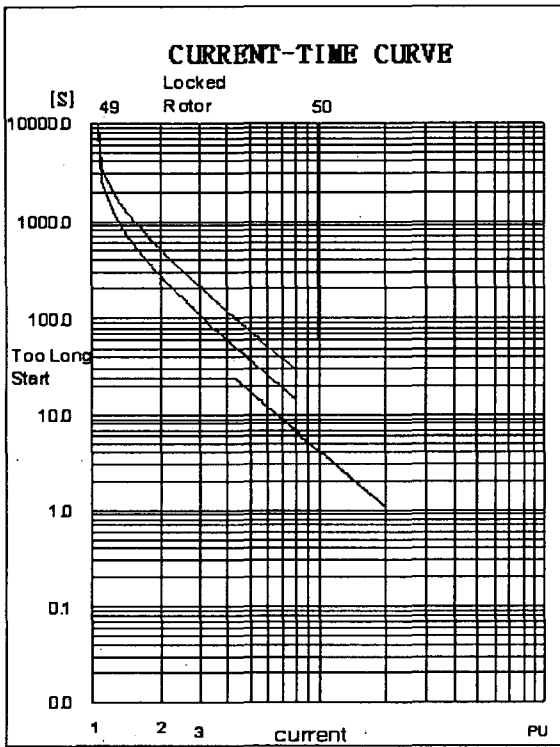


그림 5 계전기 전류-시간 특성곡선  
 Fig. 5 The current-time characteristic curve of relays

2.4 지능형 전동기 제어시스템

그림 6은 지능형 전동기 제어 시스템의 구성도를 나타낸다. 지능형 전동기 제어 시스템은 프로그램으로 작성한 시퀀스 로직을 RS232/485 변환기를 통해 동시에 32개의 지능형 전동기 제어장치에 다운로드/업로드 할 수 있고, HDLC 통신을 통해 지능형 전동기 제어장치 데이터를 통신제어 장치에서 수집하여 상위 시스템과 연결된다. 네트워크 프린터 서버를 통해 프린터와도 연결된다.

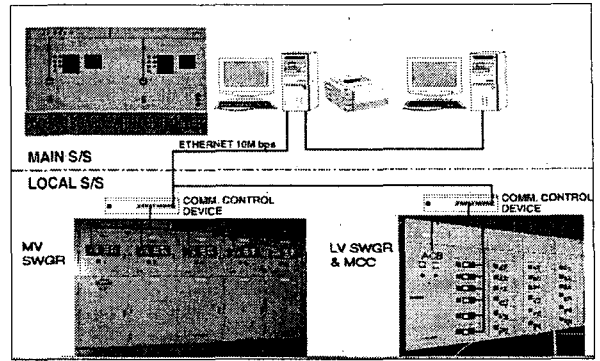


그림 6 지능형 전동기 제어시스템 구성도  
 Fig. 6 The schematic diagram of intelligent motor control system

3. 시스템 기능 시험

3.1 Programmable Sequence Editor

Programmable Sequence Editor(PSE)는 컴퓨터에서 지능형 전동기 제어장치에게 정해진 프로토콜에 의해 데이터를 전송한다. PSE는 전기도면을 작성하여 컴파일 한 후, 지능형 전동기 제어장치로 다운로드하면 지능형 전동기 제어장치는 이 전기 도면의 시퀀스대로 작동한다. 또한, PSE는 지능형 전동기 제어장치를 32대까지 multi-drop으로 묶어, 이미 작성되어진 전기 도면을 다운로드할 수 있으며, 지능형 전동기 제어장치로부터 데이터를 읽어 어떠한 전기 도면인지 확인할 수 있는 기능을 가지고 있다.

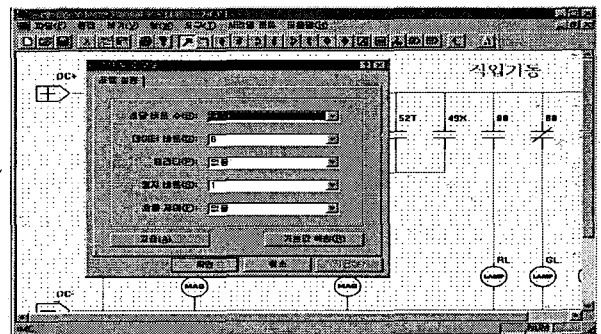


그림 7 Programmable sequence editor 화면  
 Fig. 7 The screen of programmable sequence editor

3.2 전동기 보호계전 기능 시험

3.2.1 열동형 과전류 계전기 시험

열동형 과전류 계전기 특성실험의 시험조건은 정격전류를 2A로 세팅한 상태에서 동작시간 정정치인 열시정수(τ)가 최소(τ= 2min)일 때와 최대(τ= 32min)일 때로 나누어 실험을 하였다. 최대 및 최소의 동작시간 정정치에서 열적상태 파라메타는 다시 최소(θ= 0%), 중간(θ= 50%), 최대(θ=

100%)로 나누어 각각에 대해 실험을 하였다. 인가전류는 정격전류의 150%(3A), 200%(4A), 600%(12A), 800%(16A)를 인가하였다. 이때 동작시간의 허용오차는 공칭동작시간의 ±5%이내 범위를 만족하고 있음을 표 1, 2에서 나타내었다.

본 논문에서 구현된 전동기 보호 알고리즘 중 열동형 과전류 계전기와 과부하 보호용 과전류 계전기에 대해 동작시 실험을 수행하였다.

표 1 열동형 과전류 계전기의 동작시간 오차( $\tau=2\text{min}$ )  
Table 1 The operation time error of a thermal over current relay( $\tau=2\text{min}$ )

동작치정정	동작시간정정	열적상태	입력전류 (%)	공칭동작시간 (sec)	허용오차 (%)	실측 동작시간			오차 (%)		
						R	S	T	R	S	T
최소	최소		150	76.5	±5	74.2	74.9	75.2	-3.0	-2.1	-1.7
			200	37.0	±5	37.1	37.2	36.6	0.3	0.5	-1.1
			600	3.6	±5	3.6	3.6	3.6	0.0	0.0	0.0
			800	2.0	±5	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0
	중간		150	62.4	±5	60.2	61.6	61.1	-3.5	-1.3	-2.1
			200	29.2	±5	28.9	28.3	29.5	-1.0	-3.1	1.0
			600	2.8	±5	2.8	2.8	2.8	0.0	0.0	0.0
			800	1.5	±5	1.5	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0
	최대		150	6.0	±5	5.8	5.9	5.9	-3.3	-1.7	-1.7
			200	2.5	±5	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0
			600	0.2	±5	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
			800	0.1	±5	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0

표 2 열동형 과전류 계전기의 동작시간 오차( $\tau=32\text{min}$ )  
Table 2 The operation time error of a thermal over current relay( $\tau=32\text{min}$ )

동작치정정	동작시간정정	열적상태	입력전류 (%)	공칭동작시간 (sec)	허용오차 (%)	실측 동작시간			오차 (%)		
						R	S	T	R	S	T
최소	최소		150	1225	±5	1182	1194	1187	-3.5	-2.5	-3.1
			200	591.7	±5	580.1	588.3	583.7	-2.0	-0.6	-1.4
			600	57.4	±5	57.0	57.2	57.1	-0.7	-0.3	-0.5
			800	32.1	±5	31.8	32.7	31.9	-1.0	1.9	-0.6
	중간		150	998.3	±5	956.3	974.4	959.7	-4.2	-2.4	-3.9
			200	467.8	±5	462.2	468.1	464.6	-1.2	0.1	-0.7
			600	44.1	±5	43.8	43.5	43.7	-0.7	-1.4	-0.9
			800	24.6	±5	24.3	24.3	24.3	-1.2	-1.2	-1.2
	최대		150	95.9	±5	91.8	92.1	92.1	-4.3	-4.0	-4.0
			200	39.4	±5	39.0	38.7	39.5	-1.0	-1.8	0.3
			600	3.3	±5	3.4	3.3	3.4	3.0	0.0	3.0
			800	1.9	±5	1.9	1.9	1.9	0.0	0.0	0.0

### 3.2.2 과부하 보호용 과전류 계전기 시험

과부하 보호용 과전류 계전기 특성실험의 시험조건은 전동기 기동 시와 정상운전 시로 나누어야 한다. 전동기 기동 시에는 기동전류가 정격전류보다 크기 때문에 기동전류로 인한 계전기 동작을 막기 위하여 기동 전류의 크기와 기동 시간에 따른 초반한시 특성에 따라 실험을 하고 전동기 기동이 끝난 후 정상 운전 시에는 정한시 특성을 적용하여 실험한다. 동작 정정치를 정격전류의 200% ~ 400% 사이에서 세팅한 상태에서 정한시 특성의 경우 정정치의 200%, 350% 및 500%의 입력전류를 인가하고, 초반한시 특성의 경우 기동전류 정정 치에서 기동 전류의 60%, 70%, 100% 및 150%를 인가한다. 이때 동작시간의 허용오차는 공칭동작시간의 ±5%이내 범위를 만족하고 있음을 표 3, 4에서 나타내었다.

표 3 과부하 보호용 과전류 계전기의 동작시간 오차 (정한시 특성)

Table 3 The operation time error of 51LR over current relay(definite time characteristic)

동작치정정	동작시간정정	열적상태	입력전류 (%)	공칭동작시간 (sec)	허용오차 (%)	실측 동작시간			오차 (%)		
						R	S	T	R	S	T
정한시	최소		200	1.00	±5	1.02	1.02	1.02	2.0	2.0	2.0
			350	1.00	±5	1.02	1.02	1.02	2.0	2.0	2.0
			500	1.00	±5	1.02	1.01	1.01	2.0	1.0	1.0
			최대		200	4.00	±5	4.02	4.01	4.02	0.5
	350	4.00	±5		4.02	4.02	4.02	0.5	0.5	0.5	
	500	4.00	±5		4.02	4.02	4.02	0.5	0.5	0.5	

표 4 과부하 보호용 과전류 계전기의 동작시간 오차 (초반한시 특성)

Table 4 The operation time error of 51LR over current relay(extreme inverse characteristic)

동작치정정	동작시간정정	열적상태	입력전류 (%)	공칭동작시간 (sec)	허용오차 (%)	실측 동작시간			오차 (%)				
						R	S	T	R	S	T		
초반한시	최소	기동시간정정	60	2.0	±5	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0		
			70	2.0	±5	2.0	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0		
			100	1.0	±5	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0		
			150	0.5	±5	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0		
			최대	기동전류정정	60	120	±5	120	120	120	0.0	0.0	0.0
			70		117	±5	116	117	116	-0.9	0.0	-0.9	
	100	60.0	±5		60.0	60.0	59.0	0.0	0.0	-1.7			
	150	30.4	±5		30.7	30.8	30.4	1.0	1.3	0.0			

#### 4. 결 론

지능형 전동기 제어장치 개발에 따른 결과는 다음과 같다. 과전류, 결상, 지락, 순시전류, 부족전류 등으로부터 전동기를 보호할 수 있는 계전 기능을 디지털 방식을 통해 구현하였다. SCADA 시스템과 연계할 수 있는 통신 접속 기술을 이용하여 전동기 운전상태, 전류 계측치, trip 발생시 이벤트 표시 기능을 구현하였다. 그리고, 그래픽 에디터와 전자식 전동기 제어 장치 간에 결선회로를 다운로드 및 업로드 할 수 있도록 인터페이스 통신 기능을 구축하여 기동방식에 따른 결선의 표준화를 도모할 수 있었다.

#### 감사의 글

이 논문은 2006년도 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소(R-2005-7-068) 주관으로 수행된 과제임.

#### 참 고 문 헌

- [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, pp .840 - 847, May/June, 1997.
- [2] Sam F. Farag, Robert G. Bartheld, and William E. May, "Electrically Enhanced Low Voltage Motor Protection and Control", IEEE Trans. Industry Applications, Vol. 30, No. 3, pp. 776 - 783, May/June, 1994.

#### 저 자 소 개



이 성 환 (李 聖 煥)

1966년 8월 10일생. 1990년 연세대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1995~2001 현대중공업(주) 선임연구원. 2001~현재 위덕대 에너지전기공학부 조교수

Tel : 054-760-1625

Fax : 054-760-1669

E-mail : hwaney@uu.ac.kr