

## 모터 과부하 차단장치에 대한 연구

강병복, 임중열, 차인수, 조경재\*, 윤석암\*\*, 이정일, 서장수  
 동신대학교, \*담양대학, \*\*송원대학

### A Study on the Motor Overload Protection Device

Kang Byeong Bog, Lim Jung Yeol, Cha In Su, Cho Kyeong Jai,  
 Yoon Suk Am, Lee Jung Il, Seo Jang Soo  
 Dongshin University, Damyang College, Songwon College

#### ABSTRACT

In electrical machinery and apparatus, the most important problem is protect of machinery and apparatus in duo to transient phenomena and overload on operation. Particularly by advanced technology of late, there is demand for low cost of equipments and high percentage of use of equipments. Therefore, protection of machinery and apparatus in condition of overload is more valued considering that all efficiency increase is passed by operating all machinery and apparatus in condition of heavyload.

In this paper, the suggested system is add overload protect system using CT in condition of overload.

#### 1. 서 론

전동기의 운전 및 관리에 있어서 과전류, 과부하 과전압으로부터 보호하지 못하면 소손에 의한 피해가 크다고 할수 있다<sup>[1],[2]</sup>. 따라서 운전 중 과부하상태에 대하여 안전하고 효율적인 운전을 기하고자 디지털형 보호장치를 제안하였다. 본 연구에서 제안된 보호 시스템은 기존의 바이메탈을 이용한 내부 삽입형 보호장치인 O.L.P.와 T.P.의 방식과는 다른 CT(Current Transformer)를 이용한 외부 부착 장치이다. 즉, CT를 이용하여 과부하를 감지하고 제어함으로써 기존의 O.L.P와 T.P.의 문제점을 개선하였다<sup>[3],[4]</sup>.

#### 2. 유도전동기의 과부하

그림 1은 단상유도전동기의 보조권선과 주권선의 등가회로이다.

그림 1에서 정방향 저항  $R_f$ , 정방향 리액턴스  $X_b$ , 및 역방향 리액터스  $X_b$ 는 다음과 같다.

$$R_f = \left( \frac{R_2 X_m^2}{2s} \right) \frac{1}{(R_2/s)^2 + (X_2 + X_m)^2} \quad (1)$$

$$R_b = \left( \frac{R_2 X_m^2}{2(2-s)} \right) \frac{1}{[R/(2-s)]^2 + (X_2 + X_m)^2} \quad (2)$$

$$X_f = \left( \frac{X_m}{2} \right) \left[ \frac{(R_2/s)^2 + X(X_2 + X_m)}{(R_2/s)^2 + (X_2 + X_m)^2} \right] \quad (3)$$

$$X_b = \left( \frac{X_m}{2} \right) \left[ \frac{(R_2/(s-2))^2 + X(X_2 + X_m)}{(R_2/(2-s))^2 + (X_2 + X_m)^2} \right] \quad (4)$$

여기서,  $R_2$  및  $X_2$ 는 2차측 권선의 저항 및 리액턴스,  $X_m$ 은 상호 리액턴스,  $s$ 는 슬립이다. 이때의 전압방정식은 다음과 같다.

$$\vec{V}_m = \vec{I}_m \vec{Z}_1 + \vec{I}_a \vec{Z}_2 \quad (5)$$

$$\vec{V}_a = \vec{I}_m \vec{Z}_4 + \vec{I}_a \vec{Z}_3 \quad (6)$$

$$\vec{V}_m = I_m \angle \theta_m \quad (7)$$

$$\vec{V}_a = I_a \angle \theta_{av} \quad (8)$$

전압방정식을 전류에 관하여 풀면 다음과 같다.

$$\vec{I}_m = \vec{V}_m \vec{Z}_3 - \vec{V}_a \vec{Z}_2 / \vec{Z}_a \quad (9)$$

$$\vec{I}_a = \vec{V}_a \vec{Z}_1 - \vec{V}_m \vec{Z}_4 / \vec{Z}_a \quad (10)$$

$$\vec{I}_m = I_m \angle \theta_m \quad (11)$$

$$\vec{I}_a = I_a \angle \theta_a \quad (12)$$

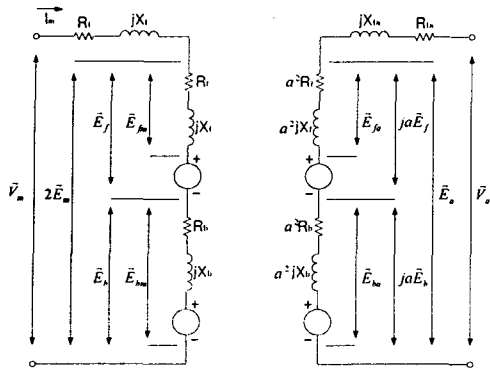


그림 1. 단상유도전동기의 등가회로  
Fig. 1. Equivalent circuit of an induction motor

전동기는 각종 전기 기기 중에서 비교적 열용량이 큰 것으로 정격 용량 내에서 운전하면 권선이나 절연물이 정격온도 상승 이상에서 사용되기 때문에 실용상 아무런 지장 없이 수명을 연장할 수 있다.

그러나 과부하가 되면 정격전류보다 큰 전류가 흘러서 과열되어 절연물이나 코일을 소손 시키게 된다. 과부하는 정격전류 이상의 전류가 흐르는 경우를 말하며, 이 과전류는 기기의 온도를 상승시켜 운전 지장을 초래하거나 소손에 이르게 한다.

과부하시 운전을 고려해 본다면 다음과 같다.

냉매를 공기 (보통 40°C를 기준)로 하고, 정격전류를  $I_1$ , 이때의 온도 상승치를  $\theta_1$ , 실제 운전시 온도를  $\theta$ 라고 한다면 온도 상승치는  $\theta_1 + (40 - \theta)$ 까지 허용된다. 온도가 상승되는 전류를  $I_2$ 라고 하고 온도상승이 전류의 자승에 비례한다고 한다면 다음과 같은 식을 유도할 수 있다.

$$\left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 \theta_1 = \theta_1 + (40 - \theta)$$

$$\theta = 20^\circ\text{C}, \theta_1 = 40^\circ\text{C} \text{ 라면 } \frac{I_2}{I_1} = 1.12$$

즉, 12%의 과부하에서 사용이 가능하다고 볼 수 있다.

### 3. 시스템 구성과 원리

그림 2는 시스템 블록선도를 보여주고 있다.

제어기는 PIC를 기반으로 구성되어 있으며 전류를 허용 한계 값을 조절할 수 있고, 전류 값을 LED를 통하여 관측할 수 있도록 설계되어 있다. 전류 센서를 통하여 측정된 전류값이 미소하기 때문에 증폭기를 통하여 제어기에 전류값이 전달된다.

또한 외부에 옵션으로 설치할 수 있으며, 전류 제한 값을 조정할 수 있기 때문에 모터가 가지는 부하량에 따

라 세팅하여 과부하가 문제시 되는 여러 가지 전기기기에 사용할 수 있다.

그림 3은 시스템의 흐름 선도를 보여주고 있다.

모터가 구동하여 과부하로 인하여 전류값이 증가하게 되면 증폭기를 통하여 마이크로프로세서를 이용한 제어기가 입력된 전류값을 판단하여 기준전류 이상이 되면 릴레이를 작동시켜 모터의 전원을 차단하게 된다. 이때 경광등이 울리고 전류의 증가치를 보여주는 LED가 깜박거리게 된다.

그리고 일정시간이 경과된 후에 과부하로 인한 과열이 해소되면 다시 수동 또는 자동 리셀을 통하여 모터를 구동시키게 된다.

그림 4는 주제어회로를 나타내며 원칩 마이크로프로세서인 PIC (Peripheral Interface Controller) 을 사용하여 구성되어 있다. 전체회로는 회로 구동을 위한 전원 레귤레이터(전원 안정화 소자), 전류값을 증폭 시키는 증폭부, 접촉기와 PLC에 연결된 릴레이로 구성되어 있다. 전원은 일반 상용전원을 사용하였다.

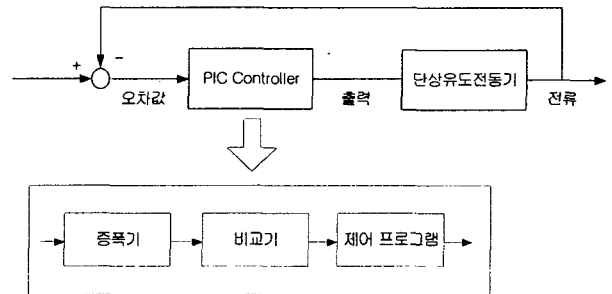


그림 2. 시스템 블록선도  
Fig. 2. Block diagram of system

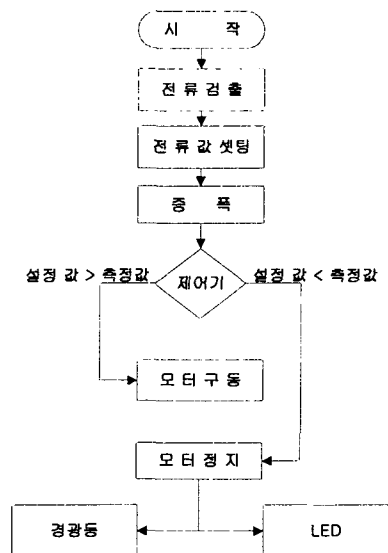


그림 3. 제어 흐름선도  
Fig. 3. Flowchart of control

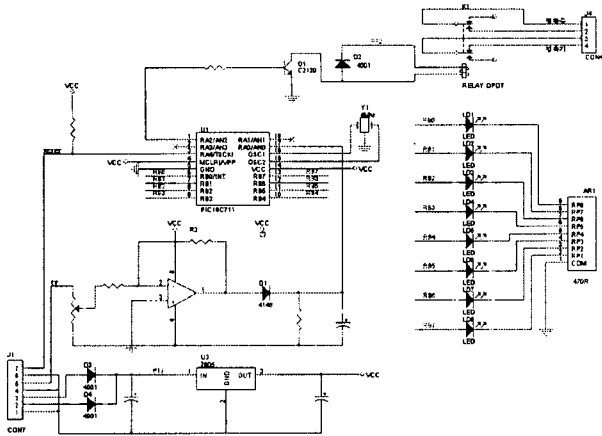


그림 4. 주 제어 회로  
Fig. 4. Main control circuit

#### 4. 실험 및 고찰

본 실험에 사용된 모터는 정격소비전력 34W, 단상 전 동기로서 온수순환용 펌프이다.

그림 5는 모터의 정격 구동시 전압과 전류 파형을 보여주고 있다.

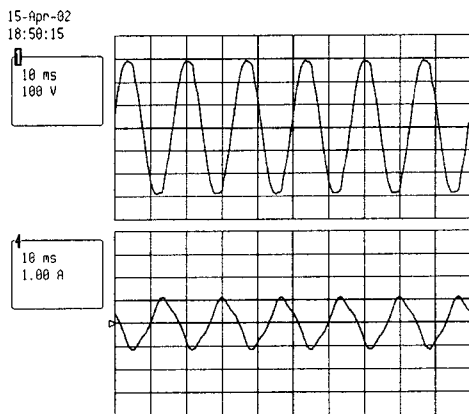
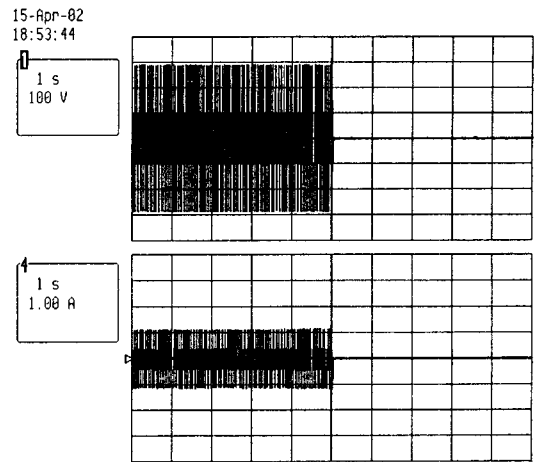


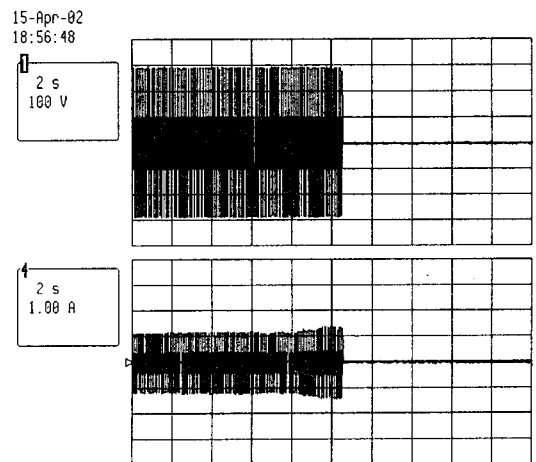
그림 5. 일반 모드시 전압, 전류 파형  
Fig. 5. Voltage and current waveform at normal mode

그림 6은 전류 한계값을 변화에 따른 전압, 전류 특성을 보여주고 있다.

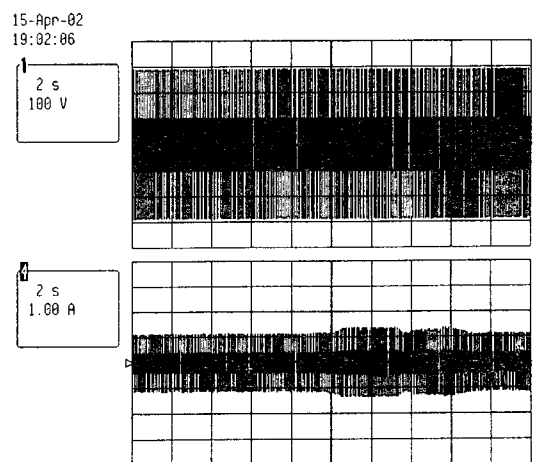
설정된 한계 값에 따라 모터의 전류 값의 변화를 볼 수 있다. 즉, 전압과 전류 값이 영(Zero)이 되는 부분이 정지 명령에 따라 모터가 정지된 부분이고 전류량이 증가되는 부분은 과부하에 따른 현상이다. 설정된 한계 값에 따라 특성을 살펴보면, 2[A] 이상을 설정하였을 경우 모터의 부하 전류가 너무 작기 때문에 제어가 안되어 지속적으로 동작하는 현상을 보였다.



(a) 한계값 : 1.2 [A]



(b) 제한값 : 1.5 [A]



(b) 한계값 : 2 [A] 이상

그림 6. 전류 한계값에 따른 전압, 전류 특성  
Fig. 6. Characteristic of voltage and current according to current limitation value.

## 5. 결 론

모터의 운전중에 발생하는 과부하는 해결해야할 가장 큰 문제중 하나이며, 이것을 해결하기 위해서는 여러 단계의 보호장치가 필요하다.

본 연구에서 개발된 제어장치는 기존의 바이메탈을 이용한 내부 삽입형 보호장치가 아닌 외부 추가형 장치로써 과부하를 감지하여 모터의 소손을 방지하였다.

그 결과 모터 소손에 의한 효율 저하를 방지하였고 빠른 응답성을 확보할 수 있었다. 또한, 전기적으로 소모부분이 없어 반영구적이며 방수, 방진, 내진 등의 구조가 용이하고 장치의 신뢰성도 높음을 알수 있었다. 더불어 종전의 것에 비해 훨씬 소형 경량화가 용이하고 조작 또한 용이하다고 할 수 있다.

열에 의한 스위칭의 경우에는 단가는 낮지만 응답 속도가 느리고 산업용에 쓰일 경우 제품의 수명과 신뢰성에 문제가 발생한다. 열이 아닌 전류에 의한 제어를 하게 된다면 응답 속도를 개선할 수 있고 산업용이나 가정용 기기 등 모든 제품에 적용이 가능할것으로 예상된다.

향후 열 감응소자와 CT에 의한 제어를 복합적으로 실행함으로써 보다 안정적인 신뢰성을 확보하고자 한다.

## 참 고 문 헌

- [1] 木村ク勇, "變壓器の設計工作法, 電氣書院", p. 46, 109, pp. 7-8,
- [2] 後藤文雄, "電氣設計概論 丸善", pp. 85-99.
- [3] 小役丸良徳, "イソバータ磁による單相誘導發電機の電氣的基礎特性", 日本電氣學會雜誌, p. 61.
- [4] 김동필, "전기기기의 과부하 특성에 대한 고찰", 전북대학교 공업기술연구소, pp. 101~106.