

전동기 과부하 차단 시스템에 대한 연구

최장균, 윤석암, 강병복, 이정일, 조경재, 차인수
 동신대학교 전기전자공학부

A Study on the Motor Overload Interrupt system

Jang Gyun Choi, Suk Am Yoon, Byeong Bog Gang, Kyeng Jai Cho, In Su Cha

Dept. of Electrical & Electronic Eng. Dongshin Univ.

ABSTRACT

In electrical machinery and apparatus, the most important problem is protect of machinery and apparatus in due 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 added overload interrupt system using CT in condition of overload.

1. 서 론

오늘날 전기응용기기에서 전동기는 주요 동력원으로 사용되고 있다. 그러나 전동기의 운전 및 관리에 있어서 과전류, 과부하 과전압으로부터 보호하지 못하면 소손에 의한 피해가 크다고 할 수 있다^{[1],[2]}.

따라서 운전 중 과부하상태에 대하여 안전하고 효율적인 운전을 기하고자 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 과부하 방지하고 동작특성이 우수한 보호장치를 제안하였다^{[3],[4]}. 이를 통하여, 전동기의 수명을 연장할 수 있고 보다 안전한 운전과 관리상 편의성을 도모할 수 있으리라 생각된다.

2. 단상 유도 전동기와 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.

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

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

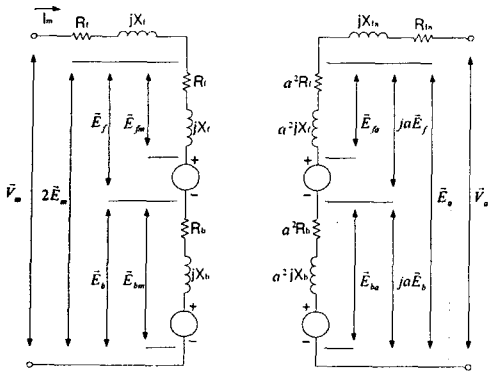


그림 1 단상유도전동기의 등가회로
Fig. 1 Equivalent circuit of an induction motor

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

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

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℃를 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.

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

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

즉, 12%의 과부하에서 사용이 가능하다고 볼 수 있다.

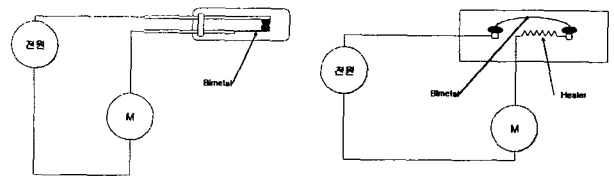
3. 모터 소손 보호 장치

일반적으로 모터 소손 방지 장치는 모터의 코일에 부착되거나 또는 전원 입력과 직렬로 연결되어져서 모터에 과부하가 걸리게 되면 그로 인해 발생하는 모터의 권선 온도상승 또는 부하 전류의 증가에 따라 Bimetal로 전달되는 발열량의 상승에 의해 모터의 전원 입력과 직렬로

연결된 소손 방지 장치의 Bimetal(또는 접점)을 작동시켜 모터로 유입되는 전원을 차단함으로써 전동기 권선의 소손을 방지하는 장치를 말한다.

일반적으로 T.P(Thermal Protector), O.L.P (Over Load Protector), Thermal Relay등이 이에 속한다. 그림 2는 그 구성도를 보여주고 있다.

모터 서순 방지 장치로는 일반적으로 열(熱)에 의한 감열소자(Thermo-sensitive element : Bimetal 등)의 만곡 특성에 의해 작동되는 스위치를 사용하는데, 주위 온도 또는 부하전류의 상승에 따른 열(熱) 상승이 각 장치의 Spec.에 규정된 임의의 한계치 이상 상승하게 되면 그로 인한 감열소자(Thermo-sensitive element : Bimetal 등)의 열 팽창에 의해 만곡 특성으로 접점을 Open시키고, 온도가 정상 수준으로 돌아오면 다시 원래 상태로 복귀되면서 닫히도록 하는 특성과 구성으로 이루어져 있다.



(a) T.P(Terminal Protect) (b) O.L.P(Over Load Protect)

그림 2 T.P와 O.L.P의 구성도

Fig. 2 Diagram of T.P and O.L.P

따라서 이러한 소손 방지 장치의 동작원리는 장착 위치의 주변 온도의 변화에 따라 영향을 받게 되고 또한 모터의 전원입력과 직렬로 연결 지어지는 경우에는 모터의 부하전류에 의한 열 발생 요인도 주변온도와 함께 어울려져서 작동요인으로 작용하게 된다.

4. 시스템 구성

그림 3은 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 전류 값이 미소하기 때문에 증폭기를 통하여 제어기에 전류값이 전달된다.

또한 외부에 옵션으로 설치할 수 있으며, 전류 제한 값을 조절할 수 있기 때문에 모터가 가지는 부하량에 따라 세팅하여 과부하가 문제시 되는 여러 가지 전기기기에 사용할 수 있다.

그림 4는 실제 제어기를 보여주고 있다. 크게 3부분으로 나눌수 있는데 전류센서로부터 받아들여진 전류값을 증폭하는 증폭부와 PLC와 연결된 릴레이, 데이터를 처리하여 제어해주는 PIC 제어기로 구성되어 있다.

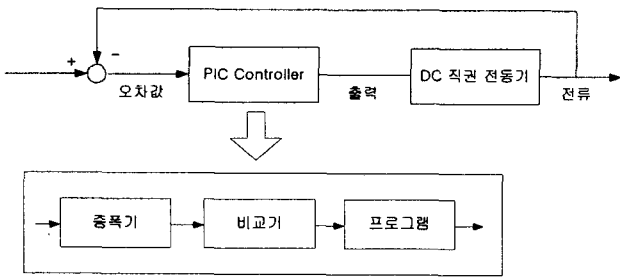


그림 3 시스템 블럭선도
Fig. 3 Block diagram of system

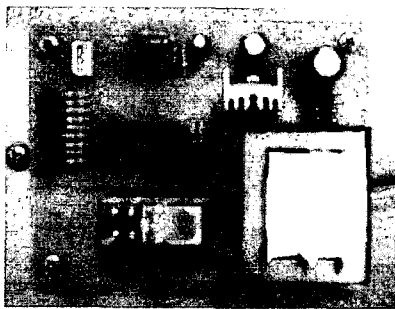


그림 4 과부하 제어기
Fig. 4 Overload controller

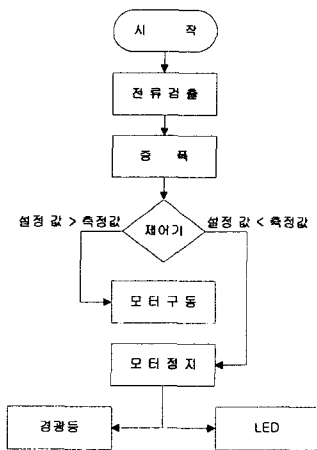


그림 5 시스템 순서도
Fig. 5 Flowchart of system

그림 5는 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 리셋을 통하여 모터를 구동시키게 된다.

그림 6는 제어회로를 나타내며 원칩 마이크로프로세서인 PIC (Peripheral Interface Controller)을 사용하여

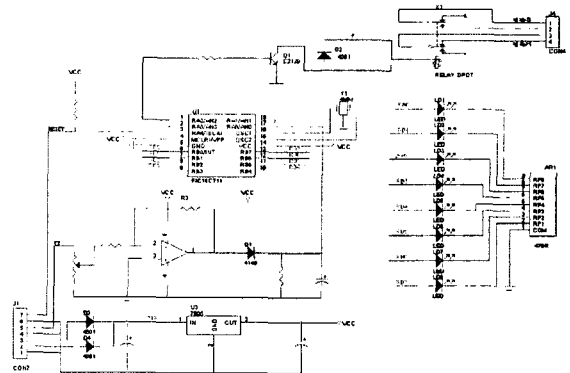


그림 6 제어회로
Fig. 6 Control circuit

구성되어 있다. 전체회로는 회로 구동을 위한 전원 레귤레이터(전원 안정화 소자), 전류값을 증폭시키는 증폭부, 접촉기와 PLC에 연결된 릴레이로 구성되어 있다. 전원은 일반 상용전원을 사용하였다.

5. 실험 및 고찰

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

그림 7은 모터의 정상 구동시 전압과 전류 파형을 보여주고 있다.

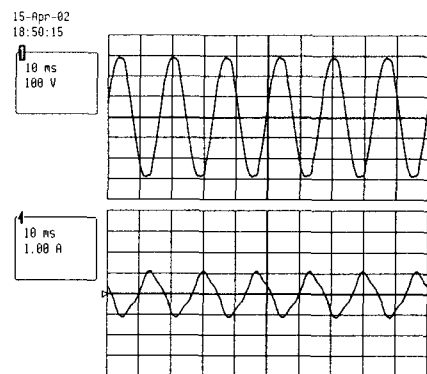
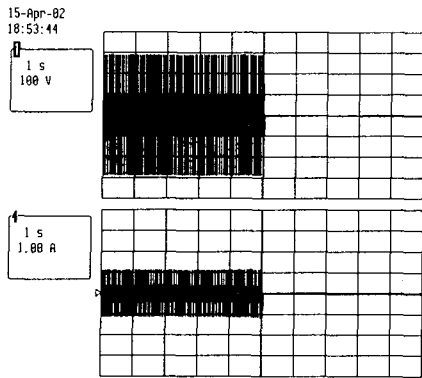


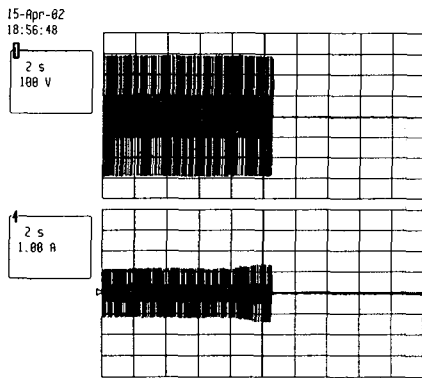
그림 7 일반 모드시 전압, 전류 파형
Fig. 7 Voltage and current waveform at normal mode

그림 8은 전류 한계 값에 따른 전압, 전류 특성을 보여주고 있다.

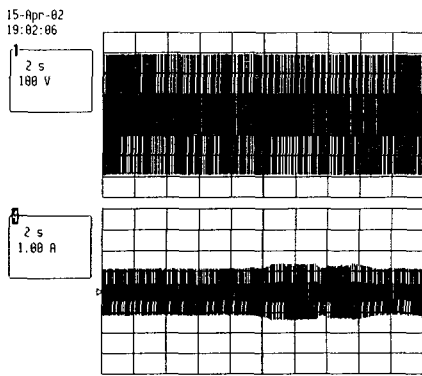
설정된 한계 값에 따라 모터의 전류 값의 변화를 볼 수 있다. 즉, 전압과 전류 값이 영(Zero)이 되는 부분이 정지 명령에 따라 모터가 정지된 부분이고 전류량이 증가되는 부분은 과부하에 따른 현상이다. 설정된 한계 값에 따라 특성을 살펴보면, 2[A] 이상을 설정하였을 경우 모터의 부하 전류가 너무 작기 때문에 제어가 안되어 지속적으로 동작하는 현상을 보였다.



(a) 한계값 : 1.2 [A]



(b) 제한값 : 1.5 [A]



(b) 한계값 : 2 [A] 이상

그림 8 전류 한계값에 따른 전압, 전류 특성
Fig. 8 Characteristic of voltage and current according to current limitation value.

6. 결 론

모터의 운전 중에 발생하는 과부하는 해결해야 할 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 있었으며, 다른 기기에도 손쉽게 적용할 수 있었다.

또한, 전기적으로 소모부분이 없어 반영구적이며 방수, 방진, 내진 등의 구조가 용이하고 장치의 신뢰성도 높다. 그리고 중전의 것에 비해 훨씬 소형 경량화가 용이하며 그 조작성이 용이하다고 할 수 있다. 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, pp 61
- [4] 김동필, “전기기기의 과부하 특성에 대한 고찰”, 전북대학교 공업기술연구소, ;pp. 101-106.