

# 소음과 불꽃을 제거한 단상유도전동기의 아날로그식 기동기 설계

박수강\*, 조금배\*, 백형래\*, 임양수\*\*, 이성길\*\*\*, 임종연\*\*\*\*

\*조선대학교 전기공학과, \*\*서강정보대학 소방안전관리과  
\*\*\*광주보건대학 방사선과, \*\*\*\*호남산전(주)

## Analogue type Starter of Single Phase Induction Motor Removing Noise and Arc

Su-Kang Park\*, Geum-Bae Cho\*, Hyung-Lae Baek\*  
Yang-Su Lim\*\*, Sung-Kil Lee\*\*\*, Jong-Yeun Lim\*\*\*\*

\* Dept. of Electrical Eng. Chosun Univ.

\*\* Dept. of Fire Safety Management, Seokang College

\*\*\* Dept. of Radio-Technology Kwangju Health College

\*\*\*\* Honam Industrial Systems Co.

### ABSTRACT

This research used triac that is semi-conductor that act to static contact to overcome happened shortcoming been using mechanical centrifugal force switch usually. Detect starting current of single phase induction motor and decided moving time. Therefore, could improve life of switch semipermanently. Also, wish to reduced impact that electric motor suffers at the starting moment and do stable starting which there is no life improvement and noise of electric motor itself, arc.

그러므로 원심력스위치의 성능은 전동기 전체의 수명을 좌우한다고 보아도 된다. 스위치가 오동작 하여 파급되는 현상은 과전류로 인한 콘덴서의 소손과 기동 불능으로 전동기의 코일이 소손될 뿐만 아니라 부하에 치명적인 영향을 줄 수 있다.

본 연구에서는 일반적으로 널리 사용되고 있는 기계적인 원심력 스위치를 사용함으로써 발생하는 단점을 극복하고자 무접점으로 동작하는 반도체 소자인 트라이악을 사용하였고 단상유도전동기의 기동전류를 검출하여 기동 시간을 결정하였다. 이처럼 무접점으로 전동기를 기동하여 스위치의 수명을 반영구적으로 개선하고, 전동기가 기동순간에 받는 충격을 줄이고 전동기 자체의 수명개선은 물론 소음이나 아크가 없는 안정된 기동을 하고자 한다.

### 1. 서 론

단상유도전동기 중 분수마력 범위에서 기동토크가 크다는 장점으로 널리 쓰이는 커패시터 기동 방식의 단상유도전동기는 회전자계를 발생시키기 위해서 기동권선에 직렬로 커패시터를 접속하여 주권선과 기동권선 전류의 위상차를 90° 만큼 만들고 불평형 회전자계를 만들어 큰 기동 토크를 발생시킨다.<sup>[1,2]</sup> 기동 후 동기속도의 70~80%에 이르며 그 때 발생하는 원심력에 의하여 자동적으로 기동스위치가 기동권선을 주권선에서 개로 시켜준다.<sup>[3,4]</sup> 이러한 기동 스위치에 요구되는 성질은 개폐 시점이 정확하여야 하고, 과부하나 정지 조건에서 전동기의 속도가 감소되어도 다시 자동적으로 전동기를 재 기동할 수 있어야 하며, 또한 일반적으로 가정용 및 농업용으로 많이 사용되므로 가격이 싸고 고장이 적어야 한다.

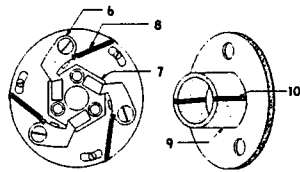
### 2. 기동스위치 설계

#### 2.1 기존의 스위칭 방식

기존의 기계적인 원심력 스위치의 구조는 그림 1에서 나타낸 고정부(a)와 회전부(b)로 나누어진다. 전동기의 회전력으로 인해 전동기의 샤프트와 일체화 된 원심력 스위치의 회전부는 전동기의 회전자와 같이 회전하고 전동기의 동기속도의 70~80%를 기준으로 원심력 스위치의 고정부에 위치해 있는 보조권선의 직렬 접점을 개방하고 단락 시키도록 작용한다. 이 때 보조권선의 개방과 단락을 결정짓는 시점은 회전부에 위치해있는 스프링의 장력에 의해서 결정되어진다. 하지만, 사용 빈도나 사용 기간이 길어질수록 이 스프링의 성능과 보조권선 개

폐시 접점의 마찰로 인해 발생하는 아크는 접촉부의 소손을 야기시키고 여기서 발생하는 불꽃은 전동기 내부 코아의 절연파괴와 외부 부하에 악영향을 끼칠 수 있다. 또한 최악의 상황인 원심력 스위치의 고장으로 전동기의 기동불능시 보조권선의 열화로 전동기의 수명은 단축된다. 이러한 기존의 원심력 스위치의 구조는 고정부가 전동기의 어느 한 부분에 장착이 되어야하고 회전부는 전동기의 축인 샤프트에 고정되어 있어야 한다. 현재 대부분 커패시터 기동형 단상유도전동기에서 원심력 스위치가 차지하는 부피는 전동기 전체 부피중 약 30%를 차지한다. 결국 원심력 스위치로 인해서 불필요하게 전동기의 전체 부피가 증가한다.

또한, 전동기의 생산, 공정 면에서도 구조가 복잡한 원심력 스위치를 전동기에 장착함으로써 인해 생산원가의 상승도 크다고 한다..



(a) stationary part (b) rotational part

Fig. 1 Conventional centrifugal switch

## 2.2 제안한 스위칭 방식

본 연구는 기존의 원심력 스위치가 안고 있는 문제점을 해결하고자 먼저 기계적인 접점으로 인해 발생하는 문제점을 무접점 반도체 스위칭 소자인 트라이액을 사용하여 개선하였다. 트라이액으로 구성된 정지형 기동스위치는 무게와 부피면에서 기존의 원심력 스위치보다 상당한 절감을 이루었고 전동기에 고정하는 방식에서도 간편화되었으며 스위치 고장시 교체 방법이 있어서도 PCB에 고정되어 있는 모렉스 4핀의 간단한 착탈로 교체가 용이하다. 또한 가격 면에서도 기동시점을 검출하기 위해 제작된 전류검출기, 트리거 콘덴서와 트라이액으로 간단히 구성되어 있어 스위치 자체의 원가 절감을 이룰 수 있고 전동기의 본체인 샤프트와 프레임의 단축으로 전동기의 전체적인 생산원가절감을 이루어 고품성 저가격의 전동기를 생산하는데 크게 이로우리라 판단된다. 특히 커패시터 단상유도전동기의 특징은 기동토크가 크다는게 장점으로 정지해 있는 큰 부하를 달고 회전하는 데 필요한 기동토크는 전동기에서 요구하는 특징 중 가장 큰 부분을 차지하는데 만약 기동토크가 작을 경우 발생하는 현상은 기동시 보조권선 전류가 주권선에서 개로되는 시점이 길어지고 이러한 현상이 길어지면 전동기가 과열되어 소손을 야기시킨다.

본 연구개발품의 장점은 기존의 원심력스위치의 단점을 최대한 보완하면서 기동토크는 200% 이상의 최대의 기동토크가 발생하는데 전혀 문제가 없다. 또한 제작된 제어기는 접점의 불꽃발생이 없고 소음이 없으므로 화재위험이 있는 가스충전소나 주유소, 정유공장 등의 펌핑용 전동기나 저소음을 요하는 가공용 전동기에 적합하다.

전체 구성도는 그림 2에 나타내었다. 전동기의 보조권선 제어에 사용된 소자는 교류전력제어소자인 트라이액을 사용하였고 실험 전동기의 용량에 적합한 600V, 8A를 사용하였다.

전류를 검출하는 장치로는 CT와 Hall 센서 등이 사용되는데 일반적으로 CT는 부피가 크며 5[A]이하의 전류를 검출하기에는 감도가 매우 떨어지며 CT를 위한 외부권선이 필요하다. Hall 센서는 소형경량이며 전류감도도 양호하지만 가격이 비싸고 Hall 센서를 위한 외부권선이 필요하다. 본 연구에서는 소형경량이고 저 가격인 전류검출기를 제작하였다. 그림 2에서처럼 전동기의 입력라인에 연결된 전류검출기는 전동기의 입력전류의 크기에 맞게 전류검출기의 1차 측 권선수를 조정하여 입력전류에 비례하는 2차측의 전압신호를 얻을 수 있다.

그림 2에서 도1은 검출기, 도2는 트리거콘덴서, 도3은 주권선, 도4는 트라이액, 도5는 기동콘덴서, 도6은 보조권선을 나타낸다. 그림 3의 (a)는 기존전동기와 기존전동기에 사용된 원심력스위치의 고정부와 회전부를 나타내고 (b)는 제안한 제어기를 부착한 전동기의 실물이다.

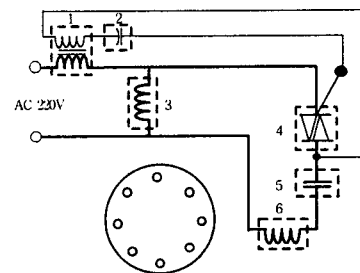
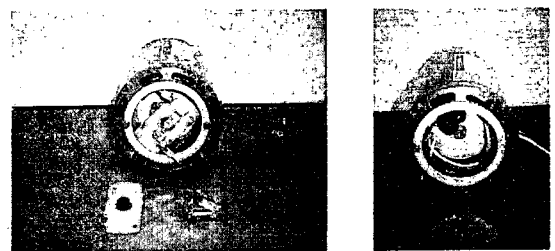


Fig. 2 Configuration of system



(a) conventional motor (b) proposed motor

Fig. 3 Comparison of motors

### 3. 실험 결과

실험에 사용한 전동기는 커패시터 기동형 단상 유도전동기로 출력범위가 1/4~1[hp]이고 기동장치로는 원심력스위치와 기동용 커패시터가 사용된다.

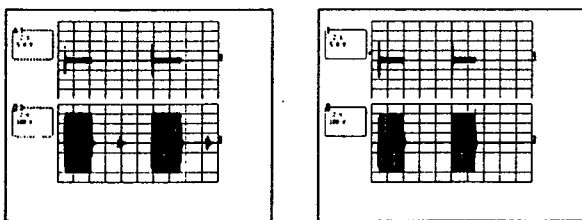
기동전류는 400~500[%] 정도로 많은 전류를 필요로 하며 기동 토크는 200~350[%]이고 기동특성이 우수하여서 펌프나 냉장고, 공기압축기, 오일버너, 전기 세탁기, 펌프, 에어컨 등 여러 곳에서 사용된다. 표 1은 전동기의 사양을 나타낸다.

Table 1 The specification of capacitor start induction motor

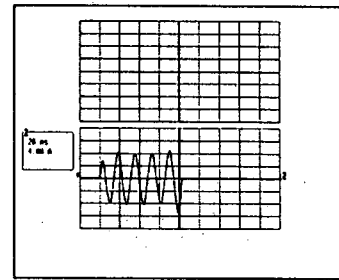
Specification Of Single Phase Induction Motor (Capacitor Start)			
Power	200 [w]	Voltage	220 [V]
Starting current	14 [A]	Speed	1715 [rpm]
Frequency	60 [Hz]	Pole	4 [P]
Capacitor	200 [ $\mu$ F]	Efficiency	45 [%]

기존 전동기는 운전이 끝난 후에 원심력 스위치의 기계적인 점진 동작으로 인해 보조권선에 잔류전압이 유지된다. 그림 4(a)에서 채널1은 입력전류이고 채널2는 입력전압으로 전동기가 운전이 끝난 후에도 입력전압의 끝 부분에서 잔류전압이 나타남을 알 수 있다. 이 전압의 최대치는 70V가량으로 전동기가 운전이 끝날 때마다 자주 부하에 유입되거나 본 연구에서 제작한 기동기를 부착한 전동기는 이러한 현상을 제거할 수 있었다. 그림 4(b)에서 불필요한 잔류전압분이 제거됨을 알 수 있다.

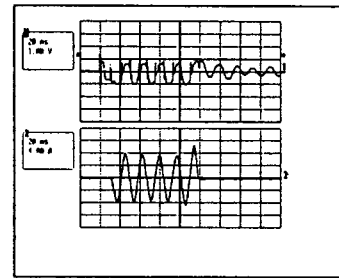
그림 5(a)는 기존전동기의 보조권선의 전류이다. 이 때 8A-peak 전류와 기동시간은 4주기 반이다. 그림 5(b)에서 채널 2는 시제품전동기에 유입되는 보조권선전류로 기존전동기와 비교해서 4주기 반의 기동시간과 같은 크기의 전류를 확인할 수 있다. 채널 1은 이 때 트라이액을 구동하는 트리거 신호를 나타낸다.



(a) conventional motor (b) proposed motor  
Fig. 4 Characteristics after running



(a) conventional motor



(b) proposed motor

Fig. 5 Starting characteristics

### 4. 결론

본 연구에서는 일반적으로 널리 사용되고 있는 기계적인 원심력 스위치를 사용함으로써 발생하는 단점을 극복하고자 무접점으로 동작하는 반도체 소자인 트라이액을 사용하였다. 전동기의 기동시간은 전류검출기를 제작하여 기동전류를 검출하고 보조권선의 개방시점을 결정하였다. 이와 같이 무접점으로 전동기를 기동하여 스위치의 수명을 반영구적으로 개선할 수 있었고 전동기가 기동순간에 받는 충격을 줄이고 전동기 자체의 수명개선은 물론 소음이나 아크가 없는 안정된 기동을 할 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] Hideo Tomita, Toshimasa Haneyoshi, "An Optimal Efficiency Control for Energy Saving of AC Motor by Thyristor Voltage Control", IEEE, IECON, pp. 816~819, 1988.
- [2] Abdollah Khoei, S. Yuvarajan, "Steady State Performance of a Single-Phase Induction Motor Fed by a Direct AC-AC Converter", IAS, pp. 128~132, 1989.
- [3] A. I. Alolah, A. M. Alsuwailam : Static Starting Switch for a Single Phase Induction Motor, INT. J. Electronics, 67(1), pp. 153 ~ 160, 1989.
- [4] Tian-Hu Liu, Pi-chieh Wang, "Implementation of a Single-Phase Induction Motor Control on a DSP Based System", PESC, pp. 514~521, 1994