

# 단상 유도전동기의 전자식 기동장치 개발

정 형우\*, 백 원식\*\*, 김 민회\*\*, 김 동희\*\*\*, 박 동한\*\*\*

\*신한모터, \*\*영남이공대학, \*\*\*영남대학교

## Development of an Electronic Starter for Single Phase Induction Motor

Hyeung-Woo Jung, Won-Sik Baik, Min-Huei Kim, Dong-Hee Kim, Dong-Han Park  
Shin-Han Motors, Yeungnam College of Sci. & Tech., Yeungnam Univ.

### ABSTRACT

This paper presents a simple electronic starter for single phase induction motor (SPIM). It replaces the centrifugal switch in the auxiliary winding circuit of the capacitor start type SPIM. The centrifugal switch disconnects the auxiliary winding when the motor gets close to its rated speed. The presence of the centrifugal switch, with its possibly fluttering contacts, reduce reliability of SPIM. The operation principle of the proposed electronic starter is explained, and illustrated with experimental results.

### 1. 서 론

소형 단상유도전동기는 저렴한 제작단가 및 견고함 등으로 인해 산업 및 가정용으로 널리 적용되고 있다. 단상 유도전동기는 구조적인 특성으로 인해 교번자계만이 발생하기 때문에 자체적으로 기동토크를 생성할 수 없으며, 별도의 기동장치를 필요로 한다<sup>[1]-[2]</sup>. 단상 유도전동기의 기동을 위해서는 원심력 스위치와 콘덴서를 보조권선에 연결하여 기동하는 콘덴서 기동 방식이 널리 적용되고 있으나, 기계적인 기동방식의 원심력 스위치는 접점의 마모로 인해 전동기의 수명과 신뢰성을 저감시키는 주요원인이 되고 있다. 또한 접점에서 불꽃이 발생하기 때문에 가연성 가스나 위험물이 있는 장소에서는 화재가 발생할 수 있다는 단점이 있다. 원심력 스위치의 이러한 단점을 개선하기 위한 전자식 기동장치 개발에 관한 연구가 요구되고 있으며 다양한 기법의 제어방식이 제안되고 있으나, 제작단가 등의 측면에서 실용성이 부족하여 전자식 기동장치 개발에 어려움이 있다<sup>[3]-[5]</sup>. 본 논문에서는 실용적인 측면을 고려하여 기존의 원심력 스위치를 대체할 수 있는 저가의 전자식 기동장치 개발에 관해 연구하였으며, 실험을 통해 신뢰성을 확인함으로써 적용가능성을 검증하였다.

### 2. 단상 유도전동기의 기동방식

단상 유도전동기는 고정자에 단상권선이 분포되어 있고, 회전자는 농형구조로 이루어져 있으며, 단상전원으로 기계적인 회전력을 얻을 수 있다는 장점으로 인해 산업용 및 가정용으로 널리 적용되고 있다. 단상 유도전동기의 종류로는 콘덴서형 단상 유도전동기가 가장 널리 적용되고 있으며, 콘덴서형 전동기

로는 기동토크가 우수한 콘덴서 기동형과 정격부하시의 역률 및 효율이 우수한 콘덴서 운전형이 있다.

콘덴서 기동형 단상 유도전동기는 그림 1과 같이 기동토크를 생성하기 위해서 주권선에 대해 기계적으로 90°의 위상차를 지닌 보조권선이 고정자에 분포되어 있으며, 보조권선에는 직렬로 기동용 콘덴서와 원심력 스위치가 연결된다. 기동용 콘덴서는 주권선에 대해 90°의 위상차를 지닌 전류가 보조권선에 흐르도록 하기 위해 장착되고, 원심력 스위치는 기동 완료 후 전원으로부터 보조권선을 개방하기 위해 사용된다.

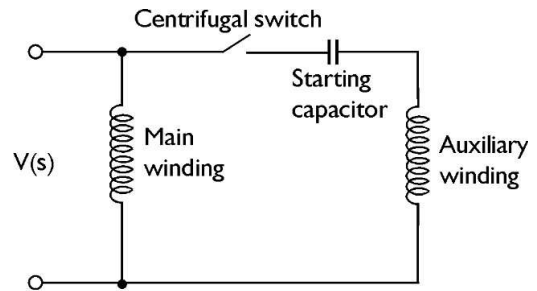


그림 1 콘덴서 기동형 단상 유도전동기의 기동방식  
Fig. 1 Starting method of capacitor start type SPIM

### 3. 전자식 기동장치 설계

단상 유도전동기의 신뢰성과 수명저감의 원인이 되는 원심력 스위치는 무접점 방식의 전력용 반도체 스위치로 대체될 수 있다. 전자식 기동장치는 실용적인 측면에서 제작비용이 저렴하고 수명이 길어야 하며, 빈번한 동작이나 입력전압이 낮은 경우에도 안정적으로 동작하여야 한다. 이러한 요구조건을 만족하기 위해 제어회로를 간략화 하고, 신뢰성이 높은 전자식 기동장치를 설계하였다.

그림 2는 제안된 전자식 기동장치의 등가회로를 나타내고 있으며, 현재 널리 적용되고 있는 소형 단상 유도전동기는 기동용 콘덴서의 내압을 저감하기위해 주권선의 중간탭에 보조권선이 연결된다. 제안된 전자식 기동장치의 제어방식은 회전속도에 따라 증가하는 보조권선의 전압을 관측하여 비교기를 통해 보조권선의 전압이 설정된 전압 이상이 되면 전력용 반도체 스위치가 개방될 수 있도록 설계하였다<sup>[6]</sup>. 그림 3은 제작된 전자식 기동장치를 나타내고 있으며, 그림 4는 전자식 기동장치가 장착된 단상 유도전동기를 나타내고 있다.

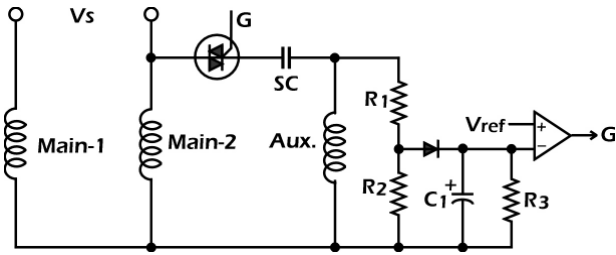


그림 2 전자식 기동장치의 등가회로  
Fig. 2 Equivalent circuit of the electronic starter

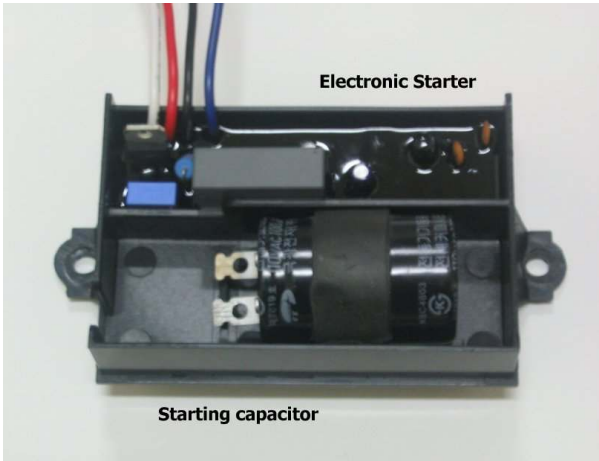


그림 3 전자식 기동장치 및 기동용 콘덴서  
Fig. 3 Electronic starter & starting capacitor



그림 4 전자식 기동장치가 장착된 단상 유도전동기  
Fig. 4 Single phase induction motor with electronic starter

#### 4. 시스템 구성 및 실험결과

제안된 전자식 기동장치는 4극 1/4마력 단상 유도전동기에 적용하여 기동 특성을 검증하였다. 그림 5는 구성된 실험 장치를 나타내고 있으며, 부하토크는 Leroy Somer사의 3000[rpm] 5[Nm] 정격의 FP 15/30 Powder Brake를 사용하여 제어하였다. 그림 6과 7은 무부하와 정격부하시의 실험결과를 나타내고 있으며, 설정된 전압과 보조권선으로부터 측정된 전압 및 게이트 스위칭 신호 및 보조권선 전류를 나타내고 있다.

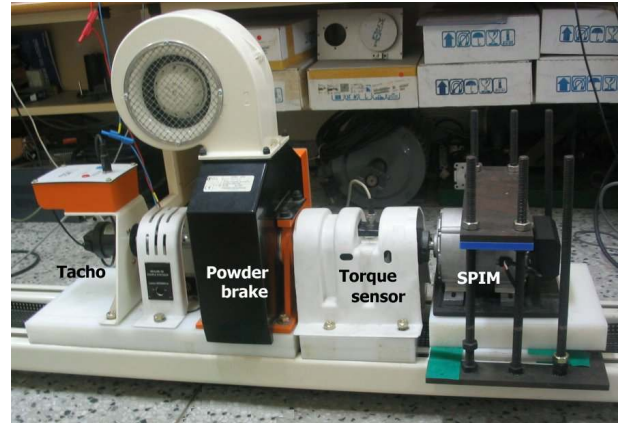


그림 5 실험장치 구성도  
Fig. 5 Experimental setup

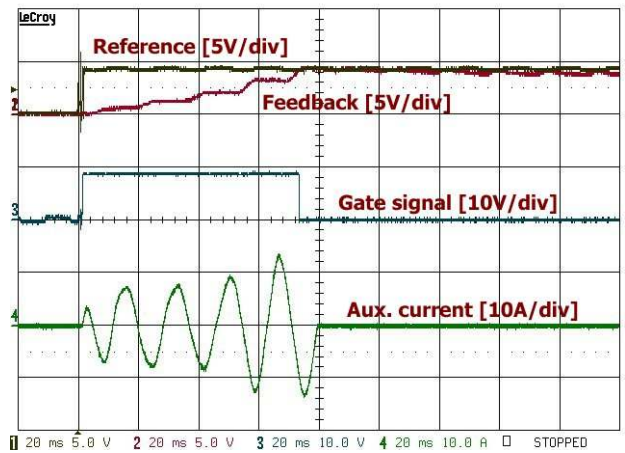


그림 6 무부하시의 실험 결과  
Fig. 6 Experimental result at no load

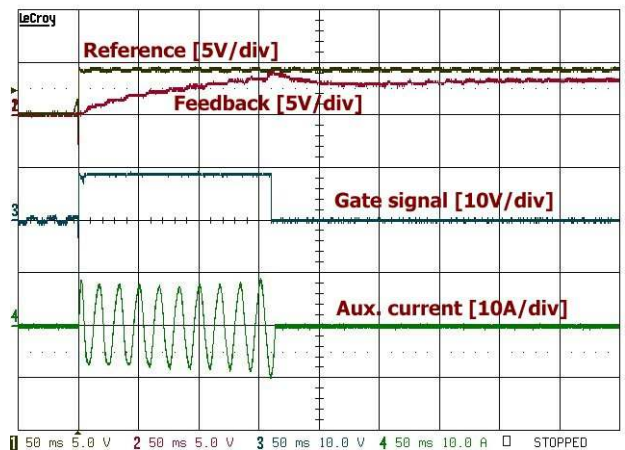


그림 7 정격부하시의 실험 결과  
Fig. 7 Experimental result at rated load

그림 8은 정격부하시의 주권선 전압 및 전류파형을 나타내고 있으며, 그림 9는 정격부하시의 속도파형과 보조권선 전압 및 전류파형을 나타내고 있다. 정격속도에 도달한 시점에서 보조권선이 전원으로로부터 개방되고 있음을 알 수 있다. 그림 10은 120[V]의 저전압이 인가된 경우의 동작특성을 나타내고 있

으며, 입력전압이 낮은 경우에도 신뢰성 있는 동작이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그림 11은 반복동작 실험결과를 나타내고 있으며, 1초 이내의 빈번한 구동에도 안정적으로 동작되고 있음을 알 수 있다.

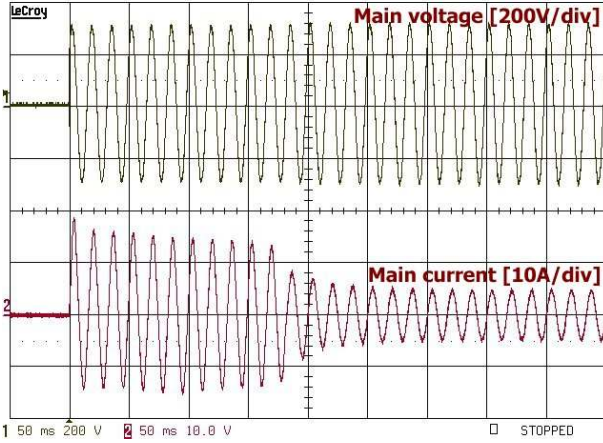


그림 8 정격부하시의 주권선 전압, 전류파형  
Fig. 8 Voltage & current waveforms at rated load

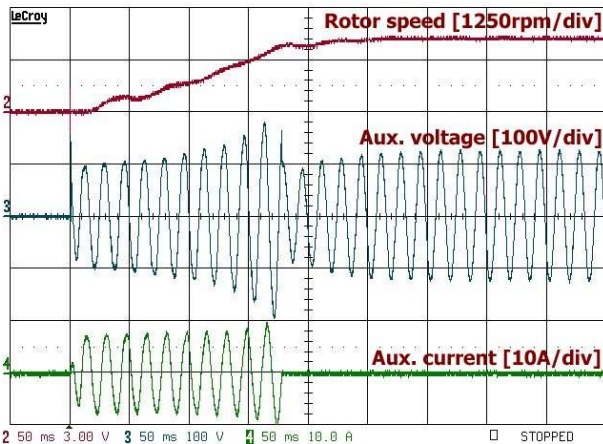


그림 9 정격부하시의 속도 및 보조권선 전압, 전류파형  
Fig. 9 Speed, voltage & current waveforms at rated load

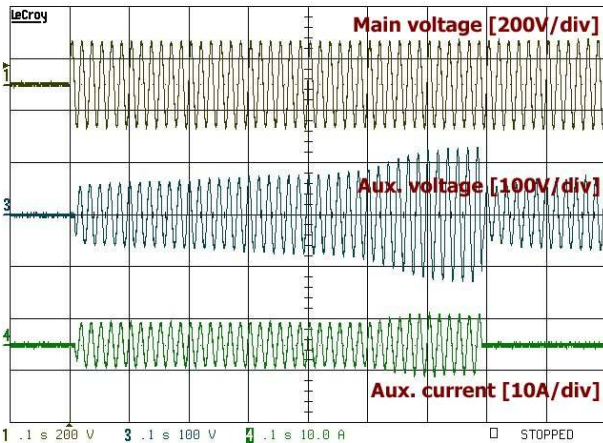


그림 10 저전압 인가시의 전압, 전류파형  
Fig. 10 Voltage & current waveforms at low input voltage

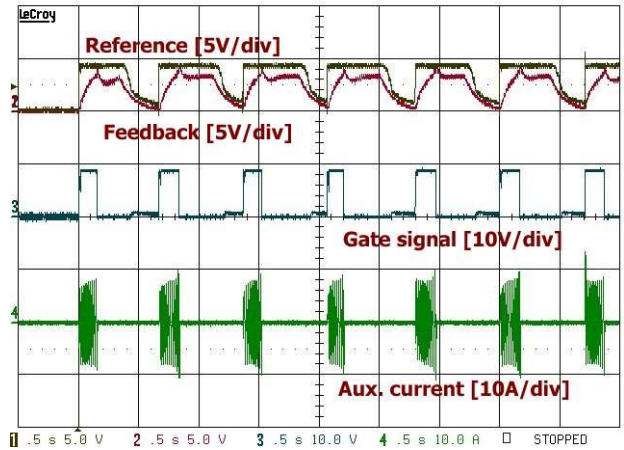


그림 11 반복 동작 시험  
Fig. 11 Repetitive operation test

## 5. 결 론

본 논문에서는 실용적인 측면을 고려하여 기존의 원심력 스위치를 대체할 수 있는 저가의 전자식 기동장치 개발에 관해 연구하였다. 제안된 전자식 기동장치는 전력용 반도체 스위치인 트라이악을 적용하였으며, 보조권선의 전압을 관측하여 비교기를 통해 일정전압 이상이 되면 보조권선이 전원으로부터 개방될 수 있도록 구성하였다. 제작된 전자식 기동장치는 기존의 원심력 스위치에 비해 제작단가가 2배정도 소요되었으나, 원심력 스위치에 비해 장작이 간단하기 때문에 인건비가 절감되어 제작비용측면에서 실용화가 가능하다. 또한 무접점 방식이므로 소음이 발생하지 않고, 저전압 및 반복실험 등의 다양한 실험을 통해 신뢰성을 검증하였다. 제작된 전자식 기동장치를 통해 전동기의 수명이 현저히 개선될 수 있기 때문에 점차 적용이 확대될 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] C.G. Veinott, J.E. Martin, *Fractional and subfractional horsepower electric motors*, McGraw-Hill, 1986.
- [2] P.C. Krause, O. Wasynczuk, *Electro-mechanical motion devices*, McGraw-Hill, 1989.
- [3] 백원식, 김남훈, 김동희, 김민희, 최경호, 황돈하, 임병은, "단상 유도전동기의 위상제어방식 전자식 기동기 개발", 전력전자학술대회 논문집, pp 201-203, July, 2003
- [4] A-R. A.M. Makky, Gamal M. Abdel-Rahim, and Nabil Abd El-Latif, "A Novel DC Chopper Drive for a Single-Phase Induction Motor", IEEE Trans. on I.E., Vol. 42, No. 1, pp 33-39, Feb., 1995
- [5] Tian-Hua Liu, "A Maximum Torque Control with a Controlled Capacitor for a Single-Phase Induction Motor", IEEE Trans. on I.E., Vol. 42, No. 1, pp 17-24, Feb., 1995
- [6] 정형우, "단상 유도전동기의 전자식 기동장치", 대한민국 특허 10-0689200-00-00, 2007