

## 단상유도전동기의 위상제어방식 전자식 기동기 개발

백원식\*, 김남훈\*, 김동희\*, 김민희\*\*, 최경호\*\*\*, 황돈하\*\*\*\*, 임병은\*\*\*\*\*  
 \*영남대학교, \*\*영남이공대학, \*\*\*경북전문대학, \*\*\*\*한국전기연구원, \*\*\*\*\*동진전기

### A phase controlled electronic stater for single phase induction motor

W.S. Baik\*, N.H. Kim\*, D.H. Kim\*, M.H. Kim\*\*, K.H. Choi\*\*\*,  
 D.H. Hwang\*\*\*\*, and B.E. Lim\*\*\*\*\*

\*Yeungnam Univ., \*\*Yeungnam Col. of Sci.&Tech., \*\*\*Kyungbuk Col., \*\*\*\*KERI, \*\*\*\*\*Dong Jin Elec.

#### ABSTRACT

This paper presents a simple electronic stater for single phase induction motor(SPIM). To obtain a starting torque, the phase angle of the auxiliary winding is controlled using simple gate trigger control circuit. Because of this electronic stater circuit consists of some passive element and switching device, it is simple and robust. The experimental result shows some good results, and verifies the proposed electronic starter.

Keywords : SPIM, Electronic starter, Phase Control.

#### 1. 서 론

저렴한 제작단가 및 견고함 등으로 인해 산업 및 가정용으로 널리 적용되고 있는 단상 유도전동기는 구조적인 특성으로 인해 교번자계만이 발생하기 때문에 자체적으로 기동토크를 생성할 수 없으며 별도의 기동장치를 필요로 한다. 이러한 단상 유도전동기의 기동을 위해서는 원심력 스위치와 콘덴서를 보조권선에 연결하여 기동하는 콘덴서 기동방식이 널리 적용되고 있다<sup>[1]-[4]</sup>.

이러한 콘덴서 기동형 단상 유도전동기에 설치된 원심력 스위치는 기동시 불꽃을 발생하고, 접점의 마모 등으로 인해 신뢰성이 저감된다. 또한 보조권선의 위상제어를 위해 설치된 콘덴서는 전동기의 부피 및 제작단가를 증가시키는 요인이 된다.

본 논문에서는 보조권선에 인가되는 전압의 위상제어를 통해 기동토크를 발생하는 전자식 기동방식을 제안하였다. 또한, 수동소자의 시정수 특성을 이용하여 원심력 스위치의 기능을 대체하도록 하였다. 제안된 방식은 실험을 통해 검증되었으며, 양호한 기동특성을 얻을 수 있었다.

#### 2. 콘덴서 기동방식

그림 1은 기존의 단상 유도전동기의 초기 기동을 위해 적용되고 있는 콘덴서 기동방식을 나타내고 있다. 이러한 기동방식에서는 주권선에 대해 공간적으로 90° 떨어진 보조권선에 흐르는 전류를 통해 회전력을 발생하며, 보조권선에 흐르는 전류는 기동용 콘덴서로 인해 주권선에 흐르는 전류와 위상차를 가지게 되며, 주권선과 보조권선에 인가되는 전압은 다음과 같이 표현된다<sup>[1]</sup>.

$$\begin{aligned} V_{main} &= V_S \\ V_{aux} &= V_S - \frac{1}{C} \int i_{aux} dt \end{aligned} \quad (1)$$

여기서  $V_S$ 는 전원전압,  $V_{main}$ 과  $V_{aux}$ 는 각각 주권선 및 보조권선 전압,  $i_{aux}$ 는 보조권선에 흐르는 전류를 나타낸다. 전동기가 정격속도에 이르게 되면 보조권선은 원심력 스위치에 의해 전원에서 분리되고, 전동기는 주권선의 교번자계만으로 회전하게 된다.

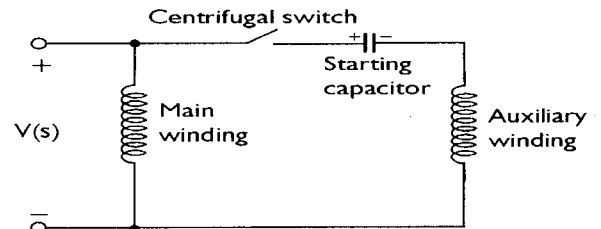


그림 1. 콘덴서 기동방식

#### 3. 위상제어를 통한 전자식 기동방식

단상 유도전동기의 기동을 위해 필요한 보조권선 전압의 위상제어는 전력용 반도체 소자를 이용한 간단한 게이트 트리거 제어회로를 통해 가능하며, 그림 2는 위상

제어를 통한 전압 및 전류파형을 나타내고 있다. 이러한 위상제어를 통해 주권선과 보조권선 전류의 위상을 제어함으로써 초기기동에 필요한 회전력을 얻을 수 있다. 교류전원의 위상제어를 위해서는 쌍방향 사이리스터인 트라이악과 저항 및 콘덴서를 사용한 간단한 트리거 회로로 구현이 가능하다.

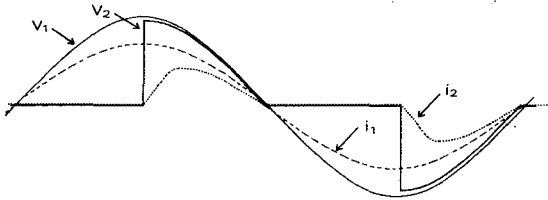


그림 2. 위상제어를 통한 전압 및 전류파형

그림 3은 위상제어를 통한 전자식 기동장치의 회로도를 나타내고 있다. 여기서  $R_1$ 과  $C_1$ 은 기동 후 보조권선을 전원에서부터 분리시키는 원심력 스위치의 기능을 위해 사용되었고,  $R_2$ 와  $C_2$ 는 보조권선에 인가되는 전압의 위상제어를 위해 사용되었다. 제안된 기동회로는 기존의 콘덴서 기동방식에 비해 제품의 소형화 및 제작 단가의 절감이 가능하다.

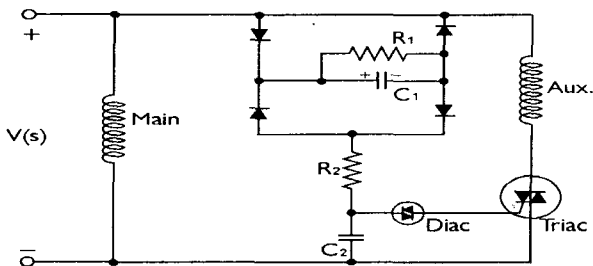


그림 3. 전자식 기동장치 회로도

#### 4. 시스템 구성 및 실험

제안된 기동회로는 4극, 1/4 마력 단상유도전동기에 적용하여 기동특성을 검증하였다. 그림 4는 제작된 전자식 기동장치를 나타내고 있고, 그림 5는 부하실험을 위한 실험장치의 구성도를 나타내고 있다.

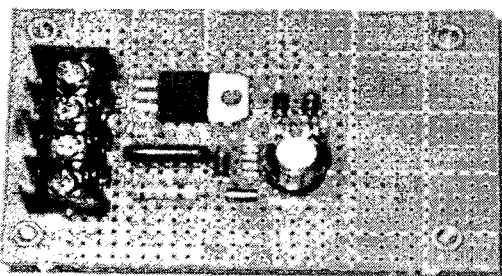


그림 4. 제작된 전자식 기동장치 회로

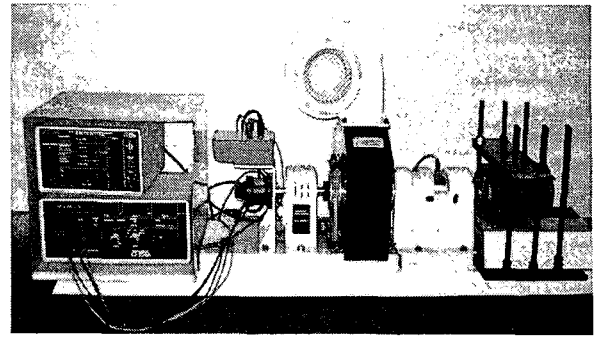
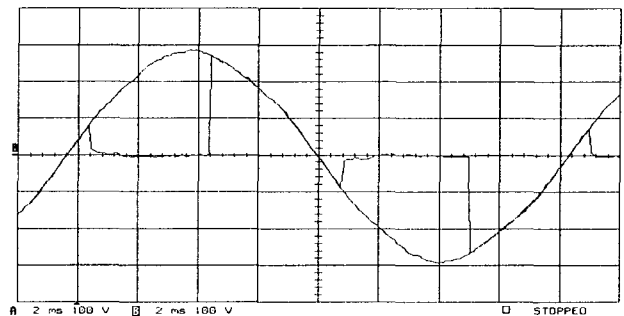


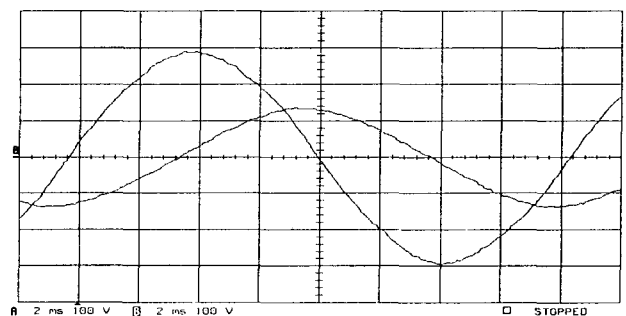
그림 5. 실험장치 구성도

실험은 파우더 브레이크를 사용하여 1[Nm]의 정격부하를 인가한 상태에서 수행되었다. 그림 6과 7은 각각 초기 기동시점과 정상상태에서의 주권선 및 보조권선의 전압파형을 나타내고 있으며, 기동초기에 위상이 제어된 전압이 보조권선에 인가되고 있음을 확인할 수 있다. 그림 8과 9는 각각 초기 기동시점과 정상상태에서의 주권선 및 보조권선의 전류파형을 나타내고 있으며, 정상상태에서는 보조권선이 전원에서 분리되었음을 확인할 수 있다. 그림 10과 11은 초기기동시점에서 정상상태까지의 주권선 및 보조권선의 전체 전류파형을 나타내고 있고, 그림 12는 속도응답파형을 나타내고 있다. 제안된 기동회로에 의한 최대 기동토크는 1.4[Nm]로 측정되었고, 100[uF]의 기동용 콘덴서를 적용한 기존의 콘덴서 기동방식에서는 1.6[Nm]가 측정되었다.



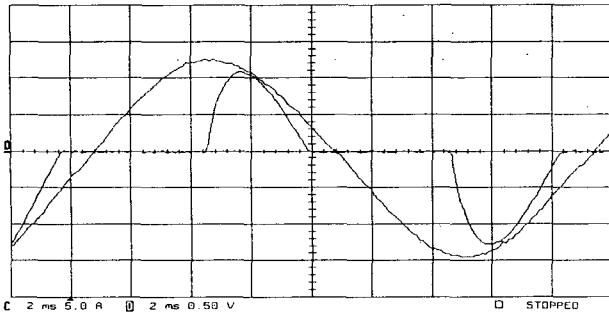
(100[V/div], 2[ms/div])

그림 6. 초기 기동 시의 주권선 및 보조권선 전압파형



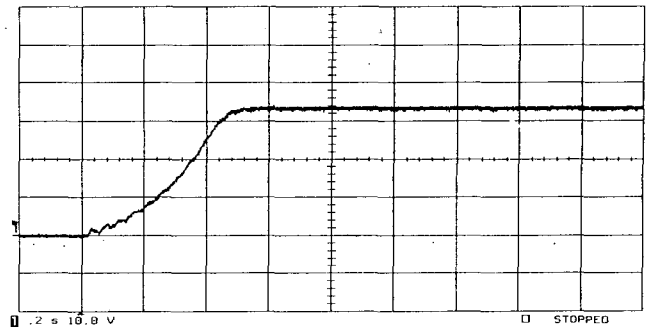
(100[V/div], 2[ms/div])

그림 7. 정상상태에서의 주권선 및 보조권선 전압파형



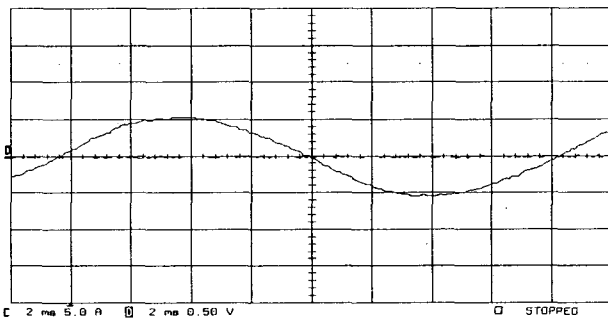
(5[A/div], 2[ms/div])

그림 8. 초기 기동시의 주권선 및 보조권선 전류파형



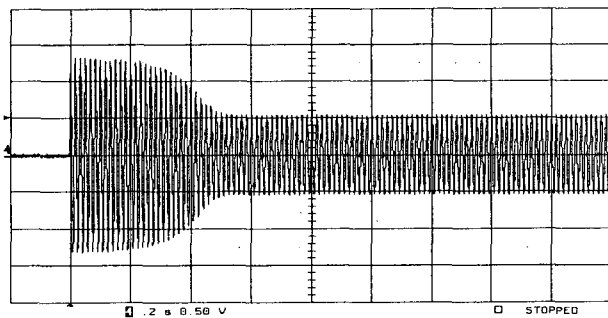
(500[rpm/div], 2[ms/div])

그림 12. 속도 응답 파형



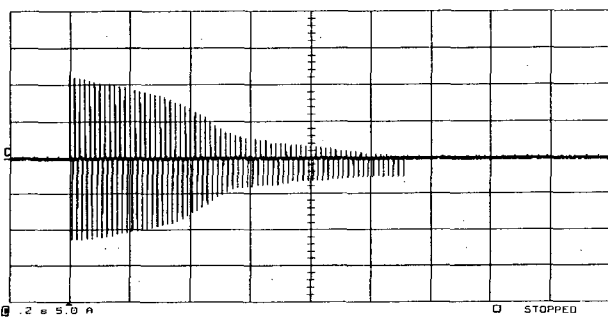
(5[A/div], 2[ms/div])

그림 9. 정상상태에서의 주권선 및 보조권선 전류파형



(5[A/div], 2[ms/div])

그림 10. 주권선 전체 전류파형



(5[A/div], 2[ms/div])

그림 11. 보조권선 전체 전류파형

## 5. 결론

본 논문에서는 보조권선에 인가되는 전압의 위상제어를 통해 기동토크를 얻는 전자식 기동방식을 제안하였다. 제안된 기동방식은 기존의 콘덴서 기동방식에 비해 제품의 소형화 및 제작단가의 절감이 가능하다. 또한, 반도체 스위칭 소자를 적용하므로 기동 시 불꽃이 발생하지 않으며, 반영구적으로 사용 가능하기 때문에 제품의 신뢰성이 향상된다는 장점이 있다. 그러나 전원 전압의 낮은 이용률로 인해 기존방식에 비해 기동토크가 다소 떨어진다는 단점이 있으나, 가격 및 신뢰성 측면에서 경쟁력이 있을 것으로 사료된다. 향후 기동회로의 보완 및 전동기의 적정 설계를 통해 기동특성을 개선시킴으로써 소형 단상 유도전동기에 적용이 확대될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

- [1] T.A. Lettenmaier, D.W. Novotny, and T.A. Lipo, "Single-Phase Induction Motor with an Electronically Controlled Capacitor", IEEE Trans. on I.A., Vol. 27, No. 1, pp 38-43, Jan./Feb., 1991.
- [2] 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.
- [3] Eduard Muljadi, Yifan Zhao, Tian-Hua Liu, and T.A. Lipo, "Adjustable ac Capacitor for Single-Phase Induction Motor", IEEE Trans. on I.A., Vol. 29, No. 3, pp 479-485, May/June, 1993.
- [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.