전력전자학술대회 논문집 2002. 7. 3 ~ 7. 6

단상유도전동기의 입력단 직렬 인덕터를 이용한 전류검출

서강성, 박수강, 박제웅, 김대곤*, 조금배, 백형래
조선대학교, *전남과학대학

The Current Detect of Single Phase Induction Motor Using Series Inductor

Kang-Sung Seo, Su-Kang Park, Je-Woong Park,
Dae-Gon Kim*, Geum-Bae Cho, Hyung-Lae Baek
Chosun University, *Chunnam Science College

ABSTRACT

The single phase induction motor(SPIM) with two windings, main and auxiliary winding, is widely used due to ruggedness, low maintenance and simplicity of construction[1]. There are several ways of starting single phase induction motor. The most common method is to use centrifugal switch that is connected in series with a capacitor. But the centrifugal switch that is the external starting system has many problems.

In this paper, we use triac to overcome defects that happen by centrifugal switch, Also we used inductor that connected with main winding to get a gate trigger voltage signal. Experiments are focused on a capacitor starting single phase induction motor.

1. 서 론

단상유도전동기 중 콘덴서기동형은 분수마력 범위에서 기동 토오크가 크다는 장점이 있어 널리 사용되고 있다. 그리고 회전자계를 발생시키기 위해서 기동권선에 직렬로 커패시터를 접속하여 주권선과 기동권선 전류의 위상차를 90° 만큼 만들고 불평형 회전자계를 만들어 큰 기동 토오크를 발생시킨다.[2,3] 기동 후 동기속도의 75~80%에 이르게 되면 그 때 발생되는 원심력에 의하여 자동적으로 원심력 스위치가 기동권선을 주권선에서 개로 시켜준다.[4] 이러한 기동 스위치에 요구되는 성질은 개폐시점이 정확하여야 하고, 과부하나 정지 조건에서 전동기의 속도가 감소되어도 다시 자동적으로 전동기를 재 기동 할 수 있어야 하며, 또한 일반적으로 가정용 및 농업용으로 많이 사용되므로 가격이 싸고 고장이 적어야 한다. 그러므로 원심력 스위치의 성능은 전동기 전체의 수명을 좌우한다고 보아도 된다. 스위치의 오동작으로 인해 파급되는 현상은 과전류로 인한 콘덴서의 소손과 기동 불능으로 전동기의 코일이 소손될 뿐만 아니라 부하에 치명적인 영향을 줄 수 있다.[5]

본 연구에서는 일반적으로 널리 사용되고 있는 기계적인 원심력 스위치를 사용함으로써 발생되는 단점을 극복하고자 무접점으로 동작하는 반도체 소자인 트라이액을 사용하였고 트라이액을 트리거 시키기 위한 게이트 신호는 입력에 직렬로 연결된 인덕터에서 검출 받는다. 이처럼 무접점으로 전동기를 기동하여 스위치의 수명을 반영구적으로 개선하고, 전동기가 기동순간에 받는 충격을 줄이고 전동기 자체의 수명개선은 물론 소음이나 아크가 없는 안정된 기동을 하고자 한다.

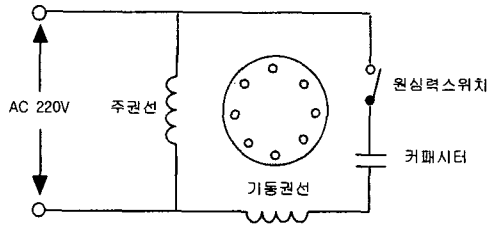
2. 전자식 스위치 설계

2.1 기존의 스위치 방식

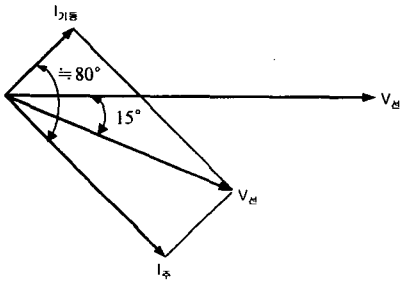
그림 1은 콘덴서기동형 단상유도전동기(a)와 그에 대한 페이저도(b) 및 토크-속도특성(c)을 보여주고 있고, 그림 1(b)는 일반적으로 80° 정도의 위상차를 갖는 주권선과 보조권선 전류의 페이저 관계를 나타낸다. 콘덴서기동형 단상전동기는 동기속도의 75~80%의 속도에 도달하면, 원심력 스위치가 열리게 되고 전동기는 부하에 따라 결정되는 특정속도에 도달하게 된다. 또한 운전 중에도 역회전이 가능하고 권선전류의 큰 위상차로 인한 높은 토크 발생으로 큰 기동토크가 필요한 곳뿐만 아니라 역전 운전이 가능한 기능을 갖는 전동기가 필요한 곳에서 많이 응용되고 있다. 따라서 커패시터기동 전동기는 세탁기, 벨트를 사용하는 선풍기와 송풍기, 건조기, 펌프 그리고 공기압축기 등에 이용되고

있다.[6]

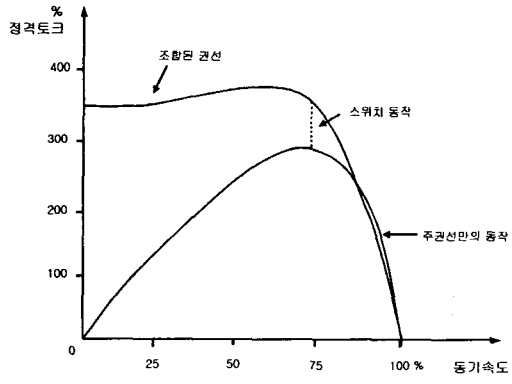
기존의 기계적인 원심력 스위치의 구조는 그림 2에서 나타낸 고정부(a)와 회전부(b)로 나누어진다. 전동기의 회전력으로 인해 전동기의 샤프트와 일체화된 원심력 스위치의 회전부는 전동기의 회전자와 같이 회전하고 전동기의 동기속도의 75~80%를 기준으로 원심력 스위치의 고정부에 위치해 있는 보조권선의 직렬 접점을 개방하고 단락 시키도록 작용한다. 이때 보조권선의 개방과 단락을 결정짓는 시점은 회전부에 위치해있는 스프링의 장력에 의해서 결정되어진다.



(a) Equivalent circuit

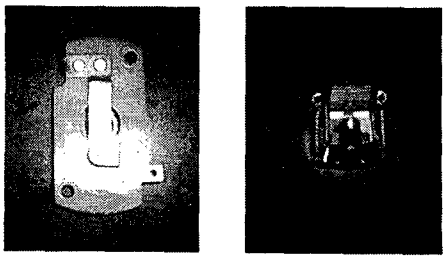


(b) Phasor diagram



(c) Torque-speed characteristic

그림 1 콘덴서기동형 단상유도전동기
Fig. 1 Capacitor-start Single Phase Induction Motor



(a) Fixing part (b) Rotating part

그림 2 원심력 스위치의 구조
Fig. 2 The structure of Centrifugal switch

2.2 제안된 전자식스위치 방식

본 연구는 기존의 원심력 스위치가 안고 있는 문제점을 해결하고자 먼저 기계적인 접점으로 인해 발생되는 문제점을 무접점 반도체 스위칭 소자인 트라이액을 사용하여 개선하였다. 트라이액으로 구성된 정지형 기동스위치는 무게와 부피면에서 기존의 원심력 스위치보다 상당한 절감을 이루었고 전동기에 고정하는 방식에서도 간편화되었다. 또한 가격면에 있어서도 기동시점을 검출하기 위해 제작된 인덕터와 트라이액으로 간단히 구성할 수 있어 스위치 자체의 원가 절감을 이룰 수 있고 전동기의 본체인 샤프트와 프레임의 단축으로 전동기의 전체적인 생산원가 절감을 이루어 저가격의 전동기를 생산하는데 크게 이점이 있다.

본 연구의 장점은 기존의 원심력스위치의 단점을 최대한 보완하면서 기동토오크는 200% 이상의 최대의 기동토오크가 발생하고 가격면에서나 중량에 있어서 큰 효과를 낼 수 있다는 것이다. 또한 제작된 제어기는 접점의 불꽃발생이 없고 소음이 없으므로 화재위험이 있는 가스충전소나 주유소, 정유공장 등의 펌핑용 전동기나 저소음을 요하는 가공용 전동기에 적합하다.

전체 시스템 회로는 그림 3에 나타내었다. 전동기의 보조권선 제어에 사용된 소자는 교류전력 제어소자인 트라이액을 사용하였고 트라이액의 용량은 실험 전동기의 용량에 적합한 600V, 실효온전류, I_T(RMS)가 25A인 MAC223A8을 사용하였다.

트라이액을 온 시키기 위한 게이트 트리거 전압의 검출은 입력에 직렬로 접속된 인덕터로부터 검출하였고 기동 시 온을 하게되고 게이트 트리거 전압이 약 0.5V 이하일 경우 오프하게 된다. 전류를 측정하는 장치로는 CT와 Hall 센서 등이 일반적으로 사용되는데 본 실험에서는 SA-15S라는 Current Transducer를 사용하였다. 그림 4는 제안된 제어기의 실제사진이다.

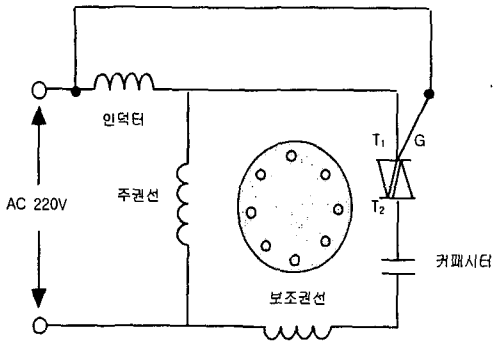


그림 3 시스템 회로
Fig. 3 System circuit

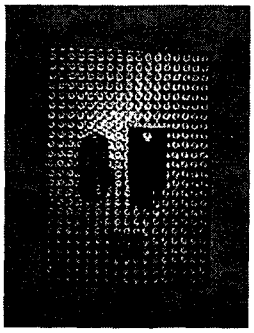
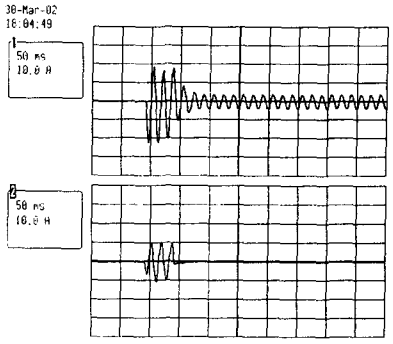


그림 4 제작된 기동기 사진
Fig. 4 Photography of Electronic starter

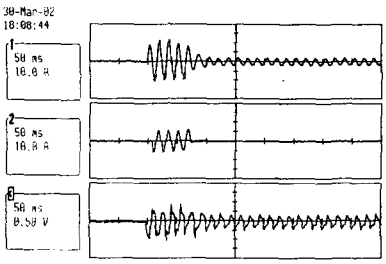
3. 실험 결과

실험에 사용한 전동기는 콘덴서기동형 단상유도전동기로 출력범위가 1/4~1[hp]이고 기동장치로는 원심력스위치와 기동용 콘덴서가 사용된다. 기동전류는 400~500[%] 정도로 많은 전류를 필요로 하며 기동 토오크는 200~350[%]이고 기동특성이 우수하여서 펌프나 냉장고, 공기압축기, 오일버너, 전기 세탁기, 펌프, 에어콘 등 여러 곳에서 사용된다.

그림 5는 콘덴서 기동형 단상유도전동기(200W)의 특성을 나타낸 파형이다. 그림 5(a)는 원심력개폐기를 사용했을 때의 주권선전류와 보조권선의 전류를 나타낸다. 그림 5(b)는 제안한 기동기를 장착하여 실험한 파형이다. 채널 1은 주권선전류이고 채널 2는 보조권선 전류이며, 채널 3은 인덕터 양단의 검출전압인 트라이액의 게이트 트리거 전압이다. 약 0.5V 이하에서 트라이액이 오프됨을 알 수 있다. 그림 6은 400W의 콘덴서기동형 단상유도전동기의 특성을 나타낸 것이며 그림 7은 750W의 실험 파형이다. 정격속도의 75~80%에 이르면 원심력에 의해 스위치가 개로되어 보조권선의 전류는 더 이상 흐르지 않음을 확인할 수 있으며 안정적인 기동을 함을 알 수 있다.

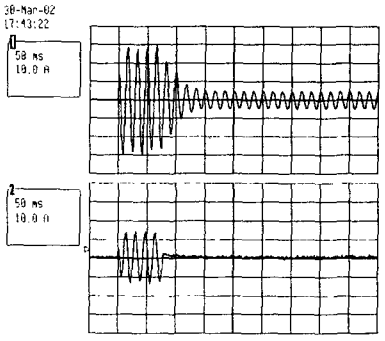


(a) Centrifugal switch

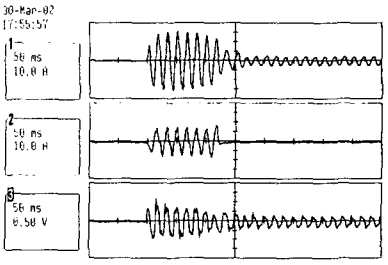


(b) Electronic switch

그림 5 콘덴서기동형 전동기의 특성(200W)
Fig. 5 The characteristics of SPIM(200W)

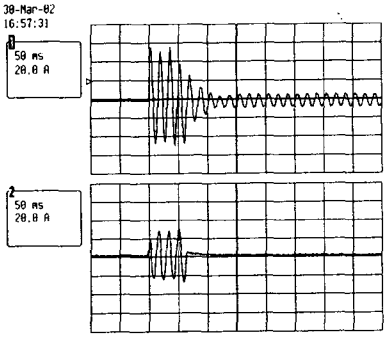


(a) Centrifugal switch

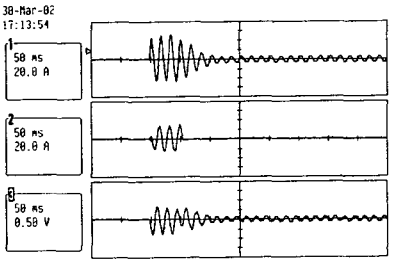


(b) Electronic switch

그림 6 콘덴서기동형 전동기의 특성(400W)
Fig. 6 The characteristics of SPIM(400W)



(a) Centrifugal switch



(b) Electronic switch

그림 6 콘덴서기동형 전동기의 특성(750W)
Fig. 6 The characteristics of SPIM(750W)

4. 결 론

본 연구에서는 일반적으로 널리 사용되고 있는 기계적인 원심력 스위치를 사용함으로써 발생되는 단점을 극복하고자 무접점으로 동작하는 반도체 소자인 트라이액을 사용하였다. 전동기의 기동시간은 직렬 인덕터를 통해 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.

참 고 문 헌

[1] J. D. Law, T. A. Lipo, "A Single Phase Induction Motor Voltage Controller with Improved Performance", IEEE Trans. on Power Elec., PE-1(4), pp. 240~247, 1986.

[2] Hideo Tomita, Toshimasa Haneyoshi, "An Optimal Efficiency Control for Energy Saving of AC Motor by Thyristor Voltage Control" , IEEE, IECON, pp. 816~819, 1988.

[3] 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.

[4] A. I. Alolah, A. M. Alsuwailem : Static Starting Switch for a Single Phase Induction Motor, INT. J. Electronics, 67(1), pp. 153 ~ 160, 1989.

[5] Tian-Hu Liu, Pi-chieh Wang, "Implementation of a Single-Phase Induction Motor Control on a DSP Based System" , PESC, pp. 514-521, 1994

[6] Peter F. Ryff, David Platnick, Joseph A. Karnas "Eletric Machines and Transformers" pp. 301~307