

주권선 전류검출에 의한 단상유도전동기의 구동시스템 구현

최낙일 박수강 오금곤 백형래* 임양수** 오기진***
 * 조선대학교 **서강전문대학 ***을지전기

The Starting System Implementation of SPIM with Detecting Main Winding Current

N.I Choi, S.K Park, K.G Oh, H.L Baek* Y.S Lim**, K.J Oh***
 * Chosun University ** Seokang Junior College
 *** Eul Ji Electrical Machinery Co. LTD.

Abstract- A Single phase induction motor is the predominant fractional horsepower power rated, extensively used in domestic and industrial applications. For example, these motors provide the motive power to washing machines, fans, refrigerators, etc. In this paper, single phase induction motor input current was detected by a small current transformer and determined TRIAC gate signal by using op-amp analog circuit. The soft-start strategy is based on limited auxiliary current angle during starting period in the closed-loop control. The Simulation and experimental result show the motor's starting characteristics of the proposal starting system and are compared with centrifugal switch starting motor.

억제하는 Soft-start 방식의 연구개발이 활성화되고 있다. 이는 기존의 농형유도전동기의 스타아델타 기동법, 기동보상기 기동법, 리액턴스 또는 저항을 사용하는 방법보다 성능과 효율이 우수하다. Soft-start 기동법은 주권선 전류의 검출과 주권선 전류에 따른 적절한 스위칭 방식으로 주권선 전류를 제어한다. 본 연구에서는 단상유도전동기의 기동시 2상운전과 정상운전시의 단상운전을 분석하기 위하여 d-q모델해석법을 이용하여 시뮬레이션을 하였으며, 지금까지 다상 농형유도전동기에 국한되어있는 Soft-start 개념을 단상농형유도전동기에 적용하여 기동시 보조권선의 전류를 제어하고 보조권선의 분리를 동시에 할 수 있는 구동장치를 설계 및 제작하여 실험 검토하였다.

1. 서 론

현대 사회 산업의 성장과 더불어 많은 전동기가 사용되고 있다. 그 중에서 직류전동기는 속도-토크 특성이 선형적이고 기동토크가 크며 가변속 범위가 넓고 효율이 높기 때문에 산업기계의 동력원으로 널리 사용되었다. 그러나 가정용으로 직류전동기는 직류전원을 얻기 힘든 단점 등이 있어 전전지 구동용 가전제품을 제외하고는 단상전원을 쉽게 이용할 수 있는 단상유도전동기가 널리 사용되고 있다. 이러한 단상유도전동기는 기동시 주권선과 기동권선의 리액턴스 차이에 의한 2상 교변자계에 의한 기동을 하므로 기동시 과전류의 유입과 과기동 토크를 발생하게 된다. 근래에 들어 다상 전동기의 기동전류를 억제하고 기동시 과전류에 의한 전동기의 충격을 줄이기 위해 기동전류를

2. 단상유도전동기 회로

단상유도전동기는 그 자체만으로는 교변자계가 발생되지 않아 기동할 수 없다. 단상유도전동기를 기동하기 위해서는 어떠한 방법으로 외부에서 한쪽 방향으로 회전시키면 그 방향으로 토크가 발생되어 전동기가 회전하게 되는데, 이러한 기동 토크를 만들기 위해 단상권선 외에 기동권선을 가지고 있으며, 단상유도전동기는 주권선에서 자기적으로 보통 전기각으로 90° 떨어져 있는 위치에 보조권선을 배치하고, 주권선과 병렬로 접속한다. 또한 보다 큰 기동 토크를 얻기 위해서 보조권선에 직렬로 기동용 콘덴서를 연결하여 사용한다. 그림 1은 콘덴서 기동형 단상유도전동기의 회로도이다.

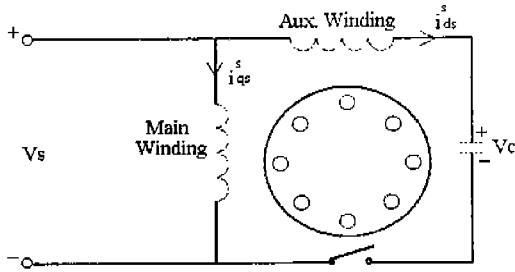


그림 1. 단상유도전동기 회로도

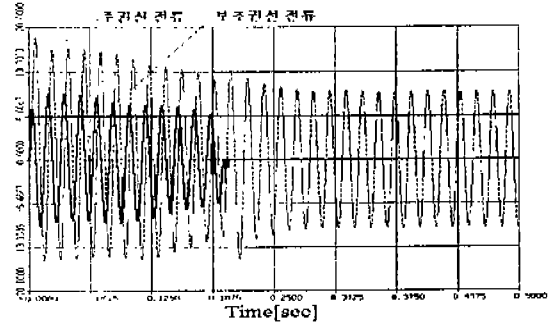
3. 시뮬레이션

본 연구에서 제안한 단상유도전동기의 특성을 분석하고 제어시스템의 적절한 설계를 위하여 IBM-PC/486 컴퓨터를 이용하여 시뮬레이션을 행하였다. 컴퓨터에 사용된 언어는 Mitchell & Gauthier Associates의 ACSL (Advanced Continuous Simulation Language)을 사용하였다. 시뮬레이션에 사용된 전동기는 4극 210[W], 220[V], 60[Hz]의 전동기로 각각의 파라미터는 표 1과 같다.

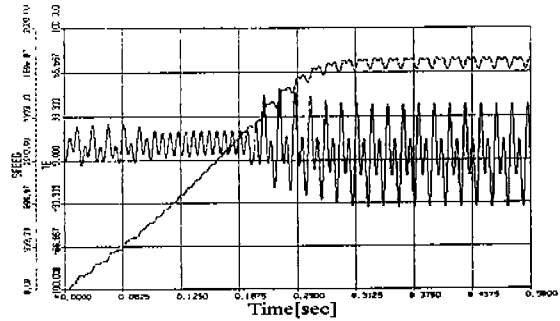
표 1. 콘덴서 기동 전동기 파라미터

R_1	0.8362[Ω]
X_1	5.316[Ω]
Z_m	5.387[Ω]
X_m	41.993[Ω]
R_2	5.373[Ω]
X_2	9.215[Ω]
Z_a	10.928[Ω]

본 연구는 주권선과 보조권선의 위상차를 90° 에 고정하여 두고 전동기의 Soft-start 방식을 시뮬레이션하기 위하여 보조권선의 입력전류를 제어하였다. 위상차를 90° 로 한 것은 기동시 주권선과 보조권선의 위상차가 90° 일 때 가장 큰 토오크가 발생하였기 때문이다. 또한 보조권선의 전류를 제어하기 위한 보조권선 전압의 제어방식은 동기된 삼각파와 기준파를 비교하는 삼각파 비교방식을 사용하였다. 시뮬레이션의 결과는 아래 그림 2와 그림 3의 비교를 통해 Soft-start 전동기의 입력전류가 감소하였고, 기동시간은 증가하였으나 토오크의 과도분을 줄이고, 유도 전동기의 단점인 기동시 돌입전류가 감소하였다.

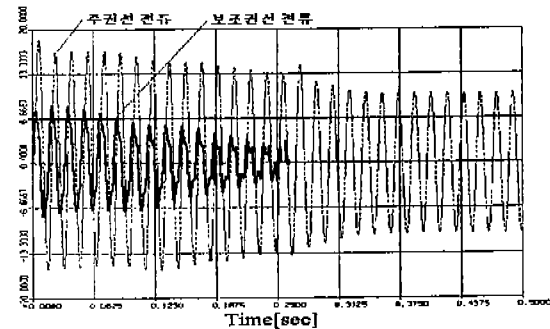


(a) 주권선-보조권선 전류특성

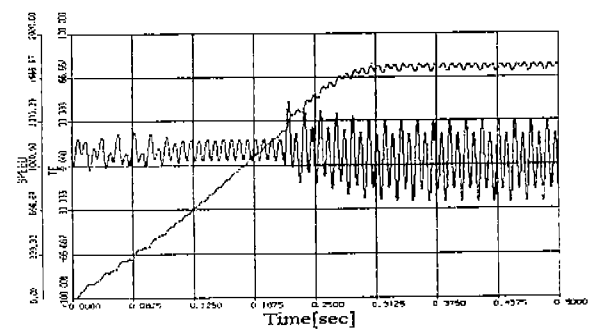


(b) 토오크-속도 특성

그림 2. 기존전동기 전류, 토오크-속도특성



(a) 주권선-보조권선 전류특성



(b) 토오크-속도 특성

그림 3. Soft-start 전류, 토오크-속도특성

4. 전류제어 구동 시스템

본 연구에서 제안한 단상 유도전동기 Soft-Start 구동시스템의 구성도는 그림 4와 같다.

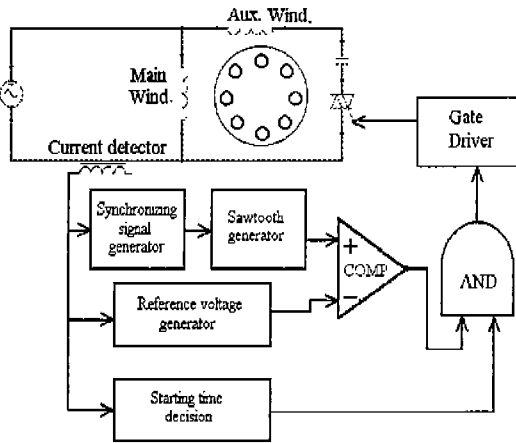


그림 4. 시스템 구성

그림 4에서와 같이 본 연구에서 제안한 시스템은 동기신호 발생부, 삼각파 발생부, 기준전압 발생부, 기동시간 결정부 그리고 게이트 드라이브부로 구성 되어진다. 본 연구에서 사용된 스위칭 소자는 상용주파수의 교류제어에서 한 개의 소자로 제어 할 수 있는 트라이액을 사용하였고, 주권선 전류를 검출하는 장치는 외부의 전원없이 신호를 받을 수 있고 고전류와 완전히 전기적으로 절연이 가능한 1:N 소형트랜스를 사용하였다. 또한 삼각파 비교방식에 의해 발생된 펄스신호를 트라이액의 게이트에 인가하기 위하여 트라이액 전용 포토키퍼러를 사용하였다.

5. 실험 및 결과

단상유도전동기 기동시 입력전류, 전압과 보조권선 전류,전압의 크기와 위상을 측정하기 위해 디지털 오실로스코프(DSO LeCroy 9415 AM 4Ch)를 사용하였고, PC로 제어되는 2Kw급 전기동력계 (FR 5ME API)를 사용하여 본 연구에서 제안한 구동 시스템에 대해 실험 하였다.

실험에서 사용한 210W 콘덴서 기동형 단상 유도전동기의 사양은 표 2에 나타내었다.

표 2. 콘덴서 기동 전동기 파라미터

출력	210 (W)	전압	220 (V)
전류	3 (A)	회전수	1715 (rpm)
주파수	60 (Hz)	극 수	4 (P)
절연계급	E	기동전류	24/12 (A)
콘덴서	200 (μ F)	효율	45 (%)
기동전류	14(A)		

그림 5은 기존의 원심력 개폐기를 사용하는 콘덴서 기동 단상 유도전동기의 정격 부하일 때 주권선의 전류(ch1), 보조권선의 전류(ch2) 나타내었다. 그림 6의 (a)와 (b)는 본 연구에서 제안한 구동 시스템을 이용하여 전동기를 기동할 때의 주권선 전류와 보조권선 전류를 나타내었다. 그림 6의 (b)는 전동기 기동시 주권선 전류와 보조권선 전류의 기동부분을 확대한 파형이다. 전동기 기동시 주권선 전류가 과도하게 흐르게 되면 보조권선에 연결되어있는 트라이액이 스위칭 되지 않아 보조권선의 입력전류를 제한하여 주권선 입력전류의 과도 전류를 억제하게 된다.

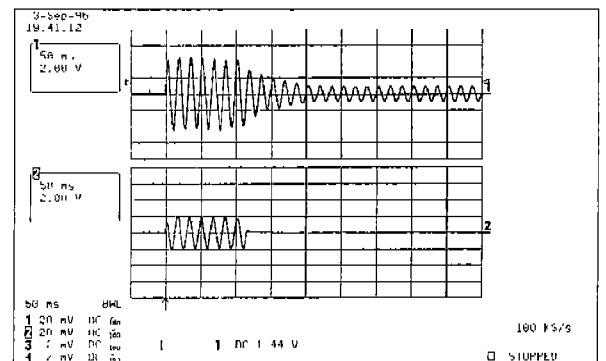
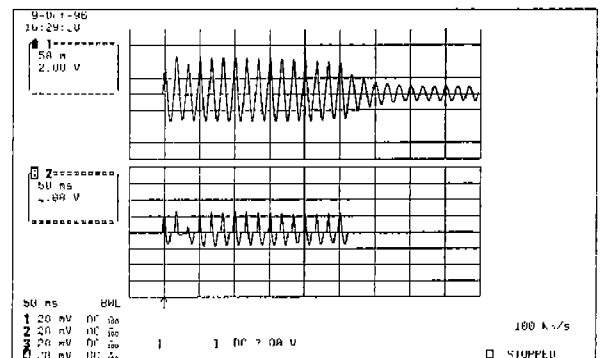
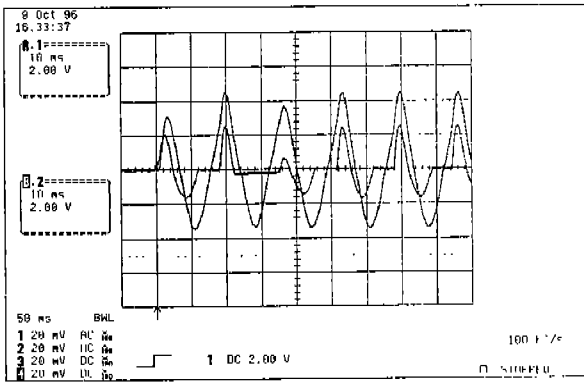


그림 5. 기존 시스템 전류-전압 특성



(a)



(b)

그림 6. 제안 구동시스템 전류-전압 특성

기존의 원심 개폐기 사용 콘덴서 기동 단상유도 전동기와 본 연구에서 제안한 기동기를 사용한 단상유도전동기의 입력전류, 보조권선전류, 입력전압과 보조권선전압을 측정하였고, 기동시에 입력전류와 보조권선전류의 피크치를 측정하였다.

그림 7은 정격부하시의 기동시간에 따른 기동전류의 변화곡선이다. 기존구동시스템의 단상유도전동기의 기동전류가 14A이고, 본 연구에서 제안한 구동 시스템의 기동 전류는 11A로 기존 전동기와 비교하여 기동 전류가 3A정도 감소하였다.

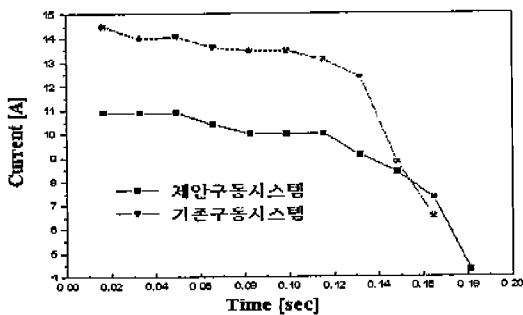


그림 7. 정격부하시 따른 기동전류 특성비교

그림 8는 기존 콘덴서 기동 단상유도전동기의 무부하, 50%, 정격부하 일때의 속도 토크 특성곡선이다. 그림 9은 제안된 Soft-start 시스템의 속도 토크 특성곡선이다. 이를 비교하여 보면 기존의 콘덴서 기동 단상유도전동기보다 제안된 시스템이 부하가 증가할 수록 과도분의 토크가 줄어들었음을 알 수 있다.

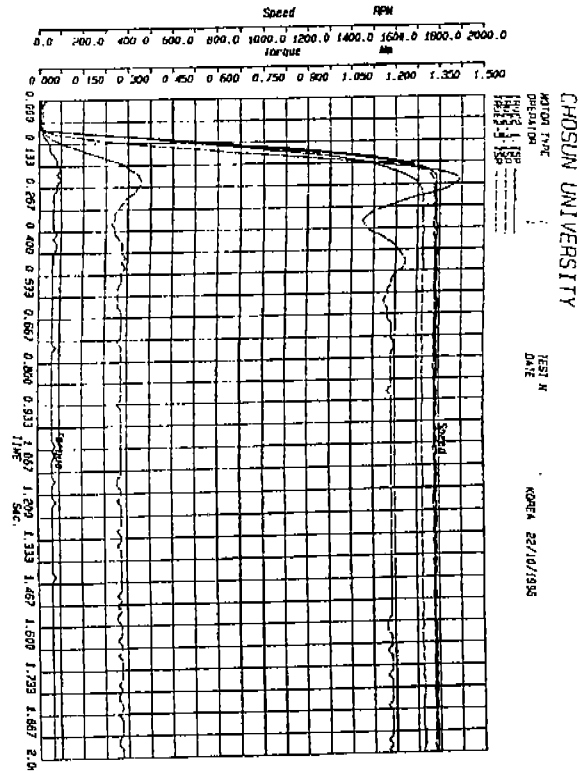


그림 8. 기존 구동시스템 토크, 속도 특성

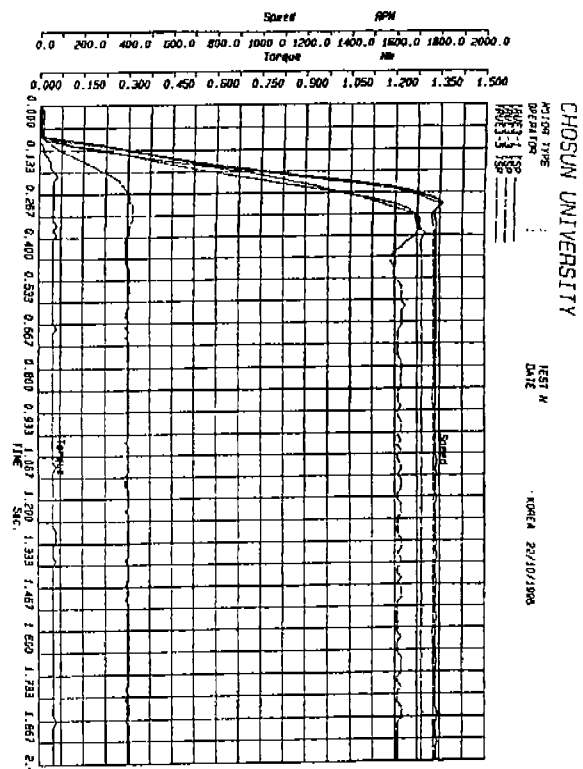


그림 9. 제안구동 시스템 토크, 속도 특성

6. 결 론

본 연구에서는 단상 유도전동기에 Soft-start 개념을 도입하여 전동기의 입력전류를 검출하였고 검출된 전류의 동기와 크기를 검출하여 삼각파 비교방식에 의해 게이트 신호를 발생하고 보조권선에 연결된 트라이악을 사용하여 보조권선의 전류를 제어하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 제안한 구동 시스템은 기존의 원심개폐기나 릴레이 등으로 사용되던 보조권선 절환 장치를 대신하고, 농형 단상유도전동기의 기동시 발생하는 기동전류를 억제하여 전동기의 소프트 기동을 구현할 수 있었다. 또한 기존의 구동시스템과 비교하여 기동시간은 0.1초 정도 증가되었으나 기동시의 과도분의 토오크를 억제하고, 기동 전류를 약 3A정도 감소 시켰다.

[참 고 문 헌]

- [1] 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.
- [2] Cyril G. Veinott. : Theory and Design of Small Induction Motor, New Yersey : McGRAW-HILL, 1989, p.430.
- [3] 박 민호: 유도기기, 서울 : 동명사, 1974, p. 634
- [4] A. Vandenput, E. Fuchs, J. Höll, J. White, W.Geysen, "Run Capacitor Optimization In Single-Phase Induction Motors", IEEE, pp. 824 ~ 830, 1986.
- [5] 백형래외 5인, "위상각과 전압제어에 의한 단상 유도전동기의 기동특성", 하계학술대회논문집, 대한전기학회, pp.350 ~352, 1995.
- [6] Eduard Muljad, Yifan Zhao, Tian-Hua Liu. Thomas A. Lipo, "Adjustable ac Capacitor for a Single-Phase Induction Motor", IEEE Tran. on Industry Applications, Vol. 29, NO.3, pp.479~485, May/JUN, 1993.
- [7] Krause, Wasynczuk. "Electromechanical Motion Devices", McGraw-Hill, New York, 1989. p.432
- [8] Tian-Hun Liu, Pi-Chieh Wang, "Adjustable Switched Capacitor Control for a Single-phase Induction Motor", IECON, pp.1140~ 1145, 1993.

본 연구는 한국전력공사지원 기술개발사업에 의하여 수행된 결과의 일부임.