

순서접속제어에 의한 단상유도전동기의 기동특성

박수강 성경민 조금배 오금곤 백형래* 박해암**
*조선대학교 **광주보건전문대

The Starting Characteristics of Single-Phase Induction Motor Using Sequence Controller

S.K Park, K.M Sung, G.B Cho, G.G Oh, H.L Beak*, H.A Park**
*Chosun University **Kwangju Health Institute of Science

Abstract-The most common for starting a single phase induction motor is to install a starting condenser and a centrifugal switch in series with the auxiliary winding. Though this method is simple, life of single phase induction motor is short because of malfunction of a starting condenser and a centrifugal switch and efficiency improvement has limitation. In this paper, the starting characteristics of SPIM is improved by sequence voltage control strategy of auxiliary winding in removing a starting condenser and a centrifugal switch. Finally, the excellent starting performance of SPIM is shown through simulation and experimental results.

1. 서 론

단상유도전동기는 다른 전동기와 비교하여 구조가 간단하고 견고하며 단상전원을 얻기 쉽다는 이점이 있기때문에 가정용, 산업용으로 전기기기등의 구동력으로 널리 쓰이고 있다. 그러나 단상유도전동기 자체로는 회전자속을 발생시킬 수 없으므로 기동토크를 발생시키는 외부 기동장치를 필요로 하며, 외부 기동장치인 기동용 콘덴서와 기동용 스위치는 열악한 환경이나 기능저하시에는 전동기 수명을 단축 및 소손시키는 문제점들이 있다. 산업기술이 급속도로 발달함에 따라 최근 단상유도전동기 업계에서는 기존전동기 보다 효율이 뛰어나고 외부 기동장치가 보수간단, 고신뢰성, 소형화, 저소음 등의 개발을 기대하고 있다.^[1,2,3] T. A. Lipo에 의해 연구되어진 가변콘덴

서 제어방법은 기동토크가 적고, 기동전류 파형이 비정현적이며 정·역전 전환시 외부 스위치를 필요로 한다.^[4] 본 연구에서는 보조권선의 위상과 전압을 순서적으로 제어하여 단상유도전동기의 기동전류를 최소화하여 효율을 개선하였으며 아크가 많은 기계적 스위치 대신에 회전부분이 없는 정지형 기동장치를 제안한다.

2. 단상유도전동기 수학적 모델

농형 단상유도전동기는 기동시 한 상으로만 기동시 토오크를 만들수 없으므로 기동 토오크를 만들기 위해서는 단상권선 외에 기동권선을 가지고 있어야 한다. 단상유도전동기는 주권선과 자기적으로 보통 전기각으로 90° 떨어져 있는 위치에 보조권선이 주권선과 병렬로 접속되어 있다. 단상유도전동기는 기동시 2상 운전으로 해석될 수 있다.^[4,5] 그림 1은 콘덴서운전 단상유도전동기의 회로도이며 주권선의 전류를 i_{qs} , 보조권선의 전류를 i_{ds} 라 하면 T형 등가도는 그림 2의 (a), (b)와 같이 나타낼 수 있다.

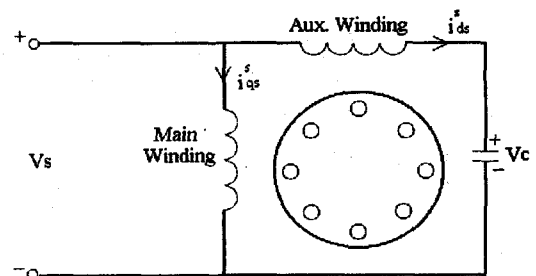


그림 1. 단상유도전동기 회로도

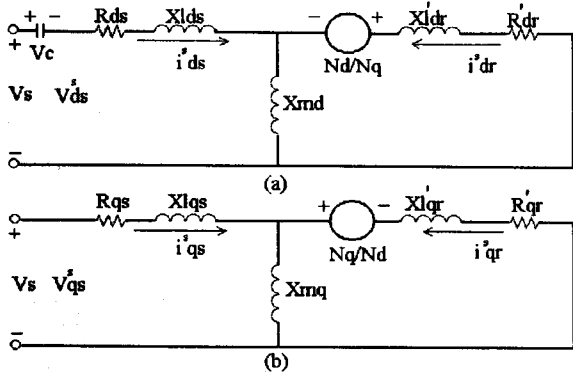


그림 2. T형 등가회로

주권선 전압은 다음식과 같이 나타내며

$$V_{qs}^s = V_s \quad (1)$$

보조 권선전압은 다음 식과 같이 나타낸다.

$$V_{ds}^s = V_s - \frac{1}{C} \int i_{ds}^s dt \quad (2)$$

위의 T형 등가회로도에서의 전류의 방향을 화살표 방향으로 하여 전압방정식을 세우면

$$V_{qs}^s = (R_{qs} + \frac{p}{\omega_b} X_{qs}) \cdot i_{qs}^s + (\frac{p}{\omega_b} X_{mq}) \cdot i_{qr}^s \quad (3)$$

$$V_{ds}^s = (R_{ds} + \frac{p}{\omega_b} X_{ds}) \cdot i_{ds}^s + (\frac{p}{\omega_b} X_{md}) \cdot i_{dr}^s$$

$$0 = (\frac{p}{\omega_b} X_{mq}) \cdot i_{qs}^s - (\frac{N_q}{N_d} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_b} X_{md}) \cdot i_{ds}^s + (R_{qr} + \frac{p}{\omega_b} X'_{qr}) \cdot i_{qr}^s - (\frac{N_q}{N_d} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_b} X'_{dr}) \cdot i_{dr}^s$$

$$0 = (\frac{N_d}{N_q} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_b} X_{mq}) \cdot i_{qs}^s + (\frac{p}{\omega_b} X_{md}) \cdot i_{ds}^s + (\frac{N_d}{N_q} \cdot \frac{\omega_r}{\omega_b} X'_{qr}) \cdot i_{qr}^s + (R_{dr} + \frac{p}{\omega_b} X'_{dr}) \cdot i_{dr}^s$$

과 같이 되고,

각각의 전류는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} i_{ds}^s &= (\lambda_{ds} - \lambda_{dm}) / L_{lds} \\ i_{qs}^s &= (\lambda_{qs} - \lambda_{qm}) / L_{lqs} \\ i_{dr}^s &= (\lambda_{dr} - \lambda_{dm}) / L_{ldr} \\ i_{qr}^s &= (\lambda_{qr} - \lambda_{qm}) / L_{lqr} \end{aligned} \quad (4)$$

위 전류의 값에 의해서 토오크의 식을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$T = \frac{P}{2} \frac{N_d}{N_q} \frac{X_{mq}}{\omega_b} (i_{qs}^s \cdot i_{dr}^s - i_{ds}^s \cdot i_{qr}^s) \quad (5)$$

P : 전동기의 극수 (pole)

3. 시스템 구성

그림 3은 본 연구에서 제안한 개선된 기동장치의 전체 구성블록도이다.

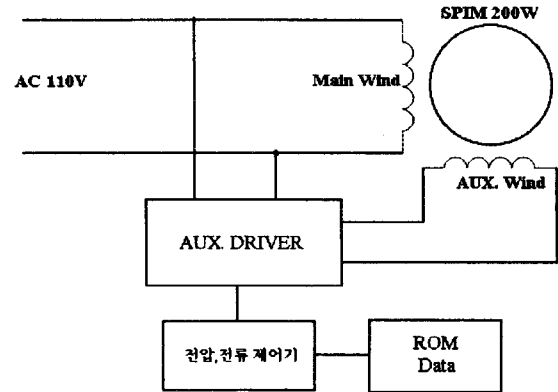


그림 3. 전체 시스템 구성 블록도

보조권선의 출력전압은 각 실험에서 얻어진 데이터를 ROM에 저장하여 전압을 30V에서 상용전원까지 단계적으로 인가되도록 구성하였다. 보조권선에 인가할 최종신호는 전력용 모듈트랜지스터로 증폭하여 보조권선의 제어전원으로 사용하였다.

4. 시뮬레이션

본 연구에서는 주권선과 보조권선의 위상차를 90°에 고정하고 보조권선의 전압을 상용전압보다 낮게 하여 기동하고 순서적으로 높여 가며 전동기가 충분히 기동되었을 때 입력전압을 상용전원으로 전환하는 제어 알고리즘을 이용하여 기동시간을 최대한 단축하며 기동전류를 감소시킬 수 있는 순서접속 제어 방식 기동에 대한 시뮬레이션을 행하였다. 그림 4는 콘덴서 기동형 농형전동기를 기존 구동방식으로 기동한 보조권선의 전압과 전류를 나타내었다. 시뮬레이션에 사용된 전동기의 파라미터는 표 1과 같다.

표 1 전동기 파라미터

R_1	3.48[Ω]
X_1	5.316[Ω]
Z_m	5.387[Ω]
X_m	41.993[Ω]
R_2	5.873[Ω]
X_2	9.215[Ω]
Z_a	10.928[Ω]

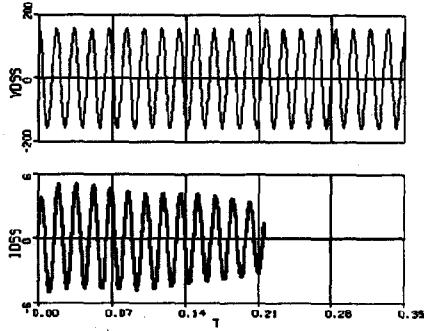


그림 4. 기존 구동방식의 전압과 전류 파형

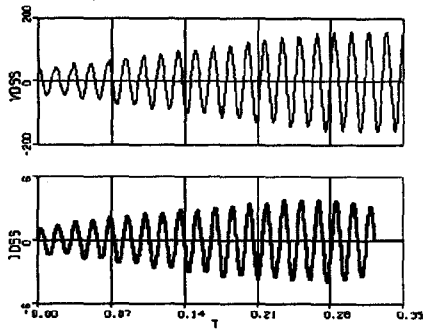


그림 5. 순서접속제어방식의 전압과 전류 파형

그림 5는 본 연구에서 제안한 순서접속제어방식으로 전동기의 입력전압을 30V부터 상용전원까지 단계적으로 가변입력하였을때의 보조권선의 전압과 전류를 나타내었다. 보조권선의 전압을 순서적으로 가변 입력하여 전동기의 기동시 기동전류를 단속하여 전동기의 충격을 줄이고 기동시 효율을 개선할수 있다. 보조권선의 전류는 피크치가 감소한 대신에 기동시간이 전압에 반비례하여 길어졌다. 그림 6에 콘덴서 기동형 전동기의 속도곡선과 본 연구에서 제안한 순서접속제어 전동기의 속도곡선을 비교하였다.

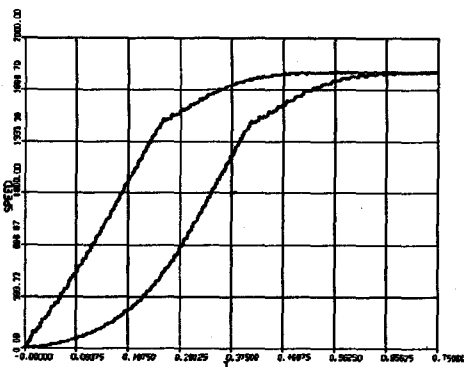


그림 6. 콘덴서 기동형 단상유도전동기와 순서접속제어 전동기의 속도곡선

5. 실험 결과

본 연구에서 제안한 전동기의 기동특성을 알아보기 위하여 기존의 콘덴서기동형단상유도전동기와 순서접속제어전동기의 비교실험을 행하였다. 실험에 사용된 전동기 사양은 표 2와 같다.

표. 2 전동기 사양

정격출력	0.21KW	기동전류	24/12A
극 수	4P	기동토크	0.38 Kgm
정격전압	110/220V	절연계급	5종
정격전류	6.4/3.2A	회전 수	1710 rpm
주파수	60Hz	정동토크	0.33 Kgm
효율	45%		

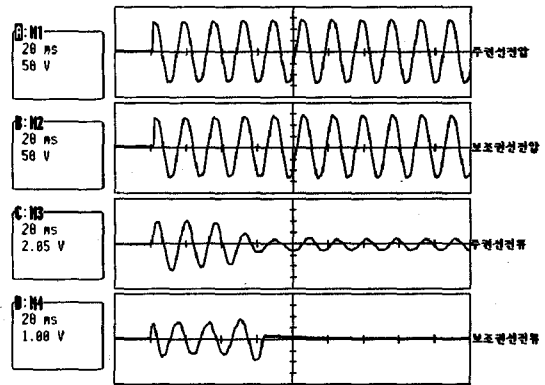


그림 7. 기존 구동방식 전동기의 전압과 전류

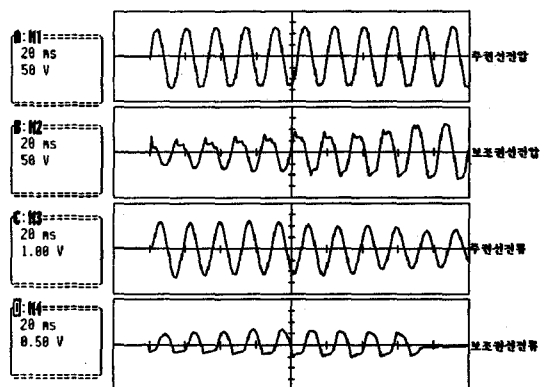


그림 8. 순서접속제어방식 전동기의 전압과 전류

그림 7은 콘덴서 기동형 단상유도전동기의 주권선 보조권선의 전압과 전류파형으로 기존의 구동방식으로 기동한 경우이고 그림 8은 본 연구에서 제안한 기동 시스템으로 기동할 때의 주권선 보조권선의 전

압과 전류파형을 나타내었다. 그림 8에서는 보조권선의 전압파형이 순서적인 증가함을 볼 수 있고 주권선 보조권선의 기동전류가 기존의 기동시 보다 감소함을 알 수 있다.

6. 결 론

단상유도전동기의 기동용 콘덴서를 제거하고 순서접속을 실현하기 위하여 보조권선전압을 30V에서 110V 까지 가변하여 실험과 시뮬레이션을 행한 결과를 비교 분석하였다. 개선된 기동 제어기를 사용한 전동기와 기존전동기의 특성분석 결과는 다음 그림 8과 표 3과 같다. 개선된 기동 제어기를 사용한 전동기의 기동전류의 평균치에서는 기동시 단계적인 증가를 보여주었고 기동시간은 0.09초 늦어 졌으나 주권선전류가 기동시 57%정도 절약됨을 알 수 있었고 보조권선전류는 47%정도 줄어들었음을 알 수 있었다. 본 연구에서는 210W급 단상유도전동기에 적합한 순서접속제어를 제작 하였으며, 보조권선만 제어하였지만 향후 주권선과 보조권선을 동시에 제어하게되면 기동과 정지를 자주하는 가정용 가전제품에 기동시 전류를 절감할수 있으며 전동기의 기동시 고전류로 인한 전동기의 충격을 감소하여 전동기 수명을 개선할 수 있다고 사료된다.

표. 3 특성 비교표

	콘덴서기동 단상유도전동기	순서접속제어 전동기	비교치
기동시간	65.7ms	154.5ms	0.09초
주권선전류 (peak)	19A	11A	57%
보조권선 전류 (peak)	7A	3.3A	47%

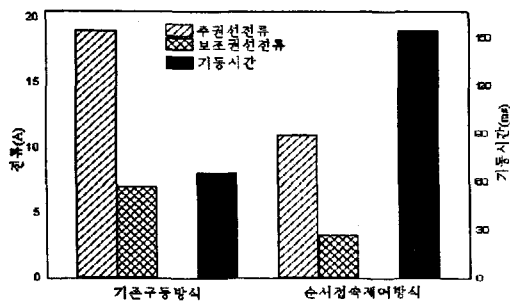


그림 8. 특성 비교

[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] A. Vandenput, E. Fuchs, J. Höll, J. White, W.Geysen, "Run Capacitor Optimization In Single-Phase Induction Motors", IEEE, pp. 824 ~ 830, 1986.
- [3] 백형래의 5인, "위상각과 전압제어에 의한 단상 유도전동기의 기동특성", 하계학술대회논문집, 대한전기학회, pp.350 ~352, 1995.
- [4] 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.
- [5] Krause, Wasynczuk. "Electromechanical Motion Devices", McGraw-Hill, New York, 1989. p.432
- [6] 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.