

송풍기용 단상 SRM의 구동특성

安珍雨*, 金奉徹**

Drive Characteristics of Single Phase SRM for Fan Application

J.W. Ahn and B.C. Kim

요 약

이 논문에서는 단상 SRM의 새로운 구동 설계를 제안한다. 이 구동 설계는 매우 간단하고 저가이다. 이 설계는 간단한 전력 장치를 사용함으로써 적은 스위칭 손실로 높은 효율의 SRM 구동을 가능하게 한다. 초기 구동시, 단상 SRM에서의 중요한 문제를 하나의 홀센서와 자석, 새로운 초기 구동 알고리즘에 의해 극복했다. 제안된 단상 SRM은 일반적인 모터의 것과 비교하여 고효율과 확실한 구동 특성을 가지고 있다.

ABSTRACT

This paper proposes a new driving scheme for single-phase SRM. The driving scheme is very simple and inexpensive. By use of this scheme, simple power devices based on low switching losses enable to high efficiency SRM drive. Starting, One of the main problem in single-phase SRM is overcome by a new starting algorithm with one hall sensor and a parking magnet. The proposed single phase SRM has a high efficiency and robust drive characteristics compared to that of a universal motor.

Key Words : Single-phase SRM, Parking magnet, Current control

1. 서 론

스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched Reluctance Motor, SRM)는 전자기적인 구조가 간단하고 견고하며, 고효율, 고토오크/관성비, 넓은 범위의 가변속운전 등의 장점을 가진 전동기구조로서 여러 산업분야 및 가전분야에 그 적용범위를 넓혀 가고 있다.

SRM의 고정자와 회전자의 극수 조합은 현재까지의 연구결과 6/4, 8/6, 12/8 극의 조합이 가장 실용성이 큰 것으로 입증되고 있다.

그러나 이 경우 스위칭 수의 증가로 경제적인 면에서 불리하다. 이러한 스위칭 소자수의 감소를 위한 한 방식이 단상 SRM이다. 단상 SRM은 회전자의 위치에 따라 기동토크가 발생하지 않는 영역이 존재한다. 따라서 회전자의 정지위치에 따라 초기 기동시 회전방향이 결정된다.

본 논문에서는 이러한 특성을 가진 단상 SRM의 실험에 의한 구동 특성과 저가화를 통한 실용화 가능성을 입증하고자 한다.

2. 단상 SRM의 동작원리와 구동 드라이버

2.1 단상 SRM의 전동력 발생

SRM은 릴럭턴스 토크를 동력화한 전동기로, 릴럭턴스 토크를 극대화할 위해서는 고정자와 회전자의 자극이 모두 돌극형인 2중 돌극형(salient-pole

*정회원, 경성대 전기전자컴퓨터공학부 교수

E-mail : jwahn@ks.ac.kr

**학생회원, 경성대 대학원 전기전자공학과 석사과정

접수일자 : 2003. 7. 1

1차심사 : 2003. 7. 13

심사완료일 : 2003. 8. 18

type) 구조이며, 여자권선은 고정자 자극에만 집중권으로 하는 단순한 전자계구조로서도 효과적인 전동력을 발생시킬 수 있다. 동력변환용 SRM의 고정자와 회전자 극의 조합은 현재까지의 연구결과 6/4, 8/6, 12/8 극의 조합이 가장 실용성이 큰 것으로 입증되고 있다^[2]. 그러나 이 경우 인버터의 소자 수의 증가로 경제적인 면에서 불리하다. 이러한 스위칭 소자수의 감소를 위한 한 방식이 단상 SRM이다. 그림 1은 고정자와 회전자 각각 6극으로 구성되는 단상 SRM 및 시스템을 나타내고 있다.

그림 1에서 보는 바와 같이 단상 SRM은 고정자의 각 권선이 병렬조합으로 구성된다. 또한 적용 소자는 비대칭 인버터를 기준으로 아랫단과 윗단 각 1개씩의 소자와 다이오드가 소요된다.

본 연구에서는 환풍기용으로 한 방향으로 회전방향을 결정하기 위해 정지마그네트를 채용하였으며 그 위치는 그림 2에서와 같이 인덕턴스가 증가하기 시작하는 점으로부터 4°의 변위를 가지고 있다.

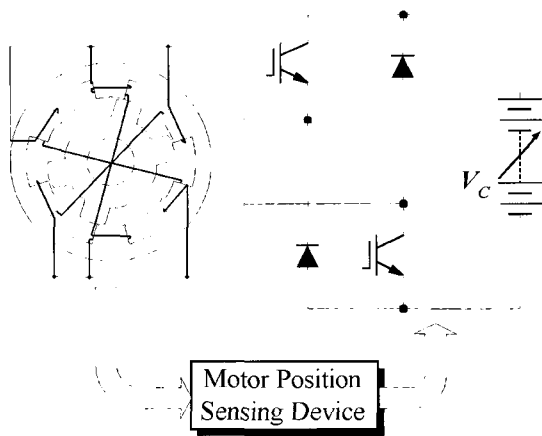


그림 1 단상 SRM의 개략도
Fig. 1 Schematic diagram of single-phase SRM

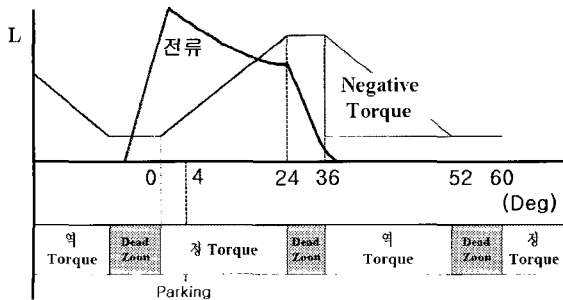


그림 2 단상 SRM의 운전특성
Fig. 2 Operation characteristics of single-phase SRM

2.2 단상 SRM의 설계와 구동

진공 청소기용 단상 정류자 전동기를 대체하기 위한 SRM의 설계 재원은 표 1과 같다. 단상 SRM의 설계는 기존의 제품에 장착할 수 있도록 공간을 고려하여 설계하였다.

그림 3은 기존의 220[V], 1.2[kW]급의 진공청소기용 단상 정류자 전동기를 대체하기 위해 설계된 6/6극 단상 SRM의 설계 치수를 나타내고 있다.

표 1 단상 SRM의 제원

Table 1 Specification of the prototype single-phase SRM

극 수	고정자 6극, 회전자 6극
정격 전압	220 [V]
정격 속도	20000 [rpm]
정격 출력	1.2 [kW]
전동기 외경	96 [mm]
전동기 길이	34 [mm]

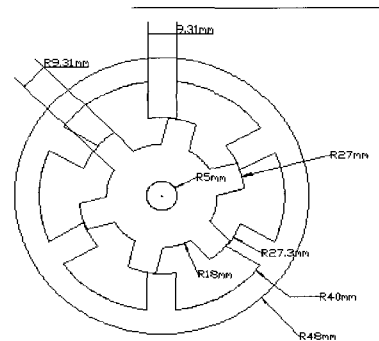


그림 3 단상 SRM의 설계치수
Fig. 3 Design dimension of single-phase SRM

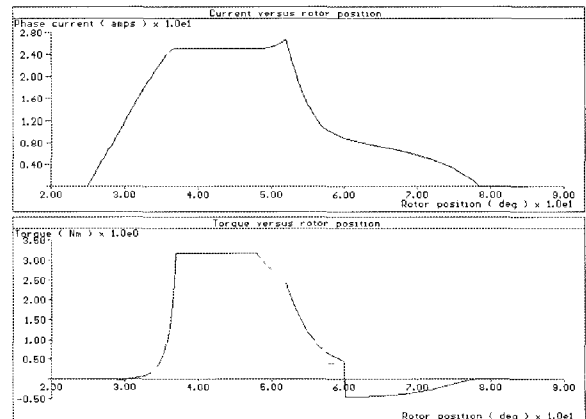


그림 4 설계에 따른 전류-토크 파형
Fig. 4 Current and torque according to motor

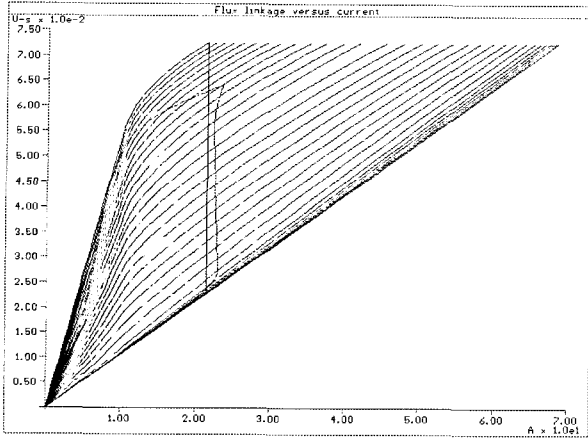


그림 5 설계에 따른 전류-자속 곡선
Fig. 5 Current-Flux curve according to motor design

그림 4와 그림 5는 설계에 따라 시뮬레이션된 상전류와 토크, 이에 따른 전류-자속 곡선을 나타내고 있다 설계에 사용된 단상 SRM의 구동을 위한 도통각은 30도로 정하였다.

2.3 구동 시스템

단상 SRM은 전동기의 구조상 기동 토크가 발생하지 않는 부분을 가지고 있으며 초기 정지 위치에 의해서 정역이 결정되므로 한 방향으로 기동시키기 위해서는 초기 기동점을 고정시키고 기동 위치에 회전자를 위치시키기 위한 정지 마그네트가 필요하다.

그림 7은 전동기의 soft start를 위한 전류제어기를 나타낸 것이다.

전동기 구동에 있어 저속영역에서 일반적으로 전류 제어 모드로 동작시킨다. 이를 위해서는 전류제어기가

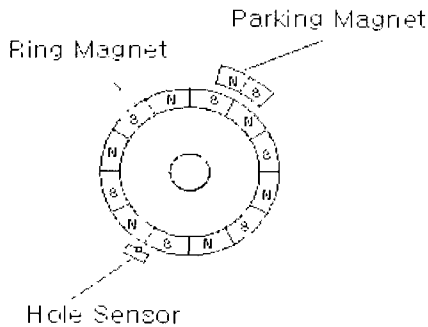


그림 6 엔코더부
Fig. 6 Encoder assembly

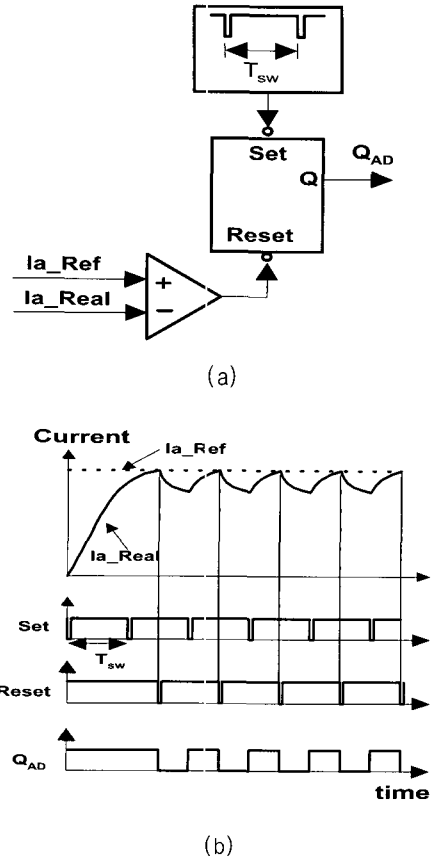


그림 7 전류제어기와 동작파형
(a) 전류제어기 (b) 제어에 의한 전류 파형
Fig. 7 Current controller and operation waveform
(a) current controller
(b) operation waveform

필수적이며, 전류제어기는 피크전류 제어방식을 제안하였다. 전류제어기는 비교기와 플립플롭으로 구성되어 있다. 스위칭 주기마다 플립플롭의 셀단자를 인에이블시켜 스위치를 온하게하여 실제전류는 증가하게 되고, 비교기에서 전류지령치와 실제전류를 비교하여 실제전류가 지령치 전류보다 크게되면 리셀단자를 인에이블시켜 스위치를 오프하여 전류는 감소하게 된다.

3. 실험 및 고찰

그림 8은 실제 장착된 단상 SRM 및 구동 시스템을 보이고 있다. 장착된 외함은 기존의 산업용 진공 청소기를 사용하였고 전원 및 전동기는 기존 단상 정류자 전동기를 대체할 수 있도록 배치하였다.

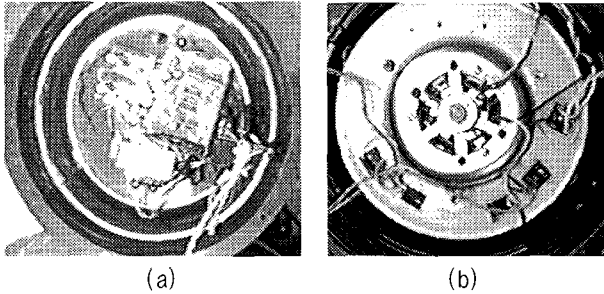


그림 8 장착된 진공청소기 구동 시스템
 (a) 컨트롤러부 (b) 전동기부
 Fig. 8 Driving system equipped in a vacuum clearer
 (a) controller (b) prototype single-phase SRM

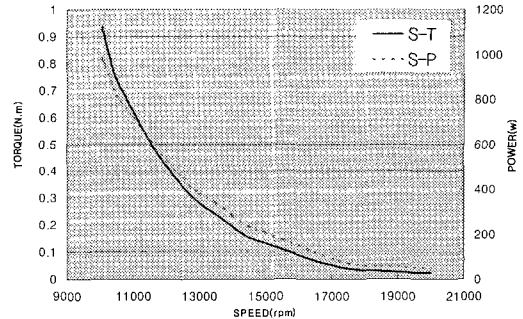


그림 10 속도, 토크, 출력 곡선
 Fig. 10 Speed, Torque, Power Curve

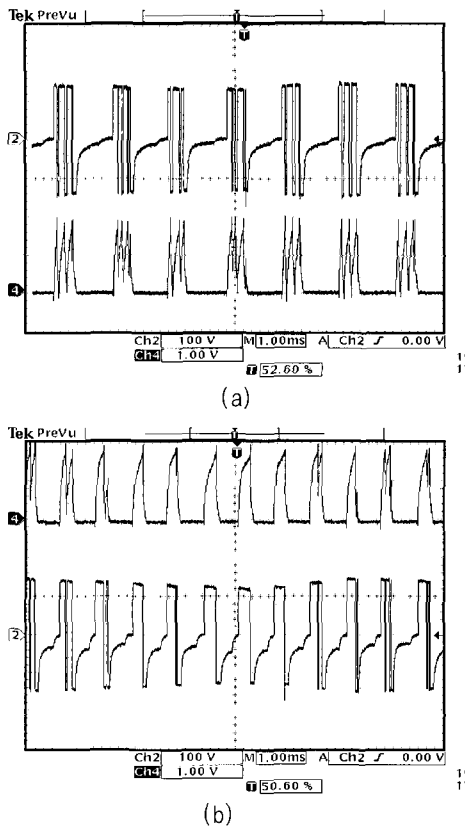


그림 9 동작 특성
 (a) 전류제어시 상전류 (하단)와 dc 링크값 (상단)
 (b) 정상상태의 상전류 (상단)와 dc 링크값 (하단)
 Fig. 9 Operating characteristics
 (a) phase current(lower) and dc-link(upper) with current control
 (b) phase current(upper) and dc-link(lower) at steady state

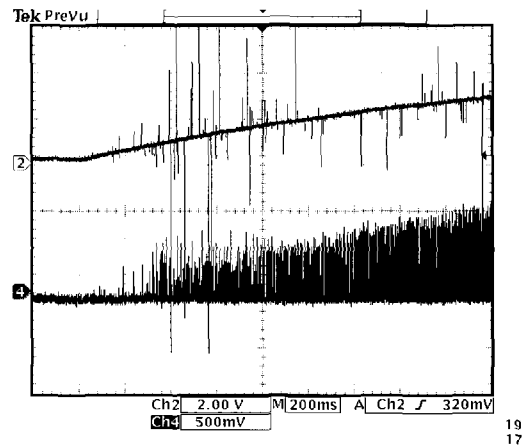


그림 11 기동시 상전류파형
 Fig. 11 Current at starting
 (Ch2: 제어신호 2V/div, Ch4: 입력전류 2A/div, Time: 200ms)

그림 11 기동시 상전류파형
 Fig. 11 Current at starting
 (Ch2: control signal 2V/div, Ch4: input current 2A/div, Time: 200ms)

그림 9는 단상 SRM의 기동시 소프트 스타팅을 위한 과도상태와 정상상태에서의 운전 에 따른 전류와 전압 파형을 나타내고 있다. 전류 비교기에서의 동작이 원활히 이루어짐을 알 수 있다.

그림 10는 단상 SRM의 속도, 토크, 출력 곡선을 나타내고 있다. 여기서 전동기의 속도 제어를 위한 상여자 신호는 홀센서에 의해 자동으로 발생되므로 그림에서와 같이 출력은 속도에 따라 저하된다.

그림 11은 기동시 운전 지령치와 그에 따른 상전류의 파형을 보여주고 있다. 저가형 단상 SRM에서 운전 명령에 대하여 응답이 잘 이루어짐을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 부가적인 능동 회로 없이 SRM 구동 회로를 1단 방식으로 구성하여 기존의 송풍기용 단상 정류자 전동기를 대체하고 기존제품에 맞는 시스템을 개발하고 그 성능을 확인하였다.

단상 SRM은 회전자의 위치에 따라 기동토크가 발생하지 않는 영역이 존재한다. 이를 개선하기 위하여 정지마그네트와 구동을 위한 위치센서용 홀 센서를 1개만 사용함으로써 전체 시스템의 저가화를 지향하였고, 단상 SRM의 실험에 의한 구동 특성과 실용화 가능성이 보였다.



김봉철(金奉徹)

1978년생. 2003년 경성대 전기전자공학과 졸업. 2003년~현재 동 대학원 전기전자공학과 석사과정.

참 고 문 헌

- [1] Euxibie E and Thenaisie P, "A Switched Reluctance Drive for Pallet Truck Applications", Intelligent Motion, Proceedings, pp. 88~100, June 1990.
- [2] Lawrenson P.J et al, "Variable-Speed Switched Reluctance Motors", Proceedings IEE. Vol. 127, Pt. B, pp .253~265.
- [3] Byrne, J.V, et al, "A High-Performance Variable Reluctance Motor Drive : A New Brushless Servo", Motorcon Proceedings. pp. 147~160, 1985.
- [4] 안진우, "1.5kW급 스위치드 릴럭턴스 전동기 개발", 통산 산업부 시행 공업기반기술개발사업 기술개발 보고서. pp. 1~203, 1997.

저 자 소 개



안진우(安珍雨)

1958년생. 1984년 부산대 전기공학과 졸업. 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년 12월~1996년 2월 영국 글래스고우대 방문연구원. 1998년 8월~1999년 8월 미국 위스컨신대 방문교수. 1992년~현재 경성대 전기전자컴퓨터공학부 교수. 당 학회 학술이사.