

6/6 단상 SRM의 제어 및 운전특성

손익진, 오석규\*, 박성준\*\*, 안진우  
경성대, \*진주산업대, \*\*동명대.

Control and Driving Characteristics of 6/6 Single-Phase SRM

I.J Son, S. G. Oh\*, S.J. Park\*\*, J.W. Ahn,  
Kyungsung U., \*Chinju Nat'l U., \*\*Tongmyong C., \*\*

Abstract - This paper proposes a driving scheme for 6/6 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.

1. 서론

스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched Reluctance Motor, SRM)는 일반적인 상호토크(Mutual Torque)를 이용하는 구동방식과는 다르게 릴럭턴스 토크를 이용한 단일 여자방식(Single Exiting Method)으로 구동시키며 전자기적 구조가 간단 견고하며, 고효율, 고토오크/관성비, 넓은 범위의 가변속운전등의 장점을 가진 전동기구조로서 여러 가지 산업분야 및 가전분야에 그 적용범위를 넓혀가고 있다.[1]

SRM의 고정자와 회전자의 극수 조합은 현재까지의 연구결과 6/4, 8/6, 12/8 극의 다상 조합이 가장 실용성이 큰 것으로 입증되고 있으나, 이 경우 스위칭 소자의 수가 증가하여 경제성을 중요시하는 시스템에서는 불리하다. 이러한 스위칭 소자수의 감소를 위한 한 방식이 단상 SRM이다. 그러나 단상 SRM은 회전자의 위치에 따라 기동토크가 발생하지 않는 영역이 존재하고 또한 초기 기동위치에 따라 정방향과 역방향이 결정된다.

본 연구에서는 이러한 특성을 가진 6/6극 단상 SRM의 실험에 의한 제어 및 구동특성과 저가화를 통한 실용화 가능성을 검토 하고자 한다.

2. 단상 SRM의 설계와 구동원리

2.1 6/6 단상 SRM의 구동원리

그림1은 6/6극 단상 SRM 및 시스템의 개략도를 나타내는 것으로서 그림에서 보는 바와 같이 단상 SRM은 고정자 각 권선이 직렬조합으로 구성되어있다. 또한 적용 소자는 비대칭 인버터를 기준으로 아랫단과 윗단에 각 1개씩의 스위칭 소자와 다이오드가 소요되어 제어가 간편하며 매우 경제적이다.

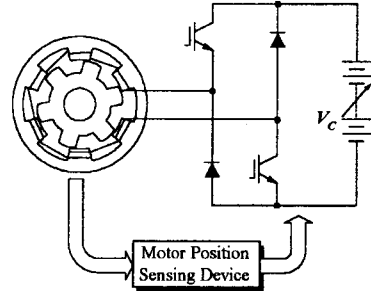


그림 1 단상 SRM  
Fig. 1 Schematic diagram of single-phase SRM

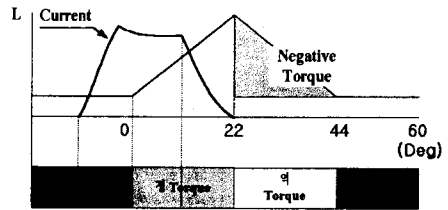


그림 2 단상 SRM의 운전 특성  
Fig. 2 Operation characteristics of single-phase SRM

단상 SRM은 그림 2에서 보는 바와 같이 특정위치에서 기동토크가 발생되지 않는 영역이 존재한다. 따라서 초기 기동위치의 정보를 확보하기 위하여 일반적으로 정지용 자석(parking magnet)을 사용한다.

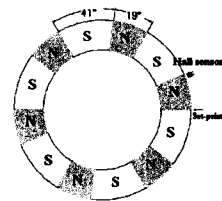


그림 3 단상 SRM용 엔코더  
Fig. 3 Encoder of single phase SRM

그림 3은 6/6 단상 SRM의 회전자 위치 검출 및 초기 기동 정보를 확보하기 위한 링 마크베트의 단면도를 보여주고 있다. 기존의 자극의 구조는 6/6 SRM의 한 상에

해당되는 60° 주기를 갖게 설계하고 N극과 S극을 서로 대칭시켜서 30° 간격으로 사용한다. 그러나 센서의 수를 최소화하고 간단한 하드웨어를 구성하기 위해서는 자극의 구조를 그림 4에서 보는 바와 같이 비대칭적으로 만들어 N극의 주기가 단상 SRM의 스위칭 온 주기가 되도록 구성하는 것이 바람직하다. 또한 초기 기동시 N극의 변위는 스위칭 신호의 안정화를 위하여 확실한 정토크 발생영역으로 결정한다.

## 2.2 6/6 단상 SRM의 설계 및 제작

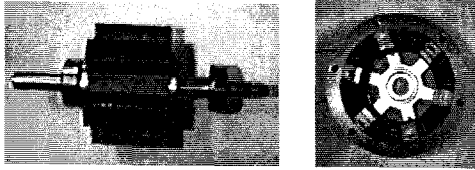
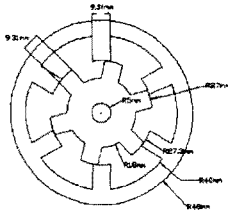


그림 4 단상 SRM 설계치수 및 구조  
Fig. 4 Design dimension and prototype single-phase SRM

단상 SRM의 설계를 위해 설계 보조프로그램인 PC-SRD를 이용하였다. 그림 4는 설계된 단상 SRM의 설계치수를 나타내고 있으며 고정자와 회전자 극호각은 22로 하였다.

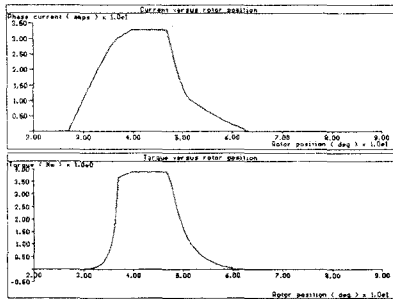


그림 5 설계에 따른 전류토크 파형  
Fig. 5 Current and torque according to motor design

표 1 단상 SRM의 재원  
Table 1 Specification of the prototype single-phase SRM

극 수	고정자 6극, 회전자 6극
정격 전압	110 [V]
정격 속도	5000 [rpm]
정격 출력	400 [W]
전동기 외경	96 [mm]
전동기 길이	34 [mm]

표1은 본 논문에 사용된 고정자와 회전자가 각각 6극으로 구성되어 있는 단상 SRM의 설계 및 재원을 보여주고 있다. 설계된 단상 SRM의 정격 전압은 110[V]이며 기저속도는 5000[rpm]이다

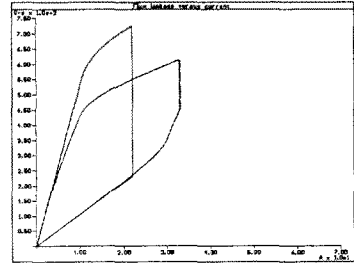


그림 6 설계에 따른 전류-자속 곡선  
Fig. 6 Current-Flux curve according to motor design

그림 5와 그림 6은 설계에 따른 시뮬레이션된 상전류와 토크, 이에 따른 전류-자속 곡선을 나타내고 있다. 설계에 사용된 단상 SRM의 구동을 위한 기준토크각은 19도로 정하였다[3].

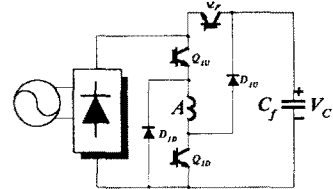


그림 7 구동 전력회로  
Fig. 7 Drive power circuit

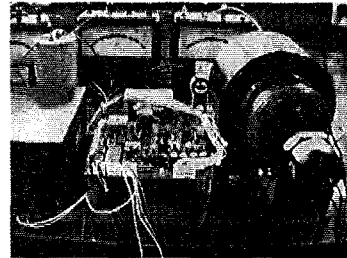


그림 8 단상 SRM 시험장치도  
Fig. 8 Test set-up for single-phase SRM

그림 7은 단상 SRM의 고역률 구동을 전력회로를 그림 8은 실험을 위해 설계 제작된 6/6 SRM의 장치도를 보여주고 있다. 부착된 상대엔코더는 실험의 편리성을 위한 것이다.

설계된 단상 SRM의 운전특성을 검증하기 위하여 그림 9와 같이 제어기를 구성하였다. 제어 및 상태를 표시하기 위해서 PIC16C877을 사용하였다. 우선 기동을 위해서는 속도 제어부에서 엔코더의 상 신호를 받아 바로 CCP1 출력으로 한다. 이때 속도 제어부의 PWM제어는 소프트 스타트 기능을 갖도록 1차 함수로 제한전류의 크기까지 PWM신호를 발생한다.

속도지령치는 외부의 가변저항으로부터 절대치 회로와 비교기의 출력을 AD와 IO 포트의 조합에 의한 11 Bit 정보로 얻게된다. 실제속도는 CCP2에 연결된 인코더의 상 신호의 폭으로부터 구한다. 속도 제어부는 지령속도와 실제속도의 차에 의해 스위칭 온각 변위를 제어하게 된다[4].

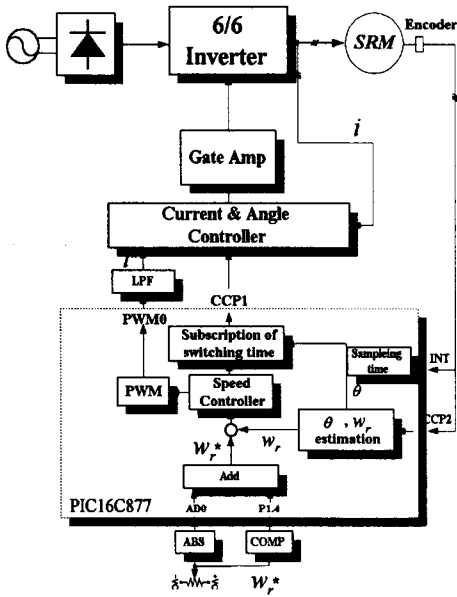


그림 9 제어기의 블록도  
Fig. 9 Block diagram of the controller

### 3. 실험 및 고찰

그림 10은 구동시 6/6 단상 SRM의 입력측 및 상 전류 파형을 보여주고 있다. 입력측 역률은 거의 단위역률로 동작하고 있음을 알 수 있다.

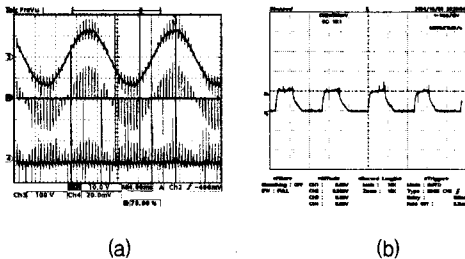


그림 10 구동시 입력 및 상전류  
(a) 입력전압 및 전류 (b) 상전류  
Fig. 10 Input and phase current  
(a) Input voltage and current (b) phase current

그림 11은 단상 SRM의 기동시 소프트 기동을 위한 과도상태 전류를 나타내고 있으며, 파형으로부터 전류 비교기에서의 지령치 전류에 따른 상전류 파형이 원활히 이루어짐을 알 수 있다.

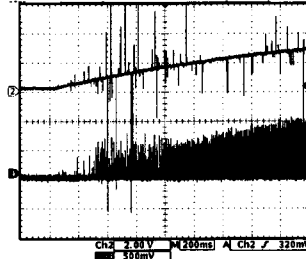


그림 9 기동시 지령치(위)에 의한 상전류(아래)  
Fig. 9 Phase current at starting

그림 12은 설계된 SRM의 속도에 대한 토오크 특성을 나타내고 있다.

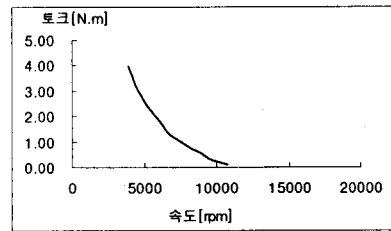


그림 12 속도-토오크 특성  
Fig. 12 Speed vs. torque characteristics

### 4. 결 론

단상 SRM은 회전자의 위치에 따라 기동토크가 발생하지 않는 영역이 존재한다. 본 연구에서는 부가적인 능동 회로 없이 SRM 구동회로를 1단 방식으로 구성하였고 정지마그네트와 구동을 위한 위치센서용 홀 센서를 1개만 사용함으로써 전체 시스템의 저가화를 지향하였고, 마이크로컨트롤러를 기본으로 한 실험을 통해 특성을 검토 하였다.

#### [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 PJ et al : "Variable-speed switched reluctance motors", Proceedings IEE. Vol.127, Pt.B, pp.253-265,
- [3] 안진우 외 6 : "단상 SRM의 고역률 구동회로에 관한 연구"전기학회 춘계 학술대회 pp.345-348, 2001.4