

디스크형 단상 SRM의 동작 특성 해석

이종한* · 오영웅** · 이은웅**
천안공업고등학교* · 충남대학교**

Operating Characteristics Analysis of Disk type Single-phase SRM

Jong-Han Lee* · Young-Woong Oh** · Eun-Woong Lee**
Chonan Technical High School* · Chungnam Nat'l. Univ.**

Abstract - The various advantages of DSPSRM lie in constructional simplicity, robustness and low cost. Also it has a specific characteristic of axial flux machine and radial flux machine simultaneously.

In this paper, we designed and manufactured its operating drive and measured the characteristics of torque, efficiency, current to speed.

1. 서 론

산업 사회의 변화가 자동화, 정밀화, 고효율화 등으로 진행되면서 범용 전동기뿐만 아니라 특정 부하에 적합한 특수형 전동기의 개발이 본격화되고 있다. 이와 같은 산업 현장의 요구에 의해 개발되는 스위치드 리레인스 모터(switched reluctance motor : SRM)도 개발 초기 단계에서는 스위칭 문제, 불연속 토크의 발생 및 이로 인한 소음 및 진동 등 여러 가지 문제점들로 개발에 많은 어려움이 있었으나, 1980년대를 기점으로 컴퓨터를 사용한 전자계 해석기술의 발달과 전력전자기술의 발달에 힘입어 이러한 문제점들을 해결되면서 기존의 범용 전동기를 대체할 만큼의 특성 개선과 실용화를 위한 연구가 진행되고 있다.[1][2][3][4]

SRM은 기존의 전동기에 비해 구조 및 구동회로가 간단하고 견고하며 다양한 형태로 변형 제작하기가 용이하다는 장점을 갖고 있다. 특히 디스크형 단상 SRM(DSPSRM)은 축방향 길이가 방사방향 길이에 비해 짧고, 외륜(outer rotor)형 회전자를 갖는 형태로 구동될 수 있어 fan 구동용으로 협소한 장소에 설치하여 운전하기에 적합한 전동기이다. [3]

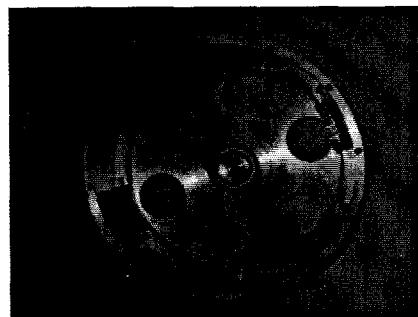
본 연구에서는 3차원 유한요소법을 사용하여 설계 제작된 DSPSRM의 시작기[3]에 적합한 구동방식과 제어 방법에 대한 기본 이론을 정립하고, 구동드라이브를 설계 제작하고자 한다. 또한 여러 가지 특성 실험을 통해 시작기의 동작 특성을 분석함으로서 DSPSRM의 실용화를 위한 자료를 얻고자 한다.

2. DSPSRM의 구조 및 구동 원리

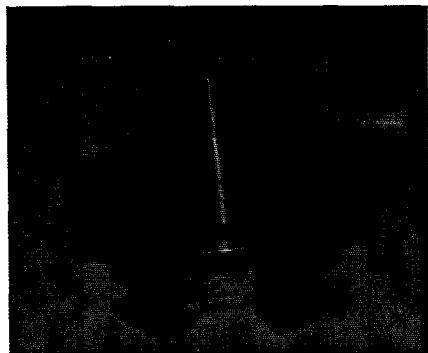
DSPSRM은 3상 SRM과 비교하여 전혀 다른 형태를 갖고 있으며 무엇보다도 방사방향 자속(radial flux)과 축방향 자속(axial flux)을 동시에 이용함으로서 자속이

용율을 높일 수 있다.[3]

DSPSRM은 크게 'ㄷ'자 모양으로 된 6개의 고정자극과 'ㅏ'자 모양으로 된 같은 수의 회전자극, 원통형으로 된 한 개의 권선, 지지기구로 구성되어 있다. 이와 함께 단상 SRM의 기동 문제를 해결하기 위한 정지용 자석(parking magnet)과 회전자의 위치를 정확하게 검출하여 정확한 스위칭 동작을 할 수 있도록 위치센서를 필수적으로 갖추고 있다. 그럼 2.1은 DSPSRM의 시작기에 대한 회전자와 고정자를 나타낸 것이다.



(a) 회전자



(b) 고정자

그림 2.1 회전자와 여자권선이 감긴 고정자

DSPSRM의 구동원리는 그림 2.2의 그림과 같이 회전자극은 전원이 인가되지 않은 정지상태에서는 항상 정지용 자석에 의해 일정 위치에 놓이게 된다. 이 상태에서 여자권선에 전류가 인가되면 6개의 고정자극이 동시에 여자되고 회전자극은 가까운 방향의 고정자극으로 끌려 정렬된 위치(aligned position)쪽으로 이동하여 최소의

자기저항을 유지하게 된다. 이 때 여자전류를 off시키면 회전자는 관성에 의해 계속 회전하게 되고 회전자극이 고정자극과 고정자극 사이의 중간지점(unaligned position)을 지나면 다시 여자전류를 on시켜 연속적인 회전력을 얻게 된다.[3] 이때 정지용 자석의 위치를 적절히 조절함으로서 기동 토오크와 기동전류를 조절할 수 있다.

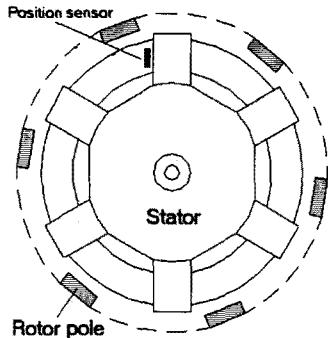


그림 2.2 DSPSRM

3. 구동 드라이브의 설계 제작

DSPSRM의 구동 회로는 구동 방식과 제어 방식에 따라 결정되며, 타전동기에 비해 구조적으로 매우 간단하고 제어 성능이 우수하다는 장점을 갖는다. 본 연구에서는 두 개의 스위치와 다이오드로 구성된 비대칭 브리지 컨버터 형태를 사용하였는데 그림 3.1은 구동회로를 나타낸 것이다. 이 구동방식은 구조가 간단하고, 제어의 다양성이 뛰어나며, 특히 제어 방식에 따라 한 개의 스위치 또는 두 개의 스위치 모두를 turn-off시켜 권선에 흐르는 전류가 전원측으로 에너지를 환원시킴으로써 인덕턴스가 부의 기울기로 변하기 전에 소멸되거나 감소시킴으로서 부토오크의 발생을 억제할 수 있다.[4]

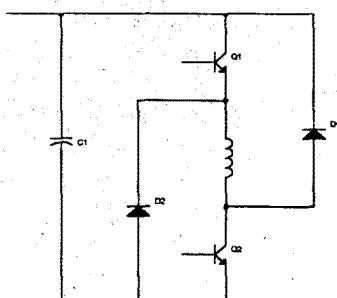


그림 3.1 비대칭 브리지형 컨버터

또한 DSPSRM의 제어 방법은 일반 다상 SRM과 같이 속도와 부하에 따른 전류의 인가시점과 모양이 다르고 이에 따라 저속운전에서 속도를 제어하기 위해 전류를 초평하는 전류제어방식(current control)과 고속 운전 시 전류 인가시점과 도전시간을 인덕턴스의 주기에 따라 제어하는 각도제어방식(angle control)이 있다.[4] 본

연구에서 사용되는 시작기는 저속용으로 설계제작되었으므로 일정구간에서 전류를 제어하는 방식을 사용하였고, 일반적으로 실제 전류가 기준 전류보다 크거나 작거나에 따라서 스위칭이 이루어지는 히스테리시스 전류제어방식이 많이 사용되고 있으나, 본 연구에서는 출력브리지회로의 스위칭을 통하여 전류값을 제한하는 초퍼 증폭기를 이용한 고정오프 시간방식을 사용하였다.

또한 이와 같은 전류제어기가 이용되는 비대칭 브리지 컨버터를 구성하기 위해서는 여러 개의 스위치 소자와 다이오드를 사용하여야 하기 때문에 복잡한 회로구성이 필수적이지만 본 연구에서는 전-브리지 모터 드라이버로서 4비트의 D/A변환기, 기준전류와 실제 상전류를 비교하여 오차신호를 발생시키는 증폭기, 제어로직회로, 전력변환회로가 단일 칩속에 내장되어 있는 LMD18245를 사용하였고, 마이크로 프로세서와 결합하여 DSPSRM을 정전류 구동하였다. 그럼 3.2는 DSPSRM의 구동회로를 나타낸 것이다.

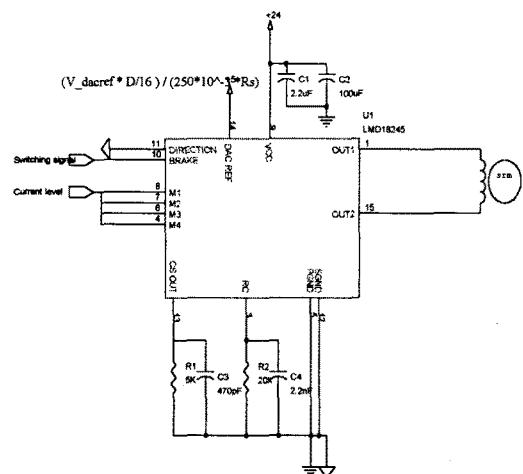


그림 3.2 DSPSRM의 구동회로

4. 특성 실험 및 결과

DSPSRM은 회전자의 위치에 따른 전류의 스위칭 동작이 운전특성에 미치는 영향이 다른 다상SRM보다 훨씬 크다. 본 연구에서는 고정자에 대한 회전자극의 위치를 정확하게 검출하기 위해 회전자극 모양의 엔코더를 사용하여 구동회로를 제어하기 위한 회전자극 위치 신호를 검출하였다. 그림 4.1은 회전자극의 위치를 검출한 과정에 따라 고정자에 인가되는 전류의 과정을 나타낸 것으로 A 부분은 회전자극이 고정자극과 근접하는 순간으로 인덕턴스가 증가하기 시작하므로 펄스전류의 인가시점으로 검출한 것이고, B 부분은 회전자극이 고정자극과 정렬된 위치이므로 인덕턴스가 최대값에서 감소하기 시작하여 부토오크가 발생하므로 펄스전류를 off시키는 순간을 결정한다. 또한 그림 4.2는 고정오프시간 방식으로 전류를 제어하였을 때의 고정자 여자권선에 인가되는 전류의 과정을 나타낸 것이다.

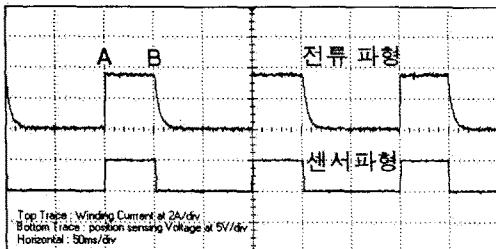


그림 4.1 센서 파형에 의해 인가되는 전류 파형

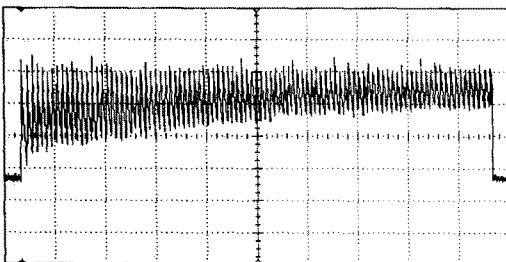


그림 4.2 고정오프시간 방식의 전류 제어

또한 시작기에 대한 동작특성을 얻기 위하여 속도 대 토오크, 효율 특성은 그림 4.3에 속도 대 전류 특성은 그림 4.4에 나타내었다. DSPSRM의 토오크 특성은 마찰에 의한 영향을 무시하였을 때 모터의 관성모멘트에 대한 가속토오크와 회전자의 무게에 의한 관성부하토오크를 고려하여 실험한 결과 속도증가에 따라 토오크가 증가함을 확인하였다.

또한 속도 대 전류 특성을 나타낸 그림 4.4에서 전류가 증가함에 따라 속도가 증가됨을 알 수 있고, 평균 전류 1.2[A]이상의 전류를 인가할 경우는 속도가 빨라지므로 단지 일정 구간 전류제어만으로는 제어하기 힘들기 때문에 각도제어법과 같이 병행하여야만 한다.

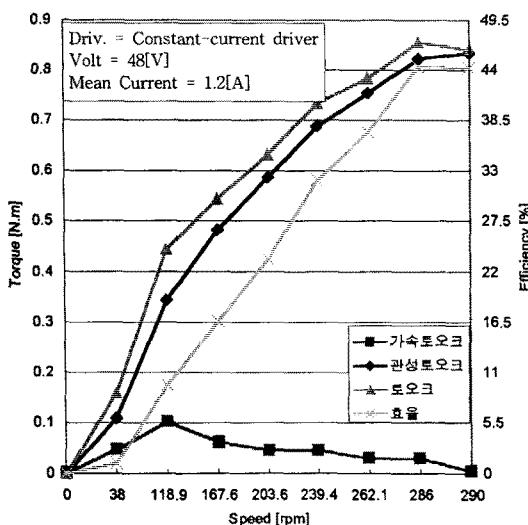


그림 4.3 속도 대 토오크, 효율

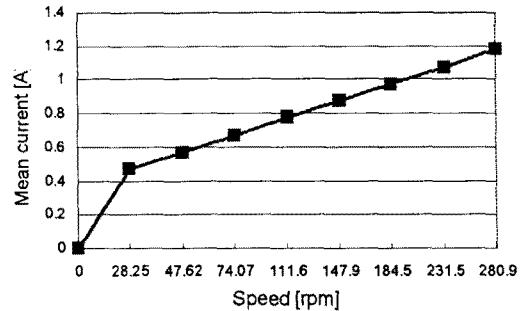


그림 4.4 속도 대 전류

5. 결 론

DSPSRM은 구조가 더욱 간단하고 경고하며, 축방향 길이를 줄일 수 있으며, 또한 축방향 자속과 방사상 자속이 동시에 존재하여 자속이용율을 높일 수 있으며 다양한 구조로 제작할 수 있다.

이러한 DSPSRM의 기본 구조 및 동작원리, 구동 및 제어 방식을 설계제작하였다. 그리고 시작기에 대한 구동드라이브의 설계제작을 통한 DSPSRM의 특성을 실험하였다. 이 결과 회전자 위치에 따른 스위칭 on-off 시간 및 도통시간을 결정할 수 있었고, 무부하시 속도 대 토오크, 효율, 전류 등을 측정하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] C.C.Chan, "Single-phase switched reluctance motors", IEE Proc., Vol.134, Pt.B, No.1, pp.53-56, January 1987
- [2] J.H.Lee, E.W.Lee,D.J.Lee, "Approximated torque characteristics of disk type single phase SRM by 3D modeling", ICEE, Kyung-Joo, pp.13-16 1998.7
- [3] 이종한, 오영웅, 이은웅, 이민명 "회전자 위치에 따른 디스크형 단상 SRM의 토오크 특성 해석", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp.61-63, 1998.11.
- [4] T.J.E.Miller, "Switched Reluctance Motors and their Control", Magna Physics publishing and clarendon press Oxford, 1993