

Spindle Motors using SMC for HDD

김 상 옥[†]
(Sang-Uk Kim)

Abstract - This paper is presented for the development of the brushless DC(BLDC) motor for the spindle motor of hard disk drives(HDD). A new BLDC Motor has the use of insulated, compacted, and iron powder for the armature core material of BLDC motors. Insulated iron powder in this paper is generally called soft magnet composite(SMC). The SMC is used for the stator of the motor instead of the laminated steel core. The motor used by SMC can have the good advantages in condition of the high frequency input power and small sized motor. It gets much more high efficiency than laminated steel core at same input power. The proposed motor has a technique of speed sensorless control. Experimental results show the performance of the proposed BLDC motors for an HDD.

Key Words : Spindle Motor, SMC, BLDC Motor, Core, HDD

1. 서 론

정보기억장치용 초정밀 회전기기는 나노(nano) 미터 단위의 회전정밀도를 유지하면서 컴퓨터, 음향 및 영상 등의 데이터 저장 매체(HDD, CD, DVD, VCR, Camcoder 등)의 구동원으로 사용되는 브러시리스 직류 모터(Brushless DC Motor) 구조를 가진 스피들 모터 등을 포함한 회전기기를 말한다[1]. 21세기 정보화 사회가 도래함에 따라 정보기억장치 및 프린터용 초정밀 회전기기는 그 사용범위가 더욱 커지고 있다. 특히 고용량, 초소형, 초고속 정보기억장치 개발 등과 같은 미래 산업을 주도하기 위해서는 초정밀 회전기기의 공통 기반 기술 중 초소형화 및 고 효율화를 위하여 스피들 모터의 기술 개발이 매우 중요한 기술 개발의 과제로 떠오르고 있다. 하드 디스크 드라이브(Hard Disk Drives, HDD)의 경우 스피들모터에 플래터(Platter)를 장착하고, 이로부터 데이터를 읽고, 저장하는데, 이들 데이터를 빠른 속도로 처리하기 위해서는 모터의 회전 속도가 빠를수록 데이터 및 컴퓨터 전체 처리 속도를 향상 시킬 수 있다. 스피들 모터의 속도를 빠르게 하고, 크기를 줄이기 위해서, 모터 구조의 기계적인, 전기적인 최적화 설계를 요구하고 있다[2].

본 논문에서는 HDD용 스피들모터의 초고속, 초소형화가 가능한 성능을 확보하기 위하여 고 효율로 운전되는 BLDC 모터를 설계하였다.

이를 위하여 스피들모터의 요소 부품 중에서 스테이터 코어를 SMC(Soft Magnet Composite)로 구성하였다. SMC는 기존 Si-Fe로 구성된 스테이터 코어에 비해 고주파 입력

전류, 즉 고속으로 회전하는 스피들모터에 매우 향상된 효율을 가질 수 있는 장점을 가지고 있다[3-6]. 본 논문에서는 속도제어를 위하여 센서리스 제어를 구성하였으며, SMC를 이용하여 설계된 스피들모터와 기존 Si-Fe 코어로 제작된 스피들 모터의 성능을 실험으로 비교 분석하고, 제안된 스피들모터의 초고속, 고효율 성능특성 결과를 얻었다.

2. 본 론

2.1 HDD용 스피들 모터

HDD용 모터는 플래터를 일정한 속도로 회전시키는 장치이며, 이 모터는 스피들에 직접 연결되어 있기 때문에 '스피들 모터'라고도 부른다. HDD를 포함한 대부분의 저장 장치들을 드라이브(drive)라고 부르는 것은 디스크를 모터로 구동(drive)하기 때문이다.

그림 1은 스피들 모터의 구조를 보여주고 있다. 스피들 모터는 BLDC모터 구조를 가지며, 볼베어링(ball bearing), 스테이터(stator), 자석(magnet), 허브(hub), 권선(winding), 베이스 플레이트(base plate)로 구성된다. HDD는 모델 및 스피들 모터에 따라서 3600, 4500, 5400, 7200, 10,033, 15,000[rpm]의 속도로 회전하며, 회전 속도가 빠를수록 데이터의 전송 속도를 빠르게 할 수 있다.

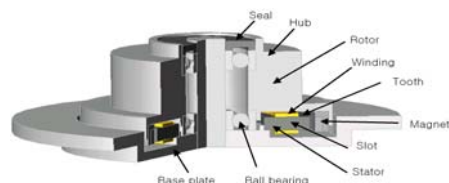


그림 1 스피들 모터의 구조
Fig. 1 Structure of spindle motors

[†] 교신저자, 정회원 : 인하공업전문대학 전기정보과 교수 · 공박
E-mail : sanguk@inhac.ac.kr

접수일자 : 2010년 3월 25일

최종완료 : 2010년 4월 21일

2.2 SMC

HDD용 스피들 모터의 스테이터는 현재까지 규소 강판(Si-Fe)을 이용하고 있다. 초고속화 및 고효율 성능을 요구하는 스피들모터의 경우 기존 규소 강판(Si-Fe)의 경우 성능을 개선시키는데 한계를 가지고 있다. 따라서, 본 논문에서는 최근 주목받고 있는 SMC(Soft Magnet Composite) 코어를 적용하여 이들 성능을 개선할 수 있도록 제안하였다.

SMC는 파우더 타입으로 압축 소결하여 만들 수 있다. 이는 형상에 따라 자유롭게 3차원으로 설계가 가능하며, 기존 2차원 타입의 규소 강판 스테이터 보다 설계가 매우 용이하다. SMC의 특성으로는 고주파가 발생하는 환경에서 철손이 작아 에너지 효율이 높다.

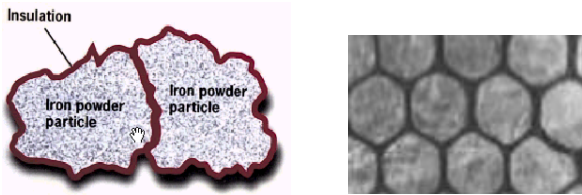


그림 2 SMC의 구조
Fig. 2 Structure of SMC

SMC는 그림 2와 같이 코팅된 파우더 분자가 절연되어 입자표면에 얇은 절연층이 있는 고순도 철분으로 구성되어 있다. 고정자를 SMC로 구성하기 위해서는 SMC 파우더를 압축 소결하여 만들 수 있다. 고주파 입력 전류에 매우 향상된 효율 특성을 가지고 있으며, 그림 3과 같이 일반 Si-Fe 스테이터에 비해 와전류가 100[micron] 내외의 매우 작은 입자 내에서 발생되기 때문에 그림 4와 같이 와전류 손실이 적은 특성을 가지고 있다. 또한 고주파수 즉, 높은 속도 영역에서 철손 저항이 기존 Si-Fe 코어 보다 적어 효율 향상과 발열을 줄일 수 있는 특성을 가지고 있다.

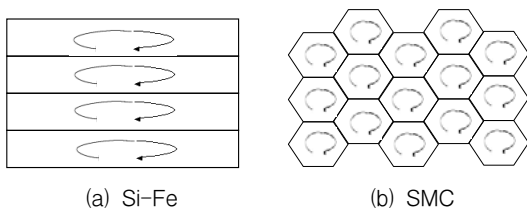


그림 3 Si-Fe 및 SMC의 와전류 특성
Fig. 3 Characteristics of eddy current for Si-Fe and SMC

SMC를 스테이터 코어로 설계하였을 경우, 3차원 형상 구조(설계의 자유도 확대), 투자율이 3차원 적인 등방성 구조, 높은 치수 정밀도, 표면과 모서리의 조도가 높고, 고주파 대역에서 낮은 철손, 고속 영역에서 높은 효율, 조립의 용이성, 높은 내구성, 높은 내 부식성, 높은 생산성, 재활용이 가능한 친환경성 등의 장점을 가지며, 단점으로는 낮은 투자율(550 이하), 낮은 포화 자속 밀도(0.2T 낮음), 저주파 대역에서 낮은 철손, 낮은 기계적 강도(20Mpa) 등과 같은 특성을 가진다.

따라서, SMC로 스테이터 코어를 설계하는 경우 고주파

입력을 가지는 초고속 스피들 모터의 경우에 매우 유리한 특성을 가지고 있다. 본 논문에서는 그림 4와 같이 10KHz 이하의 주파수에서 낮은 철손 특성을 가지는 스웨덴의 호가나스(Hoganas)사의 소말로이 500 제품의 SMC를 사용하여 실험을 수행하였다.

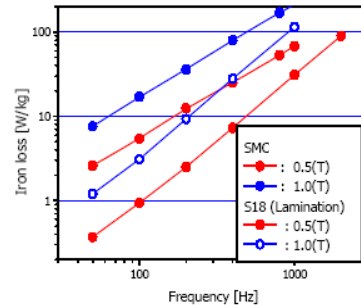


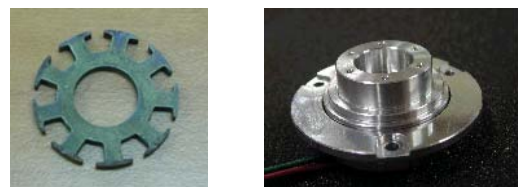
그림 4 Si-Fe(S18) 및 SMC의 주파수, 철손 특성 비교
Fig. 4 Characteristic Comparison of frequency and iron loss for Si-Fe(S18) and SMC

3. 실험결과

본 실험에서는 SMC를 이용한 HDD용 스피들모터(정격전압: 12V, 정격속도: 15,000rpm, 정격출력: 8W)와 Si-Fe 코어를 사용한 스피들모터를 비교 검토 하였다. 스피들모터는 9 슬롯의 스테이터(내경: 14.4mm, 외경: 27.5mm, 높이: 2.5mm)에 0.3φ 코일을 16턴으로 권선하였으며, 로터 마그네트는 8극으로 구성되어 있다. 그림 5와 같이 사용한 SMC는 편리상 성형 압축된 봉재를 설계된 두께로 자르고, 와이어 컷팅을 하여 제작하여 사용하였으며, 조립 개발된 스피들모터를 보여주고 있다.

그림 6은 2,500[rpm]에서 15,000[rpm]까지의 속도영역(입력 주파수가 2KHz 이하)에서 SMC를 사용한 스피들모터와 Si-Fe 스테이터를 이용한 기존 스피들 모터와 무부하 상태에서의 입력전력을 비교 검토 하였다. 그림에서 볼 수 있듯

이 전력이 전 속도 영역에서 낮은 것을 볼 수 있었으며, 특히 고속영역(고주파 영역)에서 현저히 특성이 양호함을 알 수 있었다. 이 결과는 SMC 특성에서 알 수 있던 것과 같이 낮은 주파수 영역 보다 높은 주파수 영역에 있어서 Si-Fe 스테이터에 비해서 철손 및 전력 손실을 현저히 낮출 수 있는 특징에 기인하는 것으로 판단된다.



(a) SMC 스테이터 (b) 스피들 모터
(a) SMC stator (b) Spindle motor

그림 5 SMC 스테이터 및 개발된 스피들 모터
Fig. 5 SMC stator and the developed spindle motor

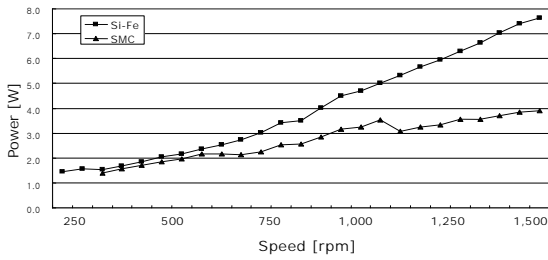


그림 6 SMC 및 Si-Fe 스피들 모터의 전력
Fig. 6 Input Power of SMC and Si-Fe spindle motors

그림 7은 19,500[rpm] 속도에서 모터 속도 제어를 위해 사용된 센서리스 속도제어기의 DC 입력전압 및 1상 입력 전류를 각각 나타내었다. 고속영역에서 SMC를 이용한 스피들모터의 경우 입력 전류는 286.6[mA]이었으며, Si-Fe는 478.8[mA] 로 우수한 효율 특성을 가지고 있는 것을 알 수 있었다.

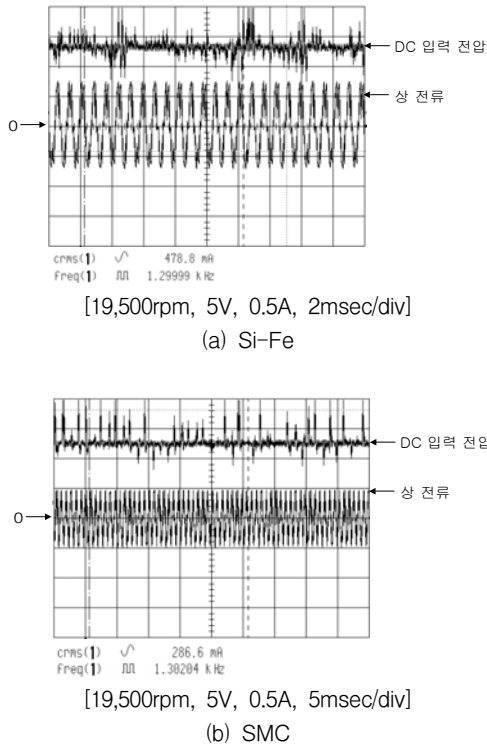


그림 7 Si-Fe 및 SMC 스피들 모터의 입력 전압, 전류
Fig. 7 Input voltages and currents for Si-Fe and SMC spindle motors



그림 8 3차원으로 설계된 SMC 스테이터
Fig. 8 SMC stator designed by 3 dimension

4. 결 론

본 논문은 SMC를 이용한 정보기억장치인 HDD용 스피들 모터를 개발하였다. 높은 속도 영역에서 스피들 모터의 고효율 성능을 확보하기 위하여, 고주파수 영역에서의 철손이 기존 Si-Fe 코어 보다 적은 SMC를 이용하여 스테이터를 제작하였다. 실험을 통하여 기존 Si-Fe 코어로 구성된 스피들 모터에 비해 제안된 스피들 모터의 특성 및 성능이 양호한 특성을 가지고 있는 것을 볼 수 있었다.

추후 과제로서 그림 8과 같이 SMC 파우더를 압축 소결하여 3차원으로 설계 제작함으로써, 스피들 모터의 초 소형화, 고 효율화, 형상의 최적화 등 성능 특성을 더욱 높이고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2007학년도 인하공업전문대학 교내연구비 지원에 의하여 연구 되었음.

참 고 문 헌

- [1] J.R. Hendershot Jr and Tje Miller, "Design of Brushless Permanent-Magnet Motors", Clarendon Press, 1994.
- [2] Economies of Speed, CHEETAH X15-36LP TECHNOLOGY PAPER, 2001.
- [3] B.C. Mecrow, A.G. Jack and S.A. Evans "Permanent Magnet Machines with Soft Magnetic Composite Stators", International Conference on Electrical Machines, Istanbul, Turkey, September 1998.
- [4] A.G. Jack, B.C. Mecrow, and P.G. Dickinson "Iron loss in machines with powdered iron stators", IEEE IEMDC Conf., Seattle, May 1999.
- [5] A.G. Jack, B.C. Mecrow, P.G. Dickinson, D. Stephenson, J.S. Burdess, J.N. Fawcett, T. Evans, "Permanent Magnet Machines with Powdered Iron Cores and Pre-Pressed Windings", IEEE IAS Conf., Phoenix, US, 1999.
- [6] 정인성, 허진 "Metal Powder 성형코어를 적용한 모터기술 및 적용사례" KETI, 2004.

저 자 소 개



김 상 욱 (金 尙 郁)

1967년 2월 12일생. 1992년 인하대 전기공학과 졸업. 1995년 인하대 전기공학대학원 졸업(석사). 1998년 동대학원 졸업(공학박). 1998. 3 - 현재 인하공업전문대학 전기정보과 교수.

Tel : 032-870-2197

FAX : 032-870-2507

E-mail : sanguk@inhatc.ac.kr