

모터 부상높이 변화에 따른 언로드 특성 연구

A Study on Unload Characteristic according to Motor Flying Height

박재성* · 김석환* · 김기훈* · 이용현* · 박노철* · 박영필* · 박경수†

Jaesung Park*, Seokhwan Kim*, Ki-Hoon Kim*, Yonghyun Lee*, No-Cheol Park*,

Young-Pil Park*, Kyung-Su Park †

1. 서론

최근 하드디스크 드라이브의 스피들 모터 시스템은 진동과 소음 문제 때문에 기존의 볼베어링에 비해 유리한 유체동압베어링(fluid dynamic bearing, FDB)이 적용되고 있다. 볼베어링을 사용한 스피들 모터 시스템은 기하하적인 불균형과 접촉에 의한 높은 진동, 그리고 높은 NRRO(Non-Repeatable Run-Out)를 발생시켜 고밀도의 저장 밀도를 만족하기 힘들다. 유체동압베어링 시스템은 볼 베어링과 달리 기계적 접촉에 의한 진동을 방지하여 진동과 소음을 줄일 수 있다. 유체동압베어링 스피들 시스템의 개략도는 그림 1과 같다. 그림 1에서 보는 바와 같이 유체동압베어링 스피들 시스템이 구동하여 회전운동을 시작하게 되면 속도에 따라 스톱 베어링의 반력에 의해서 회전부분이 부상하기 시작한다. 이 때, 회전부분이 상승하는 양을 모터의 부상높이라 하는데 이 유체동압베어링 모터의 부상높이는 온도, 모터 회전속도등의 외부 조건에 의해 크게 변화될 수 있으며 이러한 유체동압베어링 모터 부상높이의 변화는 디스크의 수직방향 변위에 직접적으로 영향을 미치게 된다. 디스크의 수직방향 변위의 변화는 로드/언로드(Load/unload)시에 슬라이더의 동특성에 영향을 미치게 되어 하드디스크 드라이브의 언로드 성능에 영향을 미치게 된다[1]. 따라서 본 논문에서는 유체동압베어링 모터의 부상높이의 변화에 따른 로드/언로드 시 슬라이더 동특성 분석 및 이에 따른 로드/언로드 성능의 변화에 대해 연구하고자 한다.

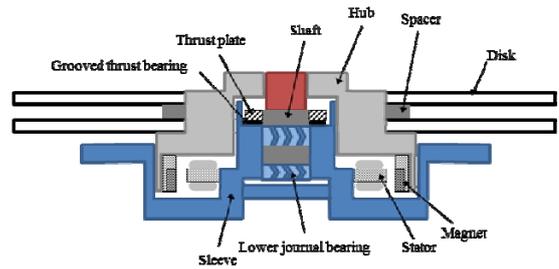


그림 1. 유체동압베어링모터 스피들 시스템의 기계적 구조

2. 유체동압베어링 모터의 부상높이

2.1 유체동압베어링 부상높이 변화

유체동압베어링 모터의 거동에 대해 실험적으로 규명한 연구들이 진행되었다. Bouchard et al.[2]은 볼베어링과 유체동압베어링 스피들 시스템의 NRRO를 비교하였다. Jang et. al[3]은 5 자유도 로터-베어링 시스템을 고려한 유체동압베어링의 강성과 감쇠 계수를 계산하는 방법을 제안하였다. 또한 Jang et. al[5]은 3.5 인치 유체동압베어링 스피들 시스템의 휘링(whirling), 플라잉(flying), 틸팅(tilting) 모션에 대해 실험적으로 검증하였다. 유체동압베어링 스피들 시스템에서 외부 전원이 차단되어 긴급 회피 상황이 발생할 경우, 유체동압베어링 스피들 시스템의 회전 속도가 감소하게 되고 모터의 부상높이가 감소하게 된다. 유체동압베어링 스피들 시스템에서 회전부를 직접적으로 디스크와 체결하기 때문에 모터의 부상높이의 변화는 디스크의 수직방향 변위의 변화를 가져온다. 논문 [1]에서 확인 할 듯이 디스크의 수직방향의 변위가 시간에 따라 변화하게 되면 슬라이더의 수직방향의 변위가 변화하게 된다. 슬라이더의 수직방향 변위의 시간에 따른 변화는 언로드 시에 슬라이더의 수직방향 속도 및 높이에 영향을 미치게 되어 언로드 성능에 영향을 미칠 수 있다.

† 박경수; 연세대학교 기계공학과
E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460
* 연세대학교 기계공학과

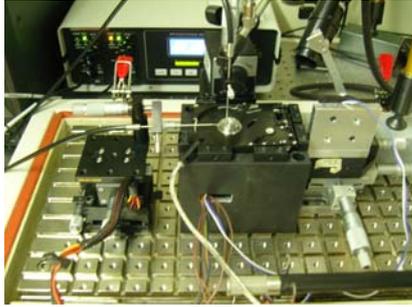


그림 2. 실험 set-up

2.2 실험 장치

유체동압베어링 모터의 부상 높이가 변화에 따른 디스크의 수직방향 변위의 변화를 알아보기 위해 그림 2 와 같이 실험장치를 구성하였다. 하드디스크 드라이브의 스핀들 모터를 모터 드라이버를 이용하여 정속회전(5400RPM) 시키면서 MTI 사의 포토닉센서 (fotonic sensor) MTI-2100 을 이용하여 모터와 디스크의 수직방향 변위를 측정하였다. 그림 3 은 전원이 공급되었을 때의 모터의 부상높이 변화를 보여주며 그림 4 는 외부 전원이 차단되었을 때의 모터의 부상높이 변화를 보여준다. 그래프에서 확인할 수 있듯이 모터의 부상높이는 약 8 μ m 로 측정되었다. 이 그림에서 transient 구간에서 언로드가 발생할 시에 언로드 특성에 영향을 끼칠 수 있음을 연구하고자 한다.

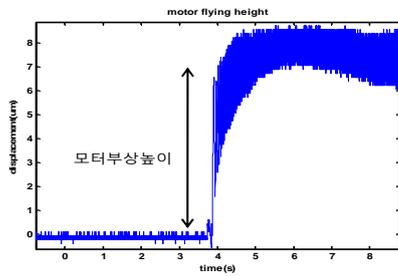


그림 3. 전원 인가 시 모터 부상높이 변화

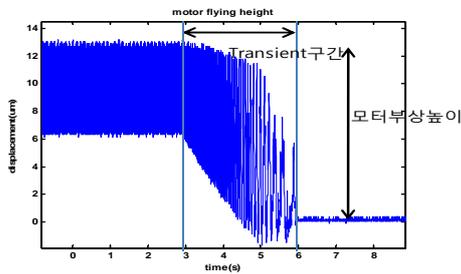


그림 4. 전원 차단 시 모터 부상높이 변화

3. Unload 시뮬레이션

그림 4 에서 같이 전원 차단시에 모터의 부상높이가 감소하는 상황에서 언로드가 이루어지

표 1. 슬라이더 수직방향 속도에 따른 슬라이더 최소부상높이

초기속도	0mm/s	1mm/s	5mm/s	10mm/s
Minimum Clearance	7.13nm	7.04nm	6.36nm	5.10nm

면 슬라이더는 디스크의 수직방향 높이의 변화에 따라 수직방향 변위가 변화한다. 따라서 언로드 상황에서 슬라이더는 수직방향 속도를 가지게 된다. 이러한 슬라이더의 수직방향 속도 변화를 CML 언로드 시뮬레이션[5]에 적용하여 언로드 성능을 확인하였다. 언로드 속도는 긴급회피상황에서의 속도인 30IPS(inch per second)을 적용하였다. 표 1 은 슬라이더 수직방향 속도에 따른 최소부상높이를 나타낸다. 표 1 에서 확인할 수 있듯이 슬라이더의 초기속도가 증가함에 따라 최소부상높이가 감소하게 되고 언로드 성능이 감소하게 된다.

4. 결론

유체베어링 모터의 부상 높이의 변화를 실험적으로 확인하였고, 모터의 부상 높이의 변화가 긴급회피상황에서의 언로드 성능에 미치는 영향을 언로드 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 향후 다양한 외부 환경 조건 변화에 의한 모터 부상 높이 변화가 하드디스크 언로드에 미치는 영향에 대하여 연구하고자 한다.

후 기

본 연구는 한국 과학재단 일반 연구자 지원 사업의 기본 연구 사업(과제번호 2010-0015965)의 지원을 받아 실시되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

References

- [1] Kyoung-Su Park et al, "Improvement of Loading/Unloading Performance Using Control Input Position and Considering Disk Vibration Characteristics", 2005 Feb, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, Vol. 41, NO. 2, 819-824
- [2] Bouchard G et al, "An investigation of nonrepeatable spindle run-out" IEEE Trans Magnetics 1987 Set Vol.23, 3687-9.
- [3] Jang GH et al, "Calculation of dynamic coefficients in a hydrodynamic bearing considering five degrees of freedom for a general rotor-bearing system". ASME J Tribol 1999 July, Vol 121, Issue3,499-505.
- [4] G.H. Jang et al, "Experimental study on whirling, flying and tilting motions of a 3.5 in. FDB spindle system" 2005 July, Tribology International Vol 38, 675-681
- [5] S. Lu et al, "Numerical simulation of slider air bearings", 1997, Ph.D. dissertation, Dept. Mech. Eng., Univ. California, Berkeley