

HDD 스피들 모터의 회전 불균형에 따른 NRRO 특성분석

Analysis of NRRO Characteristics induced by Imbalance of Spindle Motor in HDD

*강정우¹, #박성준², 이형욱³, 이혜진⁴, 송정환⁴

*J. W. Kang¹, #S. -J. Park(park@cjnu.ac.kr)², H. W. Lee³, H. J. Lee⁴, J. H. Song⁴

¹충주대학교 대학원 기계공학과, ²충주대학교 기계공학과, ³충주대학교 에너지시스템공학과, ⁴한국생산기술연구원

Key words : Fluid hydrodynamic bearing, Dynamic behavior, NRRO, Balancing, HDD

1. 서론

하드디스크 스피들 모터에 사용되는 유체 동압베어링(fluid hydrodynamic bearing : FDB)은 회전장치의 고정부와 접촉이 없고 윤활오일에 의한 감쇠효과를 통해 뛰어난 진동 및 소음 특성을 가지고 있다 [1].

유체동압베어링의 동적거동 특성을 파악하기 위해서 지배방정식인 레이놀즈 방정식을 이용하여 회전을 통해 그루브에 형성되는 압력분포를 계산할 수 있다. 압력형성에 따른 부하용량 및 마찰토크와 같은 정특성 해석을 통해 운동방정식을 유도하고 강성계수 및 감쇠계수를 구하여 유체동압베어링의 동적거동 특성을 파악할 수 있다 [2].

회전체는 회전에 따른 진동에 의해 실제 움직여야 할 위치를 벗어나는 런아웃(runout)이 발생한다. 회전성분 중 비주기적 성분(Non Repeatable RunOut : NRRO)은 데이터를 읽고 쓰는데, 오류를 발생시키는 추적 오차(tracking error)가 일어나고 제어 시스템에 의해 보상할 수 없기 때문에 하드디스크 성능평가에 주요 인자가 된다 [3]. 하드디스크는 가공오차, 외부 환경 등으로 편심(imbalance)이 발생한다. 편심량은 유체동압베어링의 회전 안정성에 영향을 주기 때문에 밸런싱을 통해 편심량 보정을 하여 성능평가를 할 수 있다.

본 논문에서는 스피들 모터의 동적거동과 안정성 관별을 위해서 회전에 따른 유체동압베어링의 압력분포를 계산하였다. 또한, 스피들 모터 회전 시 발생하는 불균형에 따른 편심량 측정을 통해 회전성분과의 관계를 파악하고자 하였다.

2. 유체동압베어링 밸런싱

HDD의 구조는 Fig. 1과 같고, 회전하는 스피들 모터의 움직임은 Fig. 1(a), (b)와 같이 평행이동과 원추진자이동에 의해 편심이 발생할 수 있다. 따라서 Fig. 2와 같이 편심량의 크기와 위치를 구하여 동일한 중량을 제거하거나 반대 위치에 추가시키는 밸런싱을 거쳐야 한다. 여기서 W_1 , W_2 는 불평형에 따른 위치와 크기를 의미하며, 계산된 위치의 상대적인 벡터값을 효과벡터라고 한다.

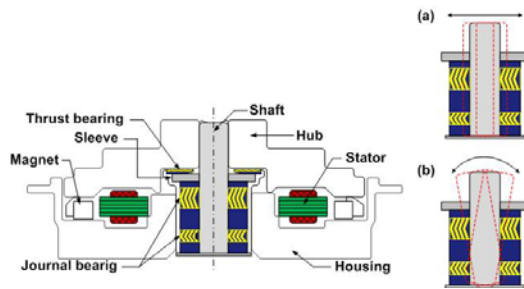


Fig. 1 Structure of a HDD

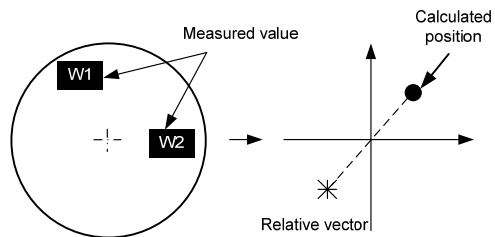


Fig. 2 Method to calculate the imbalance

3. 실험방법 및 결과

5400RPM 으로 구동하는 상용 2.5" 하드 디스크의 압력분포에 대한 수치해석을 한 결과, Fig. 3 과 같이 유체동압베어링의 부분별 압력 분포를 나타낼 수 있다. 저널베어링의 상부와 하부의 경우 비슷한 압력이 발생하지만 스러스트와 비교하면 약 3 배정도 높은 압력이 발생한다. 스러스트부는 저널부에 비해 상대적으로 그루브와 축간에 간극(clearance)이 넓기 때문에 저널부 보다 낮은 압력이 발생하였다.

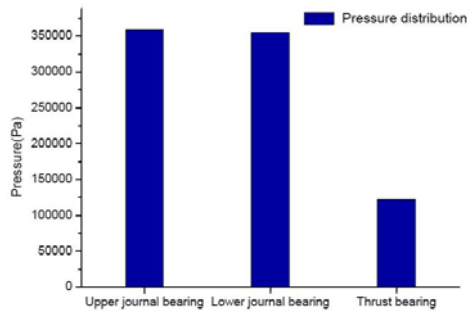


Fig. 3 Result for pressure distribution in FDB

편심량에 따른 동적거동 특성을 파악하기 위해 8.6mg 의 초기질량(trial weight)을 이용하며, 1 개의 가속도 센서와 인덱스 신호를 이용한 단일면법(single plane method)을 통해 편심량을 측정하고, 정전용량형 센서를 통해 Table 1 과 같이 동적거동을 측정하였다. 편심량이 증가할수록 회전하는 반경방향으로 NRRO 의 값이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. NRRO 성분 분포 및 거동확인을 위해 Fig.4 와 같이 편심량

Table 1 Comparison of the dynamic behavior by mass imbalance

Imbalance (mg·mm)	Dynamic behavior(μm)		
	TIR	RRO	NRRO
2.69	0.750	0.742	0.0143
3.82	1.755	1.746	0.0187
3.90	1.304	1.285	0.0214
6.23	2.048	2.032	0.0301

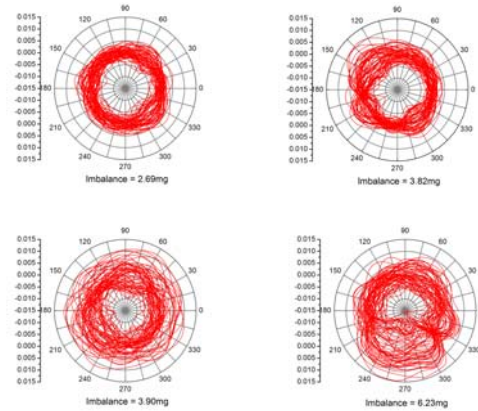


Fig. 4 Orbit plot for mass imbalance

에 따른 NRRO 값을 orbit plot 으로 나타내었다. 편심에 의해 발생하는 힘은 속도의 제곱에 비례하기 때문에 고속으로 움직이는 하드디스크의 경우 수 mg 의 작은 편심량에도 회전 안정성에 영향을 주었다.

4. 결론

2.5" 하드디스크의 동적거동과 안정성 판별을 위해 베어링의 압력분포 해석을 하여 베어링 부분에 따라 압력이 다르게 형성함을 확인하였고, 편심량에 따른 동적거동 측정하여 편심량과 NRRO 의 관계를 파악하였다.

후기

본 연구는 2010 년도 지식경제부 전략기술 개발사업의 일환으로 연구비를 지원받아 수행되었음.

참고문헌

1. H. C, Ha., "Fluid Film Bearings," KSNVE, Vol. 13, No. 3, 184-195, 2003.
2. H. W, Kim., and G. H, Jang., "Dynamic Analysis of the Curve-shaped Fluid Dynamic Bearings of a HDD Spindle Motor,"
3. G. H, Jang., "Analysis and Measurement of Runout in a Computer Hard Disk Drive Spindle Motor," KSME, 1533~1541, 1998.