

HDD 용 스피들 모터의 NRRO 향상을 위한 밸런싱 Balancing for Improvement in NRRO of Spindle Motor in Hard Disk Drive

*강정우¹, 이해진², 송정한², 배성민³, 이형욱⁴, #박성준⁵

*J. W. Kang¹, H. J. Lee², J. H. Song², S. M. Bae³, H. W. Lee⁴, #S.-J. Park(park@cjnu.ac.kr)⁵

¹충주대학교 대학원 기계공학과, ²한국생산기술연구원, ³한밭대학교 산업경영공학과

⁴충주대학교 에너지시스템공학과, ⁵충주대학교 기계공학과

Key words : Imbalance, Fluid hydrodynamic bearing, NRRO, Balancing, Orbit plot

1. 서론

하드디스크 스피들 모터에 사용되는 유체 동압베어링은 모터가 회전 시 안정상태에 도달하기까지 Fig. 1 과 같이 선회(whirling), 부상(flying)과 기울기 (tilting)와 같은 3 가지 동적 거동을 확인할 수 있다. 선회거동은 x-y 평면의 회전궤도를 의미하며, 이때 발생하는 반복적 회전 성분(Repeatable RunOut: RRO)과 비반복적 회전성분(Non-Repeatable RunOut: NRRO)이 있다. RRO 는 시스템에 의해 보상이 가능하지만 NRRO 의 경우 데이터를 읽고 쓰는데 오류를 주는 추적 오차(tracking error)를 발생시키고 제어 시스템에 의해 보상할 수 없기 때문에 하드디스크의 성능과 직결된다. 따라서 기록밀도의 상승과 함께 NRRO 를 감소시키려는 요구가 높아지고 있다 [1].

본 논문에서는 편심량(imbalance)에 따른 회전성분의 특성을 알아보기 위해서 선행적으로 편심량을 측정하고 밸런싱을 수행하여 밸런싱 전, 후에 따른 회전성분의 양상을 비교하고 그 영향력을 분석하고자 한다.

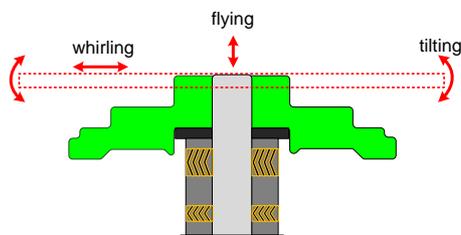


Fig. 1 Dynamic behavior for spindle motor in HDD.

2. 스피들 모터 밸런싱

밸런싱은 Fig. 2 와 같이 회전체마다 존재하는 편심량 위치(heavy spot)라는 특정 지점의 크기와 위치를 구하여 동일한 중량을 제거하거나 반대 위치에 동일한 중량을 추가시키는 기술이다. 밸런싱을 하는 방법에는 no phase balancing, 단일면법(single plane method) 등이 있으며, 본 연구에서는 식(3)과 같이 단일면법을 통해 편심량을 계산하였다. 밸런싱의 기본적인 개념으로 효과벡터 T 는 편심량과 보정할 위치를 알 수 있는 벡터이며, 여기서 W_1, W_2 는 위치와 크기를 갖는 벡터개념의 측정값을 의미하며, a 는 시스템의 영향에 의한 벡터를 의미한다 [2].

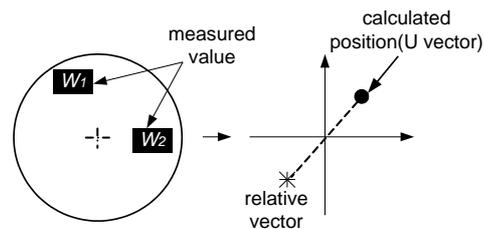


Fig. 2 Method to calculate the imbalance.

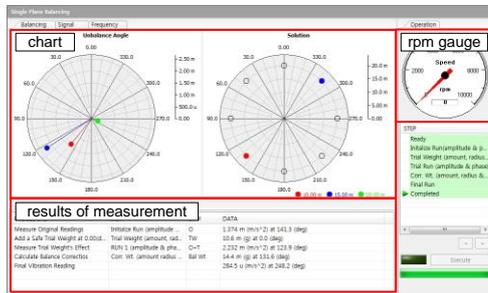
$$\vec{W}_1 = a\vec{U} \quad \vec{W}_2 = a(\vec{U} + \vec{T}) \quad (3)$$

$$\vec{W}_2 - \vec{W}_1 = a\vec{T} \quad a = \frac{\vec{W}_2 - \vec{W}_1}{\vec{T}}$$

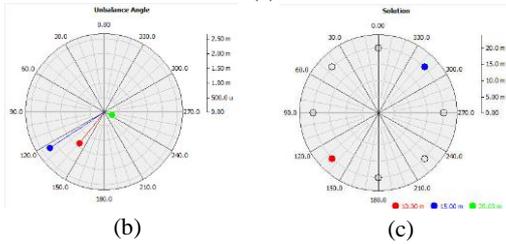
$$\vec{U} = \frac{1}{a}\vec{W}_1 = \frac{\vec{W}_1}{\vec{W}_2 - \vec{W}_1}\vec{T}$$

3. 실험 및 분석

본 연구에서는 5400rpm(90Hz)의 정격회전 속도를 갖는 4 개의 2.5" HDD 를 통해 실험했으며, Fig. 3(a)은 편심량과 밸런싱을 수행하기 위해 개발된 프로그램이다. Fig. 3(b)는 편심량 측정을 위해 10.6mg 의 초기 질량(trial weight)과 가속도센서, 인덱스센서를 통해 편심량을 계산한 것이며, Fig. 3(c) 는 계산된 편심량을 통해 밸런싱을 하기 위한 방법을 나타낸 것이다.



(a)



(b)

(c)

Fig. 3 (a) Program to measure and compensate the spindle motor; (b) imbalance calculated for single plane method; (c) solution for balancing.

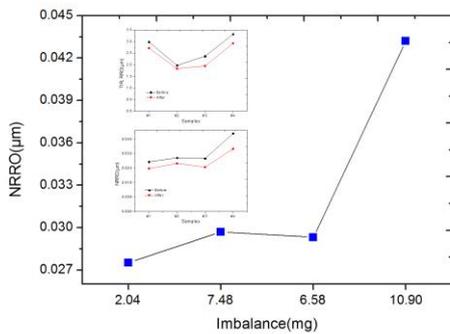


Fig. 4 Comparison of NRRO by mass imbalance.

Table 1 Dynamic behavior value before balancing

Sample No.	Dynamic behavior		
	TIR(μm)	RRO(μm)	NRRO(μm)
1	2.985	2.969	0.0275
2	1.972	1.955	0.0297
3	2.368	2.356	0.0293
4	3.316	3.306	0.0432

Table 2 Dynamic behavior value after balancing

Sample No.	Dynamic behavior		
	TIR(μm)	RRO(μm)	NRRO(μm)
1	2.715	2.702	0.0238
2	1.829	1.817	0.0266
3	1.949	1.937	0.0246
4	2.920	2.907	0.0347

4. 결론

스핀들 모터 회전 시 회전성분 중 주기적 성분을 갖는 TIR, RRO 의 경우 편심량에 영향 받는 것을 확인할 수 있었으며, 밸런싱 이후 약 11% 감소하였으며, NRRO 와 같이 주기적이지 않은 성분 역시 약 15% 감소하였다. 이번 연구에서는 편심량을 감소시켜 TIR, RRO 뿐만 아니라 NRRO 값도 감소하는 것을 규명하였다.

후기

본 연구는 2010 년도 지식경제부 전략기술 개발 사업의 일환으로 연구비를 지원받아 수행 되었음.

참고문헌

- Jang, G., Oh, S. and Lee, S., "Experimental Study on Whirling, Flying and Tilting Motions of a 3.5 in. FDB Spindle System," Tribology International, Vol. 38, pp. 675 - 676, 2005.
- INCOSYS, <http://www.incosys.co.kr/korean/index.php?page=part3>.