

HDD 에서 수평속도와 디스크 회전감소를 고려한 언로드 해석 연구

A study on unload analysis considering lateral velocity and disk RPM drop in HDD

이용현*† · 김기훈* · 김석환* · 박노철* · 박영필* · 박경수*, 김철순**

Yonghyun Lee, Ki-Honn Kim, Seokhwan Kim, No-Cheol Park, Young-Pil Park, Kyoung-Su Park and Chul-Soon Kim

1. 서론

현재 하드디스크드라이브(HDD)는 휴대 측면에서 향상된 성능을 요구하고 있기 때문에, 갑작스런 전원 차단이나 외부충격으로부터 시스템을 보호하기 위해 더욱 빠른 긴급회피(emergency parking)가 절대적으로 필요한 실정이다. 그러나, 대부분의 HDD 에 사용되는 로드/언로드에 대한 기존의 해석으로는 긴급회피에 적합한 해석을 수행할 수 없으므로 새로운 해석 방법이 제시되어야만 한다[1].

빠른 긴급회피의 경우, 빠른 수평속도는 비틀림 각(effective skew)을 발생시키고, 이 비틀림 각은 슬라이더의 부상높이를 감소시킨다. 또한, 갑작스런 전원 차단에 의해 긴급회피할 때, 디스크 회전속도가 저감하는 현상이 발생하는데, 이 경우에도 슬라이더의 부상높이는 감소한다. 부상높이가 감소하면 슬라이더-디스크 충돌 가능성이 증가하며, 언로드 성능이 감소한다. 따라서, 빠른 긴급회피에서는 기존의 언로드 해석에서 고려하지 않았던 빠른 수평속도와 디스크 회전속도 저하에 의한 부상높이 손실을 반드시 고려해야 한다.

본 연구에서는 빠른 긴급회피에 적용할 수 있는 개선된 언로드 해석을 제안하고자 한다. 수평속도를 적용하기 위해 비틀림 각을 계산하는 방법을 제시하고, 다양한 속도와 디스크 회전속도에서 부상높이의 손실을 조사할 것이다. 이를 언로드 해석에 적용한 후 기존의 언로드 해석의 결과와 비교하여 개선된 언로드 해석의 필요성을 소개하고자 한다.

2. 준-정적 근사법

† 교신저자; 연세대학교 기계공학과 대학원

E-mail : genfair@yonsei.ac.kr

Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460

* 연세대학교 기계공학과

** 삼성전자 스토리지 사업부

기존의 언로딩 해석은 디스크 위의 고정된 언로드 위치에서 수직속도만 고려하였다[1-3]. 그러나 실제 언로드는 슬라이더가 디스크에서 램프로 움직이는 수평속도에 의해 영향을 받으며, 빠른 긴급회피의 경우 수평속도가 매우 빠르기 때문에 반드시 고려되어야 한다.

긴급회피 시 빠른 수평속도에 의한 비틀림 각을 계산하기 위해 우리는 트랙-추종 운동의 준-정적 근사법(quasi-static approximation)을 사용한다[4]. 이는 긴급회피의 수평속도가 트랙-추종 운동과 유사한 속도 형상을 갖기 때문이다. Fig.1 은 공기베어링에 의해 형성되는 각들과 다양한 속도들을 나타낸 것이다. 기하 각(geometric skew) θ_g 은 수평속도와 디스크 회전속도에 무관하며, 슬라이더 길이방향 축(longitudinal axis)과 디스크 트랙방향 축(disk track direction axis)이 이루는 각이다. 비틀림 각 θ_e 은 수평속도와 디스크 회전속도에 의해 결정되며, 슬라이더 길이 방향 축과 트랙 선속도(linear velocity)와 수평속도의 잔류벡터인 유동속도(air flow velocity) 사이의 각이다. 두 각을 나타내면 다음의 식과 같다.

$$\theta_g = 90^\circ - \cos^{-1} \left(\frac{R^2 + r^2 - l^2}{2Rr} \right) \quad (1)$$

$$\theta_e = \theta_g + \tan^{-1} \left(\frac{v}{r\omega} \right)$$

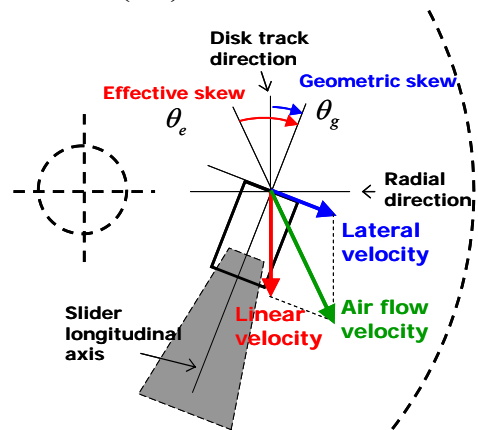


Fig.1 A schematic of air bearing skew and each velocity

R 은 보이스-코일 모터의 팔 길이, r 은 디스크의 반지름 방향 위치, l 은 피벗과 디스크 중심 사이의 거리, v 는 수평속도이며 ω 는 디스크 회전속도이다.

3. 시뮬레이션 결과

본 연구에서 삼성의 ABS 모델을 사용하였으며, 50, 40, 30, 20 IPS 의 긴급회피 속도와 5400, 5100, 4800, 4500 rpm 의 디스크 회전속도에서 시뮬레이션을 수행하였다. 긴급회피 동안 기하 각은 -9.135 에서 16.76 도까지 변화하고, 기존 해석에서는 언로드 위치에서 16.76 도로 적용하여 해석하였다.

Fig.2 는 다양한 긴급회피 속도에서 수평속도에 의한 비틀림 각을 적용했을 경우의 부상높이 손실을 나타낸다. Fig.3 은 디스크 회전속도 감소에 대해 부상높이 손실을 나타낸다. 수평속도만 적용했을 경우 50 IPS 에서 최대 0.8 nm 의 부상높이 손실이 발생하고, 디스크 회전속도가 저하하면, 감소하는 디스크 회전속도에 따라 A~D 까지 부상높이 손실이 변화하게 된다. 4500 rpm 까지 디스크 회전속도가 감소하면, 최대 1.7 nm 까지 부상높이 손실이 발생하게 된다.

긴급회피 시 수평속도와 디스크 회전속도 저하를 고려하여 언로드 해석을 수행한 결과 Fig.4 와 같은 결과를 얻을 수 있다. 기하 각만을 적용한 기존의 언로드 해석 결과 슬라이더와 디스크의 최소간격은 속도에 따라 약간 감소한다. 수평속도에 의한 비틀림 각을 적용한 결과, 최소간격은 기존의 해석보다 속도에 따라 최대 16%까지 감소한다. 디스크 회전속도 저하까지 추가적으로 적용하면, 4800 rpm 이하로 디스크 회전속도가 감소할 경우 슬라이더-디스크 충돌이 발생한다. 긴급회피 시 기존의 해석보다 언로드 성능이 더 감소된 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

매우 빠른 긴급회피는 갑작스런 전원차단이나 외부충격으로부터 HDD 를 보호하기 위해 반드시 필요하다. 본 연구에서 기존의 해석과 달리 수평속도와 디스크 회전속도 저하를 고려하여 언로드 해석을 수행하였고, 그 차이를 통해 개선된 언로드 해석의 필요성을 보여주었다.

후 기

이 논문은 2008 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원과 삼성전자의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R17-2008-040-01001-0).

참 고 문 헌

- (1) Q.H. Zeng and D.B. Bogy, 2000, "A simplified 4-DOF suspension model for dynamics load/unload simulation and application," ASME Journ. of Tribol., Vol.122, pp.274-279
- (2) H. Tanaka, H. Kohira and M. Matsumoto, 2001, "Effect of air-bearing design on slider dynamics during unloading process," IEEE Trans. Magn. Vol.37, No.4, pp.181-1820
- (3) Y. Lee et al., 2007, "Design and analysis of disk bump to improve the unloading performance in hard disk drives," IEEE Trans. Magn., Vol.43, No.9, pp.3744-3749
- (4) J.Y. Juang, H. Kubotera and D.B. Bogy, 2006, "Effect of track-seeking motion on the flying attitudes of ultralow flying sliders," IEEE Trans. Magn., Vol.42, No.10, pp.2522-2524

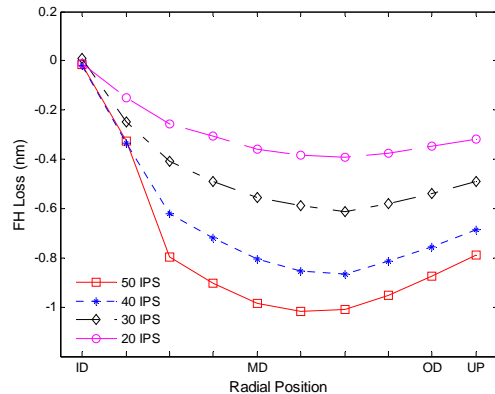


Fig.2 FH loss for various emergency parking velocities

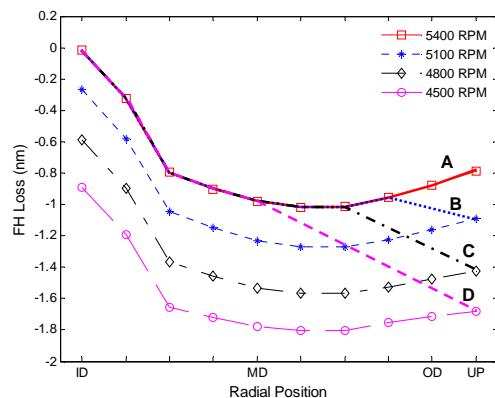


Fig.3 FH loss for various disk rpms and emergency parking

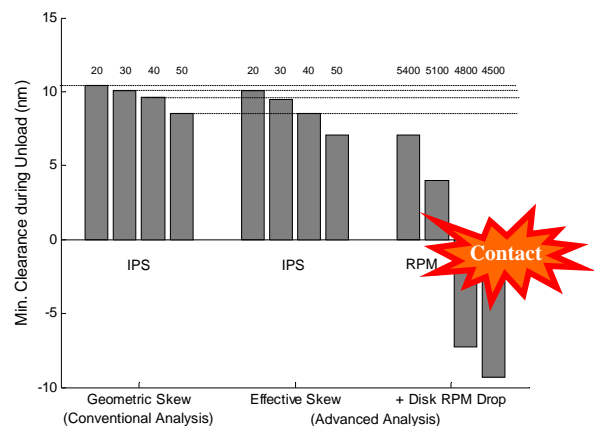


Fig.4 Comparison between conventional and advanced unload analysis