

L자보 형태의 동흡진기를 이용한 광디스크 드라이브의 진동 저감

Vibration Reduction in Optical Disk Drive using L-Shape Type Dynamic Vibration Absorber

조용래* · 임승호* · 박영필* · 박노철* · 박경수[†] · 소옥영** · 김정태***

Ungrae Cho, Seungho Lim, Young-Pil Park, No-Cheol Park, Kyoung-Su Park, Wook-Young Soh, Kyungtae Kim

1. 서론

초고화질 영상이 대중화됨에 따라, 광디스크 드라이브의 기록 및 전송 속도 향상에 대한 요구가 증가하고 있다. 그러나 고속 회전 시, 큰 편심을 가진 저품질의 광디스크는 과도한 진동 및 소음을 유발하여 광디스크 드라이브의 성능을 제한한다. 따라서 광디스크의 고속회전에 효과적인 제진 메커니즘 개발이 필요하다. 그 가운데 동흡진기는 상용 제품에 널리 적용되고 있으며, 이에 대한 여러 연구가 진행되었다. 허진욱[1] 등은 동흡진기의 수학적 모델을 세우고 고무 보빈을 이용하여 동흡진기를 설계하였으며, 박노철[2] 등은 외팔보 형태의 동흡진기를 설계하였다. 외팔보 형태의 동흡진기는 고무 보빈에 비해 진동저감 효과가 크다는 장점이 있다. 그러나 단순한 구조인 사각 단면 외팔보를 이용하였음에도 불구하고 사각 단면의 폭과 높이의 정밀한 공차 관리가 필요하기 때문에 제작이 어렵고 제작 단가가 비싸다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 첨단 질량을 가지며 보의 단면이 원형인 L자보 형태의 동흡진기를 설계하여 제작 상의 용이성을 극대화 시켰다. 제시된 동흡진기의 설계를 위해, 유한요소 모델을 수립하였으며, 최적화 과정을 통하여 동흡진기의 튜닝과정을 거친 후, 데크계의 동특성을 실험적으로 검증 및 진동저감 효과를 평가하였다.

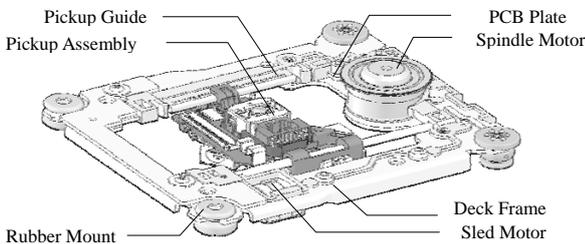


그림 1. 광디스크 드라이브의 구조

[†] 박경수; 연세대학교 기계공학과
E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr
Tel : (02) 2123-4677, Fax : (02) 365-8460
* 연세대학교 기계공학과
** Hitachi-LG Data Storage, Inc.
***LIG 넥스원(주)

2. 유한요소 해석 모델

2.1 물성 및 기하 정보의 추출

광디스크 드라이브는 그림 1과 같이, 데크계와 데크계를 지지하고 있는 고무 마운트, 스피들 모터, 슬레드 모터, 픽업 조립체로 구성되어 있다. 데크계의 기하학적 정보는 삼차원 설계 프로그램을 이용하여 추출하였으며, 고무의 물성은 공진법을 이용하여 측정하였다.

2.2 유한 요소 모델

상용 유한요소 해석 툴인 ANSYS 를 이용하여, 광디스크 드라이브의 해석 모델을 구축하였다. 데크계는 집중 질량 요소로 모델링하고, 동흡진기 구조는 8 절점 6 면체 요소로 모델링 하였다. 데크의 각 절점은 데크의 무게중심에 위치한 집중 질량 요소에 강체 구속을 하였으며, 동흡진기의 고정부는 스피들 모터 위치에 강체 구속을 하였다. 고무 마운트는 집중 파라미터로 모델링 하였으며, 고무 마운트의 기초를 강체 구속 시켰다. 그림 2 는 동흡진기를 장착한 광디스크 드라이브를 유한 요소 모델로 나타낸 것이다.

3. L자보 형태의 동흡진기 제작 및 성능 평가

3.1 부계의 설계

일반적으로 동흡진기는 가진 위치에 부착하여 가진에 의한 진동 자체를 줄이는 것이 유리하므로 그림 3(a)과 같이 동흡진기를 광디스크 드라이브의 가진 위치인 스피들 모터 아래쪽에 설치하였다. 내충격 설계 명세를 고려하여 첨단 질량을 6g 으로 제한하였으며, 부착 위치에서의 여유 공간을 확보하였다. 그림 3(b)는 설계된 동흡진기를 보여준다

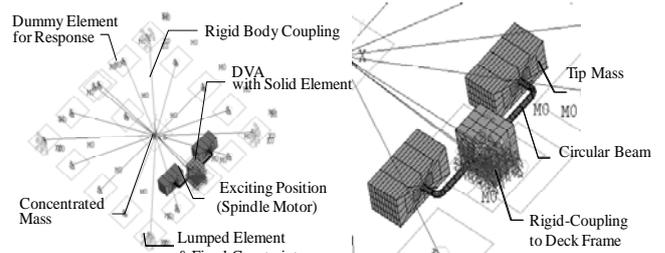


그림 2. 유한 요소 모델

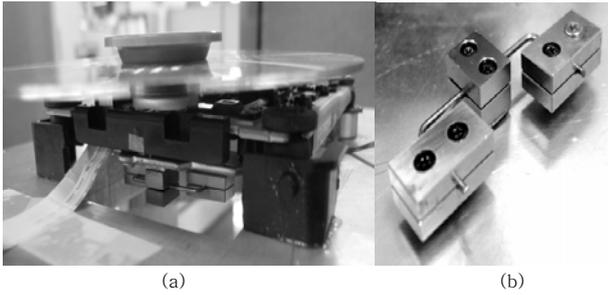


그림 3. 첨단 질량을 갖는 외팔보 형태의 동흡진기

3.2 최적화 과정을 통한 동흡진기 튜닝

본 연구에 사용된 광디스크 드라이브는 트래킹 방향(평면내 방향) 모드의 고유주파수와 포커싱 방향(평면외 방향) 모드의 고유주파수가 다르다. 따라서 동흡진기의 트래킹과 포커싱 방향의 등가 강성을 다르게 설계해야 한다. L 자보에서 짧은 보와 긴 보의 길이를 다르게 설계하면 등가 강성을 조절할 수 있으며, 적절한 보의 길이 조절을 통해 반공진점의 위치를 튜닝할 수 있다. 이를 위해 상용 유한요소 해석 툴인 ANSYS 를 이용하여 식(1)과 같이 최적화 과정을 수행하였다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min}(f_{obj}) = (f_{i,Out} - f_{n,Out})^2 + (f_{i,In} - f_{n,In})^2, \\
 & \text{s.t.} \begin{pmatrix} R_{1-Lower} < R_1 < R_{1-Upper} \\ R_{2-Lower} < R_2 < R_{2-Upper} \\ m_{tip-Lower} < m_{tip} < m_{tip-Upper} \end{pmatrix} \quad (1)
 \end{aligned}$$

여기서, f_{obj} 는 목적함수를 나타내고, $f_{i,In}$, $f_{i,Out}$, $f_{n,In}$, $f_{n,Out}$ 는 평면내,외 목표주파수 및 부공진 주파수를 나타내며, R_1 , R_2 , m_{tip} 는 각각 설계변수인 외팔보의 길이, 굽혀진 보의 길이 및 첨단 질량의 무게이다. 그리고 $R_{i-Lowers}$, $R_{i-Uppers}$, $m_{tip-Lowers}$, $m_{tip-Upper}$ 는 부착 위치의 여유공간을 고려한 설계변수의 제한범위를 나타낸다. 최적화 과정을 통하여 반공진 주파수를 목표주파수와 최대한 일치하도록 설계 하였다.

3.3 동흡진기의 성능 평가

동흡진기의 성능을 평가하기 위해 모달 테스트를 통하여 주파수 응답함수를 측정하였다. 그림 4 는 픽업과 스피들 모터 위치에서의 모빌리티를 나타낸다. 반공진 주파수의 위치가 목표 주파수인 200Hz 에 위치해 있으며, 시뮬레이션 결과와도 일치한다.

실제 스피들 모터의 작동 시, 동흡진기 성능을 평가하기 위해 픽업과 스피들 모터 위치에서 회전 속도 따른 속도 응답을 측정하였다. 그림 5 는 목표 회전 속도에 따른 L 자보 형태의 동흡진기의 제진 성능을 보여준다. 목표 회전 속도에서 트래킹 방향과 포커싱 방향으로 동시에 20~30%의 진동 감소의 효과를 얻을 수 있다.

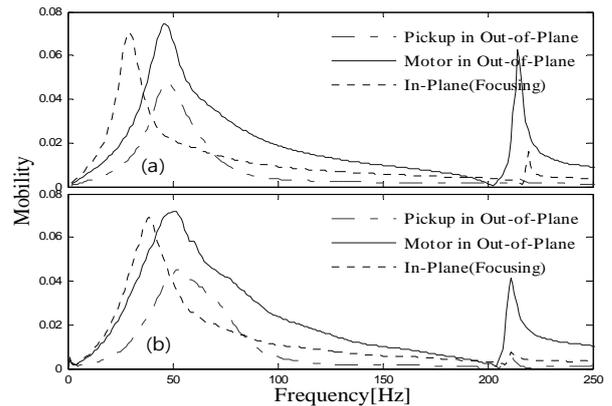


그림 4. 시뮬레이션(a)과 실험(b)을 통한 주파수 응답함수

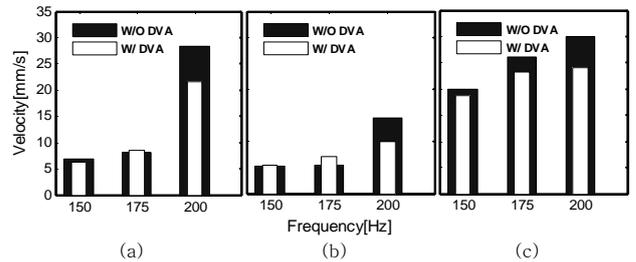


그림 5. 스피들 모터-평면외(a), 픽업-평면외(b), 픽업-평면내(c) 위치에서의 L 자보 형태의 동흡진기의 회전 속도에 따른 속도 응답

4. 결 론

본 연구에서는 첨단 질량을 갖는 L 자보 형태의 동흡진기를 설계하여 광디스크 드라이브의 고속 회전에 따른 진동을 저감하였다. 유한요소 모델을 구축하였으며, 최적화 과정을 바탕으로 동흡진기를 제작하여 디스크 드라이브의 회전 속도에 따른 진동 성능을 평가하였다.

후 기

본 연구는 Hitachi-LG Data Storage 의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자분들께 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] J. W. Heo, J. Chung and J. M. Park, 2002, "Vibration and Noise Reduction of an Optical Disk Drive Using a Vibration Absorber", *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol. 48, No. 4, pp. 874-878
- [2] N. C. Park, S. Lim, K. Kim, U. Cho, Y. P. Park, K. S. Park and W. Y. Soh, 2008, "Vibration Reduction in Optical Disk Drive using Cantilever Type Dynamic Vibration Absorber", *Proceeding of the KSNVE Annual Autumn Conference*, pp. 414-416