

할바흐 자석 배열과 보이스 코일 모터를 이용한 혼합 제진 시스템용 능동 제진기 설계

Design of VCM actuator using halbach magnet array for the active vibration isolator

*#김명현¹, 김현창², 권대갑³

*#MyeongHyeon Kim(golliah@kaist.ac.kr)¹, Hyun-chang Kim², D.G. Gweon³
한국과학기술원 기계공학과 나노유포메카트로닉스 연구실

Key words : Voice coil motor, Active vibration isolation, Halbach magnet array, AVI

1. 서론

최근 초정밀 구동, 측정 분야가 발달함에 따라 높은 정밀도와 정확성을 가진 정밀 측정기기가 요구되고 있다. 정밀 측정기기는 초정밀 분야 전반에 걸쳐 중요한 영향을 미치는데 이러한 측정기기의 성능과 신뢰성을 향상시키기 위하여 전달되는 외란을 절연하는 것이 중요하다. 전달되는 외란 가운데 진동은 저주파수 영역에 수 마이크로 수준으로 기기의 성능을 저해하는 가장 주된 원인이 되고 있다. 이러한 진동을 절연하는 Bench-top 형태의 제진 시스템에 있어 사용되는 방법은 크게 세 가지로 나뉘는데 먼저 수동 제진기만을 사용한 수동 제진 기법이다. 이는 스프링이나 고무와 같은 재질을 사용하여 수동적으로 진동을 절연하는 것인데 이는 고주파 영역에선 효과적이거나 저주파 영역의 진동을 감쇠시키지 못하는 단점이 있다. 두 번째로는 능동 제진기만을 사용한 능동 제진 기법이다. 이는 힘을 발생시키는 구동기를 사용하여 전달되는 진동을 능동적으로 절연하는 기법이다. 이는 저주파영역의 감쇠에 효과적이다. 마지막으로 앞서 소개한 두 가지 방법을 같이 사용하는 혼합 제진 기법이다. 이는 저주파, 고주파 영역에서 보다 나은 감쇠 성능을 구현한다.

2. 능동 제진기 설계

지금까지의 연구는 특정한 무게를 대상으로 한 제진에만 국한되어왔다. 이러한 경우 무게가 달라질 경우 심각한 성능 저하를 가져오며 실제 사용에 있어 제한적이다. 따라서 본 논문에서는 제진 대상을 확장하여 넓은 범위에서의 제진 성능을 확보한다. 제진 대상이 달라져 하중에 따라지는 경우 수동

제진기가 지지하는 무게가 변화되어 상하 방향으로의 처짐이 발생한다. 이러한 처짐은 제진 시스템의 구조적 변화를 야기하고 이는 능동 제진기의 성능에 영향을 미치게 된다. 따라서 변화되는 무게에 능동적으로 대응하기 위하여 처짐에 상관없이 균일한 성능을 구현하는 능동 제진기의 설계가 요구된다.

능동 제진기의 경우 0에 가까운 강성을 가지는 것이 모델링과 제어에 용이하다. 대표적으로 사용되는 구동기 가운데 스트로크, 분해능, 무게 등을 고려하였을 때 보이스 코일 모터 (VCM) 타입의 구동기가 능동 제진기로 적합하다. VCM은 기본적으로 자석과 코일의 로렌츠 힘을 이용하는 구동기로 자석의 자속영역에 놓인 코일에 전류가 흐를 때 힘이 발생된다. 이러한 로렌츠 힘을 사용하여 진동을 감쇠시키게 된다. 제안되는 능동 제진 시스템은 힘을 발생시키는 방향에 따라 수직 능동 제진기와 수평 능동 제진기의 두 가지 타입의 능동 제진기를 제안한다.

제진 시스템의 성능을 높이기 위해서 능동 제진기의 힘밀도를 최대화 하는 것이 중요하다. 설계되는 능동 제진기 크기는 이전 논문들의 사례를 참조하여 최대 40X80X60mm 안에서 힘밀도를 최대화한다. 따라서 힘을 구현하는 요소 중에 주어진 조건에서 변화시킬 수 있는 자속을 강화시켜 힘을 강화시킨다. 자속을 강화하기 위하여 할바흐 자석 배열을 적용한다. 할바흐 자석 배열은 할바흐 자석 배열은 일반적인 NS 자석배열에 비해 높은 자속 밀도를 구현하기 위하여 개발된 자석 배열이다.

능동 제진기는 하중에 따른 처짐량을 고려하여 코일이 자석 배열보다 길게 설계된다. 코일은 하부에 부착되고 자석은 상부에 부착되어 각각 독립적

이며 무게에 의해 코일이 상하로 위치가 변경되더라도 균일한 로렌츠 힘을 발생시킬 수 있도록 하였다. (Fig 1,2)

3. 모델링

최적 설계를 수행하기 전에 자속의 정확한 모델링을 필요로 한다. 자속을 전류에 의한 자기장으로 단순화시켜 모델링하는 표면 전류 모델을 적용한다. 이후 할바흐 자석 배열에 적용하기 위해 변환과 이동을 시키며 다시 로렌츠 힘을 수치적으로 적분한다. 자속을 강화하기 위한 방법으로 Back yoke를 사용한다. 요크에 의한 효과를 모델링하기 위하여 이미지 기법을 사용하여 모델링한다.

4. 최적 설계

수행한 모델링을 바탕으로 최적 설계를 수행한다. 자석의 너비, 코일 두께, 코일 너비, 자석의 간극이 설계변수이며 힘 밀도를 최대화 하는 것이 목적함수로 제시되었다. 제한 조건으로는 전체 크기와 코일에서 발생하는 열을 제한하였다. Fig 3,4 는 수직, 수평형 능동 제진기의 목적 함수 값을 나타낸다. 최종 능동 제진기 사이즈는 Table 1과 같다.

Table 1 Optimization design results

	Horizontal actuator	Vertical actuator
Magnet width(mm)	15	15
Coil space(mm)	13	13
Coil thickness(mm)	7	5
Coil width(mm)	11.5	20

5. 결론

하중의 변화에도 유연한 성능을 구현하는 능동 제진 시스템에 적용 가능한 능동 제진기를 설계하였다. 이는 추후 힘 상수 실험을 통하여 실제 시스템에 적용되어 혼합 제진 시스템으로 구성되고 성능을 구현하게 될 것이다.

참고문헌

1. Rahul Banik. "Design and control of a six degree of freedom active vibration isolator using voice coil motor," Doctoral thesis, Korea Advanced Institute

of Science and Technology, November 2007.

2. GOU Xiao-fan, YANG Yong and ZHENG Xiao-jing. "Analytic expression of magnetic field-distribution of rectangular permanent magnets," Applied Mathematics and Mechanics, Vol.25, No. 3, Sanghai University, pp. 297-306, 2004.

3. Edward P. Furlani. "Permanent magnet and electro-mechanical devices," Academic press, pp.185-190., 2001

4. Choi, Young-Man. "Six degree-of-freedom dual-servo stage using magnetic levitation technology," Doctoral thesis, Korea Advanced Institute of Science and Technology, November 2007.

5. Kim, Jung-Jae. "Design and control of a magnetically levitated six degrees-of-freedom planar motor using T-shaped Halbach magnet array," Doctoral thesis, Korea Advanced Institute of Science and Technology, November 2007

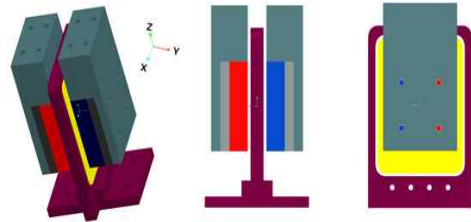


Fig. 1 Horizontal actuator

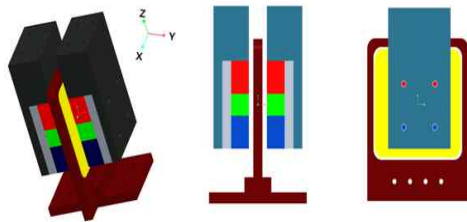


Fig. 2 Vertical actuator

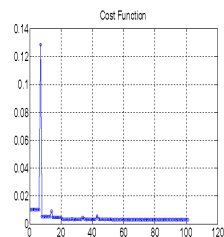
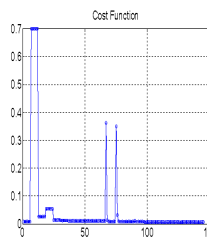


Fig. 3 Cost function value Fig. 4 Cost function value