

압전 구동 자기베어링 설계 및 회전특성에 관한 연구

A Study on Design and Rotational Characteristics of the Piezoelectric-driven Magnet Bearing

#박중호¹, *이후승¹, 함영복¹, 윤소남¹

#J. H. Park(jhpark@kimm.re.kr)¹, *H. S. Lee¹, S. N. Yun¹, Y. B. Ham¹

¹한국기계연구원 그린환경에너지기계연구본부

Key words : Permanent Magnet Bearing, Magnetic Analysis, Piezoelectric Actuator

1. 서론

국내·외로 영구자석을 이용한 비접촉 베어링에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 여러가지 노력에도 불구하고, 실제 시스템의 구성에 있어서 로터와 스테이터간의 갭조절 실패[1]나, 그 연구가 수식적, 해석적인 시스템의 분석에 까지만 그치는 경우[2]-[3]가 많았다.

본 연구에서는 이러한 과거의 연구한계를 극복하고자 영구자석을 이용한 자기베어링을 설계하고 로터와 스테이터 사이의 간격을 압전소자와 1축 스테이지를 이용하여 조절하는 비접촉식 베어링에 대한 연구를 진행하였다. 이는 기존의 접촉식 베어링에 비하여 마찰에 의한 피로파괴나 윤활문제를 해결할 수 있고, 고속의 회전에서도 열적 안정성이 보장되며, 소형화에 대한 요구에의 부합 및 에너지효율의 측면에서도 우수한 성능을 나타낼 것으로 사료된다.

따라서 본 논문에서는 위와 같은 사양을 만족하는 비접촉식 자기베어링을 개발하기 위하여 평면상에 일정간격으로 분포하는 3개의 스테이터로 제어되는 로터를 설계하고 FEM을 이용하여 이에 대한 기본적인 구조적 안정성을 검증하였다.

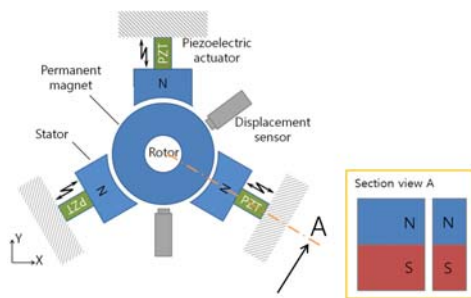


Fig. 1 Semi-passive magnetic bearing

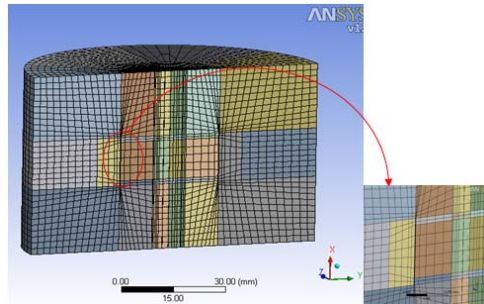


Fig. 2 Finite element model of magnetic field

2. 설계

구조를 간단하게 가지는 비접촉 압전구동형 자기베어링의 설계를 위해, 본 논문에서는, 일반적인 4개나 8개의 액추에이터를 이용한 지지구조가 아닌 3개의 액추에이터를 이용한 설계를 구상하였고, 그 개념도를 Fig. 1에 나타내었다. 이는 본 연구에서 사용되는 적층형 압전 구동기의 발생력이 우수(110N@ fixed)하고 그 응답속도(0.18 μs)가 높다는 장점에 기인한 것으로, 이에 따른 비용절감 및 구조적 안정성을 도모할 수 있다.

Fig. 1과 같은 형태를 가지며 구조적으로 안정된 자기베어링의 설계를 위해 가장 주요한 힘으로 예상되는 자기력에 대한 FEM을 수행하였으며, 이를 계산하여 기본적인 안전성을 평가하였다. 시스템에 발생하는 자기력을 명확하게 하기 위하여 로터와 스테이터부에 장착되는 영구자석을 제외한 나머지 부분을 비자성체로 설계하였고, 이에 따라 시스템내의 자성체를 제외한 나머지 부분의 투자율을 1로 가정하고 Fig. 2와 같이 모델링 하였다. 로터 영구자석과 스테이터 영구자석의 간격은 0.1mm로 가정하였고 그 간격사이에 격자를 조밀

하게 해줌으로서 좀 더 명확한 결과를 도출하였다. 해석결과, Fig. 3과 같이 액추에이터에 반하는 방향으로 약 0.9N의 최대값이 스테이터 영구자석에서 발생하였다. 이는 로터와 스테이터 간의 위치가 이상적이라고 가정하고 계산한 결과이고, 실제구동 시에 나타나는 로터의 편심을 고려하여도 압전 액추에이터의 발생력인 110N으로 충분히 제어 가능할 것으로 판단된다.

3. 구조 및 원리

자기장 해석 후 FSI(Fluid-structure interface) 해석을 통하여 전체적인 시스템의 안전성을 검증하였으며 충분히 안전한 시스템이라는 결론 하에 Fig. 4와 같이 그 시제품을 제작하였다. 자기베어링 시제품은 반경방향으로는 영구자석에 의한 지지가 되고 축 방향으로 Fig. 5에 나타난 바와 같이 공압에 의한 로터의 부양 및 그 반대측으로 볼플러너에 의한 점접촉 지지가 되는 구조이며, 로터의 측면에 존재하는 그루브에 노즐을 이용한 공압을 가하여 회전하는 원리이다. 전체적인 시스템의 이해를 위해 장비의 3차원 단면도를 Fig. 6에 표시하였다.

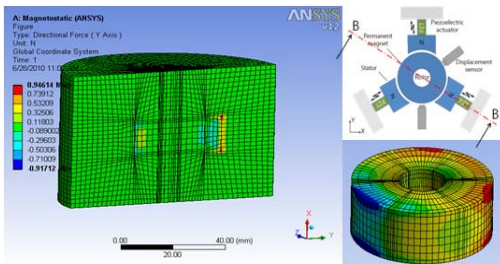


Fig. 3 Magnetic force at Y direction



Fig. 4 Fabricated prototype bearing

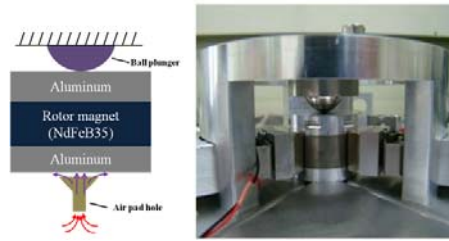


Fig. 5 Key map and photocopy in axial direction

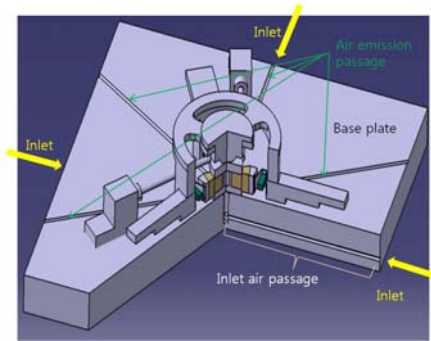


Fig. 6 3D-cross section view of the proposed bearing

4. 결론

본 논문에서는, 비접촉 압전 구동 자기베어링의 설계에 있어서 FEM을 이용한 구조적 안전성을 평가하였으며, 이를 바탕으로 시제품 제작비용의 절감과 베어링의 구동 시 나타나는 발생력 및 기타 특성을 파악할 수 있었다. 본 연구에서 제작한 비접촉 자기베어링은 구조적으로 Semi-active한 구조를 가지며 차후 회전특성 실험을 통한 성능의 검증이 기대된다.

참고문헌

1. Park, J. H., Yun, D. W., Yun, S. N., Ham, Y. B., "A Hybrid Magnetic Bearing Using Permanent Magnets and Piezoelectric Actuators", Proceedings of ICMDT 2009, 2009,
2. Bassani, R., Ciulli, E., Dipuccio, F., and Musolino, A., "Study of Conic Permanent Magnet Bearings", Meccanica, Vol 36, pp 745-754, 2001.
3. Hamler, A., Gorican, V., Stumberger, B., Jesenik, M., Trep, M., "Passive Magnetic Bearing", Magnetism and Magnetic Materials, pp272-276, 2004.