터보냉매압축기용 축방향 착자 하이브리드 자기베어링 설계

Design of Axially Magnetized Hybrid Magnetic Bearings for Turbo Refrigerant Compressor

*#박철훈 [1], 최상규 [1], 함상용 [1]
*#C. H. Park(parkch@kimm.re.kr)[1], S. K. Choi[1], S. Y. Ham[1]
[1] 한국기계연구원 나노융합•생산시스템 연구본부

Key words : Turbo refrigerant compressor, Magnetic bearings, Axial direction magnetization

1. 서론

공기조화산업용 제품의 핵심부품인 터보냉매압축기에 공기포일베어링이나 자기베어링과 같은 오일을 사용하지 않는 베어링이 많이 적용되고 있다. 이 중 자기베어링은 초기회전을 포함한 전체 동작영역에서 완전 비접촉을 유지할 수 있기 때문에 마찰, 마모에 의한 유지비용이 낮으며, 일반 오일을 사용하는 베어링에 비해 마찰손실을 1/500 이하로 줄일 수 있기 때문에 에너지 효율이 높다. 이러한 이유로 하이브리드 자기베어링을 이용한 21,000rpm, 145RT 급 무급유 직결구동 소형 터보냉매압축기를 개발 중에 있다.[1,2] 개발중인 터보냉매압축기에는 에너지 소모를 최소화할 목적으로 반경방향 베어링과 쓰러스트 베어링에 영구자석과 전자석을 함께 사용하는 하이브리드형 자기베어링을 적용하였다. 이 중 쓰러스트 자기베어링에는 반경방향으로 착자된 링형 자석을 부착하도록 설계하여 시작품을 제작하였다. 그런데 반경방향 착자가 필요한 링형 자석의 경우 착자와 제작이 용이하지 않은 문제가 있어, 축방향 착자 링형 자석을 사용하도록 쓰러스트 자기베어링의 설계를 변경할 필요성이 대두되었다. 축방향 착자 자석을 사용할 경우, 자석의 착자 및 제작이 용이해지고 자기베어링 조립과 정도 간단해지는 장점이 있다. 본 연구에서는 터보냉매압축기용 하이브리드형 쓰러스트 자기베어링에 축방향으로 착자된 링형 마그넷을 사용하는 설계를 제시하고 전자기장 해석프로그램을 사용하여 그 설계를 검증한다.

2. 축방향 착자 쓰러스트 베어링 설계

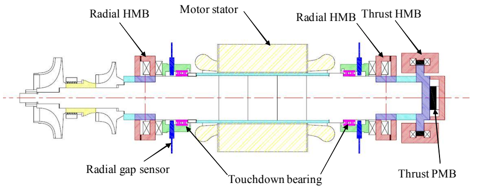

Fig. 1 Configuration of turbo refrigerant compressor using radially magnetized ring-shaped magnet

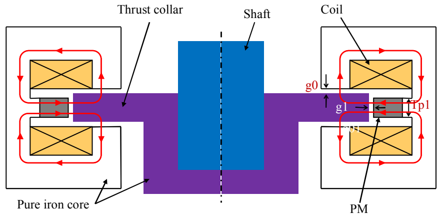

Fig. 2 Magnetic flux path by radially magnetized magnet in thrust bearing

Figure 1 은 터보냉매압축기에 사용된 자기베어링의 구성을 보여준다. 회전체의 끝단에 반경방향으로 착자된 영구자석을 사용한 하이브리드형 쓰러스트 자기베어링이 배치되어있다. Figure 2 에 쓰러스트 자기베어링의 상세구조와 반경방향 착자 영구자석에 의한 바이어스자속의 경로를 나타내었다. 반경방향으로 착자되어 있기 때문에 쓰러스트 칼라와 순철코어에 대해 대칭으로 자속이 형성된다. 그런데 반경방향 착자 영구자석을 실제로 제작하여 부착하는데

는 몇 가지 문제가 있다. 링형 영구자석을제작 한 후 한꺼번에 반경방향 착자를 하기는 어렵다. 따라서 링형 영구자석을 8 조각 정도로 분할하여 조각별로 반경방향 착자를 한 후 조립하여야한다. 이 경우 정확한 간극 관리가 중요한 자기베어링에서 다시 조각을 붙여 하나의 링을 만들어야하는 조립상의 불편함이 발생하게 되며 이 후에 발생하는 반경방향 자속은 조각자석들의 조립경계에서 균일하지 않게 되기 때문에 초기 설계에 비해 성능저하의 결과로 나타나게 된다. 이를 개선하기 위해 축방향으로 착자한 자석을 이용한 하이브리드형 쓰러스트 자기베어링을 설계하였다. Figure 3 은 설계된 축방향 착자 영구자석을 이용한 자기베어링의 구성과 자속의 경로를 보여준다. 순철코어 내부의 가장 바깥쪽에는 링 형으로 권선된 코일을, 그 안쪽 아래에는 축방향 착자 자석을 배치하고 그 위에 순철 링을 설치한다. 자석으로부터 발생된 자속은 순철링과 쓰러스트 칼라를 통과한 후 순철 코어를 돌아 다시 자석으로 돌아가는 경로를 가진다.

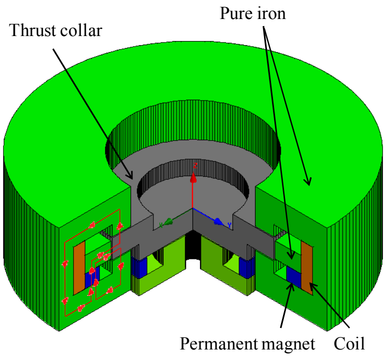

Fig. 3 Configuration and magnetic flux path of thrust bearing using radially magnetized magnet

3. 축방향 착자 쓰러스트 베어링 성능예측

Figure 3 의 구성이 양방향 2,000N 범위의 힘이 발생할 수 있도록 설계하였다. 순철코어의 외경과 내경은 각각 86mm, 185m, 전류범위는 -10 ~10A, 코일은 100 턴, 영구자석의 두께는 10mm 로 설계하였다. 설계된 자기베어링이 의도한 힘 성능을 발휘할 수 있는지 예측하기 위하여 전자기장 해석 프로그램을 사용하였다. Figure 4 는 0A 전류상태에서 영구자석만에 의한 자속밀도의 분포를 보여준다. 힘 해석 결과 -10~10A 의 전류범위에서 -2018~2052N 범위의 쓰러스트 힘을 발생할 수 있는 것으로 예측되었다.

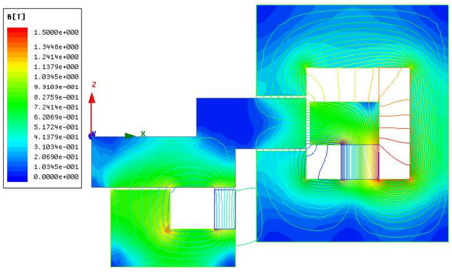

Fig. 4 Distribution of magnetic flux of thrust bearing using radially magnetized magnet

4. 결론

본 연구에서는 반경방향 착자 하이브리드형 쓰러스트 베어링의 단점을 개선할 수 있도는 축방향 착자 베어링의 구성을 제시하고 시뮬레이션을 통해 원하는 성능의 쓰러스트 힘이 발휘될 수 있음을 보였다. 축방향 착자 하이브리드형 쓰러스트 베어링의 성능평가 장치를 설계/제작하여 쓰러스트 힘을 실험적으로 검증할 계획이며 원하는 성능이 만족될 경우 개발 중인 터보냉매압축기에 적용할 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부의 산업원천기술개발사업 [10031905]의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 박철훈, 최상규, 박준영, "하이브리드형 자기베어링을 이용한 터보냉매압축기 쓰러스트 베어링 설계," 2010 대한기계학회 충청지회 춘계학술 대회, 333-334, 2010
2. Park, C. H., Choi, S. K., Park, J. Y and Yun, D. W., "Design of hybrid magnetic bearings for turbo refrigerant compressor", ICSV17, #461, 2010