

200RT 터보냉매압축기용 자기베어링 설계 Design of Magnetic Bearings for 200RT TurboRefrigerant Compressor

**박철훈¹, 최상규¹, 함상용¹

*#C. H. Park(parkch@kimm.re.kr)¹, S.K.Choi¹, S.Y.Ham¹

¹한국기계연구원 로봇메카트로닉스연구실

Key words : Turbo refrigerant compressor, Magnetic bearing, Critical speed, Imbalance response

1. 서론

터보냉매압축기는 빌딩공조, 수송기기 냉난방, 항공항습설비 등 공기조화산업용 제품의 핵심 부품이다. 최근 들어 공기포일베어링이나 자기베어링과 같은 무급유 직결구동 압축기가 개발되고 있다. 이 중 자기베어링은 전체 동작영역에서 완전 비접촉을 유지할 수 있기 때문에 마찰, 마모에 의한 유지비용이 낮으며 마찰손실이 적어 에너지 효율이 높다. 지난 2011년 국내에서 자기베어링을 이용한 21,000 rpm, 145 RT급 무급유 직결구동 소형 터보냉매압축기가 개발되었으며 현재 18,000 rpm 200 RT급 터보냉매압축기가 개발 중에 있다. 본 연구에서는 200RT 급 압축기용 래디얼베어링과 쓰러스트베어링을 설계하고, 위험속도, 불평형 응답 등의 동적거동을 예측하였다.

최소화하였다.

2. 자기베어링 설계

터보냉매압축기에 사용하는 래디얼과 쓰러스트 자기베어링은 영구자석과 전자석을 동시에 사용하는 하이브리드 자기베어링(Hybrid Magnetic Bearing, HMB)으로 구성하였다. 압축기에 의한 1,000N의 윗방향 추력을 효율적으로 보상하기 위하여 압축기 로터의 아랫방향으로 힘을 작용하는 영구자석 베어링(Permanent Magnet Bearing, PMB)을 추가로 배치하였다. 표 1에 쓰러스트 HMB와 PMB 설계를 위한 힘 사양을 나타내었으며 그림 2에 축방향 착자된 영구자석을 이용한 쓰러스트 HMB의 구성을 나타내었다.

2. 시스템 구성

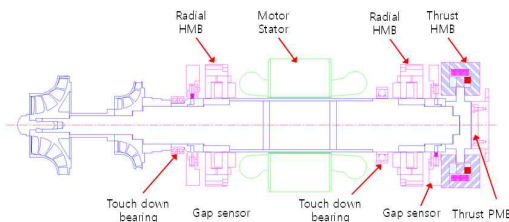


Fig. 1 Configuration of rotor and magnet bearings of 200RT class turbo refrigerant compressor

그림 1에 200RT 터보냉매압축기의 구성을 나타내었는데, 샤프트, 임펠러, 자기베어링, 고속 모터 등으로 구성되어 있다. 본 압축기는 수직형으로써 래디얼 자기베어링이 중력의 영향을 받지 않도록 하였다. 대신 중력이 압축기에 의한 추력을 상쇄하도록 하여 쓰러스트 자기베어링의 설계요구력을

Table 1 Design requirements for thrust bearings

Item	Value
Thrust force by compressor [N]	0 ~ 2,000
Bias force by Permanent magnet [N]	-1,000
Dynamic force [N]	-1,000 ~ 1,000
Safety factor	2
Required force for Thrust HMB[N]	-2,000 ~ 2,000

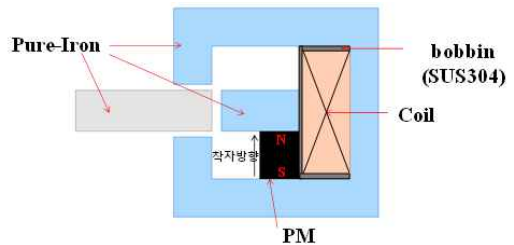


Fig. 2 Configuration of thrust HMB

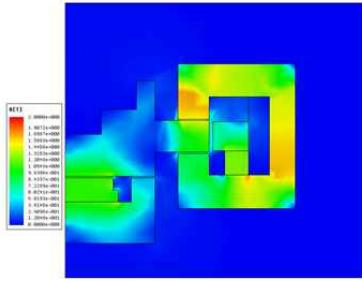


Fig. 3 Magnetic flux density analysis of thrust HMB and PMB with 10A current

그림 3에 쓰러스트 베어링에 10A의 전류를 가했을 경우의 자속밀도 해석 결과를 나타내었다. -10 ~ 10A의 범위에서 -3,000 ~ 1,600 N 정도의 힘을 발생할 수 있을 것으로 예측되어 설계사양을 만족하였다.

Table 2 Design requirements for radial bearings

Item	Value
Unbalance force [N]	63
Safety factor	2
Force requirment for unbalance force [N]	126
Attractive force to thrust collar [N]	110
Required force for Radial HMB[N]	236



Fig. 4 Magnetic flux density analysis of radial HMB with 10A current

표 2에 래디얼 HMB 설계를 위한 힘 사양을 나타내었다. 로터의 회전에 의한 불평형력을 지지하기 위한 힘 이외에도 본 압축기에 사용되는 쓰러스트 HMB의 영구자석이 쓰러스트 칼라의 측면에 작용하여 반경방향 흡인력 외란을 발생시키기 때문에 이를 고려하여 래디얼 HMB의 설계 힘을 236 N 상 발생하도록 결정하였다. 그림 4에 래디얼 베어링에 10A의 전류를 가했을 경우의 자속밀도 해석 결과를 나타내었다 -10 ~ 10 A의 범위에서 -277 ~ 277 N의 힘을 발생할 수 있을 것으로 예측되어 설계사양을 만족하였다.

3. 회전체 동역학 해석

설계된 자기베어링으로 터보냉매압축기용 로터를 지지할 경우의 위험속도와 불평형응답을 해석하였다. (그림 5, 6) 동작속도인 18,000 rpm에서의 위험속도는 30,000 rpm, zero-to-peak 불평형응답은 2 μ m 정도일 것으로 예측되었다.

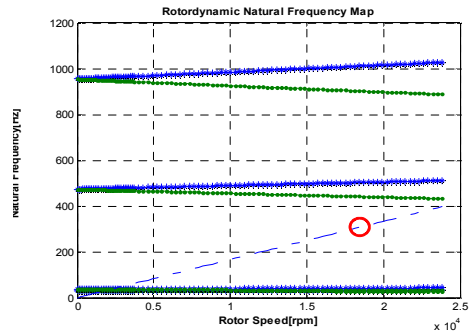


Fig. 5 Damped natural frequency map

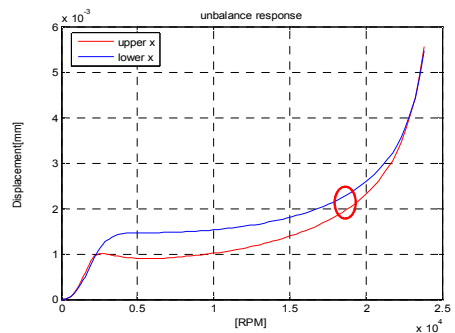


Fig. 6 Damped natural frequency map

4. 결론

200RT급 터보냉매압축기를 지지하기 위한 하이브리드형 자기베어링과 쓰러스트베어링을 설계하였으며 해석결과 요구력을 만족하는 것을 확인하였다. 회전체 동역학 해석결과 위험속도가 동작속도로 부터 충분히 여유가 있으며 불평형 응답량도 작아 안정적인 동작을 할 수 있을 것으로 예측된다.

참고문헌

1. 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
2. 박철훈, 최상규, 함상용, "터보냉매압축기용 축방향 착자 하이브리드 자기베어링 설계", 한국정밀공학회 춘계 학술대회 논문집, 2010.