

# 환형권선 셀프베어링 모터의 실험적 검증 Experimental Validation of Toroidally-wound Self-Bearing Motor

강민우<sup>1</sup>, 최원영<sup>1</sup>, \*#노명규<sup>1</sup>

M. W. Kang<sup>1</sup>, W. Y. Choi<sup>1</sup>, \*#M. D. Noh(mnoh@cnu.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 메카트로닉스공학과

Key words : Magnetic levitation, Permanent magnet machines, Self-bearing motors

## 1. 서론

일반적인 DC모터는 반경방향을 고정하는 기계식 베어링과 회전력을 만들어내는 코일권선으로 구성된다. 최근 자기부상 기술의 발달로 반경방향을 고정하는 기계식 베어링을 자기베어링으로 대체 할 수 있게 되었다. 이와 같은 기술로 모터의 마찰 손실을 줄일 수 있었지만 기존 베어링에 비해 축의 길이가 늘어나고 이로 인해 회전체의 임계속도가 저하된다. 이러한 문제점들을 해결하고 소형화, 경량화, 단순화를 위하여 1990년대부터 셀프베어링 모터(Self-Bearing Motor)에 대한 연구가 진행되었다[1]. 셀프베어링 모터는 베어링리스 모터로 불리기도 하며 모터에 자기 베어링 기술이 접목되어 모터자체가 회전운동과 자기 부상 역할을 함께 수행 할 수 있다.

셀프베어링 모터를 제어하기 위해서 맥스웰힘(Maxwell force)과 로렌츠힘(Lorentz force)을 이용하는 하이브리드 셀프베어링 모터 설계가 일반적으로 채용되고 있으며 로렌츠힘만 이용하여 셀프베어링 모터의 설계도 이루어지고 있다[1]. 이전의 연구에서 로렌츠힘을 이용한 환형권선 셀프베어링 모터의 부상력과 회전력이 각각의 전류에 의해 독립적으로 구동이 됨을 수식과 시뮬레이션을 통해 증명하였다[2].

본 연구에서는 실험을 통해 회전과 반경방향 부상제어를 검증하는 것에 목적이 있다.

## 2. 환형권선 셀프베어링 모터의 구조

환형권선 셀프베어링 모터는 고정자와 회전자로 구성되어 있다. Fig. 1은 모터의 개략도와 파라미터들을 보여준다. 회전자는 과 사이의 영역에 위치하고 있고 반경방향으로 자화되어 있다. 이 영역

안에서 나누어지는 부분들은 모터의 극수를 결정한다. 아래에 과 의 영역은 회전자 철심을 나타낸다. 고정자 철심은 과 사이의 영역에 있으며 자성체로 구성되어 있고 환형권선의 코일로 감겨 있다. 코일의 수는 극의 수와 입력위상 수의 곱과 같다. 각각의 직렬로 연결된 코일 쌍은 180도의 전기적 위상 차이를 갖는다.

## 3. 제어기의 구성

셀프베어링 모터의 제어기의 구조는 Fig. 2와 같다. 변위센서를 이용하여 로터의 반경방향 위치를 측정하고 실제위치와 기준위치( $x_r, y_r$ )의 오차가 부상제어기의 입력이 된다. 부상제어기의 출력인 반경방향 힘 요소( $F_x, F_y$ )와 로터의 각도를 이용하여 부상전류( $I_a, I_b, I_c$ )를 산출한다. 산출된 부상전류와 회전전류( $I_m$ )의 합은 각 상의 코일에 전해져 반경방향 부상과 회전의 역할을 동시에 수행한다.

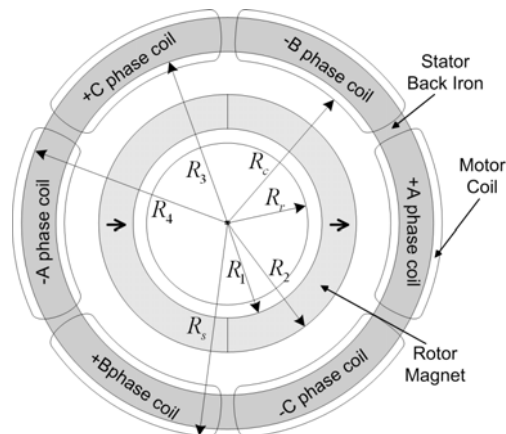


Fig. 1 The geometry of toroidally-wound self-bearing motor

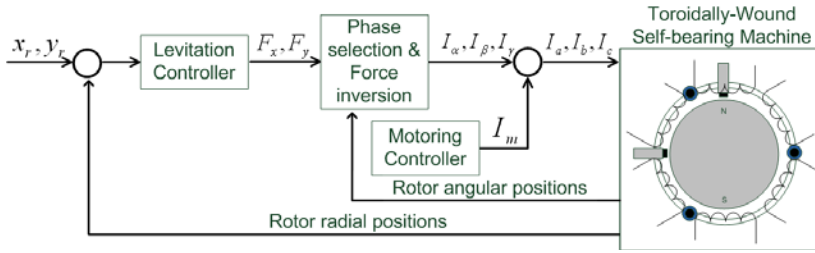


Fig. 2 Structure of a controller for the toroidally-wound self-bearing motor

4. 실험장치 및 결과

Fig. 3에서와 같이 반경방향 위치를 확인 하기위해 로터가 중심에 위치할 때 변위센서(AEC-5505)와 로터의 간격은 변위센서 선형구간의 중점인 0.6mm로 설정하였으며 반경 방향 백업 베어링과 로터와의 공차는 0.4mm로 설정하였다. 또한 스테이터 코어와 로터 자석간의 정렬을 위해 축 베어링을 설치하였다. 제어기 구성은 Simulink와 dSpace 1103을 사용하였으며 전류증폭기는 Copley사의 4122Z를 사용하였다.

실험은 회전속도를 변화 시키가며 진행되었으며 결과는 Fig. 4와 같다. 회전속도가 10rad/s, 50rad/s 일 때 약 10%, 100rad/s일 때 약 15%의 오차가 나타났다.

5. 결론 및 토의

본 논문은 환형권선 셀프베어링 모터의 제작 및 제어기를 구성하여 실험하였으며 실험을 통해 이전의 수학적 모델과 시뮬레이션을 검증하였다. 하지만 속도가 증가함에 따라 오차율이 증가하는 현상의 원인규명이 요구되며 추가적으로 기계적인 축 방향 제한을 벗어나기 위한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. A. Chiba, T. Fukao, O. Ichikawa, M. Oshima, M. Takemoto, D. Dorrell, 2005, "Magnetic Bearings and Bearingless Drives," Newnes Elsevier, Burlington, England.
2. H. I. Lee, M. D. Noh, 2009, "Optimal Design of Toroidally-Wound Brushless DC Machines", in the Proceeding of International Conference on Industrial Technology, Melbourne, Australia.

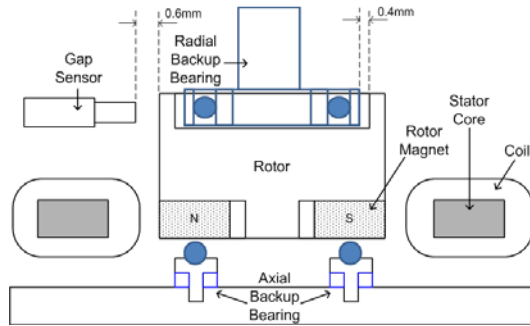


Fig. 3 Testbed of the toroidally-wound self-bearing motor

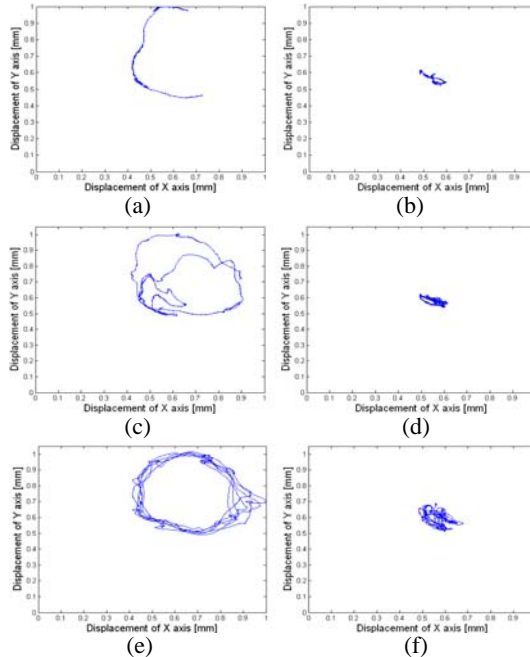


Fig. 4 Rotor radial position about rotational speed (a)10rad/s, uncontrolled (b)10rad/s, controlled (c)50rad/s, uncontrolled (d)50rad/s, controlled (e)100rad/s, uncontrolled (f)100rad/s, controlled