

분산 자기 회로를 이용한 베어링리스 모터의 모델링

노명규*(충남대학교 메카트로닉스 공학과), 박수진(충남대학교 대학원), 박창용(충남대학교 대학원)

주제어 : 자기 베어링(magnetic bearing), bearingless motor, open loop stiffness

베어링리스 모터는 기존의 전동기와 자기베어링을 결합한 기술로 축 길이가 줄어들어 회전 속도를 높일 수 있으며 소형화가 가능하다는 장점이 있다(Fig. 1). 베어링리스 모터를 설계하기 위한 첫 번째 단계는 베어링리스 모터의 수학적 모델을 도출하는 것인데, 기존의 연구에서 부상용 전류와 부상력의 관계는 잘 정립되어 있다. 그러나, 회전자의 변위에 따른 부상력의 변화는 명확히 정의되어 있지 않다. 본 논문에서는 분산 자기 회로 이론을 이용하여 회전자의 움직임에 따른 부상력의 변화를 스프링계수의 형태로 모델링하였다.

Fig. 2에서와 같이 회전자에 4극 영구자석이 장착되어 있고, 영구자석의 자기력(MagnetoMotiveForce)를 푸리에 급수를 이용하여

$$f_m = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n 4F_n}{n\pi} \cos 2n\theta \tag{1}$$

과 같이 표현할 수 있다. 또한 회전자의 중심이 고정자로부터 (x, y) 만큼 떨어져 있을 때 공극은

$$g(\theta, t) = g(1 - \epsilon \cos(\theta - \phi)) \tag{2}$$

와 같이 주어진다. 이 때, 임의의 각도 η 에서 자속 밀도는

$$B_g = \frac{\mu_0}{g + t_m} f_m \tag{3}$$

으로 주어진다. 식 (1)에서 1차항(fundamental term)만 고려하면 X, Y 방향의 힘은

$$F_x = \frac{1}{2\mu_0} \int_0^{2\pi} B_g^2 \cos \eta R_{ro} L d\eta \quad F_y = \frac{1}{2\mu_0} \int_0^{2\pi} B_g^2 \sin \eta R_{ro} L d\eta \tag{4}$$

이 되며, 각 방향의 open loop stiffness는

$$K_{xx} = K_{yy} = \frac{8 R_{ro} L t_m^2 B_r^2}{\mu_0 \pi (g_0 + t_m)^3} \quad K_{xy} = K_{yx} = 0 \tag{5}$$

이 된다.

이상과 같은 결과를 유한 요소 해석을 통하여 검증하였다.

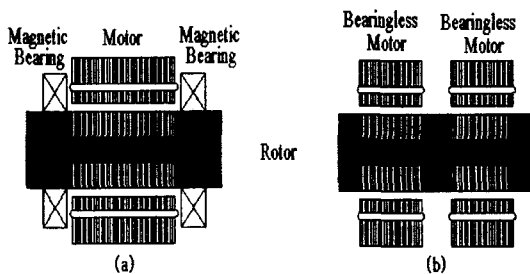


Fig. 1 (a) Magnetic bearing
(b) Bearingless motor

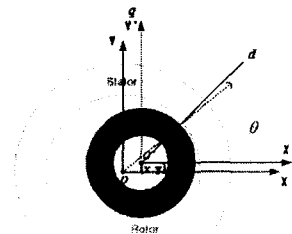


Fig.2 Coordinate of the bearingless motor