

치형상 변화에 따른 자성유체 밀봉시스템의 특성해석

서울대학교 전기공학과 김동훈*, 박관수*, 한송엽
 단국대학교 전기공학과 이기식

Characteristic Analysis of the Magnetic Fluid Seal considering the Shape of the Pole Piece

Seoul National University
 Dankook University

Dong-Hun Kim, Gwan-Soo Park*, Song-Yop Hahn
 Ki-Sik Lee

1. 서론

가동부위가 있는 전기기기 시스템을 밀봉하기 위한 기법으로 제안된 자성유체 밀봉시스템은 자성유체의 전자력을 이용하여 차폐함으로써 기계적 밀봉시스템에 비하여 마찰이 없고 가동부위의 기동저항이 없는 등 장점이 많으나, 보다 효율적인 밀봉시스템을 구현하기 위해서는 유체방정식과 전자기장 해석을 동시에 수행하여야 한다.

본 논문에서는 밀봉시스템에 주어지는 외부조건 -자계의 세기, 원심력, 중력, 양단에 걸리는 압력 차- 을 모두 고려하여 자성유체의 형상과 밀봉시스템의 특성을 해석할 수 있는 방법을 소개하고 이를 회전기기의 밀봉시스템에 적용하여 주어지는 외부조건에 의한 자성유체 형상변화와 치형상의 변화에 따른 밀봉시스템의 특성변화를 해석하였다.

2. 해석방법

자성유체 내부에서 성립하는 Navier-Stokes 방정식과 유체의 경계면에서 성립하는 압력조합식을 사용하여 주어진 외부조건에 따라 유체의 형상을 결정할 수 있는 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$c = p_0 - 2 \int M dH - \psi(r) + \rho g h - \frac{1}{2\mu_0} M_n^2 \quad (1)$$

$$\text{여기서 } \psi(r) = \rho r_1^4 \omega^2 \left(\frac{1}{r_2^2 - r_1^2} \right) \left(\frac{1}{2} r^2 + 2 r_2^2 \ln \left(\frac{r_2}{r} \right) - \frac{1}{2} \frac{r_2^2}{r^2} \right)$$

식 (1)으로부터 여러가지 외부조건 즉 압력, 원심력, 중력 그리고 자계의 세기에 따라 유체의 부피가 주어지면 유한요소법을 이용한 반복계산을 통해 유체의 형상을 구할 수 있다.

3. 적용사례

밀봉시스템에서의 폴 피스(pole piece)의 틈(gap), 나비 그리고 각도는 각각 0.4 mm, 0.5 mm, 15° 이다. 회전축의 지름은 100 mm로 하여 해석하였다. 그림 1은 축이 정지, 회전 있을 때 원심력의 영향과 내압차가 증가함에 따른 유체표면의 이동을 보여준다. 그림 2에서 (a)는 자성유체의 양에 따른 내압차를 보여주고, (b)는 폴 피스의 나비의 변화에 따른 밀봉시스템의 특성변화를 볼 수 있다. 그리고 (c)는 폴 피스의 각도 변화에 따른 시스템의 특성을 나타낸다. 그림 3은 특정한 각도를 갖는 폴 피스에서의 중심으로부터 자계 세기의 차를 나타낸다. 이것으로부터 밀봉시스템의 최대 내압차를 결정하는 중요한 요인은 폴 피스 부분에서의 자계의 분포 형태임을 알 수 있다. 그림 4는 자화전류의 증가에 따른 밀봉 특성의 계산결과가 실험치(참고문헌 ③)와 거의 일치함을 보여주고 있다.

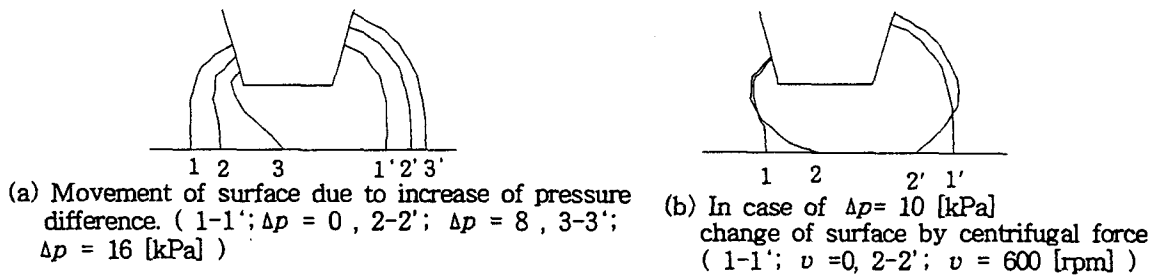


Fig.1 Change of surface by environment

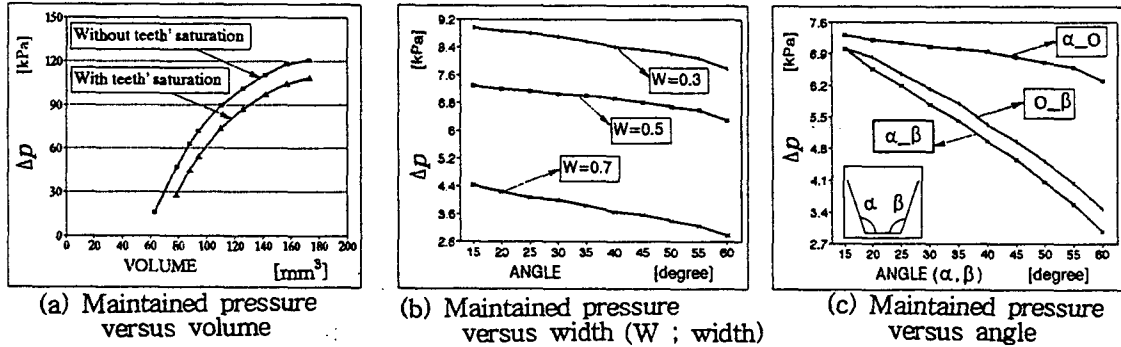


Fig.2 Change of maintained pressure by the several condition

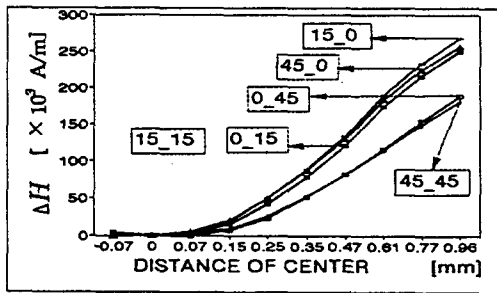


Fig.3 Difference of magnetic intensity from the center of pole piece

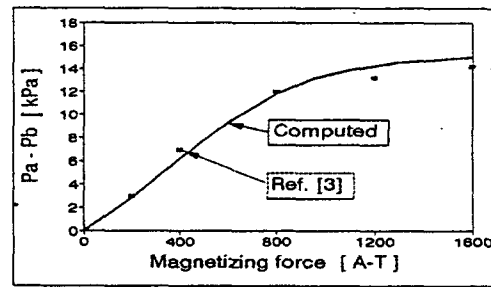


Fig.4 Maintained pressure versus magnetizing force

4. 결론

본 논문에서는 압력, 중력, 원심력 그리고 자계의 세기 등의 여러가지 조건들이 밀봉시스템에 미치는 영향을 고려하여 자성유체의 형상을 직접 구함으로써 자성유체를 이용한 밀봉시스템의 특성을 해석하였다. 그리고 이를 바탕으로 치형상의 구조변화에 대한 밀봉 특성을 해석하였다. 여기서 제시한 해석방법은 자성유체를 이용한 여러가지 장치의 디자인과 장치해석에 매우 유용하게 사용될 수 있다.

(참고문헌)

- ① V.E. Fertman et al., J. Magnetism Magn. Mater., vol. 29, 133 (1983)
- ② M. S. Sarma et al., J. Appl. Phys., vol. 55, No.6, 2595 (1984)
- ③ Takatomi susami and Chikasumi sousin, Magnetic fluid, Japan (1988)