

ATILA-GID를 이용한 초음파 모터의 양면 Teeth 구조를 갖는 고정자의 변위분포 해석

오진현, 임종남, 정해은, 임기조, 정수현*
충북대학교, 대원과학대학교*

Displacement distribution analysis of two sided stator of USM by using ATILA-GID

Jin-Heon Oh, Jong-Nam Lim, Hae-Eun Jung, Kee-Joe Lim and Soo-Hyun Jung*
Chungbuk National Univ., Daewon Science College*

Abstract : 압전소자의 초음파 진동을 구동원으로 하는 초음파 모터의 토크 특성을 개선하기 위하여 양면 Teeth 구조를 가지는 진행파 여진용 고정자를 설계하고, 이를 유한요소해석 프로그램 ATILA-GID를 이용하여 변위분포를 해석하였다. 한 면에만 Teeth 구조를 가지는 기존의 고정자를 이용한 초음파 모터가 소형화, 제한된 토크 응용분야에 있어서 Direct drive actuation을 위한 발판을 마련해 주었다면, 본 연구에서 제안하는 양면 Teeth 구조의 고정자는 토크와 효율, 출력특성의 개선과 함께 구조적인 특성에서 기인하는 온도 안정성에 의하여 그 응용분야의 확대를 기대할 수 있다.

Key Words : Ultrasonic motor, Two sided Stator, Traveling wave, ATILA-GID

1. 서 론

초음파 모터는 압전소자의 초음파 진동을 구동원으로 하는 모터로서 고정자와 회전자 사이의 마찰력을 매개로 하는 추력을 이용하여 토크를 얻는다. 모터 구동의 핵심은 압전소자를 이용하여 진동을 여진시키는 고정자와 고정자에서 여진된 진동을 전달받아 회전하는 회전자에 있으므로 압전소자의 진동메커니즘, 탄성체의 형상, 압전소자와 탄성체의 접합, 고정자와 회전자간의 접촉특성 등은 초음파 모터의 성능을 결정하는 중요한 설계요소가 된다.

초음파 모터는 전자식 모터와는 다른 구조와 구동 메커니즘을 가지고 있기 때문에 기존의 전자식 모터가 이용되기 어려운 영역에서의 응용이 기대되고 있으나 현실적으로는 여전히 산업계에서 요구하는 수준의 충분한 토크와 출력을 제공하지 못하기 때문에 산업응용의 측면에 있어서 많은 제한을 받고 있다. 따라서 토크와 출력을 증가시키기 위하여 전술한 설계요인을 포함하여 많은 부분에 대한 연구수요가 증대되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 고 토크를 얻기 위하여 Teeth를 탄성체의 상하 양면에 설치하고 두 개의 압전소자를 부착한 새로운 형태의 진행파 여진용 고정자를 설계하고, 유한요소해석 프로그램 ATILA-GID를 이용하여 변위분포를 시뮬레이션 하였다. 한 면에만 Teeth가 설치되는 기존의 고정자 형상을 이용한 초음파 모터가 소형화, 제한된 토크 응용분야에서의 Direct drive actuation을 위한 발판을 마련하였다면, 본 연구에서 제안하는 고정자는 토크와 효율, 출력

특성 등의 개선과 함께 구조적인 특성에 기인하는 온도안정성에 의해 그 응용분야의 확대를 기대할 수 있다.

2. 실험

2.1 고정자의 설계

설계된 고정자의 형상이 그림 1에 나타나 있다. 탄성체의 재질은 인칭동으로 상하 양면에 각각 48개의 Teeth를 갖도록 설계하고 압전소자는 PZT-PMNS세라믹을 사용하였다. 압전소자는 원환 모양으로 탄성체의 상하 양면에 각각 1개씩 부착되는데 6파장의 진행파를 얻을 수 있도록 12개의 세그먼트로 나누어 1/2파장마다 방향을 반전시켜 분극하였으며, 상하 양면의 압전소자는 1/4파장의 공간적 위상차를 두고 탄성체에 부착되어 있다.

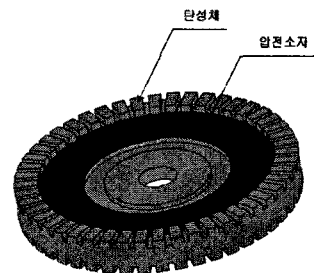


그림 1. 고정자의 형상

기존의 고정자를 사용한 초음파 모터의 경우, 압전소자의 반경은 접촉하는 회전자의 반경과 동일하여 압전소자

에 의해 여진된 진동이 초음파 모터의 구조적 특성에 기인하는 회전자에 의한 가압력 때문에 제한을 받는다. 그러나 본 연구에서 설계된 고정자는 회전자의 직경이 압전소자의 외경보다 크기 때문에 고정자와 회전자가 접촉하는 부분이 압전소자의 위치보다 바깥쪽에 있으므로 회전자의 가압력에 대한 영향을 감소시킨다. 게다가 하나의 탄성체에 두 개의 압전소자가 부착되기 때문에 하나의 압전소자를 이용할 때보다 진동전달 효율이 개선되어 진폭을 증가시킬 수 있다. 이것은 모터의 토오크 특성을 개선하는 효과가 있다.

2.2 고정자 진동의 수치적 해석 과정

고정자의 동작특성을 Modal Analysis와 Harmonic Analysis를 이용하여 수치적으로 해석하였다. 여기에는 유한요소 해석프로그램 ATILA-GID가 사용되었다. 해석하고자 하는 고정자의 형상에 있어서 공진주파수 분석과정(Modal Analysis)를 통하여 6차의 진동차수의 공진주파수를 구한 후 그 주파수의 교류전압을 인가하고 고정자의 진동 정상상태 해석(Harmonic Analysis)를 수행하여 변위 분포를 그래픽으로 구현하였다. 해석순서는 그림 2와 같다.

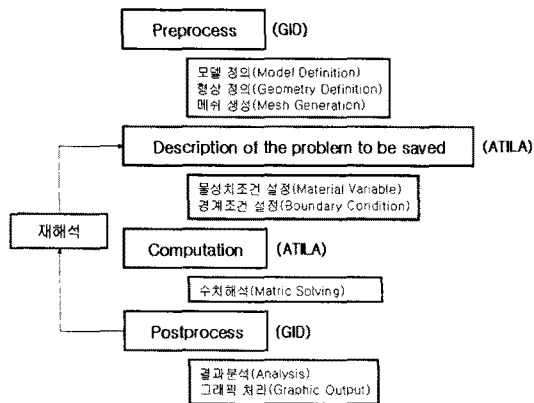


그림 2. 모델 해석 순서

3. 결과 및 고찰

Modal Analysis에 의한 해석결과 B16 공진모드에서 68kHz의 공진주파수가 계산되었으며 이 동작주파수에서 Harmonic Analysis를 실행한 결과 고정자의 변위분포가 그림 3과 같은 형태로 나타났다. 고정자의 원주 바깥쪽 경계방향으로 6차의 진동모드에 의한 변위가 나타나고 있음을 확인하였다. Teeth 안에서 나타나는 변위는 압전소자의 진동에 의한 변위분포가 된다. 그림에서 보는 바와 같이 압전소자와 탄성체의 Teeth간에 발생하는 진동의 위상차는 180도가 된다. Teeth 부근의 변위를 살펴보면 내경과 외경방향으로 Teeth 전체에 나타나는 것이 아니라 외곽 부근의 일부에서만 변위가 집중되고 바깥쪽으로 갈수록 진폭이 뚜렷하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 따라서 회전자의 접촉면을 고정자의 외곽에 위치하도록 설계하는 것을 고려해 볼 수 있다.

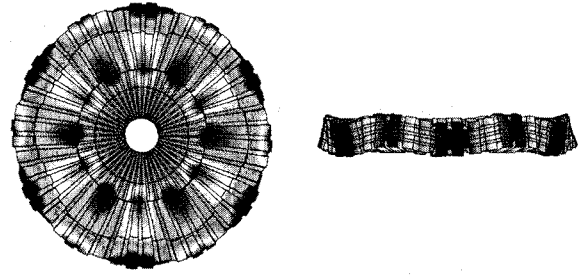


그림 3. 유한요소 해석프로그램(ATILA-GID)에 의한 고정자의 변위분포 해석 결과

4. 결론

초음파 모터의 양면 Teeth 구조를 가지는 고정자의 형상을 설계하고 이를 유한요소법에 의하여 해석하여 진동시의 공진주파수 계산 및 변위분포의 구현을 수행하였다. 고정자에서 압전소자의 부착 위치가 진동전달 부분인 Teeth 구조보다 안쪽에 위치함으로써 나타나는 변위의 분포를 보면 압전소자의 진동이 탄성체의 Teeth 구조 외곽으로 집중됨으로서 이 부근에서의 진폭이 증가하게 된다. 이는 그림 3에 나타난 해석결과에서 보는 바와 같이 Teeth 구조 안쪽에 위치한 압전소자의 진동변위와 Teeth 구조의 진동변위를 나타내는 색의 차이에서 확연히 알 수 있다. 즉, 압전소자가 Teeth 구조의 하부에 위치하는 기존의 고정자 형태에서는 Teeth의 진동진폭이 압전소자의 진동진폭 이상으로 커질 수 없으나 본 연구에서 유한요소 해석 프로그램에 의해 해석한 고정자의 경우, 진동의 증폭효과가 나타나기 때문에 모터의 토오크 특성 개선을 기대할 수 있다.

참고 문헌

- [1] Yasuaki Kawai et al. "High Power Travelling Wave Type Ultrasonic Motor ", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34, No 5B, p. 2711-2714, May 1995.
- [2] Timothy. S. Glenn and Nesbitt. W. Haghood "Development of a two sided piezoelectric rotary ultrasonic motor for high torque", SPIE Vol. 3041, p. 326-338, 1997.
- [3] R. Inaba et al. "Piezoelectric ultrasonic motor", IEEE Ultrasonic Symposium, p. 747-756, 1987
- [4] A Frangi et al. "Finite element modelling of a rotating piezoelectric ultrasonic motor", Ultrasonics, vol. 43, Issue 9, p. 747-755, 2005
- [5] Y. Chen et al. "A traveling wave ultrasonic motor of high torque", Ultrasonics, vol. 44 Supplement 1, p. e581-e584, 2006