

진행파형 초음파 모터의 유한요소해석

김성현 박태곤
창원대학교

The FEA of the Travelling-wave Ultrasonic Motor

Sung-hyun Kim, Tae-gone Park
Changwon National Univ.

Abstract

Piezoelectric motors have been successfully developed for various applications like autofocus drives in camera lenses and handling equipment for high-accuracy positioning. In this paper, the travelling-wave motor which used in the camera lense, using bending vibration of a ring was studied.

The basic structure of the motor is same but we suggested a few parameters for considering their design. The parameter is different from sine and cosine region of the voltage of the ceramic surface, displacement according to the wave number difference, and the phase difference. Same size of ceramics and aluminium ring were used for the stator. As a result, the displacement is dependent on the wave number.

Key Words : Piezoelectric motor, Travelling wave, Finite Element Analysis

1. 서론

압전세라믹을 이용한 초음파 모터는 압전 재료의 발달에 따라 이용범위와 성능이 매우 빠른 속도로 발달되고 있다. 전자기 모터와 전혀 다른 원리를 이용하는 초음파 모터는 전자기 코일에 의한 자기장의 유도에 의한 동력원이 아닌 압전 세라믹의 진동을 이용하게 된다. 이러한 원리로 인해 소형경량이며, 구조가 간단하고 높은 효율을 가지며, 기어를 필요로 하지 않아 제어 특성이 뛰어나며, 전자기 노이즈가 매우 적으며, 저속에서 고 토크를 가지는 특성이 있다. 그러므로, 일반적인 전자기 모터를 사용하기 힘든 의로분야나 산업분야에 많은 관심을 유도하였다. 현재 ring형의 진행파 초음파 모터는 카메라의 자동초점 기구로써 이용되고 있으며, 이러한 형태의 초음파 모터가 가장 적절하게 실용화되어 이용되고 있다.

본 논문에서는 일반화된 ring형 진행파형 초음파 모터의 여러 가지 변수를 고려해봄으로써 실제 설

계에 있어서 많은 이점을 가져다 줄 것으로 생각된다. 본 논문에서 연구된 파라미터로는 진행파형을 만들기 위한 전압으로 sine, cosine 전압을 이용하게 되는데 이 sine, cosine 전압의 세라믹에서의 전극판의 면적을 다르게 하였을 때, 세라믹의 전극의 전압 위상차를 변하게 하였을 때, 등의 변수를 두어 ANSYS를 이용해 시뮬레이션하였다. 변수에 의한 변화를 보기위해 시뮬레이션에서 세라믹과 stator의 크기는 일정하게 하여 시뮬레이션을 행하였다. 이러한 실험을 통해 동일형태, 동일전압에서 위 파라미터의 변화로 인한 차이점, 특성 등이 고찰되었다.

2. 본론

2.1 구조와 동작원리

Ring형 진행파 초음파 모터의 일반적인 형태는 그림1과 같다.

그림 1에서와 같이 sine, cosine 전압을 적절히 배치시켜서 입력해줌으로써, 진행파형을 만드는 것으로 현재 이용되는 ring형 초음파 모터이다.

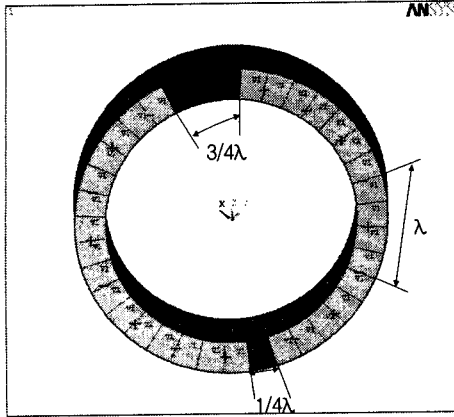


그림 1. Ring형 진행파형 초음파 모터.

2.2 유한요소해석

범용 유한요소 해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 일반적인 형태의 ring형 진행파형 초음파 모터의 몇 가지 변수를 가변하는 시뮬레이션을 행하였다. 본 연구는 설계를 위한 다양한 고려사항을 직접 시뮬레이션 해봄으로써 설계에서의 시행착오를 줄이고, 시뮬레이션의 이점을 이용 다양한 고려사항을 빠르고 손쉽게 얻을 수 있다는 것이다.

2.2.1 요소유형과 물성치

해석시 요구되는 요소의 유형으로 세라믹 Solid5, 금속판 Solid45가 적용되었다. 재료 물성치는 표1에 나타내었다.

표 1. 재료물성치.

재료	밀도 [kg/m ³]	유전율 [F/m]	탄성계수 [N/m ²]	포와송비
압전세라믹	7730	8.7969 e+09	-	-
알루미늄	2690	-	7.03 e+10	0.345

2.3 파라미터에 따른 시뮬레이션

2.3.1 세라믹의 sin, cos 전압영역 변화에 따른 변위

그림 2와 같이 sin, cos 입력전압을 주는 세라믹의 전극판의 면적을 다르게 하여, travelling wave motor를 시뮬레이션 하였다.

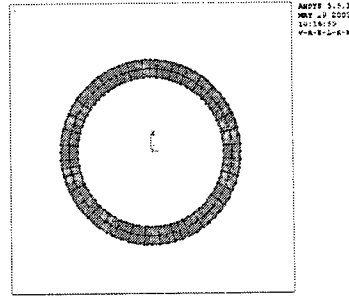


그림 2. 세라믹의 cos, sin 전압영역 변화.

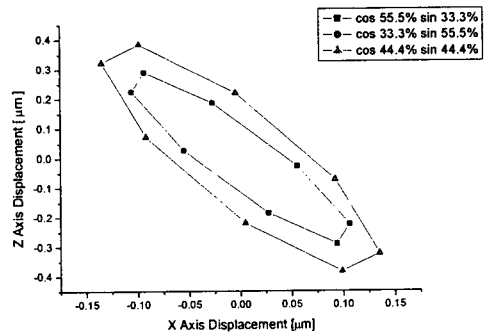


그림 3. 전압영역 변화에 따른 변위의 타원궤적.

그림 3과 같이 전극판의 면적을 cos 55.5%, sin 33.3%로 했을때와 cos 33.3% sin 55.5%로 했을 때 타원변위의 크기는 동일했으며, cos, sin 전압영역이 동일할때의 타원변위보다 작은 것을 알 수가 있다.

2.3.2 Wave number에 따른 변위 비교

그림 4와 같이 세라믹의 wave number를 변화시키기 위해 세라믹의 분극영역을 변화시켜서 시뮬레이션 하였다.

그림 5에서와 같이 진행파의 wave number가 작을수록 타원변위가 커지는 것을 알 수 있다. 타원의 중심의 검은점 역시 타원변위나 상대적으로 작아서 거의 점처럼 나타난 것 뿐이다. 그러나 타원변위가 커진다고 토크가 커지는 것은 아니다. wave number가 감소할수록 contact duration이 증가하여 slip이 증가하므로 토크는 상대적으로 감소할 것이다.

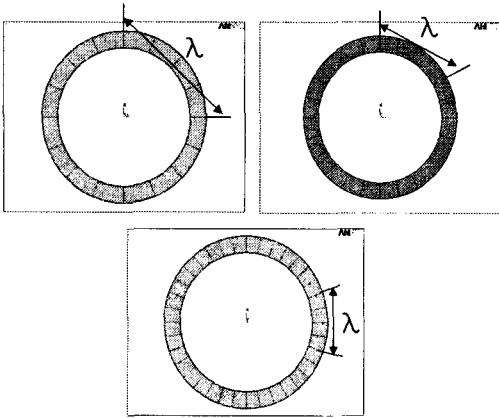


그림 4. Wave number 위에서부터 왼쪽 4, 오른쪽 6, 아래 9.

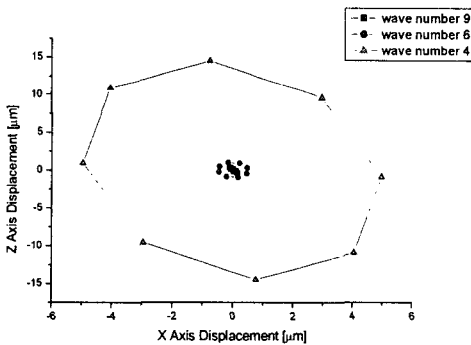


그림 5. Wave number에 따른 변위의 타원궤적.

그러나 윤활제의 사용으로 contact duration이 클 경우에도 토크가 급격히 줄어드는 현상을 막을 수 있다는 내용[1]이 있음을 보아 동일 크기의 ring형 진행과형 모터에서 wave number의 변화만으로도 변위의 증가로 인한 토크 증가가 가능하리라 생각된다.

2.3.3 인가전압과 위상차에 따른 타원궤적

인가전압의 위상차로 인해 진행과형이 발생하나 꼭 90도의 위상차이를 주어야 하는지를 그림 6과 같이 확인할 수 있었다.

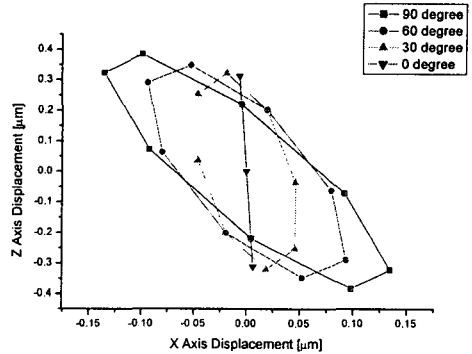


그림 6. 위상차에 따른 변위의 타원궤적.

인가전압의 위상차는 0도를 제외하고는 타원궤적을 발생하였으나 90도 일 때 가장 큰 타원궤적을 그리고 있으며, 60도 일 때 그 다음으로 큰 타원궤적을 그리고 있다.

인가전압의 위상차를 60도로 줄일 경우 세라믹의 전압이 인가되지 않는 부분의 크기 또한 그림 8에서 처럼 $\frac{1}{12}$ λ만큼 줄일 수가 있어, 결국 세라믹의 전원인가부분이 더 커져 진동이 더욱 커질 수 있는 가능성이 있을 것으로 생각하고 시뮬레이션을 행하였으나, 결과는 그림 7과 같이 90도 위상차를 낼 때 타원궤적이 가장 크게 나타난다.

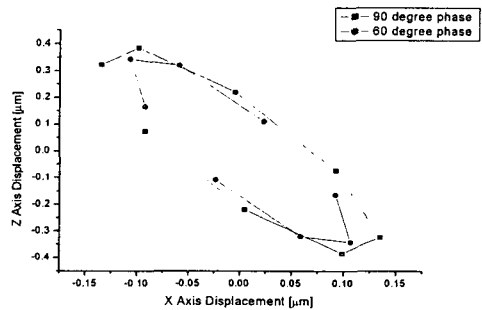


그림 7. 90도 위상, 60도 위상차일 때 타원궤적.

그러나 60도 위상차를 만들어 주기 위해 그림 8과 같이 90도 위상차에서는 전압이 인가되지 않는, wave가 60도에서 90도까지의 진행하는 세라믹부분에 전압을 인가해주게 된다.

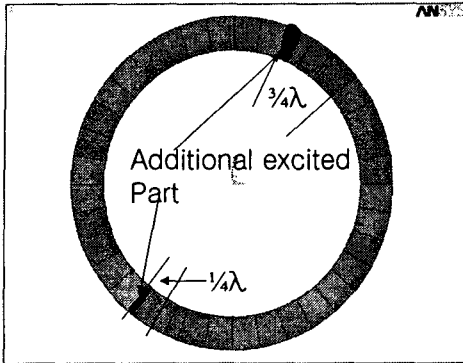


그림 8. 60도 위상차에서 추가적인 전압인가부분.

세라믹의 추가적인 전압인가로 인한 변위의 증가가 90도 위상차에서의 타원변위와 60도 위상차에서의 타원변위의 차를 많이 좁혀주지 못하는 것으로 보인다.

3. 결과 및 고찰

본 논문은 ring형 진행파형 초음파 모터의 제작에 여러 가지 파라미터에 대한 특성을 알아보기 위해 유한요소해석을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 특히 종래의 일반적인 ring형 초음파 모터를 기준으로 진행파를 위한 인가전압 \cos , \sin 의 인가영역의 변화에 대한 비교에 있어서 \cos , \sin 의 인가영역이 동일할 때 가장 큰 변위의 타원궤적을 얻음을 그림 3에서 볼 수 있었으며, wave number에 따른 변위의 타원궤적 시뮬레이션에 있어서는 파형의 수가 적을수록 변위의 타원궤적이 커지는 것을 그림 5에서 알 수 있었다. 그러나, 변위가 커지는 만큼 contact duration이 커져서 slip이 증가하여 토크가 줄어드는 현상을 보임을 알 수 있었다. 위상차를 통한 비교에서도 위상차 90도 일 때 가장 큰 변위의 타원궤적을 나타냄을 그림 6과 7에서 알 수 있었다.

4. 결론

결론적으로 현재 일반적으로 많이 이용되고 있는 ring형 진행파 초음파 모터의 형태에서 가장 큰 변위의 타원궤적이 나옴을 알 수 있었으며, wave number에 대해서는 파형의 수가 적을수록 변위가 커지는 것을 이용해서 큰 토크의 모터를 제작하기 위해서는 slip의 문제를 해결해야 하며, 윤활제, 마

찰제의 이용 등이 slip의 문제를 해결하는 하나의 방편으로 많이 연구되어져야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] S.Ueha, Y.Tomikawa, M.Kurosawa, N.Nakamura, "Ultrasonic Motors", Clarendon press, p.231-252, 1993.
- [2] 박형진, "Ansys를 이용한 유한요소해석", 광문각, 2001.
- [3] J.W.Krome, "INFLUENCE OF THE PIEZOELECTRIC ACTUATOR ON THE VIBRATIONS OF THE STATOR OF A TRAVELLING WAVE MOTOR", Ieee ultrasonics symposium, p.413-416, 1995.
- [4] Takashi Maeno, "Finite-Element Analysis of the Rotor/Stator Contact in a Ring-Type Ultrasonic Motor", Ieee, p.668-674, 1992.