

렌즈의 자동초점 구동을 위한 리니어 초음파 모터에 관한 연구

이한주*, 오진현*, 권정훈*, 임기조*
충북대학교*

Investigation of The Linear Ultrasonic Motor for Autofocus Lens Drive

Han Joo Lee*, Jin Heon Oh*, Jeong Hoon Kwon*, Kee Joe Lim*
Chungbuk National University*

Abstract - In this paper, a novel design ultrasonic linear motor is proposed. The proposed motor consists of a ring type stator and a mover. They have spirals on their inner and outer surface, respectively. Along the spiral, a mover is travelled by a travelling extensional vibration mode of a ring type stator. Hence, a linear up-and-down motion is generated. Through the experimental data, we can verify the applicability regarding the autofocus lens drive.

1. 서 론

초음파 모터는 압전세라믹의 초음파 진동을 구동원으로 하는 모터로서, 교류적인 신축운동을 기계적인 정류에 의하여 직류적인 운동으로 변환하는 장치이다. 고정자와 회전자의 마찰에 의해 얻어지는 추진력이 진행과가 유한한 탄성체를 전파할 때 그 표면의 질점이 타원 진동하는 것을 이용한다. 고정자인 탄성체의 표면이 타원 운동을 하고, 생성된 궤적에 의해 회전자 또는 이동자가 움직임을 나타낼 때 초음파 전동기가 구성될 수 있다.

초음파 모터는 기존에 폭넓게 활용되고 있는 전자 모터에 비해 상대적으로 낮은 속도에서 높은 토크를 발생시키기 때문에 감속장치가 불필요하고, 단위 중량당 발생하는 기계적 출력이 높으며, 기동 및 정지 시 속응성을 갖고, 소형 및 경량화가 가능하고, 자계와 무관하기 때문에 전자 유도 등의 장애가 없고, 사용시 정숙성을 보이는 등의 다양한 장점을 갖고 있기 때문에 현재 다양한 분야에서 활용되고 있고, 이에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.[1]-[4]

본 논문에서는 광학 기기에서 피사체 대하여 초점을 자동으로 맞추는 자동 초점 장치에 해당 모터를 적용하기 위해 링형 고정자 상에서 발생하는 진행파의 원주방향 이동을 고정자의 축방향의 나선선에서의 이동을 매개로 상하로 이동되는 이동자의 선형 운동을 활용한 새로운 방식의 초음파 모터를 설계하고자, 고정자의 모델링 및 시뮬레이션과 proto-type 모터의 구동을 통한 모터의 성능 확인을 실시하였다.

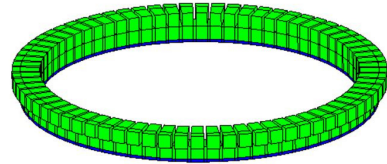
2. 본 론

2.1 모델링

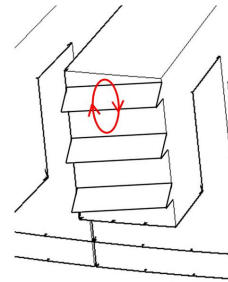
본 논문에서 제안하는 모터의 모델링은 실제적인 적용을 위해 현재 카메라에 적용되고 있는 모델의 고정자 사이즈에 준하여 정하였고, 그 형상은 그림 1과 같다.

고정자의 하단 부분에 부착되는 압전세라믹은 PZT4를 이용하였고, 그 사이즈는 외경 ϕ 65mm, 내경 ϕ 58mm이며, 두께는 0.5mm이다. 압전 세라믹의 분극은 9파장을 갖는 진행파를 형성할 수 있도록 배열하였다. 원환형 탄성체의 재질은 내마모성, 낮은 열 팽창률, 온도 변화에 둔감한 탄성률 등의 특성을 고려하여 brass로 선택하였다. 탄성체의 사이즈는 외경과 내경이 각각 ϕ 71mm, ϕ 58mm이고, 탄성체의 전체 높이는 5mm이다.

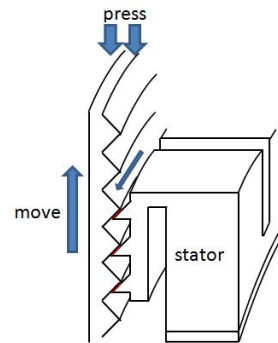
압전체와 금속 탄성체의 연결 부하간 임피던스 매칭을 통한 기계적인 출력을 증대시키기 위해 teeth구조를 채택하였고, 관성에 의한 반경 방향의 불필요한 진동을 최대한 줄이면서 일종의 스프링과 같은 효과를 얻기 위해 'ㄷ'형태의 tooth로 설계하였고, 그 형상은 그림 2와 같다. 보통의 나선선을 이용할 경우, 의도하지 않는 역방향으로의 회전이 발생할 수 있으므로 이를 방지하기 위해 고정자의 나선선의 단면을 직각 삼각형의 형태로 취한다. tooth의 높이는 3mm이고, 총 수는 72개로써, 파장 당 8개의 tooth가 존재하도록 정하였다. 고정자의 타원 운동에 의한 이동자의 거동은 그림 3과 같다.



<그림 1> 제안된 모델의 고정자 형상



<그림 2> 고정자상 나선선의 타원 궤적

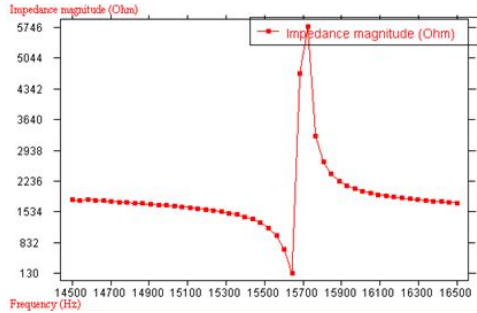


<그림 3> 고정자 질점의 타원 운동에 의해 나선선을 따라 회전하며 이동하는 이동자

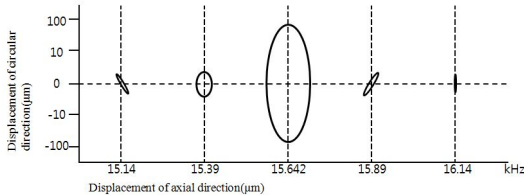
2.2 FEM 분석

제안된 고정자 모델에 대한 modal analysis와 harmonic analysis를 통해 주파수-임피던스 특성과 진동, 진폭 및 각 질점의 거동을 분석함으로써 설계한 모델에 대한 특성 확인과 최적 모델을 예측하기 위해 FEM분석 프로그램인 ATILA를 이용하여 시뮬레이션을 행하였다.

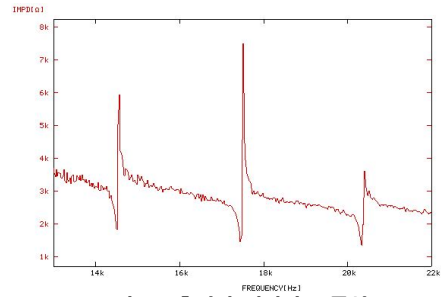
modal analysis로 얻어진 mode가 9파장을 형성함을 확인 하였다. 이 mode에 대한 15140 ~ 16140 Hz 영역의 harmonic analysis를 행한 결과로 그림 4와 같은 주파수-임피던스 특성 곡선을 얻었고, 그 때의 공진 주파수는 15642.7 Hz이며, 임피던스는 93 Ω 임을 확인할 수 있었다. 그림 5는 공진 주파수 및 공진 주파수 전, 후에서의 질점의 거동을 나타내며, 공진 주파수 전, 후의 주파수 영역에서 기울어진 타원 운동 혹은 정재파에 가까운 운동을 하는 것으로 확인되었고, 공진주파수에서 각 질점의 타원 운동이 형성됨과 동시에 타 주파수에서의 거동과 비교하였을 때 눈에 띄게 큰 변위가 형성됨이 확인되었다.



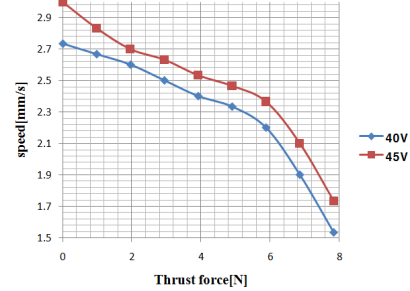
〈그림 4〉 주파수-임피던스 특성 곡선



〈그림 5〉 주파수에 대한 질점의 거동



〈그림 8〉 측정된 임피던스 특성

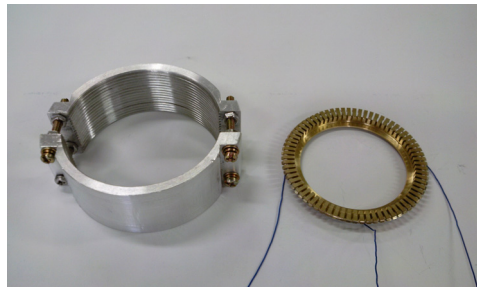


〈그림 9〉 구동 속도와 추력간의 관계

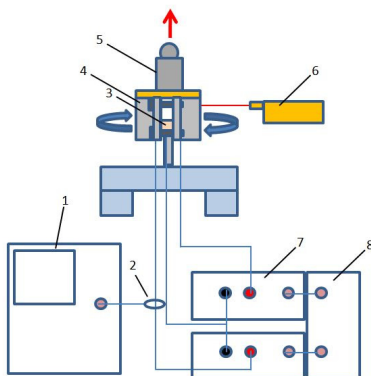
2.3 실험

그림 6은 제안된 모터의 특성 확인을 위해 제작된 proto-type 모터로써, 이동자는 알루미늄 재질로 두 이동자간 적정 거리의 조정을 위한 4개의 볼트를 갖고, 이동자의 내측과 고정자의 외측의 나사선에 의해 모터는 결과적으로 선형 운동을 행한다. 나사선의 간격은 모터의 선형 이동 속도에 중요한 요소이며, 본 모터에서는 2mm로 선정하였다. 그림 7은 측정을 위한 장비 및 실험 방법에 대하여 설명하고 있다. 입력전압은 40Vrms의 정현파이고, A상과 B상 사이의 위상차는 90도이며, 가압력의 크기는 2N이다.

임피던스 분석기를 통해 얻은 주파수에 대한 임피던스 특성은 그림 8과 같고, 이때 구동을 위한 공진주파수는 17.51kHz이다. FEM 분석 결과와 주파수의 차이를 보이는데, 이는 FEM 분석 시 모델을 나사선을 적용하지 않음에 따른 질량의 차에 의한 결과로 사료된다. 그림 9는 구동속도와 추력에 대한 그래프이고, 보다 높은 전압에서 더 큰 추력이 발생됨을 확인할 수 있으며, 구동 속도가 기계적인 부하의 크기에 따라 결정됨을 확인할 수 있었다.



〈그림 6〉 proto-type 모터의 이동자와 고정자



1-oscilloscope, 2-current probe, 3-stator, 4-mover, 5-weight, 6-tachometer, 7-high power amplifier, 8-multi-function generator

〈그림 7〉 실험을 위한 장비

3. 결 론

본 논문의 목적은 카메라의 자동 초점 조절 모터의 설계에 있다. ATILA를 이용한 FEM 분석을 통해 최적의 구동 주파수 및 거동을 확인하였다. 시뮬레이션을 통해 얻어진 결과를 토대로 proto-type 모터를 제작한 후 실험을 실시하였다. 실제 자동 초점을 위한 변위는 매우 짧으므로, 실험 결과에서 나타내는 성능을 통해 실제적인 적용에 대한 가능성을 확인하였다.

자동 초점 조절용 모터에서 모터의 속응성은 매우 중요한 부분이므로, 속도 향상을 위한 노력이 필요하다. 나사선을 따라 이동자가 이동함에 의해 결과적으로 선형 운동을 하는 시스템이기 때문에, 모터의 속도를 결정함에 있어서 나사선의 간격이 중요한 요소로 작용한다. 감당할 수 있는 나사선의 최대 간격을 고려한 실험이 수행될 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] K. Nakamura, M Kurosawa, S Ueha "Characteristics of a Hybrid Transducer-Type Ultrasonic Motor", IEEE Trans Vol. 38, No. 3, May 1991.
- [2] H. Hirata, S. Ueha, "Design of a Traveling Wave Type Ultrasonic Motor", IEEE. Trans Vol. 42, No. 2, March 1995.
- [3] K. Nakamura, M. Kurosawa, S. Ueha. "Characteristics Estimation of a Traveling Wave Type Ultrasonic Motor", IEEE. Trans. Vol. 40, No. 4, 1993.
- [4] M. Hao, W. Chen. "Analysis and Design of a Ring-type Traveling Wave Ultrasonic Motor", in Proceeding of the IEEE Mechatronics and Automation. 2006.
- [5] T. Sashida, T. Kenjo, An Introduction to Ultrasonic Motors. Oxford, UK. 1993, pp. 5 ~ 12.
- [6] S. Ueha, Y. Tomikawa, Ultrasonic motors : Theory and Application. Oxford, UK. 1993, pp. 8 ~ 33.
- [7] J. M. Fernandez, Y. Perriard, "Characteristics, Modeling and Simulation of a Traveling Wave Ultrasonic Linear Motor", IEEE. Ultrasonic, Ferroelectrics, 2004, pp. 2247~2250.
- [8] N. W. Hagood IV, A. J. McFarland, "Modeling of a Piezoelectric Rotary Ultrasonic Motor", IEEE. Trans. Vol. 42, No. 2, March, 1995.
- [9] Y. Liu, J. Liu, W. Chen, S. Shi, "Design and Analysis of a Double Rings Type Ultrasonic Motor Using Longitudinal Transducers", in Proceeding of the IEEE Mechatronics and Automation, August, 2009.
- [10] T. Maeno, T. Tsukimoto, "Finite-Element Analysis of the Rotor/Stator Contact in a Ring-Type Ultrasonic Motor", IEEE. Trans. Vol. 39, No. 6, November, 1992.