인가 전압에 따른 초소형 압전 리니어 모터의 동특성

유경호*,**, 고현필*, 강종윤*, 김현재*, 고태국**, 윤석진*
*한국과학기술연구원 박막재료연구센터, **연세대학교 전기전자공학과

Dynamic Properties of Tiny Piezoelectric Linear Motor by Applied Voltage

Kyoung-Ho Yoo*,**, Hyun-Phill Ko*, Chong-Yun Kang,* Hyun-Jai Kim*, Tae-Kuk Ko**, Seok-Jin Yoon*
*Thin film material research center, Korea Institute of Science and Technology
**Department of electrical and electronic engineering, Yonsei University

Abstract : Recently, a tiny piezoelectric linear motor using a vibration made of the transducer has been invented. The motor consists of a shaft, mobile element, and piezoelectric transducer using a piezoelectric radial mode bimorph disk. The fringe of the bimorph disk is fixed firmly which means this area has no degree of freedom. Therefore, the radial mode of the tranducer transfers to the flexurd mode. The mobile elements move along the shaft by the impact force generated by the flexurd mode of the piezoelectric transducer. The piezoelectric ceramic disks have thickness of 0.1 mm and diameter of 3.5 mm. The elastic disk is introduced between two disks of the ceramic, which has thickness of 0.1 mm and diameter of 3.8 mm. The fringe of the elastic disk is fixed by a brass cylinder which height is 1.2 mm. The Pyrex shaft is used which has diameter of 1 mm and height of 10 mm. The motors are operated at their resonant frequencies. The dynamic properties of the motor have been intensively measured and analyzed according to the applied voltage wave forms at the resonant frequencies. As the sawtooth and rectangular voltage waves are applied, the velocity, the thrust force, and the velocity dependence of the mobile position are measured. The dynamic characteristics are also analyzed within a period of each wave using laser vibrometer. The velocity of the mobile is moderately constant along the shaft. The better dynamic characteristics are obtained in the case of applying the rectangular wave

Key Words : piezoelectric actuator, linear motion, rectangular waveforms, sawtooth waveforms, inertia

1. 서 론

압전 세라믹을 이용한 초음파 모터는 기존 전자기장 모터와는 달리 회전을 선형으로 바꾸는 ball screw 와 같은 별도의 기구가 필요치 않아 컴팩트(compact)하고 단순 구조가 가능하다는 점에서 큰 관심을 끌고 있다. 또한 높은 자기장과 전기장에서도 영향을 받지 않는다는 이점이 있다. 본 연구팀에서는 직선운동의 직접구현으로 휴대용 정보기기에 탑재 가능한 소형 리니어 모터를 개발하였다.[1]. 본 연구에서는 개발된 압전 선형 초음파 모터의 최적화된 동작 조건을 제시하기 위하여 인가전압의 파형에 따른 구동 특성을 분석하였다.

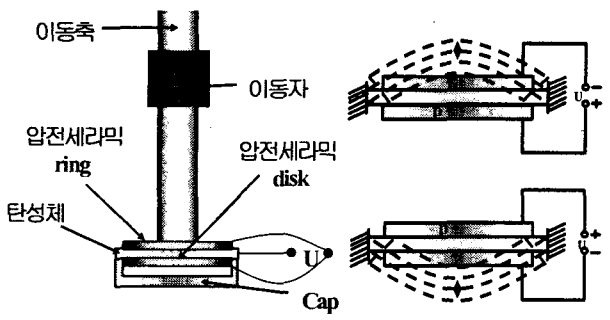
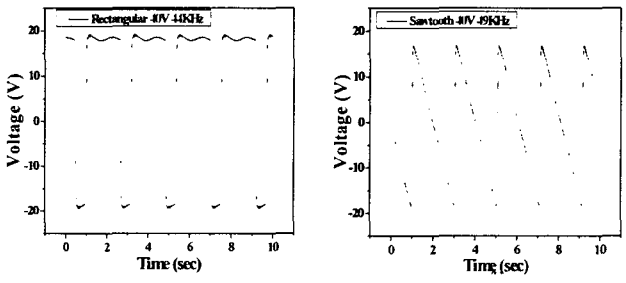


Fig. 1. The structure of tiny piezoelectric linearmotor

2. 실 험

본 연구에서 사용된 모터의 구조는 그림 1.과 같다. 소형 압전 선형 모터는 황동 재질로 된 cap을 이용하여 방사모드(radial mode) 진동을 억제하여 Z축 방향의 굴곡변위로 변환하였다. 소형 압전 선형 모터의 크기는 Φ3.5, 0.1mm의 세라믹, Φ3.8, 0.1mm의 탄성체, Φ4, 1.2mm의 cap, 10mm의 이동축으로 구성되어 졌다. 이때 모터의 공진 주파수는 44㎑ 이다. 또한 인가되는 전압형태에 따른 모터의 특성 분석을 위하여 그림2와 같은 두가지형태의 펄스파를 인가하였다. 구형파 펄스는 듀티비가 77:23인 연속적인 펄스파형이고 톱니파 펄스역시 연속적인 펄스 파형이다. 소형 압전 선형 모터의 동특성을 분석하기위하여 모터의 이동축의 변위량, 발생력, 이동자의 속도, 이동자에 load를 인가했을 때의 속도등을 측정하였다. 이동자의 발생력은 digital force gauge로 측정하였고, 이동자의 속도 및 이동자에 load를 인가했을 때의 속도는 laser vibrometer (PSV-400 Scanning Vibrometer)를 이용하여 측정하였다.



(a) Rectangular (b) Sawtooth

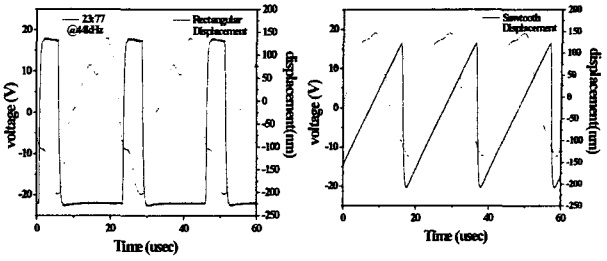
Fig. 2. The input voltage waveforms

3. 결과 및 고찰

모터에 인가되는 구형파와 톱니파의 형태를 그림 2.에 나타내었다. 그림 2.에서 볼 수 있듯이 구형파(77:23)펄스를 시간 축으로 보았을 때 입력되는 전압의 시간이 짧고 톱니파는 입력되는 전압의 시간이 상대적으로 긴 형태를 가지고 있다. 이러한 두 가지 형태의 펄스를 인가하였을 때 이동축의 변위특성 결과를 그림 3에 나타내었다. 그림3(a) 에서와 같이 구형 펄스파를 인가하였을 때의 이동축의 변위 곡선은 변위량이 시간에 따라 기울기를 가지고 서서히 증가하고 일정한 시간이 지나면 변위량이 급격하게 떨어지는 것을 알 수 있었다. 그림 3(b)의 톱니 펄스파를 인가하였을 때의 변위 곡선은 변위량이 시간에 따라 기울기를 갖고 증가하고 있지만 그 기울기의 크기가 구형 펄스파에 비하여 상대적으로 크게 증가하고 있다가 일정한 시간이 지나면 변위량은 기울기를 가지고 떨어지는 형태를 보여주고 있다. 본연구의 이상적인 이동축의 변위 형태는 톱니펄스와 같이 시간이 지남에 따라 변위량이 기울기를 가지고 증가하고 일정시간이 지남에 따라 변위량이 급격히 떨어지는 형태로 설명되어진다. 그림 3에서 나타난 것과 같이 실제 모터에 가해주는 전압형태와 실제적으로 이동축이 움직이는 변위형태는 다르다는 것을 설명해주고 있다. 톱니 펄스파를 인가하였을 때는 변위형태가 구형파의 형상을 가지고 있었고 구형 펄스파를 인가하였을 때는 톱니파 형상의 변위형태가 나타났다. 결국 구형 펄스파를 인가하였을 때 본 실험의 이상적인 변위형태를 나타내는 것을 그림 3의 실험결과를 통해 알 수 있었다. 이러한 현상은 모터 구동원인 압전 세라믹의 충.방전 시간과 응답의 지연으로부터 기인된 것으로 구형 펄스파를 인가하여도 실제 이동축의 변위량은 기울기를 가지고 증가하고 일정시간이 지남에 따라 변위량이 급격히 떨어지는 현상으로 설명되어진다. 그림 4는 전압펄스 형태에 따른 이동자의 발생력을 나타내었다. 이동자의 발생력 또한 구형파를 인가하였을 때 더욱 우수한 발생력을 얻을 수 있었다. 구형파에 대한 이동축의 변위 형태는 이상적인 모터의 형태와 유사한 형태를 보이고 있으며 이동자는 이동축의 변위형태에 의존하는 요소로 이동자의 동적거동은 이동축의 동작원리와 유사한 변위형태를 보이는 구형 펄스파에서 큰 발생력을 얻을 수 있음을 확인하였다. 그림5는 이동축에서의 이동자 속도를 측정한 그래프 이다.10mm 의 이동축을 4mm의 이동자가 동작거동을 측정한 결과로 구형펄스를 인가 하였을때 이동자의 위치에 상관없이 안정된 선형운동을 하고 있는 것을 볼 수 있었다. 그림 6은 두가지 펄스에 대한 이동자의 평균속도를 나타내었다. 구형파펄스 인가시 6.0mm/s, 톱니파 인가시 3.0mm/s의 속도를 보였다. 그림 7은 이동자에 load를 인가했을때 두가지 펄스파에 대한 이동자의 평균속도를 나타내었다. 이동자가 올라갈 때는 load의 영향을 받아 속도가 감소했고 내려갈 때는 속도가 증가하는 것을 실험결과를 통해 알수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 인가되는 입력 전압 형태에 따른 소형 압전



(a) Rectangular (b) Sawtooth

Fig. 3. Displacement of the shaft

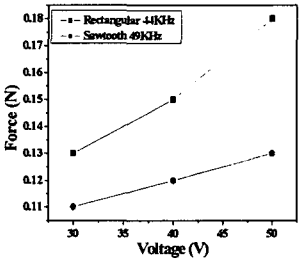


Fig. 4. Force of the mobile elements

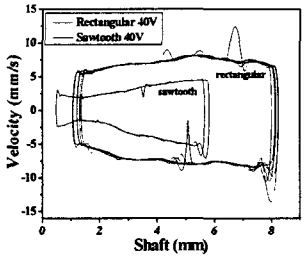


Fig. 5. Velocity of the mobile elements due to position of the shaft

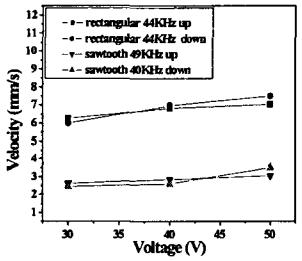


Fig. 6. Mean velocity of the mobile elements

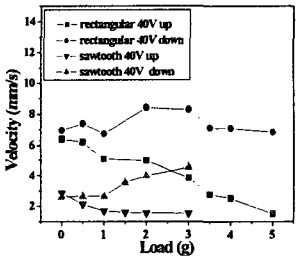


Fig. 7. Effects of loads

선형 모터의 동작 특성을 분석하였다. 모터의 동작 특성중 이동축의 변위는 구형파(77:23) 펄스를 인가했을 때 톱니파 펄스와 매우 흡사한 결과를 관찰할 수 있었다. 또한 구형파 펄스 전압을 인가하여도, 동작 특성은 압전 세라믹의 충, 방전 시간과 반응 시간의 지연으로 톱니파 펄스의 모양을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이동축의 변위, 발생력, 이동자의 속도 등 여러 가지 모터의 동작 특성을 측정한 결과 구형파 펄스를 입력으로 인가할 때 소형 압전 선형 모터의 동작 특성은 보다 더 안정적이고 우수한 특성을 나타내는 것을 본 실험을 통하여 확인 할 수 있었다.

참고 문헌

[1] 고현필, Sergejus N.Borodinas, 김상식, 윤석진 "소형 압전 초음파 리니어 모터에 관한 연구" 하계전기전자재료학회 논문집, 2004