

SIDM(Smooth Impact Drive Mechanism)을 이용한 초정밀 회전기구에 대한 연구

이상욱(LBL Corp., 울산대 대학원 기계자동차공학과), 전종업, 박규열(울산대 기계자동차공학부)
부경석*(울산대 대학원 기계자동차공학과)

A Study on the Ultra Precision Rotational Device using Smooth Impact Drive Mechanism

S. Lee(LBL Corp., UOU), J. U. Jeon, K. Y. Park, K. S. Boo*(Dept. of Mechanical & Automotive Eng., UOU)

ABSTRACT

This paper represents a ultra precision rotational device where the smooth impact drive mechanism(SIDM) is utilized as a driving mechanism. Linear motions of piezoelectric elements are converted to the rotational motion of disk by frictional forces generated between the rotational disk and the friction bars which are attached to the piezoelectric elements. This device was designed to drive a rotational disk using slip-slip motion mechanism based on stick-slip motion mechanism. Experimental results show that the angular velocity was increased in proportion to the magnitude of supplied voltage to piezoelectric element. In our device, the smooth rotational motion was obtained when the driving frequency has been reached to 500Hz under the driving voltage of 100V. The amount of step movement has been revealed to be 3.44×10^{-4} radian.

Key Words : Smooth Impact Drive Mechanism (매끄러운 충격 구동 메커니즘), Precision rotational device (초정밀 회전기구), Piezoelectric element (압전소자), Friction force (마찰력)

1. 서론

압전소자 구동기는 강성이 높으며 마찰이나 백래쉬가 없고 이론적으로 무한소의 구동 분해능으로 연속적인 구동이 가능하므로 초정밀 구동 위치 결정 장치의 구동기로서 많은 장점을 가지고 있으며⁽¹⁾, 이러한 압전소자 구동기를 이용한 액추에이터에 대한 연구 내용은 구동원리와 방법들에 대한 내용이 주류를 이루고 있다⁽²⁾.

본 논문에서는 스택(stack)형 압전 소자를 이용한 정밀도 수 나노라디안 수준의 초정밀 회전 위치 결정 장치의 개발에 관해 기술하고자 한다. 본 연구에서는 초정밀 회전 위치 결정 기구의 구동 메커니즘으로써 마찰력과 관성력을 이용한 스틱 슬립 구동 메커니즘을 이용하였으며, 구동전압의 진폭이 최대 100V 인 톱니파(sawtooth wave)를 압전 소자에 인가함으로써 스틱 슬립 메커니즘을 구현하였다. 개발된 회전기구에 인가되는 구동전압의 주파수를 변화시킴으로써 주파수와 회전기구의 각속도 간의 관계를 조사하였다.

2. 초정밀 회전 구동기의 구성

그림 1 은 본 연구에서 제작한 초정밀 회전 구동기의 구성 및 구동원리를 나타낸 것이고 그림 2 는 구동실험을 위한 실험장치의 사진을 나타낸다. 본 장치에 있어서 회전디스크(rotational disk)의 외주부

와 마찰용 부재(friction part)는 선 접촉(line contact)하도록 되어 있으며, 마찰용 부재는 압전소자에 의해 회전디스크의 접선 방향으로 왕복 운동을 하도록 되어 있다. 마찰용 부재에 의해 회전 디스크에 가해지는 예압(preload)은 스프링의 강성을 이용하여 조절할 수 있도록 하였으며, 로드셀을 이용하여 그 값을 정확히 측정할 수 있도록 하였다. 구동 마찰용 부재의 운동 방향에 따라 회전디스크는 시계 방향 또는 반 시계 방향으로 회전하게 되며, 이 마찰용 부재의 운동은 압전소자에 가해지는 인가전압의 파형에 따라 결정된다. 본 연구에서는 100V 의 전압에서 압전소자를 구동하였으며 이 때 압전소자의 최대 변위는 $6.1 \pm 1.5 \mu\text{m}$ 이다.

3. 실험 및 결과

피구동 물체에게 마찰력을 가함으로써 회전력을 발생시키는 구동 마찰 부재의 구동 주파수를 높게 하면 전 운동구간에 걸쳐 슬립운동이 일어나며, 이 슬립 운동으로 인해 피구동 물체의 운동이 발생하는 것을 SIDM(Smooth Impact Drive Mechanism) 구동 방식이라 한다. 그림 3 은 진폭 100V, 주파수 50Hz의 톱니파를 압전소자에 인가하였을 때 나타나는 회전 디스크의 각변위를 측정된 결과이고, 그림 4 는 진폭은 100V로 그림 3 의 경우와 동일하나 주파수를 500Hz로 그림 3 보다 10 배 증가시켜 인가

하였을 때 나타나는 각변위를 측정 한 결과이다. 그림 3 과 4 로부터 인가주파수가 50Hz일 경우에는 각속도가 약 11×10^{-3} rad/s로, 500Hz일 경우에는 약 195×10^{-3} rad/s로 측정되었다. 산술적으로 주파수가 10 배 증가하면 각속도 또한 10 배 정도 증가하여야 하나 실제적으로 약 17.7 배 증가한 것을 알 수 있다. 이러한 결과가 나오는 이유는 슬립-슬립(slip-slip) 운동으로 인해 주파수에 따라 운동 속도가 선형적으로 증가하지 않기 때문인 것으로 판단된다.

한편, 본 연구에서는 구동 전압의 크기와 각속도 간의 관계를 규명하기 위해 구동 주파수를 고정 한 상태에서 구동 전압의 크기를 증가시켜 가며 각속도를 측정하였다. 그 결과, 구동전압과 각속도 간에는 선형적인 관계가 있음을 알 수 있었다. 한편, 본 회전기구의 분해능은 측정 결과 3.44×10^{-4} rad인 것으로 나타났다.

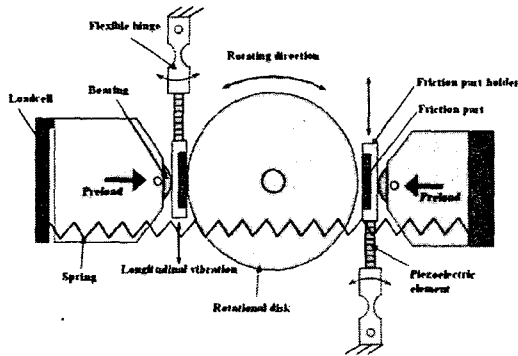


Fig. 1 Schematic diagram of the rotational device

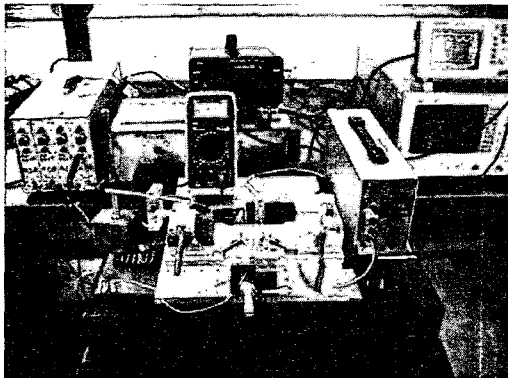


Fig. 2 Photograph of experimental setup

4. 결론

본 연구에서는 SIDM(Smooth Impact Drive Mechanism)을 구동원리로 하는 초정밀 회전 구동기를 제작하였다. 제작한 구동기의 구동 실험을 수행한 결과, 구동 마찰용 부재에 인가되는 구동 주파

수가 증가함에 따라 회전 각속도 또한 증가함을 확인하였다. 실험 결과, 구동주파수와 회전각속도는 비선형적인 관계를 가지게 됨을 확인하였는데, 이는 마찰용 부재와 회전디스크 간에 슬립-슬립 운동이 일어나기 때문인 것으로 판단된다. 구동전압의 크기와 주파수 간에는 선형적인 관계가 있으며 본 회전기구의 분해능은 3.44×10^{-4} rad이다.

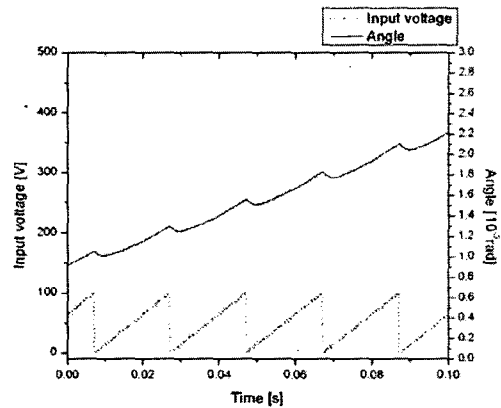


Fig. 3 Experimental result on angular displacement of the rotational device when the voltage of 100V, 50Hz is supplied to PZT

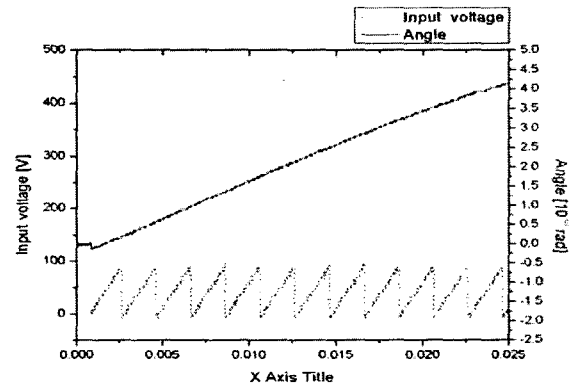


Fig. 4 Experimental result on angular displacement of the rotational device when the voltage of 100V, 500Hz is supplied to PZT

참고문헌

1. 박중호, “탄성힌지와 압전소자 구동기를 이용한 초정밀 6 자유도 스테이지 개발에 관한 연구,” 서울대학교 기계항공공학부, 2003.
2. Futami, S., Furutani, A. and Yoshida, S., “Nanometer Positioning and its Micro-dynamics,” Nanotechnology, Vol. 1, pp. 31~37, July 1990.