

단상 구동형 초음파 전동기의 특성

김진수 김용혁** 이능현*** 김호기* 이덕출**

* : 교원대학교 기술교육과 ** : 경원전문대 전기과 *** : 경원대학교 전자공학과

: KAIST 재료공학과 ## : 인하대학교 전기공학과

Characteristics of the Ultrasonic Motors of Single - Phase Driving Type

J. S. Kim* Y. H. Kim** N. H. Lee*** H. G. Kim* D. C. Lee**

*: Dept. of Tech. Ed., Korea Nat'l Univ. of Ed.

** : Dept. of Elec., Kyungwon Jr. Col. *** : Dept. of Electronic Eng., Kyungwon Univ.

: Dept. of Mat. Sci & Eng., KAIST ## : Dept. of Electrical Eng., Inha Univ.

Abstract

Ultrasonic motors using piezoelectric ceramics and brass metal endcaps were fabricated, which is operated by single - phase high frequency. The structure of the ultrasonic motors has the wind-mill type. The stator part consists of a piezoelectric disk and two metal endcaps slotted wind-mill type.

According to the piezoceramic disk vibrates as a radial mode, two metal endcaps provide both longitudinal and torsional displacements simultaneously. Because the metal endcaps have a nonsymmetric structure, the principle of the ultrasonic motor is not well understood. The dimension of the ultrasonic motor is diameter in 12.7 mm and thickness in 2.0 mm, and especially the PMN-PT-PZ piezoelectric disk was used. The maximum revolution speed 700 rpm and the maximum torque 0.22 mN.m were obtained. The ultrasonic motor for rotation was supplied only single phase AC.

1. 서 론

우리가 사용하고 있는 전동기는 플레밍의 왼손 법칙 원리에 따라 구동되는 전자식(electromagnetic type) 전동기이며, 이 전동기는 소형에서 대형 용량까지 가정에서 모든 산업분야에 이르기까지 널리 사용되고 있다. 그러나 1*1*1cm 내외의 아주 작은 전동기의 제작은 불가능한 실정이다. 따라서 최근 정보화 시대로 진입하면서 이 문제를 해결하기 위하여 등장한 것이 초음파 전동기(ultrasonic motor)이다.

이 초음파 전동기는 압전 세라믹스(piezoelectric ceramics)를 사용하여 제작하는데, IBM의 Barth에 의하여 1973년에 처음으로 제안되었고⁽¹⁾, 일본에서는 1982년에 Sashida에 의하여 연구가 시작되었다.⁽²⁾ 최근 2-3년전 부터는 국내에서의 연구 논문도 발표가 되고 있는 실정이다.⁽³⁻⁵⁾

초음파 전동기의 특징은 low speed에서 high torque를 얻을 수 있고, 외부의 magnetic field에 의한 영향을 받지 않으며, compact size로 제작이 가능하고, 동작시 소음 발생이 없고, speed control이 매우 쉬운 반면에, high-power 인가에 따른 내부의 구조 문제 발생, efficiency가 낮고, 고주파 전원이 필요한 점등이 지적되고 있다.

그러나 여러 가지 장점이 있기 때문에 앞으로 각종 정보통신 기기 등에 많이 사용될 것으로 생각되며, 본 연구에서는 새로운 구조로 설계된 풍차형(wind-mill type) 초음파 전동기를 설계, 제작하여 그 특성에 대하여 조사하였다.

2. 실험

2.1 압전체 제조와 물성

초음파 전동기의 고정자로 사용되는 압전세라믹스가 종류에는 여러 가지가 있을 수 있으나, 유전 손실값이 작고 기계적 품질계수값이 큰 것이 요구된다.

본 연구에서는 이를 위하여 0.125PMN-0.435PT-0.44PZ 3성분계 압전체를 제조하였으며,⁽⁶⁾ 물리적 성질을 표1에 나타낸다.

Table 1. Physical properties of 0.125PMN-0.435PT-0.44PZ ceramics for ultrasonic motor fabrication

properties	constant
비유전율	570
유전손실(%)	0.82
압전계수 d_{33} (pC/N)	222
전기기계결합계수 k_p (%)	55.1
기계적품질계수 Q_m	886

2.2 초음파 전동기 제작과 특성

위에서 제조된 압전 세라믹스 전동자를 이용하여 초음파 전동기를 제작하였는데, 압전체의 직경은 12.7mm의 원판형이다. 제작된 초음파 전동기의 전체 구조도를 그림

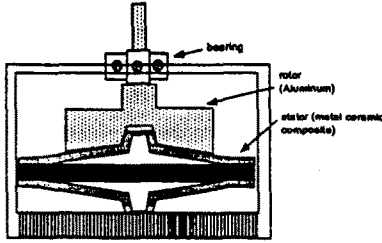


Fig. 1. Structure of the ultrasonic motor



1(a)에 나타낸다. 이 구조에서 보는 바와 같이 초음파 진동기의 고정자(stator)는 압전체와 brass metal의 복합체로 이루어져 있으며, 회전자(rotor)는 알루미늄 금속을 사용하였다.

그림 1(b)는 고정자에 사용된 metal endcap의 평면도를 나타낸 것인데, 보는 바와 같이 풍차형(wind-mill type)으로 되어 있음을 알 수 있으며, 이것을 압전체 상하에 부착하였다.

이와 같이 제작된 초음파 진동기의 회전 특성을 알아보기 위하여 function generator, high speed power amplifier 및 digital tachometer 등을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

초음파 진동기를 작동시키기 위하여는 기존의 60Hz 배전 전압을 사용하는 것이 아니고, 고정자의 진동 주파수에 따른 high frequency가 공급되어야 한다.

또한 초음파 진동기의 구조에 따라 two-phase 고주파 또는 single-phase 고주파 전원이 필요한데, 본 연구에서 제작한 초음파 진동기는 single-phase 고주파 전원에 의하여 작동되는 것이 특징이다.

특히 풍차형 초음파 진동기의 고정자는 brass endcap의 solt 수에 따라 비대칭형으로 되어 있으며, 진동모드가 복합적으로 나타나기 때문에 동작 mechanism에 대한 연구가 많이 필요한 것이다. 다만 일차적인 Finite Element Analysis에 의하여 진동기 고정자의 진동모드를 해석한 것은 본 연구자의 논문에서 설명하기로 한다.⁽⁷⁾

본 연구에서 제작한 초음파 진동기의 무부하(no load) 회전 특성을 그림 2에 나타낸다.

그림에서 보는 바와 같이 초음파 진동기에 가한 전압이 증가할수록 회전자의 회전속도는 거의 비례적으로 증가

하고 있음을 알 수 있고, 인가전압이 $40V_{p-p}$ 일 때는 290rpm 정도가 되었고, 인가 전압이 $100 V_{p-p}$ 일 때는 700 rpm 정도로 나타나고 있음을 알 수 있다. 그림3은 초음파 진동기의 회전속도와 토크 특성을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와같이 $100V_{p-p}$ 의 인가 전압을 가했을 때 회전수와 토크는 반비례 관계에 있음을 알 수 있으며, 회전수가 160rpm일 때 토크는 $0.22mN.m$ 정도로 나타났다.

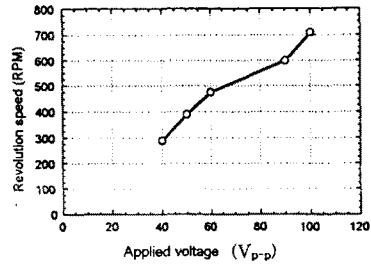


Fig. 2. Revolution speed to the applied voltage

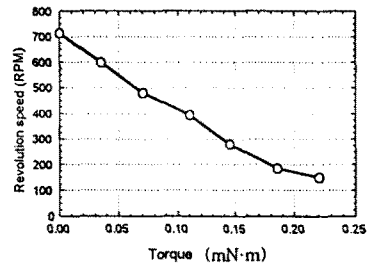


Fig. 3. Revolution speed to the torque

4. 결 론

본 연구에서는 PMN-PZT 압전체를 사용하여 풍차형 초음파 진동기를 제작하여 그 특성을 알아보았다.

- (1) 초음파 진동기 제작에 사용된 압전체의 비유전율은 570, 유전손실은 0.82%, 전기기계결합계수 k_p 는 55.1%, 기계적품질계수는 886이다.
- (2) 초음파 진동기에 가한 전압이 증가할수록 회전자의 회전속도는 거의 비례적으로 증가하였으며, $100V_{p-p}$ 의 전압에서 700rpm 정도가 되었다.
- (3) 진동기 회전자의 회전수와 토크는 반비례 관계로 나타났다.

이상에서 초음파 진동기의 특성을 알아보았는데 앞으로는 초음파 진동기 제작 조건 변화와, 회전 특성 mechanism의 자세한 연구는 물론, 초고속의 초음파 진동기 제작에 대하여 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. H. V. Barth, IBM Technical Discl, Bul, 16, 7, 2263, 1973.
2. T. Sashida, Applied Physics, 51, 713, 1982.
3. 이덕출 외, 전기학회 논문지, 42, 4, 39, 1993.
4. 임기조 외, 전기학회 논문지, 43, 8, 1293, 1994.
5. 김현재 외, 과학기술처 연구 보고서, 1993.
6. 김진수, 센서 학회지 (논문 투고중, 1997)
7. 김진수 지승한, 이덕출, 전기진자재료학회지 (논문 투고중, 1997)
8. 김진수 이덕출, 전기학회지, 46, 9, 23, 1997

이 논문은 1997년도 교원대 기성회계 학술연구비 지원에 의한 것임.