고토크를 내는 풍차형 초음파 전동기의 새로운 설계

New Design of Wind-Mill Type Ultrasonic motor with High Torque

김 우태*, 김 진수*
(Woo-Tae Kim*, Jin-Soo Kim*)

Abstract

Ultrasonic Motors of Wind-Mill type(diameter in 11.35mm, thickness in 2.8mm, and 1.44g weight) using Piezoelectric Ceramics have been developed. In recent study, Maximum torque in $100V_{max}$, 105.8kHz was 7.2μN · m , and bidirectional revolution using single-phase AC was presented. However, it is difficult to use because of small torque. Thus, In present study, New type of Wind -Mill Type Ultrasonic Motor of was designed as stator' structure was changed

Key Wards(중요용어) : ultrasonic motor, high torque, ring type, single-phase

1. 서 론

압전 세라믹의 우수한 전기적 특성[1]을 이용한 초음파 전동기가 많이 개발되어 왔다. 이 초음파 전동기는 기존의 전자식 전동기에 비해 크기가 초소형이고 상대적으로 고토크를 얻을 수 있어 과거에 비해 여러 분야에서 사용하고 있다. IBM사 Barth의 최초 제안으로부터 현재 카메라 렌즈 조절장치, DVD/CD 구동 등에 쓰이고 있으며, 미래의 여러 산업 분야에도 많이 응용될 예정이다[2][3][4]. 이러한 흐름에 맞추어 본 연구실에서도 압전세라믹을 이용한 초음파 전동기를 계속 연구 중에 있으며, 최근에는 고정자의 구조가 심벌형인 풍차형 초음파 전동기를 연구하여 왔다. 심벌 모양의 앤드캡을 가진 풍차형 초음파 전동기의 변위는 그 공동깊이가 증가할수록, 두께가 얇을수록 커지며 입력 전압이 클수록 커짐을 알 수 있었다[5][6]. 또한, 적당한 가압력을 주어 최대 토크를 측정하고 단상 교류만으로 정·역 회전이 가능함을 알 수 있었다[7]. 하지만 이러한 특성에도 불구하고, 실용화 하지 못하는 것은 토크가 실용화하기에는 적기 때문이었다. 이러한 토크를 크게 하기 위해 고정자의 구조를 심벌형에서 다른 구조로 바꾸어 설계하였다.

* 한국교원대학교
(충북 청원군 강내면 한국교원대학교,
tel : 043) 230-3743
E-mail : jskim@cc.knue.ac.kr)

2. 선행 연구 고찰[7]

2.1 기존 풍차형 구조

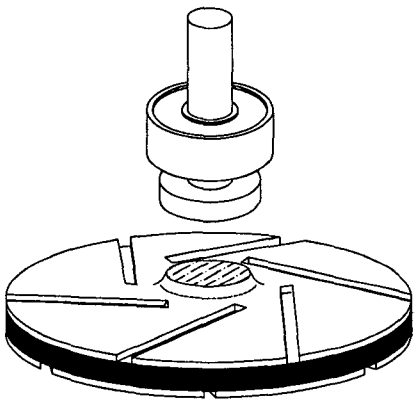

그림 1 기존의 풍차형 전동기의 구조

그림 1과 같이 고정자는 황동으로 만든 오목 앤드캡과 블록 앤드캡 사이에 PZT 원판을 접착시켰으며 각각의 앤드캡은 6슬롯으로 하였다. 고정자의 지름이 11.35mm이고, 높이가 2.37mm이며, 무게가 1.44g이다. 회전자는 회전체, 베어링과 축으로 구성되어 있다.

2.2 동작 원리

고정자(stator)에 단상 교류 전압을 가하면 압전체는 반경방향 진동(radial direction vibration)을 한다. 이 진동에 의해 탄성체도 똑같은 변위로 진동하게 되며 이 변위가 슬롯에 전달되면 종방향 변위(longitudinal displacement)와 비틀림 변위(torsional displacement)를 발생시킨다. 이들 두 변위는 앤드캡의 내부 원 주변에서 타원운동을 발생시켜 고정자와 접촉하고 있는 회전자를 마찰에 의해 회전시키게 된다.

2.3 실험 결과

위 실험은 인가전압, 슬롯수, 앤드캡의 두께, 주파수를 변화시키면서 적당한 가압력과 최대토크를 측정하였다. 그 결과 가장 적당한 가압력은 1.2N·m로 나타났으며 정·역 회전도 가능하다는 것이 측정되었다. 그림 2는 인가전압에 따른 최대토크를 슬롯별로 구분하여 보여 주고 있다. 인가전압을 70[V]에서 100[V] 상승시키면서 실험한 결과 최대토크는 서서히 상승하였고 100[V]일 때 7.2μN·m로 최대임을 보여 주고 있다. 하지만 7.2μN·m의 토크는 상업적으로 실용화하는 데에는 매우 작다. 이러한 단점을 보완하고자 동작원리는 위 실험과 동일하게 하고 고정자의 구조를 바꾸어 설계하여 보고자 한다.

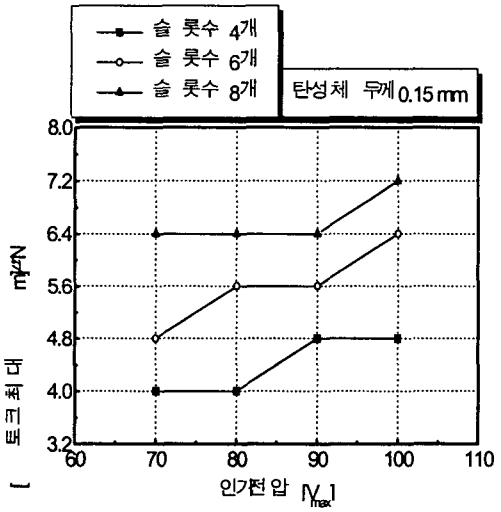

그림 2 인가전압에 따른 최대 토크특성

3. 새로운 풍차형 초음파 전동기 구조의 설계

3.1 회전자 구조

그림 3에서와 같이 회전자는 오목 앤드캡에 접촉면이 적당하게 접촉할 수 있도록 제작했다.

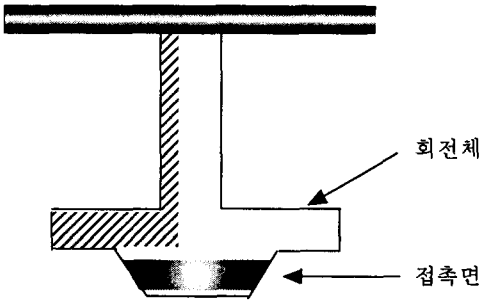

그림 3 회전자 구조

3.2 고정자 구조

그림 4와 같이 고정자는 황동으로 만든 오목 앤드캡의 두 개 사이에 PZT 링을 삽입하여 접착하였으며, 지름은 12mm, 높이는 2.5mm로 제작한다. 이러한 구조는 심벌액츄에이터의 블록 앤드캡에 접촉한 회전자보다는 접촉면에서의 마찰을 더 증가시킬 수 있는 구조가 되어 있어 더 큰 변위를 얻을 수 있고 최대 토크도 크게 증가시킬 수 있는 것이 특징적이다.

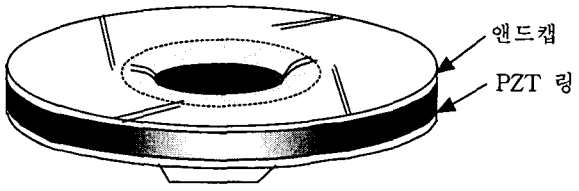

그림 4 고정자의 새로운 구조

3.3 측정 방법

그림 5와 같이 회전하는 회전축에 광센서로 신호를 받아 주파수-전압 변환기(f-to-v converter)을 통해 전압 신호로 바꾸고 Encoder를 통해 오실로스코프로 전달함으로써 각속도를 구하게 된다. 이 각속

도를 이용하여 토크를 측정하게 된다.

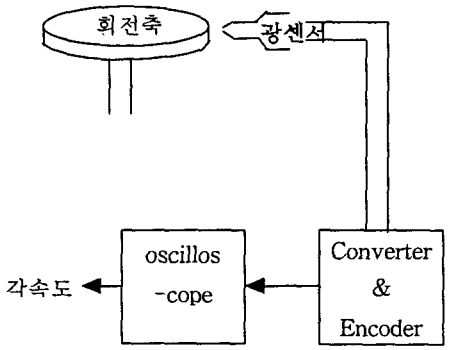

그림 5 실험 방법

3.4 토크 구하는 방법

회전축이 원통형이므로 이러한 원통형의 물체에서의 관성능률 I는

$$I = \frac{1}{2} m R^2 \quad (m : 질량, R : 반지름)$$

으로 표현되고 구하고자 하는 순간 토크는 다음과 같은 계산에 의해 구할 수 있다.

$$\Gamma = I \frac{d\Omega}{dt} \quad (d\Omega : 각속도의 변화율, dt : 시간의 변화율)$$

4. 결 론

기존 선행 연구에 의하면 단상으로 정·역회전 등의 특성이 있었으나, 윗 앤드캡을 블록하게 하여 회전체와의 접촉면이 충분하지 않아 토크 측정시 7.2 μN·m이 최대토크이어서 사실상 실용화하기에는 매우 적었다. 그래서 고정자의 구조를 바꾸어 윗 앤드캡을 오목하게 함으로써 회전체와의 접촉면이 커지는 효과를 가지게 되어 기존의 심벌 액츄에이터보다 큰 토크를 얻을 것으로 기대된다.

참고 문헌

[1]. Jin-Soo Kim, Ho-Gi Kim, Duck-Chool Lee, Kenji Uchino, "Piezoelectric and Dielectric Properties of Fe_2O_3-doped 0.57PSN-0.43PT Ceramic Materials", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 38, No. 3A, pp. 1433-1437, 1999.

[2]. H.V. Barth, "Ultrasonic driven motor", IBM Technical Disclosure Bulletin, Vol. 16, No. 7, p. 2263, 1973.

[3]. Naomasa Takhashi, Hiroharu Sato, Hideaki Osawa Koichi Nagai, "Digital Video Disk/Compact Disk(DVD/CD)-Compatible Pickup Head with Dual Lens Rotating Actuator", Jpn. J. Appl. Phys, Vol. 36, No. 1B, pp. 467-473, 1997.

[4]. 김진수, 이명훈, "초음파 전동기의 이론과 응용" 성안당, pp. 4-5, 2000.

[5]. 최성영, 김진수, "심벌액츄에이터의 제작과 변위 특성의 분석", 전기전자재료학회논문지, Vol. 12, No. 5, pp. 401-406, 1999.

[6]. 박만주, 김진수, "단상 초음파 전동기의 공진 및 진동속도특성에관한연구", 전기전자재료학회 논문지, Vol. 12, No. 4, pp. 312-317, 1999.

[7]. 김영균, 김진수, "풍차형 초음파 전동기의 회전자에 인가된 힘이 회전 특성에 미치는 영향", 전기전자재료학회논문지, Vol. 13, No. 5, pp. 390-395, 2000.

[8]. Jin-Soo Kim, Man-Ju Park, Kenji Uchino, "Composite Ultrasonic Motors Using a Piezoelectric Disc and an Elastic Body of "Windmill" type", Ferroelectrics, Vol. 232, pp. 185-190, 1999.