

압전 초음파 전동기의 고정자 구조에 따른 회전 특성

박만주*, 김진수

한국교원대학교 기술교육과

Revolution Characteristics of Piezoelectric Ultrasonic Motor with Stator Configuration

Man-Ju Park, Jin-Soo Kim

Dept. of Technology Ed., Korea Nat'l Univ. of Ed.

Abstract- In this study, the wind-mill type ultrasonic motor was fabricated, and then revolution and temperature characteristics of the ultrasonic motor were measured.

Brass metal was pressed with umbrella-type using metal mold, then slot of 4 kind was processed in each of thickness.

Among sixteen's ultrasonic motors, heat loss on applied voltage was much at stator of the highest resonant point, but heat loss on applied voltage was almost neglected at the lowest resonant point of stator.

The thickener thickness of elastic body, revolution speed was decreased. The more slot of elastic body, revolution speed was increased. Applied voltage was changed from $10V_{max}$ to $100V_{max}$. When applied voltage was under $20V_{max}$, ultrasonic motor was not rotated. When applied voltage was over $90V_{max}$, revolution of ultrasonic motor was saturated. Maximum revolution speed was 510(rpm).

1. 서론

100여년의 역사를 가지고 있는 전자식 전동기(electromagnetic motor)에 비해 초음파 전동기는 그 연구의 역사가 매우 짧아서, 동작 특성에 대한 이론적 이해도 부족한 편이고, 널리 실용화 되기에는 아직 수명, 효율, 가격 등의 측면에서 해결해야 할 과제가 많이 있다. 그러나 정보화시대를 맞이하여 산업이 급속도로 발전함에 따라 정밀제어가 가능한 초소형 전동기 또한 필요하게 되었다.^{1),2)}

본 연구에서는 단상(single-phase)의 고주파 전원만으로도 구동이 가능한 원판형 초음파 전동기의 개량 형태인 풍차형 초음파 전동기(wind-mill type ultrasonic motor)를 제작한 다음, 회전 특

성 및 온도 특성을 측정·분석했다.

2. 실험

제작한 풍차형 초음파 전동기의 온도 특성 및 회전 특성을 측정하기 위해서 그림 1과 같이 시스템을 구성했다. xy stage(micro control, USA)를 이용하여 초음파 전동기를 고정시킨 다음, Analogue tachometer(Ametek, model c-809, USA)를 이용하여 초음파 전동기의 회전수를 측정했다. 그리고, 인가 전압에 따른 온도의 변화를 측정했다.

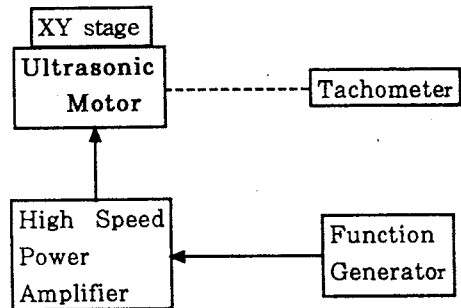


그림 1. 풍차형 초음파 전동기의 특성 측정 시스템

Fig.1 Measuring system of characteristics at wind-mill type ultrasonic motor

3. 결과 및 고찰

제작한 풍차형 초음파 전동기의 규격을 표 1에 나타냈다.

표1. 제작한 풍차형 초음파 전동기의 규격
Table 1. A specification of fabricated wind-mill type ultrasonic motor

	Unit	Constant
Driving frequency	kHz	73.6
Driving voltage	V_{max}	100
Rated speed	rpm	510
Stator weight	g	1.33
Rotor weight	g	0.18
Resistance of stator	Ω	2.53

3.1 풍차형 초음파 전동기의 회전 특성

그림 2는 인가 전압에 따른 온도의 변화를 나타낸 그림이다.

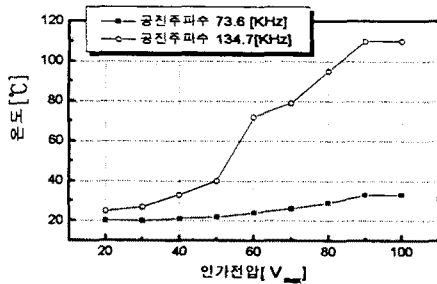


그림 2 인가 전압에 따른 고정자에서의 온도 변화

Fig. 2 Temperature change on applied voltage at stator

16개의 고정자 중 탄성체의 두께 0.15mm, 슬롯수 6개의 가장 낮은 공진 주파수(73.6kHz)를 갖는 고정자에서는 최대 100V_{max}의 전압을 가했을 때의 온도가 33°C로 열 발생이 적어 그에 따른 열손실이 적은 것으로 나타났으며, 온도의 변화 정도가 작았다. 그리고 탄성체의 두께 0.25mm, 슬롯수 3개의 가장 높은 공진 주파수(134.7kHz)를 갖는 고정자에서는 최대 100V_{max}의 전압을 가했을 때의 온도가 110°C로 많은 열이 발생하여 그에 따른 열손실이 심각한 것으로 나타났으며, 온도의 변화 정도가 컸다(1차, 2차 및 3차 공진 주파수 중 진동 속도가 가장 빠른 것을 선택한 것임).

이처럼 인가 전압의 증가에 따라 온도가 상승하였는데, 이 때 높은 공진 주파수를 갖는 고정자에서는 열손실이 많은 것으로 나타났고, 낮은 공진 주파수를 갖는 고정자에서는 열에 의한 손실은 무

시될 수 있는 것으로 나타났다.

3.2 풍차형 초음파 전동기의 회전 특성

3.2.1 탄성체의 두께별 인가전압에 따른 회전수

그림 3은 초음파 전동기에 인가하는 전압(이하 인가 전압이라 하면 최대치 V_{max} 를 말함)을 변화시키면서 탄성체의 두께별로 정상 상태에서 측정된 회전수[rpm]이다. 이 때 탄성체의 슬롯수가 6개이며, 각 입력 전압의 인가시 구동 주파수는 공진 주파수로 하였다. 그림에서와 같이 인가 전압이 높아질수록 초음파 전동기의 회전수가 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 탄성체의 두께가 얇아질수록 회전수가 증가했는데, 그 이유는 탄성체의 두께가 얇아질수록 탄성체의 신축(flexibility)이 증가하기 때문이다. 이와 같은 결과는 무니 트랜스듀서(Moonie Transducer)의 특성을 연구한 A. Dogan 등의 연구³⁾에서도 그 시사점을 얻을 수 있다.

20V 이하의 아주 낮은 전압에서는 회전이 되지 않았는데, 이는 본 연구에 이용된 초음파 전동기는 일정 전압 이상의 기동 전압이 필요함을 보여 주는 것이었다⁴⁾.

인가 전압이 낮을 때는 고정자의 온도가 거의 상승하지 않았으나 인가전압이 70V에서 부터는 온도가 상승하기 시작하면서 90V이상일 때는 시편에서의 온도의 상승 정도가 심해졌다⁵⁾. 즉 시편에 인가하는 전압이 어느 정도(거의 90V 정도) 이상이 되면 회전수는 더 이상 증가하지 않고 포화되어 고정자에서의 진동 손실만을 증가시켰다.

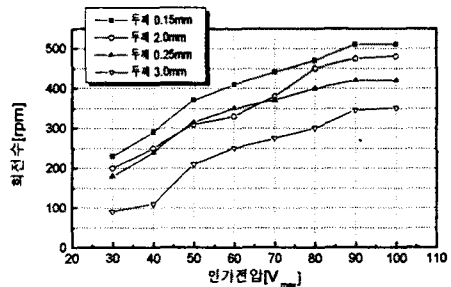


그림 3 탄성체의 두께별 인가전압에 따른 초음파 전동기의 회전수(슬롯수: 6개)

Fig. 3 Effect of applied voltage on rpm of ultrasonic motor at various thickness of elastic body(6 slots)

3.2.2 탄성체의 슬롯수별 인가전압에 따른 회전수

그림 4는 초음파 전동기에 인가하는 전압을 변화시키면서 탄성체(elastic body)의 슬롯수별로 정상 상태에서 측정된 회전수[rpm]이다. 이

때 탄성체의 두께가 0.15mm이며, 각 입력 전압의 인가시 구동 주파수는 공진 주파수로 하였다. 그래프에서 보듯이 인가 전압이 증가할수록 초음파 전동기에서 회전수는 증가하는 것으로 나타났다. 또한 탄성체의 슬롯수가 많아질수록 초음파 전동기의 회전수가 증가하는 것으로 나타났는데, 그 이유는 탄성체의 슬롯수의 증가할수록 회전 구동력이 되는 비틀림 변위가 더욱 많이 발생하는 것으로 생각할 수 있다.

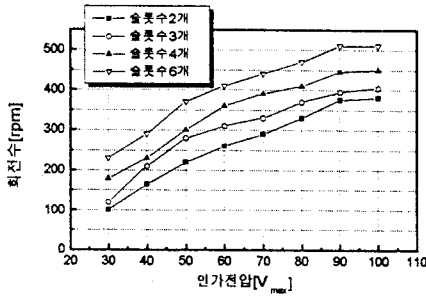


그림 4 탄성체의 슬롯수별 인가전압에 따른 초음파 전동기의 회전수(두께 0.15mm)
 Fig. 4 Effect of applied voltage on rpm of ultrasonic motor at various slots of elastic body(thickness 0.15mm)

4. 결론

풍차형 초음파 전동기의 회전 특성 및 온도 특성을 측정·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 풍차형 초음파 전동기에서 인가 전압이 높아질수록 온도가 상승하였으며, 16개의 초음파 전동기 중 가장 높은 공진점을 갖는 초음파 전동기에서는 열 발생량이 많아 그로 인한 열 손실이 컸으며, 공진점이 가장 낮은 초음파 전동기에서는 열 발생량이 적어 그로 인한 손실은 무시할 수 있는 것으로 나타났다.

이 때 가장 높은 공진점의 초음파 전동기에서 100V_{max}의 전압을 인가했을 때 온도가 110℃까지 상승했으며, 가장 낮은 공진점의 초음파 전동기에서 100V_{max}의 전압을 인가했을 때 온도가 33℃였다.

(2) 풍차형 초음파 전동기의 탄성체 두께가 얇아질수록 회전수가 증가하는 것으로 나타났다.

(3) 풍차형 초음파 전동기는 탄성체의 슬롯수가 많아질수록 회전수가 증가하는 것으로 나타났다.

인가 전압이 100V_{max}이고, 탄성체의 두께 및 슬롯수가 각각 0.15mm, 6개일 때 최대 회전 속도는 510[rpm]이었다.

탄성체의 두께가 0.15mm이하일 때, 그리고 슬

롯수가 8개 이상은 정밀한 가공을 할 수 없었다.
 (4) 인가전압[V_{max}]에 따라서 회전수는 거의 선형적으로 증가하였으며, 20V이하일 때는 회전이 거의 이루어지지 않았고, 90V이상일 때는 회전수는 더 이상 증가하지 않고 포화상태를 보였다.

(5) 구동 주파수와 구동 전압이 높아질수록 시편의 온도가 상승하였는데 전압의 영향보다 주파수에 의한 영향이 더욱 심각한 것으로 나타났다. 또한 압전체와 탄성체를 부착하는 접착 두께에도 많은 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

이러한 온도 상승으로 인한 영향을 억제할 수 있는 압전 세라믹의 조성에 대한 연구, 압전체와 탄성체의 접착 방법 모색, Scanning vibrometer를 이용한 정확한 3차원의 실시간 진동 특성 연구, 그리고 시뮬레이션에 의해 초음파 전동기 고정자의 각종 특성의 정확한 분석을 위한 유한요소분석(Finite Element Method, FEM)은 향후 초음파 전동기의 개발을 위한 중요한 과제라 생각한다.

참고 문헌

1. K. Uchino, "Piezoelectric Actuators /Ultrasonic Motors(their developments and market)", IEEE, pp. 319~324, 1995.
2. 현영창 역, 모터의 구조, 도서출판 새화, pp. 79~80, 1997.
3. A. Dogan et al., "The effect geometry on the characteristics of the moonie transducer and reliability issue", Ultrasonics symposium, pp. 935~939, 1994.
4. Jin-Soo Kim et al., "Ultrasonic Motors Operated by Single-Phase High Frequency", 2nd Asian Meetings on Ferroelectrics, International, Singapore. (submitted)
5. 박만주, 김영균, 김진수, "풍차형 초음파 전동기 고정자의 공진 및 진동 특성", 한국전기전자재료학회 추계학술대회 논문, 1998. 11. 6(투고중).