

# L<sub>1</sub>-B<sub>4</sub> 모드 유니몰프형과 바이몰프형 진동자를 이용한 선형 초음파 모터의 특성

論 文

50C-9-1

## Characteristics of Linear Ultrasonic Motor Using L<sub>1</sub>-B<sub>4</sub> Mode Unimorph-Type and Bimorph-Type Vibrator

金範鎭\* · 鄭東石\*\* · 金兌烈\*\*\* · 朴泰坤§ · 金明鎬§§ · Kenji Uchino§§§

(Beom-Jin Kim · Dong-Suk Jung · Tae-Yoal Kim · Tae-Gone Park · Myong-Ho Kim · Kenji Uchino)

**Abstract** - A linear ultrasonic motor was designed by a combination of the first longitudinal and fourth bending mode, and the motor consisted of a straight aluminum alloys bar bonded with a piezoelectric ceramic element as a driving element. That is, L<sub>1</sub>-B<sub>4</sub> linear ultrasonic motor can be constructed by a multi-mode vibrator of longitudinal and bending modes. Linear ultrasonic motors are based on an elliptical motion on the surface elastic body, such as bar or plates. In general, the natural resonance frequency of the stator is used as a driving frequency of the motor which provides a large elliptical motion. The corresponding eigenmode of one resonance frequency can be excited twice at the same time with a phase shift of 90 degrees in space and time. And the rotation can be reversed by changing the phase between the two signals from  $\sin\omega t$  to  $\cos\omega t$ . Moreover, the tangential force pushes the slider(rotor) and, therefore, determines the thrust and speed of the motor. The experimental results of fabrication motors, bimorph-type motor showed more excellent than unimorph-type. The maximum speed of TBL-200, TBL-300, TBL-400, TBL-220, TBL-310 and TBL-420 motors were 0.12, 0.37, 0.39, 0.14, 0.55 and 0.60ms<sup>-1</sup>, respectively. And the efficiency were reported 1.15, 7.9, 6.6, 2.36, 10.1 and 16.5%, respectively. That time, output thrust of the motor was a strong(1~2N) and the weight of stator was a lightness(5~7g).

**Key Words** : First longitudinal, Fourth bending, Piezoelectric ceramics, Bimorph-type, Unimorph-type

### 1. 서 론

새로운 액추에이터의 하나로 압전 세라믹스의 압전 효과를 이용한 것이 압전 액추에이터이다. 압전 액추에이터는 고에너지 밀도, 열 발생이 적은 고효율, 고속 응답, 간단한 구조이면서 소형·경량, 자계의 발생이 적은 비자성 등의 수많은 장점이 있으며, 바이몰프(bimorph)형과 적층형(multi-layer) 등의 액추에이터가 실용화되어 있다. 그러나, 구동 재료인 압전 세라믹스의 항전계, 파괴 한계 등으로부터 변위에 제약이 있으며, 대부분 그 변위를 직접 이용하기 때문에 응용 범위는 비교적 제한된다고 할 수 있다. 반면에, 초음파 모터는 압전 액추에이터의 많은 장점을 계승하여 압전 소자의 미세 변위를 반복하는 것을 이용하여 큰 변위를 얻는다. 초음파 모터는 초음파 대역의 탄성 진동을 구동원으로 하고,

진동에 의한 왕복 운동을 마찰력으로 하여 특정의 한 방향 운동으로 추출해 내는 액추에이터이다. 그 진동원으로는 전압, 압전, 자왜 등의 어떠한 효과를 이용해도 되지만, 현재로는 압전 효과가 주로 이용된다. 초음파 모터의 발명에 의해 압전 액추에이터는 그 한계를 초월하여 큰 발전 가능성을 갖게 되었다. 따라서, 기기에서의 엄격한 요구에 응하여 회전형, 선형 등의 액추에이터를 실현하기 위한 많은 연구 개발이 이루어지고 있다[1-6].

선형 초음파 모터의 고유한 특징은 미소 구동과 스트로크(stroke)구동이 가능하다는 것이다. 진동자가 수[ $\mu$ m] 정도의 진폭으로 진동하지만, 주파수가 고주파 영역을 사용하기 때문에 그 가속도는 대단히 크다. 또한, 박판 형상이므로 구조가 간단하기에 탑재 기기의 소형화를 도모할 수가 있다. 그 이외에 환형 초음파 모터와 비교하여 제작이 용이하고 경제적이다. 이러한 특징으로 인하여 근래에는 카드이송장치를 비롯하여 응용 범위가 확대되고 있다. 따라서, 탄성체의 개발과 압전 진동자의 개발이 경제적인 면이나 효율면에서 이루어져야 한다.

탄성체 위에 2개 3개 및 4개의 세라믹스를 부착한 기존의 유니몰프형 진동자에 다원변위확대 및 효율을 향상시키기 위하여 새롭게 아래에도 1 개 내지 2 개의 세라믹스를 부착한 바이몰프형 진동자를 제작하여 동작특성을 측정하였다.

\* 正 會 員 : 昌原機械工業高 電氣科 教師 · 工博  
\*\* 學 生 會 員 : 昌原大 電氣電子制御工學科 碩士課程  
\*\*\* 準 會 員 : 韓國航空宇宙産業(株) UAV生産技術팀 主任  
§ 正 會 員 : 昌原大 工大 電氣電子制御工學科 教授 · 工博  
§§ 正 會 員 : 昌原大 工大 세라믹工學科 教授 · 工博  
§§§ 非 會 員 : 미국 펜실베니아大 教授 · 工博  
接受日字 : 2001年 4月 18日  
最終完了 : 2001年 7月 27日

## 2. 실험방법

### 2.1 모터의 구성

선형 초음파 모터의 기본 구성은 고정자(stator), 이동자(slidebar), 가압장치(preload)등으로 구성되어 있다. 고정자는 그림 1에 나타낸 것과 같이 진동의 발생원이 되는 압전소자, 금속체의 탄성체 및 출력을 도출해내는 2 개의 변위확대기구(projection)로 구성되어 있다. 두께 방향으로 분극된 압전소자에 두께방향에 교류 전압을 인가함으로써 면방향 진동을 발생시키는 것이다. 이 압전소자의 진동에 의해서 접촉된 탄성체에도 진동이 발생된다[7].

L<sub>1</sub>-B<sub>4</sub> 리니어 모터의 구성은 그림 2와 같이, 이동자는 가압장치에 의해 고정자에 가압접착되어 있기 때문에 출력을 도출해내기 위해 고정자에 설치되어 있는 변위확대기구와의 사이에 마찰력이 존재한다. 따라서, 탄성체의 진동은 변위확대기구를 통하여 이동자에 전달되어 이동자가 구동된다. 고정자의 지지 때문에 탄성체 길이 방향의 중앙에 설치되어 있다. 이 위치는 L<sub>1</sub>-B<sub>4</sub>의 2 종류 진동모드가 모두 절점(node)에 해당되기 때문에 지지에 의한 진동 손실을 최소화하고 있다. 여기서, 변위확대기구를 롤러(roller)로 대체할 수 있으며, 그림 3에서 TBL-310은 중앙에 세라믹이 위치하고 있기 때문에 세라믹의 중간에 고무테이프로 절연하여 가압하였다.

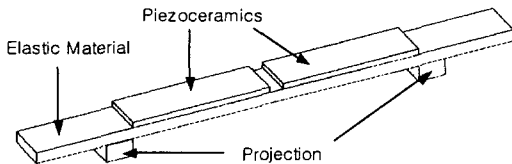


그림 1 고정진동자의 구조  
Fig. 1 Structure of stator-vibrator

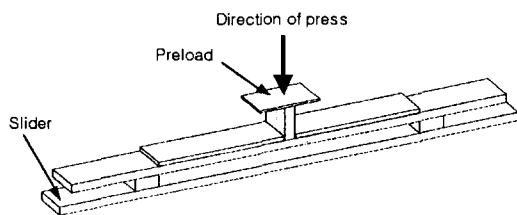


그림 2 L<sub>1</sub>-B<sub>4</sub> 리니어 모터의 구성  
Fig. 2 Composition of L<sub>1</sub>-B<sub>4</sub> linear motor

### 2.2 모터의 설계 및 제작

1차 종진동과 4차 굴곡진동을 이용하여 선형 초음파 모터의 설계시 고려하여야 할 사항은 고정진동자의 기하학적 크기이다. n차 굴곡진동모드의 공진주파수는 보의 굽힘에 관한 기본이론인 Euler-Bernoulli 이론을 이용하였고, 회전관성과 전단변형의 영향을 무시하였다. n차 종진동모드의 공진주파수는 봉이나 막대의 x방향 힘의 합 운동방정식에서 유도할 수 있다. 각각의 공식은 다음과 같다[8-11].

$$f_{Bn} = \frac{\alpha_n^2 t}{4\pi\sqrt{3}l^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad \alpha_n \approx \left(\frac{2n+1}{2}\right)\pi \quad (1)$$

$$f_{Ln} = \left(\frac{n}{2l}\right) \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2)$$

단, E, ρ, l, t는 각각 탄성체의 영률, 밀도, 길이, 두께를 의미하고, α<sub>n</sub>의 n에 4를 대입한다.

$$f_{L1} = f_{B4} \quad (3)$$

식 (3)조건에서 탄성체를 설계하여야 가장 좋은 효율을 얻을 수 있다. 따라서, 식(1)과 (2)를 식(3)에 대입하여 식(4)를 구한다.

$$l = \frac{\alpha_n^2 t}{2\pi\sqrt{3}} \quad (4)$$

식 (4)로부터 탄성체의 길이와 두께 그리고 공진주파수를 결정할 수 있다. 실험에 설계하여 사용된 탄성체의 크기는 65×5×3.5[mm](길이×폭×두께)이며, 최대 진동에 필요한 공진주파수를 만들기 위하여 길이와 두께는 서로 종속적이다. 설계된 모터를 그림 3에 나타낸다.

압전세라믹스는 표 1에 나타내고 있는 하드 재료인 N-6 (Tokin社)을 사용하였으며, 두께는 0.3[mm] 가 되도록 하여 은 전극(DT1402, Heraeus)으로 600[°C]에서 10분동안 열처리하여 전극을 형성하였으며, 전극을 부착한 후 시료를 실리콘 오일에 넣어 온도 110[°C]를 유지하면서 DC 전계를 30,000[V/cm] 인가하여 40분간 분극처리 하였다. 그리고, 경시변화를 고려하여 분극 후, 24시간이 경과된 뒤에 측정하였다. 탄성체, 세라믹스 그리고 리드선의 접착은 도전성 접착제(Eccobond56C, Ablestik)를 고르게 바른 후, 60[°C]에서 40분간 열처리하여 접착시켰다. 변위확대기구는 슬라이드와 마찰을 고려하여 베이클라이트(bakelite)를 사용하였다.

표 2 압전세라믹스의 물질 특성  
Table 1 Material characteristics of piezoceramic

특성	크기	단위	특성	크기	단위
밀도	7770	kg/m <sup>3</sup>	ε <sub>11</sub> /ε <sub>0</sub>	1350	-
포아송비	0.32	-	ε <sub>33</sub> /ε <sub>0</sub>	1400	-
s <sub>11</sub>	1.27x10 <sup>-11</sup>	m <sup>2</sup> /N	k <sub>31</sub>	0.34	-
s <sub>33</sub>	1.54x10 <sup>-11</sup>	"	k <sub>15</sub>	0.71	-
d <sub>31</sub>	-1.33x10 <sup>-10</sup>	m/V	k <sub>t</sub>	0.55	-
d <sub>33</sub>	3.02x10 <sup>-10</sup>	"	N <sub>t</sub>	1960	Hz-m
d <sub>15</sub>	4.19x10 <sup>-10</sup>	"	N <sub>s</sub>	970	"

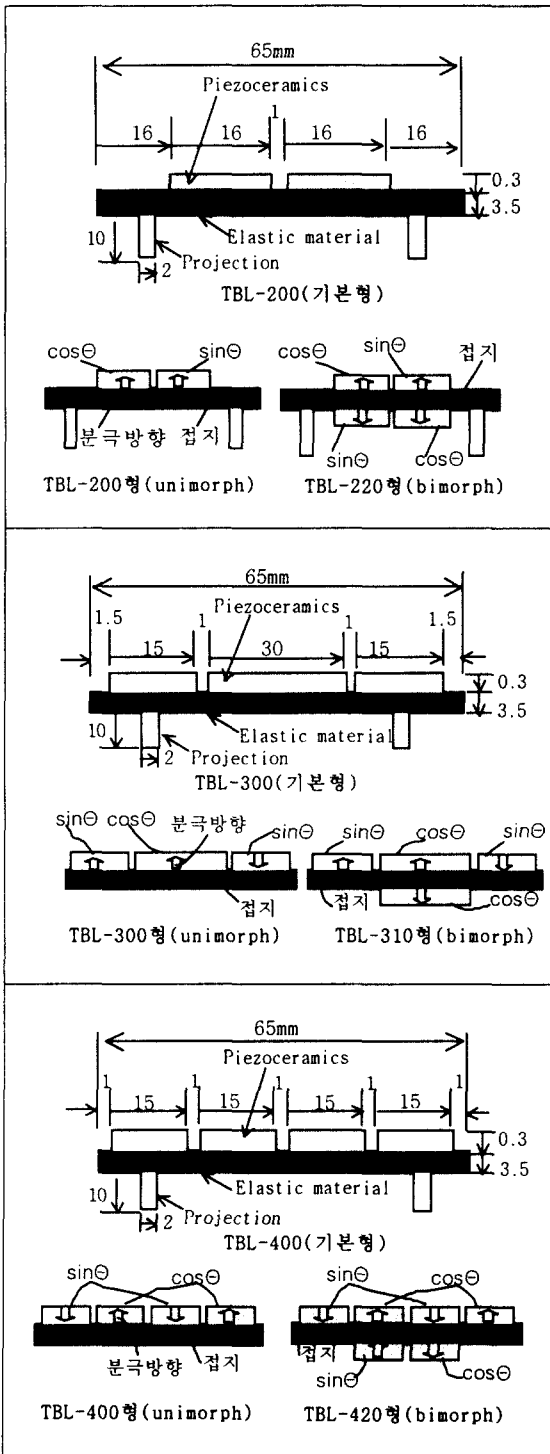


그림 3 분극 및 전압에 따른 선형 초음파 모터의 구조  
 Fig. 3 Configuration of linear ultrasonic motors with polarization and voltage

2.3 구동회로

선형 초음파 모터의 구동회로를 그림 4에 나타내었다. 초음파 모터의 전원은  $\pi/2$  만큼 다른 위상을 갖는  $\sin\theta$

와  $\cos\theta$ 파를 압전세라믹스에 각각 인가하여야만  $L_1$ - $B_4$  모드가 형성된다. 실험에 사용한 구동회로는 입력을 DC 12[V]로 하여 전력용 반도체 소자를 이용한 RLC 공진에 의해 2상의 AC 전압을 출력하는 회로이다[12].

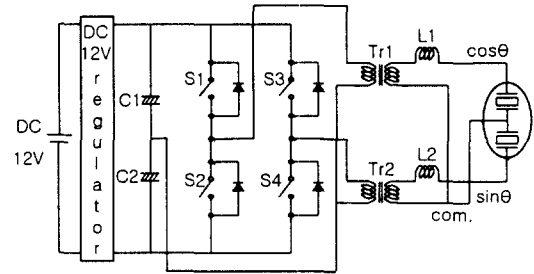


그림 4 초음파 모터용 2상 공진회로

Fig. 4 Two-phase resonant circuit for USM

2.4 특성 측정

속도측정은 타코미터(tachometer)로 전압, 주파수, 프리로드(preload), 부하(load)를 가변하면서 측정하였다. 부하측정은 슬라이드 끝 부분에 추를 부착하여 측정하였으며, 추력(thrust)은 리니어 모터의 힘이며, 측정은 로드 셀(load cell)을 사용하여 측정하였다. 전류측정은 HP 34401A 멀티미터(multimeter)로 측정하였다. 그리고, 모터의 효율은 인가되는 공급 전력에 대한 슬라이드의 추력과 속도에 의한 출력의 비로 결정되는데, 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$P_{in} = V \cdot i \tag{5}$$

$$P_{out} = F_x \cdot v \tag{6}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100(\%) \tag{7}$$

여기서,  $P_{in}$ 은 공급 전원의 전력,  $V$ 는 입력전압,  $i$ 는 입력전류,  $P_{out}$ 은 모터의 출력,  $F_x$ 는 추력,  $v$ 는 속도 그리고  $\eta$ 은 효율을 나타내고 있다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 TBL-2xx 기본형 모터의 동작특성

그림 3에 나타난 모터의 구조에서 선형 초음파 모터의 기본형이라 할 수 있는 TBL-200 및 TBL-220 형의 모터를 제작하여 동작특성을 측정하였다. 그림 5에서 속도는 부하가 낮을수록 속도가 증가하였으며, 부하가 60에서 90[gf]사이에서 속도가 다소 떨어졌지만 안정을 보였다. 초음파 모터의 수하특성에 의해 무부하 상태에서 최대 속도를 나타내었으며, TBL-200 형과 TBL-220 형 모터의 최고 속도는 각각 0.12와 0.14[m/s]로 나타났다. 추력은 부하가 50에서 100 [gf]사이에서 최대 추력을 나타내었으며, 그 값은 40과 56 [gf]이었다.

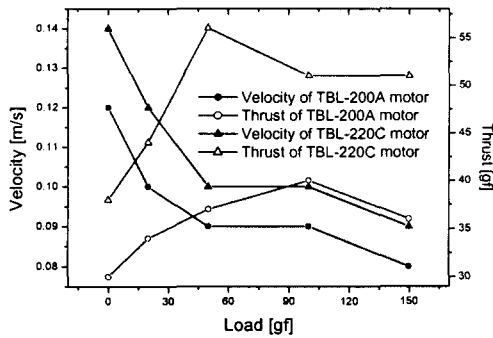


그림 5 부하의 변화에 의한 속도와 추력  
Fig. 5 Velocity and thrust with the changes of load

따라서, 그림 6에서 효율은 어느 정도의 부하에서 최대 추력이 형성되는 결과의 영향을 받아서 부하가 50과 100[gf] 사이에서 TBL-200 형과 TBL-220 형 모터가 각각 1.15와 2.36[%] 값으로 최대 값을 보였다. 전체적으로 바이몰프형이 유니몰프형보다 우수한 동작특성을 보였다. 변위는 적층수에 비례하여 커지고, 또 변위는 압전세라믹스의 길이에 비례하며 두께에 반비례한다는 이론에 일치하는 결과라고 할 수 있다. 그러나, 분극방향 및 인가전압의 형태를 잘못 적용하면, 압전소자의 상호 간섭에 의한 역효과도 발견할 수 있었다.

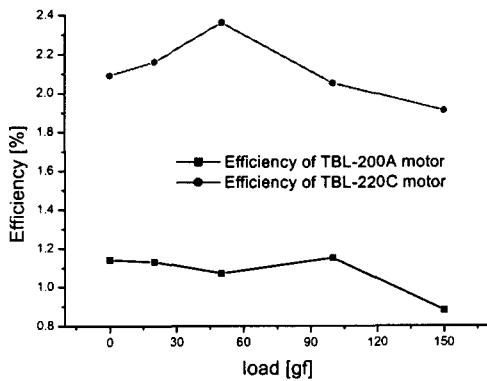


그림 6 부하의 변화에 의한 효율  
Fig. 6 Efficiency with the changes of load

3.2 TBL-3xx, 4xx 응용형 모터의 동작특성

프리로드(preload)란 고정진동자의 절점(node)을 눌러주는 부하를 말한다. 그림 7은 프리로드의 변화에 의한 속도의 변화를 나타내었다. 이때 인가전압은 110[V<sub>rms</sub>]이며, 각 공진

주파수의 전원을 인가하였다. 그림에서 대체적으로 속도가 큰 것이 프리로드의 값이 커지는 것을 알 수 있는데, 이것은 속도가 큰 것이 추력이 크기 때문이다. 프리로드를 100~350[gf]로 가변했을 때, 200~250[gf]에서 속도는 최고치를 나타내었으며, 그 이상의 프리로드에서는 조금 속도가 떨어졌으나 바이몰프형은 크게 떨어지지 않았다. 이것은 기계적인 출력이 추력과 속도의 곱으로 나타내어지고, 추력이 큰 것이 초음파 모터의 단점이라 할 수 있는 수하특성의 영향을 적게 받았기 때문이라 할 수 있다.

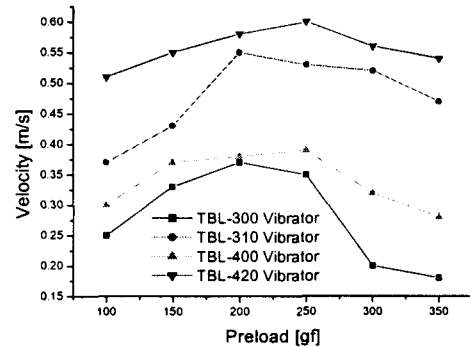


그림 7 프리로드의 변화에 의한 속도  
Fig. 7 Velocity with the changes of preload

그림 8은 각 공진 주파수에서 프리로드 200~250 [gf]일 때 전압(50~110 [V<sub>rms</sub>])에 따른 속도를 나타내었다. 전압이 증가할수록 거의 선형적으로 속도가 빨라졌으며, 최대값은 전압 110[V<sub>rms</sub>]에서 TBL-300, TBL-400, TBL-310 및 TBL-420이 각각 0.37, 0.39[%], 0.55 및 0.60[%]을 나타내었다. 그림 9는 전압의 변화에 의한 추력을 나타내었다. 이것은 전압에 따라서 속도가 빨라지고 속도에 따라 추력이 커지므로, 전압과 속도의 관계와 전압과 추력의 관계가 비슷한 결과로 나타났다. 즉, 전압과 변위가 비례하는 관계(압전 효과)에 의하여 변위와 추력이 커지고, 그에 따라 인가전압이 증가할수록 속도도 비례하여 커짐을 알 수 있었다.

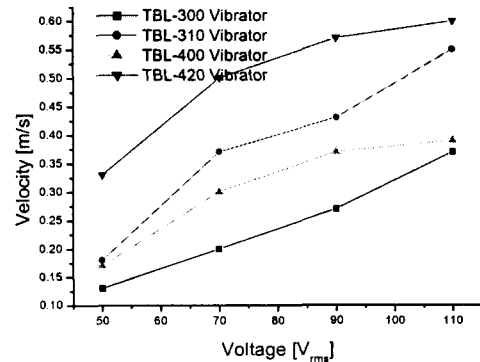


그림 8 전압의 변화에 의한 속도  
Fig. 8 Velocity with the changes of voltage

해당되는 결과로 해석할 수 있다. 따라서, 모터를 선정할 때 출력을 여유있게 선정할 필요가 있음을 느꼈다.

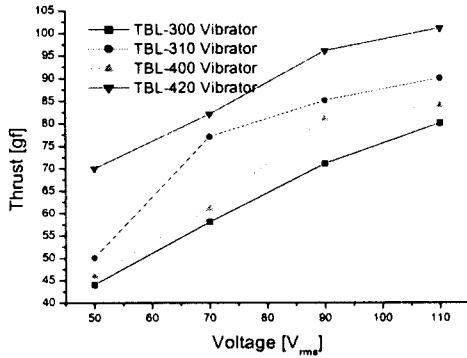


그림 9 전압의 변화에 의한 추력

Fig. 9 The thrust with the changes of voltage

또한, 그림 10에서 전압을 110[V<sub>rms</sub>], 프리로드를 200~250[gf]로 일정하게 할 때, 주파수에 따른 속도를 나타내고 있다. 구동회로에 공진 주파수를 맞추어야 하기 때문에 공진 주파수를 시점으로 하여 주파수를 높여가면서 속도를 측정하였다. 주파수의 증가에 따라서 속도는 떨어졌고, 입력 전력은 증가하였다. 이것은 공진 주파수에서 최소전류에 의한 최대변위가 발생하므로 소비전력이 적기 때문이다. 그러나, 공진 주파수를 시점으로 하여 주파수를 증가시키면, 전류 상승에 의한 소비전력이 증가하고 효율도 낮아진다. 반면에, 주파수에 의한 속도 변화를 거의 선형적으로 할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

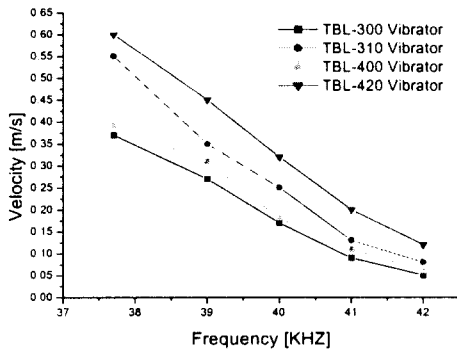


그림 10 구동 주파수의 변화에 의한 속도

Fig. 10 Velocity with the changes of driving frequency

그리고, 그림 11과 12에 인가전압 110[V<sub>rms</sub>], 프리로드를 200~250[gf]로 하고, 각 공진 주파수일 때 부하에 따른 속도와 효율을 나타내었다. 부하가 작은 상태에서 속도가 높았으며, 전체적으로 무부하 상태에서 최대속도를 나타내었다. 그리고, 효율에서 부하가 낮은 50[gf]이하에서는 일정하게 최대값을 유지하였지만, 더욱 더 부하가 증가하면 효율이 점점 떨어졌다. 이것은 초음파 모터의 단점인 수하특성에

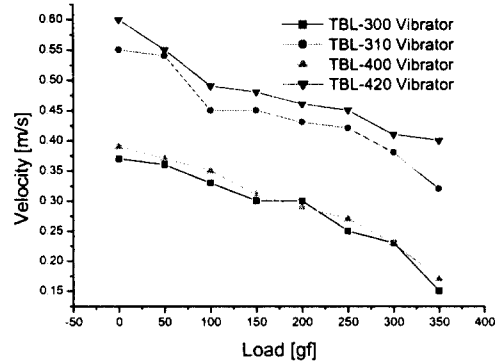


그림 11 부하의 변화에 의한 속도

Fig. 11 Velocity with the changes of load

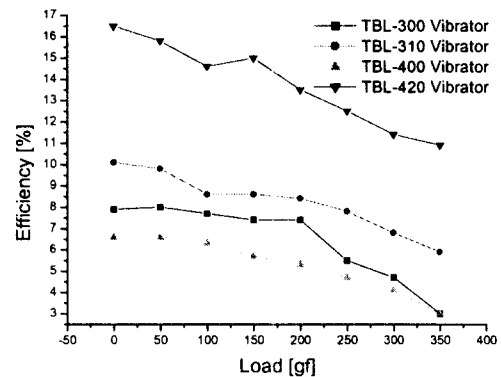


그림 12 부하의 변화에 의한 효율

Fig. 12 Efficiency with the changes of load

### 3. 결론

선형 초음파 모터의 전체적인 동작특성은 유니몰프형보다 바이몰프형 진동자가 우수한 동작 특성을 나타내었다. 변위는 적층수에 비례하여 커지고, 또 압전세라믹스의 길이에 비례하며, 두께에 반비례한다는 이론에 일치하는 결과이다. 진동자 TBL-200, TBL-300 및 TBL-400 보다 TBL-220, TBL-310 및 TBL-420형이 우수한 동작 특성을 보였다.

모터의 최대속도가 TBL-200, TBL-300 및 TBL-400 형은 각각 0.12, 0.37 및 0.39[m/s] 인데 반하여 TBL-220, TBL-310 및 TBL-420 형은 각각 0.14, 0.55 및 0.60[m/s]로 나타났다. 또, 효율도 각각 1.15, 7.9 및 6.6[%]보다 높은 2.36, 10.1 및 16.5[%]를 나타내었다. 이때, 모터의 무게는 5~7[g]이었으며, 추력은 1~2[N]이었다. 따라서, TBL-310 및 TBL-420 형은 구조가 간단하여 제작이 용이할 뿐만 아니라, 추력과 효율이 우수하여 선형 초음파 모터의 실용화에 적합하

다고 판단되었다.

일반적인 동작 특성으로, 최대효율은 추력이 높을수록 높은 부하에서 나타났으며, 프리로드의 압력도 높게 사용되었다. 그리고, 모터 제작이 불안정하면 공진 주파수를 맞추기가 어렵고, 그 결과 전력 소비가 많아져서 열이 발생하고 효율이 떨어졌다.

**감사의 글**

본 연구는 창원대학교 두뇌한국(BK)21사업단의 지원에 의한 것입니다.

**참 고 문 헌**

[1] 岡崎 清外 4人, “壓電세라믹스의 應用”, 學獻社, pp. 41-67, 1991.

[2] 日本工業技術振興協會固體アクチュエータ研究部會, “精密制御用ニュー-アクチュエータ便覽”, フツノテクノシステム, pp. 825-838, pp. 918-922, 1994.

[3] 日本電子材料工業會, “壓電 세라믹스 新技術”, 오ーム社, pp. 157-171, 1991.

[4] 池田拓郎, “壓電材料學의 基礎”, 오ーム社, pp.173-179, 1990.

[5] K. Uchino, “Ferroelectric Devices”, DEKKER, pp. 131-196, 2000.

[6] 이동준의 4인, “카드리더기용 평판형 초음파 모터 제작 및 평가”, 대한전기학회합동춘계학술대회논문집, pp. 274-277, 2000.4.

[7] 김태열, 김범진, 박태곤, 김명호, Kenji Uchino, “L1-B4 샌드위치형 진동자를 이용한 선형 초음파 모터의 설계 및 특성”, 한국전기전자재료학회 제13권 12호, pp. 1025-1031, 2000.12.

[8] W. T. Thomson, “Theory of Vibration with Applications”, Prentice Hall, pp. 233-265, 1996.

[9] T. Sashida, T. Kenjo, “An Introduction to Ultrasonic Motors”, OXFORD, pp. 92-97, 1993.

[10] S. Ueha, Y. Tomikawa, M. Kurosawa, N. nakamura, “Ultrasonic Motors Theory and Applications”, OXF-ORD, pp. 8-34, pp. 131-196, 1993.

[11] 富川義朗, “超音波 일렉트로닉스 振動論”, 조창서점, pp 223-233, 1998.

[12] T. Senjyu, K. Uezato and H. Miyazato, “Adjustable Speed Control of Ultrasonic Motors by Adaptive Control”, IEEE, Transactions on Power Electronics, Vol. 10, No. 5, pp. 532-538, 1995.

저 자 소 개



김 범 진 (金 範 鎭)

1960년 2월 20일 생. 1984년 중앙대 전기 공학과 졸업. 1997년 창원대 대학원 전기 전자제어공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기전자제어공학과 졸업(공학박) 2001년 현재 창원기계공업고 전기과 교사

Tel : 055-283-8376, Fax : 055-263-9956  
E-mail : kbj220@netian.com



김 명 호 (金 明 鎬)

1953년 8월 10일 생. 1979년 2월 고려대 재료공학과 졸업. 1981년 2월 동 대학원 재료공학과 졸업(석사). 1987년 7월 독일 Erlangen-Nuernberg Univ. 재료공학과 졸업(공학박). 1987년 8월~1989년 8월 독일 Fraunhofer 반도체 연구소 연구원. 1989년 9월~현재 창원대 세라믹공학과 교수

Tel : 055-279-7621, Fax : 055-262-6486  
E-mail : mhkim@sarim.changwon.ac.kr



정 등 석 (鄭 東 石)

1975년 1월 3일 생. 2001년 창원대 전기 공학과 졸업. 2001년 3월~현재 동 대학원 전기전자제어공학과 석사과정

Tel : 055-283-8376, Fax : 055-263-9956  
E-mail : jds1224@hanmail.net



Kenji Uchino

미국 펜실바니아 주립대 교수.  
ICAT(International Center of Actuator & Transducer)센터장.

Tel : (U.S.A)814-863-8035  
Fax : (U.S.A)814-865-2326  
E-mail : kxul@alpha.mrl.psu.edu



김 태 열 (金 兌 烈)

1973년 5월 10일 생. 1999년 창원대 전기 공학과 졸업. 2001년 2월 동 대학원 전기 전자제어공학과 졸업(석사). 2001년 1월~현재 한국항공우주산업 UAV 생산기술팀 주임

Tel : 055-283-8376, Fax : 055-263-9956  
E-mail : kty10@orgio.net



박 태 곤 (朴 泰 坤)

1954년 2월 20일 생. 1976년 2월 홍익대 전기공학과 졸업. 1980년 8월 연세대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1985년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1982년 2월~1987년 2월 홍익공업전문대 조교수.

1987 3월~현재 창원대 전기전자제어공학과 교수. 1989년 1 2월~1991년 2월 일본 동경공대 객원 연구원. 1998년 2월~1999년 2월 미국 펜실바니아 주립대 객원교수  
Tel : 055-279-7511, Fax : 055-263-9956  
E-mail : tgpark@sarim.changwon.ac.kr