

단층형 압전진동자의 설계 및 제작

전호익, 김정환, 지승훈, 박태곤
 창원대학교 전기공학과

Design and fabrication of unimorph type piezoelectric vibrator

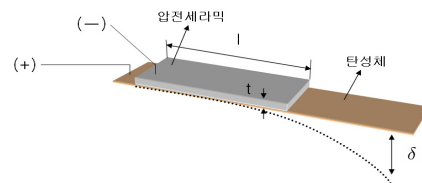
Ho-Ik Jun, Jeong-Hwan Kim, Seung-Hoon Ji, Tae-Gone Park
 Electrical Engineering Department, Changwon National University

Abstract - On this paper, unimorph type piezoelectric vibrator made by attaching ceramic plates on rectangular elastic body, to find the basic characteristic of the actuators.

In experiment, elastic body's displacement and resonance frequency were measured according to changes of ceramic's length and elastic body's length. Also, temperature changes were observed according to time.

The displacement and resonance frequency were increased when the ceramic's length were increased. When elastic body's length was increased, the displacement was increased. Also, the temperature was increased according to time, but at some time it was saturated and the temperature was not increased any more.

알 수 있다. 또한 기본 모드에 대한 공진 주파수 f 는 유니몰프의 운동



<그림 1> 압전 유니몰프

에 매우 중요한 영향을 미친다. 세라믹의 길이, 두께, 탄성계수와 밀도를 각각 l, t, E, ρ 라고 하면 기본모드에 대한 공진 주파수 f 는 다음과 같이 정의 된다.

$$f = \frac{1.875^2}{2\pi} \cdot \frac{2t}{l^2} \sqrt{\frac{E}{12\rho}}$$

공진주파수 f 는 세라믹의 길이에 비례하고 두께에 반비례함을 알 수 있다.

1. 서 론

현대 사회에서 인간의 생활에 광범위한 영향을 미치는 전기 문명 중에서 동력 발생의 핵심이 되는 액츄에이터, 그 중에서도 전자기 모터는 인간의 생활에서 중요한 부분을 차지하고 있다. 전자기 모터의 단점을 보완하기 위해 압전 세라믹을 이용한 조음과 모터의 연구가 활발히 진행 되었다. 압전 액츄에이터는 세라믹의 분극현상에 의한 압전효과에 의해 구동되며, 구조가 간단하고 소형화가 가능하다. 또한 저속 운전시 강한 토크를 발생 시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 압전 액츄에이터의 한 예로서 유니몰프와 바이몰프 소자는 압전 세라믹 판의 수에 의하여 정의 되는데, 유니몰프는 하나의 세라믹 판이 탄성체에 접착되고, 바이몰프는 두 개의 세라믹 판을 탄성체에 접착시키는 구조이다.

본 논문은 압전 액츄에이터의 기본적인 구조인 유니몰프형 압전 진동자를 여러 사이즈로 제작하여 실험을 통해 특성을 살펴보고 압전 액츄에이터의 정확하고 기본적인 데이터 구축을 목적으로 하고 있다.

2. 이론적 배경

2.1 압전 유니몰프(unimorph)

압전기(piezoelectricity)란 어떤 결정체에 기계적 응력(mechanical stress)을 가할 때 비례적으로 발생하는 전하(electric charge)의 능력을 말한다. 이는 1880년에 Curie 형제에 의하여 발견 되었다. 압전 세라믹스(piezoelectric ceramics)가 같은 압전성의 유무는 결정의 대칭성이나 극성의 유무에 의하여 결정 된다.

압전 세라믹스의 진동은 횡효과의 진동과 종효과의 진동이 있다. 횡효과는 전계의 방향과 탄성파의 전파 방향이 직교하는 경우이고, 종효과는 이들이 평행한 경우이다.

유니몰프 변위 소자는 전계하에서 길이방향으로 신축하는 압전판을 붙여놓은 구조로서, 교류 전압이 인가될 경우 굴곡변형을 일으킨다. 또한 세라믹 판을 접착제로 단순히 붙이므로 제작이 용이하다. 반면에 압전체의 굴곡모드를 사용하므로 응답속도가 낮고, 발생력이 낮아져서 변위량이 줄어드는 단점도 가지고 있다. 이와 같은 단점을 개선하기 위해 일반적으로 shim이라 부르는 금속탄성체를 압전체에 붙인다. 그림 1은 압전 유니몰프를 나타낸다.

유니몰프의 한 쪽을 고정시킨 후, 인가 전압에 의한 소자전단의 변위량을 δ 는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

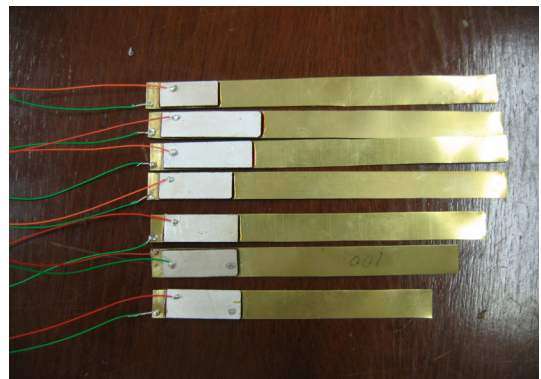
$$\delta = k \cdot d_{31} \cdot \frac{l^2}{t^2} \cdot V$$

여기서 k 는 정수, d_{31} 은 압전정수, V 는 인가전압, l 은 세라믹의 길이, t 는 세라믹의 두께이다. 따라서 유니몰프의 선단 변위량은 압전정수와 인가전압, 세라믹의 길이에 비례하고, 세라믹의 두께에 반비례함을

3. 제작 및 실험

3.1 제작

압전 유니몰프의 제작순서는 우선 세라믹과 황동판을 적당한 크기로 자르고 에폭시 접착제를 세라믹에 얇게 바르고 황동판에 접착한다. 이때 전류가 흐를 수 있도록 접착부위의 가운데 부분은 접착제를 바르지 않는다. 다음으로 에폭시 접착제를 건조시키기 위해 80℃로 세팅 되어진 건조기에서 약 30분간 건조시킨 후 단자의 연결을 위해 세라믹과 황동판에 전선을 접합한다. 그림 2는 제작된 압전 유니몰프의 사진이다.



<그림 2> 제작된 압전 유니몰프

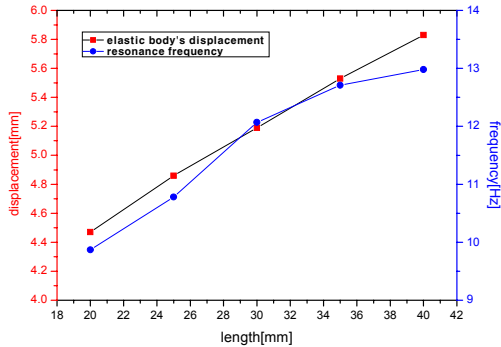
3.2 실험

압전 유니몰프의 구동 시스템은 function generator에서 만들어진 정현파 출력을 power amplifier의 입력으로 하고 power amplifier의 출력을 이용하여 교류 전원을 인가하는 방식이다.

제작된 압전 유니몰프를 구동장치와 연결하고 한 쪽 끝을 클램프로 고정시킨 후 변수를 주어 변위와 주파수를 측정했다. 압전 유니몰프의 인가 전압을 50[V_{ppp}](41.8[V_{rms}])로 하고 주파수를 1[Hz]에서 30[Hz]까지 0.05[Hz]씩 가변하여 공진 주파수를 찾고 공진시의 선단 변위를 관찰하였다.

3.2.1 압전 세라믹의 길이 변화

압전 유니몰프의 탄성체인 황동을 길이 120[mm], 폭 10[mm], 두께 0.2[mm]로 하여 41.8[V_{rms}] 전압에서 폭 10[mm], 두께 1[mm]인 압전 세라믹을 길이 20[mm]에서 40[mm]까지 5[mm]씩 가변하여 본 결과 그림 4와 같은 변위와 공진주파수 특성을 보였다.

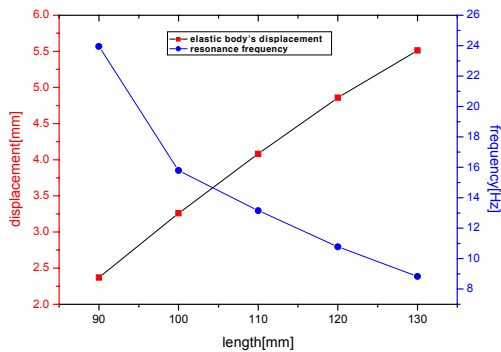


〈그림 4〉 세라믹 길이 변화에 따른 선단변위와 공진주파수의 변화

압전 세라믹의 길이가 증가함에 따라 선단변위와 공진주파수가 증가함을 확인하였다. 압전 방정식을 보았을 때 변위는 세라믹 길이의 제곱에 비례하고 두께의 제곱에 반비례 하지만 본 실험에서는 탄성체의 길이를 고정시킨 상태에서 세라믹의 길이를 늘였기 때문에 세라믹의 길이가 길어지면 그에 따라 탄성체의 길이가 줄어들어서 세라믹의 길이가 늘어남에 따라 변위와 주파수가 증가하는 것을 볼 수 있었다.

3.2.2 탄성체의 길이 변화

압전 유니몰프 세라믹을 길이 25[mm], 폭 10[mm], 두께 1[mm]로 하여 41.8[V_{rms}] 전압에서 폭 10[mm], 두께 1[mm]인 탄성체의 길이를 90[mm]에서 130[mm]까지 10[mm]씩 가변한 결과 그림 5와 같은 변위와 공진주파수의 특성을 볼 수 있었다.



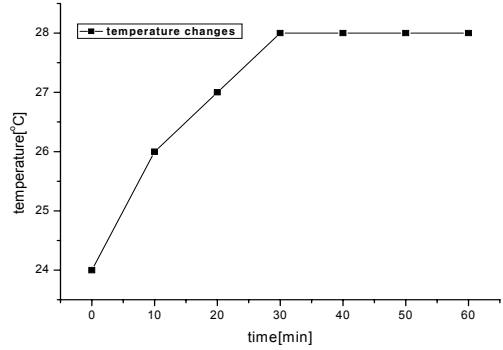
〈그림 5〉 탄성체 길이 변화에 따른 선단변위와 공진주파수의 변화

탄성체의 길이가 증가함에 따라 선단변위는 증가하고 공진주파수는 감소함을 확인하였다. 세라믹 길이 변화 실험과 마찬가지로 압전 방정식에 의하면 세라믹의 길이는 고정되어 있기 때문에 변위와 공진주파수의 변화는 일어나지 않아야 하지만 세라믹의 길이는 변하지 않으나 탄성체의 길이가 변하기 때문에 그림 5의 그래프와 같은 특성이 나타났다.

3.2.3 시간에 따른 압전 세라믹의 온도 변화

압전 진동자에 전원을 인가하여 시간의 변화에 따른 온도 변화를 측정해 보았다. 선단변위가 가장 큰 값을 보인 세라믹 길이 40[mm] - 탄성체 길이 120[mm] 규격의 진동자로 41.8[V_{rms}]의 전압을 인가하여 한 시간 동안 10분 간격으로 온도를 측정하여 그림 6과 같은 온도 특성을 볼 수 있었다.

시간이 증가함에 따라 온도가 상승하지만 약 28℃ 정도부터는 더 이상의 증가는 없었다. 선단 변위가 가장 큰 진동자를 사용했음에도 최고 온도가 28℃라는 결과는 압전 진동자의 장점으로 작용할 것으로 생각된다.



〈그림 6〉 시간에 따른 압전 진동자의 온도 변화

4. 결론 및 고찰

본 논문에서는 유니몰프형 압전 진동자를 제작하고 압전 세라믹의 길이와 탄성체의 길이의 변화에 따른 특성을 연구하였고, 결과는 다음과 같았다.

1. 압전 진동자의 세라믹의 길이를 변화시킨 결과 선단변위와 공진주파수 모두 세라믹의 길이가 길어질수록 커지는 것을 알 수 있었다.
2. 압전 진동자의 탄성체의 길이를 변화시킨 결과 선단변위는 길이가 길어질수록 증가하고 공진주파수는 길이가 길어짐에 따라 감소하는 것을 알 수 있었다.
3. 온도 특성은 시간이 지남에 따라 세라믹의 온도가 증가하지만 일정 시간이 지나 최고 온도에 이르면 더 이상 증가하지 않고 안정적인 온도 특성을 나타내었다.

이러한 결과들은 유니몰프형 압전 진동자에서 세라믹의 길이와 탄성체의 길이를 가변했을 때, 그 실험값들이 선형적으로 변한다는 것을 보여 주었다. 이 데이터를 기초로 세라믹과 탄성체의 길이를 통해 선단변위와 공진주파수를 예측할 수 있을 것이다. 또한 오랜 시간 가동에도 안정적인 온도특성은 압전 진동자를 이용한 기기 제작 시에 장점으로 작용할 것이다. 이러한 데이터들은 압전 진동자를 이용한 연구에 기초 자료로 활용될 것으로 사료 된다.

[참고 문헌]

[1] 박태곤, "압전 세라믹을 이용한 라진반형 진동자에 관한 연구", 석사논문, pp. 15-18, 1980
 [2] Singiresu S. Rao, "Mechanical Vibrations", pp. 415-423, 1998
 [3] 류주현, 김한기, 홍재일, 박장엽, "진동판 재질 및 크기에 따른 Piezo Fan의 특성", 대한전기학회, 제46권, pp. 1189-1194, 1997