

# 원판형 유니몰프타입 압전 트랜스듀서의 발전특성 연구

박충효, 정현호, 정성수, 전호익, 김명호, 박태곤  
창원대학교

## A Study on Generation Characteristics of Circular Unimorph Type Piezoelectric Transducer

Choong-hyo Park, Hyon-ho Chong, Sung-su Jeoung, Ho-ik Jun, Myung-ho Kim, Tae-gone Park  
Changwon Univ.

**Abstract :** On this paper, piezoelectric transducer was studied through direct piezoelectric effect. Circular unimorph type piezoelectric transducer is fabricated by attaching circular type PZT ceramic to circular plate of brass. The fabricated transducer was simulated and analyzed by using FEM program, ANSYS. Output characteristics were measured by applying diverse frequencies, including resonance frequency, of vibrator to transducer, and then the results were compared with ANSYS results. In addition, each characteristic was measured at two constraint conditions to obtain higher efficiency.

**Key Words :** Piezoelectric transducer, Circular, Unimorph

### 1. 서론

물리적인 외력을 이용하여 전기 에너지를 생산하는 압전체의 사용은 무공해 신재생에너지란 점에서 각광받고 있는 연구 분야이며, 현재 발전기 뿐만 아니라 센서(sensor) 및 액추에이터(actuator)의 여러 분야에 적용하여 사용되고 있다. 이와 동시에 버려지고 있는 에너지를 재사용이 가능한 에너지로 수확하는 에너지 하베스팅 기술(EHT : Energy Harvesting Technology)도 함께 많은 개발이 이루어지고 있는 추세이다. 본 논문에서는 원판형 유니몰프 타입 압전 트랜스듀서를 제작하고, FEM 해석을 통하여 시뮬레이션한 후 특성실험을 통해 두 결과를 비교하였다.

### 2. 이론

압전성은 물질에 응력을 가할 때 발생하는 전기, 즉 전기분극(electric polarization)을 생기게 하는 성질 또는 이 전기 자체를 의미하는 것이다. 압전 현상은 응력에 의하여 이 물질 자체의 전기분극이 변하는 압전정효과와 물질에 전계를 인가할 때 기계적 왜형이 생기는 압전역효과가 있다. 이 두 효과를 합쳐서 압전 현상 또는 압전 효과라 한다.<sup>[1]</sup> 압전 세라믹의 경우 그 자체만으로도 발전이 가능하지만 내구성과 효율 등을 고려하여 압전 세라믹에 탄성체를 부착하여 제작한다. 기본적인 탄성체 부착 방법에는 유니몰프(unimorph) 형태와 바이몰프(bimorph) 형태가 있다. 유니몰프는 탄성체의 한쪽 면에 세라믹을 부착하는 형태이고, 바이몰프는 탄성체의 양쪽 면에 세라믹을 부착하는 형태이다. 구조상으로 유니몰프는 미소 변위에도 반응하여 해당 변위에 따른 전압을 출력하지만 그 출력량은 바이몰프에 비해 높지 않다. 바이몰프의 경우 양쪽 면에 부착되어 큰 전압이 출력되지만 유니몰프에 비해 작은 변위에 반응하는

것이 어렵다는 차이점이 있다.<sup>[2]</sup> 본 논문에서 제작한 원판형 유니몰프타입 압전 트랜스듀서는 원판모양의 얇은 활동판 한쪽면에 원형의 PZT 세라믹을 부착한 구조로써, 외부의 진동 에너지를 입력으로 사용하여 세라믹의 압전정효과에 의해 전기적인 출력을 발생시키는 원리이다. 탄성체에 외력이 가해질 때 세라믹의 더 큰 변위를 얻을 수 있으며, 완충작용으로 세라믹의 파손을 방지할 수 있다.

### 3. 제작 및 실험

#### 3.1 유한요소해석 시뮬레이션

그림 1은 FEM 프로그램인 ANSYS의 해석 결과이다. 전체 요소는 solid5로 지정하였고, 탄성체인 brass와 세라믹의 물성치를 각각 정의하였다. 모델링된 트랜스듀서에 modal 해석을 수행한 결과 수직운동의 진동모드와 주파수 대역이 해석되었다. modal 해석된 결과를 토대로 harmonic 해석함으로써 트랜스듀서의 공진주파수와 발생전압, 수평 변위증가량이 해석되었다.

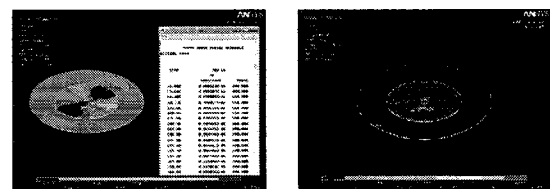
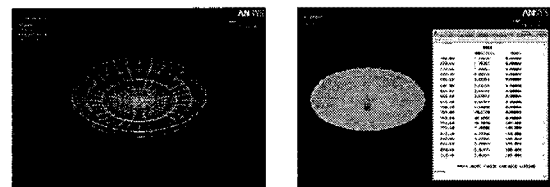
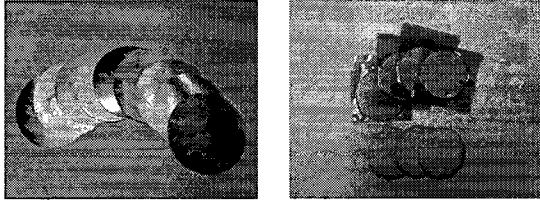


그림 1. ANSYS를 이용한 유한요소해석

### 3.2 트랜스듀서 제작

그림 2는 트랜스듀서의 제작을 위한 재료이다. 와이어 커팅된 직경 45[mm], 두께 0.1[mm]인 brass 원판에 직경 25[mm], 두께 0.1[mm]인 원형 PZT 세라믹을 탄성접착제를 사용하여 접착하였다. 탄성체가 부착된 세라믹을 가열건조한 후 분극방향으로 전선을 결선하여 그림 3과 같은 원판형 유니몰프 타입 압전 트랜스듀서를 제작하였다.



(a) 탄성체 brass (b) PZT 세라믹  
그림 2. 트랜스듀서 제작 재료

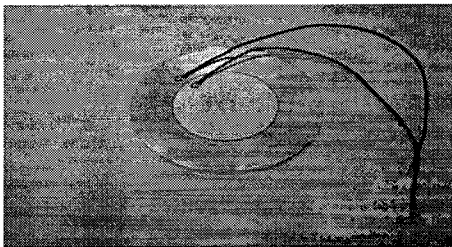
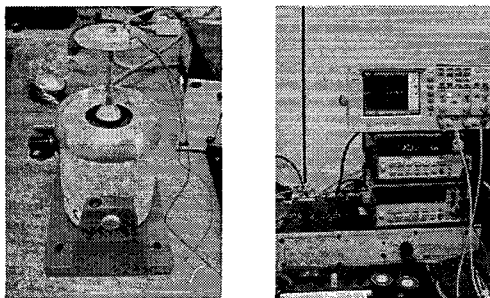


그림 3. 제작된 원판형 유니몰프타입 압전 트랜스듀서

### 3.3 특성 실험

그림 4는 출력특성을 측정하기 위한 실험장치이다. 신호발생기(function generator)에서 진동의 주파수와 진폭을 설정한 후 전력증폭기(power amplifier)에 신호를 인가하였다. 인가된 신호는 전력증폭기(power amplifier)를 통해 증폭되며, 증폭된 신호는 바이브레이터에 인가되어 진동을 발생시킨다. 두 개의 트랜스듀서 중 하나는 세라믹의 중심을 다른 하나는 탄성체의 가장자리 네 부분을 바이브레이터(vibrator)에 고정시켜 진동을 인가하였다. 두 개의 트랜스듀서에 동일한 진동을 가함으로써 각 트랜스듀서에서 발생하는 파형을 오실로스코프(oscilloscope)로 측정하였다.



(a) 바이브레이터 (b) 계측장비  
그림 4. 실험장비

주파수의 변화에 따른 출력을 확인하고 발생하는 교류 신호를 반파정류·평활회로를 통해 직류 신호로 정류하여 측정하였다. 실험장치를 이용하여 표 1과 같은 실험을 통해 출력특성을 파악하고, 그 결과를 ANSYS로 해석한 결과와 비교하였다.

표 1. 해석치와 실험치 비교

해석 및 실험 종류	비교 대상
제작 모델의 공진주파수 해석 및 비교	ANSYS 해석 및 impedance analyzer 측정
각 구속에 따른 수평변위 해석	ANSYS 해석
탄성체 가장자리 구속 발생전압 해석	ANSYS 해석과 특성실험 데이터 비교
세라믹 중앙 구속 발생 전압 해석	ANSYS 해석과 특성실험 데이터 비교

## 4. 결과

그림 5는 ANSYS를 통해 해석한 트랜스듀서의 임피던스 특성을 임피던스 분석장치(impedance analyzer)로 측정된 값과 비교한 그래프이다.

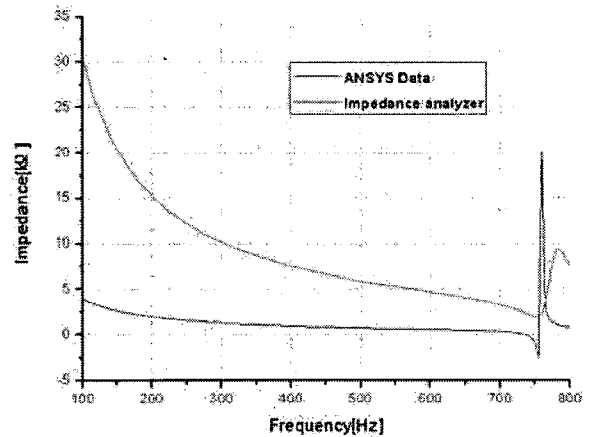


그림 5. 임피던스 측정에 의한 공진주파수 측정

측정한 주파수 범위는 공진주파수와 반공진주파수를 포함한 100~800[Hz]이며, ANSYS의 harmonic 해석값과 임피던스 분석장치를 통해 측정된 값이 서로 유사하였다. 임피던스 값이 가장 낮은 곳이 공진주파수이며 두 값 모두  $750 \pm 30$  [Hz]에서 측정되었다.

그림 6은 세라믹 중심에 구속 조건을 설정한 것과 탄성체 가장자리에 구속하였을 때의 수평변위를 나타낸 그래프이다. ANSYS를 통해 두 개의 트랜스듀서에 동일한 힘을 인가하여 그 결과를 측정하였다.

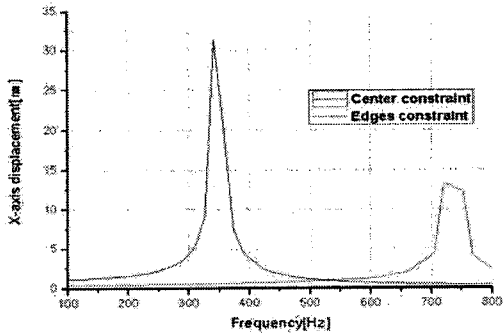


그림 6. 구속 조건에 따른 수평 변위

탄성체를 고정된 트랜스듀서에 진동을 인가한 경우 최대변위 지점이 공진주파수 지점인 700[Hz]대를 유지하였다. 반면 중심을 구속한 트랜스듀서의 경우 최대 변위지점이 300[Hz]대로 감소되었다.

그림 7은 탄성체 가장자리 네 부분에 고정시킨 후 주파수에 따른 발생 전압을 해석결과와 비교한 그래프이다.

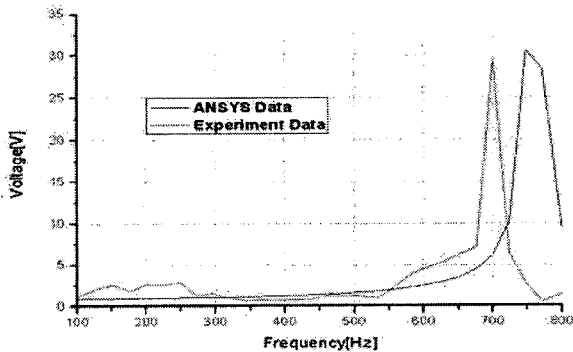


그림 7. 탄성체 구속시 발생 전압

탄성체의 가장자리에 고정시킨 후 진동을 인가했을 때 공진주파수 대역 및 최대 변위지점인 700[Hz] 부근에서 최대 전압이 측정되었다.

그림 8은 세라믹의 중심을 고정시킨 후 주파수의 변화에 따른 발생 전압을 해석한 결과와 측정된 결과를 비교한 그래프이다.

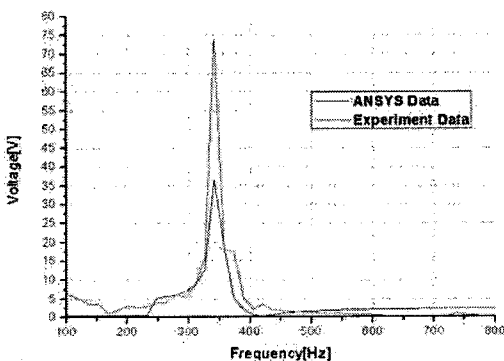


그림 8. 세라믹 중심부 구속시 발생전압

세라믹의 중심에 고정시킨 후 진동을 인가한 경우 수평 변위가 최대지점인 300[Hz] 범위에서 최대 발생전압이 측정되었다.

#### 4. 결론 및 고찰

본 논문에서는 원판형 유니몰프타입 압전 트랜스듀서를 제작하고, FEM 프로그램인 ANSYS를 통해 트랜스듀서의 출력 특성에 관해 해석 및 시뮬레이션을 하였다. 그리고 실험장치를 통해 특성실험을 한 후 그 결과를 해석값과 비교하였다. 제작한 트랜스듀서를 임피던스 분석장치로 측정할 결과 최저 임피던스를 가지는 주파수는 ANSYS에서 해석된  $750 \pm 30$ [Hz]의 공진주파수 범위와 유사하였다. 두개의 트랜스듀서 중 하나는 세라믹의 중심을 다른 하나는 탄성체의 가장자리를 바이브레이터에 고정하여 진동을 인가하였다. 탄성체를 고정된 트랜스듀서는 최대변위 지점이 공진주파수 지점과 일치하는 반면 중심을 고정된 트랜스듀서의 최대 변위지점은 300[Hz]대로 측정되었다. 세라믹의 수직 확장을 구속한 것이 공진주파수의 변화를 가져온 원인으로 생각되어진다. 두 트랜스듀서에 같은 수직응력을 인가했을 때, 세라믹의 중심을 고정된 경우의 수평 확장 범위 및 발생 전압이 가장자리를 고정된 결과값보다 높게 측정되었다. 이는 탄성체의 구속으로 인해 세라믹의 변위 확장을 억제하므로 발생하는 전압량이 낮은 것으로 생각되어진다. 차후 부하실험을 통해 전류특성을 파악하고 세라믹의 크기와 탄성체의 재질을 변화시켜 최적의 설계가 이루어진다면 더 큰 발전 효율을 낼 수 있을 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

#### 참고 문헌

- [1] 박창엽, "전기전자용 압전세라믹스", 반도출판사, pp.2-89, 1997
- [2] Kenji Uchino, "Piezoelectric Actuators and ultrasonic motors", Kluwer Academic Publishers, pp.129-138, 1997.
- [3] ANSYS verification manual