

## 적층형 Ring-dot type 압전변압기의 변압특성

정현호, 박태곤, 김명호  
창원대학교

### Transformation Characteristics of Multi layered Ring-dot type Piezo Transformer

Hyon-Ho Chong, Tae-Gone Park, Myong-Ho Kim  
Changwon National Uni.

#### Abstract

This paper presents design and analysis of multi-layered ring-dot type piezoelectric transformer. These transformers are useful for step up and step down. The transformers consist of disk type multi-layered piezoelectric ceramic plates. The finite element method(FEM) was used for analysis transformer. Vibration mode, electric field and equivalent elastic strain of piezoelectric transformer were simulated by changing frequency. As results, the strain was distributed in isolation part entirely. We can get the operated in step up transformer when the inner side electrode using by input parts. Also we can get the step down transformers using by input part as outer side electrode. The step up ratio and step down ratio was increased by decreasing inner side electrode. The resonance frequency was increased by increasing inner side electrode when the transformer was operated in step down transformer. But the step up one was decreased. From these results, we can expect to multi-layered ring-dot type piezo transformers as step up and step down transformers.

**Key Words** : Piezo transformer, multi-layer, ring dot type, FEM

#### 1. 서 론

1967년 Rosen에 의해 압전변압기가 고안된 이래로 다양한 종류의 압전변압기가 제안되었다. 압전변압기의 경우 불연성이면 경박단소가 가능하며 전자기를 전혀 발생하지 않고 높은 승압비를 얻어 낼 수 있다. 이러한 압전변압기의 장점을 이용하여 LCD백라이트 구동용 인버터회로용으로 그 사용범위가 확대되어가고 있으며 고주파에서의 높은 효율을 이용하여 정전압 구동용 소형 어댑터 등의 연구가 진행되어지고 있다. 하지만 압전변압기의 경우 기계적 힘이 의해 에너지가 전달되므로 일반적인 압전변압기의 경우 승압용과 강압용이 구분되어 제작되어지고 있으며 단일형태를 이용하여 변압이 이루어지는 경우가 극히 희박하다. 그러므로 그 제조상의 한계로 인하여 제조단가가 높아지며 설비화가 어렵다. 이에 본 연구에서는 승압과 강압을 동시에 얻어낼 수 있도록 Ring-dot형의 압

전변압기를 적층화 하여 변압기의 변압특성을 살펴 보았다.

#### 2. 실 험

##### 2.1 변압기의 구조와 원리

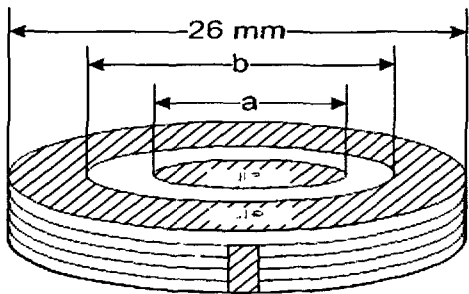
압전변압기의 경우 전기에서 기계로의 에너지 변환을 이룰 수 있는 압전세라믹을 이용하여 전기→기계→전기로의 변환을 이용하여 변압을 이루어 낸다.<sup>[1]</sup> 그러므로 입력부와 출력부사이의 에너지 전달은 기계적 에너지에 의해 이루어지게 된다. 세라믹에 이러한 기계적인 힘이 인가되게 되므로 압전변압기의 경우 그 힘을 견딜 수 있는 구조가 되어야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 디스크형 압전세라믹을 이용한 Ring-dot형의 압전변압기를 적층화 하여 승압과 강압을 동시에 얻어낼 수 있는 압전 변압기를 설계 하였다.

본 연구에서는 그림 2.1에서와 같이 Ring-Dot형의 압전변압기의 중심부에 분극방향을 한 방향으

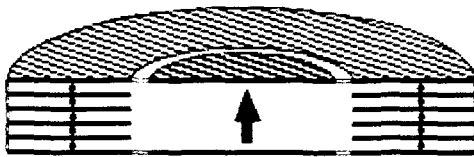
로 한 압전세라믹을 적층하여 단일층 구조의 세라믹 층을 구성하고 바깥쪽을 5층으로 적층화하여 분극방향을 마주보게 하여 그 부분의 전체 표면적을 넓게 구성하였다. 세라믹 디스크의 공진주파수에 대한 경방향 진동모드의 최대 변위를 찾기 위해 중심에서 내측전극까지의 전극거리a와 외측의 전극까지의 거리b를 변화하여 각각의 출력특성을 살펴보았다(표 2.1). 내측전극과 외측전극을 2[mm] 간격으로 분리하였다. 중심에서 내측전극까지의 거리가 a이고 중심에 외측전극까지의 거리가 b이며 변압기의 전체 지름은 26[mm]이고 5층으로 이루어진 압전변압기를 구성하였으며 변압기의 각 층의 두께는 0.5[mm]이고 전체 두께는 2.5[mm]이다(그림 2.1).

표 2.1 각각의 변압기의 전극면적

구분	a의 길이[mm]	b의 길이[mm]
model 1	8	12
model 2	10	14
model 3	12	16
model 4	14	18
model 5	16	20
model 6	18	22



(a) 변압기의 형태



분극방향

(b) 변압기의 전단면

그림 2.1 압전변압기의 구조.

## 2.2 압전변압기의 유한요소해석

제안된 압전변압기의 특성을 유한요소해석프로그램인 ANSYS 7.0을 이용하여 해석하였다. 변압기의 element는 SOLID-5를 사용하였으며 ANSYS의 경우 e형식의 압전방정식(식 2.1)을 사용하여 압전체의 특성을 해석하게 된다. 그에 따른 압전e상수와 stiffness상수c는 다음과 같으며 밀도는 7600[kg/m<sup>3</sup>]이며 damping계수는 0.01로 하였다<sup>[2]</sup>.

$$\begin{aligned} T &= c^E S - e E \\ D &= e S + \epsilon^E E \end{aligned} \quad (2.1)$$

Piezoelectric Matrix e[C/m<sup>2</sup>]

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -6.1 & -6.1 & 15.7 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Stiffness Matrix c<sup>E</sup>[×10<sup>-10</sup>N/m<sup>2</sup>]

$$\begin{bmatrix} 12.8 & & & & & \\ 6.8 & 12.8 & & & & \\ 6.6 & 6.6 & 11.0 & & & \\ 0 & 0 & 0 & 2.1 & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.1 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.1 \end{bmatrix}$$

Dielectric Matrix [ε]

$$\begin{bmatrix} 8.7962 & 0 & 0 \\ 0 & 8.7962 & 0 \\ 0 & 0 & 8.7962 \end{bmatrix}$$

이러한 물성치를 바탕으로 압전변압기를 구성하여 harmonic해석을 수행하였다. 내부에 40[V]의 교류전압을 인가하여 압전변압기의 강압특성을 살펴본 후 동일한 방법으로 외부에 40[V]의 교류전압을 인가하여 승압특성을 비교하여 보았다. 이때의 압전변압기의 변형형태를 그림 2.1과 같으며 입력부에 사인파의 전압이 인가될 때 변압기는 경방향으로 수축과 팽창을 반복하는 진동모드를 나타내었다.

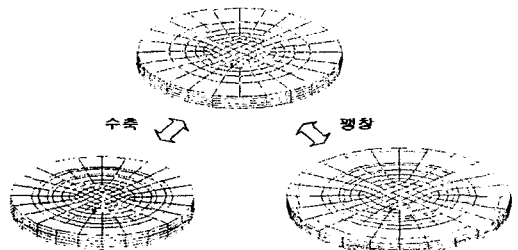


그림 2.2 압전변압기의 진동.

### 3. 결과 및 고찰

Model 1의 압전변압기의 내측에 40[V]의 전압을 인가하였을 때 92.5 [kHz]에서의 진계분포를 그림 2.3에 나타내었다. 입력부의 전압에 의한 경방향 진동이 출력부의 두께방향으로의 전압차로 변화된 것을 알 수 있었다.

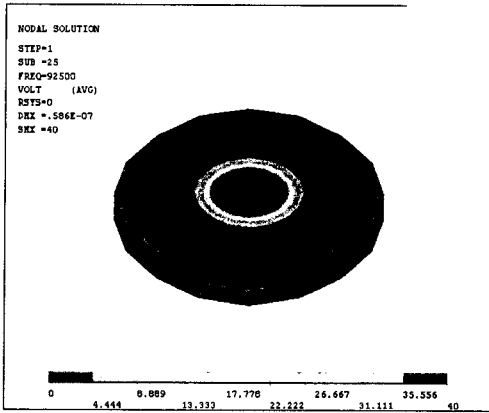
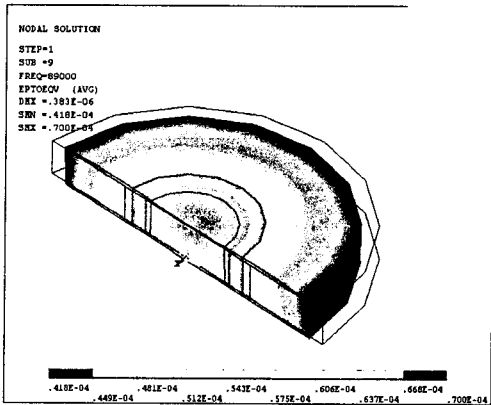
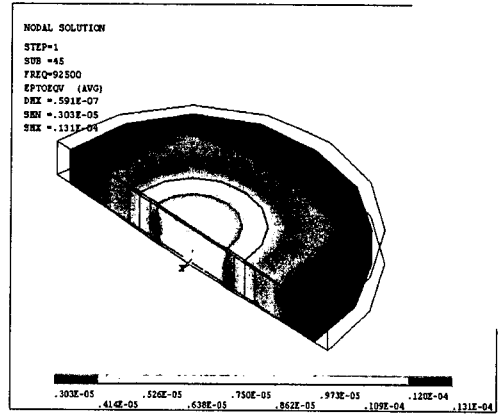


그림 2.3 압전변압기의 진계분포(model 1).

Model 1의 공진주파수에서의 elastic strain의 분포의 단면을 그림 2.4에 나타내었다. 이때의 최대 등가 strain값은 내측에 전압인가 시  $1.31e-5$ , 외측에 전압인가 시  $7e-5$ 를 나타내었으며 두 경우 모두 절연층에 strain이 집중됨을 알 수 있었다.



(a)Step up



(b)Step down

그림 2.4 공진주파수에서의 strain분포(model 1).

내측에 40[V]의 입력전압을 가하였을 때 외측에서의 출력전압을 그림 2.5에 나타내었다. 내측 전극의 면적이 늘어날수록 공진주파수는 점차 감소하였으며 출력전압은 점차 증가하다가 a가 전체 지름의 8/13이 되는 지점에서 다시 감소하였다. 모든 모델에서 강압특성을 나타내었다.

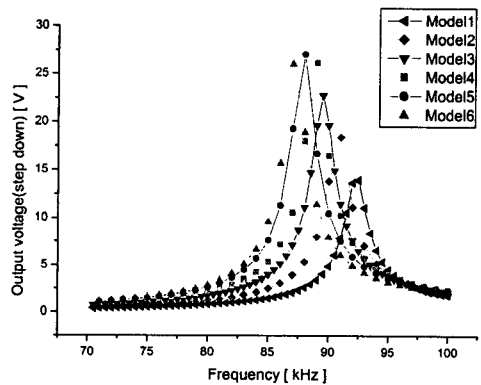


그림 2.5 내측전극을 입력으로 하였을 때의 주파수의 변화에 따른 각각의 모델의 출력전압.

외측 전극에 40[V]의 전압을 가하였을 때 출력전압을 그림 2.6에 나타내었다. 내측 전극의 지름이 증가할수록 출력전압이 점차 감소하였으며 공진주파수는 점차 증가 하였다. 모든 모델에서 승압특성을 나타내었다.

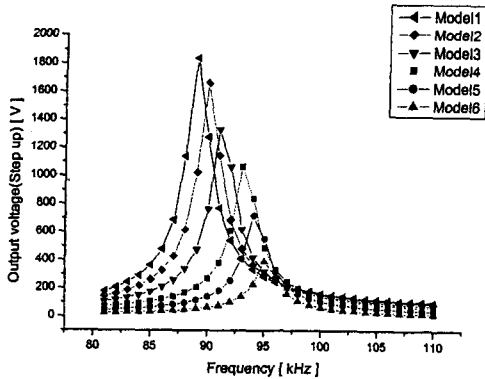


그림 2.6 외측전극을 입력으로 하였을 때의 주파수의 변화에 따른 각각의 모델의 출력전압.

전극의 변화에 따른 변압기의 공진주파수의 변화를 그림 2.7에 나타내었다. 내측전극의 지름이 11[mm]부근에서 승압 시와 강압 시의 주파수가 일치함을 볼 수 있다.

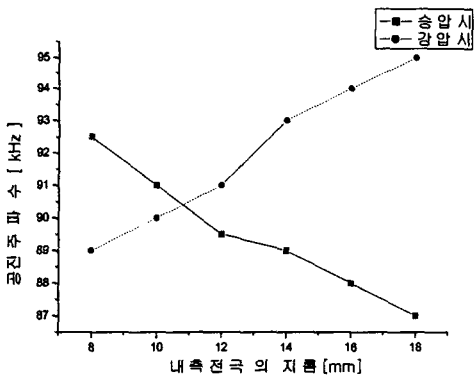


그림 2.7 내측전극의 지름의 변화에 따른 공진주파수.

#### 4. 결론

Ring-dot형의 압전변압기를 적층화하여 내부 전극의 면적에 따른 출력특성을 해석하였을 때 그 특성은 다음과 같다.

적층화한 ring-dot형의 압전변압기에 전압을 인가하였을 때 스트레인이 전극의 경계에서 가장 크게 분포하였으므로 타 형태의 압전변압기에 비해 입출력층의 접촉면적이 넓은 ring-dot형의 압전변압기가 stress에 더 큰 내구력을 지님을 예상할 수

있다.

Ring-dot형의 압전변압기를 적층화 하였을 때 전압 인가 위치의 변화에 의해 승압형과 강압형을 모두 얻을 수 있었다.

내측에 전압을 인가하였을 때 공진 주파수와 강압비는 내측의 전극면적이 증가함에 따라 점차 감소하였다.

외측에 전압을 인가하였을 때 승압비는 내측의 전극의 면적이 증가함에 따라 점차 감소하였으며 공진 주파수는 점차 증가하였다.

입력측과 출력측의 전극의 경계점(a/전체전극의 지름)이 약 0.4인 지점에서 공진주파수가 일치함을 알 수 있었다.

이러한 특성에 바탕으로 ring-dot형의 압전변압기를 설계하였을 때 내부전극의 면적이 증가할수록 승압비와 강압비는 증가하였으나 압전변압기의 특성은 공진주파수의 변화에 따른 영향을 미치지므로 내측전극의 지름이 전체지름의 0.4정도인 지점으로 구성된 ring-dot형 압전변압기가 두 특성을 모두 지닌 변압기로서의 사용에 적합함을 알 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] S.Ueha, "Ultrasonic Motors Theory and Applications", Oxford, 1993, pp.36~37.
- [2] ANSYS 7.0 Verification manual, VM176.
- [3] 이원재, 민복기, 송재성, 정현호, 박대근, "경방향 확장진동모드를 이용한 강압용 압전변압기의 특성에 관한 연구", 한국전기전자재료학회학술대회 논문집, p. 638, 2002.
- [4] 當川義朗, "超音波エレクトロニクス振動論", 朝倉書店, pp.122-130, 1997