

## 압전특성이 강압용 적층 압전변압기의 출력특성에 미치는 영향

김국진, 류주현, 백동수\*, 윤현상\*\*

세명대학교, \* (주)이투에스, \*\*경문대

### The Effect of Piezoelectric Properties on the Output Properties of Step-down Multilayer Piezoelectric Transformer

Kook-Jin Kim, Ju-Hyun Yoo, \*Dong-Soo Paik, \*\*Hyun-Sang Yoon

Semyung Univ., \*E2S, \*\*Kyungmoon coll.

**Abstract :** Multilayer step down piezoelectric transformers were manufactured using PZN-PMN-PZT and PMN-PNN-PZT ceramics, respectively. Sintering temperature of the ceramics was 940°C. And then, their electrical properties were investigated according to the variations of frequency and load resistance. The voltage step-up ratio of multilayer piezoelectric transformer showed the maximum values in the vicinity of 69 and 71kHz, respectively. At the load resistance of 100Ω, the piezoelectric transformers showed the temperature rises of about 21 and 18°C at the output power of 15W and 18W, respectively. At the transformer with high effective electromechanical coupling factor( $k_{eff}$ ), lower temperature increase was appeared.

**Key Words :** Multilayer piezoelectric transformer, Low temperature sintering, Tape casting

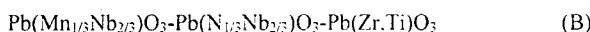
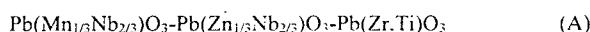
#### 1. 서 론

최근 TFT-LCD backlight 구동용 인버터에 압전변압기가 적용됨에 따라, 이에 응용할 수 있는 조성 개발과 특성 평가 방법등에 대한 연구가 적극적으로 이루어지고 있다. 특히, 압전변압기는 응용분야에 있어서 IT 산업의 한 축으로 크게 성장하고 있는 LCD display, DC-DC converter, AC-DC converter등과 같이 그 범위가 상당히 넓어지고 있다. 압전변압기는 권선형 변압기에 비하여 많은 장점을 가지고 있다. 장점을 열거하여 보면, 누설자속이 없어 노이즈 발생이 없고, 공진주파수만을 이용하므로 출력의 파형이 정현파에 가까워 고조파 잡음이 없으며, 불연성의 특징을 가지고 있다.[1] 특히 소형화, 슬림화, 경량화가 가능하고 90%이상의 높은 효율을 얻을 수 있다. 또한, 압전변압기에 대한 최근 연구는 단판형 압전변압기의 출력한계를 개선하기 위해 높은 승압비와 고출력을 갖는 적층 압전변압기가 제작되었다. 하지만, 적층 압전변압기 제작시 그 구조적 특성상 내부전극과 함께 소결하여야 하는데, 이때 소결온도가 높으면 값비싼 Pd함량이 많은 전극을 사용하여야 한다. 따라서 Pd함량이 적은 Ag/Pd(9:1)이하의 전극을 사용하기 위해서는 950°C이하에서 저온소결이 가능한 조성개발이 필수적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 서로 다른 압전특성을 가진 저온소결 적층 압전변압기를 제작하여 이에 대한 전기적 특성을 조사하였다.

#### 2. 실 험

##### 2.1 시편의 제조 및 특성측정

본 실험에서는 다음과 같은 두가지 조성식을 사용하여 적층 압전변압기를 제작하였다.



조성에 따른 시료의 정확한 올비를  $10^{-4}$ 까지 평량하였고,

아세톤을 분산매로 볼밀을 24시간동안 혼합 분쇄하였으며, 건조후 850°C에서 2시간 하소하였다. 하소 후  $\text{Li}_2\text{CO}_3-\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{CuO}$ 를 첨가하여 24시간동안 재혼합 분쇄후, 파우더와 PVB의 비율을 72:28로 하여 혼합하여 Doctor Blade 법으로 Tape Casting을 하여  $70\mu\text{m}$ 로 시트를 뽑아냈다. 시트를 쌓아 70°C에서 300[kgf/cm<sup>2</sup>]의 압력으로 일축성형 한 후 340°C에서 3시간동안 Burn Out 과정을 거치고, 940°C에서 1시간동안 소결하였다. 소결을 마친 시편의 두께를 각각 2.2mm, 2.5mm로 연마하여 전극을 발라 600°C에서 10분간 열처리하였다. 전극이 형성된 시편을 120°C실리콘유속에서 20[kV/cm]로 분극하였다. 24시간이 지난후에 공진 및 반공진법에 따라 유전 및 압전특성을 측정하였고, 적층 압전변압기의 전기적 특성을 측정하기 위해 입력전압에 따른 출력전압 및 출력전력은 Power Amp.(Trek50/750), Function generator (HP33120A) 및 오실로스코프(Tektronix TDS3054)를 이용하여 측정하였고, 출력전력을 따른 온도상승은 접촉식 온도계로 측정하였다.[2]

##### 2.2 적층 압전변압기의 제작

적층 압전변압기의 구조와 모양을 그림 1에 나타내었다. 적층 압전변압기의 크기는 A-type은  $27\times 27\times 2.2\text{mm}$ , B-type은  $27\times 27\times 2.5\text{mm}$ 로 제작하였다. 여기서, Dot size는 17Φ로 하였다. 적층 압전변압기는 입력측이 직렬로 되어 있기 때문에 입력 임피던스가 크고, 출력측은 병렬로 되어 정전용량이 크게 되므로 출력 임피던스가 작고 출력전류를 크게 할 수 있는 구조이며, 강압 되도록 설계하였다.[3]

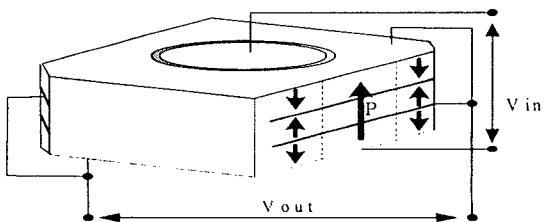


그림 1. 적층 압전변압기 구조

### 3. 결과 및 고찰

표 1. 시편의 압전특성

Type	Sintering Temp[°C]	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Dielectric constant[ $\epsilon_r$ ]	$k_p$	$Q_m$	$d_{33}[\text{pC/N}]$
A	940	7.74	1386	0.51	1917	308
B	940	7.89	1423	0.59	1384	359

표 1은 적층 압전변압기로 제작하려는 시편의 압전특성을 나타낸 것이다. 940°C의 같은 소결온도에서 기계적 품질계수  $Q_m$ 을 제외한 모든 시편의 압전특성이 B-type에서 더 높은 특성을 나타내었다.

그림 2는 적층 압전변압기의 임피던스 특성곡선을 나타낸 것이다. 각 시편의 입·출력의 유효 전기기계결합계수  $k_{eff}$ 가 A-type은 0.35, 0.26이며, B-type은 0.42, 0.29로써 B-type이 보다 우수한 압전특성을 나타내었다.

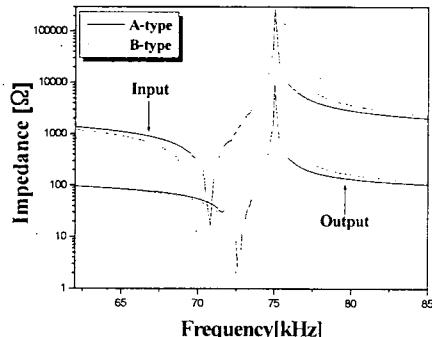


그림 2. 적층 압전변압기의 임피던스 특성

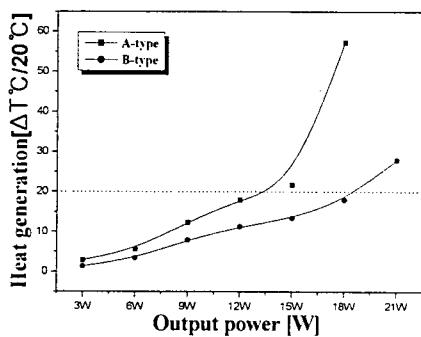


그림 3. 출력전력에 따른 온도상승

그림 3은 공진저항부근인 100Ω의 저항에 각 출력전력에서 20분간 구동후의 온도상승을 나타낸 것이다. B-type의 압전변압기가 같은 출력전력에서 보다 낮은 온도상승을 나타내었으며 더 높은 출력에서도 낮은 온도상승을 나타내었다. 이는 압전변압기의 출력전력은 진동속도,  $k_{eff}$ , 유효기계적 품질계수  $Q_m'$ 에 비례하기 때문에 이 값이 크면 클수록 출력전력은 상승하게 된다. 그러나 온도상승이 문

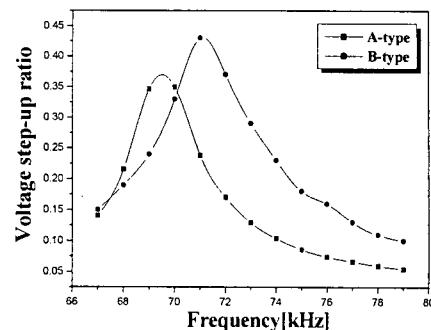


그림 4. 주파수에 따른 승압비

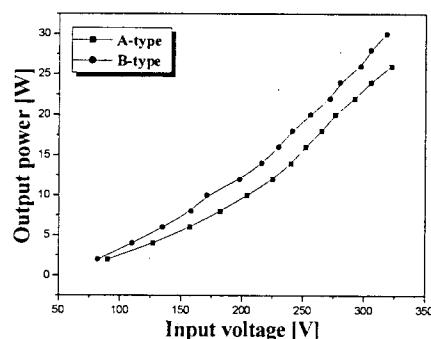


그림 5. 입력전압에 따른 출력전력

제 인데, 온도상승은  $Q_m'$ 가 크면 클수록 작게된다. 그러나, 진동을 크게하여 출력전력을 키우기 위해서는  $k_{eff}$ 를 크게 하여야 한다. 압전변압기의 허용 발열량을 20°C 이내의 범위로 볼 때, A-type은 15W, B-type은 18W까지 장시간 구동하여도 안정적인 구동이 가능할 것으로 판단된다. 그림 4는 적층 압전변압기의 출력전력을 3W로 일정하게 유지하고, 공진저항 부근인 100Ω의 부하저항에서 주파수의 변화에 따른 승압비를 나타낸 것이다. 상대적으로 출력전력이 높은 변압기에서 더 높은 주파수인 71kHz에서 0.43배의 높은 승압비를 나타내었다.

그림 5는 적층 압전변압기의 공진주파수로 판단되는 73kHz에서 입력전압과 부하저항에 따른 출력전력을 나타낸 것이다. 인가된 입력전압에 따른 출력특성은 인가전압이 높아질수록 출력전력도 높아졌으며, B-type의 변압기에서 출력전력이 높게 나왔다.

표 2와 표 3에는 적층 압전변압기의 압전특성과 구동특성을 각각 나타내었다.

표 2. 적층 압전변압기의 압전특성

Type	F <sub>r</sub> [kHz]	F <sub>a</sub> [kHz]	C[nF]	$k_{eff}$	$Z_{out}$	$Q_m'$
A	Input	70.75	75.1	1.32	0.35	- 1110
	Output	72.75	75.15	22.3	0.26	101 1048
B	Input	70.45	76.30	1.33	0.42	- 972
	Output	73.1	76.25	21.6	0.29	104 989

표 3. 적층 압전변압기의 구동특성

Type	F <sub>d</sub> [kHz]	V <sub>in</sub> [V]	V <sub>out</sub> [V]	I <sub>in</sub> [mA]	I <sub>out</sub> [mA]	P <sub>in</sub> [W]	P <sub>out</sub> [W]	η[%]	ΔT[°C]
A	73	251	39.46	64.55	380	15.32	15	97.9	21.7
B	73.3	242	42.78	75.9	422.9	18.37	18	98	18

#### 4. 결 론

본 연구에서는 압전특성이 다른 종류의 적층 압전변압기 를 Tape-casting방법으로 제작하여 전기적인 특성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 적층 압전변압기의 임피던스 특성곡선의 공진 및 반공진주파수의 차인  $\Delta f$ 가 B-type에서 컸다.
2. 공진저항부근인 100Ω에서 주파수에 따른 승압비를 측정한 결과 출력전력에 따른 온도상승이 작은 변압기인 B-type이 0.43으로 A-type의 0.35보다 높게 나왔다.
3. 100Ω의 부하저항에서 출력전력에 따른 온도상승을 측정한 결과 B-type의 변압기에서 더 낮은 온도상승폭을 나타내었으며, B-type의 변압기에서 18W 까지 20°C 미만의 온도상승을 보였다.
4. 입력전압에 따른 출력전력을 측정한 결과 입력전압이 증가할수록 출력전력이 증가하였으며, B-type의 변압기가 같은 입력전압에서도 더 높은 출력전력을 나타내었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2004년도 전력산업연구개발사업 (과제번호: R-2004-0-114)의 연구비로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] 황상모, 류주현, 황락훈, 김주래, 흥재일, 박창엽, 김종선 “압전 트랜스포머를 이용한 T5(28W)형광등 안정기 회로의 전기적특성”, 전기전자재료학회논문지, Vol.14, No.9, p736, 2001
- [2] 윤광희, 오동언, 류주현, 윤현상 “Adaptor용 압전트랜스포머조성 Pb(Sb<sub>1/2</sub>Nb<sub>1/2</sub>)O<sub>3</sub>-Pb(Ni<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub>-Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub> 세라믹스의 전기적 특성”, 전기전자재료학회논문지, Vol.15, No. 6, p.499, 2002
- [3] 이장배, “AC-DC converter용 고효율 강압형 적층 압전변압기의 전기적 특성에 관한 연구”, 세명대학교 석사논문, 2006