

## λ 진동모드형 압전 변압기의 특성 The Characteristics of λ Vibration-Mode Type Piezoelectric Transformer

정수현\*, 이종섭, 홍종국, 박철현, 이강원, 임기조  
S. H. Jeong\*, J. S. Lee, J. K. Hong, C. H. Park, K. W. Lee, K. J. Lim

충북대학교 전기공학과, \*대원공과대학 전기과  
Dept. of Electrical Eng., Chungbuk Nat'l Univ.  
Dept. of Electrical Eng., Daewon Tech. College

### Abstracts

In this paper, the electrical characteristics of λ vibration-mode piezoelectric transformer for applying to CCFL driving inverter was investigated. Piezoelectric transformer was made of PZT - PMN - 0.5wt% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> composition.

As a results of the electrical characteristics of piezoelectric transformer, when applied voltage was 35[V<sub>rms</sub>] in 100[kΩ] load resistance, output voltage was about 510[V<sub>rms</sub>] and output power was more than 2[W]. As output power increased, step-up ratio and temperature was very stable until output power was 2.5[W]. Also, Efficiency was maximum in 70[kΩ] load resistance, and about 89[%].

Also, when piezoelectric transformer was continuously driven for 10[hrs], output voltage and temperature change ratio was less than 10[%], and very stable.

Conclusively, piezoelectric transformer fabricated in this paper can be applied to piezoelectric inverter for CCFL driving.

### 1. 서 론

최근, 각종 정보통신 시스템은 소형화, 박형화, 경량화가 강하게 요구되고 있다. 정보통신기기에 는 안정적인 전력을 공급할 수 있는 전력변환회로가 필수적이나 회로 구성에서 전통적으로 사용해 왔던 인덕터, 자기 변압기 등이 소형화, 박형화, 경량화에 걸림돌이 되고 있다. 즉, 전자식 변압기의 경우, 요구되는 전압 증폭비(권선비)를 확보하면서 소형화하는 권선, 자심(magnetic core) 등에 의해서 제한을 받는다. 이러한 문제점의 해결책으로 최근 압전 변압기가 주목받고 있다[1, 2].

압전 변압기는 압전 세라믹을 이용하여 입력(1차)측에 전기신호를 가하면 압전 세라믹에 기계적 진동이 생기고 이 진동이 출력(2차)측에 전달되어 다시 전기신호로 변환 출력되는 원리의 소자이다. 따라서 전통적인 전자식 변압기에 비하여 권선이 불필요하므로 구조가 간단하고 소형화, 박형화, 경량화가 가능하다. 또한 표피효과가 없어서 고주파화에 유리하고, 1, 2차측간의 전기절연을 고려할 필요가 없으며, 전자 노이즈를 발생시키지 않고, 불연성이며, ferrite 변압기에 비하여 고주파수에서 고효율화가 가능한 장점을 가지고 있다[3].

따라서, 본 연구에서는 구조가 제일 단순한 λ

진동모드형 압전 변압기를 PZT-PMN + 0.5wt% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 조성으로 제작하여 전기적 특성을 측정하였다. 또한, 고출력 압전 디바이스의 응용 중 가장 큰 문제로 지적되는 경시변화와 열 발생에 대한 특성을 측정하기 위해 10시간동안 실시간으로 연속 구동하여 열 발생과 경시변화를 측정하였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 본 논문에서 제작된 압전 변압기를 이용한 CCFL 구동용 압전 인버터로의 응용을 검토하였다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 시편 제작

λ 진동모드형 압전 변압기를 제작하기 위해 0.51PZ-0.44PT-0.05PMN - 0.5wt%Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 조성을 사용하였다. 원료들은 24시간동안 불밀을 이용하여 혼합·분쇄하였고 750[°C]에서 2시간동안 하소하였다. 하소한 파우더는 다시 48시간동안 혼합·분쇄한 다음 직사각형의 몰드에 넣고 CIP(Cold Isostatic Press)를 이용하여 성형하였다. 소결은 1150[°C]에서 2시간동안 행하였다. 제작된 시편은 diamond saw와 양면 연마기를 이용하여 48×7×1[L×W×t, mm<sup>3</sup>]의 치수로 가공하였다. 전극은 페이스트를 실크스크린으로 부착하였고 590[°C]에서 30분동안 소부하였다. 제 1 전극은 두께

방향으로 제 2 전극은 길이방향으로 120[°C] 실리콘 오일 중에서 2[kV/mm]의 전계로 분극을 행하였다.

그림 1은  $\lambda$  진동모드형 압전 변압기의 구조, 변위, 스트레스 분포를 보인다. 그림에서 화살표는 분극 방향을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이,  $\lambda$  진동모드형 압전 변압기는 2개의 nodal line을 가지고 있으므로 모든 측정시 각각의 nodal line을 지지하였다.

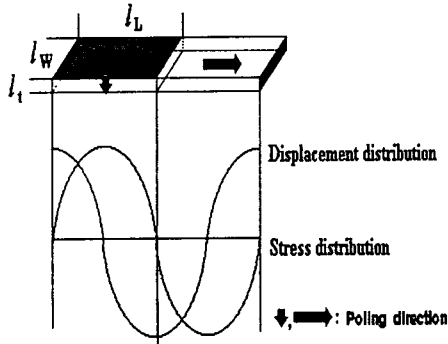


그림 1.  $\lambda$  진동모드형 압전 변압기의 구조와 변위 및 스트레스 분포

## 2.2 압전 변압기의 특성 측정

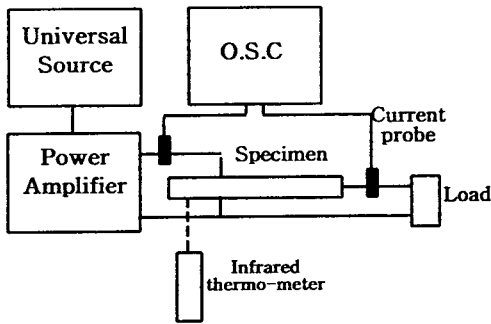


그림 2. 측정 시스템

그림 2는 압전 변압기의 입·출력 특성을 측정하기 위한 측정 시스템을 보인다. 압전 변압기는 신호 발생기(HP 3245)와 전력 증폭기(NF 4015)를 이용하여 구동하였고 주파수와 전압 가변은 신호 발생기로 하였다. 압전 변압기의 부하는 저항성 부하를 이용하였다. 또한, 입력, 출력을 계산하기 위해 1000:1 전압 프로브(A6015)와 전류 프로브(P6022)를 이용하여 측정하였다. 또한, 고출력 압전 디바이스의 응용상 가장 큰 문제점으로 되는 열 발생을 측정하기 위해 압전 변압기 자체의 온도를 비접촉식 온도계(INF 200)로 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 3은 입력 전압에 따른 출력 전압의 변화를 보이고 있다. 이 때, 부하 저항은 100[k $\Omega$ ]이었다. 그림에서 알 수 있듯이, 입력 전압이 증가함에 따라 출력 전압은 거의 선형적으로 증가하여 입력 전압이 약 45[V<sub>rms</sub>]일 때 출력 전압은 약 840[V<sub>rms</sub>]이었다. 그러나, 입력 전압이 45[V<sub>rms</sub>] 이상에서 출력 전압은 포화하는 경향을 보였다. 이와 같은 이유는 인가 전압이 증가함에 따라 진동 속도가 높아지고 이에 따라 기계적 손실에 의한 진동 손실 에너지가 증가하게 되어 출력 전압이 포화되는 경향이 나타나는 것으로 생각된다[4, 5].

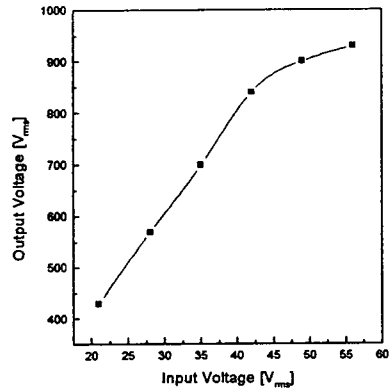


그림 3 입력 전압에 따른 출력 전압

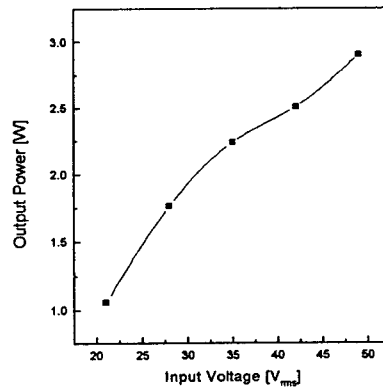


그림 4 입력 전압에 따른 출력

그림 4는 입력 전압에 따른 출력 특성을 나타낸다. 이 때 부하 저항은 100[k $\Omega$ ]이었고 인가 주파수는 공진 주파수이었다. 입력 전압이 증가함에 따라 출력은 거의 선형적으로 증가하였다. 입력 전압이 약 45[V<sub>rms</sub>]일 때 출력이 약 2.5[W]정도이었고 입력 전압이 50[V<sub>rms</sub>]일 때는 약 3[W]정도이었다.

그림 5와 6은 부하저항에 따른 출력 전압과 효율의 관계를 나타낸다. 이 때, 입력 전압은 15 [V<sub>rms</sub>]이었다. 그림에서 알 수 있듯이, 부하저항이 증가함에 따라 출력 전압은 거의 선형적으로 증가하였다. 부하 저항에 따른 효율은 70[k $\Omega$ ]까지 증가하여 70[k $\Omega$ ]에서 최대 피크를 보이고 다시 감소하는 수하 특성을 보이고 있다. 이 때, 효율은 약 89[%]정도이었다. CCFL의 점등시 부하 임피던스가 약 100[k $\Omega$ ][6]인 것을 고려하면 본 연구에서 제작한 압전 변압기는 CCFL 구동용 압전 인버터로 충분히 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

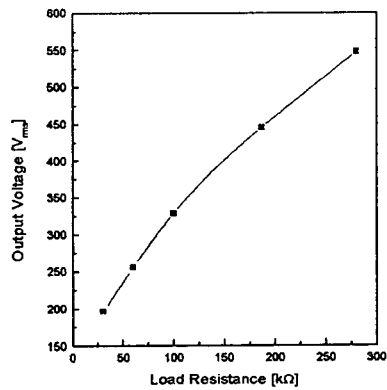


그림 5. 부하 저항에 따른 출력 전압

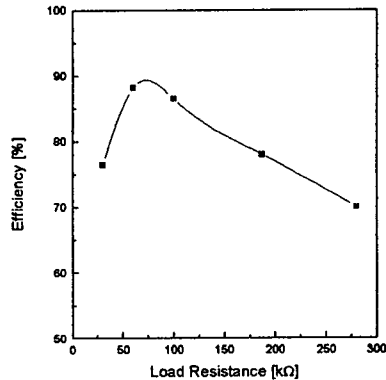


그림 6. 부하 저항에 따른 효율

그림 7은 부하 저항이 각각 100[k $\Omega$ ]일 때 출력에 따른 승압비의 관계를 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 출력이 증가할수록 승압비는 거의 변화없이 일정하게 유지되었으나, 출력이 2[W]이상으로 증가함에 따라 승압비는 감소하는 경향을 나타내었다. 출력이 증가함에 따라 승압비가 감소하는 것은 출력이 증가함에 따라 진동 손실 에너지도 증가하기 때문으로 생각된다.

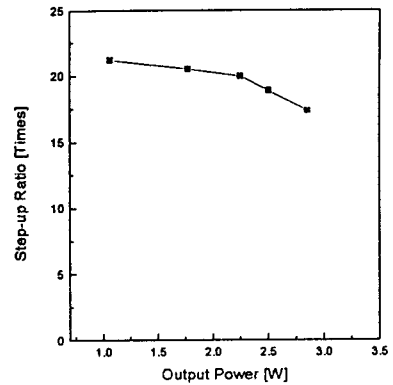


그림 7. 출력에 따른 승압비

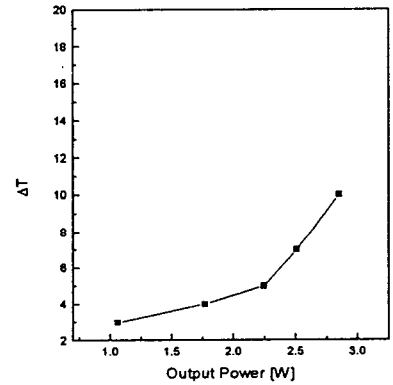


그림 8. 출력에 따른 온도 상승

그림 8은 부하 저항이 100[k $\Omega$ ]일 때 출력에 따른 압전 세라믹의 온도 상승을 나타낸 그림이다. 압전 세라믹의 온도는 적외선 온도계를 이용하여 각각 5회씩 측정하여 평균을 구하여 측정하였다. 온도 상승 또한 출력에 따른 승압비와 같이 2[W]까지는 거의 일정하다가 3[W]이상에서 갑자기 증가하여  $\Delta T$ 가 약 8 - 10[ $^{\circ}$ C]까지 증가하였다.

그림 9는 출력을 2[W], 부하 저항을 100[k $\Omega$ ]으로 고정한 후 실시간으로 10시간 연속 구동하였을 때 구동 시간에 따른 온도 상승과 출력 전압의 변화를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 출력 전압과 온도 상승은 거의 변화가 없었다. CCFL 구동용 압전 인버터로 응용하기 위해서는 CCFL의 수명을 고려하여 10,000시간 연속 구동하여 신뢰성 평가에 대한 연구를 더욱 진행하여야 할 것으로 생각되지만 10,000시간을 연속적으로 구동한다는 것은 매우 어려우므로 신뢰성 있는 가속 열화 시험에 대한 연구 및 기준에 대한 연구도 진행하여야 할 것으로 생각된다.

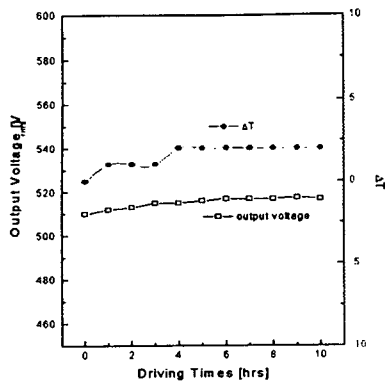


그림 9. 구동 시간에 따른 출력 전압과 온도 상승

#### 4. 결 론

본 논문에서는 압전 변압기를 CCFL 구동용 인버터로 응용하기 위해 PZT - PMN - 0.5wt% Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 조성을 이용하여 전기적 특성에 대해 연구하였다.

압전 변압기의 전기적 특성 측정에 대한 결과로 부하 저항이 100[k $\Omega$ ]일 때, 인가 전압이 약 45[V<sub>rms</sub>]에서 출력 전압이 840[V<sub>rms</sub>]정도이었다. 이 때, 출력은 2[W]이상이었다. 출력이 증가함에 따라 승압비와 온도는 약 2[W]까지는 변화가 거의 없이 안정적이었다. 또한, 효율은 부하 저항이 70[k $\Omega$ ]일 때 최대로 약 89[%]정도이었다.

압전 변압기의 경시 변화에 대한 결과로는 10시간 연속 구동하였을 때 출력 전압과 온도 변화는 거의 10[%] 이내로 안정적이었다.

본 연구의 결과로부터 제작된 압전 변압기는 CCFL 구동용 압전 인버터로 사용 가능할 것으로 생각된다.

#### 감사의 글

본 연구(과제번호 : 981-0904-012-2)는 한국 과학 재단의 지원에 의하여 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

1. Hiroshi Sasaki et al, "Development of High Voltage DC Power Supply Using Piezoelectric Transformer", NEC Technical Journal, Vol. 50, No. 10, pp. 80 - 84, 1997.
2. Fuda Y et al, "Piezoelectric Transformer for Cold Cathode Fluorescent Lamp Inverter", Japan Journal of Applied Physics, Vol. 36, No. 5B, pp.3050 - 3052, 1997.
3. Zaitzu T et al, "Piezoelectric Transformer

Converter with PWM Control", IEICE Transactions on Communications, Vol. E80-B, No. 7, pp. 1035 - 1044, 1997.

4. Kawai H et al, "High Power Transformer Employing Piezoelectric Ceramics", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 35, No. 9B, pp. 5015 - 5017, 1996.

5. H. Fukunaga et al, "Effect of Dimension in Characteristics of Rosen-Type Piezoelectric Transformer", Proc. of the Record of the 29th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, Vol. 2, pp. 1504 - 1510, 1998.

6. Anita M.Flynn et al, "Fundamental Limits on Energy Transfer and Circuit Considerations for Piezoelectric Transformers", Proc. of the Record of the 29th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, Vol. 2, pp. 1463 - 1471, 1998.