

PMS-PZT를 이용한 압전 변압기의 하이파워 시 출력 특성

김동수, 김영덕, 김광일, 손준호*, 남효덕*
포항산업과학연구원, 에스테크*, 영남대학교 전자정보 공학과*

Output Characteristics of the PMS-PZT Piezoelectric Transformer Driving High Power Amplifier

Dong-Soo Kim, Young-Deog Kim, Kwang-Il Kim, Joon-Ho Sohn*, Hyo-Duk Nam**
RIST, S Tech., Yeung Nam Univ**.

Abstract

Voltage step-down characteristics of Ring/Dot type piezoelectric transformer were examined with increasing input voltage from 10 V_{pp} to 140V_{pp}. Then the output load resistance was fixed to 125 Ω. The voltage gain showed constant value till the input voltage of 70 V_{pp}. And then it linearly decreased till the input voltage of 140 V_{pp}. The output voltage of fabricated piezoelectric transformer increased with increasing input voltage. And driving frequencies when the output voltage was maximum value were changed according to input voltage. Frequency shifts and temperature rise of fabricated sample showed 2 kHz, 13 °C, respectively when input voltage was changed from 10 V_{pp} to 140 V_{pp}. Because of the temperature rise of fabricated piezoelectric transformer, the step-down characteristics of it was deteriorated above the input voltage of 70 V_{pp}.

Key Words : Piezoelectric transformer, step-down transformer, ring/dot type

1. 서 론

압전 변압기는 하나의 압전소자에 입력부와 출력부가 구성되어 있고, 이들은 전기적으로 절연되어 있으나 역학적으로는 서로 연결되어 있는 상태이다. 입력부에 인가된 전기에너지가 압전 역효과에 의해 역학적인 진동으로 나타나고, 이러한 역학적 진동이 출력부에서 압전 정효과에 의해 전기적인 에너지로 변환되는 것이 압전 변압기의 기본 동작 원리이다. 압전형 변압기는 권선형 변압기에 비해 에너지밀도가 높기 때문에 작게 만들 수 있고, 세라믹이므로 불에 타지 않으며, 전자기장에 의한 노이즈가 없는 장점을 갖고 있어, LCD(liquid crystal display)의 back-light unit와 FPD(flat panel display) 등에 고전압 발생용으로 압전 변압기가 응용되고 있다.

최근 들어 전자기기 들이 휴대형으로 발전함에 따라 전원부의 무게와 크기를 줄이는 데 감압용 압

전 변압기를 적용하기 위해 많은 연구개발이 진행되고 있다.[1] 감압 압전 변압기는 단순히 Rosen 구조 승압용 압전 변압기의 입, 출력을 바꾸는 것으로 만들 수 있지만 구동전계가 낮아 충분한 감압효율을 얻을 수 없으므로 새로운 구조에 대한 연구가 필요하다. 최근 입, 출력부의 크기가 일정한 변형 ring/dot 형 전극구조를 가진 압전 변압기에 입력전압 20 V_{pp}을 가하였을 때 2 W의 출력전력과 94 %의 효율을 갖는 것으로 보고 되었다.[2]

그러나, 감압용 압전 변압기를 AC-DC 어답터에 적용하고자 한다면 입력전압이 거의 대부분가 정용 전원이므로 보다 높은 전압에서 특성을 연구할 필요가 있다. 이런 높은 전압에서 압전 변압기는 대진폭으로 구동 되므로 압전 재료의 기계적 품질계수가 낮아지고, 발열을 수반하게 되어 변환효율이 떨어지는 문제점이 발생한다.[3]

본 연구에서는 압전 변압기의 대진폭 구동 시 특성을 파악하기 위하여, 구조가 비교적 간단한 변형 ring/dot type의 감압용 압전 변압기를 제조하

고, 입력 전압 값을 10 V_{pp}에서 140 V_{pp}까지 10V_{pp} 간격으로 인가하면서 출력전압, 압전 변압기의 온도 및 출력 신호에 대한 주파수 스펙트럼을 조사하였다. 압전진동자의 압전전하상수 d와 기계적품질계수 Q_m의 곱이 진동속도에 비례하므로[4] 이 값이 상용 PZT-4 재료에 비하여 약 17 %정도 큰 값을 갖는 Pb[(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}Zr_{0.475}Ti_{0.475}]O₃을 출발 재료로 선택하였다.

2. 실험방법 및 측정

2.1 시편 제조

대진폭 구동특성이 상용재료인 PZT-4에 비하여 우수한 재료인 Pb[(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}Zr_{0.475}Ti_{0.475}]O₃을 기본 조성으로 사용하여, 직경 28 mm, 두께 2 mm의 세라믹 소결체를 제조하였다. 전극 형상은 그림 1과 같고, 전극재료는 dupont #7095 은 전극이며, 실크 스크린을 이용하여 도포한 후 열처리 하였다.

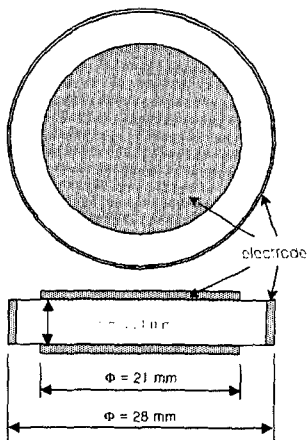


그림 1. 감압용 압전 변압기의 모식도.
Fig. 1. Schematic diagram of step-down piezoelectric transformer.

입력부와 출력부의 전극구조는 그림에 나타낸 것처럼 압전 변압기의 상·하면이 서로 대칭을 이루고 있는 변형 ring/dot type(변형 Rosen type)이다. 출력부는 압전 변압기의 중심에 있으며 전극면적은 일정하다. 분극은 상하 출력부를 단락시킨 상태에서 시편의 반경 방향으로 2.5 kV/mm의 직류전계를 20분 동안 인가하여 1차 분극처리한 후 같은

조건으로 두께 방향으로 2차 분극 하였다. 이때 온도는 150 °C로 하였다.

2.2 특성 측정

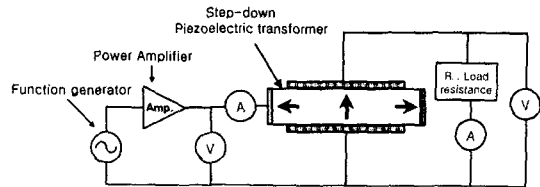


그림 2. 감압용 압전 변압기의 측정회로.
Fig. 2. Circuit for the characterization of step-down piezoelectric transformer.

압전 변압기의 전기적 출력 특성은 그림 2와 같이 회로를 구성하여 측정하였다. 3 단자방 압전 변압기의 입력신호는 WAVETEK 295 신호발생기의 출력신호를 HSA 4052 High speed Bipolar Amplifier를 이용하여 증폭시켜 사용하였고, 이때 증폭전압은 10 V_{pp}에서 140 V_{pp}까지 10 V_{pp} 간격이었다. 압전 변압기의 출력전압과 전류는 오실로스코프(Tektronix, TDS 3054B)를 이용하여 측정하였다. 이때 부하는 125 Ω의 무유도성 저항을 출력단에 병렬로 연결하여 각각의 입력 전압에 대하여 최대 출력 전압을 나타내는 주파수를 중심주파수로 하여 HP 8595E spectrum analyzer로 주파수에 따른 출력신호의 스펙트럼을 측정하고, 비접촉 방식의 적외선 온도계를 이용하여 각 입력전압에 대하여 압전 변압기의 온도 변화를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 압전 변압기 재료의 기본 물성

압전 변압기 재료의 기본물성을 표 1에 나타내었고, 유전특성과 압전특성은 저 전력을 가하여 상온에서 측정된 값이다. 비 유전상수는 1300, 유전손실은 0.002, 압전 변압기의 정전용량 값은 입력부가 317 pF, 출력부는 2000 pF이었다. 압전 특성으로는 경방향 진동모드에 대한 전기기계 결합계수 k_p는 0.59였고, 기계적 품질계수 Q_m은 1600이며, 압전 전하상수 d₃₃값과 d₃₁값은 각각 300×10⁻¹² m/V, -140×10⁻¹² m/V이었다. 입·출력부 각각 176

mm², 346 mm²의 전극면적으로 제작되었다.

표 1. 감압용 압전 변압기 재료의 기본물성.

Table 1 Properties of step-down piezoelectric transformer

Properties		Value
Area of electrode	input	mm ² 176
	output	mm ² 346
Capacitance, C	input	pF 317
	output	pF 2000
Bulk density		g/cm ³ 7.7
Dielectric Constant		1300
ϵ_r		
coupling factor		% 59
k_p		
Mechanical quality factor, Q_m		1600

3.2 압전변압기의 감압특성

변형된 ring/dot 구조의 압전 변압기는 ring 전극부에 인가된 교류전원에 의한 기계적 진동이 dot 전극부에서 전기적 출력 신호로 전달되도록 한 것이다. 저 전력에서 입력 신호의 주파수에 따른 출력 전압을 측정하여 선행 연구결과를[2] Fig. 3에 나타내었다. 이때 입력 전압은 20 V_{pp}이고, 부하저항(R_L)은 90 Ω이었다. 임피던스가 가장 낮은 공진주파수는 324 kHz이므로, 이 주파수 부근에서 입력전압의 크기를 변화시키면서 감압용 압전 변압기의 대진폭 구동 특성을 조사하였다.

그림 4는 입력전압을 각각 10, 70, 140 V_{pp}일 때 부하저항을 125 Ω으로 고정하고 출력전압의 주파수 스펙트럼을 측정하여 나타낸 것이다. 입력전압이 변화함에 따라 공진주파수가 변화하는 것을 확인할 수 있었고, 입력전압의 크기가 증가할수록 공진주파수가 더욱 크게 변화함을 알 수 있다.

그림 5에는 입력전압의 크기를 10 V_{pp}에서 140 V_{pp}까지 10 V_{pp}의 간격으로 변화시키면서 부하저항 125 Ω에 대한 출력 전압이 최대가 되는 입력 신호의 주파수와 압전 변압기의 온도를 나타낸 것이다. 입력전압이 증가하면서 공진주파수는 처음 40 V_{pp}까지는 일정한 값을 유지한 후 선형적으로 감소하다가 130 V_{pp} 이후 급격히 감소하는 특성을

나타내었다. 이때 압전 변압기의 온도는 입력 전압

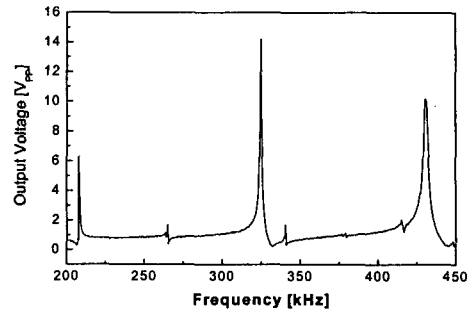


그림 3. 구동 주파수에 따른 압전 감압기의 출력 전압 특성.

Fig. 3. Output voltage of step-down transformer as a function of drive frequency.

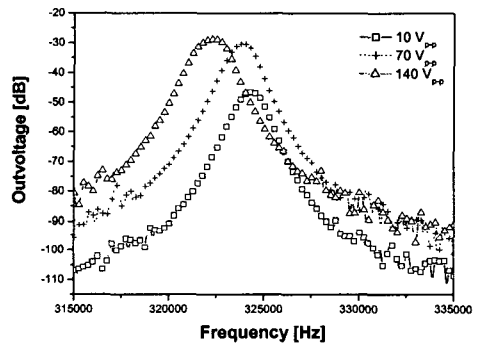
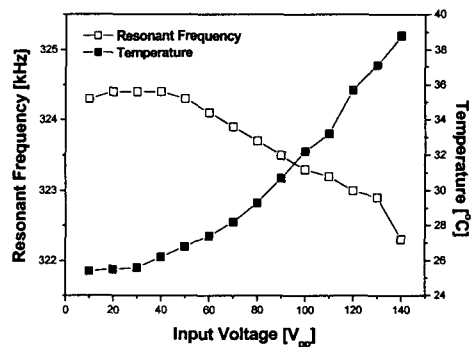


그림 4. 입력 전압의 크기에 따른 출력 전압의 주파수 스펙트럼.

Fig. 4. Frequency spectrum of output voltage



according to input voltage.

그림 5. 입력전압에 따른 공진주파수와 온도변화.

Fig. 5. Resonant frequency and temperature as a

function of input voltage.

값에 따라 증가하는 특성을 보여주었다. 이는 인가 전압이 증가하면서 압전 변압기가 대진폭 구동되어 압전재료가 발열에 의해 유전 및 압전 특성이 변화되면서 나타난 결과[5]로 해석할 수 있다.

그림 6에는 부하저항 125 Ω에서 입력전압 값을 변화시키면서 전압이득의 변화를 나타낸 것이다. 여기서 전압이득은 입력전압에 대한 출력전압의 비로 정의된다. 이때 입력전압의 주파수는 출력전압이 최대가 되는 주파수로 하였다. 전압 이득은 입력 전압이 70 V_{pp}까지는 약 0.4정도를 나타내었고, 입력전압이 증가할수록 감소하는 특성을 보여 주고 있다. 출력전압은 입력전압의 증가에 따라 비례하는 특성을 나타내었고, 입력전압 70 V_{pp}를 기준으로 이보다 낮은 입력전압에 대한 출력전압 증가 기울기가 이보다 높은 입력전압 일 때 보다 높았다.

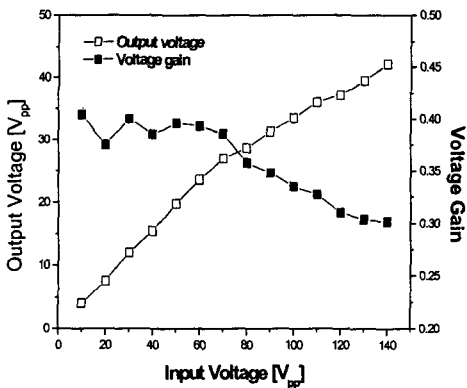


그림 6. 입력전압에 따른 출력전압과 전압이득.
Fig. 6. Output voltage and voltage gain as a function of input voltage.

4. 결 론

고 전력 압전 특성이 우수한 $Pb[(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}Zr_{0.475}Ti_{0.475}]O_3$ 조성을 선택하여 소결하고, 변형 ring/dot 구조의 압전 변압기를 제조하였다. 그리고 입력전압의 크기를 10 V_{pp}에서 140 V_{pp} 까지 변화시키면서 부하저항을 125 Ω으로 고정한 상태에서 감압특성을 조사한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 입력전압이 증가함에 따라 출력전압이 최대가 되는 주파수가 달라지는 특성을 나타내었고, 특히

130 V_{pp} 이상의 입력전압에서는 공진주파수 변화가 급격히 일어났다.

2. 입력전압이 증가하면서 압전변압기의 온도가 입력전압 10 V_{pp}에서 보다 140 V_{pp}에서 약 13°C 정도 증가하였다.

3. 입력전압이 증가함에 따라 출력전압은 입력전압 70 V_{pp}를 중심으로 기울기가 변화하는 특성을 보여주었고, 전압이득은 70 V_{pp} 이상 인가 시 감소하는 경향을 나타내었다.

참고 문헌

- [1] S. Hamamura, Toshiyuki Zaitzu, "AC-DC Converter Using Piezoelectric Transformer" NEC 技報 Vol. 51 No. 4, 1998.
- [2] 남 성진, 남 효덕, 손 준호, 이 준형, "Pb[(Mn_{1/3}Sb_{2/3})_{0.05}Zr_{0.475}Ti_{0.475}]O₃ 세라믹스를 이용한 변형 Ring/Dot형 압전 세라믹 변압기의 감압 특성", 전기전자재료학회논문지, 17권, 2호, p. 171, 2004
- [3] K. Ishii, N. Akimoto, S. Tashiro and H. Igarashi, "Analysis of Nonlinear Phenomena in Piezoelectric Ceramics under High-Power Vibration", J. Ceram. Soc. Jpn., 106(6), p.555, 1998
- [4] Gao, Y. H. Chen, J. Ryu, K. Uchino and D. Viehland, "Eu and Yb Substituent on the Properties of Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O₃-Pb(Mn_{1/3}Sb_{2/3})O₃ Ceramics: Development of a New High-Power Piezoelectric with Enhanced Vibrational Velocity", Jpn. J. Appl. Phys., 40, p.687, 2001
- [5] J. Yoo, K. Yoon, Y. Lee, S. Suh, J. Kim and C. Yoo, "Electrical Characteristics of the Contour-Vibration-Mode Piezoelectric Transformer with Ring/Dot Electrode Area Ratio", Jpn. J. Appl. Phys., 39, p.2680, 2000