

Crescent-Shaped 입력형 압전변압기의 설계

정성수, 박태곤

창원대학교

Design of a Piezoelectric Transformer with Crescent-Shaped Input type

Sung-Su Jung, Tae-Gone Park

Changwon national Univ

Abstract

This paper present a new disk-type piezoelectric transformer. The input side of the transformer has a crescent-shaped electrode and the output side has a focused poling direction. The piezoelectric transformers operated in each transformer's resonance vibration mode. The electrodes and poling directions on commercially available piezoelectric ceramic disks were designed so that the planar or shear mode coupling factor (k_p , k_{15}) becomes effective rather than the transverse moed coupling factor (k_{31}). A single layer prototype transformer, 26[mm] in diameter and 2.0[mm] thickness, was fabricated, such as step-up ratio, power transformation efficiency and temperature were measured.

Key Words : piezoelectric transformer, shear mode, planar mode, voltage step-up ratio

1. 서 론

노트북 컴퓨터 같은 소형 장비 안에 큰 부피를 차지하는 것 중의 하나가 전력공급기 즉, 전력공급 안에 이용되는 권선형(전자기)변압기이다. 이 권선형변압기의 소형화를 위해 사이즈를 줄이면 표피 효과와 같은 손실, thin wire & core 손실이 급격히 증가하는 문제가 생기게 된다. 그러므로 소형의 장비에서는 소형의 권선형변압기가 높은 효율성을 가지기가 어렵다.

이에 권선형변압기와는 다른 형태의 압전변압기가 개발 되었다. 구조가 간단하고, 다양한 형태의

변압기를 얻을 수 있으며, 소형·경량화, 박형화가 가능하다는 점, 표피·근접효과가 없어서 고주파화에 유리하다는 점, 전자(電磁) 노이즈가 발생하지 않는다는 점 등의 장점을 가진 압전변압기는 권선형변압기로는 사용이 어려운 여러 분야에 활용되고 있다.[1]

여러 압전변압기 중 Rosen-type의 경우에 입력측과 출력측 사이에 기계적 진동이 전달되는 부분에서 응력이 집중되는 단점이 있다. 압전변압기는 기계적 진동을 이용한 변압기로서 압전세라믹이 기계적 충격이나 장시간 사용에 인한 열화 현상으로 파손의 우려가 있다.

본 논문에서는 Rosen-type 압전변압기의 단점이

라고 볼 수 있는 응력의 집중을 분산 시키고, 보다 높은 효율을 얻기 위하여 Circular형태로 입력부를 Crescent-Shaped로 설계하여 압전변압기를 제작하고 승압비와 효율 등을 살펴보았다.

2. 본 론

2.1 압전변압기의 설계 및 제작

압전변압기는 압전현상을 이용하여 전기에너지→기계에너지→전기에너지의 단계로 변환하여, 압전세라믹의 입력부와 출력부에 대한 전기적 임피던스의 원리를 이용하여 전압의 변화를 얻어낸다.[2]

모든 직사각형의 압전변압기는 transverse mode coupling constant(k_{31})가 사용된다. 그러나 shear mode(k_{15})의 경우에는 transverse mode(k_{31})보다 두 배로 큰 값을 보인다. 따라서 본 논문에서 제안된 압전변압기에는 shear(k_{15})와 planar(k_p) mode가 함께 적용되었다. 그리고 압전변압기의 구동주파수는 방사상의 공진주파수를 이용한다.[3]

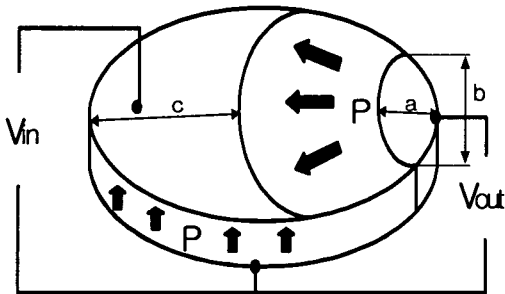


Fig.1 Structure of the transformer and its poling direction.

제안된 압전변압기는 Fig.1에서 보는 바와 같이 단층의 압전세라믹으로서 crescent-shaped 입력전극과, 타원형 출력전극으로 구성되어있다. 사이즈는 지름 26[mm], 두께 2[mm]이고, Table.1과 같이 각각의 입력부와 출력부의 크기인 a,b,c의 값을 다르게 하여 세가지의 경우로 설계하였다. 입력측의 크기를 결정해 주는 c값은 변동없이 반지름 값인 13[mm]로 고정하였다. 특성실험에서 입력측 전극의 넓이를 고정시켜서 기준으로 잡기위해서 이다. 그리고 a의 길이는 4[mm]로 정하였는데 이것은 이전의 논문에서 c의 간격이 4[mm]일 때 Step-Up Ratio가 가장 높은 값으로 측정된 것을 참고 하였

다.[4] b의 간격의 경우에는 출력측 변화의 핵심인 이라고 볼 수 있는 부분이다. 출력측의 분극방향으로 보아 압전세라믹의 측면(세로측 단면)이 정확한 출력측이라고 볼 수 있다. 이에 b의 값을 다르게 한다는 것은 출력측의 면적을 다르게 한다는 의미 이므로 8[mm], 12[mm], 16[mm]로 각각 4[mm]의 간격으로 차이를 두어 실험하였다. 출력측 측면에는 전극이 입혀져 있지 않기 때문에 Silver paste를 전극을 만들 부분에 도포한후 고온에서 열처리를 하였다.

Table.1 Dimensional specifications of piezoelectric transformer.

	PT1	PT2	PT3
a [mm]	4	4	4
b [mm]	8	12	16
c [mm]	13	13	13

사용된 압전세라믹은 KPZ14(Kyung Won Ferrite 社)이고, 물질의 특성은 Table.2와 같다. KPZ14는 분극방향이 한방향이고 전극이 모두 입혀져서 나와있다. 본 논문에서는 입력측의 분극방향과 출력측의 분극 방향이 서로 다르고, 입출력간의 전극도 나뉘져 있기 때문에 별도의 식각공정과 입력측과 출력측에 각각 분극처리를 하였다. 먼저, 증류수, 암모니아수, 과산화수소가 배합된 용액으로 불필요한 전극을 제거한 뒤 분극처리를 한다. 분극의 순서는 공통 접지를 사용하기 때문에 출력측 분극을 먼저 하고, 다음에 입력측 분극처리를 하였다.

입력부와 출력부에 각각 분극이 되고나면 측정을 위해 각부에 리드선을 연결하였다.

Table.2 Material constants of KPZ14

Properties		Value
Dielectric constant	ϵ_{33}/ϵ_0	1180
Curie Point	$T_c [^\circ\text{C}]$	320
Piezoelectric coefficient	d_{31}	333
	d_{33}	31
Mechanical quality factor	Q_m	1750

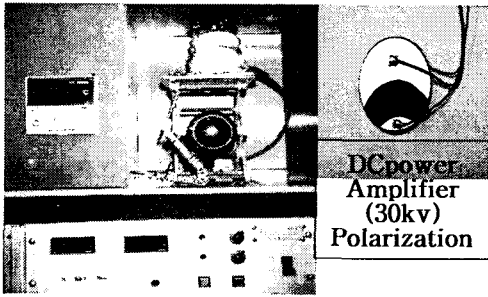


Fig.2 Poling Apparatus & Ceramic

Fig.2는 분극장치로서 고전압발생을 위한 증폭기와 실리콘 오일을 가열시켜주는 열선, 그리고 온도계로 구성되어 있다. 압전세라믹은 고전압이 걸릴 수록 큰 Stress를 받으므로 실리콘오일의 온도를 130도 정도로 높여서 비교적 낮은 전압에서 분극을 행하였다. PT1은 10[kV], PT2는 13[kV] 그리고 PT3는 15[kV]로 출력부를 각각 분극 하였고, 입력측은 6[kV]로 약 30분간 동일하게 분극처리 하였다. 분극시 큰 Stress로 인한 압전세라믹의 파손을 방지하기위해 약 3[kV]에서부터 서서히 전압을 상승시켰고, 마무리 단계에서도 실리콘오일에서 압전세라믹을 뺀 후 약 5분간 절반의 전압을 유지시켜 주었다.

2.2 실험

Fig.3은 제작된 압전변압기의 입력측 임피던스를 측정된 그래프이다. 입력 임피던스는 출력전극을 개방하여 측정하였고, 반대로 출력 임피던스는 임피던스를 단락시켜서 측정된 값이다.

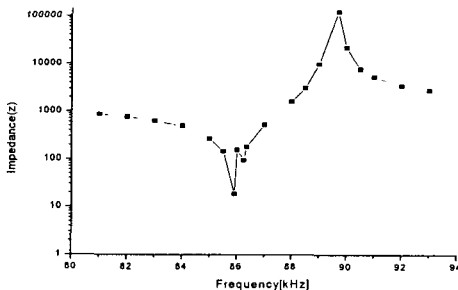


Fig.2 Input impedance spectra when output electrode was open-circuited to the ground, output impedance spectra when input electrode were short-circuited to the ground.

Impedance Analyzer로 측정한 결과는 각 모델마다 공진주파수의 차이가 있었지만 대략 85[kHz] 주위에서 최소의 임피던스를 보였다.

Fig.4는 제작된 압전변압기에 측정장비를 이용하여 여러 결과 값을 측정된 그림이다. 이용된 장비로는 Arbitrary Waveform Generator(Agilent社 33120A)와 Digit Multimeter(Agilent社 34401A), Digital storage Oscilloscope(GW instek GDS-840)을 사용하였다.

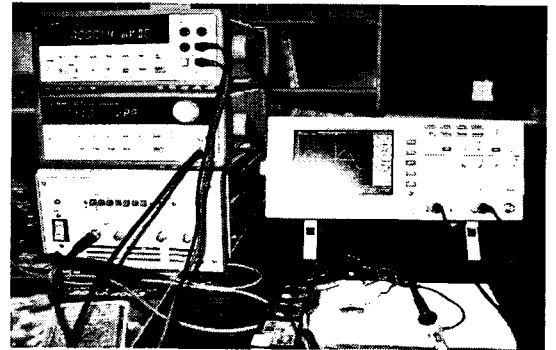


Fig.4 Measurement of Piezoelectric Transformer.

먼저 무부하 상태에서의 주파수 변화에 따른 출력 전압을 살펴보면 Fig. 5와 같다. 주파수는 Impedance Analyzer로 측정한 것과 비슷하게 85[kHz] 부근에서 큰 출력 전압을 나타내었다.

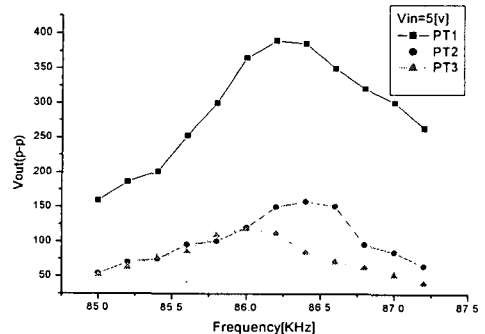


Fig. 5 Output Voltage as a function of Frequency

입력전압은 전자회로(TTL)의 기본전압인 5[V]를 인가하였다. PT1에서 390[V]정도로 가장 큰 출력 전압을 보였고, 다음으로 PT2에서 140[V], PT3가 110[V]순으로 출력 전압이 나타났다.

실험시 압전변압기의 고정은 실험결과에 큰 영향을 미친다. 압전세라믹 자체의 변위를 이용하므로 위치의 변화나 받침대와의 접촉형태에 따라 출력에는 큰 영향을 보임을 알 수 있었다.

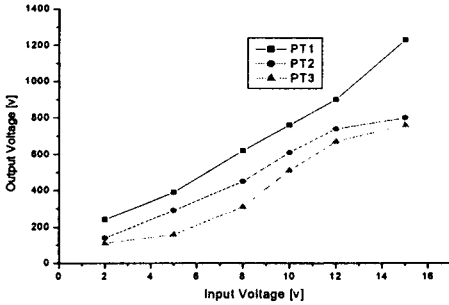


Fig.6 Output Voltage as a function of Input Voltage.

Fig.6은 입력전압의 변화에 따른 출력전압의 비를 보여준다. 출력측의 지름이 좁을수록 높은 승압특성을 보였다. PT1의 승압율이 약 130배 정도로 세 모델중 가장 높았고, PT2가 약 80배, PT3가 약 60 배로서 입력전압의 변화에 대해 거의 선형적인 승압율을 보여주었다.

3. 결론

Circular형태로서 입력부를 Crescent-Shaped로 설계한 압전변압기의 제작하여 실험을 통해 얻어낸 결과들은 다음과 같다.

첫째, 압전변압기의 설계시 변압기의 출력에 영향을 미치는 공진모드는 각 부분의 사이즈에 영향을 받으며 이를 적용하여 변압기의 출력측의 형태를 결정할 수 있다.

둘째, 기존의 직사각 압전변압기에서 크게 나타나는 입력부와 출력부사이에 응력을 타원형의 형태로 면적을 최대화 하여서 응력집중을 분산시키는 효과를 얻었다.

셋째, 무부하 상태에서 출력전압은 압전변압기 내부의 정전용량으로 측정된 공진주파수와 일치하지는 않았지만 거의 비슷한 값의 주파수에서 최고의 출력전압을 보였고, 출력부의 면적이 좁아질수록 큰 승압율을 보였다.

압전변압기의 입출력사이의 응력을 줄이기위해서 접촉면을 크게 설계할 필요가 있고, 자체 정전용량을 고려하여 설계하고 고정 시에 최소한의 접촉으로 안정된 변위전달이 된다면 보다 높은 효율의 압전변압기를 제작할 수 있을 것으로 본다.

참고 문헌

- [1] Toshiyuki Zaitso, "New Piezoelectric Transformer Converter for AC-adaper", IEEE, 0-7803-3704-2/97, pp. 569-572, 1997
- [2] 當川義朗, "超音波エレクトロニクス振動論", 朝倉書店, pp.241-242., 1997
- [3] "Unipoled Disk-Type Piezoelectric transformer" Pitak LAORATANAKUL, Alfredo Vazquez CARAZO, Philippe BOUCHILLOUX1 and Kenji, UCHINO, 2001.
- [4] "Design of a Circular Piezoelectric Transformer with Crescent-Shaped Input Electrodes" Burhanettin Koc, Yongkang GAO and Kenji UCHINO. JJAP 2003.