

형태의 변화에 따른 강압용 압전변압기의 유한요소해석

정현호, 박태곤, 권오영*

창원대학교, (주)영광기전*

Finite Element Analysis of Step-down Piezoelectric Transformer with Various Shape

Hyon-ho Chong, Tae-gone Park, and Oh-young Kwon*

Changwon National Univ.

Abstract

This paper presents design and analysis of step-down piezoelectric transformer for application to AC-adapters. These transformers are consist of rectangular type and disk type multilayered piezoelectric ceramic plate. This piezoelectric transformer operated in third thickness resonance vibration mode. Finite element method(FEM) was used for analysing transformer. Vibration mode and electric field of piezoelectric transformer were simulated at resonance frequency. As results, rectangular type transformer's output voltage was higher than the disk type. But disk type transformer's current was lagger than rectangular type. These results are assumed that disk type transformer's mixed vibration mode influence transformer's output characteristics. From these results, we expect that disk type piezoelectric transformer is more adoptable than rectangular plate type piezoelectric transformer for AC adapters.

Key Words : piezo transformer, third thickness vibration mode, multi-layer, FEM

1. 서 론

1957년 미국의 G.E.사의 C. A. Rosen은 압전세라믹을 이용하여 전압의 변화를 얻을 수 있는 압전트랜스를 제안하였다. 그러나 압전변압기로서의 적합한 성능(높은 Q_m , k_p , 큐리온도)을 가진 압전세라믹의 부재(不在)로 실용성에 관한 연구는 잠시 위축되었으나 1990년 이후 PZT계의 압전세라믹이 개발되고 그에 대한 연구가 활발해 짐에 따라 압전변압기에 적합한 세라믹스의 개발이 이루어지면 서 최근에 그 연구가 다시 활발히 진행되고 있다.

압전변압기는 코일이 존재하지 않으며, 고주파에서 구동되고, 회로의 소손에 대한 위험이 없으며 다양한 형태의 변압기를 만들 수 있다는 특성에 의해 그 사용분야는 점차 확대되어가고 있는 전망이다. 특히 압전변압기의 경우 변압비가 종래의 권선형 변압기에 비해 매우 높아 고전압을 필요로 하는 LCD백라이트용 냉음극관 램프나 형광등 점등용으로서의 상용화가 이루어져 있으며 국내에서도

몇몇 기업에 의해 상용화가 진행되고 있다. 그러나 강압용 압전변압기의 경우 높은 전류발생이 어려우므로 출력전력이 낮아 현재 실용화가 되어 있지는 않지만 그에 관한 수많은 연구가 진행 중이다 [1].

본 논문에서는 강압용 압전변압기를 위한 원판형과 사각판형의 적층형 구조를 가진 압전트랜스포머를 설계하여 각각의 출력특성을 비교하여 보았다.

2. 본 론

2.1 압전변압기의 구조와 원리

가장 기본적인 Rosen형의 압전변압기를 살펴보면 그림 1과 같다. 입력측의 전압을 기계적 변위로 변환하는 액츄에이터와 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환하는 제너레이터의 결합을 통해 전압의 변환을 얻어낸다 [2].

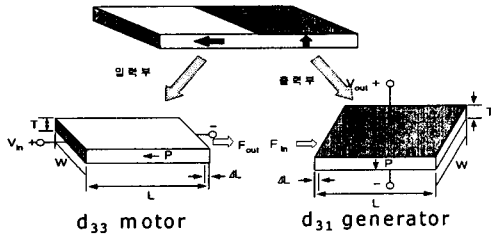


그림 2.1 압전변압기의 원리.

그러나 입력부와 출력부사이의 에너지 전달은 기계적 에너지에 의해 이루어지므로 입력부와 출력부의 접촉부에 응력이 집중된다. 그러므로 Rosen형 변압기의 원리를 이용하여 강압용 압전변압기를 구성할 경우 입력측과 출력측의 접촉부가 좁으므로 이 부위에 응력이 집중하게 되어 기계적으로 견고하지 못한 특성을 나타낸다^[3]. 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 입력부와 출력부의 접촉부를 넓게 구성하였다. 출력부의 커패시턴스를 늘리기 위해 출력부를 6층의 세라믹판을 이용하여 분극방향을 서로 엇갈리게 배치한 적층형으로 구성하였고 출력부를 양끝에 두어 3차 두께방향 진동모드를 이용한 변압기를 구성하였으며 그 형태는 그림 2.2와 같다.

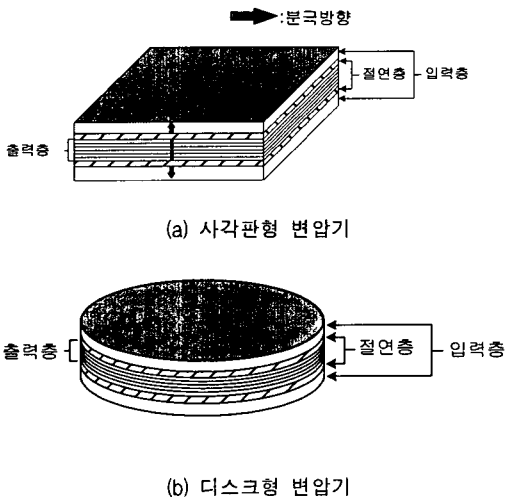


그림 2.2 압전변압기의 구조

가로×세로(25×25[mm])의 두께 2[mm]의 입력층의 세라믹을 양 측면으로 배치하고 두께 0.5[mm]의 세라믹을 6층으로 구성하여 출력층을 구성하였다. 입력층과 출력층 사이를 1[mm]의 분극이 되지

않은 세라믹 플레이트로 절연하여 사각판형 변압기를 구성하였다. 이와 동일한 두께방향의 구조로 지름 25[mm]의 원판형 세라믹을 이용하여 디스크형 변압기를 구성하였다.

2.2 압전변압기의 유한요소해석

설계 한 압전변압기의 출력특성을 유한요소해석 프로그램인 ANSYS 7.0을 이용하여 해석하였다. 변압기의 element는 SOLID-5를 사용하였으며 ANSYS의 경우 e형식의 압전방정식(식 2.1)을 이용하므로 사용된 압전상수e와 stiffness상수c는 다음과 같다^[4].

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

Piezoelectric Matrix $e[C/m^2]$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 6.67 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 6.67 & 0 & 0 \\ -5.93 & -5.93 & 11.6 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Stiffness Matrix $c^E[\times 10^{-10}N/m^2]$

$$\begin{bmatrix} 1.16 & & & & & \\ 4.45 & 11.6 & & & & \\ 4.42 & 4.42 & 9.01 & & & \\ 0 & 0 & 0 & 1.02 & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.02 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.6 \end{bmatrix}$$

Dielectric Matrix $\epsilon[\times 10^9 F/m]$

$$\begin{bmatrix} 8.04 & 0 & 0 \\ 0 & 8.04 & 0 \\ 0 & 0 & 5.94 \end{bmatrix}$$

그림 2.3은 각각의 변압기의 3차 두께방향 공진 모드에서의 변위를 보여준다. 양측의 입력부에 각각 100[V]의 전압을 가했을 때 발생된 변위에 의해 전달된 진동이 출력부의 양단에 힘을 가하여 3차 두께방향 진동모드에 의해 수축과 팽창이 반복하여 발생됨을 알 수 있다.

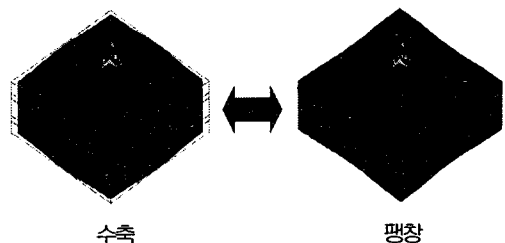


그림 2.3 압전변압기의 진동형상.

3. 결과 및 고찰

그림 3.1은 공진모드에서의 출력부의 전계분포를 나타낸다. 입력부와 출력부 사이의 전압차이가 크므로 출력부의 각 층간의 전압을 가시화하기 위해 출력부만을 선택하여 전계의 분포를 살펴보았다. 출력부의 각층간에 전압차이가 사각판형의 경우 83[V]로 나타났으며 디스크형의 경우 10.2[V]를 나타내었다. 그림 3.2는 변압기의 출력부의 전하분포를 나타낸 결과이다. 출력부의 전압이 가장 높은 전극면에 많은 전하가 분포함을 알 수 있다.

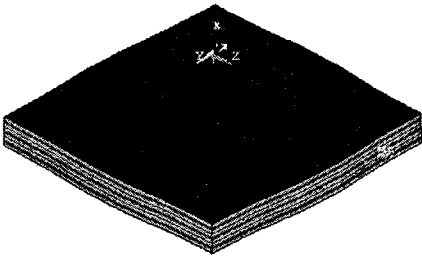


그림 3.1 압전변압기의 출력부의 전계분포.

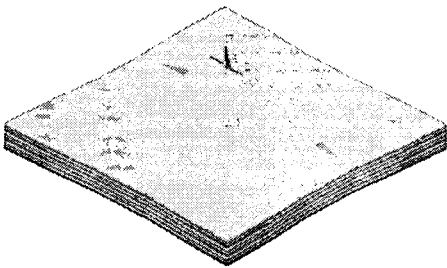


그림 3.2 압전변압기의 출력부의 전하분포.

유한요소 해석을 통해 얻은 각각의 변압기의 공진주파수를 그림 3.3에 나타내었다. 사각판형 변압기의 경우 87[kHz]부근에서 가장 낮은 임피던스값에서 가장 높은 임피던스값으로 변화하므로 이 점이 변압기의 공진주파수로 추정되며 디스크형 변압기의 경우 약 76[kHz]와 93[kHz]부근에서 임피던스값이 급격히 변화하였으며 이 점이 공진주파수로 추정된다.

주파수에 따른 각 변압기의 출력특성을 그림 3.3과 3.4에 나타내었다. 두 변압기의 구동주파수의 변화에 따른 출력특성을 살펴보면 모두 공진주파수 부근에서 가장 높은 출력전압과 전류를 나타내

었으며 사각판형 변압기의 경우 출력전압이 약 83[V]를 나타내었으며 디스크형 변압기의 경우 약 10[V]의 출력전압을 나타내었다. 그러나 출력전류의 경우 사각판형 변압기가 최대 1.2[A]를 나타낸 반면 디스크형 변압기가 약 6.3[A]로 높은 전류특성을 나타내었다.

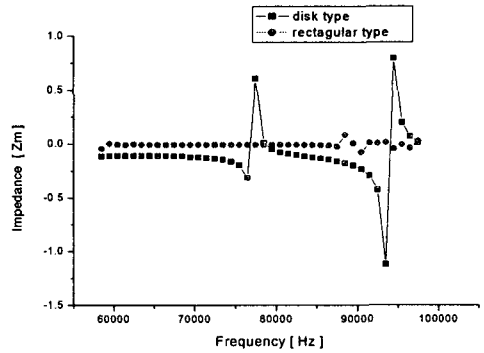


그림 3.3 주파수에 따른 출력임피던스.

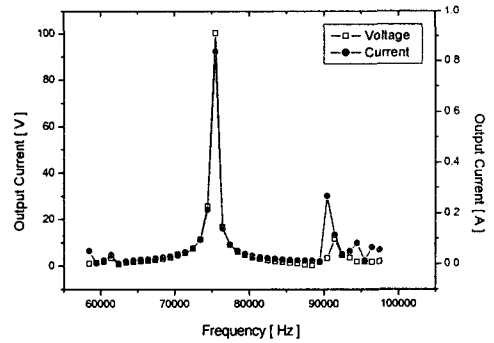


그림 3.4 사각판형 변압기의 출력특성.

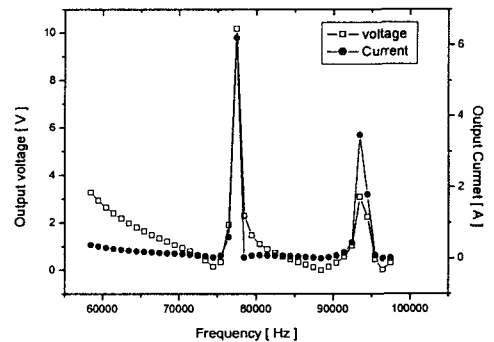


그림 3.5 디스크형 변압기의 출력특성.

4. 결 론

강압용 압전변압기의 설계를 위해 같은 폭을 가진 사각판형태와 디스크형태를 이용한 3차 두께방향 공진모드의 압전변압기를 유한요소해석을 통해 비교하여 보았을 때 그 특성은 다음과 같았다.

디스크형 변압기에 비해 사각판형의 변압기가 보다 높은 공진주파수를 나타내었으며 보다 높은 공진 임피던스를 나타내었다. 출력전압의 경우 사각판형 변압기가 보다 높은 값을 나타내었으나 출력전류의 경우 디스크형 변압기가 보다 높은 값을 나타내었다. 이는 사각판형 압전변압기의 경우 두께방향 공진모드가 변압기의 출력특성을 나타내는 주 원인이지만 디스크형 압전변압기의 경우 두께방향공진모드와 원판의 중심으로 부터의 굴곡진동모드가 출력특성에 영향을 미치는 것으로 추정된다^[5].

이러한 결과를 통해 강압용 압전변압기를 설계 시 사각판형태의 변압기가 디스크형에 비해 높은 출력전력을 얻을 수 있으나 전압비와 전류의 특성을 살펴보았을 때 디스크형의 변압기가 강압용 변압기로서의 사용으로 보다 유용할 것이라 생각된다. 그러나 이는 압전변압기를 고정하지 않은 상태에서의 유한요소해석의 결과이며 실제 변압기 제조 시 변압기의 고정부가 출력특성에 영향을 미치게 되므로 디스크형 변압기와 같이 보다 복잡한 진동모드를 사용한 변압기의 경우 정확한 진동의 측정을 통해 출력부의 진동제어가 이루어져야만 보다 나은 출력특성을 얻을 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청의 중소기업 기술혁신 개발사업에 의한 연구 지원 수행된 연구 결과의 일부입니다.

참고 문헌

- [1] Toshiyuki Zaitzu, "New Piezoelectric Transformer Converter for AC-adapter", IEEE. 0-7803-3704-2/97, pp. 569-572, 1997
- [2] C.A.Rosen, "Cermic Transformer and Filter", Roc. of Electronic Component Symposium, pp. 205-511(1957).
- [3] Kenji Uchino, B. Koc, P. Laoratanakul and A. Vazquez Carazo" Piezoelectric

Transformers", AMF, New perspective.

- [4] ANSYS 5.4 verification manual.
- [5] S.Uheha, Y.Tomikawa,"Ultrasonic Motors Theory and Applications", Clarendon press, Oxford, pp.35-37,1994.
- [6] Hunhui Hu, Yoshiaki Fuda, Masafumi Katsuno and Tetsuo Yoshida, "A Study on Rectangular-Bar-Shaped Multilayer Transformer Using Length Extensional Vibration Mode", JJAP, Vol, 38, pp.3208-3212, 1999
- [7] 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