

## 전극분할형 압전변압기의 특성에 관한 연구

### A Study on the Characteristics of a Piezoelectric Ceramic Transformer with divided Electrodes

허두오\*, 강태구, 조철환, 이해민, 안형근, 한득영  
건국대학교 공과대학 전기공학과

Doo-Oh Hur\*, Tae-Gu Kang, Cheol-Hwan Cho,  
Hae-Min Lee, Hyung-Keun Ahn, Deek-Young Han  
Dept. of Electrical Eng. Kon-Kuk University

#### Abstract

This paper describes a type of piezoelectric transformer with improved design principles.

It consists of a thin rectangular piezoelectric ceramic plate having two input electrodes and one output electrode. The length of each input and output electrode is nearly one third of that of piezoelectric transformer itself.

In the driving section, the ceramic plate is poled in the thickness direction reversely with each other, and has electrodes on both main faces. The electric input near its fundamental resonance frequency is applied to the driving section in parallel and the output voltage from the generating section is connected to the resistor load.

Its equivalent circuit is derived from the Mason's model. The frequency characteristics near the resonance frequency under no load have been investigated. Moreover, using this piezoelectric transformer we measured the LCD backlight characteristics.

#### I. 서론

압전변압기는 외부에서 공진주파수의 전기적 에너지를 인가하면 압전현상의 역효과에 의해 인가된 전기적 에너지를 기계적 에너지로 변환시킨 후 그 변환된 기계적 에너지를 압전현상의 정효과에 의해 다시 전기적 에너지로 변환시키는 장치이다.

1957년 Rosen과 Katz에 의해 압전변압기와 필터의 여러 가지 형태에 관한 해석이 소개된 이후, 전압비를 높이기 위한 다양한 형태의 압전변압기가 소개되고 있다.

본 논문에서는 압전변압기를 3분할하여 그 중에서 2부분은 입력부로 하여 입력전극을 도포한 후 상호 반대방향으로 분극하였고 나머지 1부분은 출력부로하여 길이방향으로 분극한 압전변압기를 제작하였다. 또 기계적 손실을 고려한 압전진동자의 등가회로를 기초로하여 전극분할형 압전변압기의 일반적인 등가회로를 구하였으며 이 등가회로로부터 압전변압기의 전기적 입력 및 출력에 관한 일반적인 관계식을 유도하였다.

또한, LCD Backlight를 연결하여 그 입력 및 출력에 관한 전압과 전류의 특성을 측정하였다.

## II. 전극분할형 압전변압기의 등가회로 및 전기적 입출력 관계식

그림1은 2개의 입력전극을 가진 전극분할형 압전변압기를 나타낸다.

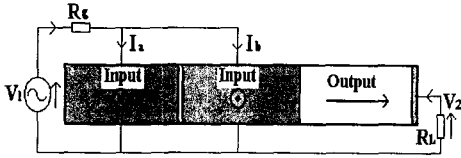
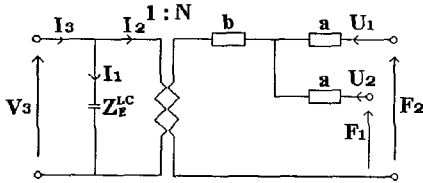
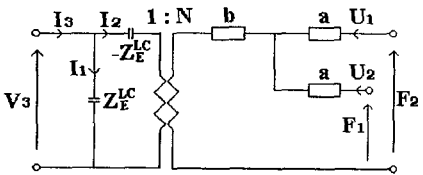


그림 1. 전극분할형 압전변압기

이 전극분할형 압전변압기의 등가회로는 그림 2와 같은 Mason이 유도한 압전진동자의 등가회로를 기본으로 하여 그림 4와 같이 구할 수 있다.



(a). 두께방향



(b). 길이방향

그림2. 압전진동자의 등가회로

여기서,  $Z_E^{LC}$ 는 고정임피던스,  $N$ 은 변성비,  $F$ 와  $U$ 는 각각 진동자 표면에서의 힘과 입자속도를 나타낸다.

또한,  $a$ ,  $b$ 는 각각

$$a = Z_0 \tanh\left(-\frac{\gamma L}{2}\right), b = \frac{Z_0}{\sinh(\gamma L)}$$

로서  $Z_0$ ,  $\gamma$ ,  $L$ 은 이 압전진동자의 기계적 특성임피던스, 전파정수, 길이를 의미한다.

그림 2로부터 다음과 같은 전극분할형 압전변압기의 등가회로를 그림 3과 같이 구할

수 있다.

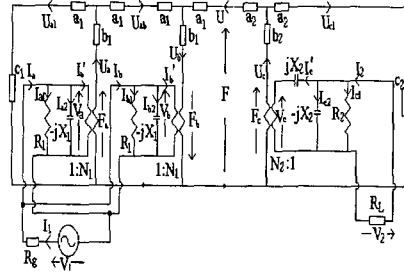


그림 3. 전극분할형 압전변압기의 등가회로

그림 3의 등가회로를 이용하여 다음과 같은 전기적 입출력 관계식을 구할 수 있다. 아래의 식들에서 아래첨자 1과 2는 각각 입력측과 출력측의 값을 의미한다.

$$\begin{pmatrix} V_2 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ I_1 \end{pmatrix}$$

여기서  $A_1, B_1, C_1, D_1$ 는 각각 다음을 나타낸다.

$$A_1 = -\frac{2(a_1 + b_1)Z_1 - j2N_1^2 R_1 X_1}{jN_1 R_1 X_1}$$

$$B_1 = \frac{(a_1 + b_1)RZ_1 - j2N_1^2 R_g R_1 X_1}{jN_1 R_1 X_1}$$

$$C_1 = \frac{ab_1 Z_1 - j(a_1 + b_1)N_1^2 R_1 X_1}{ja_1(a_1 + 2b_1)N_1 R_1 X_1}$$

$$D_1 = -\frac{ab_1 RZ_1 - j2(a_1 + b_1)N_1^2 R_g R_1 X_1}{j2a_1(a_1 + 2b_1)N_1 R_1 X_1}$$

이 식들에서  $ab_1, RZ_1$ 은 각각 다음을 의미한다.

$$ab_1 = 2a_1(a_1 + 2b_1) + b_1^2, RZ_1 = 2R_g Z_1 - jR_1 X_1$$

또한,  $A_2, B_2, C_2, D_2$ 는 다음을 나타낸다.

$$A_2 = \frac{a_2 + b_2 + jN_2^2 X_2}{N_2 a_2}$$

$$B_2 = \frac{a_2 + 2b_2 + j2N_2^2 X_2}{N_2}$$

$$C_2 = -\frac{(R_2 - jX_2)(a_2 + b_2) + N_2^2 X_2^2}{ja_2 N_2 R_2 X_2}$$

$$D_2 = -\frac{(R_2 - jX_2)(a_2 + 2b_2) + 2N_2^2 X_2^2}{jN_2 R_2 X_2}$$

### III. 실험 및 결과 고찰

압전변압기를 재료로서는 기계적 품질계수  $Q_m$  값이 크고  $\tan\delta$  값이 작은 것이 적합하며 그 대표적인 상수는 다음과 같다.

Grain size	< 3 $\mu\text{m}$
$Q_m$	1800 $\pm$ 300
$k_{31}$ (%)	> 30
$\tan\delta$ (%)	< 0.7
$\epsilon_r$	1400
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	>7.9

위의 재료로 전체 길이, 폭, 두께가 각각 39.6mm, 7.6mm, 1mm인 그림 4와 같은 전극분할형 압전변압기를 구입하였다.

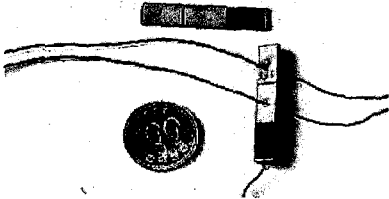


그림 4. 전극분할형 압전변압기

이 압전변압기를 이용하여 휴대용 컴퓨터의 백라이트를 동작시키기 위해 그림 5와 같이 측정장치를 연결하였다.

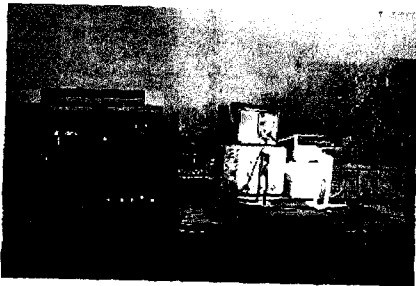


그림 5. 압전변압기의 특성 측정장치

이 압전변압기의 주파수에 대한 전압이득과 입출력 전압 사이의 위상을 그림 6에, 그리고 주파수에 대한 임피던스 및 위상 특성을 그림 7에 보인다.

이러한 장치들을 이용하여 백라이트(길이 220 mm, 직경 2.3 mm)가 점등되기 시작할 상태에서의 입력 전압 및 전류, 그리고 그때의 출력전압 및 전류를 각각 그림 8, 9에 각각 보인다. 여기서, 그림 8의 전류값은 측정기기인 AM503B의 보정에 따라 실제 입력값은 54.4mA이다.

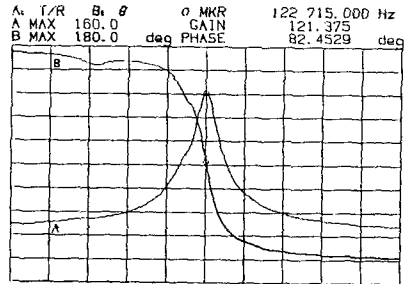


그림 6. 압전변압기의 주파수에 대한 전압이득 및 위상 특성

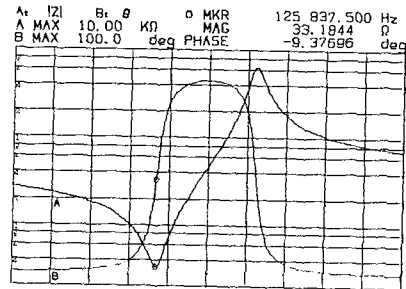


그림 7. 압전변압기의 주파수에 대한 임피던스 및 위상 특성

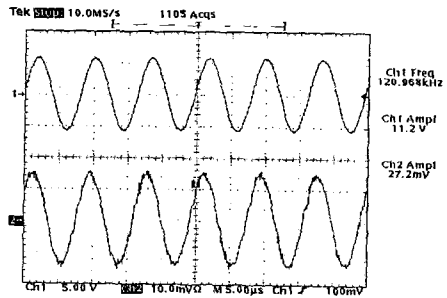


그림 8. 백라이트 점등시의 압전변압기의 입력전압 및 전류

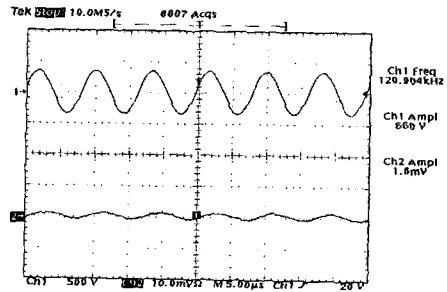


그림 9. 백라이트 점등시의 압전변압기의 출력전압 및 전류

또한, 백라이트 전체가 점등됐을 때의 압전변압기의 출력전압과 전류 및 백라이트의 휘도가 균일할 때의 압전변압기의 출력전압과 전류를 각각 그림 10, 11에 보인다.

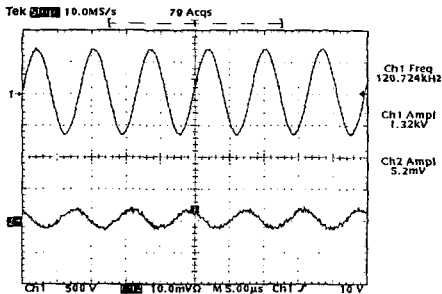


그림 10. 백라이트 전체 점등시의 압전변압기 출력전압 및 전류

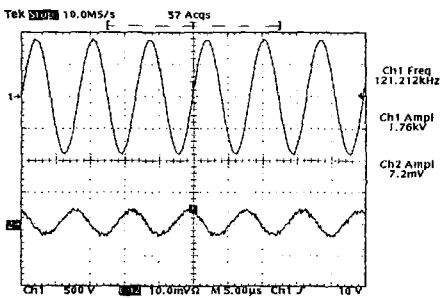


그림 11. 백라이트의 휘도가 균일할 때의 압전변압기 출력전압 및 전류

이상의 실험과정에서 이 압전변압기에 660V 이상의 전압을 인가하였을 때 백라이트는 점등되기 시작하여 인가전압을 상승시킴에 따라 발광부의 길이가 길어지며 1.32 kV 5.2mA 일때 이 백라이트의 전체가 발광하였으나 발광을 시작하는 쪽이 더 밝았으며 그 반대쪽은 약간 어두워서 전체적으로 휘도가 고르지 못하였고, 입력전압을 더 높이면 휘도도 균일해지면서 전체적으로 더 밝아졌으며 그때 압전변압기의 출력전압은 포화되는 경향이 있었으며 압전변압기가 뜨거워졌다. 1.76kV, 7.2mA 일때 전체적으로 균일한 휘도를 얻을 수 있었다.

또한, 백라이트가 일정한 휘도를 나타낼 때 압전변압기에 더 이상의 전압을 인가하여도 출력전압은 변하지 않았다.

따라서, 이 압전변압기를 이용하여 백라이트를 구동할 때 점등 전후에 부하저항이 변동하고 이로 인해서 이 압전변압기의 공진주파수가 변하므로 인가전압의 주파수를 부하변동에 따라 추종할 수 있는 회로가 요구된다.

#### IV. 결론

전극분할형 압전변압기의 등가회로를 유도하고, 그 등가회로를 이용하여 이 압전변압기의 전기적 입력력 관계식을 구하였다.

또한, 기계적 품질계수  $Q_m$ 이 1800,  $\tan \delta$ 가 0.7% 이하인 압전세라믹 재료로 만들어진 전극분할형 압전변압기의 무부하시의 주파수특성과 전압이득을 측정하였으며, 부하로서 휴대용 컴퓨터에 사용되는 백라이트를 연결하여 그 구동특성을 연구하였다.

그 결과 압전변압기의 공진주파수는 125.8kHz였으며 승압비는 무부하시 121배이었다. 또한, 입력전압이 660V일 때 백라이트가 점등되기 시작하여 1.32kV일 때 백라이트 전체가 발광하였고 1.76kV일 때 전체적으로 균일한 휘도를 얻을 수 있었으며 그 때의 압전변압기의 출력전류는 7.2mA이었다.

이 논문은 교육부의 '96년도 신소재 학술 연구 조성비의 일부로 이루어진 것이다.

#### 참고문헌

1. Akira Mizutani, Et al, "New Transformer Shrinks LCD Backlight Inverter Thickness", Nikkei Electronics Asia, pp. 76-80, 1995.
2. C.A.Rosen, "Ceramic Transformers and Wave Filters", Proc. Electronic Component Symp., pp 205-211, 1957.
3. H.W.Katz, "Solid State Magnetic and Dielectric Devices", John Wiley & Sons, pp 170-197, 1959.
4. 要 祐一, 伊勢悠紀彦, "壓電セラミクトランス用素子の一考察", 日本音響學會誌, 32卷 8 號, pp. 470-479, 1976.