

압전 세라믹 트랜스듀서의 Tone-Burst법에 의한 주파수 응답특성

배효운
동아대 대학원

사공건
동아대 교수

Frequency Response Characteristics by Using Tone-Burst Method for Piezoelectric Ceramic Transducer

Hyo-Yoon Bae^o Geon Sa-gong
Dept. of Electrical Eng., Dong A Univ.

Abstract

The frequency response characteristics of a bimorph type PZT piezoelectric transducer was investigated. In this study, function generator which generates short burst signal, plane reflection plate and oscilloscope were used to measure the characteristics of piezoceramic ultrasonic transducer. The resonant frequency of a bimorph type piezoceramic transducer which is acquired by using Tone-Burst Method had good agreement with the measured results from spectrum analyzer.

(broad band pulse system)은 트랜스듀서의 성능 시험에 사용되는 여기(excitation)용 특정 펄스발생기의 출력주파수, 임피던스 등에 차이가 있으므로 펄스발생기와 트랜스듀서의 임피던스 정합(matching)을 위한 별도의 변환회로가 필요하며,²⁾ 또 펄스발생기(pulse generator)와 트랜스듀서의 주파수 스펙트럼(spectrum)을 비교적 정확히 측정하는데는 스펙트럼 분석기가 필요하나 이는 고가일 뿐 아니라 변수가 많아 측정이 복잡하다.

1. 서론

1921년경 프랑스의 P. Langevin에 의해 초음파 측정기용 초음파 트랜스듀서(Transducer)가 제작, 사용되고 있으며, 초음파를 발생하는 트랜스듀서는 압전 진동자와 자왜진동자가 있는데, 압전진동자는 수정진동자, 티탄산바륨계 자기진동자, Bolt를 부착시킨 Langevin 진동자, Bimorph형 진동자 등 여러종류의 진동자가 있지만, 본 연구에서는 압전형 Bimorph진동자를 사용하여 그 특성을 고찰하였다.¹⁾

따라서 본 연구에서는 압전형 초음파 트랜스듀서의 주파수 특성을 측정하기 위하여 평면 반사판을 사용, 짧은 Burst신호를 발생하는 Function Generator 와 Oscilloscope로 압전 세라믹 트랜스듀서의 주파수 응답특성을 구하였으며, 이들값과 스펙트럼 분석기에 의한 측정값과 비교 분석하였다.

일반적으로 압전진동자는 압력을 가하면 응력이 생겨 본극작용이 일어나서 전압이 발생하는 압전기 직접효과와 전계를 가하면 진동하여 기계적 에너지로 변환하는 압전기 역효과를 이용하여 초음파 트랜스듀서에 사용된다.

2. 이론

1) 트랜스듀서의 측정원리

1.1) Tone-Burst법

일반적으로 이 방법은 펄스반사법(pulse echo method)으로서 약 3(KHz)의 펄스 반복율을 가지는 짧은 Burst를 발생 하는 고유주파수 1.8(KHz), 10(V)의 Tone-Burst를 이용하여 트랜스듀서의 주파수 응답특성을 구한다.

트랜스듀서는 펄스반사파(pulse echo)를 이용하는 초음파 시스템의 중추적 요소이나 그 특성을 규정치으려면 많은 어려움이 있다. 즉 초음파 트랜스듀서를 사용하면서 실질적인 특성을 직접 눈으로 볼 수 없으므로 사용중에 불특박스로 남게되며, 또한 종래의 공대역 펄스 시스템

측정원리는 Tone-Burst신호를 트랜스듀서에 가하여 송신과 수신 시간을 Gate기능으로 구분하며 그 관계식은 다음과 같다.³⁾

$$L = C \cdot \Delta t / 2 \text{ (m)} \quad (1)$$

여기서 L은 측정거리 (m), C는 음속(m/sec), t는 평면반사판을 왕복하는 시간(sec)을 말하며, 이 측정은 함수 발생기(function Generator)로 트랜스듀서에 발진용 펄스를 가하여 오실로스코프로서 수신된 신호를 측정하며 주파수를 변화시키면서 진폭(amplitude)을 구하는 법이다.

1.2) 스펙트럼 분석기에 의한 법

Tone-Burst법은 오실로스코프로 시간영역(X축)과 진폭영역(Y축)에서 측정하나, 주파수 스펙트럼 분석기법은 주파수 영역(X축)에서 상한 주파수와 하한 주파수를 나타내어 정확한 측정은 할 수 있으나 신호발생기와 스펙트럼 분석기와의 임피던스 정합을 위한 별도의 변환회로가 필요하며, 변수가 많이 있어 측정이 복잡한 방법이다.

2) Bimorph진동자의 정수

압전 박판소자의 전계 인가방향과 직각방향의 신축을 이용하여 이 소자를 2매 접합한 것을 Bimorph라 하며 전계를 인가하면 한쪽은 변위가 늘어나고, 다른 쪽은 줄어들어 굽곡변위를 하므로 전체에 대한 굽곡변위는 다음과 같은 관계식이 성립된다.

$$\text{변위 탕 } d_s = 3l^2 \cdot V \cdot d_{31} / 4h^2 \quad (2)$$

$$\text{발생력 } F_s = 3b \cdot V \cdot h \cdot E \cdot d_{31} / 2l \quad (3)$$

$$\text{공진주파수 } f = 0.158 \frac{t}{l^2} \sqrt{\frac{1}{\rho_s E_{11}}} \quad (4)$$

로서 단, 여기서 l은 유효길이(m), V는 인가전압(V), d₃₁은 전압 d정수, h는 압전 소자의 두께(m), b는 폭(m), E는 young's 율이다. 4)

3. 실험

1) 시편의 재질

본 실험에 사용한 시편은 Murata사의 P-5이며, 이것을 두개의 압전 세라믹 소자를 예측시도 접착하여 압전Bimorph 형으로 가공하여 측정하였다.

2) 실험장치 및 방법

짧은 Burst신호를 발생시킬수 있는 함수발생기(HP 3314A), Echo pulse를 측정 할 수 있는 오실로스코프

(OS 4200), 트랜스듀서 분석기(VS-205) 및 스펙트럼 분석기(HP 3582A, SD375)가 사용되었으며, Tone-Burst측정을 위한 평면 반사판은 스테인레스 강판으로 평면의 표면처리는 2(μm)으로 가공 하였다. 후면으로부터 여러가지의 반사파 간섭을 피할수 있도록 충분한 두께인 30(mm)로 하였고, 판의 크기는 측정할 트랜스듀서 빔 (beam)의 최대 지향성을 감안하여 150 X 130(mm)로 만들었다. 또 트랜스듀서는 두 직교평면에서 독립적으로 각도를 조정 할 수 있도록 설치 되었다. 5)

실험방법은 Fig. (1)와 같이 촛점이 맞추어진 트랜스듀서를 Steel Block으로부터 8(cm), 12(cm)의 거리인 위치에 설치하여 트랜스듀서의 임피던스에 따라 함수발생기는 부하(load)로 작용하거나 감소된 신호를 나타낼 수 있으므로, 입력전압을 일정하게 유지하면서 연속적인 주파수를 Burst신호로 트랜스듀서에 송신한다. 6)이 트랜스듀서의 대역폭이 20 - 26 (KHz)이므로 각각 단계별로 변화시켜 평면 반사판을 통해서 수신된 신호를 측정하였다.

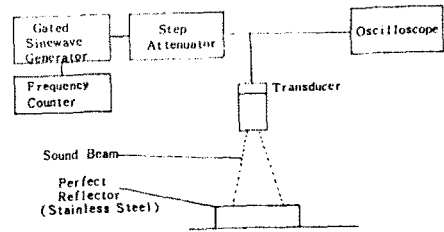
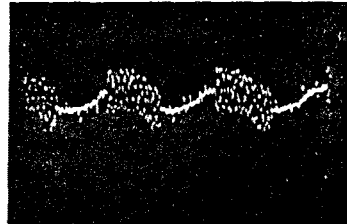
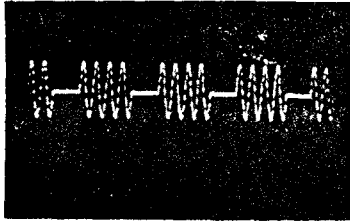


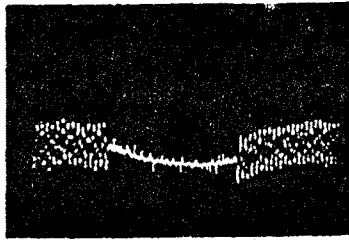
Fig.(7a) Tone-Burst 측정 Set-up

3) 결과 및 고찰

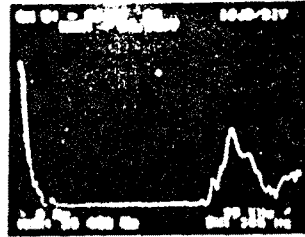
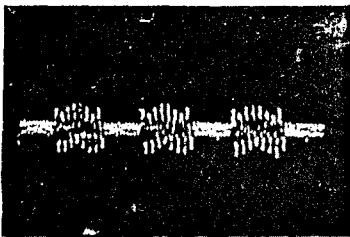
Tone-Burst법에 의한 측정데이터는 사진(1)-사진(6)에서 나타났으며, 8(cm)간격과 12(cm)간격으로 측정하여 오실로스코프로 측정된 값이다. 또, 초음파 분석기에서 발생하는 신호를 트랜스듀서에 송신하여 주파수 영역으로 측정된 것을 사진(7)에서 보여주고 있다. 이 시편의 공진주파수가 23(KHz)이므로 18(KHz)-27(KHz)까지 측정하여 Fig. (2)에서 결과를 나타냈다. 이 결과로서 트랜스듀서의 주파수 응답특성이 Tone-Burst법 및 스펙트럼 분석기법 모두가 19.5(KHz)와 25.6(KHz)에서 공진이 최대로 나타났다.



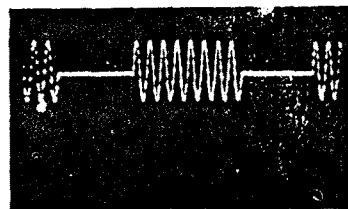
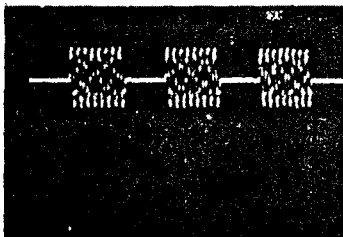
사진(3) 24 (KHz) 송신신호, 사진(4) 23 (KHz) 수신신호
 周波數 : 24 (KHz), 간격 : 8 (cm) 周波數 : 23 (KHz), 간격 : 8 (cm)



사진(5) 24 (KHz) 수신신호
 周波數 : 24 (KHz), 간격 : 8 (cm)



사진(6) 195 (KHz) 송신신호, 사진(7) 스펙트럼 분석기의 수신신호
 周波數 : 19.5 (KHz), 간격 : 8 (cm)



사진(1) Tone-Burst 송신신호, 사진(2) 23 (KHz) 송신신호
 周波數 : 24 (KHz), 펄스간격 : 3 (KHz) Burst : 1.8 (KHz) 周波數 : 23 (KHz), 간격 : 8 (cm)

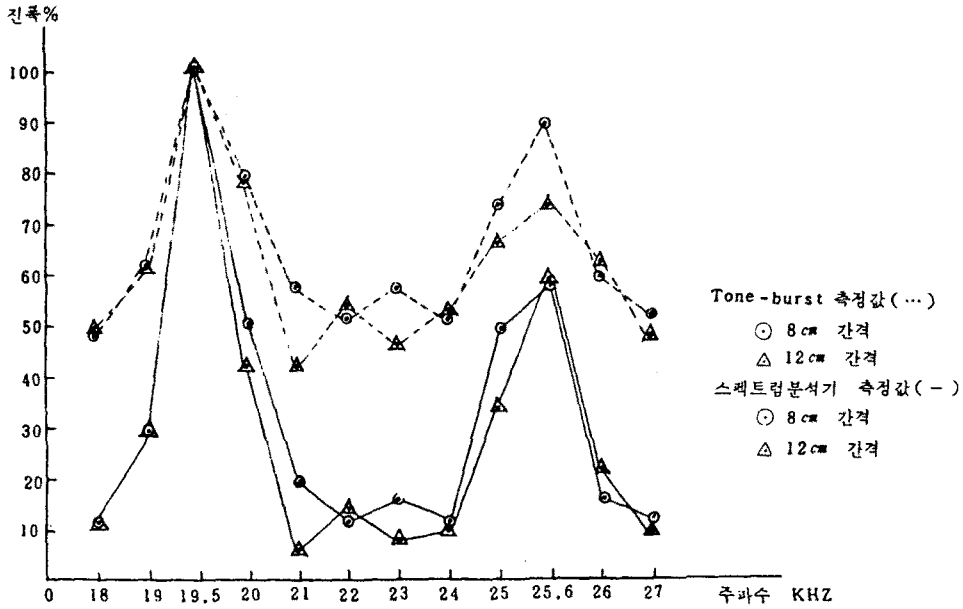


Fig.(8) 스펙트럼분석器法과 Tone-Burst 法의 結果치 비교

4. 결 론

평면 반사판을 이용한 Tone-Burst법에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) PZT 압전 세라믹 트랜스듀서에서 Tone-Burst법의 측정은 스펙트럼 분석기에 의한 법보다 시간지연의 기능이 있으므로 측정을 간편화 할 수 있었으며 이 측정법의 수신파형 진폭이 19.5(KHz)와 25.6(KHz)에서 최대가 됨이 일치하였다.
- 2) 광대역 시스템에서 스펙트럼 분석기에 의한 법에서와 같이 트랜스듀서와 펄스 발생기의 임피던스 정합을 위한 별도의 변환회로가 이 법에서는 필요치 않았다.
- 3) 트랜스듀서는 평면 반사판을 이용한 펄스반사파 모드에서 정확히 측정 됨을 알 수 있었다.

이 방법은 비교적 값싼 측정기기로 사용 할 수 있으나 정밀 계속용으로는 더욱 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

1. 藤森 聰雄, "やさしい超音波の應用", 秋葉出版, 東京, (1986), PP. 24 - 39.
2. Kenneth R. Erikson, "Tone-Burst testing of pulse-echo transducers", IEEE on Sonics and Ultrasonics, Vol. SU-26, No. 1 Jan, 7(1979).
3. A.P. Cracknell, "Ultrasonics", Wykenham publications Ltd., London, (1980), PP. 74 - 91.
4. 内野 研二, "圧電/電歪アクチュエータ", 森北出版(株), 東京, (1986), PP. 78 - 86.
5. 鹽崎 忠, "圧電材料の製造と應用", CMC, 東京, (1985), PP. 244 - 245.
6. Robert T. Beyer and Stephen V. Letcher, "Physical Ultrasonics" Academic Press, London, (1969), PP. 65 - 90.