

# 적층 압전 변환기의 진동 특성

## Vibration Characteristics of Piezoelectric Stack Transducers

김대중\* · 김진오†

Dae Jong Kim, Jin Oh Kim

**Key Words** : Piezoelectric Transducer(압전 변환기), Stack(적층), Natural Frequency(고유진동수), Finite Element Analysis(유한요소해석)

### ABSTRACT

The paper deals with the vibration characteristics of the stack transducers made of piezoelectric discs with different radius. Natural frequencies of the stack transducers were evaluated by finite-element analysis. The natural frequencies of the analysis results were compared with those of each piezoelectric disc, and their relations were investigated.

### 1. 서 론

초음파 센서 또는 액추에이터의 트랜스듀서에 압전 원판이 많이 사용된다.<sup>(1)</sup> 단층 원판형 압전 트랜스듀서에 대한 진동특성 해석은 앞서 발표되었다.<sup>(2)</sup> 두께 방향으로 분극된 압전 원판의 저차 모드는 반경방향 치수와 경계조건에 의해 결정된다. 반경이 다른 압전 원판들을 적층한 변환기가 고안되었다.<sup>(3)</sup>

기존의 적층 변환기는 대개 반경 치수가 같은 원판을 쌓아서 진동 파워를 증대시킨 것이다. 반면에 Fig. 1에 보인 것과 같이 반경 치수가 다른 원판들로 구성된 적층 변환기는 고유진동수 관점에서 고안된 것이다. 이러한 적층 압전 변환기를 설계하기 위해서 진동 특성을 예측하는게 필요하다.

반경이 다른 압전 원판들을 적층한 변환기에 대한 이론적 해석은 미완성이다. 본 논문은 유한요소 해석을 통해 적층 압전 변환기의 고유진동 특성을 파악한다. Fig. 1에 보인 사례는 볼트 체결을 위해 원판 중심부가 빈 링형 원판들의 적층이지만, 본 논문은 단순화를 위해서 Fig. 2에 보인 바와 같이 속

이 찬 원판이 2층으로 결합된 변환기를 대상으로 한다.

### 2. 변환기용 원판의 진동 특성

본 논문의 적층 변환기를 구성하는 단층 압전 원판은 Table 1에 기재되어 있다. 원판의 모든 경계면은 자유롭다. 압전 원판의 고유진동수는 Fig. 3에 나타낸 임피던스 곡선으로부터 구해진다. 임피던스 크기가 극소값인 진동수가 고유진동수이다. Fig. 3의 곡선은 유한요소 해석의 결과이다. 이로부터 구한 고유진동수를 Table 2에 기재하였다.

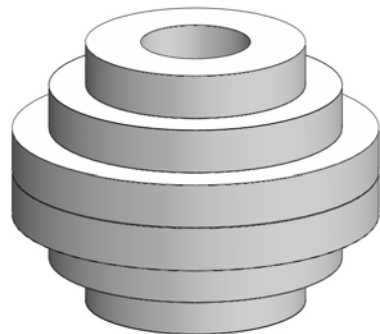


Fig. 1 Schematic diagram of a stack transducer

† 교신저자; 정회원, 숭실대학교 공과대학 기계공학과  
E-mail : jokim@ssu.ac.kr  
Tel : 02-820-0662, Fax : 02-820-0668  
\* 발표자; 정회원, 숭실대학교 대학원 기계공학과



**Fig. 2** Schematic diagram of a stack transducer made of piezoelectric discs

**Table 1** Sizes and materials of piezoelectric discs

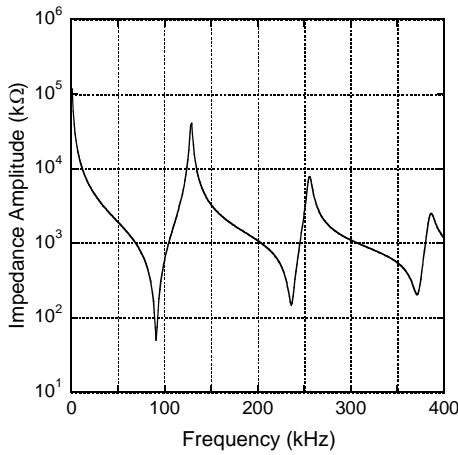
specimen	diameter (mm)	thickness (mm)	material
A	24.8	2.05	PZT-4
B	27.8	2.05	

**Table 2** Natural frequencies of the piezoelectric discs

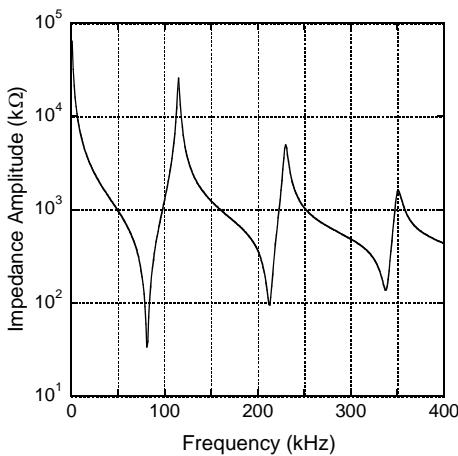
specimen	natural frequency (kHz)		
	1st	2nd	3rd
A	91.0	236	369
B	81.4	212	336

### 3. 적층 변환기의 진동 특성

Table 1에 기재된 바와 같이 반경이 다른 두 압전 원판을 Fig. 2와 같이 적층하였다. 두 원판이 당

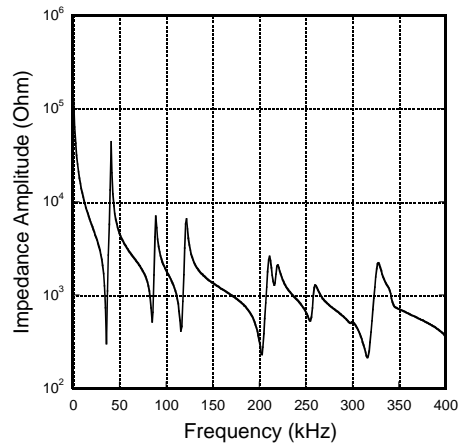


(a) specimen A

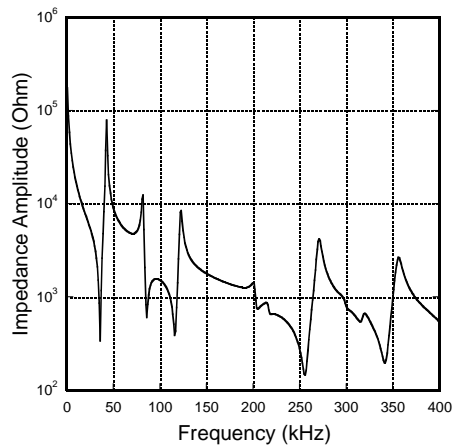


(b) specimen B

**Fig. 3** Impedance curves of the piezoelectric discs

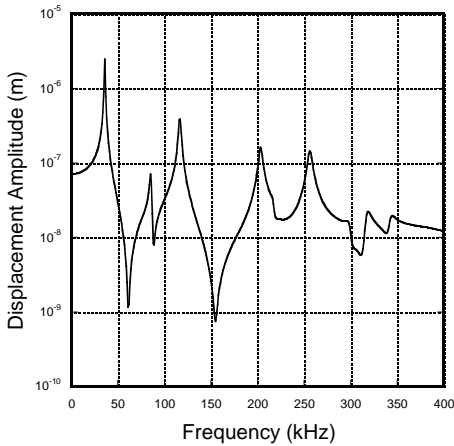


(a) at specimen A

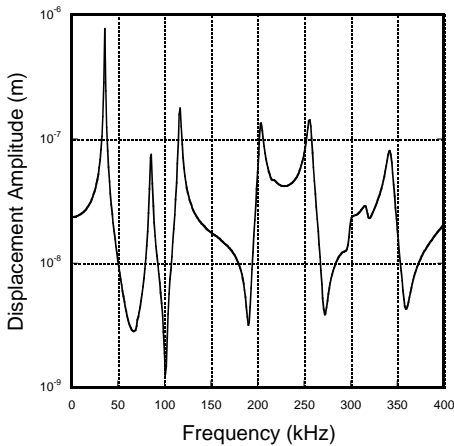


(b) at specimen B

**Fig. 4** Impedance curves of the piezoelectric stack transducer



(a) at specimen A



(b) at specimen B

**Fig. 5** Displacement amplitude of the piezoelectric stack transducer

**Table 3** Natural frequencies of the piezoelectric stack transducer

mode	1	2	3	4	5	6	7
natural frequency (kHz)	36	85	117	203	256	317	345

는 경계면은 결합되어 있고, 나머지 경계면은 자유롭다. 두 원판의 양쪽 면에 전기적인 경계조건을 주었다. 두 원판이 닿는 경계면에서 전극이 공통이다.

적층 변환기의 고유진동 특성을 파악하기 위하여 유한요소 해석을 하였다. 상용 프로그램인 ANSYS

를 사용하였다. 고유진동수를 구하기 위해 2가지 분석을 하였다. 하나는 주파수별 임피던스 곡선으로서 Fig. 4에 나타내었다. 다른 하나는 주파수별 진동변위 진폭 그래프로서 Fig. 5에 나타내었다. 변위 그래프에서 변위 값이 극대점인 주파수가 고유진동수이다. 그래프를 통해 얻은 고유진동수를 Table 3에 나타내었다.

해석 결과를 보면 400 kHz까지 7차 고유진동수가 나왔다. 단층일 때에는 존재하지 않던 새로운 모드의 고유진동수가 나타났다. 1차 고유진동수 36 kHz는 적층에 의해 생긴 고유진동수이다. 그리고 2차 고유진동수 85 kHz는 시편 A와 B의 1차 고유진동수들의 사이 값이다. 그 외의 고유진동수들에 대해서는 좀 더 살펴보아야 한다.

#### 4. 결 론

반경이 다른 압전 원판들을 2층으로 적층한 압전 변환기의 진동 특성을 해석하였다. 유한요소 해석을 통해 구한 적층 변환기의 고유진동수를 단일 압전 원판의 고유진동수와 비교하였다. 적층 압전 변환기가 진동할 때 각 층의 압전 원판들이 상호작용하여, 각 층의 원판의 고유진동수들의 사이 값이 나타나거나 새로운 고유진동수가 나타났다.

#### 후 기

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 "ICT융합 고급인력과정 지원사업"의 지원으로 수행되었음 (NIPA-2014-H0401-14-1005)

#### 참 고 문 헌

- (1) Busch-Vishniac, I. J., 1999, Electromechanical Sensors and Actuators, Springer, New York, Ch. 5.
- (2) Oh, S. H., Kim, J. O., 2012, Coupled Vibration Characteristics of Piezoelectric Disk Transducers, Proceedings of the KSNVE Fall Conference, pp. 663~664.
- (3) Kim, J. O., Kim, D. J., 2014, Piezoelectric Stack Transducer, Korea Patent 10-1387064.