

Class I Flextensional 변환기의 주파수 특성에 관한 연구

강국진, 이영진*, 백종후*
한국섬유기계연구소, 요업기술원*

A Study on the Frequency Characteristics of a Class I Flextensional Transducer

Kook-Jin Kang, Young-Jin Lee*, and Jong-Hoo Paik*
KOTMI, KICET*

Abstract : We constructed a class I Flextensional transducer, and analyzed the variation of the resonance frequency of the transducer in relation to its design variables. We used the FEM for the analysis. Major axis length, minor axis length, thickness and material properties of the shell have large effects on the resonance frequency. In addition, the validation of the FE model was verified by manufacturing and comparison of the impedance analysis.

Key Words : Flextensional transducer, FEA, Frequency characteristic, Impedance analysis

1. 서론

수중에서 사용하는 음향 변환기는 반력을 받쳐주는 플랫폼(Platform)의 표면에 설치되어 주로 수중 음파의 송수신기로 작동하는 Tonpitz형과, 변환기가 잠겨진 상태에서 독자적으로 작동하는 Flextensional형의 두 가지로 크게 나눌 수 있다. Tonpitz형 변환기는 두께방향의 진동을 이용하기 때문에 제작이 용이하고, 배열형에 적용하기 쉬우며 수십 kHz 대역에서 고출력 수중 음향 변환기로 주로 사용된다. 반면에 Flextensional 변환기는 사용하는 주파수 대역에서 부피와 무게는 크게 줄이면서 큰 부피 변위 진폭을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 크기가 매우 작기 때문에 무지향성의 고출력 수중 음향 변환기로 주로 사용되고 있다. Flextensional 변환기는 그림 1에서 보듯이 사용되는 쉘의 모양에 따라 대략 7 종류로 나눌 수 있으며, 원통형의 쉘을 사용하는 class I Flextensional 변환기가 제작성이 용이하므로 실제 많이 사용되고 있다.[1,2] Flextensional 변환기는 세라믹 적층에 전계를 인가하면 세라믹 적층의 두께(장축) 방향으로 작은 변위가 발생된다. 이때 발생된 변위는 지레 효과에 의하여 상대적으로 유연한 타원형 쉘에 전달되어 단축 방향으로 큰 변위를 발생시키기 때문에 사용되는 중심 주파수 대역에서 고효율을 가진다.

그런 class I Flextensional 변환기에 대한 많은 연구가 수행되어져 왔고, 다양한 공진 주파수에 따른 여러 종류의 변환기가 개발되어 사용되고 있다.[3] 그러나 현재까지 변환기의 여러 설계변수가 주파수 특성에 미치는 영향을 체계적으로 분석한 자료는 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 먼저 class I Flextensional 변환기의 구조를 설정하여 여러 형상 변수와 물성 변수들이 공진 주파수에 미치는 영향을 유한요소해석 하고자 한다. 또한 실제 변환기를 제작하여 임피던스 특성을 비교함으로써 유한요소해석의 타당성을 검증하고자 한다.

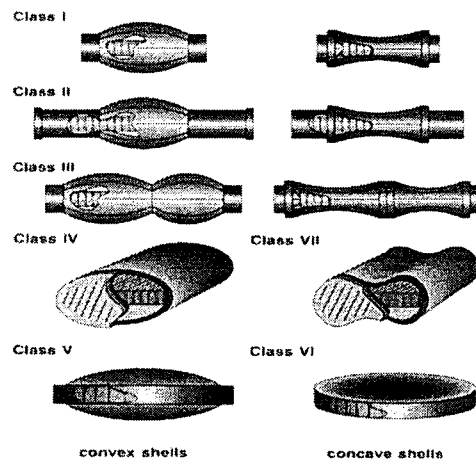


그림 1. Flextensional 변환기의 분류.

2. 본론

본 연구의 class I Flextensional 변환기는 그림 2에서 보는 바와 같이 각각의 세라믹 조각을 병렬로 묶어서 적층한 진동자, 음향 방사체 역할을 하는 shell, 중심점을 잡아주고 물의 침입을 막아주며 세라믹 적층과 shell을 연결하는 역할을 하는 flange, 세라믹 적층과 flange를 전기적으로 분리하는 절연체(insulator), 전체 구조체를 조합하는 볼트 및 너트 등으로 이루어지고, 상용도구인 ANSYS를 이용하여 구성하였다. 모델 구성 시 변환기 대칭성을 고려하여 2차원 축대칭 모델을 사용하였고, 변환기의 모든 부분은 자유상태로 가정하였다. 표 1에 해석에 사용된 변환기 구성품의 물성을 나타내었다.

표 1. 변환기 물성.

	Young's modulus (Pa)	Density (kg/m ³)	Poisson's ratio
Shell(Al)	70.3E9	2,770	0.33
Flange(S45C)	206.0E9	7,955	0.30
Insulator	80.0E9	7,500	0.30
진동자	PZT-4		

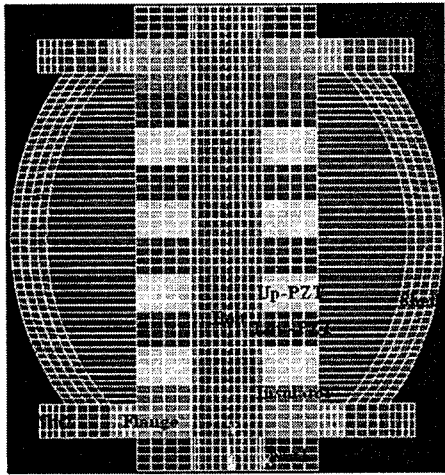


그림 2. 변환기 유한요소 모델.

3. 결과 및 고찰

Class I Flextensional 변환기 구조에서 전체 길이에 따라 공진 주파수 변화를 해석하였다. 전체 길이가 증가함에 따라 내부에 위치하는 진동자의 길이와 shell의 곡률반경도 비례적으로 증가시켰다. 그 결과 변환기 길이가 증가함에 따라 공진 주파수는 감소하였다. 다음으로 shell의 두께 증가에 따라서는 공진 주파수가 증가하였다. 참고문헌에 따르면 Flextensional 변환기의 공진 주파수는 쉘의 두께에 비례하고, 전체 크기에 반비례하는데, 본 연구의 결과는 참고문헌과 일치하는 경향을 나타내었다. Shell 재질을 Aluminum, Graphite, GRP(Glass Reinforced Plastic), S-Glass, Steel, Titanium을 적용하여 공진 주파수 변화를 해석하였는데, shell의 영율이 낮고 밀도가 높을수록 공진 주파수가 감소하는 참고문헌의 경향과 일치하였다.[4]

이상의 해석 결과를 바탕으로 첫 번째 공진 주파수가 약 22kHz를 가지는 변환기를 설계하였고, 그 결과를 그림 3.4에 나타내었다. 또한 설계 치수와 동일하게 실제 변환기를 제작하여 임피던스를 측정하였다. 첫 번째 공진 주파수가 약 21.5kHz를 가졌는데, 이는 유한요소해석 결과와 잘 일치하는 결과이다.[4]

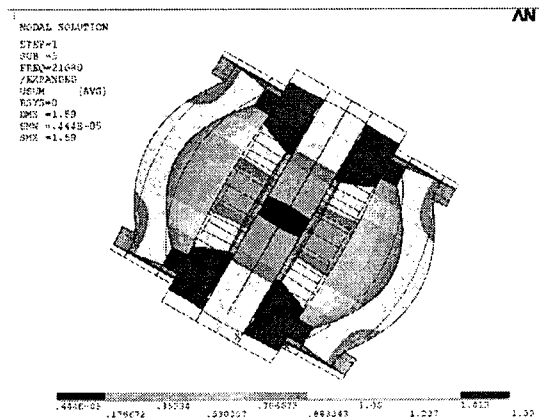


그림 3. 변환기의 첫 번째 진동모드(21.68kHz).

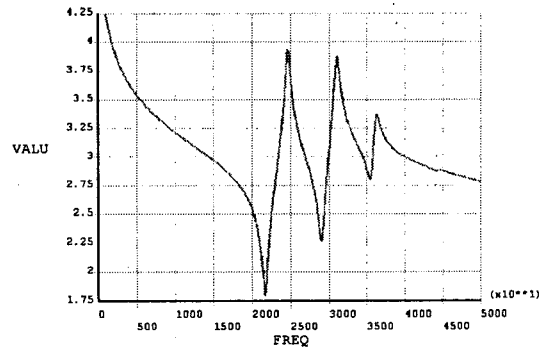


그림 4. 변환기 임피던스 해석 결과.

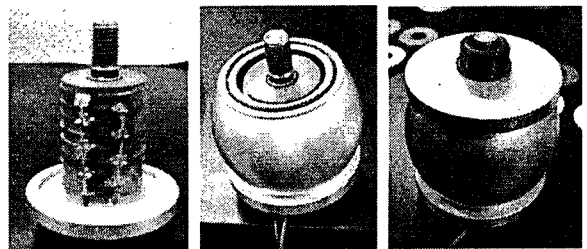


그림 5. 변환기 시제품.

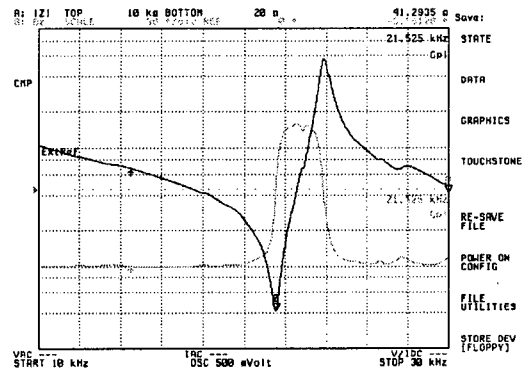


그림 6. 변환기 임피던스 측정 결과.

참고 문헌

- [1] Kenneth D. Rolt, "History of the flextensional electroacoustic transducer," J. Acoust. Soc. Am. 87(3), pp.1340-1348, 1990.
- [2] J. Oswin and J. Dunn, "Frequency, Power and Depth Performance of Class IV Flextensional Transducers," Proc. of the International Workshop, pp.121-133, 1987.
- [3] D. T. I. Francis, J. R. Oswin, and P. C. Macey, "Comparing FE/BE models with measurement: flextensional transducers", Proc. Inst. Acoustics, Vol. 18, No. 10, pp. 31-40, 1996.
- [4] J. C. Debus, J. N. Decarpigny and B. Hamonic, "Analysis of a Class IV Flextensional Transducer Using Piece-Part Equivalent Circuit Models," Proc. of the Third International Workshop, pp.181-197, 1992.