

오목구조형섬발변환자의 진동특성에 미치는 기하학적정수들의 영향

박명일, 리의환

섬발변환자는 원판형압전사기의 동경방향운동을 금속모자의 구부러짐운동으로 전환시켜 압전사기의 축방향으로 보다 큰 변위가 나타나게 하는 소형화된 구부림변환자이다. 따라서 금속모자의 기하학적치수를 어떻게 정하는가에 따라 변환자의 특성이 많이 변하게 된다.[1-3] 볼록구조형섬발변환자의 진동특성에 미치는 금속모자의 기하학적정수들의 영향에 대해서는 고찰[4-6]되었지만 오목구조형섬발변환자에 대해서는 거의 고찰되지 않고있다.

우리는 유한요소해석프로그램을 리용하여 금속모자의 기하학적정수들이 오목구조형섬발변환자의 진동특성에 미치는 영향을 고찰하였다.

모의실험에서는 압전사기재료로 김일성종합대학 첨단과학연구원 전자재료연구소에서 개발한 PZT-1S를 리용하였다.

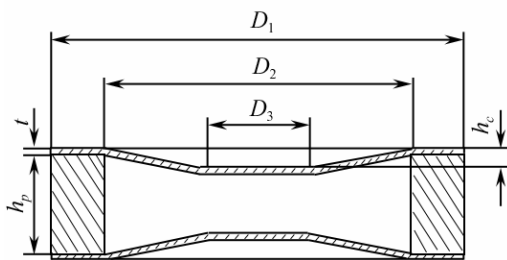


그림 1. 오목구조형섬발변환자의 자름면
 D_1, D_2, D_3 은 각각 금속모자의 직경, 밑직경, 윗직경, h_c 는 홈깊이, h_p 는 변환자의 높이

오목구조형섬발변환자의 자름면을 그림 1에 보여주었다.

계산량을 줄이기 위하여 요소형태로서 압전사기는 축대칭의 PLANE13을, 금속모자(황동)는 PLANE42로 선택하고 그에 해당하는 재료속성값들을 주었다. 또한 금속모자와 압전사기는 예폭시에 의해 굳게 고정되었다고 가정하고 압전사기의 반경방향으로 전기마당경계조건을 주었으며 모드해석과 조화해석을 진행하여 전도도곡선을 얻고 공진, 반공진주파수를 얻는 방법으로 모의를 진행하였다.

금속모자의 직경을 $D_1 = 12.7\text{mm}$, 밑직경을 $D_2 = 9\text{mm}$, 윗직경을 $D_3 = 3\text{mm}$, 홈깊이를 $h_c = 0.34\text{mm}$ 로 하고 금속모자의 두께를 변화시키면서 변환자의 공진주파수변화를 고찰하였다.(그림 2) 그림 2에서 보는바와 같이 금속모자의 두께가 증가함에 따라 변환자의 공진주파수는 증가한다.

금속모자의 직경과 홈깊이에 따르는 공진주파수변화를 그림 3에 보여주었다.

그림 3에서 보는바와 같이 변환자의 직경이 클수록 공진주파수는 감소하며 홈깊이가 증가할수록 공진주파수는 증가한다. 이것은 볼록구조형섬발변환자에서의 특성변화[5]와 유사하다.

이로부터 오목구조형섬발변환자의 공진주파수는 금속모자의 직경이나 두께, 홈깊이를 변화시켜 조절할수 있다는것을 알수 있다.

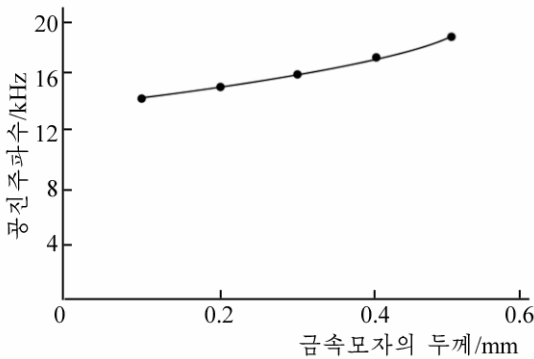
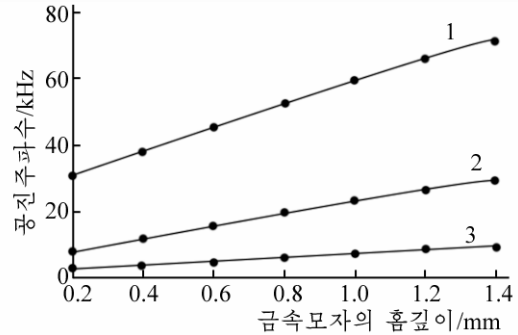


그림 2. 금속모자의 두께에 따르는 공진주파수

그림 3. 금속모자의 직경과 홈깊이에 따르는 공진주파수변화
1-3은 직경이 각각 12.7, 20.0, 30.0mm인 경우

다음으로 두께가 0.2mm인 금속모자의 직경과 밀직경을 12.7, 9.0mm로 고정하고 모자의 옷직경과 홈깊이를 변화시키면서 공기중에서 변환자의 전기력학결합계수를 고찰하였다.(그림 4)

그림 4에서 보는바와 같이 금속모자의 옷직경이 3mm정도(모자의 옷직경과 밀직경의 비가 3/9 즉 1/3)일 때 전기력학결합계수의 최대값이 나타나며 금속모자의 홈깊이가 증가할수록 전기력학결합계수는 증가한다.

두께가 0.2mm인 금속모자의 홈깊이를 $h_c = 0.6\text{mm}$ 로 고정하고 금속모자의 직경과 옷직경을 변화시키면서 전기력학결합계수를 고찰하였다.(그림 5)

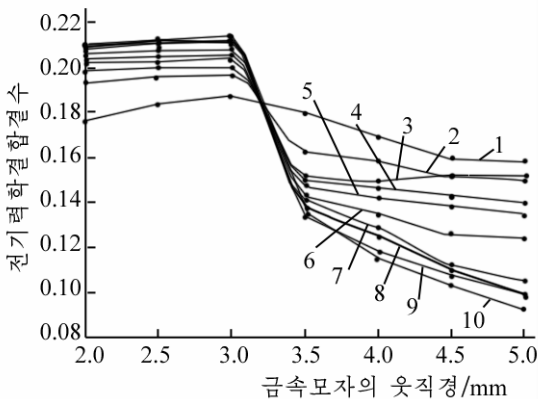
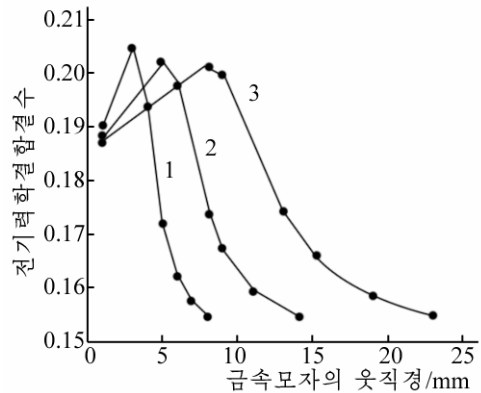
그림 4. 금속모자의 옷직경과 홈깊이에 따르는 전기력학결합계수
1-10은 홈깊이가 각각 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0mm인 경우그림 5. 금속모자의 직경과 옷직경에 따르는 전기력학결합계수
1-3은 직경이 각각 12.7, 20.0, 30.0mm인 경우

그림 5에서 보는바와 같이 직경이 서로 다른 3종의 오목구조형심발변환자에서 금속모자의 밀직경과 옷직경의 비가 3 : 1일 때 전기력학결합계수의 최대값이 나타났다. 이로부터 오목구조형심발변환자에서 전기력학결합계수가 최대가 되는 금속모자의 합리적인 직경비는 1/3정도이라는것을 알수 있다.

직경이 12.7mm이고 금속모자의 두께와 밀직경이 0.25, 9mm인 오목구조형심발변환자에 1~6MPa의 외부압력을 가할 때 홈깊이에 따르는 유효압전상수를 고찰하였다.(그림 6)

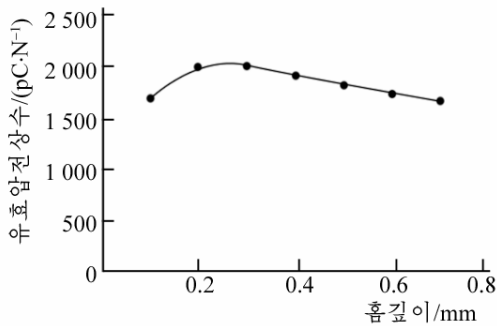


그림 6. 홈깊이에 따르는 유효압전상수변화

그림 6에서 보는바와 같이 홈깊이가 0.3mm 일 때 유효압전상수는 최대값을 가진다. 이때 금속모자의 밑직경과 홈깊이의 비는 0.3/9 즉 1/30 정도이다. 모자직경을 각이하게 변화시켰을 때에도 금속모자의 밑직경과 홈깊이와의 비가 1/30일 때 유효압전상수값은 최대로 되었다.

이로부터 금속모자의 밑직경과 홈깊이의 비를 1/30정도로 보장하면 유효압전상수값이 최대로 되는 변환자를 제작할수 있다.

맺는 말

금속모자의 직경이 클수록 공진주파수는 감소하며 모자의 홈깊이와 두께가 증가할수록 공진주파수는 증가한다. 또한 금속모자의 윗직경과 밑직경의 비가 1/3정도일 때 변환자의 전기력학결합계수는 최대로 되며 금속모자의 밑직경과 홈깊이의 비가 1/30정도일 때 유효압전상수는 최대로 된다.

참고 문헌

- [1] F. Bejarano; Sensors and Actuators, A 210, 182, 2014.
- [2] E. Uzgur; IEEE Journal of Oceanic Engineering, 32, 2, 408, 2007.
- [3] T. Feng-Hua; Torpedo Technology, 15, 3, 51, 2007.
- [4] Anne-Christine et al.; J. Electroceram., 20, 139, 2008.
- [5] S. Lin; Sensors and Actuators, A 163, 266, 2010.
- [6] GAO Bing-Shan; Applied Acoustics, 29, 3, 217, 2010.

주체108(2019)년 3월 5일 원고접수

Effect of Geometrical Parameters on Vibration Characteristic in a Concave Cymbal Transducer

Pak Myong Il, Ri Ui Hwan

When the ratio of bottom diameter and top diameter is about 3 to 1 and the ratio of bottom diameter and cavity depth is about 30 to 1 in the metal caps, we have found that the electromechanical coupling coefficient and effective piezoelectric constants of the transducer have the maximum values.

Key words: concave cymbal transducer, electromechanical coupling coefficient, metal caps