

## 원기동형위상조종수중음향탐지기안테나의 합리적인 탐지주파수결정

최영호, 리철수

선행연구[1, 3]들에서는 먼 음마당에서 위상조종안테나의 측정과 적응지향성형성에 대하여 제기하였으나 안테나소자들의 감도와 위상분산은 고려하지 않았다.

론문에서는 주파수대역이 비교적 좁은 압전복합요소로 구성된 안테나의 압력에 따르는 탐지주파수의 변화를 해석하였으며 이로부터 지향성변화의 인자로 되는 요소안테나주파수특성을 압력변화에 따라서 고찰하고 원기동형위상조종수중음향탐지기안테나를 실현하였다.

### 1. 압력변화에 따르는 요소안테나의 주파수변화

현재 수중탐지기에서는 탐지거리와 식별능력을 높이는것을 목적으로 여러가지 탐지체계들이 연구되고있다.[1] 특히 원기동형위상조종안테나는 기계적회전부가 없으므로 기하학적크기의 제한성을 가지지 않기때문에 탐지주파수를 넓은 범위에서 선택할수 있다.[2]

안테나계를 구성하는 요소는 금속-압전사기복합 또는 압전사기로 설계제작된다. 일반적으로 항해와 물고기탐지기에서는 주파수대역이 30~100kHz인 금속-압전사기복합 요소로 안테나를 구성한다. 이러한 요소는 전자기변환요소에 비하여 우량도가 상대적으로 높으므로 환경의 영향을 심하게 받는다.

공진주파수부근에서 등가회로의 주파수변화에 따르는 전달함수곡선과 위상특성은 그림 1과 같다.

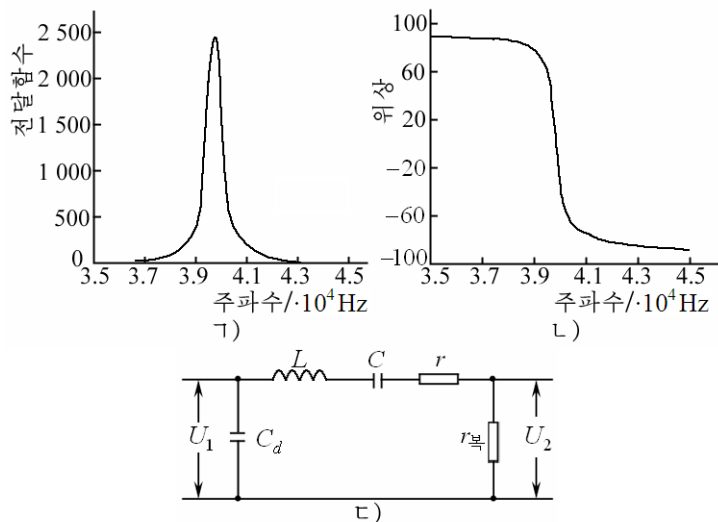


그림 1. 등가회로의 주파수변화에 따르는 전달함수곡선과 위상특성

1) 전달함수곡선, 2) 위상특성, 3) 등가회로

이때 등가회로에 대한 전저항과 전달함수식은 다음과 같이 표시된다.[3]

$$H = \begin{vmatrix} A & B \\ C & D \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ j\omega C_d & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} Z & 1 \\ 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ R_{\text{부}}^{-1} & 1 \end{vmatrix} \quad (1)$$

여기서

$$Z = r + j\omega L + 1/j\omega C \quad (2)$$

이다. 이로부터 전달함수는 다음과 같이 계산된다.

$$F = V_1/V_2 = A + B/R_{\text{부}} \quad (3)$$

그림 1의 ㄱ)와 ㄴ)에서 보여주는 것과 같이 공진주파수부근에서 전저항과 위상이 급격히 변화된다. 이것은 물속에서 일정한 속도로 운동하는 원기동형안테나곡면주위에서 발생하는 류체흐름압력구배가 안테나의 공진주파수부근에서 정수변화를 일으킨다는 것을 의미한다. 3kn(1.5m/s)의 속도로 운동하는 원기동형안테나주위에서의 속도변화에 대한 ANSYS의 계산결과는 그림 2와 같다.

이때 안테나측면방향에서의 류체흐름속도는 8m/s로 되며 와류렬에 따르는 속도변화가 생긴다. 이 속도변화는 원주방향을 따라 배열된 요소안테나들에 각이한 등가질량의 변화를 가져온다. 즉 그림 2의 속도분포곡선에서 보는 것처럼 안테나소자들은 서로 다른 와류에 의한 공진주파수저하를 발생시킨다.

이로부터 변환효율이 큰 공진주파수에 탐지기의 동작점을 선택하는 경우 안테나 매 요소들의 진폭과 위상특성이 변하므로 방위각형성을 위한 위상합성에서 분산이 커지며 결국 탐지거리와 식별력이 떨어진다는 것을 알 수 있다.

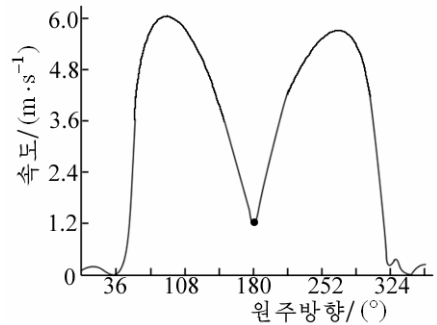


그림 2. 속도변화에 대한 ANSYS의 계산결과

## 2. 동작주파수선택실험

공진주파수가 55kHz인 볼트조임란즈반구조진동자를 제작하고 정수압탱크에서 압력에 따르는 공진주파수변화를 측정하였다. 안테나가 설치된 탱크의 압력을 점차적으로 올리면서 4단자회로를 리용하여 전저항변화를 스펙트럼분석기 《LSW-115》로 측정한다.

주파수에 따르는 전저항특성은 그림 3과 같다. 정수압력  $2 \sim 4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ 에서 전저항은 약 20% 증가하고 공진주파수저하는 5% 이하이다. 이상의 실험결과는 이론적해석과 일치한다.

이로부터 실험결과와 환경조건을 고려하여 탐지주파수가 55.5kHz인 위상조종안테나를 설계하였다. 총 288개의 요소안테나로 구성된 원기동안테나의 정수분산은

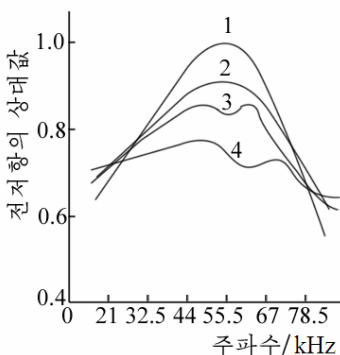


그림 3. 주파수에 따르는 전저항특성

1-4는 정수압이 각각 0, 1.5, 2, 6기압인 경우

공진주파수부근에서 전저항이  $\pm 3.5\%$ , 공진주파수편차는  $\pm 2.6\%$  였다.

제작된 안테나의 탐지주파수를 50kHz 로 선정한 경우  $\pm 4\text{kHz}$  의 대역너비에서 위상 특성은 선형성을 가지며 감도분산은  $\pm 2\text{dB}$ , 송파감도는  $145\text{dB}$  (기준  $\mu\text{Pa} / \text{V}$ ), 수파감도는  $-186\text{dB}$  (기준  $\text{W} / \mu\text{Pa}$ )이다.

## 맺 는 말

원기동형위상조종수중음향안테나에서 진폭과 위상특성이 선형으로 되는 탐지주파수를 결정하였다. 제작한 안테나의 동작주파수는  $50 \pm 4\text{kHz}$ , 감도분산은  $\pm 2\text{dB}$  이며 요소안테나의 총개수는 288개이다.

## 참 고 문 헌

- [1] V. Behar; Techniques for Phase Correction in Coherent Ultrasound Imaging Systems, Ultrasonics 603~610, 2002.
- [2] H, P Knudsen; Gauging the Reliability of Acoustic Instrumente for Fishers Surveys, IEEE 1, 4244, 2006.
- [3] 田坦; 声纳技术 (第二版), 北京航空航天大学出版社, 209~221, 2014.

주체107(2018)년 12월 5일 원고접수

## Determination of Reasonable Detective Frequency of Cylindrical Phase Control Sonar Antenna

*Choe Yong Ho, Ri Chol Su*

This paper described about decision of operating frequency with linear amplitude and phase characteristics which were main factor of detection range and object identification in the cylindrical phase control sonar antenna.

Key words: sonar antenna, cylindrical phase control, detective frequency