

## 주파수 위상 변조에 의한 초음파 탐촉자 변위 발생기에 관한 연구

김 정 래\*

### A Study on Ultrasonic Transducer displacement generator by Frequency Phase modulation

Jeong-lae Kim\*

#### 요 약

본 연구에서 개발하고자 하는 기기의 모델은 초음파 탐촉자를 이용하여 변위 조절이 가능한 발생기로써 주파수 위상을 변조하여 26KHz와 38KHz의 초음파 탐촉자의 공진 주파수에서 발생하는 초음파 출력 장치와 초음파 출력량을 100W, 300W, 400W, 600W가 발생하도록 시스템을 설계하였다. 시간의 변화를 주어 초음파 발생의 양을 산출하였고, Thiram 수화제를 사용하여, AOAC method 측정법으로 검출하였으며, UV/VIS spectrophotometer 으로 결과치를 판별하였다.

#### Abstract

This study was carried out to develop an ultrasonic transducer displacement generator through 26KHz and 38KHz of the frequency phase modulation on the ultrasonic transducer. This system was produced a power output generation such as 100W, 300W, 400W and 600W. Ultrasonic power output had a change of time. We made use of a Thiram hydration and detected its measurement by the AOAC method. It was to decide the result of ultrasonic power supply for time duration and the result of comparison in the 26KHz & 38KHz by UV/VIS spectrophotometer.

---

\* 서울보건대학 의료공학과

## I. 서론

2차 대전 이후 산업 발전 및 공업화로 초음파가 금속 용접, 에칭, 도금, 전기광, 주조, 천공과 화학 공정에 활용 되었으며, 유속 및 수위 등의 측정과 공정 제어 등에 널리 쓰이게 됨은 물론 의학분야에서도 치료, 수술, 진단 용 등에 널리 활용되고 있다[1,2,3,4,14].

초음파에서 발생하는 에너지는 충격력을 갖고 있고, 그 에너지의 크기를 통해 식물의 조직을 파괴 및 고체 표면에 부착된 물질을 이탈시킬 수 있는 작업이 가능하여 과일류 등의 세척이나 용기의 세척기술에서도 활용되고 있다[8].

의료기구, 실험 및 연구용 기구, 전자부품, 렌즈, 광학 부품, 귀속금 등의 다방면으로 세척하는데 활용되고 있는데 이것은 초음파의 캐비테이션 효과를 이용하고 있고 이것의 특성은 액체 중에 조사하여 수많은 미세한 공동이 발생하게 되는데, 약 초당 25,000~30,000회 정도의 발생과 소멸이 반복되어 액체의 화학반응의 촉진과 분산작용으로 효능을 높여주고 있다.

다양한 주파수의 특성과 변위별 출력량의 발생효능의 차이에 따른 초음파특성이 다름으로 다양한 형태의 발전기를 생성할 수 있다.

본 연구에서는 다양한 조건의 주파수 위상을 변조하여 초음파 탐촉자의 변위에 따른 발생장치를 설계하고 시스템을 개발하고자 한다.

## II. 연구방법

### 2.1 이론적 배경

사람의 귀로 들을수 있는 가청주파수는 대략 약 20~2만Hz 의 음파이다. 비교적 낮은 주파수인 가청음으로 생활해 가지만 그 이상의 음은 들을 수 없다. 그 이상의 음

을 초음파라 하며, 대략 사용되는 주파수는 1~10MHz 이며, 일부 동물들이 들을 수 있다[6,7,13].

초음파는 주파수가 높고 파장이 짧기 때문에 상당히 강한 진동이 발생함으로 그 진로가 방향성을 가지고 있는 짧은 펄스(pulse)가 나오게 되는데 이를 이용하여 박쥐가 밤에 날아다니며 방향성을 찾을 수 있고, 그밖에 수심 측정, 어군탐지 등이 가능하다. 수중으로의 초음파 조사는 다양한 화학반응을 유발 및 촉진시킬 수 있는 특성을 가지고 있어서[9], 물질에 의한 흡수도 및 물질 중에서의 전파속도의 차이는 각 매개체의 분자간에 음파가 통과하는 종류에 따라 액체, 기체를 구분하여 진행하고, 통과시 파장의 진행방향으로 진동하여 반응하고 있으며, 압력의 변화는 분자들간의 이동에 따른 음원의 세기와 압력의 관계를 식(1)로 설명할 수 있다.

$$I = \frac{P_a^2}{2\rho c} \quad (1)$$

I : Energy per unit are per unit time

Pa : Acoustic pressure amplitude

ρ : Density of the medium

c : Velocity of the sound in the medium(c=f·λ)

음원의 세기는 식(2)에서 나타난 것 과 같이 에너지 소모에 의한 파장으로 전해지고, 거리가 길어질수록 약하게 나타난다[5].

$$I = I_0 e^{-2\alpha I} \quad (2)$$

I : Intensity at the distance, I

I : Intensity at the source

α : Overall attenuation coefficient(frictional, thermal conduction, and other energy losses)

초음파 에너지는 반복되는 액상속의 rarefaction 파 compression를 일으키는 현상으로 나타나고, rarefaction 생기는 작은 진공상태의 공동이 compression 과정에서 폭발하게 되는데, 빠르게 반복되는 이 현상을 cavitation 이라고 하며, 이때 발생하는 기포의 폭발력은 순간적인 압력이 10,000 psi, 온도가 5,540℃까지 올라가게 된다. 한 현상을 초음파 특성으로 나타내고, 이러한 짧은 주기의 조건으로 물체 표면의 오염을 제거하는 작용을 하게된다[10,11].

이 현상으로 대상물체의 용존기체가 방출되는데, 공업적으로 금속 용해물, 광학유리, 절연류 등에서 유해한 기

포를 제거하는 수단으로 이용되고, 기포가 터질 때 압력 및 기포 내에서의 방전현상으로 초음파를 받은 대상물질은 기계적인 작용을 받거나 화학 변화를 일으키게된다.

주파수 (frequency)에 의해 초음파의 cavitation 영향을 받으며, 26KHz 같은 낮은 주파수의 경우에는 cavitation이 크기가 크며, 생성되어 폭발력 및 그 강도가 커짐으로 효율성이 우수하게 나타나지만 그 수가 비교적 적게 생성된다.

반면에 높은 주파수의 경우는 많은 수의 작은 크기의 cavitations이 생성되며, 침투성(penetration)이 우수하게 나타난다.

### 2.2 실험장치 설계 및 제작

1. 초음파 출력 검사 방법 : 100W, 300W, 400W, 600W 여러 단계의 출력 회로를 구성한다.
2. 시험 방법 : AOAC method 972.27를 사용하였다[15]
3. 시험 대상 시료 : Thiram 농약을 사용하였다.
4. 분석장치 : UV/VIS spectrophotometer 440nm으로 chlorform에 대한 흡광도로 표준 값을 선정한다.

## Ⅲ. 실험 진행 및 특성 결과

### 3.1 초음파 변위 발생장치 설계 및 제작

초음파를 발진하기 시키기 위해서는 초음파 탐촉자 고전압의 발진부가 필요하고, 일정시간 조절에 의한 시간조절 장치부와 발진주파수의 특성을 맞추어주는 펄스 발생부로 그림6과 같이 구성하였다[12].

#### 3.1.1 전원 발생 장치 및 제어부

초음파진동용 발진에 일정한 전원 공급을 분배해주고, 시간 변화를 스위칭 컨버터를 통해 변환 및 제어 해주는 전원장치로 구성되어 있으며, 다음 부분인 필터링으로 일정하게 인가해주는 조절부분으로 구성되어 있다.

#### 3.1.2 초음파 탐촉자 발진부 및 필터부

수백 KHz이상의 진동자로 발진기의 고압 회로에서 출력단의 최적부하저항과 진동자의 저항을 직·병렬로 상쇄시키고, 공심을 통해 리액턴스 값을 조정하고, 코어를 넣어 손실을 줄인 상태에서 출력단에 맞는 주파수로 변환해주고 필터를 통해 안정된 발진이 형성하도록 해주는 장치로 구성되어 있다.

#### 3.1.3 펄스 발생부

인덕턴스와 커패시터를 사용하여 회로로 구성하고, 공진 주파수를 이용하여 발진주파수를 맞추어 주는 역할을 하고, 원통코일의 코일수를 통해 인덕턴스 값을 조정해준다.

#### 3.1.4 Time control 부분

초음파 발진상태를 시간별 구분해서 발생시켜 주는 장치로 최대 15분을 기준으로 setting한다.

## 3.2 블록다이아그램

그림1은 크게 2개 부분으로 아날로그 부분과 시간 조절에 의한 디지털부분으로 구성할 수 있다.

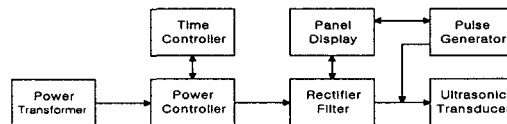


그림1. 초음파탐촉자 변위 발생기의 블록다이아그램  
Fig.1 The schematic diagram of ultrasonic transducer displacement generator

### 3.3 초음파 발생 구성 현황

장치를 설치할 기구는 스테인레스(Stainless steel) 구조물에 공진주파수 26KHz와 38KHz 풀형인 진동자를 고정시킨다. 출력량에 따라 진동자 위치를 선정하여 최대 출력량을 구성하였다. 구조물은 4l 용기로써 수조 바닥면에 수직으로 표1과 그림2로 초음파 진동자를 부착하였다.

표1. 초음파 출력량에 따른 탐촉자수 및 배열 순서  
Table. 1 Characteristic of Part number of ultrasonic transducer by Power supply

POWER SUPPLY	QUANTITY	PART NUMBER
100W	2EA	④⑦
300W	6EA	④⑤⑥⑦⑧⑨
400W	8EA	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩
600W	12EA	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫

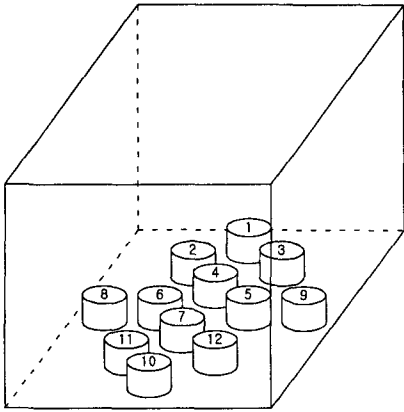


그림2. 초음파 탐촉자 배열 순서도  
Fig. 2 Arrangement method of ultrasonic transducer

3.4 초음파 출력 측정 및 결과치

초음파 출력회로를 통해 발생하는 출력량인 100W, 300W, 400W, 600W에 따라 표2에서 나타난것과 같이 26KHz 탐촉자의 시간당 발생하는 케비테이션에 의한 기포발생으로 실험 대상물체에 붙어 있는 Thiram의 수가 Normal한 값에 대해 그림3에서 결과치의 히스토그램을 통해 차이를 갖고 있음을 나타냈고, 표3에서는 38KHz 탐촉자의 출력량과 그림4에서 결과치의 히스토그램을 비교하였다. 그 결과 시간에 따라 약간의 차이는 있으나, 주로 5분 정도이상이면 Thiram의 수에 별 차이가 없는 것으로 나타났다. 표2에서 나타난 데이터에 의하면 출력의 량이 300W에서 400W에서 최대의 효율을 보여주었다.

표2. 시간변화에 따른 초음파 출력량 결과치(ppm), 26KHz  
Table. 2 Ultrasonic Power Supply for Time duration(ppm). 26KHz

	5MIN	10MIN	15MIN
100W	10.2	10.3	10.3
300W	4.72	4.73	4.72
400W	3.54	3.55	3.54
600W	5.55	5.56	5.56
NORMAL	11.03	11.03	11.03

표3. 시간변화에 따른 초음파 출력량 결과치(ppm), 38KHz  
Table. 3 Ultrasonic Power Supply for Time duration(ppm). 38KHz

	5MIN	10MIN	15MIN
100W	0.83	0.83	0.83
NORMAL	3.33	3.34	3.34

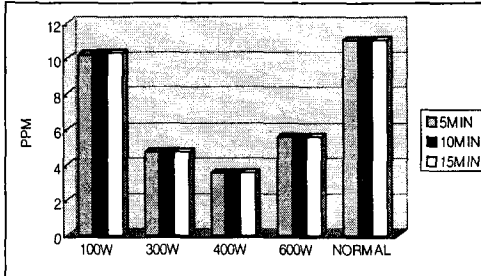


그림3. 26KHz 초음파 탐촉자 출력량 결과치(ppm) 히스토그램

Fig. 3 The schematic diagram of the result by ultrasonic transducer 26KHz

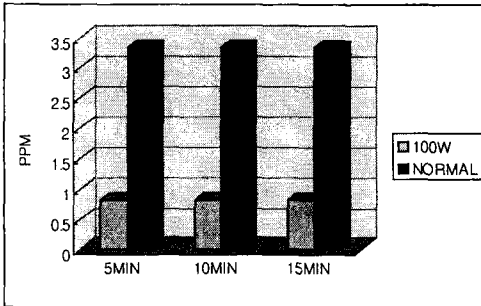


그림4. 38KHz 초음파 탐촉자 출력량 결과치(ppm) 히스토그램  
Fig. 4 The schematic diagram of the result by ultrasonic transducer 38KHz

공진 주파수에 따라 초음파 출력량을 비교분석 해보면 Fig. 5에서 나타난 결과와 같이 출력을 100W로 기준해서 볼 때 26KHz는 Normal값에 비해 9.25%의 변화가 나타났고, 38KHz는 22.16%의 변화차가 나타나 공진 주파수의 출력량의 변화에서 38KHz 가 2배 이상 더 좋은 특성을 보여주고 있다.

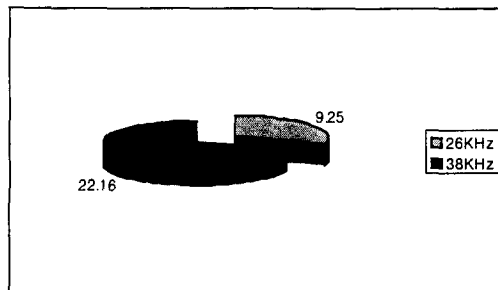


그림5. 초음파 탐촉자 26KHz와 38KHz의 비교  
Fig. 5 The result of comparison in the 26KHz and 38KHz

### 3.5 시스템 제작

그림6은 초음파 탐촉자 내부 구성으로써 12개를 사용하여 최대출력 600W를 발생시킬 수 있는 배열로 되어 있고, 그림 7는 주파수 위상 변조를 발생 시켜주는 초음파 변위 발생기로 시스템을 나타냈다.

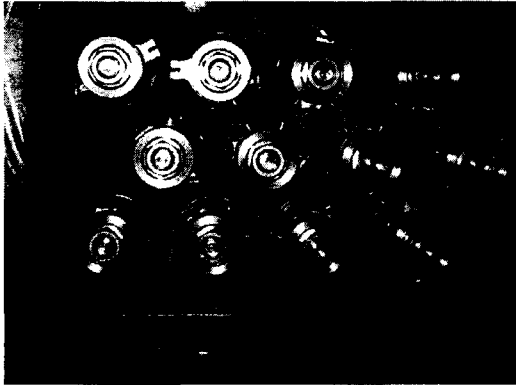


그림6. 초음파 탐촉자 내부  
Fig. 6 The Photographs of the ultrasonic transducer

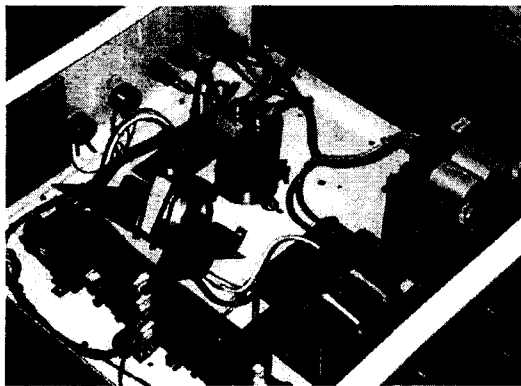


그림7. 초음파 변위 발생기 내부  
Fig. 7 The Photographs of the ultrasonic displacement generator

## IV. 결 론

본 연구에서 개발하고자 하는 기기의 모델은 초음파 탐촉자를 이용하여 변위 조절이 가능한 발생기로서 주파

수 위상을 변조함으로써 26KHz와 38KHz의 초음파 탐촉자의 공진 주파수에서 발생하는 초음파 출력 장치와 초음파 출력량을 100W, 300W, 400W, 600W가 발생하도록 시스템을 설계하였다. 시간의 변화를 주어 초음파 발생의 양을 산출하였고, Thiram 수화제를 사용하여, AOAC method 측정법으로 검출하였고, UV/VIS spectrophotometer 으로 결과치에 대해 판독을 하였다.

- (1) 초음파 변화에 따라 출력량의 변화를 확인하였다.
- (2) 초음파 탐촉자의 위치에 따라 출력량의 변화를 알 수 있었다.
- (3) 시간의 변화에 따라 5분 이상의 경우에는 별다른 차이를 볼 수 없었다.

차후의 분석방법에서 Thiram수화제외에 다른 수화제를 사용하여 측정범위를 확대 시킬 수 있을 것으로 기대하고, 초음파 탐촉자를 늘려서 출력이 높은 발생장치에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] Frederick, J. R.: Ultrasonic engineering 1st ed., John Wiley & Sons, 1965
- [2] Steinberg, E. B.: Ultrasonic in industry, Proceeding of the IEEE, 53(10), 1292, 1965
- [3] Atkins, G., S. K. Kor and S. Petrucci: Ultrasonic in chemistry, Proceedings of the IEEE, 53(1), 1379, 1965
- [4] Erikson, K. R., F. J. Fry and J. P. Jones: Ultrasound in medicine, IEEE transaction on sonics and ultrasonics, 21(3), 144, 1974
- [5] Mason, T. J. and Lorimer, J. P., Sonochemistry, Theory, Application and Uses of Ultrasound in Chemistry, Ellis Horwood, Ltd. 1988
- [6] Lord Rayleigh "Theory of Sound" 2nd ed. London Macmillan & co. 1894

- [7] F.J.Fahy "A Technique for Measuring Sound Intensity with a Sound Level Meter" Noise control Eng.J.9,3,155,1977
- [8] Wang, L. C.: Ultrasonic peptization of soybean proteins from autoclaved flakes. Alcohol-washed flakes and commercial samples, Poultry science, 43, 1311, 1978
- [9] Suslick, K. S., Ultrasound: It's Chemical, Physical and Biological Effects, VCH, New York, 1988
- [10] F.J.Fahy "Sound Intensity" Elsevier Applied Science, London,46-51,1989
- [11] Bruel & Kjaer "Sound Intensity(Theory)" Technical Review, No.3, 1982
- [12] J. Tsujino, T. Ueoka and S. Tsuboi: Driving and Welding Characteristics of an Ultrasonic Butt Welding System Using a large Capacity Power Amplifier, Jpn. J. Appl. Phys. vol.29, Suppl.29-1, pp.176-178(1983)
- [13] 전자기술연구회(1991) "알기쉬운 초음파응용" 기문사
- [14] 김영환, 전재근(1991), 초음파 식품 여과 장치의 개발, 서울대학교 대학원 석사학위논문
- [15] AOAC Official Methods of Analysis. AOAC, p 60, 1995

### 저자 소개



김 정 래  
 1983.2 연세대학교 의용전자공학과 졸업  
 현재 : 서울보건대학 의료공학과 교수