

논문 2017-54-1-18

원유 깊이 측정을 위한 초전도셀 최적화에 관한 연구

(Study on the Optimizing Ultrasonic Cell for Depth Measurement of Crude Oil)

오 규 태*

(Kyutae Oh[©])

요 약

지금까지의 초음파센서와 관련된 연구 중 대부분은 대기 중에서 사용하거나 수중에서 사용하는 연구가 대부분이었다. 본 연구는 원유나 석유 등의 유종에서 사용하는 경우에 관한 것으로 초음파 소자에 고전압을 인가해야 하는 초음파의 특성 상 폭발의 위험이 있어 폭발에 대한 우려 없이 유종에서 초음파를 효과적으로 발생시키기 위한 초전도 셀의 특성에 대해 연구하였다. 본 연구를 통해 폭발의 위험이 없으면서 원유 등 유종에서 초음파를 투과하여 원유의 깊이를 측정하거나 원유 바닥의 슬러지를 측정할 수 있는 가장 적합한 초전도셀의 면적, 두께, 발사 주파수 등을 도출하였으며 초음파센서에 24V의 전압을 인가하여 200kHz 주파수를 발생시킬 경우, 초전도셀의 최적 직경은 26~28mm, 두께는 9mm로 하는 것이 최적임을 확인하였다.

Abstract

Until now, most of the studies related to the ultrasonic sensor was in the water or the air. This study is for ultrasonic sensor in crude oil. because the ultrasonic cell use high voltage, it can cause an explosion. So, in crude oil, it did not use an ultrasonic sensor. This is the study of the ultrasonic sensor that generates ultrasonic waves while preventing explosion.. Through this study, when trasmit ultrasonic in the crude oil, it found the most adaptive diameter, thickness, transmit frequency of ultrasonic cell to measure the depth of the crude oil and sludge. In conclusion, when a 200kHz frequency is generated by applying a voltage of 24V to the ultrasonic cell, the optimum diameter of ultrasonic cell is 26~28mm, the thickness of ultrasonic cell is 9mm.

Keywords : ultrasonic, measurement, crude oil

I. 서 론

세계 각국은 국제 유가의 변동에 따른 물가 변동을 최소화하기 위해 원유를 탱크 등에 장시간 비축하여 물가를 조절하고 있다. 장시간 원유를 보관할 경우, 원유 내부에 함유되어 있던 슬러지 즉, 찌꺼기가 탱크 바닥에 쌓여 비축된 원유의 정확한 깊이를 측정하기 어렵게 된다.

기존의 원유의 깊이를 측정하던 방법은 직접 원유에

측정용 막대를 넣어 깊이를 측정하는 것이 유일한 방법이었으나 수십미터 이상의 깊이는 측정할 수 없었다. 본 연구에서는 원유 표면에서 바닥으로 초음파를 발사하여 거리를 측정하는 장치를 제작하였는데 본 연구는 그를 위해 초음파를 발사하는 초전도 셀을 최적화하는 연구를 통해 초음파 송수신 소자의 최적 성능을 발휘할 수 있는 두께와 직경을 실험으로 도출하였다.

II. 본 론

1. 개요

초음파를 이용하여 거리나 깊이를 측정하는 기술은 공기 중, 수중에서 많이 사용되고 있다.^[1] 또한, 그 정확

*정회원, 대림대학교 디지털전자과 (Department Digital Electronics of Daelim University College)

© Corresponding Author(E-mail : oh-kt@hanmail.net)

Received ; November 3, 2016 Revised ; November 10, 2016

Accepted ; December 26, 2016

도도 수 밀리미터~수 센티미터에 이를 정도로 매우 정밀한 측정도 가능하다.

측정의 원리는 송신측에서 특정 주파수의 초음파를 발사한 후 반사되어 초음파가 수신될 때 수신될 때까지의 시간을 계산하여 거리를 측정하는 방식이다.^[2]

공기 중에서 측정하는 방법은 송신용 초음파 발진기와 수신용 초음파 수신기를 별도로 사용하는 경우가 많고, 수중용 초음파 발진기는 발진부와 수신부를 하나로 사용하는 것이 일반적이다.^[3] 송수신기에서 별도의 초전도 셀을 사용하는 경우는 초음파 발생 회로나 수신회로가 간단해 질 수 있다는 장점이 있고 하나의 초전도 셀에서 송수신을 수행하는 경우는 발진과 수신을 시간을 나눠 수행해야 하므로 제어 회로가 복잡해지는 단점이 있다.

본 연구에서는 수중에서 측정하는 방법과 같이 원유에서 측정하는 방식이므로 수중용 초음파 센서와 같은 원리로 초음파 발진부와 수신부를 하나의 초전도 셀로 사용하면서 발진 후 일정한 시간 차를 두어 초전도 셀에서 수신된 반사파를 수신하여 송수신 초음파의 시간 차를 계산하는 방식을 사용하였다.^[4]

2. 측정 환경 구축

초음파를 발진하는 초음파 셀의 두께와 직경에 따라 초음파 트랜스듀서와의 공진 주파수가 달라지기 때문에 발생 출력도 달라지게 된다. 본 연구에서는 다양한 초음파 셀을 실험하기 위해 전용 초음파 트랜스듀서를 제작하여 동일한 조건에서 초음파 셀의 두께와 직경에 따른 특성을 평가하였다.^[5~6]

가. 측정 환경

원유의 유종에 따라 반사 특성이 달라질 수 있으므로 가장 일반적인 원유를 원유 탱크의 상부에서 추출하여 3시간 가량 방치하여 슬러지가 아래로 쌓이게 한 후 측정하였다.

그림 1은 초음파 소자의 특성 측정을 위해 자체 제작한 수조로 수조의 높이는 2m, 직경 30cm의 원통형으로 유종을 1.5m 높이로 채운다.

나. 측정 과정

초음파 센서의 성능을 실험하기 위해 실험수조 내의 유종 표면에서 바닥으로 200kHz의 초음파를 발사해 반사되는 신호를 검출하였다. 초전도 셀을 원유 위에 띄우기 위해 본 연구에서는 그림 2와 같은 배 형태를 만들어 바닥 부분에 초전도 셀을 삽입하여 측정하였다.



그림 1. 초음파 소자 측정 실험을 위해 제작한 탱크와 원유 샘플

Fig. 1. The tank making for ultrasonic cell experiment and sample crude oil.



그림 2. 초음파 셀 부착

Fig. 2. Attach ultrasonic cell.

압전 초음파센서의 제작을 위해 상용 해석툴인 PZFlex를 사용하여 시뮬레이션한 후 제작된 몇 가지 초전도 셀을 초음파 트랜스듀서에서 발진 후 오실로 스크로프에서 초음파를 수신하는 측정실험을 하여 성능을 평가하였다.

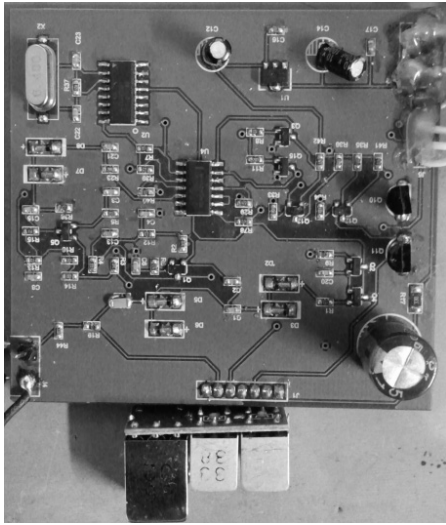


그림 3. 본 실험에 사용된 초음파 트랜스듀서
Fig. 3. The ultrasonic transducer used in this study.

III. 실험

1. 센서 특성평가 및 유량 실험

시뮬레이션의 타당성을 실험적으로 검증하기 위하여 표 2와 같이 초음파 셀의 크기를 다르게 선정하여 센서를 제작한 후 원유 수조에서 반사되는 반사파를 측정하여 최적의 초전도 셀을 도출하였다.

표 2. 초전도 셀의 직경, 두께
Table2. The diameter, thickness of ultrasonic cells.

구분	종류
직경(mm)	20, 22, 26, 28, 30, 32, 34
두께(mm)	3, 5, 7, 9

초음파 발생기에서 입력되는 초음파의 주파수는 200kHz를 사용하고 인가 전압은 5V를 배전압 회로로 증폭하여 24V를 만들어 인가하였다. 만일 24V 이상의 전압을 인가하면 출력이 커지므로 당연히 수신 초음파의 수신 강도가 강해지나 방폭 인증 규격을 만족할 수 없어 최대 24V만 인가하는 것으로 하였다.

가. 두께

초음파센서의 두께는 3, 5, 7, 9mm를 측정된 결과 3~5mm 이내의 두께에서는 초음파가 발생하지 않고 5mm 이상의 두께에서는 초음파가 발생되었으나 9mm 이상에서는 다시 급격히 반사파가 줄어들었다.

이를 통해, 본 연구를 위한 최적의 두께는 7mm를 전후로한 두께로 하는 것이 효과적임을 확인하였다.

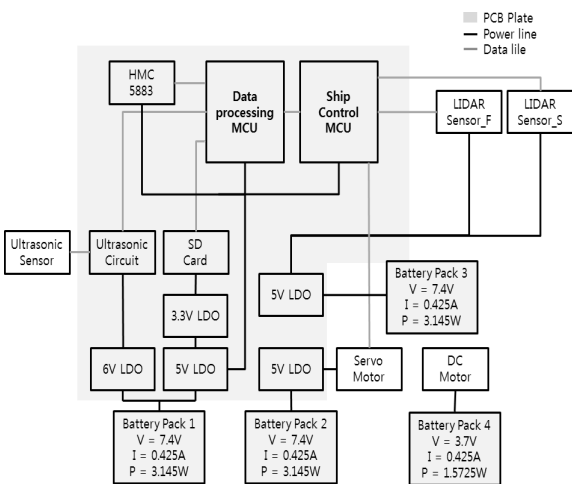


그림 4. 초음파 트랜스듀서 시스템 구성도
Fig. 4. The ultrasonic transducer system diagram.

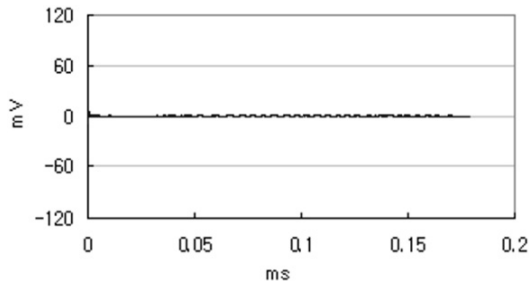
다. 측정 대상 초전도셀 종류

초음파 소자는 지름 20mm, 25mm, 30mm, 35mm의 두께 3, 5, 7, 9mm의 초전도셀로 실험하였다.

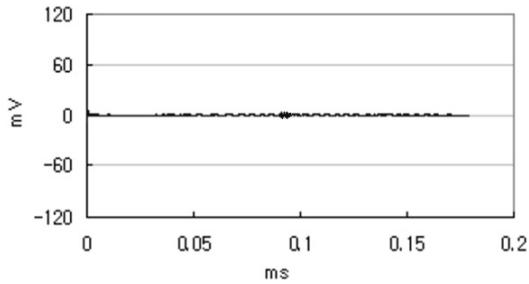
이 중 초음파 발생 실험과 깊이 측정 실험 결과 아래 네 가지 종류가 공진회로에서 동작이 됨에 따라 아래 네 가지 종류의 초전도셀로 출력을 측정하였다.

표 1. 초전도 셀의 종류
Table1. Type of ultrasonic cells.

규격	φ 25, 두께 3	φ 30, 두께 5	φ 30, 두께 7	φ 30, 두께 9
형상				



(a) 공진이 발생하지 않음(두께 3, 5mm)
(a) The resonance does not occur(Thickness 3, 5mm)



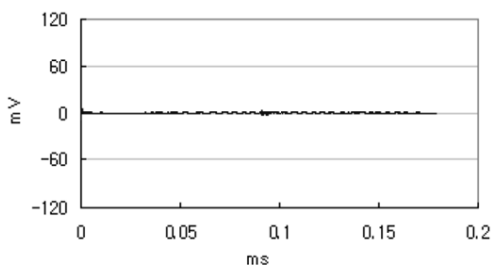
(b) 공진이 발생하나 최대 출력이 나오지 않음.(직경 7, 9mm)
(b) The resonance occurs but a maximum output does not appear.(Thickness 7, 9mm)

그림 5. 초음파에 공급되는 전압에 따른 반사파
Fig. 5. The reflected wave according to a voltage supplied to the ultrasonic.

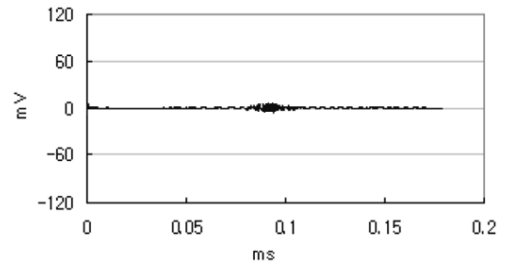
나. 직경

초음파센서의 직경을 20~34mm까지 변경하면서 측정한 결과 22mm 이내에서는 공진이 일어나지 않아 반사파가 발생하지 않았고, 22mm 이상부터 반사파가 발생하다가 28mm에서는 최적 공진이 일어나 최대 반사가 일어났고 30mm를 넘어가면서 다시 반사파가 줄어들다가 34mm 이상에서는 공진이 일어나지 않아 반사파가 발생하지 않았다.

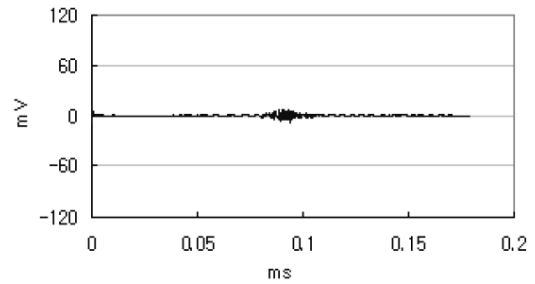
즉, 본 연구를 위한 최적의 직경은 26~28mm 이내의 직경을 사용해야 하며 그 외의 범위에서는 공진이 되지 않거나 반사파의 양이 매우 미약하므로 사용할 수 없음을 확인하였다.



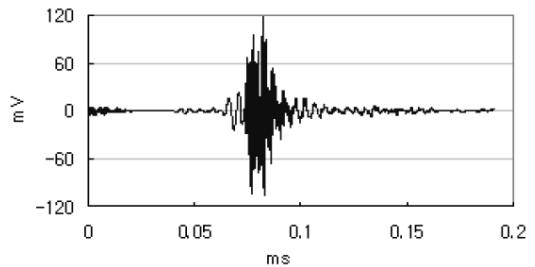
(a) 공진이 발생하지 않음.(직경 20mm)
(a) The resonance does not occur(Diameter 20mm)



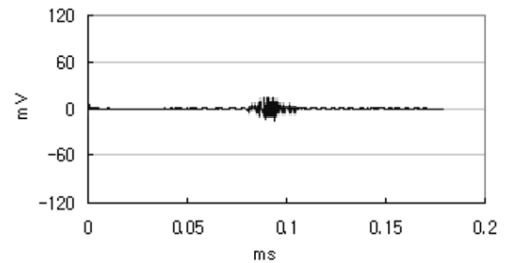
(b) 공진이 발생하나 최대 출력이 나오지 않음.(직경 22mm)
(b) The resonance occurs but a maximum output does not appear.(Diameter 22mm)



(c) 공진이 발생하여 출력이 커짐.(직경 26mm)
(c) The resonance occurs a output power increased. (Diameter 26mm)



(d) 공진이 발생하여 최대출력이 나옴. (직경 28mm)
(d) The resonance occurs a maximum output power accrued. (Diameter 28mm)



(e) 공진이 발생하나 출력이 작아짐.(직경 30mm)
(e) The resonance occurs but a output power decreased. (Diameter 30mm)

그림 6. 직경의 변화에 따른 반사파의 변화
Fig. 6. The changes in the reflected wave according to a change of the diameter.

IV. 결 론

본 연구에서는 방폭인증 조건 때문에 0종 지역에서 필요한 본질안전 규격을 만족시키면서 초음파센서가 최대 출력을 낼 수 있는 조건에 대해 연구하였다.

본 연구에서는 최적의 초음파센서 동작 조건과 초전도 셀의 직경과 두께를 조정하면서 초음파 발생 후 반사파를 측정 한 결과, 200kHz 주파수와 24V 전압을 인가하는 경우 트랜스듀서의 최적 직경은 26~28mm, 두께는 9mm로 하는 것이 최대 출력임을 확인하였다.

본 연구 결과를 바탕으로 초음파 거리측정 장치를 제작하면 원유의 깊이 측정에 가장 효과적인 초전도 셀을 제작할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 경기지방중소기업청 중소기업기술개발사업(2년)에 의한 연구기금에 의하여 연구되었습니다.

REFERENCES

- [1] yongre no, ultrasonic and applocation, Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 1, pp. 52~71, 2007.7
- [2] junkwan park, the technique of flow measurement using untrasonic sensor, 1, pp. 25~29, 2009.10
- [3] Geun Chul Park, Study on the Development of Sensors for Distance Measure Using Ultrasonic, Journal of Sensor Science and Technology, Vol. 23, No. 1, pp. 46~50, 2014.
- [4] Jinhoh kim, sensor and actuator using ultrasonic, Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 1, pp. 723~728, 2000.10
- [5] R. Queirós, F. C. Alegria, P. S. Girão, and A. C. Serra, "Cross-correlation and sine-fitting techniques for high-resolution ultrasonic ranging", IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 59, no. 12, pp. 3227-3236, 2010.
- [6] Journal of Sensor Science and Technology Vol. 23, No. 1, pp. 46~50, 2014.

저 자 소 개



오 규 태(정회원)

1997년 서울산업대학교 전자공학과 학사 졸업.

2000년 한국항공대학교 정보통신공학과 석사 졸업.

2004년 한국항공대학교 항공전자공학과 박사 졸업.

<주관심분야: IoT, 위치인식 기술, 영상인식 기술>