

1-3형 복합압전체 초음파 트랜스듀서를 사용한 레벨Limit스위치에 관한 연구

박 경일, 김 흥근, 신광호*, 사공 건

동아대학교 전기전자컴퓨터공학부, 경성대학교 멀티미디어공학과*

Study on the Level Limit Switch Using a Self Made 1-3 type Ceramic/Polymer Composite Ultrasonic Transducer

K.I. Park, H.G. Kim, K.H. Shin*, G. Sa-Gong

Dong-A Univ., Kyung Sung Univ.*

Abstract

In this study, an ultrasonic transducer is fabricated with a 1-3 type composite resonator. Pulse-echo responses of an ultrasonic transducer are investigated in underwater with the designated water-levels. LED output signals of a level limit switch with changing a water level are obtained by using the currently developed self-made 1-3 type composite transducer and electric measuring unit. LED is turned on at above the up-limit level with increasing a water level, and LED is turned on at less than the down-limit level with decreasing a water level.

1. 서 론

국내 산업계에서는 레벨을 측정하기 위한 무인 자동화, 공장자동화 등의 핵심부에 초음파 레벨메터를 사용하고 있으나 국산화를 위한 연구개발이 미흡한 형편이다. 특히 PZT(Lead Zirconate Titanate)소자로 제작된 트랜스듀서는 그 PZT소자의 밀도 및 비유전율이 높아 매질이 공기 및 물인 경우 음향임피던스 정합이 어려우므로 정합층을 필요로 한다. 그러나 이들의 삽입손실로 인한 출력 감소로 높은 출력을 필요로 하므로 주위 매질과의 정합을 개선시키기 위한 새로운 소재의 개발이 요구되고 있다[1].

또한 기존의 수위 레벨메터는 공기 중에서 음파를 방사하는 관계로 근무환경이 열악할 경우 펄스-에코 신호의 저감과 산란으로 인해 오동작의

우려가 있다. 이들 수위 레벨메터는 비교적 원거리의 레벨을 검출하기 위해 제작된 것이므로 근거리에서의 레벨변화를 검출할 수 있는 레벨 리미트 스위치의 개발이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 초음파 변환기를 거리측정용 센서로 사용하여 비교적 가까운 거리에서의 피측정물의 수위의 변화를 원격으로 감지하는 시스템 개발에 대한 연구를 행하였다. 이를 위해 초음파 변환기는 음향 임피던스 정합을 고려하여 압전성이 큰 세라믹과 비유전율이 작은 고분자 매질을 복합화한 Ceramic/Polymer 1-3형 복합압전체 [2]를 제조하여 진동자로 사용하였으며, 수중에서의 초음파 변환기의 펄스-에코 신호를 자체 제작한 Electric Unit의 입력신호로 사용하였고, LED의 출력을 통하여 피측정물의 수위변화를 감시하였다.

2. 실험 방법

2.1 초음파 변환기의 제작

자체 제작한 1-3형 복합압전체 소자를 진동자로 사용하여 초음파 트랜스듀서용 탐촉자(probe)를 제작하였으며[2], 그림1에 그 구조를 나타내었다.[3] 이 탐촉자는 음향임피던스가 비교적 큰 동(copper) 파이프를 사용하였으며, 내경은 15(mm)이다. 그리고 탐촉자의 한쪽은 진동자를 고정하였고, 다른 한쪽은 BNC 콘넥터를 부착하였으며, 진동자 주위는 실리콘 고무로 얇게 덧입혀 각종 특성을 조사할 수 있는 구조로 제작하였다. 이때 진동자의 시효(aging)발생을 감소시키기 위하여 (+)전극을 안쪽으로 향하게 하였고, 신호선(signal line)으로는 은선(silver wire)을 사용하였다. 또 바깥면에는 접지선을 BNC 콘넥터로 접속하고, 가능한 옴접촉(ohmic contact)이 되도록 하기 위해 은전극을 사용하여 접착시켰다

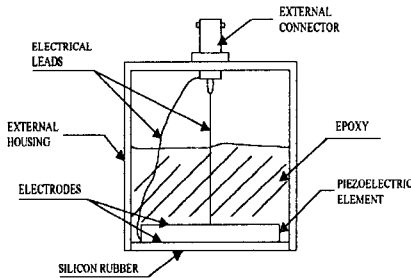


그림 1. 초음파 변환기의 구조.

그리고 수중에서의 측정을 위해 실리콘 고무와 테프론 테이프를 사용하여 탐촉자를 완전 밀폐하였으며, 약 1m정도의 리드선을 부착하였다[3].

2.2 Electric Unit

본 연구에서는 자체 제작한 초음파 변환기의 펄스-에코 응답신호를 이용하여 수위의 변화를 감시하였다. 변환기의 송수신 신호의 시간차를 전압으로 연산하기 위하여 Electric Unit을 자체 제작하였으며, 그 블록선도를 그림 2에 나타내었다. 초음파 변환기의 발진부는 LM555(비안정발진기)를 사용하였으며, 발진신호를 임펄스화하기 위하여 단안정발진기와 펄스트랜스를 사용하였다. 수신된 펄스신호는 clamping부와 증폭기를 거쳐 comparator에 의해 기준레벨(0.01V)과 비교하여 선택된다. 이 신

호들은 gate와 적분기를 거쳐 sample holder에 의해 저장되며, 초음파 트랜스듀서의 자체 공진에 의한 dead time을 보상하는 보상기를 거쳐 피측정물의 수위를 검출하게 된다.

상하는 보상기를 거쳐 피측정물의 수위를 측정하게 된다[4].

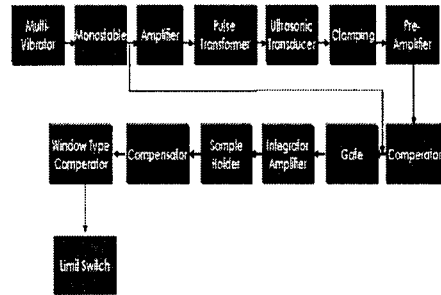


그림 2. Electric Unit의 블록선도.

2.3 측정 방법

본 연구에서의 수위 변화를 감지하기 위한 시스템의 블록선도는 그림 3과 같다. 5m×5m의 수조 내에 자체 제작한 1-3형 초음파 변환기를 설치하였고, 펄스-에코 신호는 RS232 통신프로토콜을 사용하여 오실로스코프(Tektronix TDS 3021, 100MHz, 1.25GS/s)와 컴퓨터를 interfacing하여 확인하였다. 그리고, 수위의 변화에 따른 펄스-에코 신호를 이용하여 Electric Unit부에서 연산된 실제 측정값을 변환기와 수위와의 기준거리값과 Time Comperator로서 비교하여 변화된 수위를 검출할 수 있도록 하였다. 또한, 수위의 증감 변동을 시각적으로 확인하기 위하여 수위가 상승할 경우 BLUE LED, 하강할 경우 RED LED가 점등하도록 하였다.

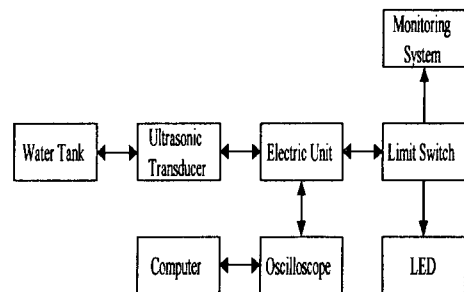


그림 3. 수위변화 감시 시스템의 블록선도.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 1-3형 복합압전체 시편의 공진특성

본 연구에서 제조한 1-3형 복합압전체 시편의 주파수 변화에 따른 공진특성을 나타낸 것이다. 공진주파수는 약 180kHz와 1.5MHz에서 일어났으며, 거리분해능이 우수하고 또한 본 연구의 목적에 부합하는 전 두께모드 진동인 1.5MHz를 사용하였다.

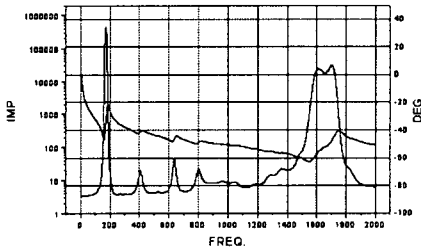


그림 4. 1-3형 복합압전체 시편의 공진특성.

3.2 펄스-에코 특성

본 연구에서는 자체 제작한 PZT-고분자 1-3형 초음파 트랜스듀서에 대한 pulse-echo 응답특성을 얻기 위해 그림 5와 같은 임펄스(Impulse)를 인가하여 pulse-echo 응답특성을 얻었으며, 이때 인가된 임펄스 신호의 크기는 1/100으로 감소시킨 것이다.

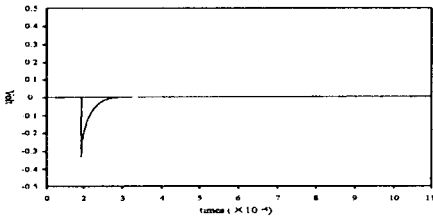
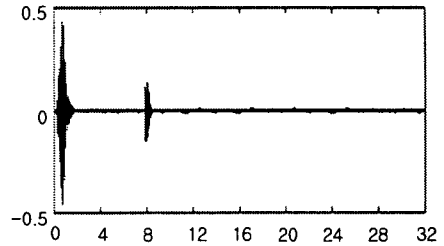


그림 5. 변환기에 인가된 임펄스의 파형.

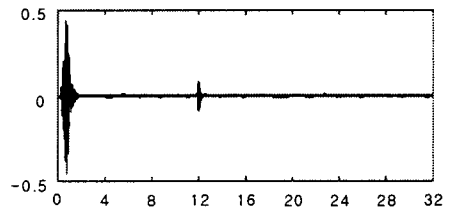
그리고 인가된 임펄스에 의해서 초음파 변환기에서 얻어진 펄스-에코 신호를 LED의 입력으로 사용하였으며, LED의 출력을 통하여 피측정물의 수위변화를 검출하였다. 이때, 기준수위는 6cm로 하였으며, 이것을 기준으로 피측정물의 수위가 3cm 이상 증가할 경우에는 청색 LED가 점등되고(상한 기준수위: 9cm), 수위가 3cm이하로 감소할 경우에 적색 LED가 점등되도록(하한 기준수위: 3cm) 회로를 구성하였다.

그림 6(a),(b)는 수위가 기준수위(6cm)에서 각각 1.5cm 하강 및 상승하였을 경우의 펄스-에코 응답

특성을 나타낸 것으로, 피측정물의 수위가 모두 3cm 하한 및 상한기준을 벗어나지 않았으므로 LED의 출력은 나타나지 않았다.



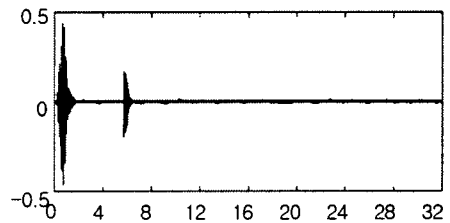
(a) 기준수위에서 1.5cm 하강하였을 경우



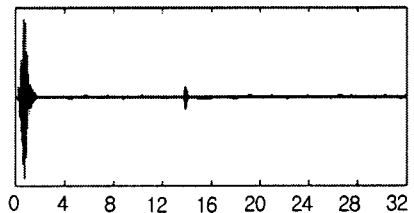
(b) 기준수위에서 1.5cm 상승하였을 경우

그림 6. 수위 변동 시 펄스-에코 응답특성.

그림 7(a), (b)는 피측정물의 수위가 기준 수위(6cm)보다 3cm 하강 및 상승하였을 경우의 펄스-에코 응답특성을 나타낸 것으로, 기준수위에서 3cm의 하한 및 상한기준 레벨을 벗어나고 있어서 그림 7(a)에서는 적색 LED가 점등되었고, 그림 7(b)에서는 청색 LED가 점등되었다.



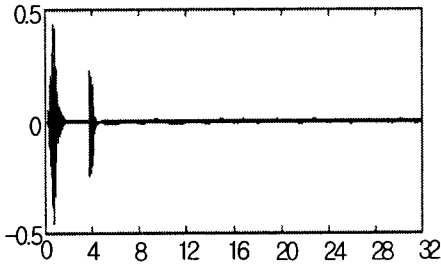
(a) 기준수위에서 3cm 하강하였을 경우



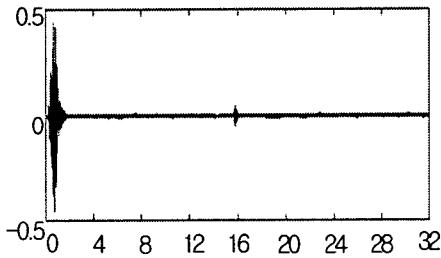
(b) 기준수위에서 3cm 상승하였을 경우

그림 7. 수위 변동 시 펄스-에코 응답특성.

그림 8(a),(b)는 피측정물의 수위가 기준 수위(6cm)보다 4.5cm 하강 및 상승하였을 경우의 펄스-에코 응답특성을 나타낸 것으로, 기준수위보다 하한, 상한기준을 벗어나고 있어서 8(a)의 경우에는 적색 LED가 점등되었고, 8(b)의 경우에 있어서는 청색 LED가 점등되었다.



(a) 기준수위에서 4.5cm 하강하였을 경우



(b) 기준수위에서 4.5cm 상승하였을 경우

그림 8. 수위 변동 시 펄스-에코 응답 특성.

표 1은 피측정물의 수위변동에 따른 LED의 출력을 나타낸 것인데, 실제 측정값과 비교적 잘 일치하였다.

표 1. 수위변동에 따른 LED의 출력.

수위 변화 \ 검출 신호	감 소			기준 레벨	증 가		
	4.5cm	3cm	1.5cm	0	1.5cm	3cm	4.5cm
RED LED	○	○	×	×	×	×	×
BULE LED	×	×	×	×	×	○	○

(○ : 점등, × : 소등)

4. 결 론

본 연구에서 자체 제작한 1-3형 초음파 트랜스듀서 및 근접거리 변동 측정시스템을 사용하여 비교적 가까운 거리에서의 피측정물의 수위변동에 대한 LED의 출력결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수위가 상승할 경우 기준레벨 이상에서 상한레벨 미만의 범위에서는 출력이 나오지 않았음을 LED점등으로 확인할 수 있었으며, 상한레벨 이상일 경우 검출신호가 나타났다.
2. 수위가 하강할 경우도 기준레벨 이하에서 하한레벨 범위 미만에는 출력이 나오지 않았으며, 하한레벨 이하일 경우 검출신호가 나타났다.
3. 수위의 변동에 따른 검출신호가 비교적 정확하여 비교적 근접한 거리에서 피측정물의 변화만을 감시하고자 하는 레벨Limit 검출시스템에 적용이 가능함을 LED점등으로 확인할 수 있었다.

본 연구결과는 과학기술부·한국과학재단에서 지정한 지역협력연구센터(RRC)및 산업자원부·한국산업기술평가원에서 지정한 지역기술혁신센터(TIC)인 동의대학교 전자세라믹스센터의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] G. Sa-Gong et al : "Flexible Composite Piezoelectric Sensors", IEEE Proc., Int'l. Ultrason. Sympo., p.501, 1984.
- [2] 사공건 외 3 : 습식건식법에 의해 제작된 PZT/고분자 1-3형 복합압전체의 음향특성, 대한전기학회 학술대회논문집, pp.81~83, 1994
- [3] 사공건 외 1 : 사전분극처리된(Prepoled) 유연한 1-3 세라믹/고분자 복합압전체의 PZT 체적비에 따른 전기적 특성, 대한전기학회 논문지, 42(11), pp.100~106, 1993.
- [4] 사공건 외 3 : 거리측정용 1-3형 복합압전체 트랜스듀서의 펄스에-코특성, 한국전기전자재료학회지, 8(2), pp.211~216, 1995.