

압력센서용 압전부저의 특성에 관한 연구

A study on characteristics of piezo-buzzer for pressure sensor

신영록*, 김홍근*, 김철한*, 최현일*, 사공건*

(Y.L. Shin, H.K. Kim, C.H. Kim, H.I. Choi, G. Sa-Gong)

Abstract

A piezo-buzzer being used for the purpose of generation of audible frequency, which is a electric-acoustic transducer utilizing the inverse piezoelectric effect. Also it can be used for a pressure sensor according to the piezoelectric effect. But the output of a piezo-buzzer is a differential signal. In this study, we've made a system that can measure a real pressure by integration of output signal. According to our results, it could be found a possibility of application for pressure sensor by measurement of output characteristics when a piezo-buzzer was pressurized and depressurized, and by measuring of an error by means of the drift current of OP-Amp, etc..

Key Words : Piezo-buzzer(압전부저), Pressure Sensor(압력센서), Current Drift(전류 드리프트),

I. 서 론

압전부저는 원래 역압전효과를 이용한 전기음향 변환 소자로 가청주파수를 발생시키는 목적으로 사용되고 있다. 그러나 압전정효과를 이용하면 압력센서로 사용할 수 있다. 또한 압전부저는 다른 압력센서들에 비해 가격이 매우 싸며 출력신호가 크고 비교적 쉽게 측정회로를 만들 수 있는 장점이 있다. 그러나 압전부저에 압력을 가하면 출력신호는 미분 신호이며, OP-Amp의 drift전류에 의한 오프셋이 입력신호와 함께 적분되어 오차를 발생시킨다.¹⁾ 그러므로 압전부저를 장기측정에 사용하면 drift에 의한 오프셋이 누적되어 정밀도가 떨어지게 된다.

본 연구에서는 압전부저의 미분출력신호를 적분하여 실제 압력을 측정할 수 있는 회로를 구성하였다. 또한 가압 및 감압시의 출력특성과, OP-Amp의 drift(특히 온도에 따른 drift)에 의한 영향을 조사하여, 단시간 압력측정과 저압력 계측기로서의 응용 가능성에 대해 고찰하였다.

II. 이 론

1. 압전부저의 동작원리

압전부저는 가장 일반적인 구조로서 전극이 부착된 압전 세라믹스 박판을 얇은 금속진동판에 접착시킨 복합진동자이다.

이 압전 부저소자의 형상은 Fig. 1과 같은 원판상이 많이 사용되고 있다. 압전 부저소자의 크기로서는 외경이 10~50 [mm]이고, 두께는 0.2~1.0 [mm]인 것이 많이 사용된다. 이 압전 부저소자를 음향설계된 케이스에 넣고 조립한 것을 압전부저라 한다.

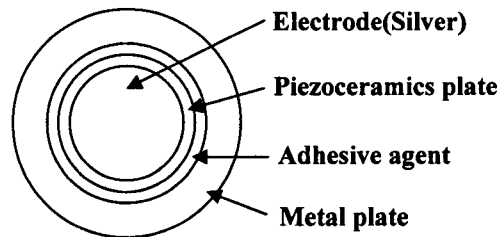


Fig. 1. Piezo-buzzer

압전 부저에 사용되는 압전 세라믹스는 두께 방향으로 분극시키고, 대향하는 세라믹 양면에 전극을 부착한다. 분극 방향에 대해 직각인 방향의 신축이

* : 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부
(부산광역시 사하구 하단동 840)
Tel: 051-200-7736 Fax: 051-200-7743
E-mail: gsagong@mail.donga.ac.kr

압전 부저 동작의 기본이 된다.

압전 부저소자는 편면(片面)이 전계로 신축하지 않는 진동판에 접착되어 있으므로 종진동을 한다. 인가 전압이 교류신호이면 이 종진동이 반복되므로 공기를 진동시켜 음을 발생한다.²⁾

2. 등가회로

압전부저의 등가회로는 Fig. 2와 같다. 등가회로에서 C_d 는 압전 세라믹스의 정전용량, L_0 는 등가질량, C_0 는 등가stiffness의 역수, R_0 는 등가 기계저항이다.

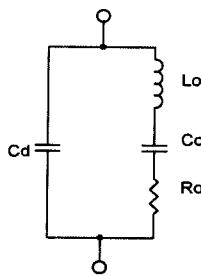


Fig. 2. Equivalent circuit of a piezo-buzzer

임피던스가 최소인 주파수일 때, 즉 등가회로의 L_0 , C_0 , R_0 의 직렬공진점에서 최대 출력이 나타난다.²⁾

III. 실험방법

1. 공진주파수 측정

공진 및 반공진 주파수는 HP4192A LF Impedance Analyzer를 이용하여 1~5 [kHz] 사이에서 임피던스 $|Z|$ 와 위상각 θ 를 측정하였다.

2. 압력 측정시스템 구성

센서에 고체로서 물리적인 응력을 가하면 센서의 전체 면적에 걸쳐서 균일한 힘을 가하기가 어려우므로 임상용 혈압계(0~300 mmHg)로 기체 압력을 가하여 센서의 면에 균일한 힘이 가해지도록 하였다. 이 때 혈압계의 호스와 센서를 three way로 연결한 후 공기가 새어 나가지 않도록 에폭시로 밀봉하였고, 가해진 압력은 혈압계의 수은주에서 mmHg 단위로 측정하였다.

압전부저에 압력을 가하면 출력신호는 전류신호이므로 I-V converter를 이용하여 전압신호로 변환시켰다. 또한 압전부저의 출력은 미분신호로 출력된다.

따라서 적분기를 사용하여 압력이 가해지는 동안 신호가 유지될 수 있도록 처리하였다.³⁻⁴⁾ 적분기의 OP-Amp는 입력임피던스가 매우 큰 LF356($10^{12}\Omega$)을 사용하였고⁵⁾ 정확한 전압 측정을 위해 OP-Amp의 입력 오프셋 전압을 거의 0[V]로 조절하였다.

처리된 신호를 National Instrument PC-LPM-16/PNP DAQ Card(분해능: 0.01 V)에 입력하여 A/D conversion을 행한 후, 동아대학교 의과대학 의과학연구소에서 개발한 PhysiLab P800 프로그램에서 출력전압을 모니터링하였다. 이 과정을 Fig. 3에 블록다이어그램으로 나타내었다.

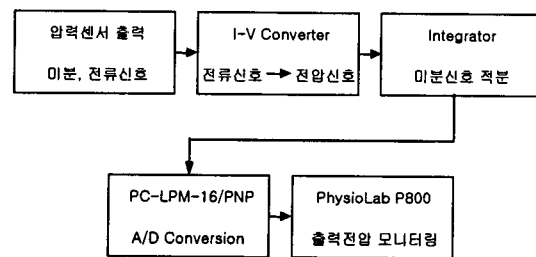


Fig. 3. A Block diagram for pressure sensor signal conditioning & monitoring

3. 가압 및 감압시의 특성조사

압전부저의 압전 세라믹스와 금속판의 재료적인 특성이 서로 다르므로 가압 및 감압시의 출력특성이 서로 다르게 나타날 수 있다. 그러므로 앞 2절에서 기술한 실험장치를 사용하여 압전부저에 0[mmHg]에서 10[mmHg]씩 가압시키면서 200[mmHg]까지 출력전압을 측정후, 10[mmHg]씩 감압시키면서 출력전압을 측정하였다. 또한 300[mmHg]까지 위의 실험을 반복하여 가압 및 감압시의 출력특성을 조사하였다.

4. OP-Amp의 온도에 따른 drift 측정

압력을 가하지 않은 상태에서 앰프에 헤어 드라이어로 가열하여 23[°C], 30[°C], 40[°C], 50[°C]에서 200초간 OP-Amp의 drift에 의해 적분되는 전압을 측정하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 공진주파수

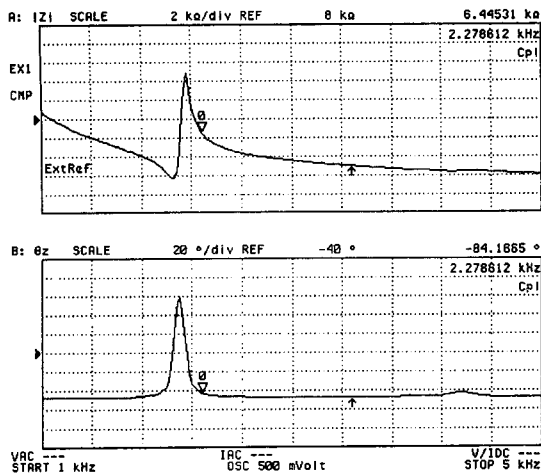


Fig. 4. Resonance frequency of piezo-buzzer

Fig. 4에 1~5[kHz] 까지의 주파수특성을 나타낸 것으로 최대 출력을 나타내었다. 공진주파수는 2.05 [kHz], 반공진주파수는 2.15[kHz]이었다.

2. 가압 및 감압시의 특성

200[mmHg], 300[mmHg]까지 가압시켰다가 다시 감압시켰을 때의 출력전압을 Fig. 5에 나타내었다. 가압시에는 양호한 직선성을 나타내었으나, 감압시에는 히스테리시스 특성을 나타내었다.

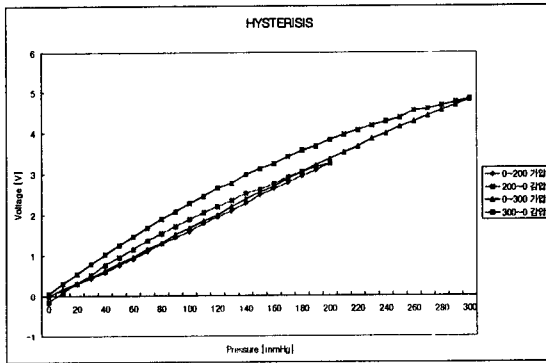


Fig. 5. Characteristics of pressurization & depressurization

가압시에는 압력에 의해 금속판과 압전 세라믹스의 계면이 강하게 밀착되어서 압력에 비례한 출력전압이 나타났다. 그러나 감압시의 특성을 살펴보면, 금속판은 완전 탄성체에 가깝고 압전 세라믹스는 소성 변형을 받았으므로 Fig. 6에 나타낸 바와 같이

금속판과 압전 세라믹스의 계면의 중심부분에서 약간 벌어지게 될 것이다. 감압이 완전히 끝나고 나면 금속판과 압전 세라믹스의 계면이 다시 잘 밀착하게 되므로 출력전압은 거의 0[V]로 된다. 감압시의 히스테리시스 특성은 이와 같이 압전 세라믹스와 금속판과 계면에서 두 재료의 탄성계수의 차이에 의한 접착의 불균일 때문으로 생각된다.

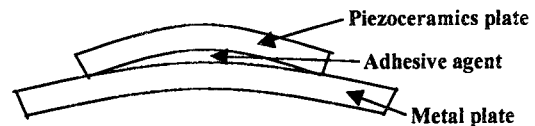


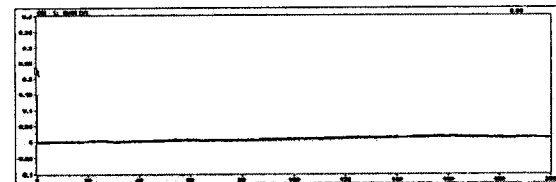
Fig. 6. A cross-section when depressurized

그러므로 압전부저는 가압만 하는 압력계측기에는 사용될 수 있으나, 감압도 하는 경우 기계적으로 히스테리시스를 보상에 주지 않으면 오차가 포함되므로 사용상 문제가 있을 것으로 믿어진다.

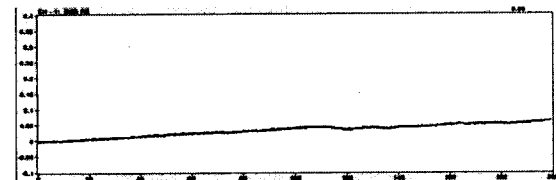
3. OP-Amp의 온도에 따른 drift

OP-Amp 자체의 온도에 따른 drift전류가 입력신호와 같이 콘덴서에 적분되어 오차가 발생된다.¹⁾

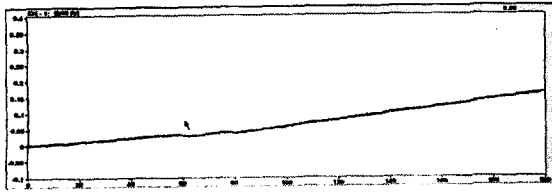
Fig. 7에 상온(23[°C]), 30[°C], 40[°C], 50[°C]에서 200초간 OP-Amp의 온도에 따른 drift를 측정 한 결과 -0.05~0.4 [V] 사이의 값을 나타내었다.



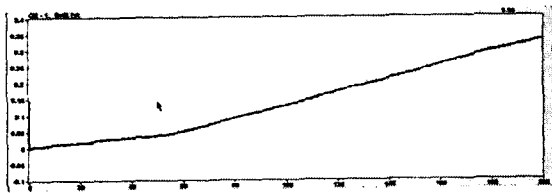
(a) 23[°C]



(b) 30[°C]



(c) 40[°C]



(d) 50[°C]

Fig. 7. Drift of OP-Amp

상온(23[°C])에서는 drift에 의한 영향이 거의 없었으며, 온도가 올라감에 따라서 drift가 증가하는 특성을 보였다. 그러나 60초까지의 경우 모든 온도에서 0.05 [V]이하, 40[°C]에서 200초까지 측정된 결과는 최대 0.15[V] 정도이었다. 그러므로 10~40 [°C] 정도의 온도와 단시간 압력측정에서는 큰 오차 없이 측정이 가능하나, 장시간 압력측정에 응용되기 위해서는 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이다.

V. 결 론

압전부저에 의한 실제 압력을 측정할 수 있는 시스템을 구성하고 압전부저의 압력특성과 사용된 앰프의 온도에 따른 drift를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

[1] 가압시에는 양호한 직선성을 나타내었으나 감압시에는 압전세라믹스와 금속판의 서로 다른 탄성계수에 의한 계면에서의 접착의 불균일에 의하여 히스테리시스를 나타내었다. 그러므로 압전부저는 가압만 하는 압력계측기에는 사용될 수 있으나, 감압도 하는 경우 기계적으로 히스테리시스를 보상해 주어야 함을 알 수 있었다.

[2] 상온에서와 60초 이내에서는 OP-Amp의 온도에 의한 drift가 비교적 적었으므로 압전부저를 단시간 압력측정에는 사용 가능함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Paul Horowitz, Winfield Hill, "The art of electronics", Cambridge university press, pp.106~107, 1982.
- [2] 박창엽, "전기전자용 세라믹스", 반도체출판사, pp.152. pp.166~167, 1994.
- [3] 김능언, 안점영, 오상광, 최성운 공역, Albert Paul Malvino, "말비노의 전자회로", 교보문고, pp.890~892, 1999.
- [4] 김봉열, 임제탁, 이명호 공역, Robert Boylestad, Louis Nashelsky, "전자회로", 회중당, pp.695, 1996.
- [5] "Motorara linear and interface IC's", Motorara Inc., pp.3-6~3-8.