

적층형 압전소자용 구동앰프 특성연구 A Study on Characteristics of Piezo-Amplifier for a Stack-type Piezoelectric Element

*#최기봉¹, 신은주¹, 텐 알렉세이 대성¹, 안현진¹
*#K.-B. Choi¹(kbchoi@kimm.re.kr), E. J. Shin¹, A.-D. Ten¹, H. J. Ahn¹
¹ 한국기계연구원 나노융합생산시스템연구본부 나노공정장비연구실

Key words : Piezoelectric element, voltage amplifier, piezo actuator

1. 서론

압전소자는 액추에이터와 센서로 사용할 수 있는 지능 재료로서 액추에이터로 사용할 때에는 큰 힘과 빠른 응답성을 나타내는 반면 변위가 매우 작은 단점을 가지고 있다. 이러한 기구적 특성을 이용한 압전소자를 이용한 구동기는 초음파의 가진을 이용하여 연속운동이 가능한 초음파 모터, 다수의 압전소자의 조합을 이용하여 단속적인 운동이 가능한 스텝모터, 그리고 변위증폭을 이용하여 평면운동을 하는 조정밀 스캐너로 구분할 수 있다.¹⁻⁶ 이 중 조정밀 스캐너의 구동은 얇은 압전 박막을 적층한 적층형 압전소자를 이용하고 있다. 압전소자 박막을 적층하여 만든 적층형 압전소자는 구동을 위해서 수백 V의 높은 전압을 요구한다.

전압앰프를 이용하여 압전소자에 전압을 인가하여 구동할 경우 히스테리시스(hysteresis)와 크립(creep)의 비선형성이 발생한다.^{7,8} 히스테리시스는 강유전성에 기인한 것으로 이전 전압 히스토리와 현재의 인가전압에 의해 현재의 변위가 결정되는 성질이 있다. 이 성질을 이용하여 Preisach⁹ 법에 의해 모델링이 가능하다. 크립현상은 일정한 전압을 압전소자에 인가할 경우 시간에 따라 압전소자의 변위가 서서히 증가하는 것으로 저주파수 영역에서 압전소자의 조정밀 운동을 저해한다. 이 둘 비선형성은 압전소자의 전하량을 제어하여 줄이거나, 압전소자의 변위를 측정하여 폐회로 제어를 함으로서 제거할 수 있다.

전압앰프로는 전압형 압전앰프, 전류형 압전앰프 및 전하형 압전앰프로 구분한다.¹⁰ 전압형 압전앰프는 입력된 전압을 증폭하여 출력하는 것으로 간단한 구조로서 일반적으로 널리 사용되고 있다. 전류형 압전앰프 및 전하형 압전앰프는 압전소자에 인가하는 전류 및 전하를 측정하여 피드백시켜 전류 및 전하를 일정하게 제어하는 폐회로형 앰프이다. 따라서 구조는 전압앰프에 비해 복잡하나, 히스테리시스 및 크립현상을 감소시키기 때문에 개회로 구동시 전압앰프에 비해 유리하다. 그러나 이 둘 앰프는 고가이며, 또한 압전소자의 용량에 맞춰 사용해야하는 단점이 있다. 전압앰프의 경우는 저가이며 다양한 압전소자에 적용해서 사용할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 상업화된 압전소자용 전압앰프에 비해 전류용량이 큰 전압앰프를 제작하고, 용량이 큰 적층형 압전소자에 적용해서 앰프의 특성을 파악하고자 한다.

2. 압전소자 구동앰프

고전압용 OP 앰프를 이용하여 -2 V에서 10 V 사이의 전압을 15 배까지 가변적으로 증폭하여 -30 V에서 150 V 까지 750 mA의 전류로 구동할 수 있는 압전앰프를 Fig. 1 과 같이 구성하였다. OP 앰프에는 보호회로 및 전류제한회로가 포함되어 있다. 압전소자는 콘덴서와 같은 역할을 하기 때문에 입력 주파수가 낮을 경우에는 임피던스가 매우크나, 입력주파수가 높아질수록 임피던스가 낮아지기 때문에 빠른 동작을 위해서는 매우 큰 전류가 필요하다. 이 연구에서 사용하고자 하는 압전소자는 Piezomechanik 사의 PSt10x10xL=36 모델로서 C=14.4 μF 용량을 갖는다.

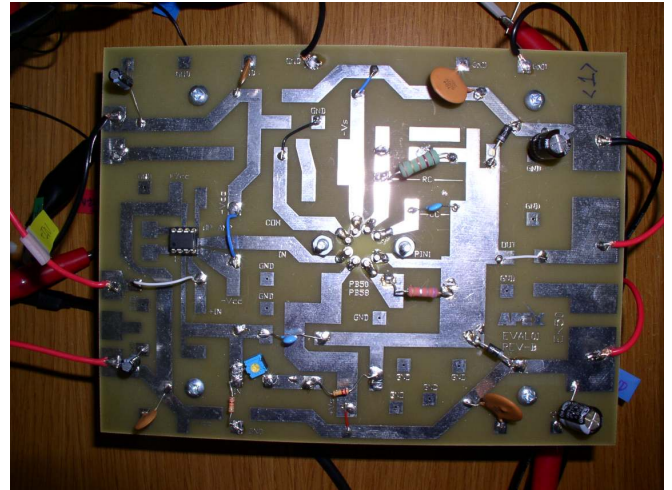


Fig. 1 Developed piezo amplifier

3. 압전소자 구동앰프의 특성실험

개발한 압전앰프의 주파수 특성을 Fig. 2 와 같이 측정하였다. 압전앰프에 압전소자를 연결한 후 압전앰프에 정현파를 인가하여 압전앰프에서 발생하는 전압의 크기를 주파수 별로 측정하였다. 실험결과로부터 이 압전앰프는 50 V의 전압을 출력할 경우 300 Hz 부터 출력 전압이 감소하는 경향을 관찰할 수 있다.

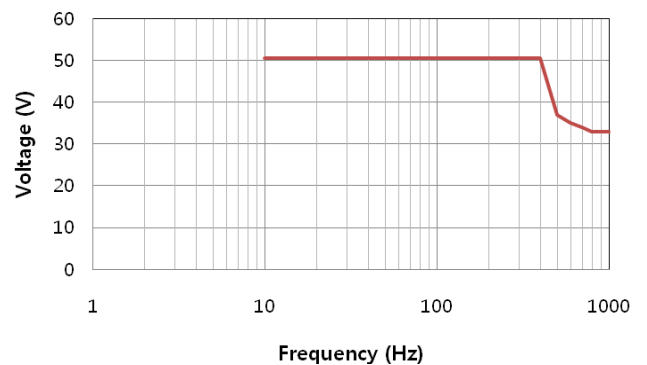


Fig. 2 Frequency response of developed piezo amplifier

전압앰프를 이용하여 압전소자에 계단입력을 인가하여 시간응답을 측정하였다. 압전소자는 콘덴서와 비슷한 성질을 가지고 있기 때문에 계단입력에서 1 차 응답특성을 보였다. 이 때정착시간은 약 25 μs 이다.

4. 결론

본 연구에서는 전압형 압전앰프를 개발하고, 개발된 앰프의 성능을 실험적으로 조사하였다. 개발된 앰프는 상업적으로 판매되는 앰프에 비해 전류용량이 더 증가된 것으로 저가로 제작할 수 있는 장점이 있다. 실험을 통하여 제

작된 전압형 압전앰프는 용량이 큰 적층형 압전소자를 구동할 때 기존의 압전앰프에 비해 빠른 응답특성을 실험에 의해 증명하였다.

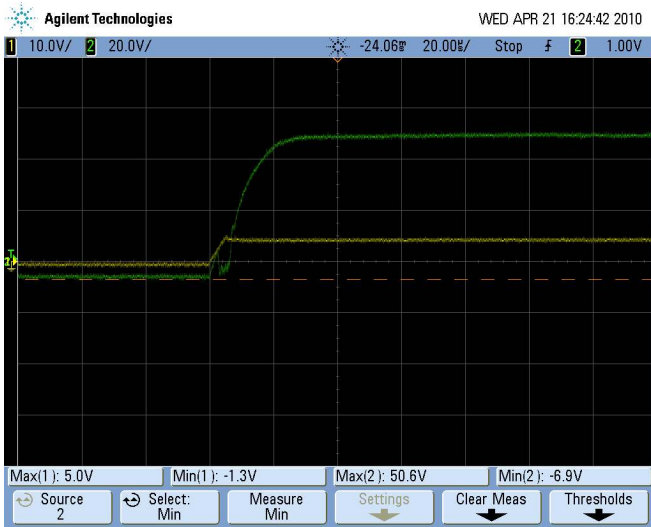


Fig. 3 Step response of developed piezo amplifier

후기

본 연구는 '09년도 중소기업 산학연 협력사업에 의해 지원되었습니다.

참고문헌

1. J.-L. Ha, Y.-S. Kung, S.-C. Hu and R.-F. Fung, "Optimal design of a micro-positioning Scott-Russell mechanism by Taguchi method," *Sensors and Actuators A*, **125**, 565-572, 2006.
2. Y.-T. Liu, R.-F. Fung, C.-C. Wang, "Precision position control using combined piezo-VDM actuators," *Precision Engineering*, **29**, 411-422, 2005.
3. [3] D. Zhang, C. Chang, T. Ono and M. Esashi, "A piezodriven XY-microstage for multiprobe nanorecording," *Sensors and Actuators A*, **108**, 230-233, 2003.
4. W. Andrew, H. Jin, A. Yusuf, "Piezoelectric tool actuator for precision machining on conventional CNC turning centers," *Precision Engineering*, **27**, 335-345, 2003.
5. T. G. King, M. E. Preston, B. J. M. Murphy, D. S. Cannell, "Piezoelectric ceramic actuators: A review of machinery applications," *Precision Engineering*, **12**, 131-136, 1990.
6. A. Woronko, J. Huang, Y. Altintas, "Piezoelectric tool actuator for precision machining on conventional CNC turning centers," *Precision Engineering*, **27**, 335-345, 2003.
7. T.-J. Yeh, R.-F. Hung, S.-W. Lu, "An integrated physical model that characterizes creep and hysteresis in piezoelectric actuator," *Simulation Modeling Practice and Theory*, **16**, 93-110, 2008.
8. D. Damjanovic, "Hysteresis in piezoelectric and ferroelectric materials," *The Science of Hysteresis*, 337-465, 2006.
9. P. Ge, M. Jouaneh, "Generalized preisach model for hysteresis nonlinearity of piezoceramic actuator," *Precision Engineering*, **20**, 99-111, 1997.
10. Electronic Supplies for Piezomechanics: Technical Data, Piezomechanik GmbH, 2006.