

압전 액추에이터 구동용 저가 파워앰프를 이용한 능동진동제어

A Control Experiment of used Low-cost Power Amplifier For piezoelectric Actuator Control

이완주* · 박문규† · 양동호*

Wan-Joo Lee, Moon K. Kwak and Dong-Ho Yang

1. 서론

최근 압전 재료를 이용한 지능구조물의 능동 진동 제어 시스템에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 압전 재료를 이용한 지능구조물의 구현에 있어 압전 액추에이터의 구동을 위해 고전압 파워 앰프가 필요하다. 그러나 고전압 파워 앰프는 고가이며 대형이기 때문에 지능구조물의 구현에 있어 걸림돌이 되고 있다. 따라서 선행 연구에서는 피에조 액추에이터 구동을 위한 저가의 소형 파워 앰프(Power Amplifier)의 설계 및 제작을 연구하였다. 따라서 본 연구에서는 기존에 제작하였던 피에조용 파워앰프의 단점을 보완하고 제작된 파워앰프의 성능 및 안정성 테스트를 목표로 하였다. 그리고 파워앰프 성능 검증을 위해 피에조 센서와 액추에이터가 부착된 외팔보의 능동 진동 제어 실험을 수행하였다.

2. 피에조 구동 고전압 파워 앰프

2.1. 전원장치

피에조 액추에이터를 구동하기 위해서는 무엇보다도 고전압을 발생시킬 수 있는 파워 앰프가 필요하다. 일반적으로 고전압 파워 앰프의 경우 전원으로 역시 고전압이 필요하다. 선행 연구에서는 고전압 전원 장치로 $\pm 150VDC$ 를 만들어낼 수 있는 SMPS(Switched-Mode Power Supply)를 사용하였는데 SMPS 를 이용하는 경우 정류교정에서 리플이 작은 소형의 Power Supply 를 제작할 수 있었다. 여기서 리플이란 트랜스에서 발생하는 교류를 직류로 정류하면서 생기는 잔물결 같은 파형을 말한다. 그러나 실험을 통해 SMPS 를 전원으로 사용하는 경우 전기 잡음이 무시할 수 없을 정도로 크게 발생함이 발견되어 고전압 증폭앰프의 전원 장치로는 부적절함이 발견되었다. 따라서 본 연구에서는 전기적 잡음이

비교적 작은 변압기를 이용하는 방법을 연구하였다. 이와 같은 아날로그 파워서플라이의 장점은 간단한 회로를 이용하여 원하는 전압을 만들 수 있고 SMPS 에 비하여 전기잡음이 작다는 것이다. 단점은 트랜스의 사용으로 크기와 무게가 커지고 정류되면서 발생하는 리플을 줄이기 위하여 대용량의 커패시터를 연결시켜 주어야한다는 것이다.

그림 1 은 교류를 직류로 바꿔주는 변압기의 사진이다. 변압기로 들어오는 220VAC 전압을 먼저 두 개의 110VAC 로 변환한다.



Fig. 1 Transformer

변압기의 출력 전압인 두 개의 110VAC 를 우리가 필요로 하는 DC 전원으로 변환하기 위해 그림 2 와 같은 정류기를 사용하였다. 이 정류기를 통하여 $\pm 150VDC$ 를 생성하고, 이 전압을 고전압 파워앰프의 전원으로 사용하였다.



Fig. 2 Diode Bridge

2.2. 고전압 파워앰프

그림 3 은 고전압 파워앰프를 보여주고 있다. 파워앰프로는 Apex 사의 PA241 칩을 사용하였다. 그리고 전기잡음을 줄이기 위하여 PCB 로 제작하고 PCB 의 전면에 GND 를 만들어주었다. BIAS 전압과 GAIN 조절을 위한 가변저항의 경우에도 PCB 기판에 같이 배치해주는 것이 가장 좋으나 그럴 경우 기판의 고정

† 교신저자; 정회원, 동국대학교 기계로봇에너지공학과
E-mail : kwakm@dongguk.edu
Tel : (02) 2260-3705, Fax : (02) 2263-9379
* 동국대학교 대학원 기계공학과

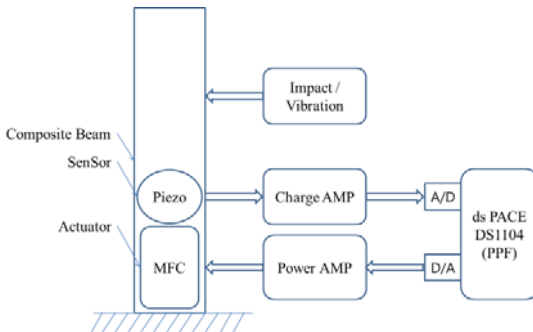
이 어려워지고 부품의 배치와 배선이 복잡해져서 선으로 연결하기 편한 터미널박스로 대체하였다.



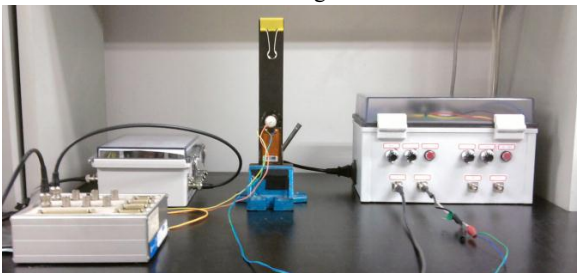
Fig. 3 Power Amplifier

3. 능동진동제어 실험

본 연구에서 제작한 고전압 파워앰프장치의 효율성을 검증하기 위해 다음 그림과 같은 능동진동제어 실험 장치를 구성하였다.



(a) Block diagram



(b) hardware Connection
Fig. 4 Experiment Setup

그림 4-(a)는 복합재 외팔보의 능동진동제어를 위한 실험 구성의 블록 다이어그램이다. 복합재 외팔보에서 진동을 통하여 계측된 센서 신호를 입력 신호로 하여 dsPACE 사의 DS1102 의 A/D 입력단에 연결하고 DS1102 에서 PPF 알고리즘을 적용 시켜 계산된 제어 신호를 DS1102 의 D/A 출력단으로 출력하였다. 출력 된 제어신호를 파워앰프에 입력단에 연결하였다. 파워앰프의 출력단에서 이득을 맞추고

나오는 제어 신호를 복합재 외팔보의 액추에이터에 연결하였다. 그림 4-(b)은 능동진동 제어를 위한 실험구성의 사진이다.

본 연구에서 사용한 PPF(Positive Position Feedback) 제어알고리즘은 다음과 같은 전달함수로 표현된다.

$$H(s) = \frac{\omega^2}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2} \quad (1)$$

여기서 ω 는 제어 대상 모드의 진동수이며 ζ 는 PPF 제어기의 감쇠인자로서 일반적으로 0.3 을 사용한다. PPF 제어기를 제어하고자 하는 진동 모드와 고유진동수에 맞추면 그 고유모드의 감쇠가 증가되는 효과가 있다. 또한, 외부 기진력에 의한 강제 진동의 경우에는 외부 기진력의 진동수에 동조시킬 경우 강제 진동 응답을 어느 정도 감소시키는 것으로 알려져 있다. PPF 제어기를 강제 진동의 경우에 적용시키기 위해서는 제어 대상 진동수, ω 에 대한 정보가 필요하다.

그림 5 는 PPF 의 타겟 주파수를 구조물의 고유진동수인 20.0Hz 로 튜닝한 다음 제어한 결과이다. 능동진동제어를 위해 PPF 제어기의 $\zeta=0.3$, 파워앰프의 이득을 20 으로 설정하였다. 실험결과는 본 연구에서 제작한 고전압 파워앰프가 유효함을 보여준다.

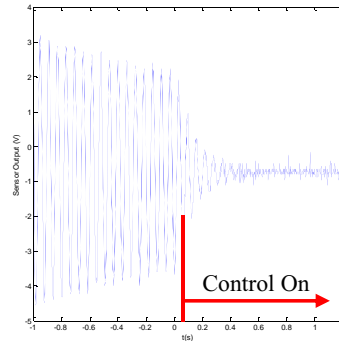


Fig. 5 PPF Controlled Response

4. 결론

본 연구에서는 선행연구에서 연구된 저가의 파워앰프 단점을 보완하고 성능 및 안정성을 확인하였다. 결론적으로 압전세라믹 센서와 액추에이터가 부착된 복합 외팔보의 능동진동제어 실험을 통해 본 연구에서 제작한 고전압 파워 앰프의 실용성이 입증되었다. 향후 집약된 DSP 제어기를 추가하여 능동진동제어시스템을 완성할 계획이다.

후 기

본 연구는 한국 국방과학 연구소 “진동제어용 능동 액추에이터 설계 기법 연구”의 일환으로 수행되었습니다.