

피에조 액추에이터 구동을 위한 저가 파워 앰프의 설계 및 제작

Development of Low-cost Power Amplifier for piezoelectric Actuator

이완주* · 광문규† · 양동호**

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

1. 서론

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 본 연구의 목표는 피에조 액추에이터 구동을 위한 저가의 소형 파워 앰프(Power Amplifier)의 설계 및 제작 방법이다. 그리고 이를 위한 방법으로 APEX 사의 High-Voltage Linear Amplifier 이용을 제안한다. 제안된 방법은 저가이며 경량인 SMPS(Switched-mode power supply)를 이용하고 Apex 사의 고전압 선형 앰프를 사용하는 것이다. 구현된 파워 앰프는 입력 신호를 100 배까지 증폭할 수 있으며, 기존의 파워 앰프와 비교했을 때 동일한 성능을 제공한다. 또한 기존 파워 앰프의 50%의 가격으로 제작이 가능할 것으로 예상된다. 본 논문에서는 파워 앰프의 기본적인 구성과 회로를 소개한다.

2. 파워 앰프의 설계

그림 1은 본 연구를 위해 고려된 고전압 SMPS를 보여주고 있다. SMPS의 장점은 일반적으로 트랜스를 사용하는 것보다 리플이 적고 작은 크기로 제작할 수 있다는 것이다. 단점은 220VAC의 전압을 $\pm 150V$ 로 변환하면서 발생하는 스위칭 주파수 때문에 RF 노이즈가 발생한다는 것이다. 따라서 잡음을 제거하기 위한 필터 회로가 필요하다. 그림 2는 SMPS에서 잡음을 제거하기 위해 사용된 이차 필터를 보여주고 있다. 그리고 그림 3은 이차 필터의 전자 회로를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 전원단에서 나오는 노이즈가 출력에 전달되는 것을 막기 위하여 이차 LC Filter를 사용하였다. 고주파 전류를 통하기 쉬운 커패시터와 통하기 어려운 인덕터를 조합하면 특정의 주파수에서 진동하는 공진회로가 된다. 고주파 노이즈를 선택적으로 제거하는 노이즈

필터의 원리도 이 공진회로와 기본적으로 같다. 커패시터는 직류일 경우 전류를 흐르게 하지 않지만, 교류일 경우 전류에 대해서는 주파수가 높아지는 만큼 리액턴스가 작아져 잘 흐르게 된다. 이때의 교류일 경우 전류의 위상은 90° 앞서는 성질이 있다. 또한 인덕터는 직류일 경우 전류는 잘 흐르게 하지만, 교류일 경우 전류는 주파수가 높아지는 만큼 리액턴스가 크게 되어 잘 흐르게 하지 않는다. 이때의 교류일 경우 전류의 위상은 90° 늦어지는 성질이 있다. 인덕터와 커패시터를 같이 사용하면 위상은 180° 벗어나 있기 때문에 서로 소거되어 병렬회로에는 전류가 흐르지 않는다. 이 때문에 동조한 전류만 흐르게 되고 고주파 노이즈를 제거하는 역할을 한다.

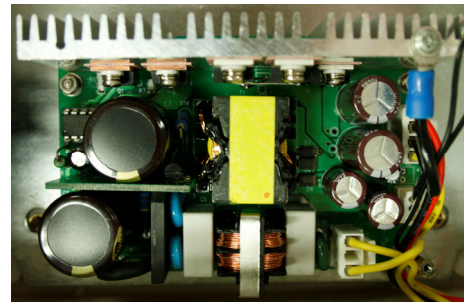


Fig. 1 SMPS

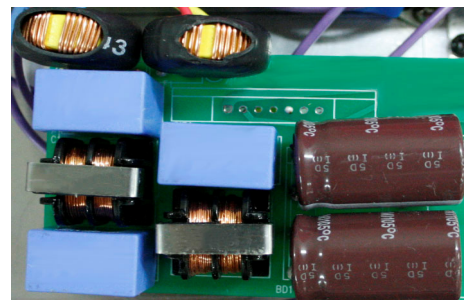


Fig. 2 2nd order Noise Filter

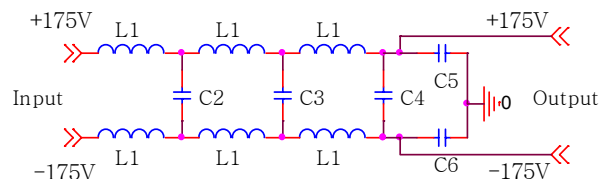


Fig. 3 Electronic Circuit for 2nd order Noise Filter

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

앞에서 소개한 이차 노이즈 필터를 사용했음에도 불구하고 전원의 작은 잡음이 파워 앰프에 잡음을 일으켜 저주파수의 잡음이 압전 액추에이터에 발생하는 것이 관찰되었다. 원 보드 형태가 아닌 외부에서 전압을 인가해주는 형태를 가지고 있기 때문에 전원선을 통하여 유입되는 잡음이 생기는 것으로 생각되었다. 따라서 충분히 전원의 잡음을 제거하기 위해 전원의 입력단에 필터 커패시터를 사용하였다. 그림 4 는 필터 커패시터를 보여주며 그림 5 는 회로를 보여주고 있다. 필터 커패시터의 원리는 전해 커패시터를 이용하여 저주파 잡음을 제거하고 탄탈 커패시터를 이용하여 고주파의 잡음을 제거하는 것이다.

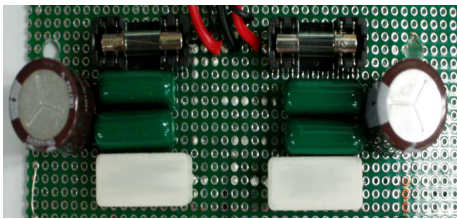


Fig. 4 Filter Capacitor

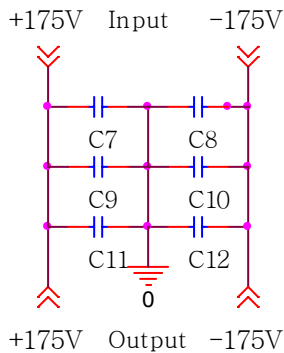


Fig. 5 Electronic Circuit for Filter Capacitor

앞에서 소개한 이차 노이즈 필터와 필터 커패시터를 사용했음에도 불구하고 전원선을 타고 나오는 잡음이 파워 앰프의 출력에 잡음을 발생시키는 것이 관찰되었다. 따라서 관통형 커패시터를 사용하여 고주파 노이즈를 잡아주려 한다. 관통형 커패시터는 리드선에 의한 인덕터 성분이 없기 때문에 고주파에 대한 특성이 매우 뛰어나다. 그래서 주로 이와 같은 경우의 전원선을 타고 빠져나가는 고주파 노이즈를 제거할 때 사용한다. 관통형 커패시터는 케이스를 같이 사용하여 그라운드를 케이스와 납땜하여 사용하는 것을 추천한다. 그림 6 은 관통형 커패시터를 보여주며 그림 7 은 효율적인 관통형 커패시터의 사용법을 보여주고 있다.



Fig. 6 Feed Through Capacitor

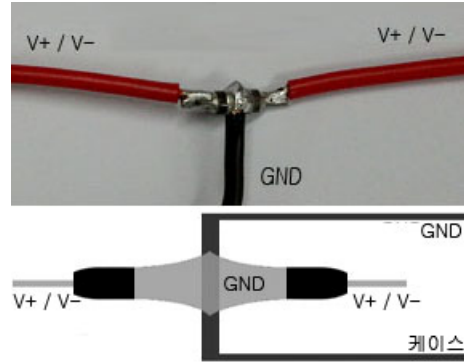


Fig. 7 Circuit For Feed Through Capacitor

그림 8 은 파워 앰프의 회로도를 보여주고 있다. 파워 앰프는 출력 전압의 증폭과 오프셋의 조정을 위하여 가변 저항을 사용하였다. 그림 8 에서 출력의 증폭은 R5 에 의해 결정되며 최대 증폭 비는 R2, R3 에 의해 결정된다. 또한 R6 에 의하여 입력전압에 대한 출력전압의 오프셋이 결정된다.

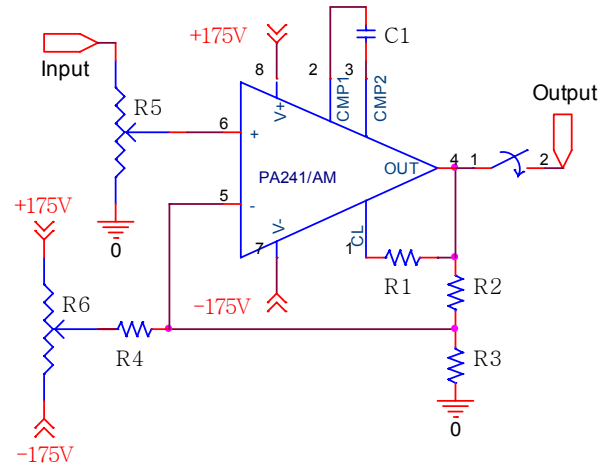


Fig. 8 Electronic Circuit for OPAMP

3. 결론

본 연구에서는 저가의 파워앰프 제작을 위한 회로 설계와 제작방법에 대해서 서술하였다. SMPS 를 사용하여 기존에 파워앰프보다 작고 가볍게 제작을 할 수 있었다. 결론적으로 간단한 회로를 사용하여 누구나 쉽게 제작할 수 있는 파워앰프를 제작하였다. 향후 제작한 파워앰프를 사용하여 압전 세라믹 감지기와 작동기가 부착된 보를 대상으로 PPF 제어를 통한 파워 앰프의 성능 및 안전성에 대하여 실험할 계획이다.

후 기

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