초음파 파라메트릭 어레이 트랜스듀서용 고효율 전원 및 전력 증폭기 설계

김진영*, 최승수*, 김인동*, 문원규**
부경대 전기공학과*, 포항공과대학교 기계공학과**

Design of High Efficiency Power Supply and Power Amplifier for Ultrasonic Parametric Array Transducer

Jin Young Kim*, Seung Soo Choi*, In Dong Kim*, Won Kyu Moon**,
Pukyong National Univ.*, Dept. of Mechanical Eng., POSTECH.**

ABSTRACT

압전 마이크로머신 초음파 트랜스듀서(Piezoelectric micro machined ultrasonic transducers)는 DC 바이어스 전압을 인가해야 구동되는 특성을 가지고 있다. 따라서 초음파 트랜스듀서를 구동하기 위한 전력증폭기는 DC 바이어스 전압이 요구되므로 기존의 전력증폭기에 비해 효율이 매우 낮아지게 된다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 압전 마이크로머신 초음파 트랜스듀서를 구동하기 위한 고효율 전력증폭기를 제안한다. 전력증폭기는 AMP부와 전원부로 나뉘며, AMP부는 Class B Amp를 사용하여 높은 증폭 선형성을 갖는다. 전원부는 Amp를 구동하기위한 DC DC converter가 에너지 회수 동작을 하므로 전력증폭기의 효율을 높일 수 있다. 본 연구에서는 압전 마이크로머신 초음파 트랜스듀서를 구동하기 위한 전력증폭기 회로를 제시하고 시뮬레이션과 실험을 통해 동작 특성을 검증한다.

1. 서 론

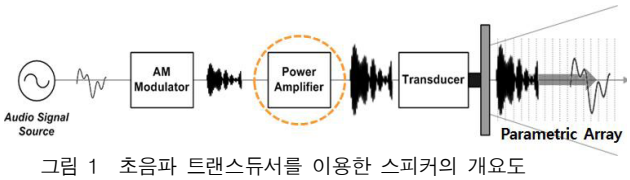

그림 1 초음파 트랜스듀서를 이용한 스피커의 개요도

그림 1은 초음파 트랜스듀서를 이용한 스피커의 개요도이다. 초음파 트랜스듀서는 파라메트릭 어레이 현상을 이용하여 고지향성의 음파 발생이 가능하다. 먼저, 신호 변조기를 통해 2개의 초음파 신호를 트랜스듀서에서 발생시키면 신호가 전달되는 수중 또는 공기 같은 매질에 의해 낮은 주파수를 갖는 차주파수 신호가 발생된다.[1] 이 때 발생되는 차주파수의 신호를 원하는 주파수 신호가 되도록 원신호를 변조하면 원하는 영역에만 음향 신호를 전달할 수 있다. 따라서 신호 변조기와 신호를 증폭시키는 전력증폭기, 초음파 트랜스듀서를 이용하면 고지향성의 스피커 제작이 가능하다.

초음파 트랜스듀서 중 압전 마이크로머신 초음파 트랜스듀서(Piezoelectric micromachined ultrasonic transducers)는 공기를 매질로 하여 초지향성의 음성 신호 전달이 가능하다. 파라메트릭 어레이 현상에 의해 발생되는 차주파수의 신호를 가청주파수가 되도록 원신호를 변조하면 음성 신호를 직진 형태로 전파 시킬 수 있다. 하지만 압전 마이크로머신 초음파 트랜스듀서는 일반적인 초음파 트랜스듀서와 달리 DC 바이어스 전압을 인가해야 구동되는 특성을 가지고 있다. 따라서 마이크로머신 초음파 트랜스듀서를 구동하기 위해서는 전력증폭기에 DC 바이어스 전압이 요구되어지며, 이로 인해 기존의 전력증폭기에 비해 효율이 매우 낮아지게 된다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 압전 마이크로머신 초음파 트랜스듀서를 구동하기 위한 고효율 전원 및 전력증폭기를 제안한다.

2. 제안하는 고효율 전원 및 전력 증폭기

2.1 제안하는 고효율 전원 및 전력 증폭기

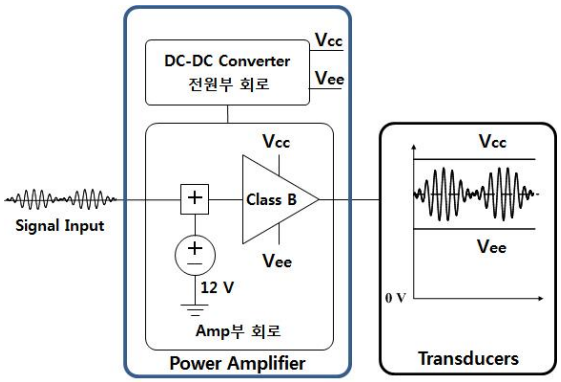

그림 2 제안하는 고효율 전원 및 전력 증폭기의 개요도

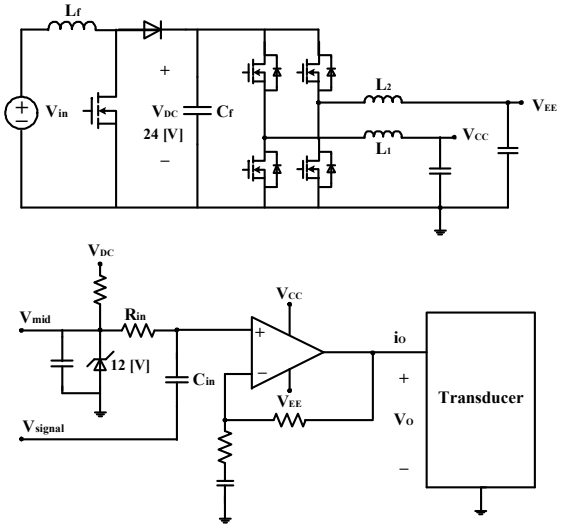

그림 3 제안하는 고효율 전원 및 전력 증폭기의 회로도

그림 2는 제안하는 고효율 전원 및 전력증폭기의 개요도이며, 그림 3은 전원부와 전력증폭기의 회로이다. 그림 4는 전력증폭기에서 동작하는 에너지 회수의 원리를 나타낸다. Amp의 소비전력은 그림 4와 같이 트랜스듀서의 출력 전류 i_O를 기준으로 양과 음의 방향으로 나눌 수 있다. 출력 전류 i_O가 양의 방향일 때의 전력 증폭기의 소비전력은 식 (1)과 같고 음의 방향일 때의 소비전력은 식 (2)와 같다. 따라서 Amp에서 사용되는 총 소비전력 P_{IN}은 식 (3)이 된다. 식 (3)에서 알 수 있듯이 식(2)의 소비전력은 음의 값을 가지므로 DC DC 컨버터를 통해 에너지가 회수되며, 식(2)의 전력이 커질수록 총 소비되는 전력은 작아지게 된다.

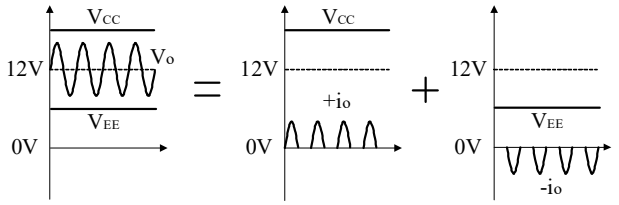

그림 4 Amp의 소비 전력 및 트랜스듀서의 전압과 전류 파형

$$P_{CC} = V_{CC} \times i_O \tag{1}$$

$$P_{EE} = V_{EE} \times (-i_O) \tag{2}$$

$$P_{\in} = P_{CC} + P_{EE} = V_{CC} \times i_O - V_{EE} \times i_O \tag{3}$$

2.2 실험 결과

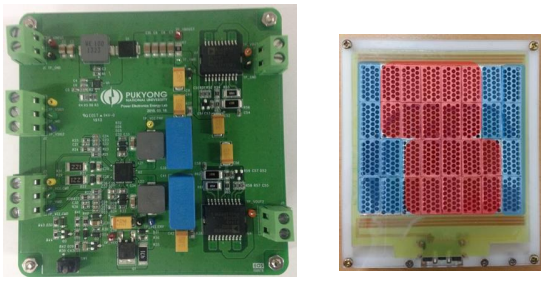

그림 5 전력 증폭기 및 초음파 트랜스듀서

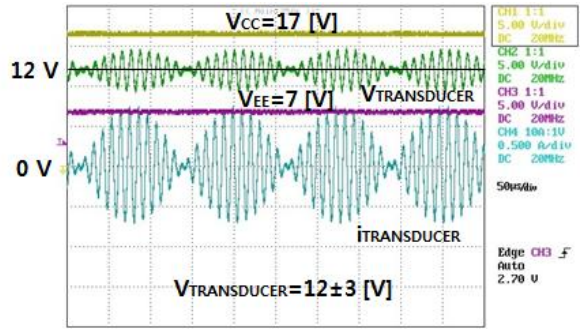

그림 6 초음파 트랜스듀서의 출력 전압 V_0 및 출력 전류 i_0파형

그림 5는 제작된 전력 증폭기와 초음파 트랜스듀서이며 그림 6은 트랜스듀서의 측정된 출력 전압과 출력 전류이다. 그림 7은 전력 증폭기 회로의 Soft Start 동작특성을 나타낸다. 전력 증폭기에 입력전원 9 [V] 인가 시 초음파 트랜스듀서의 과전압 방지를 위해 부스트 회로에서는 오버슈트가 발생하지 않아야 한다. 그림 8은 전력 증폭기 회로의 Soft Start 동작 후, 초음파 트랜스듀서의 출력 전압과 출력 전류를 나타내며 트랜스듀서에 과전압이 인가되지 않는 것을 보여준다.

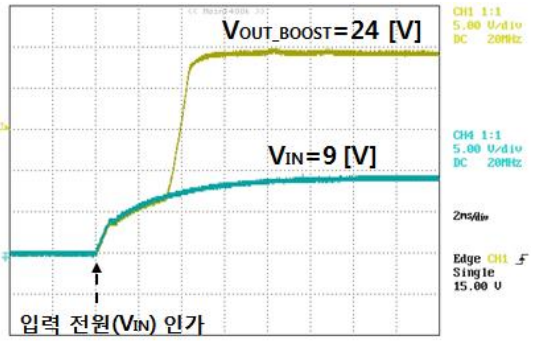

그림 7 전력 증폭기 회로의 Soft-Start 동작특성 파형

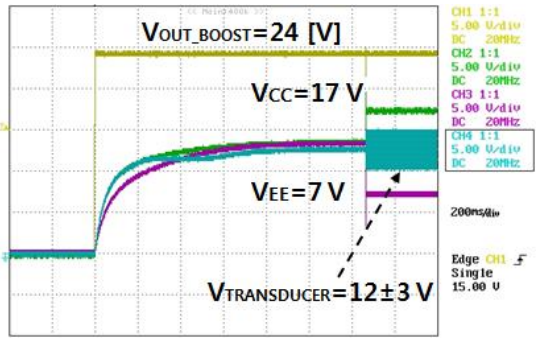

그림 8 전력 증폭기 기동 시 초음파 트랜스듀서의 동작파형

3. 결 론

압전 마이크로머신 초음파 트랜스듀서는 DC 바이어스 전압을 인가해야 구동되는 특성을 가지고 있다. 따라서 초음파 트랜스 듀서를 구동하기 위한 전력증폭기는 DC 바이어스 전압이 요구되므로 기존의 전력증폭기에 비해 효율이 매우 낮아지게 된다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 압전 마이크로머신 초음파 트랜스듀서를 구동하기 위한 고효율 전력증폭기를 제안한다. 전원부는 Amp를 구동하기위한 DC DC converter가 에너지 회수 동작을 하므로 전력증폭기의 효율을 높일 수 있다. 본 연구에서는 압전 마이크로머신 초음파 트랜스듀서를 구동하기 위한 전력증폭기 회로를 제시하고 실험을 통해 동작 특성을 검증하였다.

This work was supported by Samsung Research Funding Center of Samsung Electronics under Project Number SRFC-IT1401 -11.

참 고 문 헌

[1] Jinho Bae, and Won Ho Kim, “Parametric Array Sonar System Based on Maximum Likelihood Detection,” Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 48, TC 1, pp. 25 31, Jan. 2011.