

# Stepped Plate Transducer를 위한 전력증폭기의 설계

김슬기\*, 김인동\*, 노의철\*, 문원규\*\*, 김원호\*\*\*

부경대학교 전기공학과\*, 포항공과대학교 기계공학과\*\*, 국방과학연구소\*\*\*

## Design of Power Amplifier for Stepped Plate Transducer

Seul Gi Kim\*, In Dong Kim\*, Eui Cheol Nho\*, Won Kyu Moon\*\*, Won Ho Kim\*\*\*

Dept. of Electrical Eng., Pukyong National University, Korea\*

Dept. of Mechanical Eng., POSTECH, Pohang, Korea\*\*

Agency of Defence and Development, Jinhea, Korea\*\*\*

### ABSTRACT

수중에서는 대기와는 달리 매질의 차이로 인하여 통신의 제약이 따르므로 초음파를 이용하여 정보를 송·수신한다. 수중통신을 하기 위해서는 초음파를 발생시키는 트랜스듀서와 신호를 증폭시키는 전력증폭기가 필요하다.

전력증폭기는 선형적인 출력이 보장되어야 하며, 수중에서의 연료문제로 인하여 높은 효율로 동작하여야 한다. 하지만 출력의 선형성과 시스템의 효율은 Trade off의 관계이기 때문에 두 가지 모두를 만족시키는 연구가 요구된다.

그러므로 본 논문에서는 Class B push pull 증폭기를 사용하여 선형 출력 특성을 보장하며, 신호의 크기에 따라 증폭기의 인가전압을 가변하는 ET(Envelope Tracking) 기술을 적용하여 향상된 효율 특성을 갖는 넓은 대역폭의 전력증폭기를 설계하고 실험을 통해 특성을 확인하였다.

### 1. 서론

최근 천안함 사건을 통해 알 수 있듯이 수중에서 정보를 교환할 수 있는 수중통신 시스템은 군사 전략적으로 매우 중요하다.

수중에서는 매질의 차이로 인하여 통신시스템에 제약이 많으므로 신호를 변조하여 전력증폭기와 트랜스듀서를 통해 정보신호를 초음파로 송신한다.<sup>[1]</sup>

전력증폭기는 송신신호와 왜곡 손실을 줄이기 위해 넓은 대역폭과 출력 선형성이 보장되어야 하며, 시스템의 발열과 연료 문제로 인하여 높은 효율로 동작하여야 한다.

그러나 전력증폭기 Class A와 Class B는 출력의 선형성이 보장되지만, 최대효율은 다소 낮은 50%와 78%이다. Class D의 경우에는 전 부하영역에서 90% 이상의 높은 효율을 보이나 소자의 스위칭 특성으로 인하여 THD가 높고 출력이 비선형적이다.

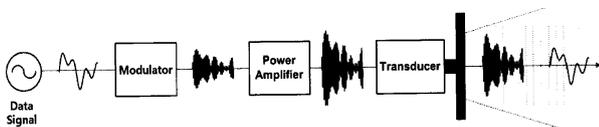


그림 1 수중 초음파 송신 구성도

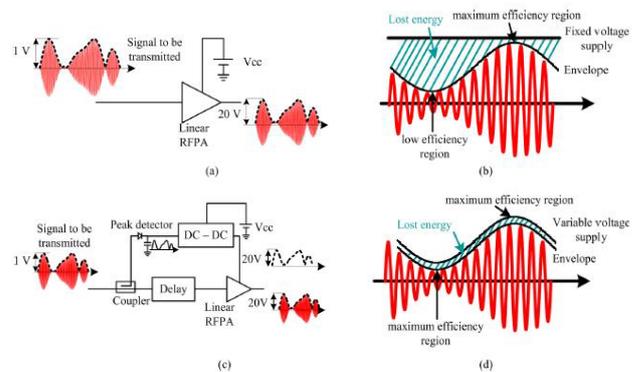


그림 2 (a) DC전압 인가된 증폭기 회로  
(b) (a)의 입 출력 전압파형  
(c) ET기술 적용된 증폭기 회로  
(d) (c)의 입 출력 파형

그림 2는 선형증폭기에 인가되는 전압을 제어하여 효율을 높일 수 있는 ET(Envelope tracking)기술의 개요도이다.

그림 2 (a)의 회로는 (b)와 같이 신호레벨에 관계없이 고정된 DC전압을 인가하므로 효율이 저하되나, ET기술을 적용한 그림 2 (c)의 회로는 (d)와 같이 신호레벨에 맞춰 인가전압이 가변되므로 효율이 향상된다.<sup>[2]</sup>

본 연구에서는 Class B push pull 타입의 증폭기를 이용하여 ET기술을 적용한 선형 전력증폭기를 설계하고, 실험을 통해 선형 출력 특성을 확인하였다. 또한 ET기술 적용시 효율이 향상될 수 있음을 PSIM 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

### 2. 전력증폭기의 설계

#### 2.1 Stepped Plate Transducer 특성 및 설계사양

일반적으로 전력증폭기의 부하는 순수 저항부하가 대부분이지만, Stepped Plate Transducer는 내부 압전구조로 인하여 저항 성분과 커패시턴스 성분이 존재하게 되므로 그림 3과 같이 주파수에 따라 전기적 특성이 변화된다.

표 1은 Stepped Plate Transducer를 구동하기 위한 전력증폭기의 설계사양이다.

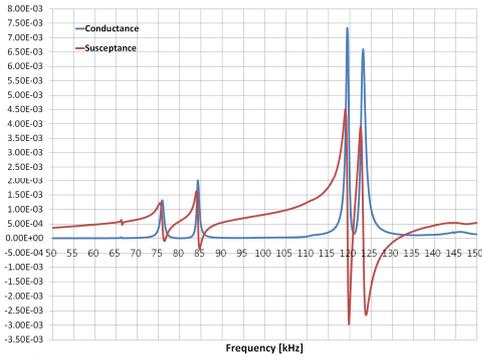


그림 3 Stepped Plate Transducer의 특성 그래프

표 1 Stepped Plate Transducer 구동 전력증폭기 설계사양

항 목	설계사양
주파수	80 ~ 150 [kHz]
출력전압	$\pm 200$ [V <sub>max</sub> ]
출력전류	$\pm 1.5$ [A <sub>max</sub> ]
밴드폭	300 [kHz] 이상

## 2.2 전력증폭기와 전원회로

그림 4는 Dual supply type의 전원회로로 구성된 Bridge Mode 전력증폭기의 설계회로이다.

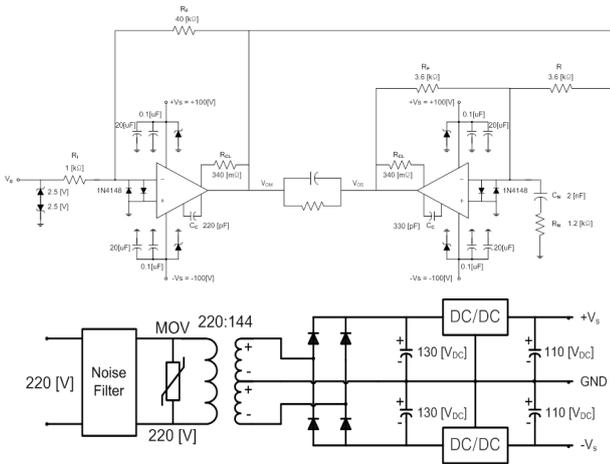


그림 4 설계한 Dual supply type의 Bridge Mode 전력증폭기 회로

## 2.3 안정도 및 루프 설계

그림 5의 (a)는 Master amp의 루프 설계이다.

그림 5의 (b)는 Slave amp의 루프 설계이다.

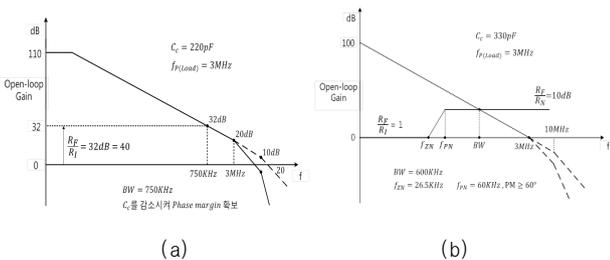


그림 5 (a) Master amp의 루프 설계 (b) Slave amp의 루프 설계

## 3. 시뮬레이션 및 실험결과

그림 6은 설계한 전력증폭기의 이득 전달 특성 곡선이다.

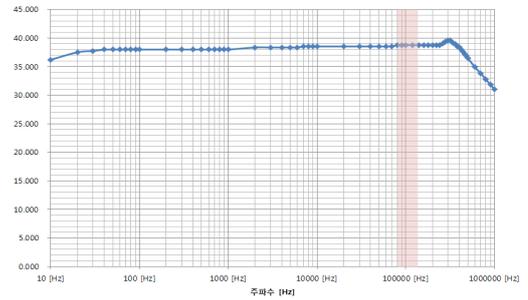


그림 6 설계한 전력증폭기의 이득 전달 특성 곡선

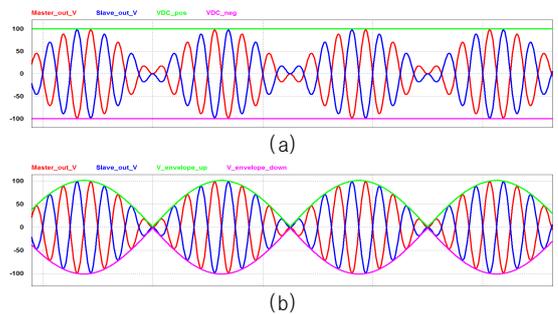


그림 7 (a) 일정 DC전압 인가시 전력증폭기 입 출력전압  
(b) ET 기술 적용시 전력증폭기 입 출력전압

일정 DC전압 인가시 효율은 63[%]이며, ET기술 적용시 효율은 78[%]로서 약 15[%]의 효율 향상을 PSIM 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

## 4. 결론

본 논문에서는 Stepped Plate Transducer를 구동하기 위하여 Class B push pull type 증폭기의 선형 동작 특성과 ET기술을 적용하여 향상된 효율 특성을 갖는 전력증폭기를 설계하고 실험을 통해 선형특성을 확인하였다.

ET(Envelope tracking)기술 적용 시 효율 향상이 가능하다는 것을 PSIM 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었으며, 이에 대해 깊이 감사드립니다.  
(계약번호 : UD070054AD)

## 참고 문헌

- [1] 이경우, 소형중, 임실목, 김원호, 조운현, "1 3형 압전 복합체를 이용한 광대역 수중 통신용 음향 트랜스듀서에 관한 연구", 한국해양공학회지 제22권 제2호, pp 65~71, 2008. 04
- [2] Miguel Rodriguez, "A Multiple Input Digitally Controlled Buck Converter for Envelope Tracking Applications in Radiofrequency Power Amplifiers", IEEE TRANSACTION ON POWER ELECTRONICS, VOL.25, NO.2, FEBRUARY 2010