

# 수중 음향센서용 전력증폭기를 위한 전원회로 설계

이창열\*, 심재혁\*, 김인동\*, 노의철\*, 문원규\*\*, 김원호\*\*\*  
 부경대학교 전기공학과\*, 포항공과대학교 기계공학과\*\*, 국방과학연구소\*\*\*

## Design of Power Supply for Power Amplifier of Underwater Acoustic Sensor

Chang Yeol Lee\*, Jae Hyeok Shim\*, 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

본 논문에서는 수중음향 센서를 위한 전력증폭기용 전원회로로 멀티레벨 가변전압출력 AC DC 컨버터를 제안한다. 제안하는 가변전압출력 AC DC 컨버터는 입력단측의 입출력측 절연 및 멀티전원전압을 얻기 위한 고효율 위상제어 풀 브리지 DC DC 컨버터와 출력단측의 응답특성이 빠른 멀티레벨 가변출력전압을 얻기 위한 2개 Flying capacitor 3 level converter와 1개의 다이오드 브리지로 구성되어 있다. 본 논문에서 제안하는 멀티레벨 컨버터는 수중음향 센서를 위한 전력증폭기용 전원회로로서 유용하게 사용될 것으로 예상된다.

### 1. 서론

해양은 많은 수중 및 해저 자원을 지니고 있으며, 이를 탐사, 발굴하는 것은 많은 경제적 이익을 가져온다. 이를 위해 해양 자원이나 환경 혹은 수중의 물체를 실시간, 지속적으로 모니터링하여 자료를 수집하고, 필요에 따라 수중장치나 장비를 제어하는 기술이 필요하다. 또한 최근 천안함 폭침 사건에서 확인할 수 있듯 수중에서 정보를 교환하는 수중 통신 및 탐지 시스템은 군사 전략적으로도 매우 중요하다.<sup>[1]</sup>

수중에서는 대기와 달리 매질의 차이로 인하여 통신 및 탐지에 제약이 따르므로 음파를 이용하여 정보를 송·수신한다. 이를 위한 수중 음파 송신 구성도는 그림1 과 같다. 보내고자 하는 음파 신호원은 변조기(Modulator), 전력증폭기(Power Amplifier), 수중음향 압전 트랜스듀서(Underwater Acoustic Piezoelectric Transducer)를 통해 초음파로 변환하여 송신한다.<sup>[1]</sup>

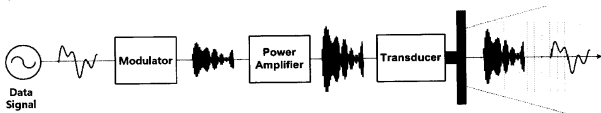


그림 1. 수중 초음파 송신 구성도

수중음향 센서를 위한 전력증폭기는 넓은 대역폭과 출력 선형성이 보장되어야 하며, 동시에 시스템의 발열과 연료문제를 해결하기 위하여 높은 효율로 동작하여야 한다. 하지만 전력증폭기의 선형성과 효율은 Trade off관계이므로 현재 양쪽을 다 만족시키기 위한 활발한 연구가 계속되고 있다.

기존의 선형증폭기인 Class A, Class B 증폭기는 고정전원인가 시 고정전원의 크기와 증폭하고자 하는 정현파 신호의 포락선(Envelope)이 같은 이상적인 경우라도 이론적으로 얻을 수 있는 최대효율이 각각 50% 와 78.5%이다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 증폭기에 인가하는 전원전압을 일정한 값으로만 유지하지 않고 증폭하고자 하는 입력

신호의 피크값에 따라 전원 전압을 변동시키기 위해 가변전원을 사용하는 방식이 그림2 에서 보이고 있는 EER기술(Envelope Elimination and Restoration Technique)이다.<sup>[2]</sup>

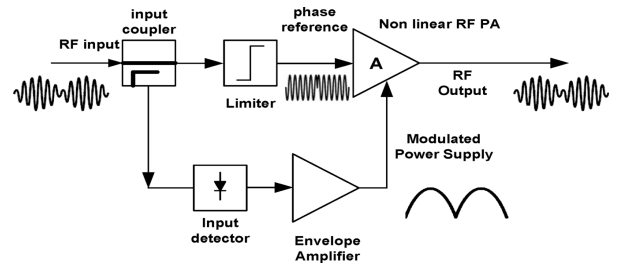


그림 2. EER기술 (Envelope Elimination and Restoration Technique)

이 방식은 증폭하고자 하는 입력신호의 포락선이 변동하더라도 Envelope amplifier와 Nonlinear amplifier를 각각 스위칭 증폭기인 Class D와 Class E로 구현 가능하므로 소자의 스위칭손실과 도통손실을 무시 할 수 있는 이상적인 조건에서는 효율 100%를 얻을 수 있는 방법이다.

이를 위해 빠른 응답특성과 고효율 특성을 갖는 포락선 증폭기용 전원회로가 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 이를 위한 가변전압출력 멀티레벨 AC DC 컨버터 (Multilevel AC DC converter)를 제안한다.

## 2. 가변전압출력 멀티레벨 AC-DC 컨버터

### 2.1 멀티레벨 AC-DC 컨버터 전력회로

제안한 멀티레벨 AC DC 컨버터의 상세한 전력회로는 그림 3과 같다. 제안한 컨버터는 크게 중속 연결된 2개의 컨버터, 즉 입력단 컨버터와 출력단 컨버터로 구분할 수 있다. 입력단 컨버터는 절연된 멀티 전원전압들을 얻기 위한 컨버터로 Phase shifted PWM 제어 고주파 풀 브리지 회로, 고주파 절연용 멀티포트 변압기, 다이오드정류기 및 LC 필터로 구성되어 있다. 출력단 컨버터는 멀티레벨 가변 출력전압을 얻기 위한 컨버터로서 2개의 플라잉 커패시터 3 레벨 컨버터와 1개의 다이오드정류기로 구성되어 있다.<sup>[3]</sup>

제안한 멀티레벨 AC DC 컨버터의 가변출력전압  $V_{OP}$ 는 출력단의 플라잉 커패시터 3 레벨 컨버터로부터 얻어진다. 가변 출력전압  $V_{OP}$ 는 그림 4와 같은 파형을 갖으며, 식(1)과 같이 표현된다.

$$V_{OP} = V_{o1} + V_{o2} + V_{o3} \quad (1)$$

여기서  $V_{o1}$ 와  $V_{o2}$ 는 플라잉 커패시터 3 레벨 컨버터의 출력

전압이며,  $V_{o3}$ 는 변압기 권선  $T_{32}$ 의 출력전압을 다이오드 브리지 정류하여 얻은 출력전압이다.

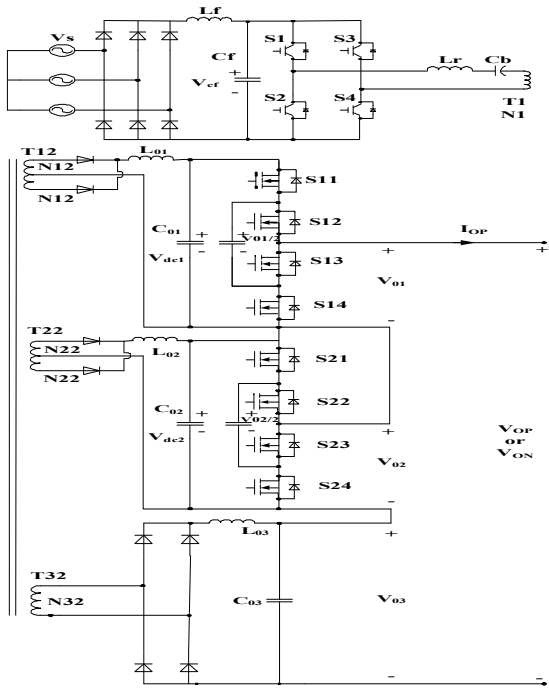


그림 3. 제안한 수중음향용 가변전압출력 멀티레벨 AC-DC 컨버터

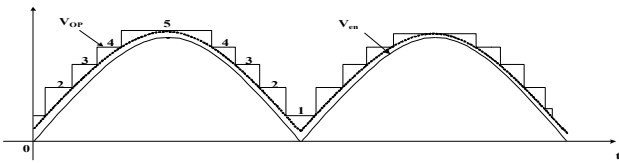


그림 4. EER를 위한 포락선 증폭기의 동작 파형

출력단 플라잉 커패시터 3레벨 컨버터는 포락선 전압 (Envelope voltage)을 출력하는 DC DC 컨버터로 사용되므로 출력전류가 항상 양의 방향으로만 흐른다. 이 때문에 플라잉 커패시터의 전압 불균형 현상이 발생할 수 있으므로 플라잉 커패시터의 전압 밸런싱이 항상 확보되도록 스위칭 패턴이 설계되어야 한다.

## 2.2 멀티레벨 AC-DC 컨버터의 설계사양

표 1은 가변전압출력 멀티레벨 AC DC 컨버터의 설계사양이다.

표 1 가변전압출력 멀티레벨 AC-DC 컨버터의 설계사양

입력전압	$AC\ 220\ [V],\ 3\phi,\ 60\ [Hz]$
출력전력	$P_{V_{OP},pk} = 2.4\ [kW],\ P_{V_{OP},aw} = 1.2\ [kW]$
출력전압	$V_{op} = 160\ [V_{pk}],\ V_o = 150\ [V_{pk}]$
출력전류	$I_{op} = I_o = 15\ [A_{pk}]$
대역폭	$BW = 40\ [kHz]$

## 3. 시뮬레이션

가변전압출력 멀티레벨 AC DC 컨버터의 시뮬레이션 조건은 표 2와 같다.

그림 5는 멀티레벨 컨버터의 출력전압 명령치가

80 [V]→150 [V]→80 [V]와 같이 변동할 때 멀티레벨 컨버터의 출력전압  $V_{op}$ 와 포락선 증폭기 출력전압  $V_o$ 의 변동을 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 출력전압의 명령치가 급변하더라도 출력전압이 명령치를 잘 추종함을 볼 수 있다.

표 2 가변전압출력 멀티레벨 AC-DC 컨버터의 시뮬레이션 조건

입력전압	$AC\ 220\ [V],\ 3\phi,\ 60\ [Hz]$
출력전력	$P_{V_{OP},pk} = 2.4\ [kW],\ P_{V_{OP},aw} = 1.2\ [kW]$
출력전압	$V_{op} = 160\ [V_{pk}],\ V_o = 150\ [V_{pk}]$
출력전류	$I_{op} = I_o = 15\ [A_{pk}]$
증폭신호 주파수	$f_T = 20\ [kHz]$ (Full-rectified wave)
풀 브리지 스위칭주파수	$f_{sw} = 50\ [kHz]$

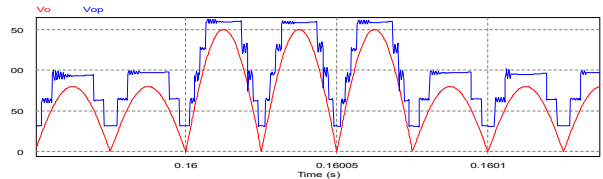


그림 5. 증폭기의 출력전압변동 80 [V]→150 [V]→80 [V]시 멀티레벨 컨버터의 출력전압  $V_{op}$ (파란색)와 포락선 증폭기의 출력전압  $V_o$ (빨간색)

그림 6은 출력전압변동에 따른 멀티레벨 컨버터 효율 및 포락선 증폭기 전체 효율을 보이고 있다. 그림에서 보는 것처럼 가변전압전원을 사용하므로 높은 효율 특성을 확인할 수 있다.

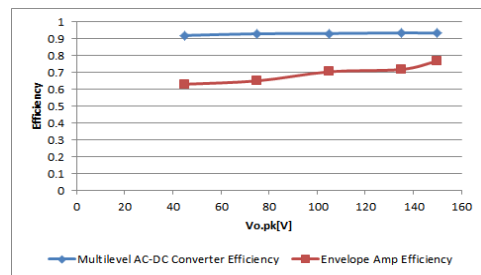


그림 6. 출력전압변동에 따른 멀티레벨 AC-DC 컨버터 효율 및 포락선 증폭기 전체 효율

## 4. 결론

본 논문에서는 수중음향 센서를 위한 전력증폭기용 전원회로인 가변전압출력 멀티레벨 AC DC 컨버터를 설계하였으며, 시뮬레이션을 통해 높은 효율 특성을 확인하였다.

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

## 참고 문헌

- [1] Yub Je, Haksue Lee, Wonkyu Moon, Wonho Kim, Cheeyoung Joh, "The optimal design method for parametric array sonar system," 23th Underwater Acoustics Symposium Proceedings, pp.107~112, 2008.
- [2] D. Diaz, M. Vasic, O. Garcia, J.A. Oliver, P. Alou, R. Prieto, and etc, "Three level Cell Topology for a Multilevel Power Supply to Achieve High Efficiency Envelope Amplifier ", *IEEE Trans. on Circuits and Systems*, Vol. 59, No. 8, pp1 14, April 2012
- [3] In Dong Kim and Eui Cheol Nho, Heung Geun Kim, and Jong Sun Ko, "A Generalized Undeland Snubber for Flying Capacitor Multilevel Inverter and Converter," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol. 51, No. 6, pp. 1290 1296, Dec. 2004