

수중통신용 전력증폭기의 효율 향상을 위한 가변 DC-DC 컨버터의 설계

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

Design of variable DC-DC Converter for improved efficiency of Power Amplifier in Underwater Communication System

Seul-Gi Kim*, Chang-Yeol Lee*, 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 신호를 증폭시키는 전력증폭기와 초음파를 발생시키는 트랜스듀서가 필요하다.

전력증폭기는 수중에서의 발열과 연료문제로 인하여 높은 효율로 동작하여야 한다. 하지만 전력증폭기에 인가되는 고정전압과 출력전압의 차이로 인해 손실이 발생하여 효율이 저하된다.

그러므로 본 논문에서는 전력증폭기의 효율 향상을 위해 출력전압에 따라 인가전압을 가변하는 ET(Envelope Tracking) 기술을 적용하기 위한 4[kW]급, 20[kHz]의 대역폭을 갖는 가변 DC-DC 컨버터를 설계하고 시뮬레이션을 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 그림 1과 같이 신호를 변조하여 전력증폭기와 트랜스듀서를 통해 정보신호를 초음파로 송신한다.

전력증폭기는 송신신호의 왜곡 손실을 줄이기 위해 넓은 대역폭과 출력 선형성이 보장되어야 하며, 동시에 시스템의 발열과 연료문제로 인하여 높은 효율로 동작하여야 한다.

하지만 그림 2의 (a)회로와 같이 전력증폭기에 고정된 DC전압을 인가하면, (b)와 같이 출력전압과 인가전압의 차이만큼 손실이 발생하여 효율이 저하된다.

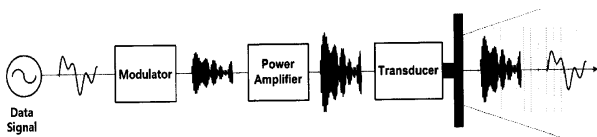


그림 1. 수중 초음파 송신 구성도

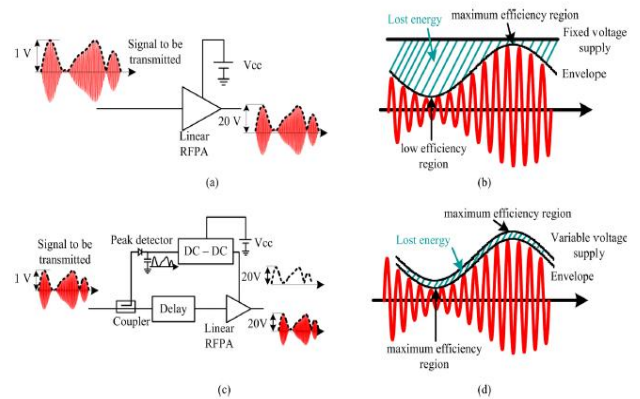


그림 2. (a) 고정 DC전압 인가된 증폭기 회로
 (b) (a)의 입·출력 전압파형
 (c) ET기술 적용된 증폭기 회로
 (d) (c)의 입·출력 파형

그림 2의 (c)회로와 같이 전력증폭기에 DC-DC 컨버터를 통해 전압을 가변하여 인가하면, (d)와 같이 출력전압과 인가전압의 차이만큼 손실을 줄여 효율을 향상시킬 수 있다.^[1]

그러므로 본 논문에서는 수중통신용 전력증폭기 효율 향상을 위해 4[kW]급, 20[kHz]의 대역폭을 갖는 가변 DC-DC 컨버터를 설계하고, 시뮬레이션을 통해 특성을 확인하였다.

2. 가변 DC-DC 컨버터의 설계

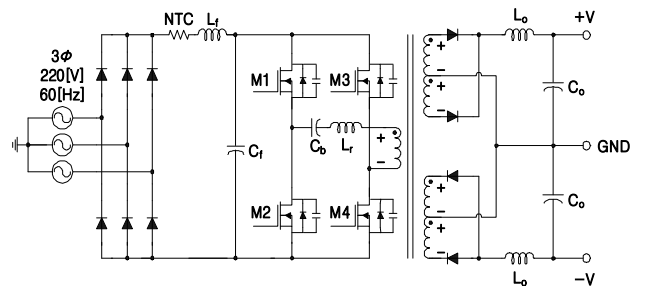


그림 3. 가변 DC-DC 컨버터 회로도

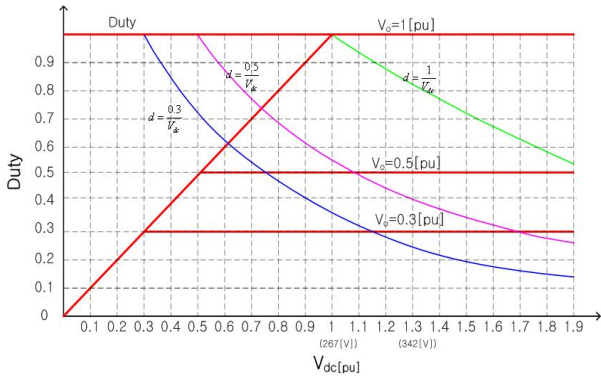


그림 4. 전원전압변동에 따른 듀티사이클 (d)와 출력전압(V_o)

그림 4에서 보는 바와 같이 입력전압의 변동에 관계없이 출력전압을 원하는 값으로 제어하기 위해서는 고주파 DC/DC 컨버터의 듀티 사이클을 적절하게 제어해야 한다.

본 DC/DC 컨버터의 정격출력전류는 $I_o = 10 [A]$, 정격출력전압은 $V_o = \pm 200 [V]$ 이며, 정격출력은 $P_L = 4[kW]$ 이다. 본 설계에서 Worst Case인 동작점은 $220 - 10\% [V]$ 이며, dc 링크 필터전류가 연속인 $V_{dc} = 267 [V]$ 인 점으로서 이 때 듀티비 $d=1$ 이다. 상세 설계 절차는 참고 문헌^[2]의 논문에 상세히 서술되어 있으며 그 결과는 다음과 같다.

표 1 가변 DC/DC 컨버터의 설계 파라미터 값

구분	설계 값	비고
DC Link 필터 L_f	$L_f = 2 [mH]$ $I_{L_fSAT} = 20 [A]$	
DC Link 필터 C_f	$C_f = 262 [\mu F]$ $U_N = 370 [V]$ (20% margin)	
Transformer (100% 정격부하)	1차권선 : 4 [kVA] $V_1 = 226 [V_{rms}]$ $I_1 = 17.9 [A_{rms}]$ 2차권선 : 6 [kVA] (1.5[kVA]×4권선) $V_2 = 226 [V_{rms}]$ $I_2 = 6.7 [A_{rms}]$	권선비 N1:N2=1:1
출력단 필터 L_o	80 [μH], 10 [A]	$f_r = 50 [kHz]$
출력단 필터 C_o	$C_o = 0.15 [\mu F]$, 200 [V] $I_R = 1.5 [A]$ 이상	
블로킹 커패시터 C_B	$C_B = 5 [\mu F]$, 40 [V] $I_R = 14 [A]$	

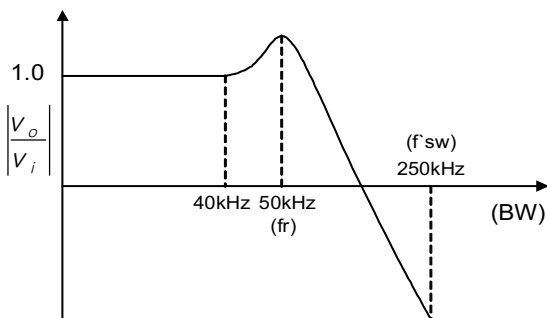


그림 5. 출력필터의 공진주파수(50kHz), 스위칭주파수(250kHz)

3. 시뮬레이션

그림 6은 Sin과 명령과 설계한 DC/DC 컨버터의 (+)출력전압 시뮬레이션 파형이다.

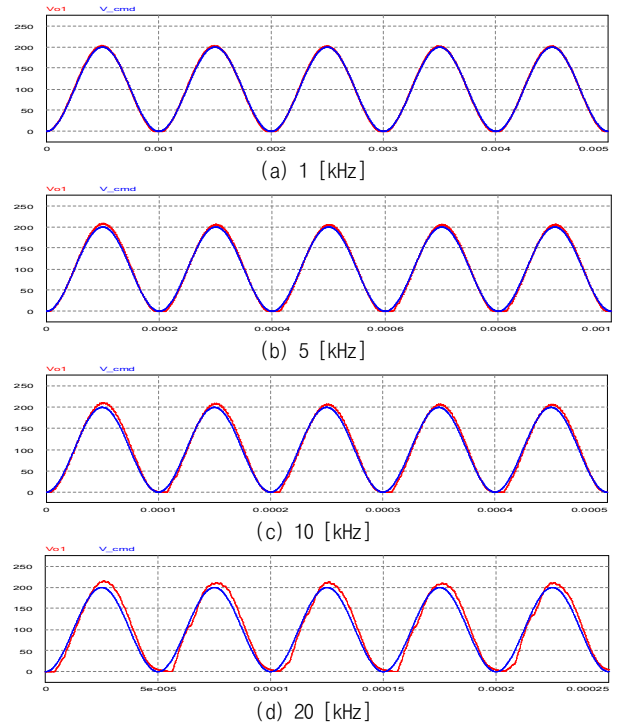


그림 6. (a) 1 [kHz] 명령에 대한 컨버터의 출력전압파형
(b) 5 [kHz] 명령에 대한 컨버터의 출력전압파형
(c) 10 [kHz] 명령에 대한 컨버터의 출력전압파형
(d) 20 [kHz] 명령에 대한 컨버터의 출력전압파형

20[kHz]의 Sin과 명령에 대해 설계한 DC/DC 컨버터의 출력전압파형이 추종하는 것을 PSIM 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 수중통신용 전력증폭기의 효율 향상을 위해 출력전압에 따라 인가전압을 가변하는 4[kW]급, 20[kHz]의 대역폭을 갖는 DC-DC 컨버터를 설계하고 시뮬레이션을 통해 특성을 확인하였다.

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

참고 문헌

- [1] 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, Feb 2010
- [2] 조원우, 김진영, 김인동, 노의철, 고강우, 배상범, "선박 평형수 처리용 대전류 인버터 방식의 정류기 설계", 전력전자학회논문지, 제16권 제5호, pp430~439, 2011, 10.