

능동 소나용 전력증폭기의 전력 제한 전압제어루프 설계

송승민*, 이상화*, 김인동*, 김동욱**, 이병화**, 이정민**, 서희선**

*부경대학교, **국방과학연구소

Power limit voltage control loop design of power amplifier for active sonar

Seung Min Song*, Sang Hwa Lee*, In Dong Kim*, Dong wook Kim**, Byung Hwa Lee**,
Jeong Min Lee**, Hee Seon Seo**

*Pukyong National University, **Agency for Defense Development

ABSTRACT

The impedance of an underwater acoustic transducers constituting a multi channel array structure could be changed in real time by various transmission modes. A power amplifier for driving the transducers usually use a voltage control method, so the transducer and power amplifier may be damaged by over power due to changeable load conditions. Therefore, the drive controller of the power amplifier should have the function of limiting the power. This paper propose the new voltage control method for limiting the driving power of transducers with variable impedance characteristics.

1. 서 론

수중 음향 트랜스듀서를 구동하는 고출력 송신기는 부하에 해당하는 트랜스듀서의 임피던스 특성에 의해 송신 출력 특성이 좌우된다. 특히, 다채널 배열형태로 구성되는 트랜스듀서는 배열 형상, 구동 주파수 및 송신 방식 등에 의해 임피던스 특성이 가변되므로 이를 구동하는 고출력 송신기의 전력 제어 회로는 빠른 응답특성과 제어 안정성을 가져야 한다.^[1]

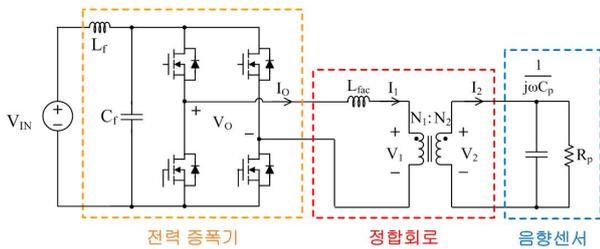


그림 1 고출력 송신기의 전력회로
Fig. 1 Power circuit of high power transmitter

고출력 송신기는 그림 1과 같이, Full bridge 인버터 형태의 전력증폭기, 임피던스 정합회로 등으로 구성되며, 부하인 트랜스듀서는 단일 구동 주파수에 대하여 RC 회로로 모델링 될 수 있다. 부하가 순간적으로 변화할 경우, 과전류, 과전력 특성이 발생하게 되므로 안정적인 송신 출력을 위해서는 출력 제어 루프 설계가 요구된다.

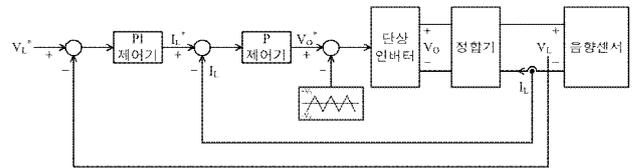


그림 2 기존의 출력 제어 루프
Fig. 2 Conventional output control loop

기존의 제어 루프는 주로 출력전압을 제어하기 위한 루프가 적용되었고 그림 2와 같이 구성할 수 있다. 출력전압을 검지하여 PI 제어기를 통해 산출된 결과는 출력전류와의 비교와 P제어기를 통해 전압 제어 파라미터로 산출되며, 이는 PWM 제어 입력 신호로 인버터에 인가된다. 그러나 부하 조건이 급변하게 변동되는 조건에서 과전력이 공급되어 송신기뿐만 아니라 트랜스듀서의 손상을 초래할 수 있으므로 전력에 대한 제어가 요구된다. 따라서 본 논문에서는 변동 부하조건에서 출력 전력 특성을 고려한 전력제한 전압제어루프의 설계를 제안한다.

2. 제안하는 전력제한 전압제어루프

제안하는 전력제한 전압제어루프는 그림 3과 같이 기존의 전압제어루프에서 전력을 제한하기 위한 페루프가 추가되어 구성될 수 있다.

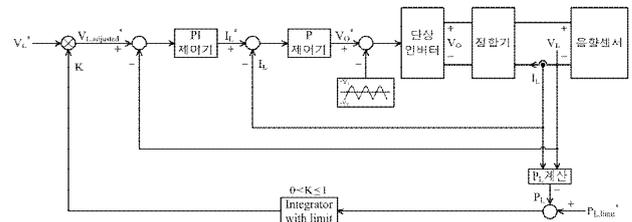


그림 3 제안하는 전력제한 전압제어루프
Fig. 3 Proposed power limit voltage control loop

출력 전력은 매주기마다 검지되는 출력 전압과 전류로부터 산출될 수 있으며, 산출된 전력량과 제한된 전력량($P_{L.limit}^*$)의 관계로부터 식 (1)과 같이 제어하고자 하는 전압 제어값($V_{L.adjusted}^*$)을 도출할 수 있다.

$$V_{L.adjusted}^* = KV_L^* \quad (1)$$

V_L^* 은 기 설정된 전압 제어값이며, K 는 출력전력과 $P_{L,limit}^*$ 의 차이를 적분하여 계산되며, 0에서 1사이로 제한하였다. 출력전력이 $P_{L,limit}^*$ 이하인 경우에 K 는 1로 유지됨에 따라 V_L^* 와 $V_{L,adjusted}^*$ 는 같으므로 기존의 전압제어루프와 동일하게 동작한다. 반면, 부하조건이 변동함에 따라 출력전력이 $P_{L,limit}^*$ 을 초과하면 K 는 0과 1사이의 값을 가지게 된다. 따라서 수식 1에 의해 기존 대비 감소된 출력 전압 제어값($V_{L,adjusted}^*$)이 제어 루프에 인가되므로 출력전력이 $P_{L,limit}^*$ 가 될 때까지 출력전압은 반복해서 감소하게 된다.

3. 시뮬레이션

제한한 전력제한 전압제어루프에 대한 특성을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 수행하고 기존의 출력제어루프와 비교하였다. 시뮬레이션은 V_L^* 을 일정하게 유지한 상태에서 부하가 서서히 증가할 경우와 순간적으로 증가하는 경우에 대하여 수행하였다.

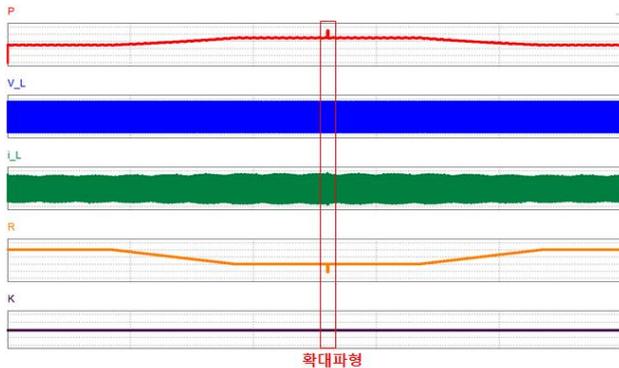


그림 4 기존의 출력 제어 루프 시뮬레이션 파형
Fig. 4 Simulation waveforms of conventional output control loop

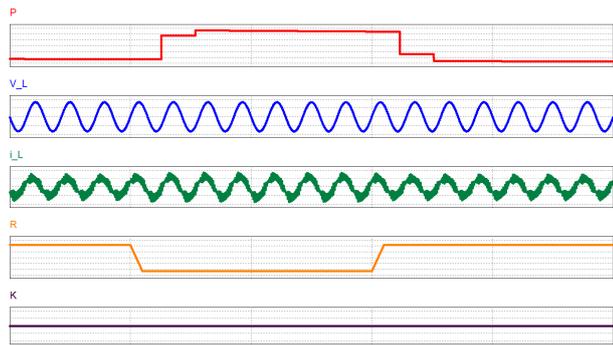


그림 5 기존의 출력 제어 루프 시뮬레이션 확대파형
Fig. 5 Simulation enlarged waveforms of conventional output control loop

그림 4는 기존의 출력제어루프에 대한 시뮬레이션 파형으로 부하가 서서히 증가하는 경우, 제한사항 없이 출력전력도 증가함을 확인할 수 있다. 그림 5는 그림 4의 확대파형으로 순간적으로 부하가 변동하는 경우에 제한사항 없이 출력전력도 순간적으로 증가함을 확인하였다.

그림 6은 제안하는 전력제한 전압제어루프 시뮬레이션 파형이고 그림 7은 그림 6의 확대파형을 나타낸다. 그림에서 보는

것과 같이 부하가 서서히 증가하거나 순간적으로 증가할 경우, 제한된 전력량으로 출력전력이 제한되는 것을 확인할 수 있다.

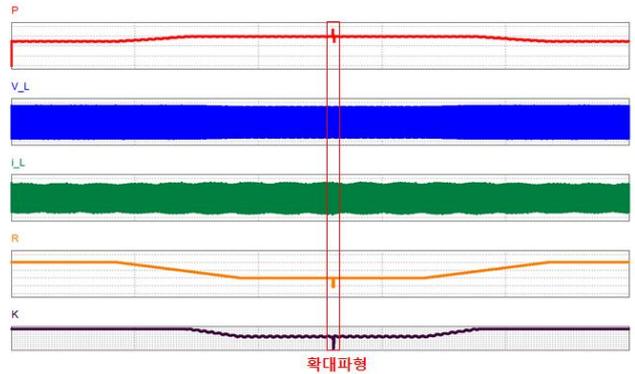


그림 6 제안하는 전력제한 전압제어루프 시뮬레이션 파형
Fig. 6 Simulation waveforms of proposed power limit voltage control loop

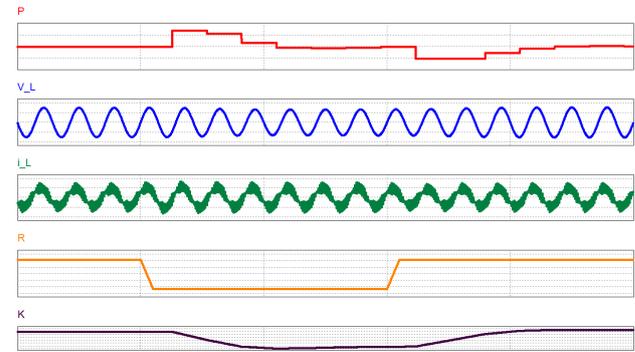


그림 7 제안하는 전력제한 전압제어루프 시뮬레이션 확대파형
Fig. 7 Simulation enlarged waveforms of proposed power limit voltage control loop

4. 결론

본 논문에서는 수중 음향 트랜스듀서의 임피던스가 실시간 가변되더라도 과전압 또는 과전류로 인하여 출력전력이 제한된 범위를 출력하지 않도록 고효율 송신기의 새로운 전력제한 전압제어루프를 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 기존의 출력제어루프와 비교하였고, 부하가 순간적으로 변동되더라도 출력 전력이 제한된 전력량으로 제한됨을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소의 지원으로 수행되었으며, 이에 대해 깊이 감사를 드립니다. (계약번호 UD170010DD)

참고 문헌

[1] C. Zhao, B. Trento et al, "Design and Implementation of a GaN Based, 100kHz, 102 W/in³, 2kVA Single Phase Inverter," IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 4, No. 3, pp. 824-840, Sep. 2016.