

전력 출력의 디지털 제어가 가능한 전원 공급 장치의 개발

안진수¹, 박진경¹, 이정한¹, 김형식^{2*}

건국대학교 글로벌캠퍼스 과학기술대학 ICT 융합공학부 BK21 플러스의공학실용기술연구소 바이오메디컬공학과¹

건국대학교 글로벌캠퍼스 과학기술대학 ICT 융합공학부 메카트로닉스공학과²

Development of a digitally controlled Power supply for Power Amplifier

Jinsu An¹, Jin-Kyung Park¹, Jeong-Han Yi¹, Hyung-Sik Kim^{2*}

¹ Department of Biomedical Engineering, BK21+ Research Institute of Biomedical Engineering, School of ICT Convergence Engineering, College of Science & Technology, Konkuk University, Chungju, South Korea

² Department of Mechatronics Engineering, School of ICT Convergence Engineering, College of Science & Technology, Konkuk University, Chungju, South Korea

*hskim98@kku.ac.kr

Abstract

In this study, a digitally controlled power supply was developed for the use of the PA107DP power amplifier. The digital controlled power supply consists of a power supply unit and a control unit, and is used together with a power amplifier. The power supply is composed of a voltage monitoring system and a flyback converter that provides feedback through a photocoupler, and realizes an isolation power that can be adjusted in the range of $\pm 60V$ to $\pm 100V$. The control unit is implemented so that the current output voltage of the power amplifier can be checked and the voltage of the power supply unit can be controlled by using the microcontroller. The power voltage can be adjusted in the control unit through the digital potentiometer inside the Voltage Monitoring System. To check the operation, it was confirmed that the output voltage was constant by connecting winding resistors of 100Ω to $10k\Omega$ at both ends of the output under the condition of the maximum output voltage of $\pm 100V$. In addition, as for the power supply voltage, it was confirmed that the output of the power amplifier was changed from $100V_{pp}$, $140V_{pp}$, and $180V_{pp}$ to $\pm 60V$, $\pm 80V$, and $\pm 100V$, respectively.

1. 연구 배경

수술을 시행하는 경우, 인체 조직의 일부를 절개하고, 수술 시 출혈을 줄이기 위해 전기 수술기의 사용은 필수적인 기기로 자리매김하였다. 고주파 전기 수술기는 고주파 전류를 인체에 인가하여 전기적 자극이나 충격을 인가하지 않고 조직을 절개, 지혈 및 응고시킬 수 있다[1]. 고주파 전류의 특성을 이용하여 위의 효과를 보기 위해서는 고주파 수술기의 출력으로 인한 열에너지가 필요하다. 열에너지는 인체에 통과된 전류에 의해 세포내의 음이온이 음극에서 양극으로 이동하면서 자체적으로 마찰에 의해 세포 간의 온도를 상승시켜 얻을 수 있다[2,3]. 하지만, 생체 조직에서 발생된 열로 인해 생체조직의 특성도 함께 변화하기 때문에 최적화된 출력을 발생할 수 있는 고주파 발생장치가 전기 수술기에서 매우 중요한 요소이다.

일반적으로 치료용으로 사용되는 고주파 전기 수술기는 고주파 발생장치에서 $300kHz \sim 3MHz$ 의 파형을 생성하고 해당 신호를 증폭하여 생체 조직에 인가된다. 고주파 신호를 증폭함에 있어 주로 고주파 전력 증폭기 (Power Operational Amplifiers)를 사용하게 되는데 전력 증폭기의 성능은 고주파 전기 수술기의 성능으로 직결된다.

전력증폭기를 분류하는 한 방법은 급(Class)으로 나누는 것이다. 입력신호의 한 주기에 대해서 동작의 한 주기에 걸친 출력 신호의 변화량을 나타낸다. 1) A 급 : 입력 신호를 손실 없이 전부 증폭할 수 있지만 증폭기의 효율이 낮으며, 보통 소신호 증폭기, 고급 오디오용 증폭기에 많이 사용된다. 2) B 급: 전체 입력 신호 주기의 절반만 증폭한다. 나머지 절반의 주기는 증폭하지 않기에 출력신호의 일그러짐이 크지

만, A 급 증폭기에 비해 증폭 효율이 매우 높다는 장점이 있다. 3) B 급 Push-Pull 증폭기 : B 급 증폭기를 쌍으로 연결해서 사용하는 방식으로 서로 반대 위상의 신호 증폭기 2개를 병렬로 사용하여 증폭 효율도 높이고, A 급 증폭기와 비슷한 출력을 얻을 수 있다.

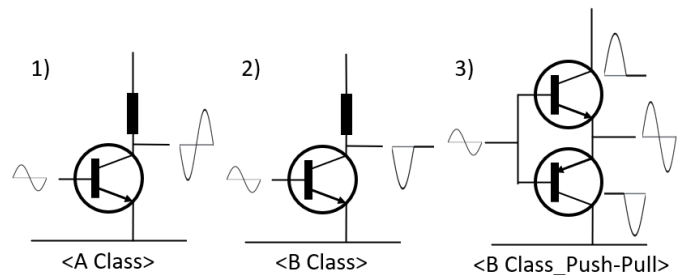


그림 1. 전력증폭기의 급(Class) 분류

B 급 Push-Pull 증폭기인 PA107DP의 SOA(Safe Operating Area) 특성은 전원 전압(+Vs)와 출력 전압(+Vo)의 전압 차이가 $10V$ 이하일때, 최대 전류(1.5A) 출력이 가능하다.

본 논문에서는 고주파 전력증폭기 소자인 PA107DP (B 급 Push-Pull 증폭기)를 보다 안전하고 효율적으로 사용하기 위해 전력 출력의 디지털 제어가 가능한 전원 공급 장치를 개발하고자 한다. 전원 공급 장치의 출력은 최대 $200Watt$ 출력이 가능함을 확인하였으며, 고주파 증폭기의 출력 전압에 따라 전원 전압의 제어가 가능함을 확인하였다.

2. 연구 방법

그림 1에 제안된 블록 다이어그램과 같이 전력 출력의 디지털 제어가 가능한 전원 공급 장치는 전원부와 제어부로 구성되어 있다.

전원부는 Voltage Monitoring System 과 Photocoupler 를 이용하여 Feedback 하는 Flyback Converter 를 구성하여 $\pm 60V \sim \pm 100V$ 범위에서 조절이 가능한 100Watt 출력의 Isolation 양전원을 구현하였다. Voltage Monitoring System 내부의 Digital Potentiometer 를 통해 제어부에서 전원 전압을 조절할 수 있도록 하였다.

제어부는 마이크로 컨트롤러를 기반으로 구성하였으며, Gain Control System 과 Waveform Generator 로 구성되어 있다. Gain Control System 은 Waveform Generator 에서 발생된 신호의 크기를 조절하여 전력증폭기의 입력신호로 전달한다. 이때, 마이크로 컨트롤러는 전력증폭기의 입력신호를 이용하여 전력증폭기의 출력 값을 계산하고, 최적의 출력이 가능하도록 전력증폭기의 전원 전압을 조절한다.

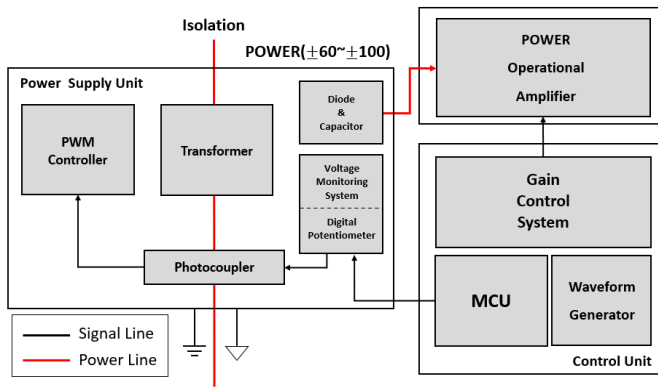


그림 2. 전원 공급 장치의 블록 다이어그램

3. 연구 결과

3.1 전원부 설계 및 최대 동작 조건에서의 출력

전원부는 Feedback 회로를 가지고 있는 플라이백 컨버터를 구성함으로써 1 차측 접지와 2 차측 접지를 분리하여 의료기기에 적용할 수 있도록 설계하였다. 220V의 상용 교류 전원을 이용하여, $\pm 60V \sim \pm 100V$ 범위에서 조절이 가능하도록 설계하였으며, 50Ω의 권선 저항을 사용하여 최대 200Watt 출력이 가능함을 확인했다. 추가적으로 PA107DP와 마이크로 컨트롤러에 사용되는 소전원은 절연형의 DC-DC 컨버터를 사용하여 구성하였다. 아래의 그림 3은 전원부 회로의 설계도이며, 최대 동작 조건에서의 출력은 그림 4를 통해 확인할 수 있었다.

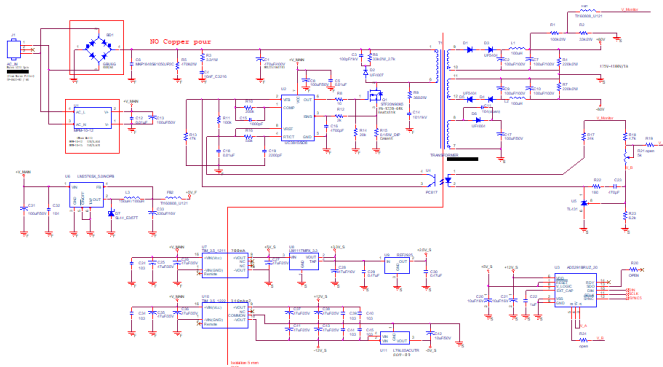


그림 3. 전원부 회로 설계

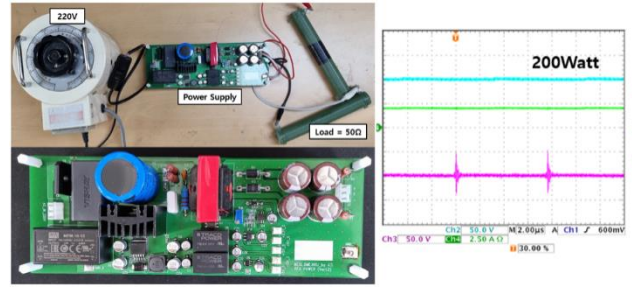


그림 4. 최대 동작 조건에서의 출력(200Watt)

3.2 부하에 따른 출력 전압 확인

최대 출력 전압인 $\pm 100V$ 조건에서 출력 양단에 각각 100Ω ~ 10kΩ의 권선저항을 연결하여 출력 동작을 확인하였다. 각 부하에서의 출력 전압은 그림 5와 같이 100V가 유지됨을 확인했다.

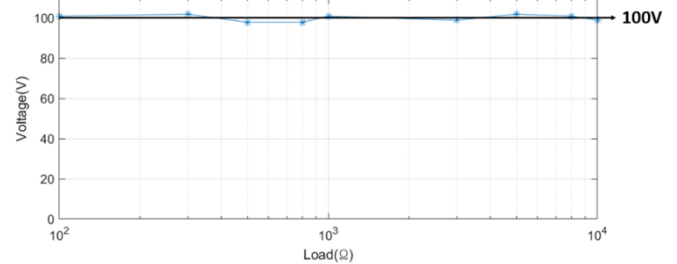


그림 5. 부하에 따른 출력 전압

3.3 전력 증폭기 출력 전압에 따른 전원 전압 제어.

제어부의 Gain Control System 은 전력증폭기의 입력 신호의 크기를 조절한다. 이를 통해 마이크로 컨트롤러는 전원부의 출력 전압을 조절할 수 있으며, PA107DP의 전원 전압을 출력 전압에 맞추어 최적화된 값으로 제어할 수 있다. PA107DP의 전압 스윙의 범위는 전원전압의 크기보다 $\pm 10V$ 씩 작기 때문에 출력 전압보다 $\pm 10V$ 크게 제어하도록 설계했다. 그림 6은 전력증폭기(PA107DP)의 출력 전압이 100Vpp, 140Vpp, 180Vpp에서의 전원 전압의 변화를 나타내며, 각 조건에서의 공급 전압은 $\pm 60V$, $\pm 80V$, $\pm 100V$ 로 제어됨을 확인할 수 있었다.

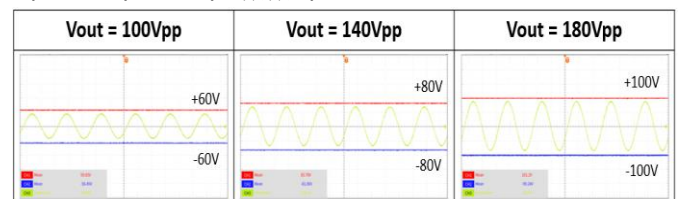


그림 6. 출력 전압에 따른 전원전압의 변화

4. Acknowledgements

이 논문은 범부처 전주기 의료기기 연구개발사업의 지원으로 수행된 것임(KMDF_PR_20200901_0079).

5.참고 문헌

- [1] 송도선; 최현호; 정동규. 고주파 전기 수술기 개발. In: *Proceedinas of KIIT Conference*. 2005. p. 135-140.
- [2] 이석민. (2021). 전력증폭기를 이용한 고주파 전기수술기 운용 시 생체조직 변형에 대한 전기적 보상에 관한 연구 (Doctoral dissertation, 한양대학교).
- [3] 송도선, 최현호, 정동규."고주파 전기 수술기 개발."한국정보기술학회 종합학술발표논문집.(2005):135-140.