

펄스파워 기술을 이용한 전류펄스 공급장치

박상국*

*위덕대학교 컴퓨터공학과

Electric current pulse supply unit use pulse power technique

Sang-gug Park*

*Dep. of Computer Engineering in Uiduk University

E-mail : skpark@uu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 경량합금 용해공정 상에서 발생하는 응고 조직의 불균일한 문제를 대전류 펄스파워 장치를 적용해서 해결하기 위한 용도로 전류펄스 공급 장치를 개발했다. 펄스파워를 발생시키기 위한 전원공급용 스위치는 MOSFET 스위치를 사용했고, 게이트제어를 위한 신호로는 PWM 신호를 발생시켜 공급했다. 설계한 회로에 대해 시뮬레이션을 거쳐 PCB로 제작하여 최종적으로 전류펄스 공급 장치를 개발했다. 전원회로 시뮬레이션은 PSIM 소프트웨어를 이용해서 실시했다. 실험결과 개발한 시스템에서 출력되는 전류펄스 출력신호가 시뮬레이션 결과와 잘 일치함을 확인했다.

ABSTRACT

This paper describes development of the electric current pulse supply unit. This system is used to improve the problems of non-uniformed solidification structure, which is made in melting process of light weight alloy. The power supply switch of our system use MOSFET switch and gate control use PWM signal. We have simulated the designed circuit and made to PCB for the current pulse supply unit. The power circuits are simulated by a PSIM software. In the experiments, we have confirmed that the experiment results are follow the simulation results very well.

Key word

electric current pulse, pulse power system, PWM, PSIM simulation

I. 서 론

대전류 고속 펄스파워(pulse power) 기술은 종래의 고전압, 대전류 공학을 기초로 하여 콘덴서, 인덕터 등에 저장된 초기 전자에너지를 시공적으로 성형, 중첩, 압축하여 짧은 시간에 고출력을 발생시켜 좁은 공간에 에너지를 집중 공급하는데 이용된다. 펄스파워 기술의 시작은 1940년대 군사레이더용 마이크로파 발생연구와 핵융합연구로 거슬러 올라갈 수 있다. 그 당시에는 고밀도 플라즈마를 발생시키기 위한 펄스 대전류를 커패시터 방전을 이용하여 얻기 위해서 펄스 대전류의 제어기술이 필요하였고, 그 후 고온 플라즈마 연구에는 커패시터 방전이 필수 불가결한 기술로 자리 잡아 왔다. 최근까지 가장 대규모로 펄스파

워를 이용하는 분야는 군용기술과 핵융합 연구 분야라 할 수 있다. 이 펄스파워 기술이 공학으로 체계화되기 시작한 것은 1970년대 이며, 산업응용에 대해 관심을 가지게 된 것은 최근의 일이다. 직류나 교류 전력과는 달리 대전류 펄스파워 기술은 미개척 부분이 많고 또 그 응용분야는 매우 넓다. 그러나 아직도 응용분야의 개척은 물론 스위칭 소자의 개발, 절연기술, 펄스 성형기술, 에너지 저장장치의 소형화 등 요소기술의 개발도 과제가 많아 산업용으로 실용화되기까지 아직 기술적 문제가 많다. 많이 적용되고 있는 응용분야로는 직류 및 교류의 전력기술과는 달리 그 범위가 광범위하다. 예를 들면, 비행기, 자동차, 선박, 배관설비 등 성형용 전원장치로 이용될 뿐만 아니라, 노후 원자력발전소 해체작업, 바위발파 및 노

후건물의 폭파작업등의 첨단기술로 각광받고 있다. 본 논문에서는 제철공정 중에서, 마그네슘과 같은 경량합금 등의 용해 및 응고공정 중에 발생하는 조직 내부의 불 균일 문제를 개선하기위한 용도로 사용하기 위한 대전류 펄스파워 시스템을 개발하고자 한다. 본 논문의 연구에서는 개발 결과를 실제로 경량합금의 조직에 적용해 보는 실험은 하지 않고, 대전류 공급 장치의 회로적인 완성도를 높이는 부분에 중점을 두었다. 전력 공급용 스위치는 Power MOSFET을 사용했고, 게이트 on/off 제어는 PWM 신호를 이용했다. 그리고 펄스파워 충. 방전을 위한 실험 장치로는 12V/100A 배터리와 산업용 충전기를 사용했다. 전력전자 회로에 대한 설계와 시뮬레이션은 PSIM 9.0 버전을 사용했으며 이를 근거로 실제 PCB를 제작해서 전류펄스 공급 장치를 개발했다. 실험결과 개발한 시스템에서 출력되는 전류펄스 출력신호가 시뮬레이션 결과와 잘 일치함을 확인했다.

II. 펄스파워 시스템

2.1 시스템 개요

펄스파워란 에너지 압축 기술로써 단위 시간당의 에너지 변화량을 나타내는 물리량(dE/dt)으로 그 크기는 주어진 에너지를 어느 정도의 시간 내에 부하로 방출하느냐에 의해 결정된다. 예를 들면, 1J의 에너지를 1초 동안에 방출하면 1W의 파워가 되지만 1 μ s의 짧은 시간에 방출하면 단위 시간당의 에너지 변화량이 아주 큰 1MW에 이르는 큰 파워를 가지게 된다. 즉 펄스파워 기술은 에너지 보존법칙의 원리에 의한 것으로 에너지 저장장치를 통하여 전력변환 혹은 에너지 압축을 이용하는 기술이다. 펄스파워 기술의 응용분야는 과학 분야에서는 핵융합로, 입자가속기 등이며, 방위 산업분야에서는 레이저, 전열화학포, 전자포 등이며 산업용은 금속 Forming, Welding, 플라즈마 파압, 콘크리트의 철근 및 암석 재생, 금속 분말제조 등이다.

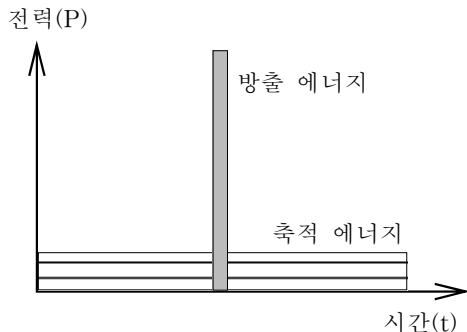


그림 1. 펄스파워의 개념

펄스파워 시스템의 구성은 그림 2와 같이 에너지 공급장치(1차 전원), 에너지 저장장치, 스위치 및 부하, 그리고 제어시스템으로 구성된다. 에너지 공급 장치는 상용전원의 독립전원을 말하며 본 논문에서는 220 VAC를 사용한다. 펄스 시스템에서 중요한 구성요소인 에너지 저장장치 및 주방전 스위치는 다음과 같다.

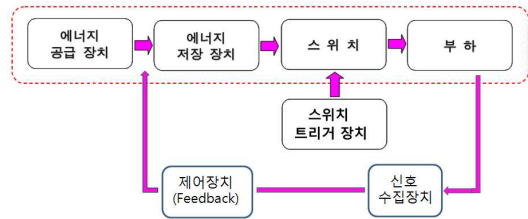


그림 2. 펄스파워 시스템의 구성

펄스전원은 전기장(electric field), 자기장(magnetic field), 관성에너지(inertial energy), 전해에너지(electrochemical energy) 등 저장되어 지는 에너지 형태에 따라 축전기(capacitor), 인덕터(inductor), 프라이휠(flywheel), 배터리 등이 있다. 본 논문에서는 시중에서 구하기 쉬운 12V/100A 배터리를 사용한다.

2.2 스위치 회로부 설계

본 논문에서 제안하는 전류펄스 공급시스템의 스위치 회로부에 대한 기본적인 회로 구성도를 그림 3에 나타냈다. 저장된 에너지 공급을 위한 on/off 스위치로는 n-채널 타입의 Power MOSFET을 사용하고, Gate 드라이브 신호로는 PWM 신호를 사용한다. 여기서 MOSFET의 최대 스윙 전압값 +V_{DD}가 에너지 저장장치로 사용하는 배터리의 출력전압이 된다. 출력단 부하로는 2개의 전극봉을 사용한다. 출력되는 신호값은 A/D 변환기에 의해 검출되어 입력단의 피드백 제어 신호로 귀환한다.

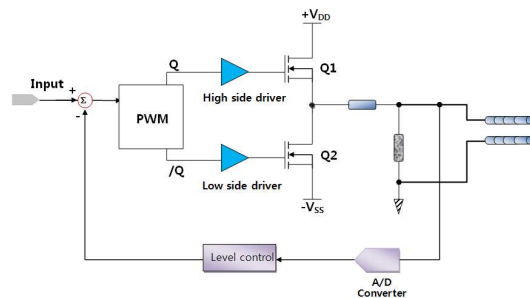
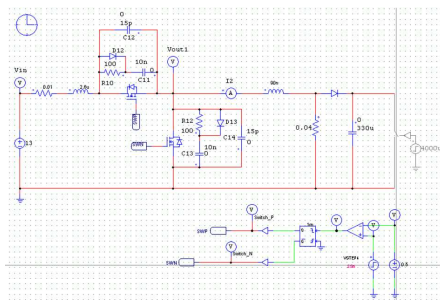


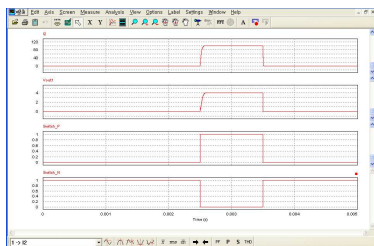
그림 3. 펄스파워 시스템의 스위치 회로부

III. 전력회로 시뮬레이션

본 논문에서 구현하고자 하는 펄스파워 시스템에 대해 먼저 전력회로 시뮬레이션을 해보았다. 시뮬레이션 프로그램은 전력회로 시뮬레이션 전문 소프트웨어인 PSIM 9.0 버전을 사용했다. 구현하고자 하는 시스템에 대해 전력회로 시뮬레이션을 위해서 그림 5(a)와 같이 시스템에 대한 모델링을 한다. 에너지 저장장치로 사용하는 배터리(12V/100A)를 입력으로 모델링하고, 출력단 전류펄스의 전류량을 변화시키기 위해 입력단에 가변 저항을 사용한다. 출력단 부하로 사용되는 2개의 전극봉을 부하저항과 커패시터 및 역류방지용 다이오드로 모델링한다. 그림 5(b)는 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 관찰하는 신호로는 출력단의 전압과 전류, MOSFET의 Gate 제어신호로 설정했다.



(a) 시뮬레이션 회로



(b) 시뮬레이션 결과

그림 4. 전력회로 시뮬레이션

IV. 결과 및 고찰

전력회로 시뮬레이션 결과를 바탕으로 회로를 설계해서 이를 PCB로 제작하여 실제로 대전류 펄스 출력 장치를 개발했다. 그림 5는 본 연구에서 개발한 전류펄스 공급 장치의 사진을 나타낸다. 출력되는 전류의 크기를 10단계로 가변이 가능하도록 시스템 전면부에 출력전류 선택스위치를 장착했다. 또한 시스템의 전면부에는 LCD패널을 장착했고, 시스템 내부에 임베디드 시스템을 적용해서 LCD패널에서 터치스크린을 이용해 출력되는 전류 펄스의 주파수와 펄스폭에 대한 설정이 가능하도록 했다. 최종적으로 출력되는 전류 펄스의 신호를 오실로스코프로 관찰했다. 그림 6은 관찰한 파형의 오실로스코프 화면을 출력한

것이다. 파형의 윗부분은 100A의 전류 출력 시 관찰한 출력단의 전압파형을 나타내고, 아래 부분의 파형은 MOSFET의 Gate에 가해지는 입력 펄스 신호를 나타낸다. 실험결과 본 연구에서 개발한 전류펄스 공급 장치의 출력파형이 시뮬레이션 결과와 잘 일치함을 알 수 있었다.



그림 5. 전류펄스 공급장치

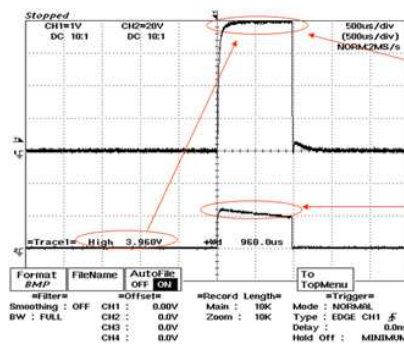


그림 6. 출력파형

참고문헌

- [1] 김철영, "펄스파워 기술에 의한 암석 파쇄장치 개발 및 그 특성", 중앙대학교 석사학위 논문, 2003.
- [2] 김영배, "고 에너지용 고전압.대전류 펄스파워 성형에 관한 연구", 경남대학교 석사학위논문, 2008.
- [3] 이형호 외 3, "대전류 고속펄스파워시스템의 구성기술", 대한전기학회 하계학술대회논문집, pp 2179 ~ 2181, 1999.
- [4] 김종현 외 4, "반도체 스위치를 이용한 고압 펄스파워 발생기", 전력전자학술대회논문집, pp.682~685, 2004.