

전략광물 탐사를 위한 양극성 펄스전원장치 설계

배정수*, 장성록**, 유찬훈**, 김형석**, 김종수**
과학기술연합대학원대학교*, 한국전기연구원**

Design of Bipolar Pulse Power Supply for Strategic Mineral Exploration

Jung Soo Bae*, Sung Roc Jang**, Chan Hun Yu**, Hyoung Suk Kim**, Jong Soo Kim**
University of Science & Technology*, Korea Electrotechnology Research Institute**

ABSTRACT

본 논문은 전략광물 탐사를 위한 25kW급 양극성 펄스전원 장치에 대하여 기술한다. 고효율 LCC 공진형 컨버터를 적용한 DC/DC 전력변환 회로부와 펄스를 발생시키기 위한 풀 브릿지 기반의 양방향 펄스 스위칭부로 구성된 500V, 12.5A 단위모듈을 설계하고, 4개의 모듈을 직병렬 구성하여 탐사 방식에 따라 요구되는 고전압 저전류(2kV, 12.5A) 혹은 저전압 대전류(500V, 50A) 동작이 가능한 전략광물 탐사용 펄스전원장치를 개발한다. 본 논문에서는 공진회로, 변압기 등 단위모듈의 상세 설계에 대하여 기술하고, 시뮬레이션 및 실험 결과를 통해 이를 검증한다.

1. 서 론

고부가 가치를 지니는 심부 대규모 광체의 탐사개발이 선진국을 중심으로 진행되고 있다. 500m 이상의 대규모 심부 잠두 광체 정밀 탐지를 위해서는 수십 kW급의 초고출력 송신 탐사 시스템이 필요하다. 탐사를 위해 전원 장치를 이동하며 실험해야 되는 특성상 전원장치는 가볍고 전력밀도가 높은 설계가 요구된다. 본 논문에서는 효율적인 정 전력 공급을 위한 DC전원 장치와 양방향 펄스의 출력 주파수를 DC 8kHz를 가변하기 위한 펄스 스위칭 부를 연계한 시스템 제어 기술 확보를 목표로 한다. 광물 탐사용 펄스전원장치개발에 적용된 LCC 공진형 컨버터의 특징을 바탕으로 단일모듈 설계와 성능 실험 결과를 소개한다.

2. 광물 탐사용 전원장치 단일모듈 설계 및 실험

2.1 전략광물 탐사를 위한 양방향 펄스전원 사양

광물 탐사용 전원장치의 사양은 표1과 같다. 500V, 12.5A 사양의 단일모듈을 4모듈 직렬 연결하면 전압이 2 kV로 출력하고 병렬 연결하면 전류가 50A로 출력하여 25 kW의 충전 전력을 공급한다. DC DC펄스 부의 DC 8kHz 출력 주파수로 양방향 펄스를 부하에 인가한다.

2.2 공진회로 기반 전원장치 단일모듈 설계

본 논문에서 소개하는 광물 탐사용 전원장치의 단일 모듈은 LCC 공진형 컨버터와 풀 브릿지 기반의 펄스 부로 구성되어 그림 2와 같이 설계된다. 높은 효율 달성을 위해 사다리꼴

표 1 광물 탐사용 전원장치 설계 파라미터

Table 1 Design parameters for mineral exploration power supply

AC 입력전압, Vac	380 ± 10%
단일 모듈 최대 펄스 출력전압, 전류	500 V, 12.5 A
4모듈 직렬 최대 펄스 출력전압, 전류	2 kV, 12.5 A
4모듈 병렬 최대 펄스 출력전압, 전류	500 V, 50 A
펄스 반복률	DC 8 kHz
최대 충전전력	25 kW

형태의 공진전류 파형을 가지는 LCC 공진형 컨버터 기반으로 설계한다.^[1] 추가공진 인덕터 제작 없이 누설 인덕턴스만을 공진 인덕턴스(Ls)로 활용하기 위해 변압기를 제작할 때 환형 코어에 와이어를 코어의 양측에 1, 2차 권선을 각각 감아 누설 인덕턴스를 최대한 활용한다. 누설 인덕턴스를 이용함으로써 병렬 공진 커패시터(Cp)를 2차 측 정류 다이오드와 병렬로 연결한다.

그림 1은 선정된 파라미터 값을 이용하여 PSpice 시뮬레이션 결과를 보여준다. 시뮬레이션을 통해서 회로도의 파라미터를 검증하고 실험을 위한 단일모듈을 설계한다.

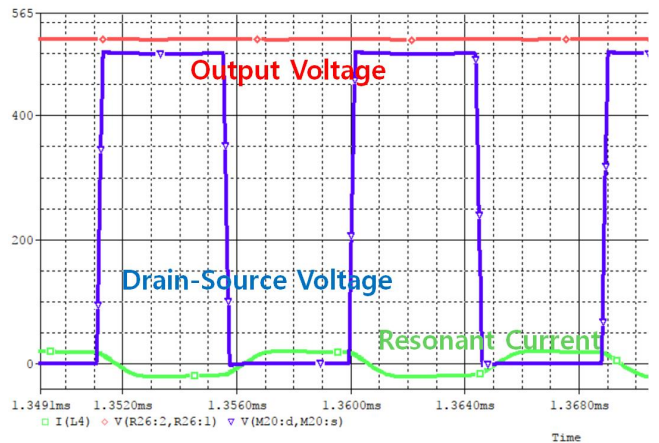


그림 1 단일모듈 시뮬레이션 파형

Fig. 1 Simulation waveform of single module

2.3 전원장치 단일모듈 실험 결과

광물 탐사용 전원장치 단일모듈 사양인 500V 12.5A 출력을 만족시키기 위해 40Ω의 저항부하를 바탕으로 그림 3과 같이 정격운전을 통해 설계를 검증하였다. 이 단일 모듈의 출력에 따른 효율은 그림 4와같이 정격 출력일 때 효율이 95%이고 전력분석기를 통해 역률 0.96을 확인하여 단일 모듈의 성능을 검

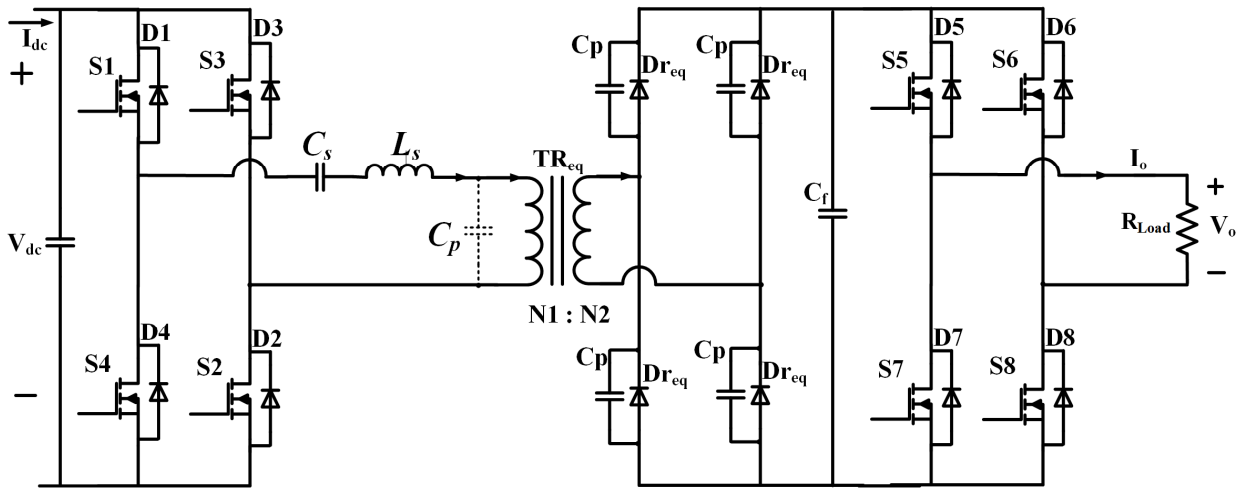


그림 2 전원장치 단일모듈 회로도
Fig. 2 Circuit of power supply single module

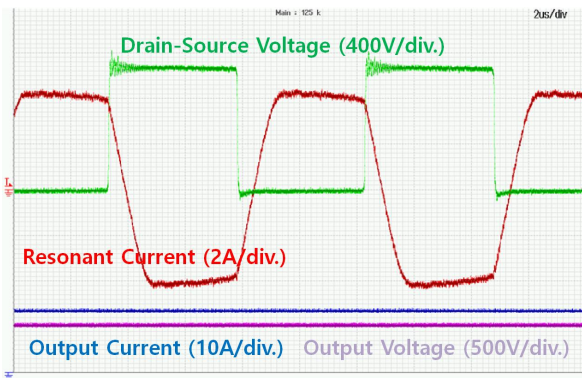


그림 3 정격 단일모듈 실험 파형
Fig. 3 Rated operation waveform of single module

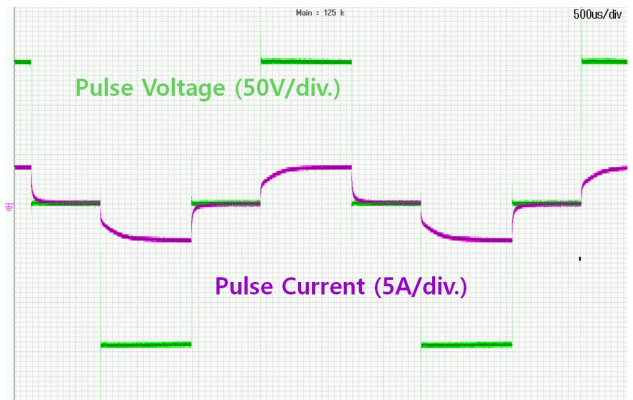
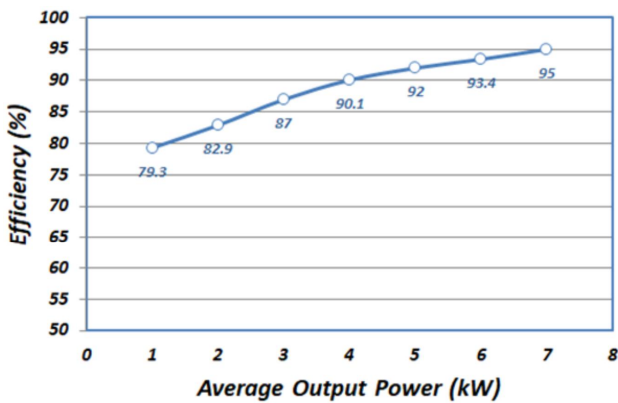


그림 5 양방향 펄스 실험 파형
Fig. 5 Operation waveform of bipolar pulse



Input power [kW]	0.58	0.82	1.24	2.02	3.64	5.72	6.78
output power [kW]	0.46	0.68	1.08	1.82	3.35	5.34	6.44
Efficiency [%]	79.3	82.9	87	90.1	92	93.4	95

그림 4 출력에 따른 효율 곡선그래프
Fig. 4 Efficiency waveform

증하였다.

그림 5는 현재 펄스 부 실험을 진행 중에 있으며 양방향 펄스가 인가되는 것을 확인 할 수 있다. 개발된 단일모듈을 이용하여 2모듈, 4모듈을 직병렬 구동했을 때 전압과 전류의 밸런싱이 잘 이루어지는지 확인해 보는 실험을 앞으로 진행할 예정이다.

3. 결론

본 논문은 전라광물 탐사를 위한 25kW급 양극성 펄스전원장치구동을 위한 단일모듈 설계 및 실험을 기술하였다. LCC 공진형 컨버터 기반의 단일모듈 설계를 시뮬레이션으로 파라미터 값을 결정하고 설계하여 정격 실험을 통해 전원장치의 우수성과 타당성을 검증하였다.

이 연구는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회의 지원을 받아 수행된 한국전기연구원 주요사업임(No. 17 12 N0101 24)

참고 문헌

[1] J. W. Gong, H. J. Ryoo, S. H. Ahn and S. R. Jang, "Design and Implementation of a 40 kV, 20 kJ/s Capacitor Charger for Pulsed Power Application," in IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 42, no. 11, pp. 3623-3632, Nov. 2014.