

**광신호 제어에 의한 고반복 테슬라 변압기용 커패시터 충전형 전원장치**

**황선목\***, 임대현\*, 김천호\*\*, 최진수\*\*  
(주)한화\*, 국방과학연구소\*\*

**CCPS(Capacitor Charging Power Supply) by Optical Signal Control for Repetitive Tesla Transformer**

Sun-Mook Hwang\*, Tea-Hyeon Lim\*, Cheon-Ho Kim\*\*, Jin-Soo Choi\*\*  
Hanwha,\*, ADD\*\*

**Abstract** - 본 논문은 광신호 제어에 의해 작동되는 고반복 테슬라 변압기용 커패시터 충전형 전원장치에 관하여 기술하였다. 광신호는 펄스 형태로 약 100us의 시간을 갖고 커패시터 충전형 전원장치를 제어한다. 커패시터 충전형 전원장치는 펜던트, 배터리, 트랜스포머, 인버터/컨트롤러, 트리거 발생기로 구성되었다. 그리고 이 장치의 사양은 800V, 8.8A 이고, 실험에 사용된 커패시터 부하는 88uF를 사용하였다. 시험결과, 800V/88uF의 충전시간은 약 8.1ms 이고, 반복률은 100Hz로 운전하였다. 또한 고반복 테슬라 변압기용 커패시터 충전형 전원장치는 안정적인 반복률 및 출력특성을 보이고 있다.

커패시터 충전형 전원장치의 출력전압 및 반복률은 고전압 프로브와 오실로스코프 이용하여 측정하였고, 출력전류는 충전시간을 이용하여 계산하였다. 그리고 커패시터 충전형 전원장치의 동작 상태를 알아보기 위해 DAQ 보드(Cleverscope, CS328AE)를 장착하였다. 커패시터 충전형 전원장치의 동작시간은 최대 3초 이내로 제한하여 실험하였다.

**1. 서 론**

고전압 펄스 전원장치에 많이 사용되는 커패시터 충전형 전원장치(CCPS: Capacitor Charging Power Supply)는 고출력 펄스 레이더, 지뢰제거, 고출력 전자파 발생기, 전자력 가속기 등에 활용되고 있다. 그리고 최근에는 소형화, 빠른 상승시간, 빠른 반복률(~수백Hz 이상)을 갖는 고전압 커패시터 충전형 전원장치에 대한 관심이 증가하고 있다.

러시아의 Institute of High Current Electronics는 고출력 전자파 발생장치에 필요한 수백 kV급 고전압 나노펄스 발생장치를 개발한 것으로 알려져 있다[1]. 그러나 수백 kV급 고전압 나노펄스 발생기에 사용된 고전압 커패시터 충전형 전원장치는 상용품을 사용하였고, 고출력 전자파 발생장치에 발생된 노이즈에 취약하여 고전압 커패시터 충전형 전원장치는 부가적인 보호회로 및 제어장치를 장착하였다. 이에 고전압 커패시터 충전형 전원장치는 전체적인 시스템의 부피가 커지는 단점을 가지고 있다.

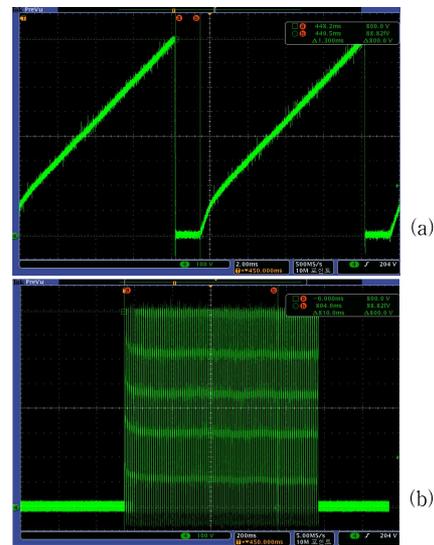
본 논문은 소형화 및 안정적인 반복률을 제어하기 위해 광신호 제어에 의해 커패시터 충전형 전원장치를 동작시키고, 커패시터에 충전된 전압은 싸이리스터에 의해 방전하도록 하였다. 그리고 커패시터 충전형 전원장치의 반복률 및 출력 특성을 확인하고, 최적 운전조건을 알아보았다.

**2. 본 론**

커패시터 충전형 전원장치는 Capacitor 부하에 연속 충전할 수 있는 공진형 인버터 방식의 전원장치로서 일정전류를 공급할 수 있는 정전류 제어기능을 갖고 있다. 공진형 인버터 방식은 전압 변환 시 효율이 높고, 회로도가 간단하다. 장치의 보호는 고전압/과전류 차단기능과 부하 단선 및 단락 상태를 감지하여 출력을 차단하는 기능으로 나누어져 있다. 그리고 외부의 강력한 전자파에 의해 오동작 및 고장이 발생하지 않도록 차폐구조로 설계 되어있고, 전원장치의 제어는 원격으로 연결된 fiber optic 신호를 받아 부하의 커패시터 충전/방전이 가능하도록 하였다. 이 장치의 구조는 펜던트, 배터리, 트랜스포머, 인버터/컨트롤러, 트리거 발생장치로 구성되어 있다.

전원장치 배터리는 리튬 폴리머 배터리를 사용하였고, 각 셀 전압 및 용량은 DC 3.7V/25AH이다. 배터리 셀은 14개 직렬로 연결하여, 배터리 전압을 51.8V로 제작하였다. 전원의 용량은 출력에서 필요로 하는 용량을 기준으로 하여 선정하였다. 펜던트는 광신호 제어를 하기 위해 마이크로컨트롤러 소자, 광소자로 구성되었고, 광신호는 펄스 형태로 약 100us의 시간을 갖고 커패시터 충전형 전원장치를 제어한다.

컨트롤러는 외부 신호를 받아 원하는 800V/100Hz 온전을 하기 위한 전자회로로 구성되어 있다. 모든 신호는 외부 Noise로부터 보호하기 위하여 차폐 Case안에 배치되어있으며 외부로부터의 지휘명령은 광 신호에 의해 공급된다. 회로구성은 제어신호의 입력력을 위한 인터페이스회로와 공진형 인버터를 제어하기 위한 인버터 구동신호 발생회로, 그리고 출력 전압 및 전류를 Monitoring하고 제어하기 위한 Feedback 제어회로로 구성되어 있다. 또한 컨트롤러는 입력 전원전압(Battery 전압)의 변동에도 일정한 출력을 유지하기 위한 정전류 제어회로와 입력전압이 48V가 되면 운전을 중지시키는 입력전압 감시기능을 갖고 있다.



**〈그림 1〉 커패시터 부하의 충/방전**

그림 1은 커패시터 충전형 전원장치의 충전과형과 반복률을 나타내었다. 그림1 (a)에서 알 수 있듯이 출력전압은 최대 800V이고 충전시간은 약 8.1 ms이다. 이 충전시간을 이용하여 전류를 계산하면, 전원장치의 전류는 약 8.8A로 계산되었다. 그리고 전압이 커패시터에 충전되면, 커패시터는 설정전압에서 약 100us 충전유지시간을 갖도록 커패시터 충전형 전원장치에서 제어하였다. 그 이유는 커패시터의 충/방전 전압을 안정적으로 동작시키기 위해서이다. 커패시터의 Dead Time은 충전전압에 의해 결정되고, 그리고 커패시터 충전형 전원장치의 제어회로 보호 역할을 한다. 따라서 이 전원장치는 부가적인 보호회로 및 제어장치가 필요하지 않다. 그림 1 (b)는 커패시터 충전형 전원장치의 100 Hz 반복률을 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 100Hz 반복률은 매우 안정적으로 동작되었다.

**3. 결 론**

본 연구는 광신호 제어에 의한 커패시터 충전형 전원장치의 출력특성과 반복률을 알아보았다. 커패시터 충전형 전원장치의 출력전압 및 반복률은 각각 800V, 100Hz를 갖는다. 그리고 충전시간과 충전유지시간 그리고 Dead Time은 각각 8.1ms, 100us, 1.3ms 이다. 광신호 제어에 의한 커패시터 충전전원장치는 안정적인 출력과 반복률 그리고 제어회로 보호 역할 때문에 소형화 및 안정적인 반복률을 제어하였다.

**[참 고 문 헌]**

[1] Ilya V. Romanchenko, Vladislav V. Rostov et al., "Repetitive sub-gigawatt rf source based on gyromagnetic nonlinear transmission line", Review of Scientific Instruments 83, 2012