

# ZVS 방식을 이용한 셀 충전기의 연구

(The study of the cell charger using ZVS method)

이종규·류희삼\*

(Jong-Kue Lee · Hee-Sahm Ryu\*)

## Abstract

This paper is an experimental research of the design of a cell battery charger using switching methods. The developed charger in this paper can do both the equalizing current charge and floating charge. Also, it is easily transferable.

Power MOS FET was used for the full bridge converter of the charger, and ZVS was applied for the switching method of the converter. Also, Customized IC was used for the control circuit in order to simplify ZVS mode. The setting current and floating current used for the charger were designed by using OP AMP. Based on the process provided by the current research, a sample converter with the power rating of 5KVA was developed and is field-testing to improve its validity and stability.

## 1. 서론

전기는 현재 가장 사용하기 편리한 에너지이며 적절하게 전송과 변환을 해서 이용하고 있다. 발전소에서 전기의 송전은 통상 변압기를 이용하는 전력 변환방식을 사용하고 있지만 사용자는 시스템의 특성에 따라 전압, 전류, 효율, 부피, 무게 등을 고려하여 전원장치를 구성하고 있다. 근래 이러한 전원은 대부분 설계 방식이 스위칭 회로로 바뀌어 가고 있다. 스위칭 전원은 직류모터를 유도전동기로 대체하고, 거의 모든 전자제품을 경박 단순하게 만들 수 있었으며, 초고주파 및 유도가열, 무접점으로 전력전달을 하는 등 다양한 형태의 전원을 개발하여 이용하고 있다. 특히 SMPS(Switching Mode Power Supply)는 가전, 컴퓨터, 통신장비 등 다양한 수요에 맞추어 빠르게 기술이 발전되어 왔다. 초기 SMPS는 스위칭 소자를 트랜지스터로 하고 스위칭 방식은 PWM 하드 스위칭 방식이었으며 스위칭 주파수가 40[kHz], 용량이 500[W] 정도 이었다. 현재는 Power MOS IGT(Insulated Gate Transistor), Power MOS FET 등의 소자를 사용하여 스위칭 제어를 개선하고, 공진형, ZVS, ZVZCS 등의 스위칭 방식을 이용하여 스위칭 소자의 스트레스를 감소시키고, 효율과 노이즈 등을 개선할 수 있는 회로방식이 정립되어 실용화하고

있다.

본 연구는 중간 용량의 셀 배터리 충전기 설계에 관하여 논하며 상용 트랜스와 SCR를 이용하는 충전기 전원설비를 스위칭 방식으로 구성하였다. 제시된 셀 충전기는 앞서 언급된 Power MOS FET 소자와 ZVS 방식을 채택하여 스위칭 특성을 개선하고 상용 트랜스 방식의 전원에 비하여 보다 작고 가볍게 제작할 수 있었다.

## 2. 본론

### 2.1 셀 충전기 구성

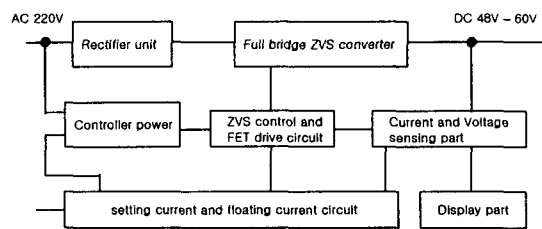


그림 1. 충전기 구성도

Fig.1 The block diagram of the charger

그림 1은 충전기의 전체적인 구성이며 정류부, ZVS 컨버터, 제어부로 이루어졌다. 정류부는 과전압 차단기를 통하여 AC 220[V]를 전파 정류하고

평활하여 DC 310[V] 정도의 직류전압을 컨버터부에 공급한다. 컨버터는 정류된 직류전압을 공급받아 ZVS 모드로 전력을 제어하여 스위칭 트랜스를 거쳐 정류하고 평활하여 충전기 출력전압을 얻는다. 제어기는 제어회로를 위한 전원, ZVS 및 FET 드라이브단 제어, 입력설정 전류와 부동충전 등을 위한 회로, 파넬의 표시장치 등으로 구성하였다. 전압과 전류 표시는 파넬용 디지털 전압계를 사용하고, 정전류, 부동충전 설정 등을 제어하기 위해서 OP AMP를 이용하여 설계하였다. ZVS 모드와 Power MOS FET의 게이트 구동은 전용 소자인 U39432와 UC2875를 사용하였다.<sup>(1)</sup>

## 2.2 컨버터 출력단 구성

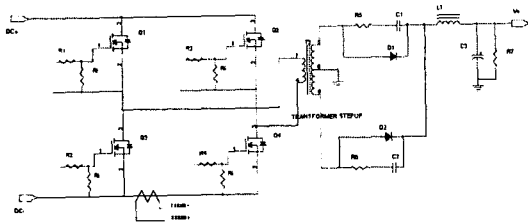


그림 2. ZVS 컨버터 구성  
Fig.2 The part of the ZVS converter

그림 2는 컨버터부로 풀 브리지 ZVS 회로와 전파 정류 회로로 구성하였다. 풀 브리지 ZVS는 안정된 영전압 스위칭을 실현하기 위하여 누설 인덕턴스  $L_p$ 를 이용하거나 인덕턴스  $L_1$ 을 삽입하여 회로를 구성하였다. 일반적으로 하드 스위칭 PWM 방식은 Q1, Q4와 Q2, Q3를 동시에 턴온과 턴 오프를 시켜서 전압을 제어한다. 하지만 ZVS 제어는 Q1 Q4,와 Q2, Q3의 FET 2개의 소자를 턴 온하는 조건에서 1소자만 턴 온 시키고 다른 한 소자를 적절히 PWM 제어하여 전력소자의 스위칭 손실과 노이즈를 경감시키고 효율을 높일 수 있다.<sup>(2)(3)</sup> ZVS 동작은 전압 제어 가변범위, 부하변동 등의 외란에 출력전압 안정성이 문제가 될 수 있으나 셀 충전기의 경우 충전 상태에서 전류변화도 비교적 일정하므로 언급된 제어 방법을 적용할 수 있었다.

## 2.3 제어회로

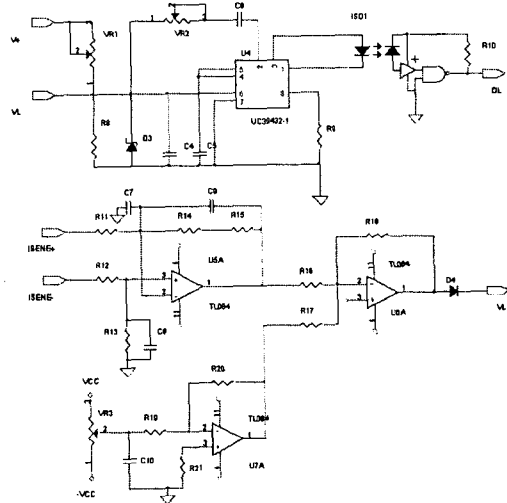


그림 3. 충전기 제어회로  
Fig.3 The control circuit of a charger

그림 3은 충전기를 제어하기 위한 제어회로이다. 컨버터부의 전류는  $R_1$ 로 직접 감지하여  $I_{SENE+}$ ,  $I_{SENE-}$ 를 통하여 차동 증폭기 U5A로 I-V 변환하고 증폭한다.  $VR_3$ 는 초기 충전전류를 설정하고 반전 증폭기 U7A를 거쳐 ZVS 컨버터 I-V 전류 신호와 가산기로 증폭하여 제어신호  $VL$ 를 출력한다. 컨버터 부하변동과 입력전압 변동에 따른 설정된 부하전류의 안정화를 위해서  $VR_3$ 로 적분회로의 정수를 결정하여 제어한다. UC3942-1는 자체 1.2V 레퍼런스 기준전압을 갖고  $V+$ ,  $VL$ 를 입력 받아 고속 비교기로 비교하고 포토 커플러 선형구동 회로를 통하여 ZVS PWM 제어 IC UC 3875의 제어신호로 한다.

## 2.4 실험 및 제작

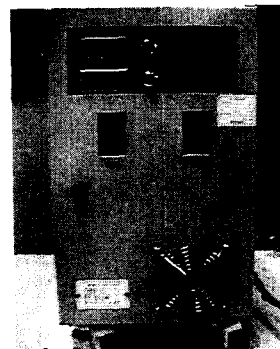


그림 4. 셀 충전기  
Fig.4 The Cell Charger

언급된 회로구성으로 셀 충전기를 실험하고 제작하였다. 컨버터부의 스위칭 소자는 IXFN48N50로 하고 스위칭 트랜스는 EI120-105이며 컨버터의 스위칭 주파수는 100[kHz]로 하였다. 컨버터의 2차 측의 양과 정류 다이오드는 DSEI2X120-06C이고 LC 평활회로는 콘덴서의 용량과 내압은 10000[μF] 100[V], 인덕턴스값과 전류정격은 33[μH] 150[A]이며 충전기의 정격은 60[V] 100[A]이다. 언급된 충전기는 정류부, 컨버터, 제어회로 PCB로 나누어 제작하고 컨버터 및 정류부 전력소자의 열용량을 고려하여 방열판 크기, 냉각 팬 등을 결정하였다.

실용화를 위하여 제작된 케이스에 수정된 회로를 다시 PCB 작업하여 실제적으로 제품에 가까운 셀 충전기를 제작하였다. 그림 4는 제작된 셀 충전기이며 실제 크기는 가로 230[mm] 뒷면 500[mm] 높이 450[mm]이고 중량은 31[kg]이다.

부하 실험은 최대정격에서 120[A]에서 24시간 부하실험을 하였고 효율을 측정한 결과 부하정격이 50[%] 부하조건에서 효율이 89[%]이고, 최대 100[%] 부하조건에서 86[%]이다. 또한 실제 현장에서 72시간 동안 최대정격에서 연속 동작을 시켜 충전기의 안정성을 확인하였다.

### 3. 결 론

본 연구는 ZVS 방식의 셀 충전기를 설계하고 제작하였으며, 언급된 충전기는 효율, 내부 회로의 구성, 전력소자의 안전한 동작 등 적절하였다. 또한 제작한 5[kW] 용량의 충전기는 비교적 소형으로 현장시험 결과 장시간 충전상태에서 안정하게 동작하여 시제품 생산이 가능하다고 공동 프로젝트를 진행한 회사에서 평가하였다.

차후 스위칭 주파수를 200-300[kHz]로 높이고 기구를 개선하여 적절히 방열 대책을 개선하면 보다 가볍고 작게 제작할 수 있을 것이다. 또한 제어회로도 DSP 칩을 사용하여 아날로그 제어부의 튜닝 포인트를 줄이는 것이 양산에 바람직하겠다.

### 참 고 문 헌

- [1] Byeong-Ho Choo, Byoung-Kuk Lee, Sang-Bong Yoo, "A Novel Secondary Clamping Circuit Topology for soft switching Full-bridge PWM DC/DC Converter", IEEE Conf, 1998, pp880-845.
- [2] J. W. Baek, J. G. Cho, D. W. Yoo, G. H. Rim, H. G.

Kim, "An improved Zero Current Switching Full Bridge PWM Converter with Secondary Active Clamp", IEEE Conf, 1998, pp948-954.

- [3] "Unitrode Switching Regulated Power Supply Design Seminar Manual", Unitrode Corporation, 3\_1-4\_20, 1993.