

# MPPT 제어를 적용한 태양광 모듈 집적형 저전압 배터리 충전 장치 개발

김동희, 신승민, 이병국\*  
성균관대학교 정보통신대학

## Development of PV Module Integrated Type Low Voltage Battery Charger

Dong Hee Kim, Seung Min Shin, and Byoung Kuk Lee\*  
College of Information & Communication  
Engineering, Sungkyunkwan University

### ABSTRACT

본 논문에서는 Cascade Buck Boost 컨버터를 사용한 모듈 집적형 컨버터 (Module Integrated Converter, MIC)를 이용하여 독립형으로 저전압 배터리를 충전할 수 있는 알고리즘을 제안하고 이를 검증한다. 제안한 알고리즘은 입력 조건의 변화를 고려하여 MPPT 충전 동작 및 Constant Current (CC) Constant Voltage (CV) 제어를 수행할 수 있어 배터리를 항상 최대의 전력으로 충전할 수 있게 한다. 제안한 충전 장치는 150W급 PV Module을 사용하여, 98.4%의 고효율 획득 및 알고리즘 성능을 검증한다.

### 1. 서론

태양광 (Photovoltaic, PV) 발전은 에너지 사용에 대한 규제와 Grid Parity 도달에 따라 점점 더 매력적인 청정 에너지원으로 각광 받고 있다. 하지만 태양에너지를 이용하는 특성상 주변 환경의 변화에 수동적인 단점을 극복하여 발전량을 극대화하기 위한 MIC에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>[1]</sup>.

MIC의 경우 계통 연계형 및 독립형 모두 적용할 수 있으며, 독립형으로 구성 될 경우 2차 전지를 연결하여 낮 시간에 잉여 전력을 충전하는 구조로 시스템을 구성할 수 있다. 하지만 태양광발전 특성상 입력 조건이 변할 수 있으며 배터리 또한 충전 상태 (State of Charge, SOC)에 따라 출력 조건이 변해진다. 기존의 충전기의 토폴로지는 Buck 컨버터 또는 Boost 컨버터 단독으로 사용하였고 이는 입출력 조건이 변함에 따라 항상 배터리가 원하는 최대 전력으로 충전할 수 없는 단점을 가진다. 승강압이 가능한 토폴로지를 이용한 연구도 진행이 되었지만 상대적으로 효율이 낮은 Buck Boost 컨버터 또는 Sepic 컨버터를 사용하였으며, MPPT 동작 및 CC CV 동작을 병행하여 충전하는 알고리즘은 구현이 되지 않았다<sup>[1]</sup>.

따라서 모든 조건에서 최대의 전력량으로 2차 전지를 충전하기 위해 승강압이 가능하며 효율 향상을 위해 동기정류방식을 적용한 Cascaded Buck Boost 컨버터를 적용하여 시스템을 구성하였으며, 입출력 조건에 따른 CC CV 및 MPPT 충전모드 알고리즘을 제안하였다. 이를 이용하여 150W PV 모듈과 리튬인산철 배터리 충전 조건에서 시스템의 효율 및 제안한 알고리즘을 검증하였다.

### 2. 시스템 구성 및 충전 알고리즘

#### 2.1 시스템 구성

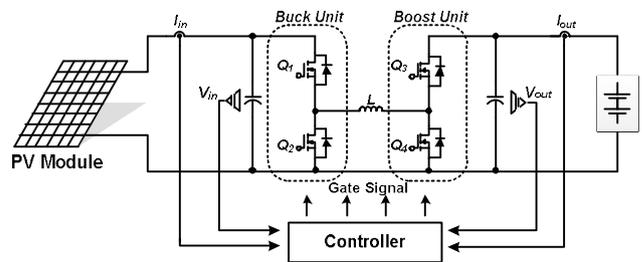


그림 1 MIC를 이용한 충전 시스템 블록 다이어그램  
Fig. 1 System configuration of charger system using MIC

PV Module은 일사량과 음영에 의해 출력 V I 곡선이 크게 변하기 때문에 배터리 상태에 따라, 승압 및 강압 운전이 필요하다. 또한 MIC는 주로 비절연형 타입으로 고효율로 동작하는 시스템이다. 따라서 소형 및 고효율을 위해서 Cascaded Buck Boost 구조의 컨버터를 선택하였고 상대적으로 낮은 전압에 높은 전류 특성을 고려하여 동기정류 방식을 채택하였고 CC CV 충전 및 MPPT 충전을 구현하기 위해 입출력 전압 전류 센서를 추가하여 그림 1과 같이 구성된다. 입출력 조건에 의해 승강압 동작을 수행하며 Q1, Q2 스위치가 상보로 동작하여 강압 운전을 하게 되고, Q3, Q4도 상보로 동작하여 승압 운전을 한다. MPPT 알고리즘은 P&O를 적용하였다.

#### 2.2 운전 알고리즘

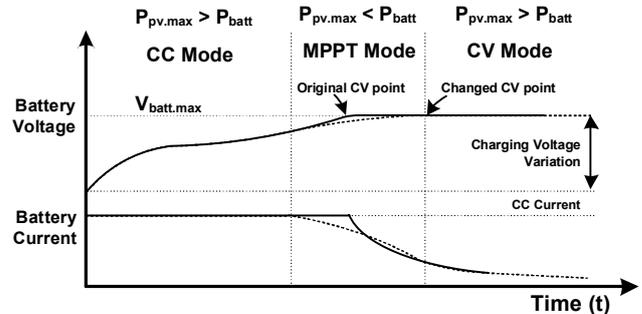


그림 2 PV 및 배터리 상태를 고려한 충전 곡선  
Fig. 2 Charging profile Considering status of PV and battery

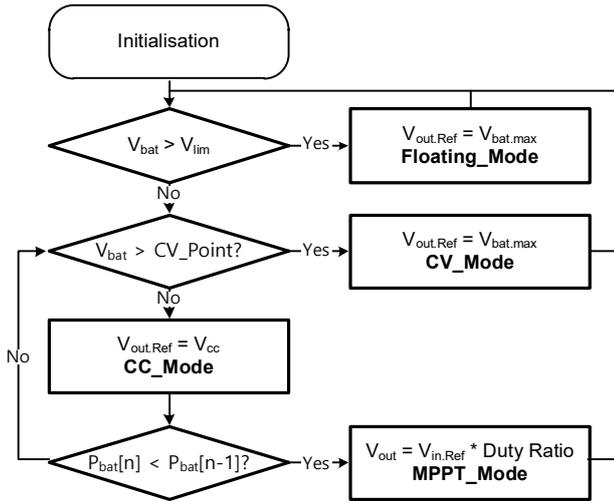


그림 3 제어 알고리즘 플로우 차트  
Fig. 3 Control algorithm flow chart

주변 환경에 따라 PV Module의 발전량은 다양하게 변하게 된다. 배터리가 원하는 전력만큼 충전할 수 있는 계통연계형과는 달리 독립형의 경우, PV Module의 발전 상태에 따라 배터리가 원하는 만큼의 전력을 충전할 수 없는 상황이 발생할 수 있다. 그림 2는 이를 나타낸 것으로 실선의 경우 PV Module에서 발전할 수 있는 전력량이 배터리가 요구하는 전력량 보다 항상 큰 경우이며 점선의 경우는 이와 반대의 경우로 배터리에 서 요구하는 최대전력이 발전량보다 크기 때문에 CC 전류의 크기를 낮추어 충전을 진행해야 한다. 이 경우에는 발전량을 정확히 계산하기 어렵기 때문에 출력 전압 제어가 아닌 MPPT 제어를 통해 배터리로 최대의 전력을 전달한다.

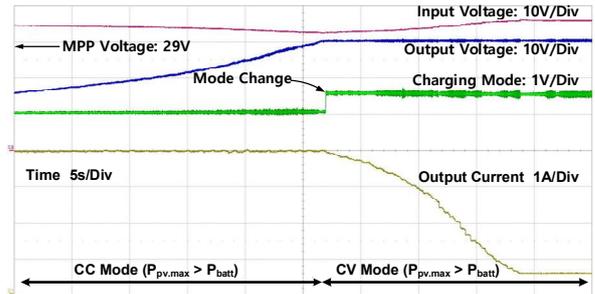
그림 3은 이에 따른 전체 제어 알고리즘을 나타낸다. 입출력 조건에 의해 총 4가지 동작 모드로 동작할 수 있으며, CC 및 CV 모드의 경우 출력전압을 제어, MPPT 모드의 경우 입력전압 제어에 따른 출력전압이 형성되며 충전이 완료되면 배터리는 PV Module과 Floating 상태가 된다.

### 3. 시스템 및 알고리즘 검증

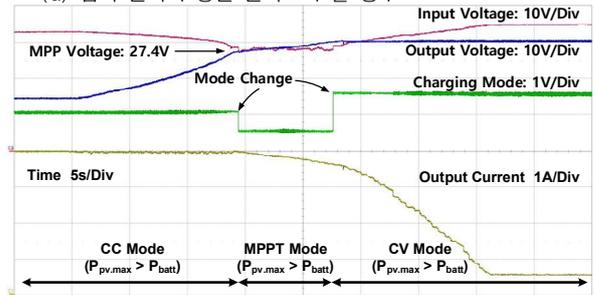
제안한 알고리즘 및 시스템을 검증하기 위해 150W급 시스템을 구성하였으며, 전체적인 알고리즘 및 시스템 모니터링을 위해 TI사의 TMS28035를 사용하였다. PV Module 및 가장한 배터리 특성, 시스템 파라미터는 표 1과 같다. 일사량 변화에 따라 두 가지 경우로 입력 조건을 두었으며 각각 출력은 156W 및 110W다. 배터리의 경우 9 셀을 직렬로 연결한 것으로 가정하여, Kikusui사의 전자부하를 Constant Resistor 모드로 가변하여 검증하였다.

표 1 PV module 및 배터리 파라미터  
Table 1 Parameters of PV module and battery

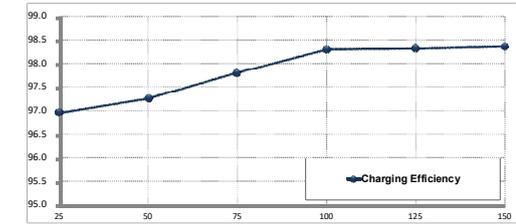
PV Module	Case 1	$I_{SC}$ : 5.7A	$I_{MP}$ : 5.4A
		$V_{MP}$ : 29.0V	$V_{OC}$ : 36.0V
	Case 2	$I_{SC}$ : 4.7A	$I_{MP}$ : 4.0A
		$V_{MP}$ : 27.4V	$V_{OC}$ : 35.0V
Battery	Voltage Variation	14.4V	29.7V



(a) 입력 전력이 충전 전력보다 클 경우



(b) 입력 전력이 충전 전력보다 작을 경우



(c) 시스템 효율

그림 4 실험 결과  
Fig. 4 Experimental result

그림 4(a)는 PV의 발전량이 배터리 충전 전력량보다 충분히 클 경우 실험 파형으로 중지전압인 29.7V를 기준으로 CC CV Mode가 변하는 것을 알 수 있다. 그림 4(b)의 경우는 배터리 전압이 낮을 경우에는 발전량이 더 크지만 배터리 전압이 높아지면서 충전량이 더 커질 경우 MPPT 모드로 변경 되고 PV의 MPP 전압 추종하게 된다. 이에 따라 입력 전압이 27.4V로 제어되고 배터리 전압이 증가하면서 출력 전류는 줄어들며, 중지 전압이 되면 CV 모드로 변경되어 배터리를 충전하게 된다. 그림 4(c)는 전체 시스템 효율로 150W 조건에서 최대 효율 98.4%의 효율을 확인하였다.

### 4. 결론

본 논문은 MIC를 이용한 태양광 발전 시스템의 저전압 배터리 충전을 위한 알고리즘과 구현에 대하여 기술하였다. 태양광 발전 특성을 고려하여 충전 모드가 변하게 되고 이에 따라 배터리를 최적으로 충전할 수 있었고, 또한 최대 효율 98.5%를 얻게 되어 고효율의 저전압 배터리 충전 시스템을 구현하였다. 개발된 시스템은 독립형의 섬 지역이나 가로등에 적용하게 되면 기존 시스템 보다 나은 성능을 가질 것으로 판단된다.

### 참고 문헌

[1] K.Liu, J. Makaran "Design of a solar powered battery charger," *IEEE Power&Energy conf.*, pp. 1 5, 2009.