콤비네이션 컨버터 모드를 이용한 고효율 태양광 충전기

양지훈, *이상훈, **홍정표 *송현직, 박성준
전남대학교, *영남이공대학교, **동의과학대학교

High efficiency photovoltaic charger using combination converter mode

Ji Hoon Yang, *Sang Hun Lee, **Yeng Pyo Hong, *Hyun Jig Song, Sung Jun Park
Chonnam Nat'l Univ, *Yeungnam College of Science & Tech., Dongeui Institute of Tech.

ABSTRACT

본 논문에서는 발생전압이 충전전압보다 높은 경우는 Buck 컨버터로 동작하고 발생전압이 충전전압보다 낮은 경우 Boost 컨버터로 동작하는 모드 자체를 독립적으로 구현할 수 있는 새로운 형태의 DC DC 컨버터를 제안함으로서 시비율 변화를 줄여 인덕터의 전류 리플을 줄임으로서 효율을 개선하고자 한다

1. 서 론

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 연구가 활발히 진행되고 있다.[1] 현재 산업현장에서는 태양전지를 이용한 다양한 형태의 전원장치들을 개발하고 있으며 태양전지를 이용한 충전장치의 수요도 점차 증가하고 있다. 태양광 충전기는 크게 태양광에서 발전된 전압을 충전전압으로 변환 하는 DC DC 컨버터와 실제 배터리로 충전하는 배터리, 충전기로 나눌 수 있다. 태양광 발전 특성상 입력 조건이 변할 수 있으며, 태양전지에 좀 더 많은 발생전력을 얻기 위해 변화하는 입력에 대한 최대전력추종(MPPT)을 하게 된다. 배터리 또한 충전 상태 (State of Charge, SOC)에 따라 출력 조건이 변화하게 된다. 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. 승·강압이 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.

본 논문에서는 태양광 충전기와 같이 넓은 전압 제어 범위로 인해 발생하는 인덕터 전류 리플과 전력 변환기의 효율을 개선하기 위해, Buck 컨버터와 Boost 컨버터를 동시에 사용할 수 있는 새로운 형태의 Buck Boost 콤비네이션 전력변환기 토폴로지 구조를 제안하였다. 제안된 콤비네이션 전력변환기는 각자의 Buck컨버터와 Boost 컨버터의 독립적 동작을 통해 Buck Boost 컨버터의 단점을 보완할 수 있다. 또한 Buck컨버터와 Boost 컨버터를 조합한 새로운 콤비네이션 전력변환기의 제어방법을 제안하였다.

2. 시스템 구성 및 동작 모드

2.1 시스템 구성

PV Module은 일사량과 음영과 같은 태양광의 조건에 의해 출력 V I 곡선이 크게 변하게 된다. 이는 배터리 상태에 따라, 승압 및 강압 운전이 필요하게 된다. 이러한 이유로 대다수의 태양광 모듈을 이용한 배터리 충전장치의 경우 승압과 강압 기능을 모두 사용할 수 있는 형태의 토폴로지를 이용하고 있다.

그림 1은 Buck 컨버터와 Boost 컨버터를 각 각 독립적으로 사용할 수 있는 콤비네이션 모드 DC DC 컨버터를 나타내고 있다.

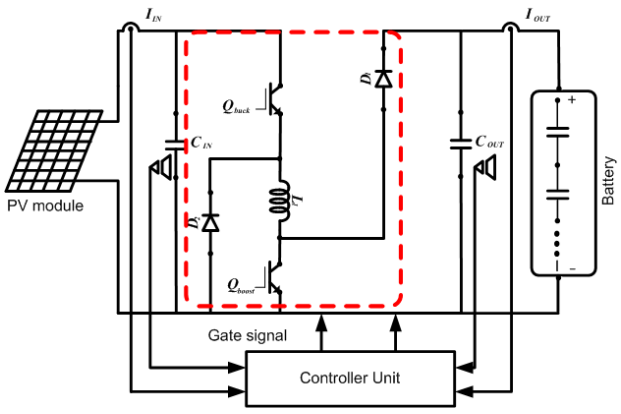


그림 1 Buck, Boost 컴비네이션 태양광 충전 시스템
Fig. 1 A PV charger system using Buck, Boost combination DC-DC converter

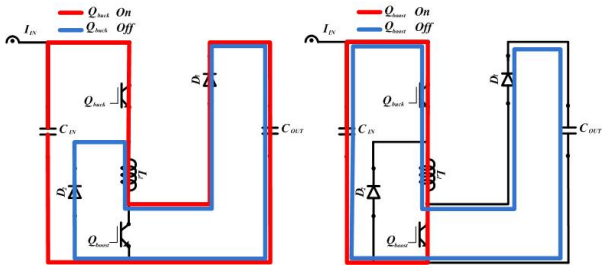
2.2 시스템 동작

본 논문에서 제안한 Buck, Boost 콤비네이션 모드를 이용한 태양광 충전 시스템은 크게 2가지 모드로 동작하게 된다.

Mode 1 동작은 Buck DC DC 컨버터 동작모드이다. Mode 1 동작은 PV Module에서 발생되는 전압이 배터리 충전전압보다 높을 때 동작한다. Mode 1은 Q_{buck} 스위치와 인덕터 L, 그리고 다이오드 D_1, D_2를 통해 PV Module에서 발생된 전력이 전달되게 된다. 그림 2(a)는 Mode 1 동작을 나타내고 있다.

Mode 2 동작은 Boost DC DC 컨버터 동작모드이다. Mode

2 동작은 PV Module에서 발생되는 전압이 배터리 충전전압보다 낮을 때 동작한다. Mode 2는 Q_{buck} ,Q_{boost}스위치와 인덕터 L, 그리고 다이오드 D_1, D_2를 통해 PV Module에서 발생된 전력이 전달되게 된다. 그림 2(b)는 Mode 2 동작을 나타내고 있다.



(a) Mode 1 (b) Mode 2

그림 2 Buck, Boost 콤비네이션 태양광 충전 시스템 동작
Fig. 2 A operation mode PV charger system using Buck, Boost combination DC-DC converter

2.3 제안된 시스템 동작 분석

제안한 Buck, Boost 콤비네이션 모드를 이용한 태양광 충전 시스템의 성능을 비교하기 위하여 기존의 Buck Boost 컨버터를 이용한 태양광 충전 시스템과 제안된 시스템을 시뮬레이션 하였다.

우선 기존의 방식과 제안된 방식의 효율의 영향을 미치는 인덕터 피크 전류와 다이오드 도통 손실을 각 각 시뮬레이션 하여 도표로 나타 내었다. 그림 3은 기존 Buck boost 방식과 제안된 방식에서 출력전압을 24[V]로 설정한 상태에서 입력전압에 따른 인덕터의 피크전류을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 인덕터의 피크전류는 낮은 전압에서는 기존의 DC DC 컨버터와 크게 차이를 보이지 않으나, 태양광 충전 시스템의 입력 전압 범위인 15V에서 40V 사이에서는 기존의 DC DC 컨버터에 비해 전류 리플이 30% 정도 낮아짐을 알 수 있다. 특히 24[V] 부근에서는 제안된 방식이 기존 방식에 비하여 인덕터 리플이 상당히 적음을 알 수 있다. 그림 4는 기존 Buck boost 방식과 제안된 방식에서 스위치 및 다이오드의 도통손실을 나타내고 있다.

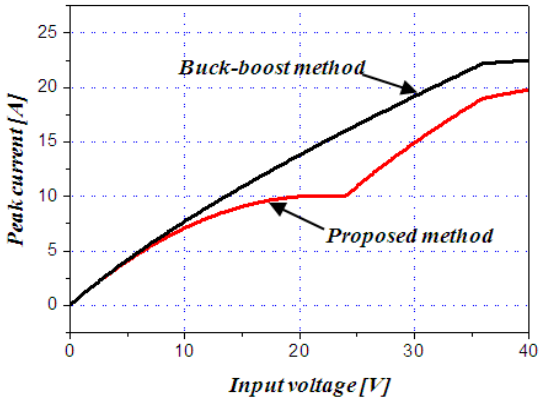


그림 3 기존의방식과 제안된 방식의 인덕터 피크 전류
Fig. 3 A inductor peak current of conventional and proposed methode

그림에서 알 수 있듯이 기존의 방식에 비해 제안된 방식의 경우 동작전압 범위에서 다이오드 도통손실이 낮게 나타난다.

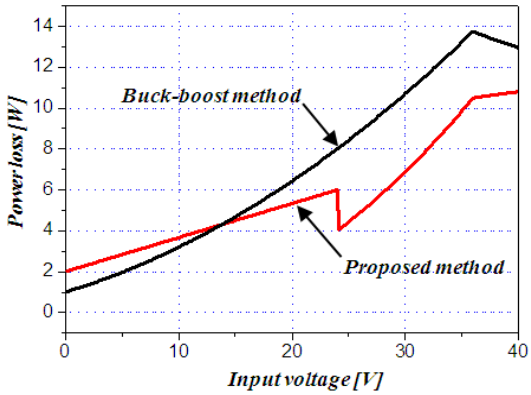


그림 3 기존의방식과 제안된 방식의 다이오드 도통 손실
Fig. 3 A diode conduction loss of conventional and proposed methode

3. 실 험

그림 4는 제안한 Buck, Boost 콤비네이션 모드를 이용한 태양광 충전 시스템의 구현을 확인하기 위하여, Buck 모드와 Boost 모드 변환 시 각 스위치의 게이트 파형과 인덕터 전류를 나타낸다.

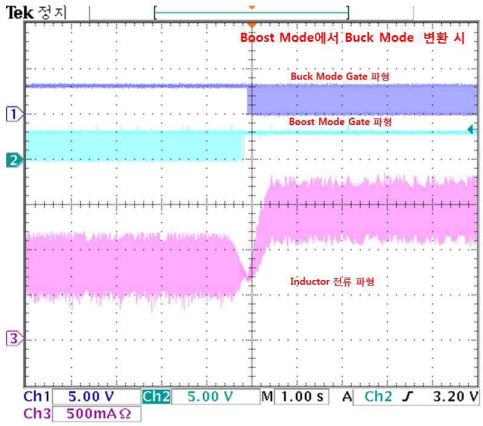


그림 4 각 스위치 게이트 파형, 인덕터 전류 파형(모드전환)
Fig. 4 Each switch gate, inductor current wave (mode change)

4. 결 론

본 논문에서는 Buck, Boost 컨버터를 독립적으로 제어할 수 있는 콤비네이션 모드 DC DC 컨버터를 제안함으로서 기존의 Buck Boost 컨버터를 이용한 태양광 배터리 충전 시스템에 비해 효율을 개선시킬 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

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