

태양광 저에너지 출력을 위한 Buck, Boost 컨버터 구동방식

김병우, 박성준, 김광현, 손무현*, 조수억**, 김철우**
 전남대학교 전기공학과, 동명대 전기과*, 부산대학교 전기공학과**

Buck and Boost Photovoltaic Converter Driving Schemes under Low power level

B.W. Kim, S.J. Park, K.H. Kim, S.M. Heon*, S.E. Cho**, C.U Kim**
 Chonnam Univ. TongMyong College*, Pusan Univ.**

ABSTRACT

Normally, the buck converter is used for the charging converter of photovoltaic generator because this converter has good characteristics compare with boost and buck-boost converter. But, in case of the solar-cell voltage is lower than charging voltage, we cannot charge the solar energy to the charger. So, in this paper, we proposed the novel hybrid converter using by combination of buck and boost converter for the charging converter of photovoltaic generator, as a results, it can operate buck, boost and buck-boost mode. The proposed novel converter has the same characteristics of the existent buck converter and furthermore it can operate as a boost converter. So, we can make the more effective photovoltaic charging system.

1. 서 론

고유가와 환경 문제로 인해 대체 에너지에 대한 관심이 증가하고 있다. 그 중에서도 태양광 발전은 유지보수비가 거의 들지 않으며, 무한한 청정에너지라는 관점에서 상당한 각광을 받으며, 현재에도 많은 연구가 이루어지고 있다^{[1],[2]}. 그러나 태양광 발전 시스템은 고가로 인한 실용화 보급에 다소 제한을 받고 있는 실정이다. 따라서 최근 제조원가를 줄이거나 효율 개선을 통하여 실용화시기를 앞당기기 위한 노력을 기울이고 있고, 이와 병행하여 컨버터 등 주변 장치의 개선 및 태양에너지는 최대한 사용하는 연구가 활발히 이루어지고 있다^{[3] [8]}.

태양광 발전 시스템에서 원하는 출력전압을 생성하면서 최대의 에너지를 발생하기 위해서는 태양전지의 DC 출력을 원하는 레벨의 DC 전압으로 변환할 수 있는 전력변환기의 사용이 필수적이다. 이러한 전력변환기 중 감압 컨버터는 승압 및 승감압 컨버터에 비하여 그 특성

이 우수하여 대부분 태양광 발전의 충전용 컨버터로써 사용되고 있다. 그러나 감압 컨버터 사용하여 최대전력점 추종(MPPT: maximum power point tracking)을 행할 경우 최대전력점이 충전지의 전압보다 높아야하는 문제점으로 인하여, 솔라셀 출력전압이 충전지 전압보다 낮을 경우 태양에너지를 충전지에 충전하지 못하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 승감압 컨버터를 사용하여야 하나 승감압 컨버터는 감압모드시 그 특성이 감압 컨버터에 비해 우수하지 못하여 그 사용이 적은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 태양광 발전의 충전용 컨버터로써 감압 컨버터와 승압 컨버터의 조합에 의한 새로운 타입의 승감압 컨버터를 제안한다. 제안된 새로운 승감압 컨버터는 기존의 감압 컨버터와 동일한 특성을 유지하면서 승압 컨버터로 동작이 가능함으로써 보다 효과적이 태양광 충전장치를 구성할 수 있었다. 또한 제안된 컨버터의 타당성을 검증하기 위해 시뮬레이션과 실험을 통하여 검증하였다.

2. 태양광 발전시스템

2.1 태양광 충전기의 구비조건

그림 1은 태양전지의 특성을 해석하는데 일반적으로 적용되는 one-diode 모델의 등가회로를 나타내고 있다. 그림 1의 I_{LG} 는 일사량 및 온도 등 주변환경에 따라 변함으로 태양전지의 출력전압도 주변환경에 따라 변하게 되고, 태양전지에서 발생하는 전압과 전류의 관계는 비선형성이 매우 강하다.

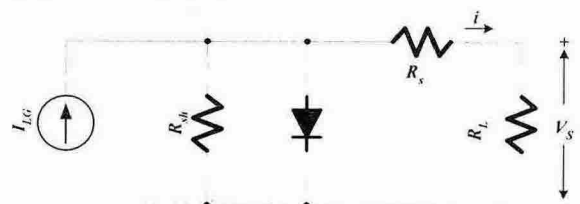


그림 1. 태양전지의 등가회로
 Fig. 1. Equivalent circuit of a solar cell

그림 2는 일사량에 따른 태양전지의 전압 전력 특성곡선을 나타낸 것이다. 그림 2에서 알 수 있듯이 각 일사량에서 최대 전력점을 만족하는 태양전지의 출력전압은 다르게 나타난다. 따라서 태양전지를 효율적으로 사용하기 위해서는 MPPT 제어를 행하는 것이 바람직하며, 이를 위해서는 전압 또는 전류를 제어할 수 있는 컨버터의 설치가 필수적이다^{[1],[13]}.

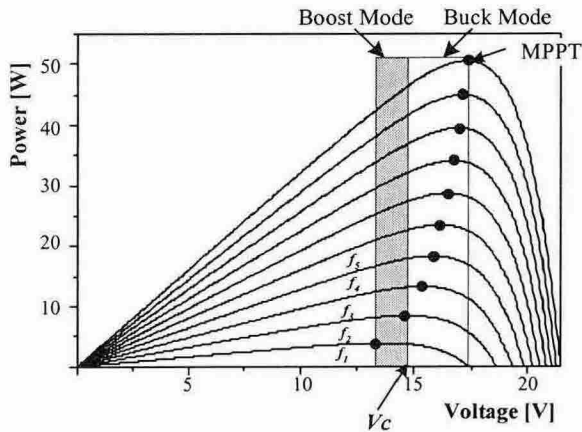


그림 2. 태양전지의 전압전력 특성곡선
Fig. 2. Voltage-power characteristic curves of the solar array

그림 2의 태양광량에 따른 V-P 특성곡선에서 V_c 는 충전지의 전압을 나타내고 있다. 태양전지의 최대출력점이 충전지 전압보다 높은 영역에서는 충전장치의 입력전압이 출력전압보다 높아서 감압 컨버터로 태양광 에너지를 충전지에 저장할 수 있다. 그러나 f_1 과 같이 최대출력점이 충전지 전압보다 낮은 영역에서는 감압 컨버터로 태양광 에너지를 충전지에 저장할 수 없다. 이 영역에서 비록 적은 태양광 에너지이지만 이 에너지를 충전지에 저장하기 위해서는 승압형의 DC/DC 컨버터가 필요하다. 이 영역에서 태양광 에너지를 충전지에 축적하기 위해 승감압 컨버터를 사용할 경우, 태양광 에너지가 많은 영역인 영역 II에서도 승감압 컨버터를 사용해야 하며, 그 특성은 감압컨버터에 미치지 못한다. 따라서 일반적인 태양광 충전장치는 충전지보다 낮은 전압을 발생하는 적은 태양광 에너지를 무시하는 감압형 컨버터를 사용한다. 그러나 태양광 에너지의 사용효율을 조금이라도 높으려면 솔라셀의 발생전압이 충전지 전압보다 높은 경우에 기존의 감압 컨버터 특성을 유지하면서, 충전지보다 낮은 전압을 발생하는 적은 태양광 에너지도 충전지에 저장할 수 있는 전력회로가 필요하다.

2.2 태양광 발전에 적합한 변형된 승감압 컨버터

일반적으로 태양전지를 이용하여 원하는 DC 전압을 발생시킬 경우, 어느 정도 빛이 있을 때 태양전지의 출력 단자전압을 요구하는 DC 전원전압 보다 높게 솔라셀의 직렬회로 수를 결선하여 그림 2(a)와 같은 감압 컨버터를 사용한다.

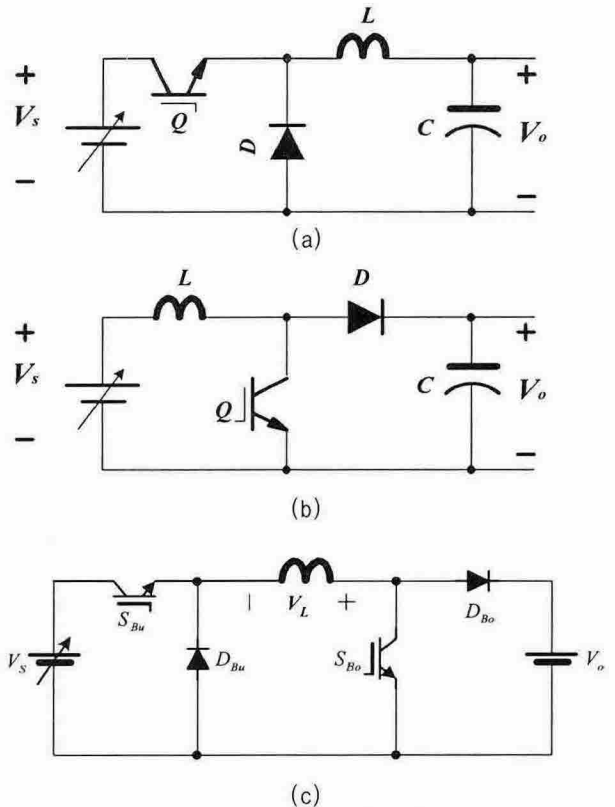


그림 3. 기존의 승압형 컨버터와 제안된 회로
(a) 감압 컨버터, (b) 승압 컨버터
(c) 제안된 컨버터

Fig. 3. Conventional step-up converters and revised converter
(a) buck converter (b) boost converter
(c) proposed converter

감압 컨버터는 다른 컨버터에 비해서 동작의 안정성이 높으며, 출력측 전류가 연속이라는 큰 장점이 있다. 그러나 이 경우 감압컨버터는 요구되는 DC 전원전압이 태양전지의 출력단자전압보다 높은 경우 솔라셀로부터 원하는 DC 전원전압을 발생하게 하기 위해서는 승압기능을 가진 컨버터를 사용해야 한다. 승압기능을 가진 대표적인 DC/DC 컨버터는 그림 3 (b)에 나타난 부스터 컨버터를 들 수 있다. 승압컨버터는 출력전압이 시비율 d 의 변화에 매우 민감함으로 레귤레이터를 안정화시키는데 어려움이 있으며, 스위칭 소자가 부하회로에 병렬로 들어가기 때문에 부하가 단락이 되었을 경우 출력회로를 보호하는 데도 난점이 있다. 또한 $(1-d)$ 의 계수로 인해 평균출력전류는 평균인덕터 전류보다 작고, 보다 높은 실효치전류가 필터커패시터를 통해 흐르게 됨으로, 이로 인해 감압 컨버터보다 큰 필터 커패시터와 인덕터를 사용해야 한다. 따라서 솔라셀에서 발생하는 모든 전압에서 최대전력을 추정하기 위해서는 기존의 감압 컨버터의 특성을 유지하면서 승압기능을 갖는 승감압 컨버터가 필요하다. 그림 3(c)는 기존의 감압 컨버터, 승압 컨버터 및 승감압 컨버터 기능을 할 수 있는 새로운 승감압 컨버터이다. 제안된 승감압 컨버터 전력회로인 그림 3(c)에

서 S_{bo} 를 오픈한 상태에서 스위치 소자 S_{bu} 를 제어하면 시비율에 따른 감압용 컨버터로 동작하며, S_{bu} 를 온한 상태에서 스위치 소자 S_{pbo} 를 제어하면 시비율에 따른 승압 컨버터로 동작하며, S_{bu} 와 S_{bo} 를 동시에 제어하면 시비율에 따른 승감압 컨버터로 동작한다.

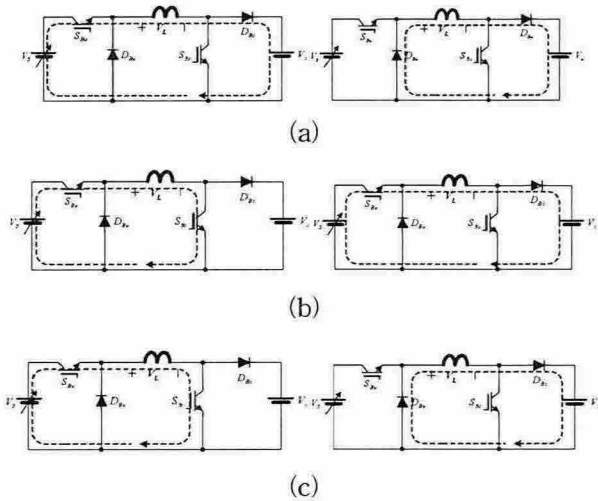


그림 4. 제안된 컨버터의 동작모드
 (a) 감압 컨버터 모드, (b) 승압 컨버터 모드
 (c) 승감압 컨버터 모드
 Fig. 4. Operation mode of the proposed converter
 (a) buck converter mode (b) boost converter mode
 (c) buck-boost converter mode

그림 4는 제안된 컨버터의 감압, 승압, 승감압 모드를 나타내고 있다. 그림 4(a)는 감압 컨버터 모드를 나타내고 있으며, 그림에서 보듯이 기존의 감압 컨버터와 동일한 입출력 조건을 형성하고 있으며, 특성 또한 동일하다. 그림 4(b), (c)는 승압 및 승감압 컨버터 모드를 나타내고 있으며, 기존의 승압 및 승감압 컨버터와 동일한 입출력 조건을 형성하고 있으며, 특성 또한 동일하다.

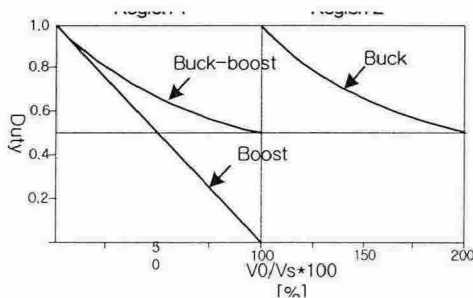


그림 5. 입출력 전압비에 따른 시비율
 Fig. 5. Duty according to input output voltage ratio

그림 5는 입출력 전압비에 따른 시비율을 나타낸 것이다. 입력전압이 출력전압보다 시비율이 높은 경우 원하는 출력전압을 제어하기 위해서는 감압컨버터 모드로 동작한다. 이때 출력전압 리플은 아래와 같다.

$$\Delta V_o = \frac{V_a d(1-d)}{8LCf^2} \quad (1)$$

입력전압이 출력전압보다 시비율이 낮은 경우 원하는 출력전압을 제어하기 위해서는 승압컨버터 모드와 승감압 컨버터 모드 모두 가능하다. 이때 출력전압 리플은 아래와 같다.

$$\Delta V_o = \frac{I_a d}{fC} \quad (2)$$

승압 컨버터와 승감압 컨버터의 특성은 유사하나 승감압 컨버터는 입력전압보다 출력전압을 높게 및 낮게 제어할 수 있다는 장점 이외에 승압 컨버터에 비하여 컨버터의 전력 소자에 나타나는 전압이 높고, 시비율 변동에 따른 출력전압의 민감도가 높아지는 등의 단점으로 승압 컨버터가 많이 사용된다.^{[14],[15]} 그림 5에서 보듯이 동일한 출력전압을 형성하기 위한 승감압 컨버터가 승압 컨버터보다 적다. 따라서 출력전압 리플도 식 (2)에서 보듯이 시비율에 비례하므로 승감압컨버터 모드 사용이 바람직하다.

3. 시험결과

그림 6은 일사량이 큰 경우인 솔라셀 출력전압이 충전지 전압보다 높은 경우 감압 컨버터로 동작할 경우의 인덕터 전류, 각 스위칭 신호 및 솔라셀 출력전압을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 솔라셀 출력전압은 약 17[V]가 되고, 축전지 전압 약 14[V]이므로 감압 컨버터로 동작함을 알 수 있다.

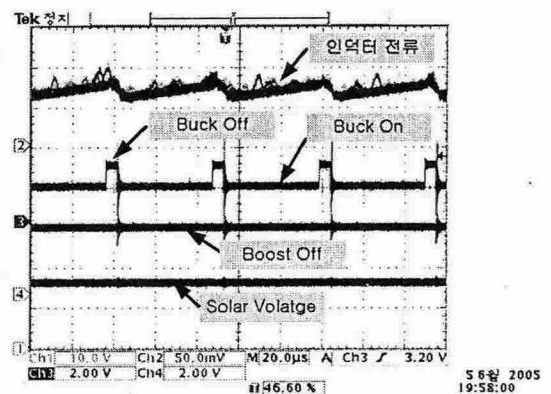


그림 6 감압 컨버터 모드
 Fig. 6 Buck converter mode

그림 7은 일사량이 작은 경우인 솔라셀 출력전압이 충전지 전압보다 낮은 경우 승압 컨버터로 동작할 경우의 인덕터 전류, 각 스위칭 신호 및 솔라셀 출력전압을 나

타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 솔라셀 출력전압은 약 10[V]가 되고, 축전지 전압 약 14[V]이므로 승압 컨버터로 동작함을 알 수 있다.

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원 사업에 의해 작성되었습니다.

참고 문헌

- [1] C.R Sullivan and M.J. Powers, "A high-efficiency maximum power point tracker for photovoltaic arrays in a solar-power race vehicle", IEEE-PESC Conf. Rec., pp. 574~580, 1993.
- [2] J.H.R. Enslin, M.S. Wolf, D.B. Snyman, and W. Swiegers, "Integrated photovoltaic maximum power point tracking converter", IEEE Trans. Ind. Electronics., vol. 44, pp. 769~773. Dec. 1997.

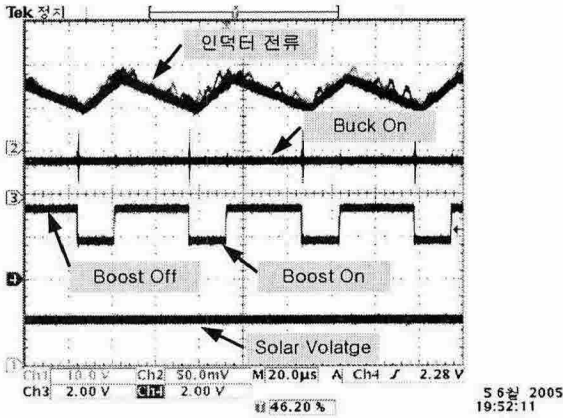


그림 7 승압 컨버터 모드
Fig. 7 Boost converter mode

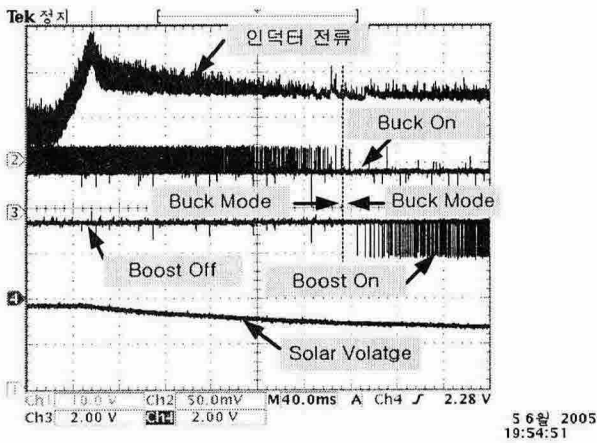


그림 8 최대출력 추정특성
Fig. 8 Characteristic of MPPT

그림 8은 최대전력 추정특성을 나타내는 파형이다. 초기 솔라셀 출력전압은 약 19[V]에서 최대출력전인 12[V]를 추정하기 위해서는 초기에는 감압컨버터 모드로 동작하고, 솔라셀 출력전압과 축전지의 전압이 동일한 시점 이후에는 승압컨버터로 동작한다. 그림에서 보는 바와 같이 양호한 최대출력 점을 추적함을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 제안된 회로를 이용하여 Buck Converter로 동작할 때도 전류 연속 모드 특성을 가지면 태양광 시스템에서 발생한 입력전압이 작을 때는 Boost Converter로 동작을 하여 태양광으로부터 받은 저에너지를 출력측으로 넘길 수 있는 장점을 가지고 있다.