

# 낮은 링크 캐패시터 전압 스트레스를 갖는 배터리 링크형 태양광 인버터 시스템

이진우, 장두희, 박정필\*, 정남성\*, 노정욱, 홍성수, 한상규  
 국민대학교 전력전자 연구소, \*삼성SDI 전지 사업부

## Battery-link Photovoltaic inverter system with low voltage stress across link capacitor

Jin-Woo Lee, Doo-Hee Jang, Jung-Pil Park\*, Nam-Sung Jung\*, Chung-Wook Roh  
 Sung-Soo Hong, Sang-Kyoo Han

Kookmin University Power Electronics center, SAMSUNG SDI Co. LTD\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 고전력 밀도 및 저가형으로 구현 가능한 새로운 구조의 계통 연계형 태양광 인버터 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 링크 캐패시터와 배터리를 직렬 연결하여 링크 캐패시터의 전압 스트레스를 저감하였고, 이를 통하여 기존 대비 1/2의 캐패시터 사용이 가능하다. 제안 시스템의 우수성을 검증하기 위하여 1.5kW급 시제품을 제작하였고 이를 바탕으로 제안된 시스템의 타당성을 검증하였다.

### 1. 서론

기존 배터리 링크형 태양광 발전 시스템은 그림 1과 같이 Maximum Power Point Tracking(MPPT)부, Bi-Directional Converter(BDC)부, Inverter부의 3단 구성으로 이루어져 있으며 링크 캐패시터로 각 부가 연결 되어있다.<sup>[1]</sup> 다음과 같은 기존 구조에서 링크 캐패시터는 태양전지 어레이의 높은 개방 전압으로 인하여 상용 캐패시터(최대 내압 450V)사용이 불가능하다. 따라서 대부분의 태양광 인버터 시스템은 상용 캐패시터를 직병렬로 구성하여 내압 및 정격용량을 만족 시키고 있다. 이로 인하여 제품 제작 단가가 상승하고 시스템 부피가 커지는 단점을 갖는다. 링크 캐패시터 대신 배터리를 쓸 경우 역시 높은 전압을 만족시키기 위해 많은 수의 배터리를 직렬 연결 해야 하며 각 배터리마다 Battery Management System(BMS)이 필요 하므로 가격 부담이 상승하는 단점이 있다.<sup>[2]</sup> 따라서 본 논문에서는 링크 캐패시터와 배터리를 직렬 연결하여 링크 캐패시터의 내압저감이 가능한 새로운 구조의 태양광 인버터 시스템을 제안하였고 1.5kW급 시제품을 제작하여 이를 이용한 실험결과를 바탕으로 제안된 시스템의 타당성을 검증하였다.

### 2. 제안된 배터리 링크형 태양광 발전시스템

그림 2는 제안된 배터리 링크형 태양광 발전 시스템이다. 그림에서 보는 바와 같이 제안 태양광 발전 시스템은 부스트 컨버터로 구현된 MPPT부, 배터리와 캐패시터가 직렬 연결 되어 있는 새로운 구조의 BDC부, 그리고 Inverter부로 구성된다. 링크 전압( $V_{Link}$ )은 기존과 달리 링크 캐패시터와 배터리 전압의 합으로 구성되기 때문에 링크 캐패시터에 걸리는 전압은 배터리 전압만큼 감소 하게 되므로 낮은 내압을 가지는 상용 캐패

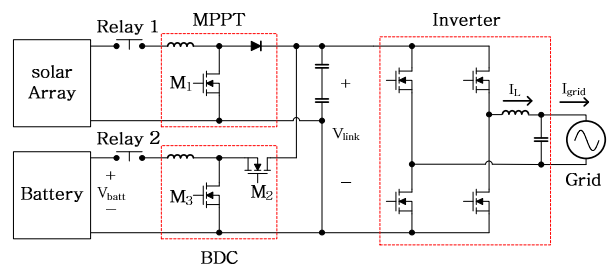


그림 1 기존 배터리 링크형 태양광 발전 시스템  
 Fig. 2 Conventional battery-link PV power generation system

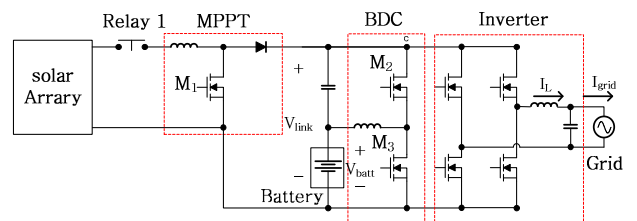
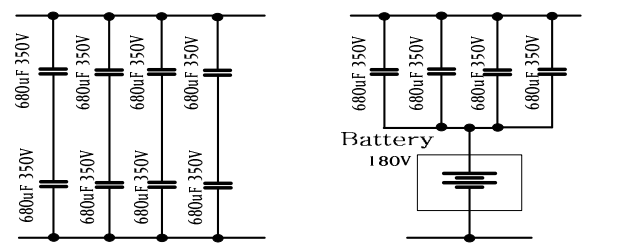


그림 2 제안된 배터리 링크형 태양광 발전 시스템  
 Fig. 2 Proposed battery-link PV power generation system



(a) 기존 링크 캐패시터 구조 (b) 제안된 링크 캐패시터 구조  
 그림 3 기존시스템과 제안시스템의 링크 캐패시터 구조  
 Fig. 3 Link capacitor of the conventional system and proposed system structure

터의 사용이 가능하게 된다. 1.5kW급 태양광 발전 시스템에서 링크 캐패시터가 500V이상의 내압이 요구 될 때 상용 캐패시터(680uF, 350V)를 사용할 경우 캐패시터 RMS전류를 고려하여 그림 3의 (a)와 같이 기존 회로는 8개의 직병렬 구조의 캐패시터가 요구 되는 반면 제안회로는 그림 3의 (b)와 같이 단 4개의 캐패시터의 병렬 연결만으로 구현이 가능하게 되어 총 4개의 캐패시터 감소가 가능하므로 PCB 크기 감소 및 제작 원가가 감소하는 장점을 갖는다.

## 2.1 제안된 시스템의 모드 해석

제안 시스템은 다음의 3가지 모드로 동작한다. 첫 번째 모드는 전력 전달 모드로써 태양전지 어레이로부터 MPPT 동작을 통해 최대 파워로 발전된 전력을 계통으로 전달한다.  $M_1$  스위치의 온, 오프 동작을 통해 태양전지 어레이의 최대 출력 파워를 추종하며 이때  $M_2$ 와  $M_3$  스위치는 동작시키지 않고 인버터를 통해 계통과 부하로 전력을 전달한다. 두 번째 모드는 배터리 방전 모드이다. 배터리 방전모드는 정전시 즉 계통이 차단된 상황에서 부하에 전력을 지속적으로 공급하기 위해 발생하며 이때 BDC부는  $M_2$  스위치 오프,  $M_3$  스위치 온 구간에서 인덕터에 에너지를 축적하고 있다가  $M_2$  스위치가 온,  $M_3$  스위치가 오프되는 구간에서 인덕터에 충전된 에너지와 배터리가 함께 링크 캐패시터와 인버터 측으로 전력 전달이 이루어지는 부스트 컨버터 동작을 한다. 세 번째 모드는 방전된 배터리를 BDC단의 벅 컨버터 동작을 통해 계통으로부터 전력을 공급받아 충전하는 배터리 충전모드이다.  $M_2$  스위치 온,  $M_3$  스위치 오프 구간에서 배터리로 전력전달이 이루어져 충전하게 되며  $M_2$  스위치가 오프,  $M_3$  스위치가 온이 되는 구간에서는  $M_3$  스위치가 벅 컨버터의 Free Wheeling Diode와 동일한 동작을 한다.

## 3. 실험 및 결과

제안 시스템의 타당성 및 우수성 검증을 위해 1.5kW급 태양광 발전 시스템 시작품을 제작 하였으며 시작품 사양은 표 1에 나타내었다.

전력전달 모드의 실험파형은 그림 4와 같다. 그림에서와 같이 PV-array 시뮬레이터의 동작점은 전압 239.3[V], 전류 6.2[A]이며 이때 전력은 1.483[kW]로 MPPT추종 효율이 98.9[%]임을 확인 하였다. 그림 5는 제안 시스템의 배터리 충전모드 실험 파형이다. BDC부가 벅 컨버터로 동작하게 되며 배터리를 180[V]로 제어하면서 계통으로부터 전류를 배터리로 공급하고 있음을 확인 하였다. 그림 6은 배터리 방전모드 실험 파형이다. 전력전달 모드 동작 상황에서 계통연결을 차단하여 정전발생 상황을 가정 하였다. 이때 BDC부는 부스트 컨버터로 동작하며 링크 전압을 350[V]로 제어 하면서 부하로 전류를 공급한다. 인버터 출력 전류( $I_L$ )는 전력 전달 모드에서 계통과 부하로 약 4.2[Arms]가 흐르며 계통이 차단되면 부하로만 전류가 흐르게 되므로 인버터 출력 전류는 약 1.25[Arms]로 감소한 것을 확인할 수 있다.

표 1. 1.5kW급 태양광 발전 시스템 시작품 사양표

	구분	사양
태양전지 어레이 시뮬레이터	Power	1.5[kW]
	$V_{oc}$	290[V]
	$I_{sc}$	7.2[A]
배터리	15EA 직렬연결	12[V]/30[A]
스위칭 주파수	MPPT부, BDC부	30[kHz]
	인버터부	15[kHz]

## 4. 결론

기존 배터리 링크형 태양광 발전 시스템은 태양전지 어레이의 높은 개방 전압으로 인하여 링크 캐패시터의 상용 캐패시터 사용이 불가능 했다. 따라서 상용 캐패시터를 직병렬로 구성

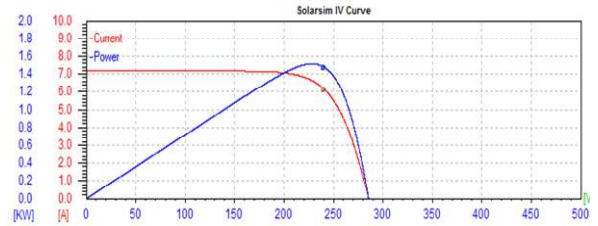


그림 4 전력 전달 모드에서 PV-array의 동작점

Fig. 4 MPPT waveform of power transmission mode

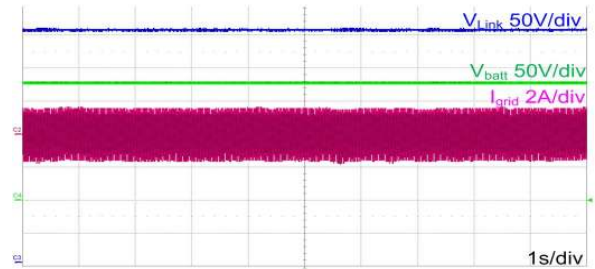


그림 5 배터리 충전 모드 실험 파형

Fig. 5 Key waveform of battery charging mode

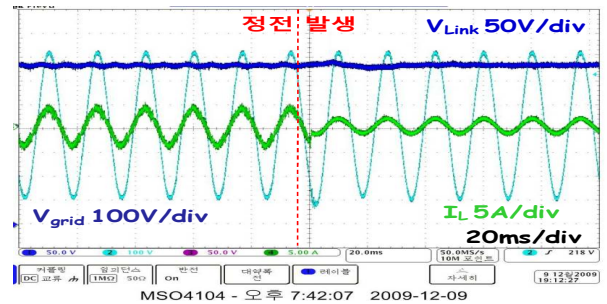


그림 6. 배터리 방전모드 실험 파형

Fig. 6 Key waveform of battery discharge mode

하여 내압 및 캐피시턴스를 만족 시켜야 하므로 많은 캐패시터가 필요한 단점을 갖는다. 본 논문에서 제안한 배터리 링크형 태양광 발전 시스템은 링크 캐피시터와 배터리를 직렬 연결하여 링크 캐피시터의 내압저감이 가능하므로 기존 시스템에 비하여 고전력 밀도 및 저가형으로 시스템 구성이 가능 하다.

본 연구는 삼성 SDI 연구비 지원과 지식 경제부 및 정보통신 연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2010-C1090-1021-0005))

## 참고 문헌

- [1] P. Bolduc, D. Lehmicke, J. Smith, "PERFORMANCE OF A GRID-CONNECTED PV SYSTEM WITH ENERGY STORAGE", Photovoltaic Specialists Conference, 1993, pp. 1159-1162.
- [2] Chiang, S.J, Chang, K.T, Yen, C.Y. "Residential photovoltaic energy storage system" Industrial Electronics, IEEE Transactions on, 1998, Vol. 45, pp. 385 - 394.