

# 부스트 컨버터가 포함된 셔플링 마이크로 컨버터의 설계 및 구현

최병민<sup>1</sup> 서정원<sup>1</sup> 박종후<sup>1</sup> 김정열<sup>2</sup>  
송실대학교<sup>1</sup>, 알티에스 에너지<sup>2</sup>

## Design and Implementation of Shuffling Micro-Converter with Boost Converter

Byung-Min Choi<sup>1</sup>, Jeong-Won Seo<sup>1</sup>, Joung-Hu Park<sup>1</sup>, Jeong-Yeol Kim<sup>2</sup>  
SoongSil University<sup>1</sup>, RTS Energy<sup>2</sup>

### ABSTRACT

이 논문에서는 부분 그늘짐에서도 다중 태양광 모듈의 최대 전력점 추종이 가능한 셔플링 차동전력 마이크로 컨버터를 설계 및 구현하였다. 마이크로 컨버터 시스템은 PV에 직접 연결된 셔플링 컨버터와 이후 단으로서 부스트 컨버터가 존재한다. 셔플링 컨버터는 다이렉트-시비율 기법을 통하여 PV모듈을 최대전력으로 동작시키고, 부스트 컨버터는 전압루프를 통하여 P&O 방식으로 최대 전력점을 추종하였다. PV 모듈에 병렬로 셔플링 컨버터를 적용함으로써, 다중 태양광 모듈의 전류 편차를 차동전력으로 조절하여 각각의 최대 전력점을 추종하면서 안정된 동작을 유지할 수 있다. 제안하는 컨버터는 2개의 PV모듈이 연결된 정상상태 연속모드 (CCM) 160[W]급 마이크로 컨버터 하드웨어 프로토타입을 통해 동작특성을 분석하였다.

### 1. 서론

현재 사용되는 천연 가스, 석탄, 석유와 같은 에너지 자원의 대부분은 화석 연료를 기반으로 한다. 지구 온난화와 에너지 고갈을 방지하기 위해 환경 친화적인 대체 에너지 개발은 시급한 문제로 다음 세대의 에너지 자원 지원에 대한 해결책으로 부상하고 있다. 많은 국가들은 기후변화협약에 대비하기 위한 이산화탄소 저감 시나리오를 통해 다양한 그린에너지 기술개발의 중요성을 강조하고 있고 적극적인 에너지 정책을 통해 신 재생 에너지의 비율을 증가하고 있다. 산업 동향에서는 신 재생 에너지의 연구는 차세대 에너지 시장의 열쇠가 되는데, 특히 태양 에너지는 대부분이 업계와 정부 차원 모두에 의해 지원되고 각광받고 있는 공학 분야 중의 하나이다.

태양광 발전 시스템은 무한의 에너지를 사용하는 장점을 지닌 반면, 그늘짐의 정도에 의해 같은 성능의 태양광 모듈이라도 다른 출력 특성을 가지며, 각 태양광 모듈의 최대 전력점이 다르게 되는 단점이 있다. 이는 그늘짐에 의한 MPP지점 변화로 중앙집권형에서의 태양광 모듈은 하나의 동작점을 갖을 수 없는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하는 방법으로 차동전력 전달 방식을 이용한다. 벡-부스트가 PV 노드에 연결된 그림 1(a) 셔플링 방식과 그림 1(b) 양방향 비절연형 방식, 그림 1(c) Flyback differential converter을 이용한 양방향 절연형 방식이 있다.<sup>[1]</sup> 본 논문에서는 이 3가지 방식 중 저전압 스위칭이 가능하고 제어를 단순화할

수 있는 셔플링 컨버터를 2개의 태양광 모듈(BP980,  $V_{oc}=45.2[V]$ ,  $I_{sc}=3.0[A]$ ,  $V_{mp}=32.3[V]$ ,  $I_{mp}=2.5[A]$ )에 적용하였으며, 단일 셔플링 컨버터에 대해 PSIM 시뮬레이션으로 동작을 확인한 후, 160[W]급 하드웨어 프로토타입을 통해 동작 특성을 분석하였다.

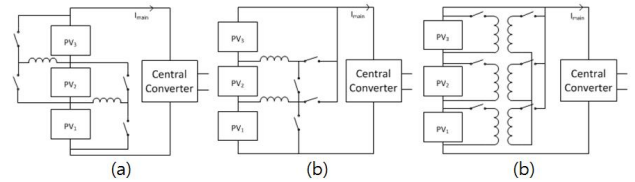


그림 1. 차동전력 컨버터의 종류

(a) 셔플링 방식 (b) 양방향 비절연형 방식 (c) 양방향 절연형 방식

### 2. 본론

#### 2.1 동작원리

셔플링 구조의 컨버터 구성은 그림 2와 같고 PV1과 PV2에 셔플링 컨버터가 병렬로 연결되어 있다. 태양광 모듈에 병렬로 연결된 셔플링 컨버터는 벡 모드 혹은 부스트 모드로 동작하며 두 개의 태양광 모듈의 전압 시비율을 결정한다. 이 때 셔플링 컨버터에서의 인덕터 전류  $I_{shuff}$ 의 방향에 따라 벡 모드 혹은 부스트 모드가 결정된다. 셔플링 컨버터에서 PV1 전압과 PV2 전압의 합은 부스트 컨버터에서의 입력 전압이 된다. 셔플링 컨버터에서는 기존의 중앙집권형 전력변환장치와 달리 다중 태양광 모듈의 MPP 전력 편차를 차동전력으로 조절하여 각기 다른 태양광 모듈의 MPP 동작점을 추종하게 하는 것을 볼 수 있다.

#### 2.2 최대 전력점 추종기법

단일 셔플링 컨버터는 전류의 편차를 차동전력으로 조절하여 각각의 최대 전력점을 추종하는데 PV1에서의 전압변동은 PV2에 영향을 미치기 때문에 2.1절에서 설명한 바와 같이 두 태양광 모듈의 합이 부스트 컨버터의 입력  $V_{in}$ 이 된다. 셔플링 컨버터에서의 최대 전력점 추종기법은 위와 같은 사실을 근거에 두고 각 태양광 모듈의 전압과 전류 값을 센싱 한 후 P&O기법을 이용하여 각각의 태양광 모듈의 최대 전력점을 연산하고 이를 이용해 셔플링 컨버터에 direct-duty ratio 기법을 통하여 시비율을 결정하여 전체 태양광 모듈의 지령전압을  $V_{dc}$ 에 적용시켜 준다. 셔플링 컨버터의 전압 시비율은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_{con} = PV1\_ref * \frac{1}{PV1\_ref + PV2\_ref} \quad (1)$$

그림 2에 각 PV 모듈에 병렬로 연결되어 구성된 단일 서플링 컨버터와 부스트 컨버터의 최대 전력점 추종 회로 구성을 나타내었다.

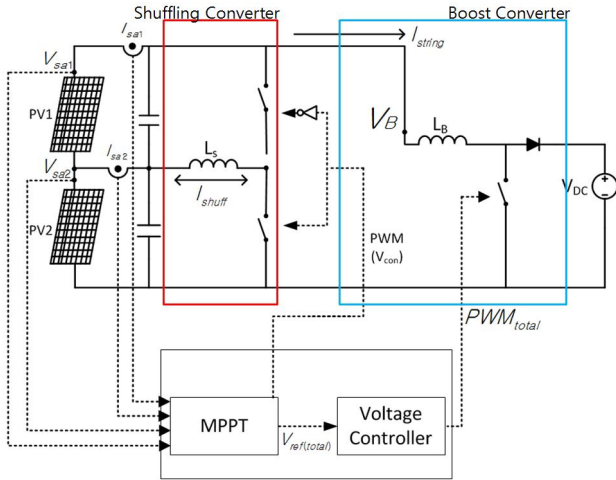


그림 2. 서플링 컨버터를 포함한 최대 전력점 추종 회로도

### 3. 실험 결과

#### 3.1 실험의 구성

단일 서플링 컨버터의 최대 전력점 추종 기법<sup>[2]</sup>을 검증하기 위해 BP SOLAR의 BP980 태양광 모듈을 사용하는 160[W]급 하드웨어 프로토타입을 구성하였다. 각 모듈의 MPP를 만족하기 위한 입출력범위를 표 1에 나타내었고, 출력은 DC link로 가정하여 20 kHz의 동작주파수로 연속전류모드 (CCM)에서 동작하였다.

표 1. 실험 파라미터

기호	의미	값
$V_B$	부스트 입력 전압	40 to 108 [V]
$I_{string}$	메인 스트링 전류	1.3 to 2.7 [A]
$V_{DC}$	DC link	120 [V]
$f_s$	동작 주파수	20 [kHz]
$L_s$	서플링 컨버터 인덕턴스	240 [ $\mu$ H]
$L_b$	부스트 컨버터 인덕턴스	1.4 [mH]

그림 3에는 프로토타입 하드웨어 구성 사진을 나타내었다.

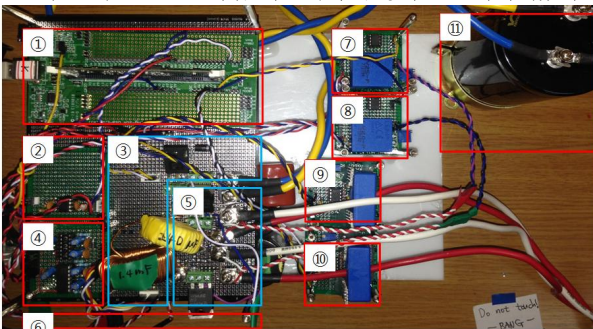


그림 3. 프로토타입 하드웨어 구성 사진

( ① DSP ② TC4420 Gate Driver ③ 부스트 컨버터 ④ IR2213 GateDriver ⑤ 서플링 컨버터 ⑥ SMPS ⑦ 전압센서1 ⑧ 전압센서2 ⑨ 전류센서1 ⑩ 전류센서2 ⑪출력커패시터 )

#### 3.2 동작 파형

그림 4에는 각각의 PV모듈이 MPPT를 수행할 때 V-I 특성 곡선과 이 때의 최대 전력점 도달 효율을 그래프로 나타내었다. PV1과 PV2의 전류편차 발생시 P&O 기법을 통하여 MPPT를 수행하여 V-I 특성 곡선에서는  $V_{mp}=32.3$  [V],  $I_{mp}=2.5$  [A]로 추종 되는 모습을 나타내었고, 이 때 각 PV모듈의 MPPT 파형과 부스트 컨버터에 안정된  $V_{DC}$ 를 공급하는 파형을 그림 5에 나타내었다.

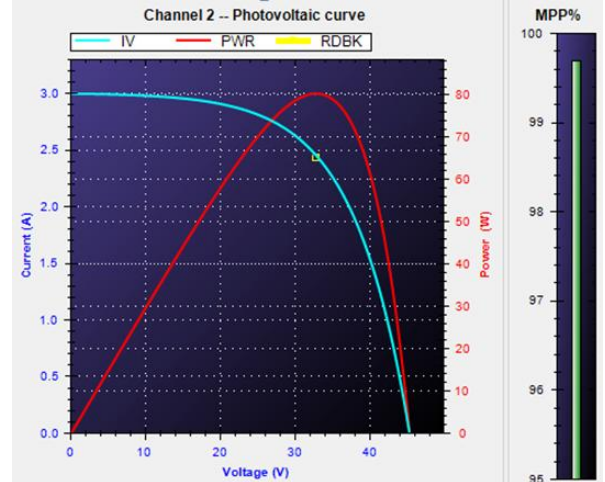


그림 4. V-I 특성 곡선과 MPP 효율 그래프

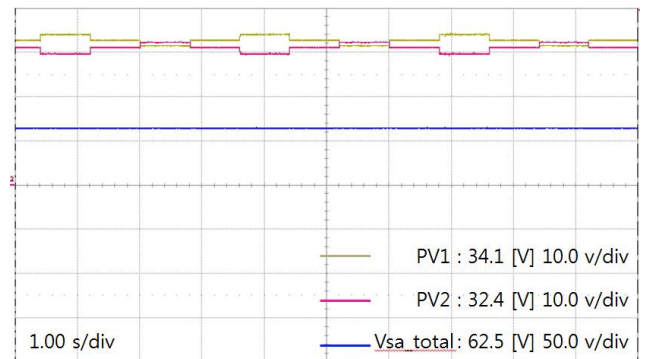


그림 5.  $V_{DC}$  파형과 PV1, PV2의 최대 전력점 추종 파형

### 4. 결론

다중 태양광 모듈의 최대 전력점 추종이 가능한 서플링 차동전력 마이크로 컨버터를 설계 및 구현하였다. 다중 태양광 모듈의 전류 편차를 서플링 컨버터를 이용하여 조절하고 최대전력점을 디지털 제어를 통해 추종하면서 안정된 동작을 유지할 수 있었다.

### 참고 문헌

- [1] Pradeep S. Shenoy, "Differential Power Processing for Increased Energy Production and Reliability of Photovoltaic Systems", IEEE Trans. On Power Electronics, Vol. 28, No. 6, pp. 2968-2979, 2013, June.
- [2] 서정원, 다중모듈을 위한 서플링 컨버터에서의 최대 전력점 추종 기법, 대한전기학회 학술대회 논문집, pp. 241-243, 2013.