

# 절연형 벡 컨버터가 적용된 승압형 태양광 피드백 차동전력조절기

이춘구, 박중후  
 숭실대학교

## Boost converters including PV system with Differential power processor applying Isolated type buck converter

Chun-Gu Lee, Jung-Hu Park  
 Soongsil University

### ABSTRACT

본 논문에서는 차동전력조절기회로가 적용된 승압형 태양광 차지펄프 플라이백 전하 균등화 회로를 사용하여 연속 모드로 동작하는 전하 균등화 방법을 제안한다. 이 컨버터는 차동전력조절기회로의 입력부에 커패시터가 병렬로 연결되어 있어서 포워드 컨버터가 아닌 벡 컨버터로 동작을 한다. 이로 인하여 기존 포워드 컨버터가 갖고 있는 동작 한계점을 극복할 수 있다. 즉 차동전력조절기회로의 듀티 비가 부스트 회로의 듀티 비 보다 작을 필요가 없다. 또한 실제 현장에 적용할 때 문제가 되는 긴 라인으로 인한 기생 인덕턴스 발생 시 차동전력조절기회로의 스위치에 큰 스파이크가 발생 할 수 있는데 이를 커패시터가 흡수하는 장점을 갖는다.

### 1. 서 론

태양광 모듈이 직렬로 구성되어 있을 때에는 태양광 모듈에 부분 음영이 발생 하게 되거나 태양광 모듈의 특성 변화 시에 직류 전류가 같아야하기 때문에 모든 패널의 최대 발전 전력을 발전 할 수가 없다.

차동전력조절기회로는 기존의 스트링 컨버터와는 다르게 각각 모듈의 동작을 독립적으로 제어 할 수 있으므로 부분음영이 발생하거나 태양광 모듈의 특성 변화 시에 최대 발전 전력으로 발전 할 수 있다.

기존의 차동전력조절기회로는 승압형 스트링 컨버터의 출력단 고전압을 입력으로 사용하기 때문에 높은 전압 강하 컨버터가 필요하고 이로 인해서 기존 스트링 컨버터 보다 많은 소자수가 필요하고 정격이 높아 생산 단가가 높은 단점이 있다.

본 논문에서 제안하는 차동전력조절기회로가 적용된 승압형 태양광 차지펄프 플라이백 부스트 전하 균등화 회로에서는 결합 인덕터를 사용하여 소자수를 최소화 하였으며 결합 인덕터 전압을 차동전력조절기회로의 입력으로 사용하기 때문에 낮은 전압 강하 컨버터를 사용한다. 또한 벡 컨버터를 차동전력 조절기 회로로 사용하기 때문에 차동전력조절기회로의 듀티 비가 부스트 회로의 듀티 비 보다 작을 필요가 없고 실제 현장에 적용할 때 문제가 되는 긴 라인으로 인한 기생 인덕턴스 발생 시 차동전력조절기회로의 스위치에 큰 스파이크가 발생 할 수 있는데 이를 커패시터가 흡수하는 장점을 갖는다.

### 2. 본 론

#### 2.1 차동전력조절기회로가 포워드 컨버터인 토폴로지

그림 1은 차동전력조절기회로가 포워드 컨버터로 적용된 승

압형 태양광 차지펄프 플라이백 전하 균등화 회로이다. 그림 1에서  $Q_p$ ,  $Q_s$ ,  $Q_t$  3개의 스위치를 확인 할 수 있다. 이 때  $Q_p$ 는 스트링 컨버터 회로의 스위치이고  $Q_s$ ,  $Q_t$ 는 차동전력조절기회로를 위한 포워드 컨버터의 스위치이다. 결합 인덕터의 전압이 포워드 컨버터의 입력이기 때문에 스위치의 동작은 스위치  $Q_p$ 가 켜졌을 때 스위치  $Q_s$ ,  $Q_t$ 가 켜질 수 있고 스위치  $Q_p$ 가 꺼지기 전에 스위치  $Q_s$ ,  $Q_t$ 가 꺼져야 한다.<sup>[1],[2]</sup>

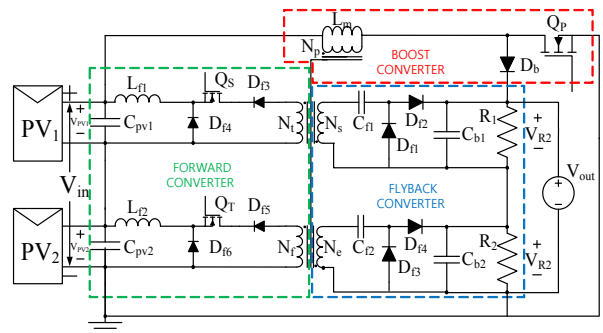


그림 1 차동전력조절기회로가 포워드 컨버터인 토폴로지

#### 2.2 차동전력조절기회로가 벡 컨버터인 토폴로지

차동전력조절기회로가 포워드 컨버터로 구성되어 있는 토폴로지의 포워드 컨버터 입력부에 커패시터를 병렬로 추가한다. 커패시터에 의해서 포워드 컨버터 회로가 벡 컨버터 회로로 동작하게 되어 듀티 비의 제한이 없어진다. 또한 듀티 비를 동기화 하지 않아도 되어서 제어기를 분리 할 수 있다. 기존의 감압형 스트링 컨버터와 같은 차동전력조절기회로가 사용되어 지는데 제한하는 컨버터의 경우 스트링 컨버터가 승압형이지만 두 토폴로지 모두 차동전력조절기회로의 입력 전압이 결합 인덕터의 전압이기 때문에 적용에 문제가 없다.<sup>[3]</sup>

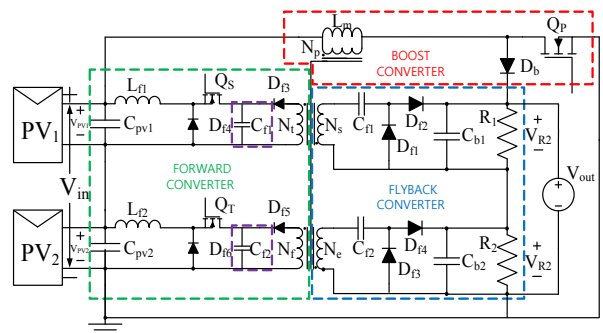


그림 2 차동전력조절기회로가 벡 컨버터인 토폴로지

### 2.3 벅 컨버터 차동전력조절기회로 동작특성

포워드 컨버터의 입력부에 커패시터가 병렬로 연결되어있기 때문에 벅 컨버터와 구조가 같다. 즉 태양광 각 모듈의 전압 이득은 벅 컨버터의 이득 식으로 정의되며 다음과 같다.<sup>[4]</sup>

$$V_{PV_1} = V_{in} D_{forward_1} \frac{N_p}{N_t}, V_{PV_2} = V_{in} D_{forward_2} \frac{N_p}{N_f} \quad (1)$$

차동전력조절기회로는 태양광 모듈 중에서 전류가 스트링컨버터보다 적게 흐르는 태양광 모듈에만 동작하므로 PV<sub>1</sub>과 PV<sub>2</sub> 중 하나의 태양광 모듈만 식 (1)과 같이 제어된다. 나머지 모듈은 다음과 같이 제어된다.

$$V_{out} = R(\text{실수, 고정}) \quad (2)$$

$$V_{in} = (1 - D_{boost}) V_{out} \quad (3)$$

$$V_{PV_1} = V_{in} - V_{PV_2} \text{ 또는 } V_{PV_2} = V_{in} - V_{PV_1} \quad (4)$$

### 3. 시뮬레이션 결과

$-D_{boost} = 0.528, D_{forward, buck} = 0.471$  일 때 주요 파라미터

포워드 컨버터 차동전력조절기회로도 정상 작동하는 범위가기 때문에 그림 3과 같이 태양광 모듈의 출력전압은 전압 이득 식과 같이 나온다. 그림 4는 차동전력조절기회로의 입력전압이다. 차동전력조절기회로의 종류에 따라서 파형이 다른 것을 확인 할 수 있다.

$-D_{boost} = 0.455, D_{forward, buck} = 0.471$  일 때 주요 파라미터

태양광 모듈의 출력전압은 위와 식을 기준으로  $V_{PV_1}=45V, V_{PV_2}=40V$ 가 나와야 하지만 포워드 컨버터 차동전력조절기회로는 정상 작동하지 못해서 그림 5와 같이  $V_{PV_1}=45.23V, V_{PV_2}=39.77V$ 로 동작하게 된다. 두 경우 모두  $\frac{N_p}{N_t} = \frac{N_p}{N_f} = 1$  이다. 이 때 그림 4와 그림 6을 비교해보면 정상 작동 시에는 입력 파형이 2단계지만 정상 작동이 아닐 시에는 3단계가 되는 파형의 차이를 확인 할 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 차동전력조절기회로가 적용된 승압형 태양광 차지펌프 플라이백 전하 균등화 회로를 제안하였다. 결합 인덕터를 사용하기 때문에 기존의 차동전력조절기회로와 비교하여 크기를 줄일 수 있고 스위치 등 소자들을 최소한으로 사용하여 가격 또한 저렴하다. 포워드 컨버터 차동전력조절기회로 입력부에 커패시터를 병렬로 연결함으로써 벅 컨버터 차동전력조절기회로를 사용하기 때문에 듀티 비의 여유를 갖게 되고 제어를 분리시킬 수 있다. 또한 기생 인덕턴스에 의한 차동전력조절기회로의 스위치에 발생 할 수 있는 스파이크를 대비 할 수 있어서 안정적이다. 시뮬레이션을 통하여 증명하였다.

### 참고 문헌

- [1] 이춘구, 박종후 “차지펌프를 적용한 부스트 플라이백 컨버터 전하 균등화 회로”, 전력전자학회, 2015년도 하계학술대회 논문집, 183-184p, 2015
- [2] 김현우, 박종후, “고효율 차동전력 조절기를 위한 부스트-포워드 통합 컨버터 분석 및 설계”, 숭실대학교 대학원, 2015년도 학위논문, 2015
- [3] Jeong-Hyun Park, Young-Tae Jeon, Joung-Hu Park “Unified-transformer Buck-flyback switched-capacitor Differential Power Processor with function of charge balance”, IPEMC, 2016
- [4] Chun-Gu LEE, Jong-Hoon Kim, Joung-Hu Park “Charge balancing PV system using charge pumped flyback-boost-forward converter including differential power processor”, IPEMC, 2016



그림 3 태양광 모듈 출력전압



그림 4 차동전력조절기 입력전압, 결합 인덕터 전압



그림 5 태양광 모듈 출력전압

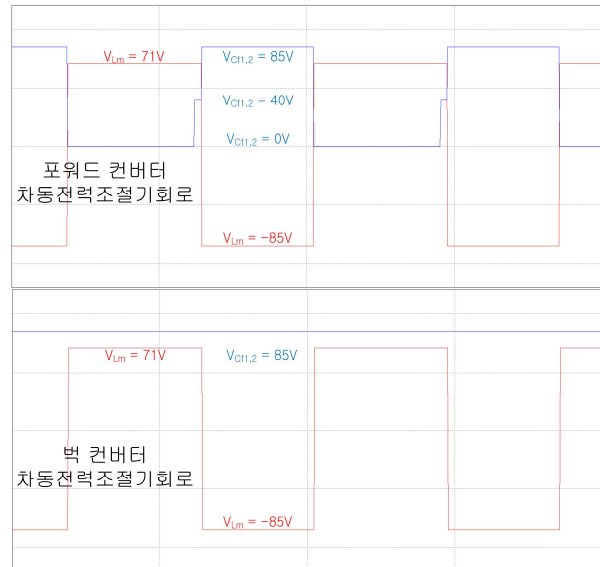


그림 6 차동전력조절기 입력전압, 결합 인덕터 전압