

# 차동전력조절기 회로를 적용한 독립형 태양광 벅-플라이백 전하균등화 회로

박정현, 박종후  
숭실대학교, 전력전자연구소

## Buck-Flyback Stand-alone PV System for charge balancing with Differential Power Processor circuit

Jeong Hyun Park, Joung Hu Park  
Soongsil University

### ABSTRACT

본 논문에서는 전하 균등화를 해주는 동시에 차동전력조절 방식(Differential Power Processing, DPP)을 추가하여 최대 전력점(Maximum Power Point, MPP)을 추종하는 회로를 제안한다. 이를 통하여 본 논문에서는 PV모듈을 제어하고, 동시에 벅-플라이백 컨버터를 이용하여 전하 균등화를 할 수 있다.

본 논문에서의 전력조절기는 포워드컨버터로 구성 되어 있고, 주 컨버터인 전하균등화회로는 벅-플라이백컨버터로 구성하였다. 컨버터의 입력은 PV모듈을 직렬로 연결, 출력은 배터리를 직렬로 연결하여 제안한 기능을 구현하였다. 이에 따른 조건을 수식으로 증명하였다.

### 1. 서 론

신재생에너지를 저장할 수 있는 고용량 저장 수단에 대한 연구는 현재 매우 큰 비중을 차지하고 있는 연구이다. 하지만 현재 신재생에너지 발전 시스템은 복수의 입력전원으로부터 전력을 부하로 공급하는 구조를 가지고 있는데, 이 입력전원은 독립적으로 구성되어 있고, 최대 전력점이 다르기 때문에 밸런싱 회로가 없는 경우 각각의 직렬형 저장장치 충전량에 편차가 생길 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 직류 직류 컨버터에 전하균등화가 가능함과 동시에 최대전력점을 추종할 수 있는 회로를 제안한다.

### 2. 본 론

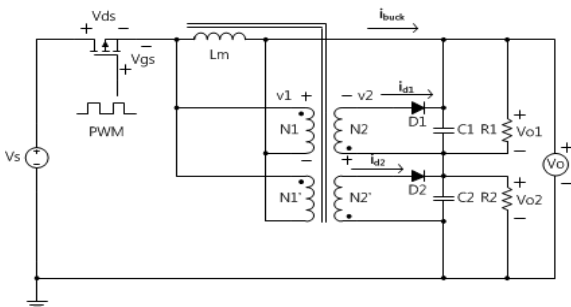


그림 1. 벅-플라이백 컨버터 회로

#### 2.1 벅-플라이백에서의 전하균등화

그림1은 벅-플라이백을 이용하여 출력의 전하를 균등화 시

킬 수 있는 회로이다. 변압기를 기준으로 1차측은 벅, 2차측은 플라이백 컨버터로 구성되어 있다.

#### 2.1.1 전하균등화의 원리

본 논문 회로의 전하균등화는 등가적으로 아날로그 AND를 기본 원리로 하고 있다. 즉 그림1에서의 다이오드 중에서 부하에 걸리는 전압이 작게 걸리는 쪽으로 전류가 흐르게 된다.

다시 말해 온 타임일 때 양 부하는 크기가 다르기 때문에 다른 값의 전압을 띄게 되고 오프 타임일 때 다이오드에 흐르는 전류로 인하여 양 부하에 걸리는 전압을 균등화 해준다.[1]

#### 2.1.2 PV입력을 포함한 전하균등화 회로

그림1에 PV입력, 부하에 저항이 아닌 배터리를 연결하였을 때 역시 균등화의 원리는 같다. 실제 시뮬레이션 상에서 확인을 할 때  $V_{o1} > V_{o2}$ ,  $I_{o1} < I_{o2}$ 임을 확인할 수 있다.

#### 2.2 차동전력조절방식을 추가한 전하균등화 회로

본 논문에서 제안하는 차동전력조절방식은 포워드컨버터를 이용하였다. 포워드컨버터에서 사용한 변압기는 벅-플라이백 컨버터의 변압기와 같이 연결되어 있다. 제안하는 회로는 그림 2와 같다.

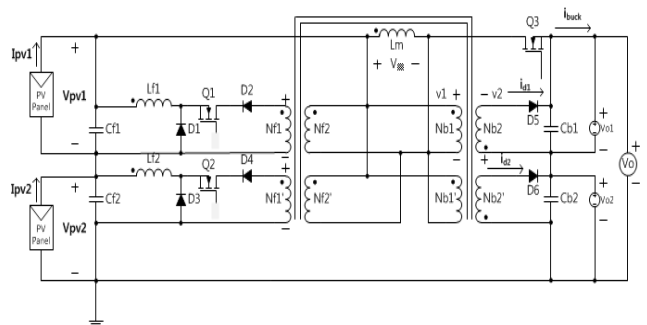


그림 2. DPP회로를 적용한 독립형 태양광 벅-플라이백 전하균등화 회로

#### 2.2.1 회로의 동작특성

제안한 컨버터는 Q3의 스위칭을 통한 벅-플라이백과 포워드의 스위치 Q1, Q2로 인하여 동작한다. 포워드의 입력은 Q3가 턴 온이 되었을 때  $V_{Lm}$ 에 의해 결정 된다. Q1, Q2가 턴 오프가 되고나서 Q3가 턴 오프가 되어야 인덕터의 전압이 일정하게 유지되어 포워드가 동작하게 된다. 따라서 반드시 Q3의

스위칭이 Q1, Q2와 동기화 되어야 하며, 벡 플라이백의 듀티가 포워드의 듀티보다 커야한다.[2]

### 2.2.2 인덕터, 변압기 설계

상황에 따라 컨버터의 인덕터는 CCM혹은 DCM으로 선정하여야 한다. 그에 따른 공식은 식1, 식2와 같다.

공식1과 공식2는 벡 플라이백컨버터, 포워드컨버터의 CCM과 DCM의 경계를 구할 수 있는 공식이다.

$$I_{L_{m.min}} = \frac{V_o^2}{\sum V_{pv} D_b} \frac{(\sum V_{pv} - V_o) D_b}{2L_m f} \quad \text{식(1)}$$

$$L_{x.min} = \frac{D_f \left( \frac{\sum V_{pv} - V_o}{N} - \sum V_{pv} \right)}{2I_{Lx} f} \quad \text{식(2)}$$

위의 공식을 이용하여 CCM, DCM을 결정하고 각 컨버터의 정상상태 전압이득을 유도하면 표1과 같이 표현 할 수 있다.

	DCM	CCM
Forward Converter	$\frac{V_{pv1}}{v_1} = \frac{2D_f}{D_f + \sqrt{D_f^2 + \frac{8L_x}{V_{pv1}^2} \frac{1}{(V_{pv1} f)}}}$ $v_1 = \sum V_{pv} - V_o$	$\frac{V_o}{V_{pv}} = D \frac{N_{f2}}{N_{f1}}$
Buck-Flyback Converter	$\frac{V_o}{\sum V_{pv}} = \frac{2D_b}{D_b + \sqrt{D_b^2 + \frac{8L_m}{(V_{o1} f) + (V_{o2} f)}}}$	$\frac{V_o}{\sum V_{pv}} = \frac{D_b}{D_b + \frac{N_{b1}(1-D_b)}{2N_{b2}}}$

표 1. 각 컨버터의 전달함수

### 2.2.3 차동전력조절방식을 적용한 최대 전력점 추종

제한된 차동전력조절기가 독립형 태양광 발전 시, 통합 컨버터의 최대 전력점 추종을 위해 입력전압 제어를 설계해야한다. 그림3은 설계된 제어를 이용하여 최대 전력점을 추종한 시뮬레이션 파형이다. 그림3에서의 파형은 3레벨의 MPP 파형을 보여주고 있다. 실제 시뮬레이션에서  $V_{pv1}=35V$ ,  $V_{pv2}=25V$ 로 각각의 최대전력지점을 지정하여 제어를 하였다.

그림2 회로에서의 부하가 불평등한 경우에도 역시 MPPT파형을 유지하고 출력에서는 전압 균등화를 유지하는 것을 그림4를 통하여 확인 할 수 있다. 앞서 말한바와 같이 전하 균등화는 부하의 전류와 다이오드 전류로 확인 할 수 있다. 그림 4의 파형에서는  $V_{o1} > V_{o2}$ 이기 때문에 플라이백회로에서는 아날로그 앤드를 근거로 하여  $I_{d1}$ 에만 전류가 흐르게 되고  $I_{o1}$ 에 더 큰 전류가 흐름으로써 균등화를 유지하게 된다.

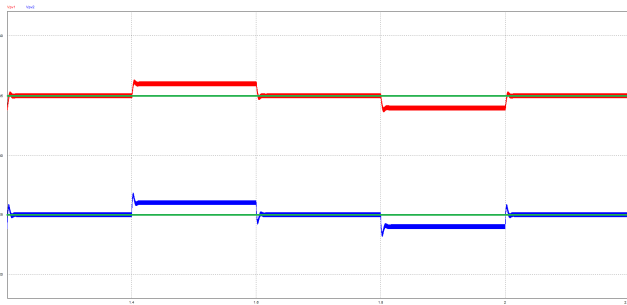


그림 3. 차동전력조절방식을 적용한 최대 전력점 추종 파형

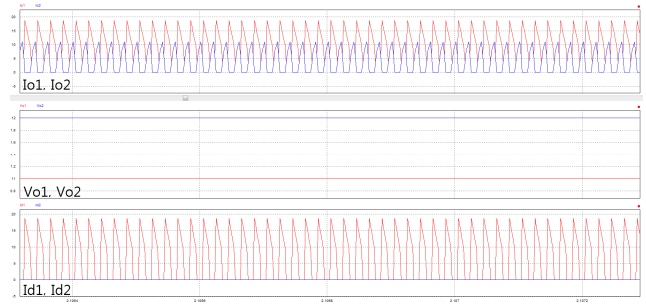


그림 4. 회로의 부하 전류, 전압, 다이오드 전류 파형

## 3. 결 론

본 논문에서는 차동전력조절방식을 적용한 최대 전력점을 추종하는 방법에 대하여 제안하였다. 또한 동시에 출력부하가 불평등할 경우에도 최대 전력점을 추종하는 동시에 부하의 전압의 균등화를 유지해주는 기능을 구현하였고 최소한의 자화소자 및 스위칭 소자를 이용하여 제작비용을 감소시키는 데에 있어 중심을 두었다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박정현, 박종후, '불평등 부하 상태에서의 전하 균등화를 위한 연속모드 결합 인덕터 벡 플라이백 컨버터 설계', 전력전자학회, 전력전자학술대회논문집, 2015.7
- [2] 김현우, 박종후 '고효율 차동전력 조절기를 위한 부스트 포워드 통합 컨버터 분석 및 설계', 숭실대학교 대학원 석사논문, 2015.6