

# 디커플링과 에너지 저장 기능을 갖는 계통 연계형 PV-AC Module용 플라이백 인버터

류무영\*, 오민석\*, 노용수\*, 정용채\*\* 원충연\*  
성균관대학교\*, 남서울대학교\*\*

## Grid-connected PV-AC module with Decoupling and Energy Storage Functions using Flyback Inverter

Moo Young Ryu\*, Min Seuk Oh\*, Yong Su Noh\*, Yong Chae Jung\*\*, Chung Yuen Won\*  
Sungkyunkwan University\*, Namseoul University\*\*

### ABSTRACT

In single phase flyback inverter for grid connected PV AC module, power ripple is occurred as two times grid frequency on input capacitor. So, decoupling method has attracted interest recently. Also, power generation of PV depending on irradiation is limited at particular time, so use of energy storage system can increase energy efficiency. In this paper, flyback inverter for grid connected PV AC module which can operate decoupling and energy storage functions is proposed and verified by PSIM simulation.

### 1. 서론

기존의 계통 연계형 플라이백 인버터는 인버터 출력 전력과 PV(Photovoltaic) 모듈 출력 전력의 차이로 인해 AC 모듈 입력단에 큰 전력 리플이 발생한다. 이로 인해 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 제어가 제대로 수행되지 않는 문제가 발생하므로, 일반적으로 대용량의 전해 커패시터를 사용하여 입력단에 발생하는 전력 리플을 저감시킨다. 하지만 전해 커패시터는 수명이 짧아 시스템 전체의 신뢰성을 감소시키므로, 최근 보조 회로를 이용하여 입력단 디커플링 커패시터에 발생하는 전력 리플을 저감시켜 필요한 디커플링 커패시터의 용량을 줄이고, 이를 통해 전해 커패시터를 필름 커패시터로 대체하는 디커플링 기법에 관한 기술이 연구되고 있다.

또한 태양광 발전은 외부 환경에 따라 출력 변동이 심하므로 효율적인 전력운동을 위해 별도의 에너지 저장 장치가 필요하다. 하지만 대용량 에너지 저장 장치와 전력 변환 장치를 이용하여 시스템을 구성할 경우, 전체 시스템의 용량에 따라 에너지 저장 장치를 설계하는 과정이 필요하며, 시스템 구축 후 추가적인 용량 증설이 어려운 문제가 있다.

본 논문에서는 디커플링과 에너지 저장 장치 기능을 갖는 AC 모듈용 플라이백 인버터를 제안하였다. 제안된 회로는 능동 전력 디커플링을 통해 디커플링 커패시터의 용량을 줄일 수 있다. 이를 통해 전해 커패시터를 필름 커패시터로 대체함으로써 시스템의 신뢰성을 향상시킬 수 있고, 모듈별로 에너지 저장 장치가 연결되므로 전체 시스템 용량에 따른 에너지 저장 장치 설계가 필요없으며, 발전량 증설에 따른 에너지 저장 장치의 용량 증설이 용이하다.

### 2. 디커플링과 에너지 저장기능을 갖는 계통 연계형 플라이백 인버터

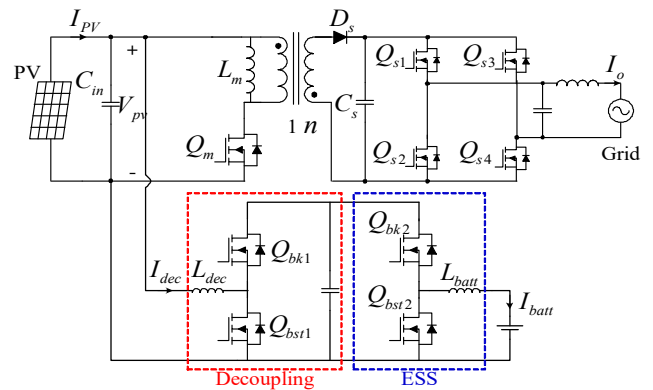


그림 1 제안된 AC 모듈용 플라이백 인버터  
Fig. 1 Proposed flyback inverter for AC-module

제안하는 회로는 그림 1과 같이 계통 연계형 단상 플라이백 인버터와 변압기 1차 측에 병렬로 연결된 보조 회로로 구성된다. 보조 회로는 디커플링 커패시터  $C_{in}$ 에 발생하는 전력 리플을 저감시키는 디커플링 회로와 에너지 저장 기능을 하는 양방향 컨버터로 구성된다. 보조 회로는 플라이백 인버터가 동작시 항상 디커플링 동작을 수행하며 인버터 평균 출력 전력  $\bar{P}_o$ 과 PV 모듈 출력 전력  $P_{pv}$ 을 비교하여 배터리에 에너지를 저장 또는 방출한다.

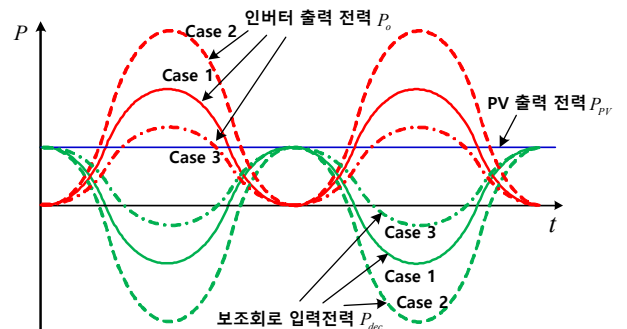


그림 2 인버터 출력에 따른 각 부 전력 곡선  
Fig. 2 Power curves with varying inverter output power  
(Case 1 :  $\bar{P}_{pv} = \bar{P}_o$ , Case 2 :  $\bar{P}_{pv} < \bar{P}_o$ , Case 3 :  $\bar{P}_{pv} > \bar{P}_o$ )

## 2.1 능동 전력 디커플링

순시적으로 발생하는 인버터 출력 전력  $P_o$ 와 PV 모듈 출력 전력  $P_{PV}$ 의 차이만큼 그림 2와 같이 보조 회로에 에너지를 저장 및 방출을 하여 디커플링 기능을 수행한다. 따라서 보조 회로의 입력 전력  $P_{dec}$ 는  $P_{PV}$ 와  $P_o$ 의 차이이며,  $P_o$ 는 제어되는 인버터 출력 전력으로 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 식 (1)에서  $k$ 는 평균 출력 전력  $\overline{P}_o$ 와  $P_{PV}$ 의 비율을 나타낸다.

$$P_o = kP_{PV}(1 - \cos 2\omega t) \quad (1)$$

식 (1)을 이용하여 디커플링을 위한 보조 회로의 입력 전류 기준값  $i_{dec}^*$ 은 식 (2)와 같이 제어되어야 한다.

$$i_{dec}^* = I_{PV}(1 - k + k \cos 2\omega t) \quad (2)$$

안정적인 전류 제어를 위해 스위칭 한주기 동안 보조 회로의 입력단 인덕터  $L_{dec}$ 에 흐르는 전류의 변화량에 대한 스위치  $Q_{bst1}$ 의 통류비는 공칭 통류비와 제어 통류비로 구성된다. 이를 이용하여 보조 회로의 입력 전류를 제어하며 스위치  $Q_{bst1}$ 은 스위치  $Q_{bst1}$ 과 상보적으로 동작한다.

## 2.2 모듈 집적형 에너지 저장 장치

효율적인 에너지 운용을 위해 스위치  $Q_{bk2}$ 와  $Q_{bst2}$ 로 구성되는 양방향 컨버터는  $k$ 에 따라 배터리 입·출력 정전류 제어를 수행한다. 그림 2의 Case 2와 같이 인버터 출력 전력의 평균값  $\overline{P}_o$ 이 PV 모듈 출력 전력  $P_{PV}$ 보다 크게 제어되어야 할 경우에 배터리에서 에너지를 방출하고,  $\overline{P}_o$ 가  $P_{PV}$ 보다 더 작게 제어되어야 할 경우에는 Case 3과 같이 배터리에 에너지를 저장한다.

배터리 충전 시에는 스위치  $Q_{bk2}$ 를 이용하고, 방전 시에는 스위치  $Q_{bst2}$ 를 이용하여 배터리 입·출력 전류를 제어한다. 제어되는 배터리 전류 지령은 식 (3)과 같다.

$$I_{batt}^* = \frac{V_{PV}I_{PV}}{V_{batt}}(1 - k) \quad (3)$$

안정적인 배터리 전류 제어를 위해 배터리 충·방전 시 스위치  $Q_{bk2}$ 와  $Q_{bst2}$  또한 공칭 통류비와 제어 통류비를 이용하여 제어한다.

## 3. 시뮬레이션

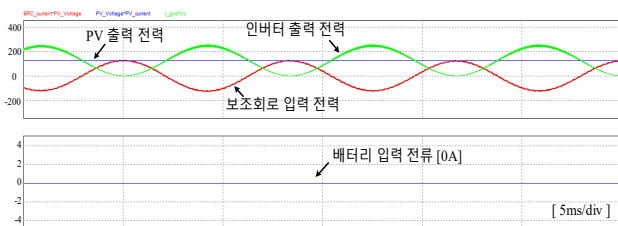


그림 3 Case 1에서의 각 부 전력과 배터리 전류 파형 ( $k=1$ )  
Fig. 3 Powers and battery current waveforms in Case 1

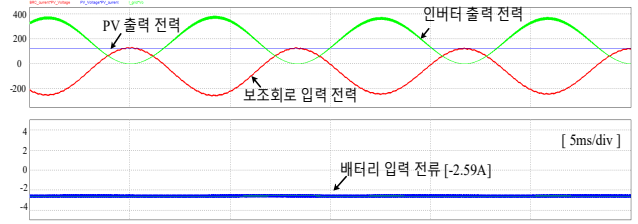


그림 4 Case 2에서의 각 부 전력과 배터리 전류 파형 ( $k=1.5$ )  
Fig. 4 Powers and battery current waveforms in Case 2

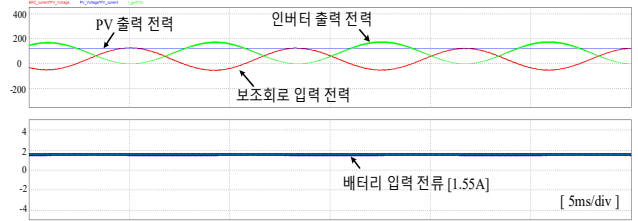


그림 5 Case 3에서의 각 부 전력과 배터리 전류 파형 ( $k=0.7$ )  
Fig. 5 Powers and battery current waveforms in Case 3

그림 3은 배터리에 에너지를 저장하지 않고 디커플링 동작만을 할 경우의 시뮬레이션 파형이다. 그림 4와 5는 보조 회로가 디커플링 동작을 하면서 동시에 배터리 입력 전류 지령값에 따라 배터리에 에너지를 충·방전을 하는 경우의 시뮬레이션 결과 파형이다. 각 경우  $P_o$ 와  $P_{PV}$ 의 차이만큼 전력을 감당하여 디커플링을 수행하는 것을 볼 수 있다. 또한  $\overline{P}_o$ 이  $P_{PV}$ 보다 작은 경우 전류 파형을 통해 배터리가 충전되며,  $\overline{P}_o$ 이  $P_{PV}$ 보다 큰 경우 배터리에 저장된 에너지를 방전하는 것을 확인할 수 있다.

## 4. 결론

본 논문에서는 PV AC 모듈용 플라이백 인버터에 적용 가능한 디커플링과 에너지저장기능을 갖는 토폴로지를 제안하였다. 제안된 회로는 전해 커패시터를 필름 커패시터로 대체함으로써 시스템의 신뢰성을 증가시킬 수 있으며, 또한 출력에 따라 전력을 배터리에 충전 혹은 방전하는 에너지 저장기능을 구현하였다.

이 논문은 삼성전기의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## 참고 문헌

- [1] 권정민, "UPS 기능을 가지는 배터리 기반의 삼상 전력 평준화 시스템", 전력전자학회, Vol. 17, No. 4, pp. 353-358, 2012.
- [2] Rae Young Kim, Chang Soon Lim, Hong Joo Jung, Soon Bong Cho, "A General purpose Integrated Battery Energy Module for Non isolated Energy Storage System Applications", Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), pp. 1503-1507, Otc 2012.