

# PV-AC 모듈형 단상 플라이백 인버터의 입력 전압 범위 확장 기법

노용수\*, 김준구\*, 지용혁\*, 정용채\*\*, 원충연\*  
 성균관대학교\* 남서울대학교\*\*

## Range Extension of Input Voltage of Flyback Inverter for Photovoltaic AC Modules

Yong Su Noh\*, Jun Gu Kim\*, Young Hyok Ji\*, Yong Chae Jung\*\*, Chung Yuen Won\*  
 Sungkyunkwan University\* Namseoul University\*\*

### ABSTRACT

Among the PV AC module topologies, the flyback inverter have been occupied the attention due to its simplicities on configuration and control. Proposed switching control method changes the mode of operation in DCM and BCM alternatively. It is expected that the high performances in efficiency and extension of input voltage range can be achieved by the conduction mode change. Proposed switching technique is validated by PSIM simulation.

### 1. 서 론

태양전지가 직·병렬로 연결된 발전 시스템에서 음영 효과나 온도의 변화로 인해 태양전지, 혹은 스트링간의 전압, 전류 불일치가 발생하면 전체 효율이 크게 감소한다. 따라서 최근 불일치로 인한 효율 저하를 최소화하기 위한 대안으로 AC 모듈에 대한 개발이 활발히 진행되고 있다. AC 모듈은 각 태양전지마다 설치되어 태양전지의 출력을 각각 계통에 공급하는 형태로 특정 태양전지에 음영이 지더라도 다른 태양전지에 영향을 끼치지 않아 불일치로 인한 효율 저하를 줄일 수 있다.

AC 모듈로 사용되는 플라이백 인버터는 토폴로지 구성과 제어기 구성이 간단한 불연속 도통 모드 (DCM) 로 제어하는 것이 일반적이다<sup>[1],[2]</sup>. 하지만 불연속 도통 모드로 제어할 경우 자화전류의 불연속 구간에 의한 전력 전달의 제한이 발생한다. 태양전지는 일사량, 온도 등 주변 환경에 따라 출력 전력이 크게 변동하기 때문에 불연속 도통 모드만으로 플라이백 인버터를 설계할 경우 효율이 감소할 수 있다. 임계 도통 모드는 이러한 출력 전력의 제한을 피하기 위한 제어 기법으로 불연속 도통 모드로 제어할 경우보다 더 높은 입·출력 전력에서도 동작이 가능하다. 하지만 출력 전력이 0에 가까워질 경우 스위칭 주파수로 커짐에 따라 큰 스위칭 손실이 발생하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 AC 모듈형 플라이백 인버터를 출력 전력의 크기에 따라 불연속 도통 모드와 임계 도통 모드로 동작시켜 두 동작 모드의 단점을 보완하였다. 따라서 플라이백 인버터 전체 시스템 효율의 증가 뿐만 아니라 입력 전압 범위 또한 증가시킬 수 있다. 제안하는 제어 방법은 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

### 2. 단상 AC 모듈형 플라이백 인버터의 제어기법

#### 2.1 단상 AC 모듈형 플라이백 인버터

단상 AC 모듈형 플라이백 인버터의 회로 구성은 그림 1과 같다. 태양전지의 출력 전류는 1차 측 주 스위치  $Q_p$ 에 의해 정류된 사인파 형태의 전류로 2차 측에 전달된다. 2차 측 스위치  $Q_{s1} \sim Q_{s4}$ 는 계통에 전력을 공급할 수 있도록 출력 전류의 극성을 결정한다.

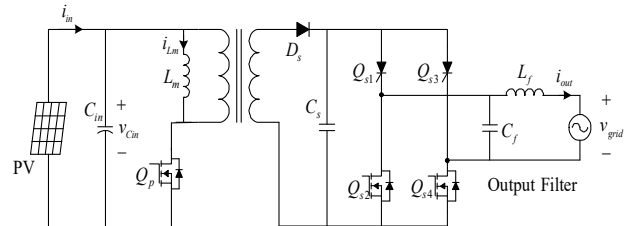


그림 1 단상 AC 모듈형 플라이백 인버터  
 Fig. 1 Single phase flyback inverter for photovoltaic AC module

#### 2.2 불연속 도통 모드

주 스위치  $Q_p$ 의 턴 온/오프에 따라 변압기에 흐르는 자화전류는 일정하게 상승/하강하며, 불연속 도통 모드로 제어함에 따라 자화전류는 0이 되는 구간이 나타난다. 변압기에 대해 Voltage Second Balance를 적용하면 주 스위치의 최대 듀티비를 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$D < \frac{v_{grid}}{(nV_{pv} + v_{grid})} \quad (1)$$

또한 식 (1)을 통해 불연속 도통 모드를 유지할 수 있는 최소 자화 인덕턴스는 식 (2)와 같다.

$$L_m = \frac{v_{grid} V_{pv}}{I_{Lm(pk)} f (nV_{PV} + v_{grid})} \quad (2)$$

#### 2.3 임계 도통 모드

임계 도통 모드로 동작할 경우 불연속 도통 모드에서의 데드 타임에 의한 변압기의 전력 전달의 제한을 피할 수 있다. 임계 도통 모드에서 가변하는 스위칭 주파수는 식 (3)과 같다.

$$f = \frac{v_{grid} V_{in}}{I_{Lm(pk)} L_m (nV_{in} + v_{grid})} \quad (3)$$

## 2.4 제안하는 듀얼 모드 스위칭 제어기법

임계 도통 모드로 제어할 경우 불연속 도통 모드에 비해 더 큰 전력 전달 뿐 아니라 출력 전류 또한 더 적은 THD를 갖는 장점이 있다. 하지만 태양전지의 출력이 감소함에 따라 스위칭 주파수가 증가하는 문제점이 있다. 따라서 그림 2와 같이 제안하는 듀얼 모드 스위칭 제어기법은 태양전지의 출력이 적은 구간에서는 불연속 도통 모드로 동작하고, 나머지 구간에서는 임계 도통 모드로 동작한다.

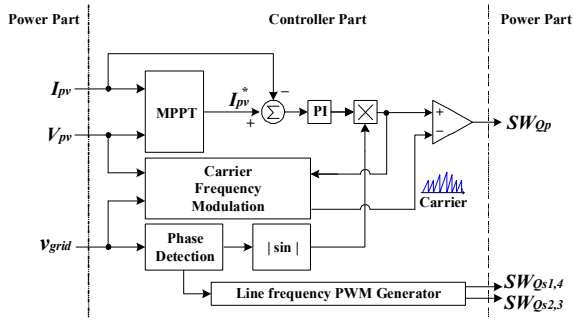


그림 2 제안하는 듀얼 모드 스위칭 제어 블록도  
Fig. 2 Control block diagram for proposed dual mode switching

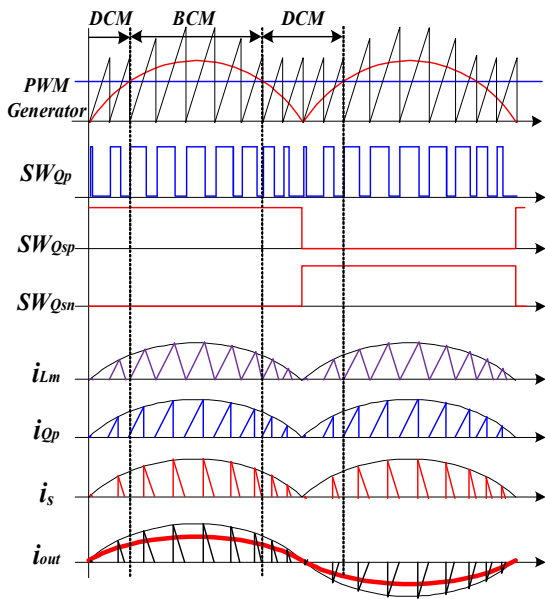


그림 3 제안하는 듀얼 모드 스위칭 제어기법의 주요 파형  
Fig. 3 Switching sequence and waveforms of proposed dual mode switching method

그림 3은 제안하는 듀얼 모드 스위칭 제어기법의 주요 파형을 나타낸다. 임계 도통 모드에서 동작하기 위한 스위칭 주파수 가변은 반송파의 가변을 통해 이루어진다. 이는 불연속 도통 모드의 일정 스위칭 주기에 대해 가변하는  $t_{add}$ 를 더해줌으로써 구현하며, 여기서  $t_{add}$ 는 식 (4)와 같다.

$$t_{add} = \frac{I_{Lm(pk)} L_m (n V_{pv} + v_{grid})}{v_{grid} V_{pv}} - T_{DCM} \quad (4)$$

## 3. 시뮬레이션

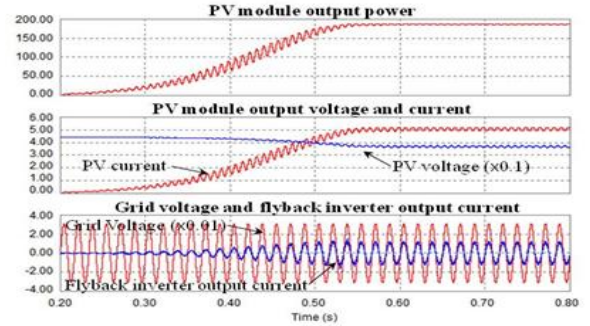


그림 4 최대 전력 추종 기법  
Fig. 4 Maximum power point tracking and grid connection

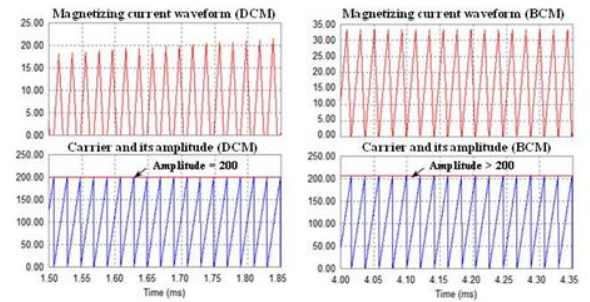


그림 5 불연속 도통 모드와 임계 도통 모드 동작 파형  
Fig. 5 Operations of DCM and BCM in dual mode switching

그림 4는 제안된 듀얼 모드 스위칭 기법이 태양광 발전 시스템에서 필수적으로 요구하는 태양 전지의 최대 전력 추종 기법에 적용되고 있음을 보여준다. 그림 5는 듀얼 모드 스위칭 기법 중 각 불연속 도통 모드와 임계 도통 모드의 동작 상태를 나타낸다.

## 4. 결론

본 논문에서는 단상 플라이백 인버터를 출력 전압에 따라 구간을 나누어 불연속 도통 모드와 임계 도통 모드로 동작시키는 듀얼 모드 스위칭 기법을 제안하였다. 제안된 스위칭 기법으로 각 스위칭 모드가 가지는 단점을 최소화하여 스위칭 손실을 최소화하고 플라이백 인버터 전압 범위를 증가시킬 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] Q. Li, and P. Wolfs, "A Review of the Single Phase Photovoltaic Module Integrated Converter Topologies with Three Different DC Link Configurations", IEEE Trans. Power Electron., vol. 23, no. 3, pp. 1320-1333, May, 2008
- [2] A. Ch. Kyritsis, E. E. Tatakis and N. P. Papanikolaou, "Optimum Design of the Current Source Flyback Inverter for Decentralized Grid Connected Photovoltaic System", IEEE Trans. Energy Conv., vol. 23, no. 1, pp. 281-293, Mar., 2008