

# 동기 정류기를 이용한 태양광 모듈용 인터리브드 플라이백 인버터 소프트 스위칭 제어 기법

장진우\*, 김영호\*, 정용채\*\*, 류동균\*\*\*, 원충연\*  
성균관대학교\*, 남서울대학교\*\*, 삼성전기\*\*\*

## Soft Switching Control Method for Photovoltaic AC Module Interleaved Flyback Inverter using Synchronous Rectifier

Jin Woo Jang\*, Young Ho Kim\*, Yong Chae Jung\*\*, Dong Kyun Ryu\*\*\*, Chung Yuen Won\*  
Sungkyunkwan University\*, Namseoul University\*\*, Samsung Electro-Mechanics\*\*\*

### ABSTRACT

본 논문에서는, 태양광 AC 모듈 기반의 인터리브드 플라이백 인버터에서의 동기 정류기를 이용한 소프트 스위칭 제어 기법을 제안한다. 제안된 방식은, 동기정류기를 이용하여 다이오드의 전도손실을 줄이고, 1차측 주스위치의 ZVS(Zero Voltage Switching) 턴 온을 수행하여 스위칭 손실을 저감하였다. 본 논문에서는 제안된 시스템의 타당성을 이론적 분석과 시뮬레이션을 통해 검증한다.

### 1. 서론

최근 신재생 에너지의 수요 증가로 인하여 태양광 발전에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 태양광 AC 모듈은 각각의 모듈이 전력 계통에 직접 연결되기 때문에 용량 증설이 용이하고 모듈간 Mismatch 문제에 강한 장점을 갖는다.

본 논문에서는 ACC(Active Clamp Circuit)을 이용한 인터리브드 방식이 저전력 출력구간에서 효율이 낮다는 문제점을 개선하기 위하여 동기정류기를 사용한 새로운 소프트 스위칭 제어 방법이 제안된다. 제안된 방식은 태양전지 모듈의 저전력 출력 구간에서 ACC를 사용하지 않고<sup>[1]</sup>, 동기 정류기를 제어하여 주스위치 턴 온 시 ZVS를 가능하게 하였다.<sup>[2]</sup> 이러한 제어 방식을 사용하여 저전력 출력 구간에서 ACC 손실을 저감하고 동기 정류기를 사용한 소프트 스위칭으로 주스위치 스위칭 손실을 저감하였다. 본 논문에서는 제안된 기법을 이론적으로 분석하고 PSIM을 통하여 그 타당성을 검증한다.

### 2. 주스위치의 공진 전압 스파이크 분석

전압 스파이크에 따른 스위치 제어를 하기 위하여 ACC가 동작하지 않을 때의 주스위치의 전압 스파이크 크기 분석이 필요하다. 식 (1)과 같이 그 크기는 입력 전압과 1차측 컵두치 전류, 그리고 주스위치 양단의 누설 인덕턴스 성분의 제곱근에 비례하고 기생 컵두치 성분의 제곱근에 반비례한다.

$$V_{Main\_spike} = V_{in} + \frac{V_{grid\_peak}}{n} + I_{pri\_peak} \sqrt{\frac{L_{lk}}{C_{oss\_eq}}} \quad (1)$$

1차측 전류 컵두치  $I_{Peak}$ 는 식 (2)와 같이 입력 전압과 최대 듀티, 변압기 자화 인덕턴스, 그리고 주스위치의 스위칭 주파수로 연산 가능하다.

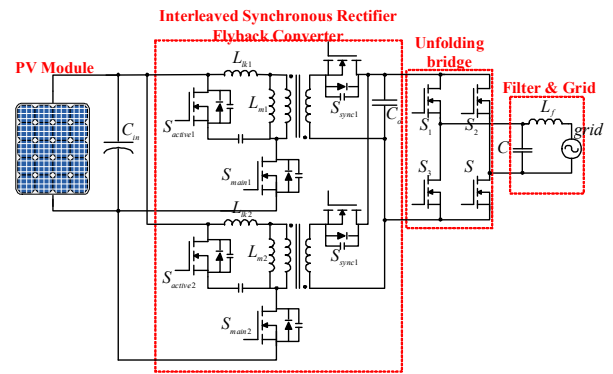


그림 1 제안된 인터리브드 플라이백 인버터 토폴로지

$$I_{peak\_pri} = \frac{V_i D_m}{L_m f_{sw}} \quad (2)$$

또한 식 (1)에서 주스위치의 양단의 등가 출력 컵두치의 크기는 클램프 컵두치와 각 스위치들의 기생 컵두치의 직렬 및 병렬 합으로 식 (3)과 같이 계산된다.

$$C_{oss\_eq} = C_{oss}^{Main} + \frac{C_{oss}^{clamp} C_{damp}}{C_{oss}^{clamp} + C_{damp}} + n^2 C_{oss}^{Sync} \quad (3)$$

식 (1), (2), (3)을 이용하여 그림 2와 같이 출력 전력에 따른 계통 반주기 내 주스위치의 양단의 전압 스파이크의 크기를 나타낼 수 있다.

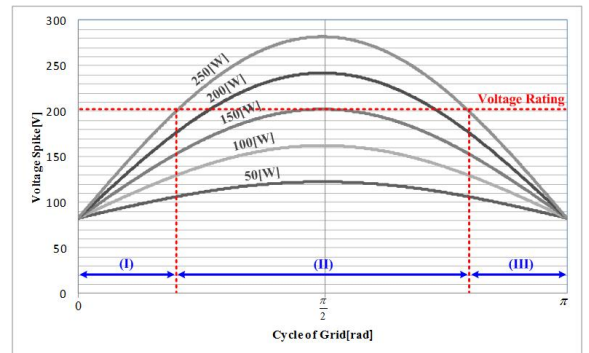


그림 2 . 출력 전력에 따른 계통 반주기 내 주스위치 양단의 전압 스파이크

### 3. 제안된 제어 기법

본 논문에서는 그림 1과 같이 기존의 다이오드 정류기를 대체한 동기 정류기를 이용한 인터티브드 플라이백 인버터를 제안하였다. 동기 정류기는 다이오드 정류기에 비해 도통 손실이 작을 뿐만 아니라 간단한 스위칭 제어를 통하여 주스위치의 ZVS 턴 온을 수행하게 한다. 그림 3은 제안된 기법의 제어 알고리즘을 나타낸다. 알고리즘은 식 (1), (2), (3)에 의해 계산된 공진 전압 스파이크와 주스위치의 정격을 비교하여 ACC의 동작 여부를 결정한다.

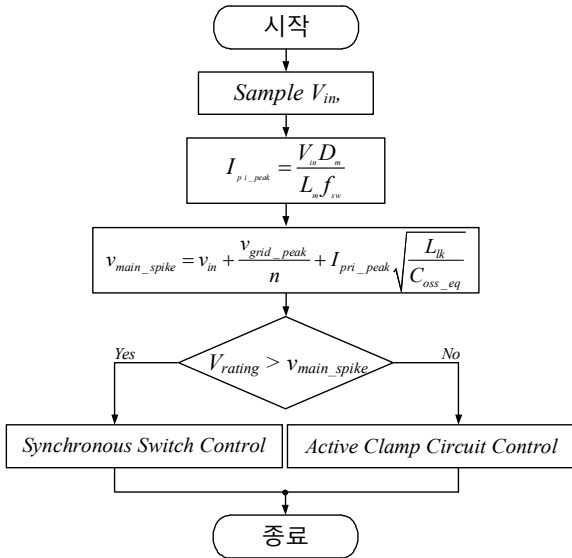


그림 3 . 제안된 기법의 제어 순서도

그림 2의 (I), (III)과 같은 저전력 출력 구간에서는 그림 4(a)와 같이 ACC를 사용하지 않고 동기스위치 제어를 통하여 주스위치가 ZVS 동작을 한다. 주스위치가 켜지기 직전, 짧은 시간동안 인가된 보조스위치의 입력 펄스는 출력단으로부터의

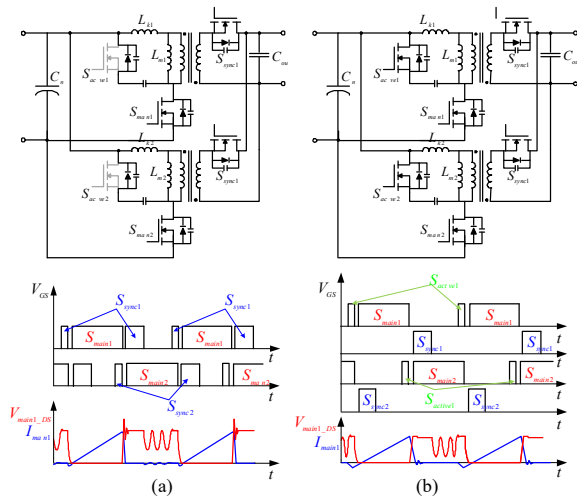


그림 4 . 제안된 제어에 의한 (a) 저전력 출력 영역과 (b) 고전력 출력 영역의 주스위치 양단 전압 파형 및 각 스위치의 게이트 입력 전압 전류 파형

역전류를 1차 측으로 전달하도록 하여 자화 인덕턴스에 충전한다. 충전된 에너지는 주스위치의 기생 커패시터를 방전시키면서 주스위치 양단의 전압을 0으로 만들어 ZVS 턴 온 조건을 만든다. 그리고 그림 2(II)의 고전력 출력 구간은 그림 4(b)와 같이 기존 방법에서 전 영역에서 사용되었던 ACC를 동작시켜 주스위치의 ZVS 턴 온 및 공진 전압 스파이크를 억제한다.

### 4. 시뮬레이션

그림 5에서는 고전력 및 저전력 출력 영역에서 그림 5의 (a), (b), (c)와 같이 각 스위치의 펄스 입력이 제안된 기법에 의해 제어 되는 것과 그림 5의 (d), (e)와 같이 주스위치의 전압 및 전류와 ZVS 동작을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다.

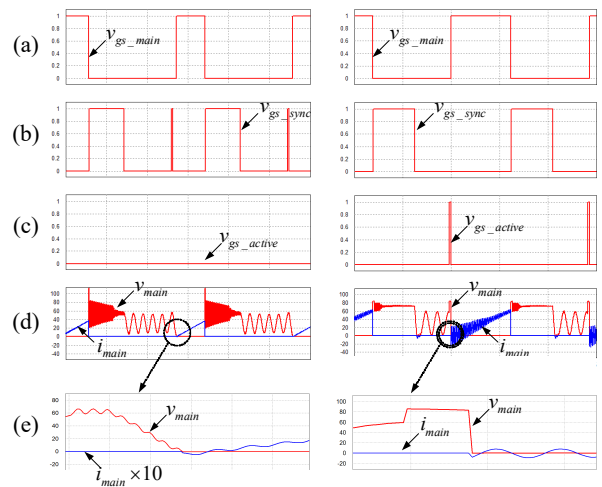


그림 5 . 제안된 기법에 의한 각 영역의 시뮬레이션 파형 (a) 주스위치 게이트 펄스 파형 (b) 동기 정류기 게이트 펄스 파형 (c) ACC 스위치 게이트 펄스 파형 (d) 주스위치의 양단 전압 및 전류 파형 (e) 주스위치 양단 전압 및 전류 확대 파형

### 5. 결론

본 논문은 주스위치 양단의 공진 전압 스파이크가 주스위치의 정격 전압을 넘지 않는 ACC의 비동작 영역에서 기존 방식에서 사용되었던 다이오드 정류기를 동기 정류기로 대체하여 도통 손실을 줄이고 대체된 동기 정류기를 이용한 주스위치의 소프트 스위칭 기법을 제안하였다. 또한 시뮬레이션을 통하여 제시된 기법의 타당성을 확인하였다.

### 참고 문헌

[1] Y. H. Kim, J. G. Kim, Y. H. Ji, C. Y. Won, and T. W. Lee, "A new control strategy of active clamped flyback inverter for a photovoltaic ac module system.", in *Proc. IEEE 8th Int. Conf. Power Electron. ECCE, 2011*, pp. 1880-1885.

[2] Y. Wei, X.C. Huang, J.M. Zhang, and Z.M. Qian, "A Novel soft switching flyback converter with synchronous rectification.", in *Proc. IEEE 6th Int. Conf. IPENC, 2009*, pp. 551-555