

# 플라이백 인버터에 병렬로 적용되는 ZVS 방식의 전력 디커플링 회로에 관한 연구

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

## ZVS Parallel Active Power Decoupling Circuit for Applying Flyback Inverter

Mi Na Kim\*, Yong Su Noh\*, Jun Gu Kim\*, Yong Chae Jung\*\*, Chung Yuen Won\*  
Sungkyunkwan University\* Namseoul University\*\*

### ABSTRACT

In general, a power decoupling method using electrolytic capacitor is used to solve a problem that appears 120[Hz] ripple of grid at the PV module output. But electrolytic capacitor has a effect on the short lifetime and low reliability of PV system. Therefore, studies which replace the large electrolytic capacitor with small film capacitor have been researched in resent years. This paper proposes flyback inverter which can be replaced with film capacitor by connecting the circuit implementing zero voltage switching in PV side. The proposed system is validated by PSIM simulation.

### 1. 서 론

태양광 시스템을 계통과 연계시키는 방법 중 단상 인버터를 적용하여 PV패널 뒷면에 마이크로 인버터를 부착하는 기술이 있다. 일반적으로 PV패널에서 생성되는 전력은 계통과 연계되면 시변 되기 때문에 큰 용량의 전해 커패시터를 PV단에 연결하여 가변되는 전력을 보상한다<sup>[1]</sup>. 그러나 전해 커패시터는 10 5°C에서 1000~7000의 시간정도로 PV 패널에 비해 수명이 짧아 커패시턴스를 낮춰 필름 커패시터로 대체하는 방법이 연구되고 있다<sup>[2]</sup>.

디커플링 기법은 회로의 위치에 따라 (1) PV side 디커플링, (2) DC Link 디커플링, (3) AC side 디커플링 세 가지로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 PV모듈에서 생성되는 전력의 MPPT제어가 용이하고 출력전류가 낮으며, 왜곡전류 제어가 가능한 PV side 디커플링 기법을 flyback 인버터에 적용하였다. 디커플링 회로와 flyback 인버터는 독립적으로 동작하여 전체 시스템에 영향을 많이 주지 않는 Current Pulsation Smoothing Parallel Active Filter (CPS PAF) 토폴로지에 새로운 소프트 스위칭 기법을 적용하였다<sup>[3]</sup>.

## 2. 제안된 소프트 스위칭 양방향 컨버터

### 2.1 디커플링 회로가 적용된 flyback 인버터

그림 1의 flyback 인버터는 계통 연계 시, PV단에 120[Hz]의 전압 맥동이 발생한다. 일반적으로 PV 입력단 맥동을 줄이기 위하여 10[mF]의 전해커패시터를 PV 입력단에 사용하는데,

내부 ESR을 최소로 하기 위하여 병렬로 연결하여 사용한다. 하지만 전해커패시터는 용량에 비하여 부피가 크고 수명에 대한 단점이 존재한다. 그래서 본 논문에서는 독립적인 동작을 하는 양방향 buck boost 회로를 flyback 인버터에 병렬로 연결하여 디커플링을 가능하게 하였다. 그래서 큰 용량의 전해커패시터를 낮춰서 필름 커패시터로 대체하였고, 소프트 스위칭이 가능한 양방향 컨버터를 사용하였기 때문에 기존의 하드 스위칭에 비하여 시스템 효율을 높일 수 있다.

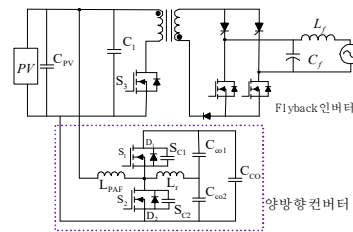


그림 1 제안하는 소프트 스위칭 방식의 flyback 인버터  
Fig. 1 Soft switching bidirectional buck boost type flyback inverter

### 2.2 동작 특성 및 순시전력의 관계

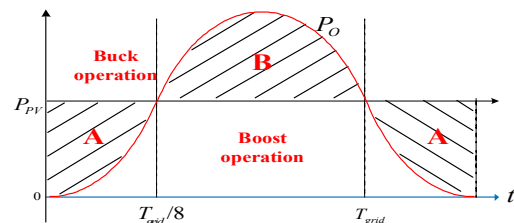


그림 2 충방전 동작모드와 순시전력간의 관계  
Fig. 2 Instantaneous power fluctuation

PV단에는 MPPT를 수행하기 때문에 전압 및 전류의 맥동은 그림 2의 Ppv와 같이 일정한 전력을 요구한다. 하지만 계통연계 시 PV단에 커플링된 전력이 그림 2의 Po와 같이 나타나게 된다. 그림 2의 A는 잉여전력으로 Ppv보다 Po가 작은 경우로써, 양방향 컨버터의 스위치 S1을 충전모드로 동작시켜

$C_{CO}$ 를 충전하게 된다. 또한 그림 2의 B는  $P_{PV}$ 보다  $P_O$ 가 크기 때문에 계통으로 전력을 전달하기 위해서는 더 많은 에너지가 필요하게 된다. 이 때, 양방향 컨버터의 스위치  $S_2$ 를 방전모드로 동작시켜  $C_{CO}$ 를 방전시키게 된다.

본 논문에서 제안한 양방향 컨버터는 기존의 buck boost 컨버터에 공진 인덕터와 공진 커패시터를 추가하여 모든 스위치가 소프트 스위칭이 가능하도록 구성하였다. 일반적인 flyback 인버터와는 병렬로 양방향 컨버터가 동작하기 때문에 추가된 회로의 효율은 제안한 시스템에서 매우 중요하다. 그렇기 때문에 충전모드 및 방전모드 시 동작하는 각각의 스위치  $S_1$ 과  $S_2$ 는 ZVS로 동작을 시켜 고효율을 달성할 수 있다. 그리고 양방향 컨버터는 인덕터의 전류를 CCM으로 동작시키기 위하여 히스테리시스 전류제어 방식을 채택하였고, flyback 인버터의 PWM 신호와는 독립적으로 제어한다<sup>[3]</sup>.

### 3. 시뮬레이션 결과

일반적인 flyback 인버터에서 식 (1)을 이용하여 1.5[V]의 맥동을 갖도록 입력 커패시터를 설계하면 11[mF]이 계산된다. 그림 3은 11[mF]의 전해커패시터를 사용할 경우, PV 입력단 전압파형을 나타낸다. 계통의 2배 주파수 성분이 전압에 나타나는 것을 알 수 있다.

$$C = \frac{P_{dc}}{2\pi f U_{dc} \Delta u} \quad (1)$$

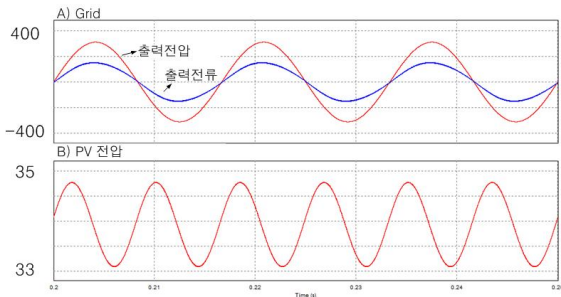


그림 3 11[mF]을 사용한 flyback 인버터 파형  
Fig. 3 flyback inverter waveforms using 11[mF]

표 1 제안된 회로의 파라미터  
Table 1 Parameters of proposed circuit

Parameter	Value	Parameter	Value
PV Voltage	34[V]	$C_{PV}$	150[uF]
Power	250[W]	$C_{CO}$	100[uF]
Switching Frequency	50[kHz]	$L_{PAF}$	90[uH]
Output Voltage	220[V]	$L_r$	60[uH]
Grid Frequency	60[Hz]	$C_{co1}, C_{co2}$	50[uF]

그림 4는 일반적인 flyback 인버터에 본 논문에서 제안한 소프트 스위칭 양방향 컨버터를 사용하여 디커플링을 수행한 시뮬레이션 결과이다. 기존의 높은 용량의 전해 커패시터를 이용하여 PV 입력단 전압의 맥동분을 양방향 컨버터가 담당함으로써 커패시터를 줄일 수 있었다. 동일한 전압 맥동분을 고려하였을 때, 제안한 논문에서는 그림 4(b)와 같이 150[uF]을 사용하여 달성할 수 있었다. 그림 4(c)와 (d)는 히스테리시스 전류제어의

밴드에 따라 0점을 기준으로 buck동작 시  $C_{CO}$ 에서 방전이 일어나고, boost동작 시  $C_{CO}$ 에서 충전이 일어나는 것을 확인할 수 있다. 또한 디커플링을 수행하면서 그림 4(a)와 같이 계통연계가 되고 있음을 확인할 수 있다.

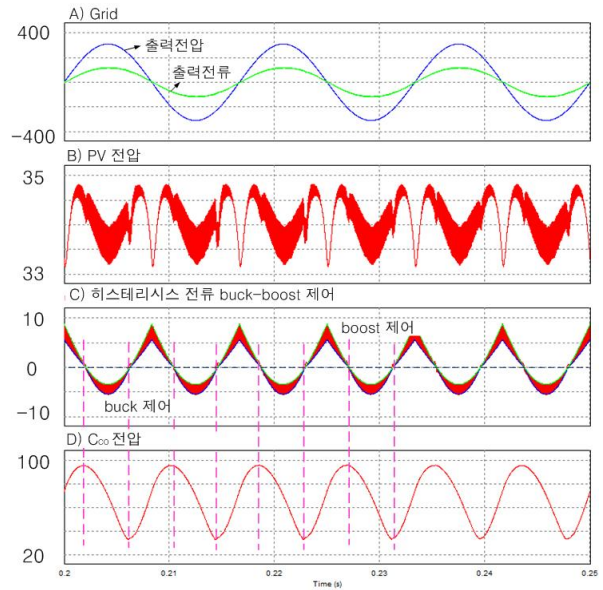


그림 4 150[uF]을 사용한 제안된 flyback 인버터 파형  
Fig. 4 Soft-switching bidirectional buck-boost type flyback inverter waveforms using 11[mF]

### 4. 결론

본 논문에서 제안된 소프트 스위칭 방식의 양방향 buck boost 컨버터를 이용하여 디커플링을 수행하였다. PV 입력단 전압 맥동은 디커플링 기법을 이용하여 11[mF]의 입력커패시터를 150[uF]으로 줄임으로써 필름 커패시터로 대체가 가능하였다. 또한 디커플링의 회로가 flyback 회로와 독립적이기 때문에 전체 시스템의 효율에 영향을 주지 않으며, 소프트 스위칭 방식의 고효율 양방향 토폴로지를 적용하였다.

이 논문은 삼성전기의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

[1] T. Shimizu, K. Wada, N. Nakamura, "Flyback Type Single Phase Utility Interactive Inverter With Power Pulsation Decoupling on the DC Input for an AC Photovoltaic Module System", Proceedings of the IEEE, Vol. 21, No. 5, pp. 1264-1272, 2006, Sept.

[2] Haibing Hu, Souhib Harb, Nasser Kutkut, Issa Batarseh, Z. John Shen "Power Decoupling Techniques for Micro inverters in PV Systems a Review", ECCE, pp. 3235-3240, 2010, Sept.

[3] A.C. Kyritsis, N.P. Papanikolaou, E.C. Tatakis, "A novel Parallel Active Filter for Current Pulsation Smoothing on Single Stage Grid connected AC PV Modules" Power Electronics and Applications EPE, pp. 1-10, 2007, Sept.