

# PV-AC 모듈형 플라이백 인버터의 전류 센서리스 MPPT제어기법

최봉연\*, 김영호\*, 지용혁\*, 이태원\*\*, 원충연\*  
성균관대학교\*, 삼성전기\*\*

## Current sensorless MPPT for PV-AC module flyback inverter

Bong Yeon Choi\*, Young Ho Kim\*, Young Hyok Ji\*, Tae Won Lee\*\*, Chung Yuen Won\*  
Sungkyunkwan University\*, Samsung Electro-Mechanics\*\*

### ABSTRACT

Maximum power point tracking(MPPT) algorithm is needed in PV AC module power conditioning system because of the nonlinear current voltage characteristics. Conventional MPPT algorithm is required to know PV module output current and voltage. Thus, PV AC module must have voltage and current sensor. In this paper, a current sensorless MPPT algorithm, which uses only the voltage sensor, is presented for Flyback inverter.

### 1. 서론

태양광 에너지 이용률을 높이기 위해서는 최대 전력점(MPP)에서 에너지를 공급하기 위한 MPPT 추종 제어기법(MPPT)이 필요하다. 대부분의 MPPT 알고리즘은 태양전지의 출력 전력을 측정하기 위해 태양전지 출력 전압과 전류에 대한 정보 검출을 요구한다. PV AC 모듈형 발전 시스템은 각 태양전지 모듈 각각에 인버터가 접속되는 특성 때문에 저가화가 요구되며, 이에 따라 MPPT를 수행함에 있어서도 하나의 센서를 저감하는 방식이 연구된 바 있다 [1].

본 논문에서는 AC 모듈형 플라이백 인버터에서 전류센서를 사용하지 않는 MPPT 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 태양전지 출력 전류를 추정하기 위한 요소들을 선정하고 수식화 하였으며, 측정된 전압값과 'Perturb and Observe'(P&O) 알고리즘을 통해 MPPT를 수행하였다. 제안된 current sensorless MPPT는 PSIM 시뮬레이션을 통해 검증 하였다.

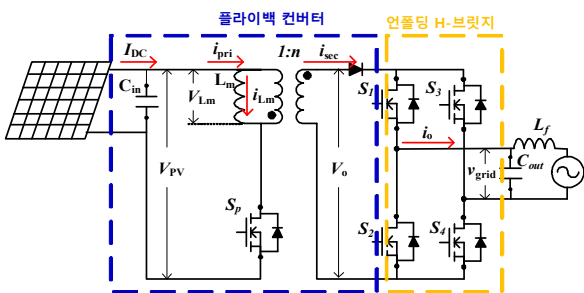


그림 1 AC 모듈형 플라이백 인버터의 토폴로지  
Fig. 1 Single phase flyback inverter topology for photovoltaic AC module

### 2. 마이크로 인버터 시스템 구성 및 제어

#### 2.1 단상 AC 모듈형 플라이백 인버터

그림 1은 AC 모듈형 플라이백 인버터로 플라이백 컨버터와 언폴딩 H 브릿지로 구성되어 있다. 플라이백 컨버터는 MPPT를 수행함과 동시에 태양전지의 출력을 정류된 사인파 형태의 전류로 바꾸어 2차 측에 전달하고, 2차 측 언폴딩 H 브릿지는 계통과 동기된 극성을 결정하는 역할을 수행한다.

#### 2.2 플라이백 컨버터 DCM

DCM에서 플라이백 컨버터는 주 스위치  $S_p$ 의 통류율에 비례하여 2차 측에 전달되는 전류량이 결정된다 [2].

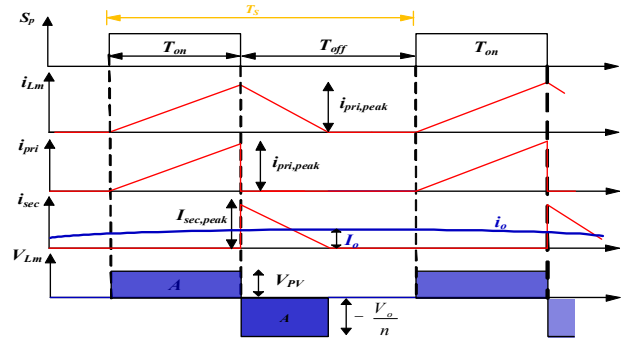


그림 2 주 스위치 턴 온, 오프에 따른 1차 측 자화 인덕턴스의 전압과 전류 파형

Fig. 2 The current and voltage wave form in Primary side Magnetizing inductance

그림 2의 DCM에서 자화 인덕턴스 전류  $i_{Lm}$ 은 주 스위치  $S_p$ 의 스위칭 동작에 의해 선형적으로 상승 및 하강 하고, 영전류 구간이 발생한다. 이 때, 주 스위치 최대 통류율  $D_p$ 와 1차 측 최대 전류  $I_{pri,peak}$ 의 관계는 식 (1)로 표현된다.

$$i_{pri,peak} = \frac{V_{PV}}{L_m} \times T_{on} = \frac{V_{PV}}{L_m} \times D_p T_s \quad (1)$$

#### 2.3 제안된 전류 센서리스 MPPT

제안된 전류센서리스 MPPT를 수행하기 위해서 태양전지 출력 전류의 수식화가 요구된다. 그림 2에서 Volt second 평형 조건을 통해 최대 출력전류  $I_o$ 가 나타나는 지점에서 자화 전류가 0이 될 때까지의 시간  $T_{off}$ 를 구할 수 있다.

$$T_{off} = \frac{nV_{PV}D_p T_S}{V_o} \quad (2)$$

높은 스위칭 주파수에서  $T_S$  동안  $i_o$ 가  $I_o$ 로 일정하다고 가정하면 2차 측 전류의 최대값  $i_{sec,peak}$ 과 출력전류의 최대값  $I_o$ 의 관계는 식 (3)으로 표현되며, 출력전류의 최대값과 AC 모듈형 플라이백 인버터의 출력  $P_{out}$ 의 관계는 식 (4)와 같다.

$$\frac{i_{sec,peak}}{2} \times T_{off} = I_o \times T_S \quad (3)$$

$$I_o = \sqrt{2} i_{grid,rms} = \frac{\sqrt{2} P_{out}}{v_{grid,rms}} \quad (4)$$

식 (2) (4)를 통해 2차 측 전류의 최대값과 1차 측 전류의 최대값은  $D_p$ ,  $V_{PV}$  그리고  $P_{out}$ 의 관계로 표현할 수 있다.

$$i_{sec,peak} = \frac{i_{pri,peak}}{n} = \frac{4P_{out}}{nV_{PV}D_p} \quad (5)$$

입력전력과 출력전력 사이에 손실이 없어 입력전력  $P_{in}$ 과 출력전력  $P_{out}$ 이 동일하다면, 식 (1), (5), (6)의 관계를 통해 1차 측 태양전지 출력전류  $I_{DC}$ 는 최대 통류율과 태양전지 출력전압의 관계로 나타난다.

$$P_{out} = P_{in} = I_{DC} V_{PV} \quad (6)$$

$$I_{DC} = \frac{1}{4} \frac{D_p^2 T_S}{L_m} V_{PV} \quad (7)$$

식 (7)으로 수식화한 태양전지 출력전류로 인해 전류센서를 사용하지 않는 MPPT가 가능하다.

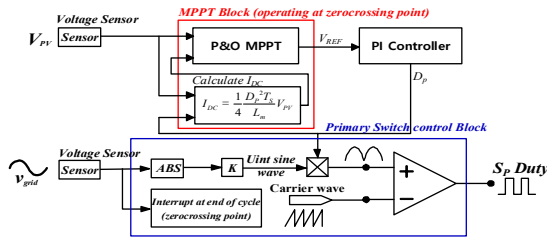


그림 3 전류센서리스 MPPT를 적용한 스위치 제어 블록다이어그램  
Fig. 3 Primary switch control block diagram applied in Current sensorless MPPT

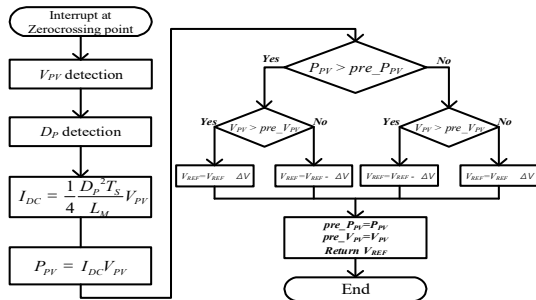


그림 4 P&O 알고리즘에 적용한 전류센서리스 MPPT 알고리즘  
Fig. 4 Current sensorless MPPT Algorithm applied in P&O

그림 3의 제어 블록다이어그램은 스위치 제어부와 MPPT 연산부로 구성되어 있다. 스위치 제어부에서 계통전압을 측정하여 계통전압의 한주기가 끝나는 시점에서 인터럽트를 발생시킨다. 인터럽트가 발생하면 그림 4의 전류센서리스 MPPT를 수행하여 스위치의 최대 통류율  $D_p$ 가 결정된다.  $D_p$  값은 스위치 제어부에서 정현파 PWM 변조 방식의 진

폭변조비수로 사용되어 주 스위치를 제어한다.

### 3. 시뮬레이션

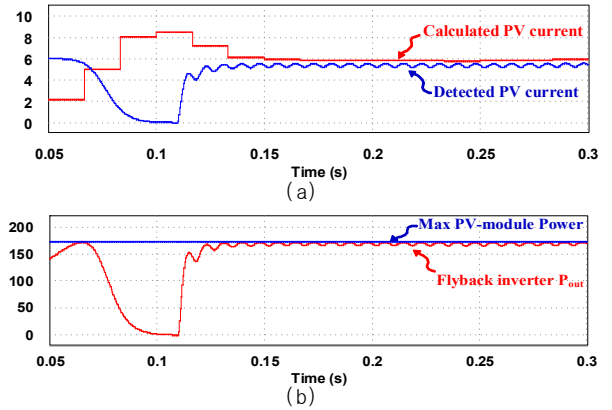


그림 4 전류센서리스 MPPT (a)태양전지 출력전류와 계산된 전류 파형, (b) 태양전지 최대 출력과 전류센서리스 MPPT 수행시 플라이백 인버터 출력

Fig. 4 Current sensorless MPPT (a)Comparing detected and calculated PV current, (b)Comparing PV module power and flyback inverter power using current sensorless MPPT

그림 4(a)를 보면 일정한 일사량 조건에서 전류센서리스 MPPT 수행 시 계산된 태양전지의 전류가 실제 태양전지에서 출력되는 전류 값에 추종하는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 4(b)는 전류센서리스 MPPT 수행 시 태양전지의 최대 출력 점을 안정적으로 추종하는 것을 나타내며 이를 통해 계산된 전류 값이 실제 태양전지의 출력 전류와 일치하며 안정적인 MPPT가 가능하다는 것이 검증된다.

### 4. 결론

본 논문에서는 기존 PV AC모듈형 플라이백 인버터의 전류센서를 제거하고자 플라이백 인버터의 DCM 동작을 분석하여 태양전지 출력 전류를 수식화 하였고, 이를 바탕으로 전류 센서리스 MPPT를 제시하였다. 이는 태양전지의 전류센서를 사용하지 않기 때문에 비용면에서 저가격화 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 수식화한 PV입력 전류를 통한 전류센서리스 MPPT의 타당성은 PSIM 시뮬레이션을 통하여 검증 하였다.

### 참고 문헌

[1] N. Kasa, T. Iida and L. Chen, "Flyback Inverter Controlled by Sensorless Current MPPT for Photovoltaic Power System" *IEEE Trans. Ind. Electron*, vol. 52, no. 4, pp.1145-1152, Aug. 2005.  
[2] A. Ch. Kyritsis, E. C. Tatakis and N. P. Papanikolaou, "Optimum Design of the Current Source Flyback Inverter for Decentralized Grid Connected Photovoltaic Systems" *IEEE Trans, Energy Conversion*, vol.23, no.1, pp.281-293, march. 2008.