

태양광 AC 모듈형 인터리브드 플라이백 인버터에서의 입력 단 센서를 제거한 최대 전력점 추종 및 전류 평형 제어 기법

강주석*, 김영호*, 윤선재* 정용채**, 원중연*
성균관대학교*, 남서울대학교**

Sensorless Current Balancing and MPPT Control For Photovoltaic AC Module Type Interleaved Flyback Inverter

Ju-Suk Kang*, Young-Ho Kim*, Sun-Jae Youn*, Yong-Chae Jung**, Chung-Yuen Won*
Sungkyunkwan University*, Samsung Electro-mechanics**

ABSTRACT

본 논문에서는 입력 단 센서를 제거한 태양광 AC 모듈 인터리브드 플라이백 인버터의 최대 전력점 추종 및 전류 평형 제어 기법을 제안한다. 기존 제어 방식들의 수행을 위해서는 입력 전압 V_{pv} , 입력 전류 I_{pv} 센서와 각 상 스위치 단의 전류 센서들이 필요하나 4개의 센서와 주변 회로는 AC 모듈의 사이즈, 부피 및 가격을 증가시킨다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 제안하는 방식은 각 상의 전류 센서만을 사용하여 최대 전력점 추종 및 전류 평형 제어를 동시에 수행한다. 제안한 시스템의 타당성을 이론적 분석과 시뮬레이션을 통해 검증한다.

1. 서론

태양광 AC 모듈 시스템에서 단상 플라이백 인버터는 적은 부품으로 구성이 간단하고 태양광 모듈과 계통 사이에 절연되어 있는 장점이 있어 이용되고 있다. 단상 플라이백 인버터는 200W 이상의 태양광 AC 모듈 시스템에서 설계되면 변압기, 필터, 수동 및 능동 소자의 전류와 전력 정격이 증가하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 전력변환장치를 단상 플라이백 컨버터를 병렬로 연결한 인터리브드 플라이백 컨버터를 사용한다. 그러나 한 상에만 전류가 더 높게 흐르게 되면 열의 불균형으로 인해 효율성과 안정성이 감소되기 되는 단점이 있다. 그리하여 효율적으로 태양광 에너지를 사용하기 위해서 적절한 최대 전력점 추종 및 전류 평형 제어 기법이 필요하다. 기존의 제어 기법은 V_{pv} , I_{pv} 센서와 상 전류 센서를 이용하여 최대 전력점 추종 및 전류 평형 제어를 하나 제품의 사이즈 감소 및 가격 절감을 위해 불필요한 회로를 제거하고 상 전류 센서만을 이용하여 제안한 기법을 기존 기법과 동일하게 수행한다.

2. 제안된 제어 기법

그림 1은 인터리브드 플라이백 인버터를 나타낸다. DC Link 커패시터, 1상 컨버터, 2상 컨버터, 하이브리드 브리지, C L필터로 이루어져 있다. 인터리브드 동작을 위해 컨버터 부 각 상은 180° 의 위상 차를 가지고, 동일한 듀티로 스위치의 턴 온, 턴 오프가 이루어진다. 그리고 하이브리드 브리지는 S_{th1} , S_{s1} 와 S_{th2} , S_{s2} 가 서로 상보적으로 동작을 하면서 인버터 동작을 수행한다. 그리고 계통과 연결된 C L필터에서는 고조파 제거를 한다.

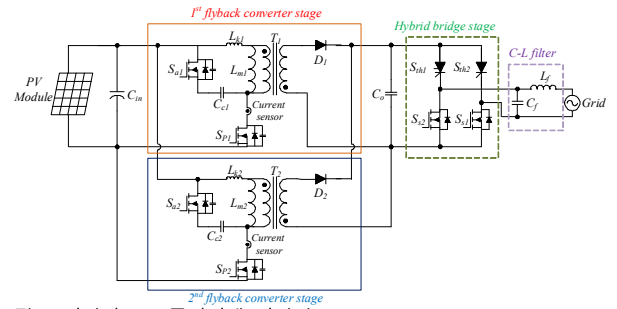


그림 1 인터리브드 플라이백 인버터

그림 2는 제안하는 최대 전력점 추종 및 전류 평형 제어 방식 플로우 차트이다. 입력 단의 센서 없이 V_{pv} , I_{pv} 정보를 얻기 위해서 각 상 전류를 통하여 식(1)과 같이 계산할 수 있다.

$$I_{pri,avg} = \frac{1}{4} \frac{V_{pv} T_{sw} D_{full}^2}{L_m} = \frac{1}{2} \quad (1)$$

($I_{pri,avg}$: 1차측 평균 전류, T_{sw} : 스위칭 주파수, L_m : 자화 인덕턴스, D_{full} : 설계된 플라이백 인버터의 최대 듀티 비)

그리고 전류 값을 토대로 하여 입력 단의 전압을 구하기 위해선 입력 커패시터에 충전되는 전하량을 구할 수 있다. 식(2)를 통하여 커패시터의 충전 시간 t_{chg} 을 계산한 뒤, 식(3)를 통하여 충전된 전하량을 구하게 된다.

$$t_{chg} = T_{sw} - T_{sw} D_{full} \sin \frac{\pi}{m} i \quad (2)$$

$$Q = I_{pv} T_{sw} \sum_{i=1}^m (1 - D_{full} \sin \frac{\pi}{m} i) \quad (3)$$

(m : 계통 반주기 시간을 T_{sw} 로 나눈 값, i : 주 스위치의 스위칭 차수)

식(4)를 통하여 V_{pv} 는 입력 커패시터의 맥동분으로 계산할 수 있다.

$$\Delta V_{pv} = \Delta Q \quad (4)$$

최대 전력점 추종은 앞에서 연산한 V_{pv} , I_{pv} 값으로 최대 전력점과의 격차를 판단한 후에 ΔD 를 가감하여 추종하면 된다.

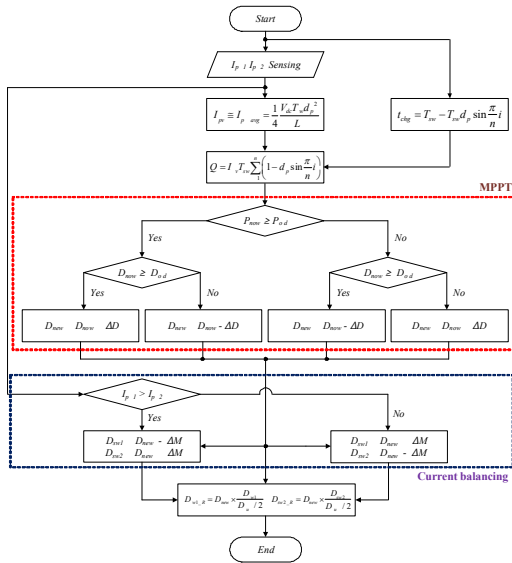


그림 2 제안하는 최대 전력점 추종 및 전류 평형 제어 방식 플로어차트

여기서 산출 해낸 듀티를 가지고 이 값과 전류 평형 제어를 위한 듀티를 서로 연산하여야 한다. 전류 평형 제어 기법은 다음과 같다. 1상과 2상의 센서를 통하여 전류 정보를 받아서 전류가 더 많이 흐르는 상의 ΔM 을 증가 시키고, 적게 흐르는 상의 ΔM 을 감소 시킨다. 최종적으로 $D_{sw1,R}$, $D_{sw2,R}$ 를 사용하여 각각 주 스위치의 듀티를 인가하게 되는데 방정식(5), (6)으로 나타낼 수 있다.

$$D_{sw1,R} = D_{new} \times \frac{D_{sw1}}{D_{full}/2} \quad (5)$$

$$D_{sw2,R} = D_{new} \times \frac{D_{sw2}}{D_{full}/2} \quad (6)$$

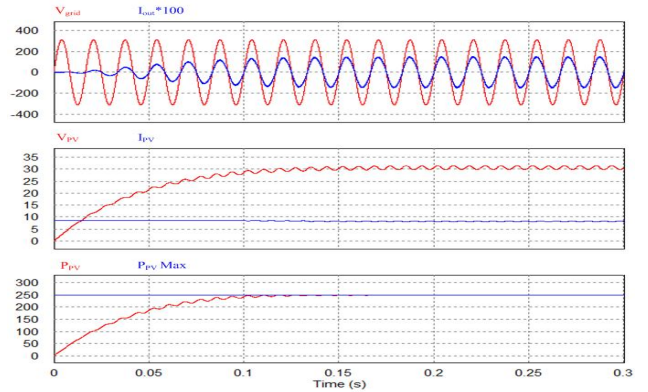
($D_{sw1,R}$, $D_{sw2,R}$: 각각 1상, 2상 주 스위치의 실제 듀티 값)
제안된 방법을 통하여 시스템의 크기 및 부피와 가격이 감소되고, 제안하는 방식이 기존의 방식과 동일하게 수행된다.

3. 시뮬레이션 및 결과

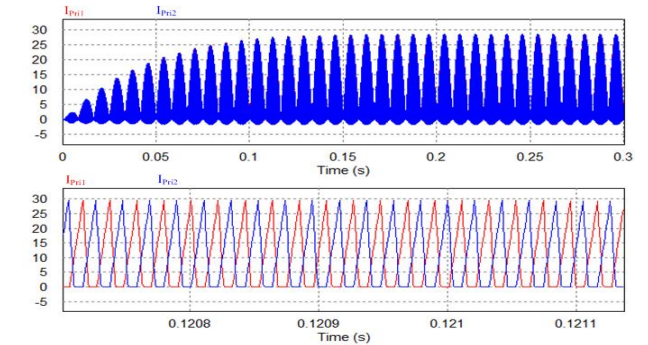
표 1은 본 논문에서 제안하는 기법을 적용한 태양광 AC 모듈형 인버터의 각 파라미터 값을 나타내었다. 그리고 시뮬레이션은 PSIM 9.0을 사용하여 제안한 기법의 타당성을 확인하였다. 그림 3(a)는 최대 전력점 추종 특성을

표 1 인버터의 시뮬레이션 파라미터

출력 전력	P_{ac}	250W
입력 전압	V_{dc}	36V
스위칭 주파수	F_s	80kHz
입력 커패시터	C_{dc}	13.1mF
필터 인덕터	L_f	682μH
필터 커패시터	C_f	33nF
자화 인덕턴스	L_{m1}	9μH
	L_{m2}	11μH
누설 인덕턴스	L_{k1}	0.14μH
	L_{k2}	0.14μH



(a) 최대 전력점 추종 특성



(b) 1상 컨버터와 2상 컨버터의 1차 측 전류 파형

그림 3 제안하는 기법의 시뮬레이션 각 부 파형

나타낸다. 위에서부터 계통 전압, 출력 전류, 입력 전압, 입력 전류, 입력 전력, 일사량 순이다. 그림 3(b)의 위쪽의 파형은 1상 컨버터와 2상 컨버터의 1차 측 전류 파형을 나타낸 것이고, 아랫 쪽 파형은 이를 확대한 파형이다. 이로 인해 전류 평형 제어가 이루어진다는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 태양광 AC 모듈형 인버터 플라이백 인버터에서의 입력 단의 센서를 제거한 최대 전력점 추종 및 전류 평형 제어 기법을 제안하였다. 제안한 방식에 대해 수식적으로 분석하였으며, 시뮬레이션을 통하여 증명하였다. 제안된 방식을 사용하면 기존의 방식에 비해 하드웨어 사이즈 및 부피 감소, 또 가격 저감이 가능하다.

참고 문헌

[1] Young Ho Kim, Jun Gu Kim, Young Hyok Ji, Chung Yuen Won, Tae Won Lee, "Flyback inverter using voltage sensorless MPPT for AC module systems", Power Electronics Conference (IPEC), 2010 International, pp. 948-953, June 2010.

[2] J. A. A. Qahouq, L. Huang, D. Huard, "Sensorless Current Sharing Analysis and Scheme For Multiphase Converters", Power Electronics, IEEE Transactions on, Vol 23 pp, 2237-2247 2008.sept