

이단형 탭인덕터 벅-부스트 컨버터를 적용한 고효율 마이크로 인버터

장종호, 트란탕, 박종후
 숭실대학교

High Efficiency Photovoltaic Micro-Inverter Application of Two-Stage tapped-inductor Buck-Boost Converter

Jong Ho Jang, Thang Tran, Joung Hu Park
 Soongsil University

ABSTRACT

본 논문에서는 저가형의 고효율 이단형 탭인덕터 벅 부스트 컨버터를 적용한 마이크로 인버터를 제안한다. 제안하는 인버터는 정상상태 연속모드(CCM)에서 단상전력계통에 고역률의 정현파전류를 공급할 수 있는 새로운 구조이다. 강압시에는 벅 모드로 동작하며, 승압시에는 탭인덕터 부스트 모드로 동작한다. 정류형태의 전류를 인버터에 공급하며, 낮은 주파수를 사용하는 전파정류 인버터가 고역률의 교류 파형으로 변환한다. 벅 부스트에 탭인덕터를 적용함으로써 권선비에 따른 시비율을 조절할 수 있어 극단적인 승압시에도 벅 부스트의 도통을 적절히 유지할 수 있다. 제안하는 인버터는 정상상태 연속모드(CCM), 200W급 하드웨어 프로토타입을 통해 동작특성 및 효율 분석을 하였다.

1. 서 론

신재생 에너지원 중에서도 태양광 발전은 장래가 촉망되는 에너지원으로 부각되고 있다. 최근 태양광 발전 시스템은 비용 절감에 효과가 있는 전력계통에 직접 전력을 공급하는 방식을 선호한다. 하지만 PV시스템의 경우 PV패널에 그림자가 생겼을 때, 전압불균형이 생기게 된다. 이러한 제한을 극복하기 위해 독립 PV모듈 속의 계통연계형 DC AC 마이크로인버터를 포함하는 AC모듈 형태의 분산형 PV시스템이 제안되었다. 마이크로 인버터는 AC형태의 출력 전류뿐만 아니라 PV모듈에서의 최대파워를 얻을 수 있도록 하는 입력전류를 조절할 수 있다. 또한 독립적인 최대전력 추종 덕분에 전압 불균형에 따른 손실이 없고, 중앙 집중식보다 훨씬 더 최적화된 동작을 할 수 있다.^[1] 그러나, PV패널의 특징인 저전압 대전류의 특성상 고승압을 하기 위해 승압형 컨버터가 필요하다. 단상전력계통에 고역률의 정현파전류를 공급할 수 있는 전류원으로서 이단형 탭인덕터 벅부스트 컨버터를 사용함으로써 2차측에 공급되어진 전류는 인버터를 통해 낮은 주파수를 사용하는 교류파형으로 변환되며, 극단적인 승압시 탭인덕터의 적용으로 권선비에 따른 적절한 시비율을 유지할 수 있어 승압이나 강압시 높은 효율을 유지할 수 있는 장점이 있다. 본 논문은 제안하는 마이크로 인버터는 200W급 하드웨어 프로토타입을 이용하여 효율을 분석하였다.^[1]

2. 이단형 탭인덕터 벅부스트 마이크로 인버터

2.1 이단형 탭인덕터 벅-부스트 마이크로 인버터

그림 1은 본 논문에서 제안된 인버터 회로이다. 첫 번째 스테이지는 탭인덕터의 2차측 출력 인덕터 전류를 조절 할 수 있는 벅부스트 컨버터가 있고, 두번째 스테이지로는 60Hz의 스위칭 주파수를 갖고, 완전한 정현파 전류가 출력으로 나오는 풀브릿지 DC AC 인버터 회로가 있다.

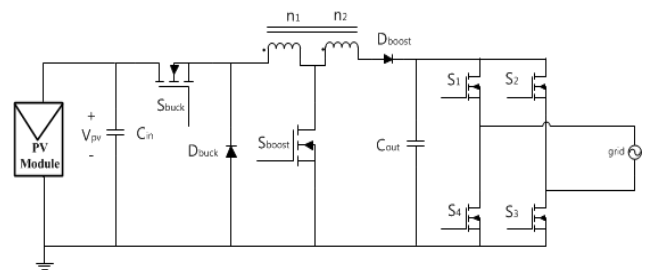


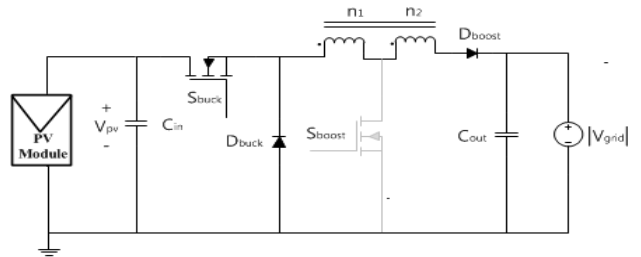
그림 1 이단형 탭인덕터 벅 부스트 마이크로 인버터

2.2 동작특성

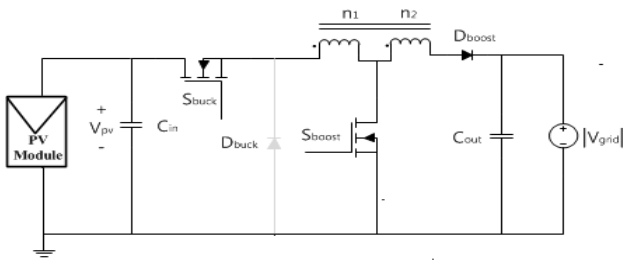
제안하는 컨버터는 두 개의 주 스위치인 S_{buck} , S_{boost} on/off 동작상태에 따라서 2가지 MODE로 나누어 분석할 수 있다. 그림 2에 제안된 회로의 동작모드를 나타내었다.

태양광 패널의 전압이 출력인 계통전압 보다 높을 때는 그림 2의 (a)처럼 벅 모드로 동작한다. 벅 컨버터 모드로 동작할 때는 주 스위치인 S_{boost} 는 항상 off 상태이고 S_{buck} 의 스위칭을 통해 벅 컨버터로 동작하게 된다.

태양광 패널의 전압이 출력인 계통전압 보다 낮을 때는 그림 2의 (b)처럼 탭인덕터 부스트 모드로 동작한다. 탭인덕터 부스트 컨버터 모드로 동작할 때는 주 스위치인 S_{buck} 은 항상 on 상태이고 D_{buck} 또한 항상 off 상태이다.



(a) Buck Mode

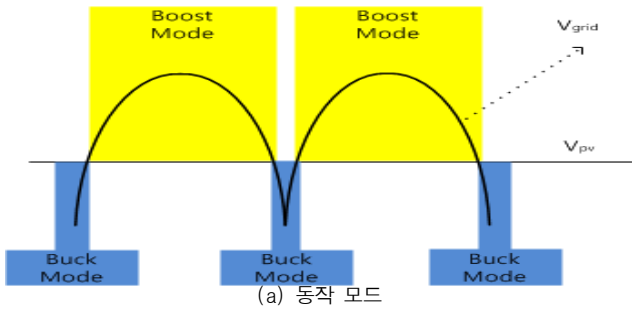


(b) Boost Mode

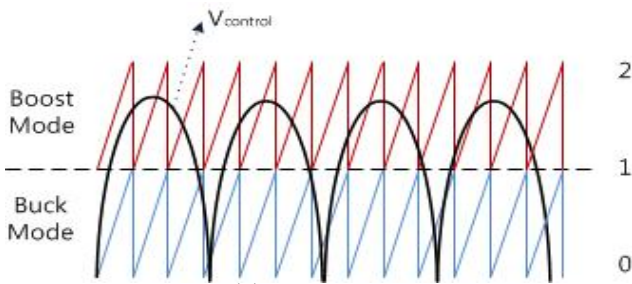
그림 2 이단형 탭인덕터 벅부스트 컨버터

2.3 PWM modulation

그림 3은 탭인덕터 벅부스트 컨버터의 PWM modulation 방식을 나타낸 것이다.



(a) 동작 모드



(b) PWM modulation

그림 3. 탭인덕터 벅부스트의 PWM modulation

그림 3의 (a)처럼 태양광 패널의 전압이 출력계통의 전압보다 높을시 부스트 모드로 동작하고, 낮을시 벅 모드로 동작하게 된다. 그림 (3)의 (b)처럼 벅, 부스트의 기준 램프파와 제어기의 $V_{control}$ 전압을 비교해 PWM 만드는 방식이다. 벅모드로 동작할 때 부스트 컨버터단의 스위치(S_{boost})는 항상 turn off, 부스트 모드로 동작시 벅 컨버터의 스위치(S_{buck})는 항상 turn on 이므로 (b)와 같은 램프파로 설정한다.^[2]

3. 시뮬레이션 및 실험결과

3.1 이단형 탭인덕터 벅부스트 인버터 설계

표 1은 제안된 탭인덕터 벅부스트 마이크로 인버터의 설계 사양이다.

3.2 실험 결과

그림 4는 제안된 인버터의 컨버터 단의 출력 파형이다. 전파 정류된 정현파임을 알 수 있다.

그림 5는 본 논문에서 제안한 이단형 탭인덕터 벅부스트 마이크로 인버터의 효율곡선 이며, 하드웨어 효율 측정은 Xitron

Technologies사의 2902 two channel Power Analyzer를 사용하였다.

표 1 제안된 인버터의 설계사양

V_{pv}	PV모듈 출력 전압	35[VDC]
C_{in}	입력 커패시터	4700[uF]
$n1 : n2$	탭인덕터 turns ratio	1 : 5
L_m	자화인덕턴스	20[uF]
f_{sw}	스위칭 주파수	50[kHz]
V_{grid}	계통 전압	60[Hz]/220[VAC]
C_{out}	필터 커패시터	1[uF]

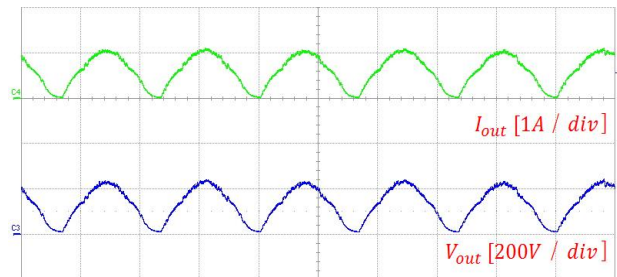


그림 4. 이단형 탭인덕터 벅부스트 컨버터의 출력 파형

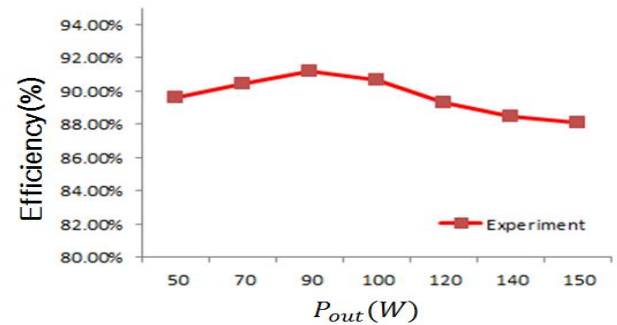


그림 5. 이단형 탭인덕터 벅부스트 컨버터의 효율 곡선

4. 결론

본 논문에서 이단형 탭 인덕터 부스트 마이크로 인버터를 제안하였고, CCM모드에서의 실험을 통한 동작특성, Grid에 공급되는 전압, 전류의 특성을 증명하였다. 실험의 결과처럼 완벽히 전파 정류된 컨버터 출력 파형을 볼 수 있고, 출력 파형을 저주파 인버터를 통해 Grid에 전력을 공급 할 수 있다. 또한 입력 35[V], 출력 220[V]에서 최대 효율 91% 이상 고효율로 동작한다는 것을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] Thang,T.V., Thao,N.M., Do Hyun Kim, Joung Hu Park, "Analysis and design of a single phase Flyback microinverter on operation", Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC), 2012 7th International, Vol. 2, pp. 1229 1234, 2012, June.
- [2] Zheng Zhao, Jih Sheng Lai, "Derivation, Analysis, and Implementation of a Boost Buck Converter Based High Efficiency PV Inverter", IEEE Transactions on Power Electronics,, Vol. 27, pp. 1304 1313, 2012, March.