

Active Clamp방식의 인터리브드 플라이백컨버터를 이용한 고효율 MIC

박지호*, 송성근*, 오승열*, 최정식*, 박성준**
전자부품연구원*, 전남대학교**

High Efficiency MIC using Active Clamp Method interleaved flyback converter

Ji Ho Park*, Sung Geun Song*, Seung Yeol Oh*, Jung Sik Choi*, Sung Jun Park**
Korea Electronics Technology Institute*, ChonNam National University**

ABSTRACT

하나의 태양전지에 모듈화 시킨 소용량 MIC는 크기제한 및 신뢰성, 고효율이 가장 큰 문제가 되고 있다. 이러한 문제로 MIC는 태양전지의 높이에 맞게 설계하기 위해 변압기 코어와 컨버터 스위칭손실을 감소시켜야 한다. 본 논문에서는 Active Clamp방식의 인터리브드 플라이백컨버터를 적용하여 소형화 및 스위칭손실을 줄이는 고효율 MIC를 제안하였다.

1. 서 론

현재 신재생에너지에 대한 관심이 많아지면서 계통연계가 가능한 소용량 태양광 모듈형 전력변환장치인 MIC(Module Intergrated Converter)의 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1] 크기와 고효율이 문제인 MIC의 경우 손실을 최소화하기 위해 본 논문에서는 Active Clamp스위칭 기법을 이용하여 변압기 누설 인덕턴스에 의한 전압스파이크를 제거하여 스위칭손실을 저감하고, 플라이백컨버터를 병렬로 연결하여 입력전류 분배 및 스위칭주파수의 증가로 소형경량화 할 수 있는 인터리브드 플라이백컨버터를 적용한 고효율 MIC를 제안하고 실험을 통하여 검증하였다.

2. 모듈 통합형 전력변환장치

2.1 회로 및 제어

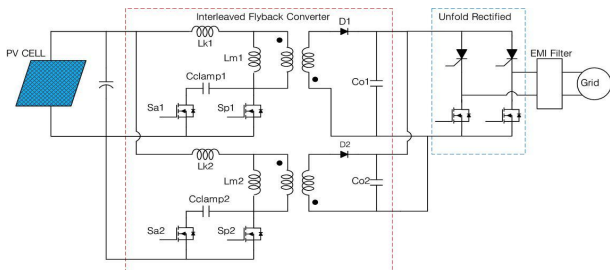


그림 1 제안된 MIC회로
Fig. 1 Proposed Module Integrated Converter circuit

그림 1은 제안한 태양광 MIC회로로 PV셀의 DC저전압을 인터리브드 방식의 플라이백 컨버터로 승압시키고, 컨버터 출력전류는 맥동DC가 되도록 제어를 한다. 출력된 전류는 SCR과 MOSFET으로 구성된 인버터로 계통과 동기상으로 동작되

며, Unfolding하여 정현파로 제어된다. 인터리브드 플라이백컨버터는 입력전류가 병렬로 연결된 플라이백컨버터에 각각 전류가 분배 되어 소자의 전류정격 및 전류 스트레스가 감소하며, 변압기코어의 크기를 줄일 수 있다. 또한 스위칭주파수의 증가로 출력전압, 전류의 리플이 감소하여, 필터설계시 용이하고, 커패시터의 수명을 증가시키는 장점이 있다.

2.2 Active Clamp스위칭

소용량인 MIC는 적은 전력손실만으로도 효율에 크게 영향을 준다. 인버터는 60[Hz]로 스위칭하기 때문에 고주파스위칭을 하는 플라이백컨버터에서 스위칭손실이 많이 발생된다.^[2] 변압기 1차측의 누설인덕턴스 성분 때문에 발생하는 전압스파이크로 인해 스위치에 손상을 줄 수 있으며, 높은 Vds범위의 MOSFET을 사용 시 Ron저항이 커져 스위칭손실이 더 커진다. 이런 전압스파이크를 제거해주기 위해 스너버회로를 구성해줘야 한다. 스너버는 Passive타입과 Active타입으로 나뉘는데 Passive타입은 스너버 커패시터로 누설인덕턴스의 에너지를 충전시켜 저항으로 방전시키는 것으로 저항에 의한 손실이 발생한다. 하지만 Active타입의 스너버는 스위치소자를 이용하여 저항에 의한 손실 없이 전압스파이크를 제거할 수 있다.

그림 2는 전압스파이크를 제거해주기 위한 Active Clamp스위칭 블록도이다. 메인스위치Sp가 Off되기 전 보조스위치Sa를 미리 구동하여 메인스위치Sp가 Off시 누설인덕턴스에 저장된 에너지를 스너버커패시터 Cclamp로 충전시켜 발생하는 전압스파이크를 제거해 줄 수 있다. 보조스위치Sa는 메인스위치Sp가 On되기 전 데드타임을 주어 Off해준다. 하지만 보조스위치가 On되는 동안 누설인덕턴스Lk와 스너버커패시터Cclamp간 공진이 생기고 스위치와 변압기에 온도상승으로 인한 손실이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 공진을 줄이기 위한 개선된 Active Clamp스위칭 기법을 제시하였다.

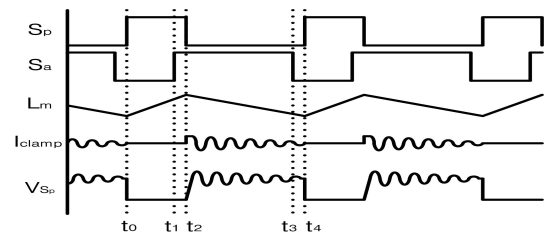


그림 2 Active Clamp스위칭의 이론적인 파형
Fig. 2 Theoretical waveforms of the active clamp switching

그림 3은 개선된 Active Clamp스위칭 기법을 이용한 블록도이다. 발생하는 공진 첫 주기의 2, 3사분면 사이에 보조스위치Sa를 Off시 더 이상 공진이 발생되지 않는다.

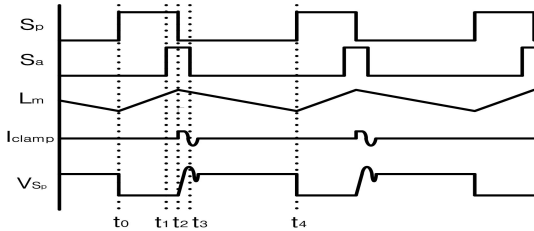


그림 3 개선된 Active Clamp스위칭의 이론적인 파형
Fig. 3 Theoretical waveforms of the improved active clamp switching

3. 실험 결과

표 1은 제안한 MIC실험 파라미터 값을 나타낸다.

표 1 MIC 실험 파라미터 값
Table 1 Parameter values for the MIC experimental

PV셀 용량	195[W]	변압기 턴수비	1:12
입력전압	25.55[V]	누설인덕턴스	200[nH]
스위칭주파수	90[kHz]	스너버커패시터	12.2[nF]

그림 4는 일반적인 플라이백컨버터의 파형으로 위파형은 게이트신호, 아래파형은 메인스위치 양단전압을 나타낸다. Active Clamp가 없는 경우 메인스위치 양단에 전압스파이크가 나타남을 확인할 수 있다.

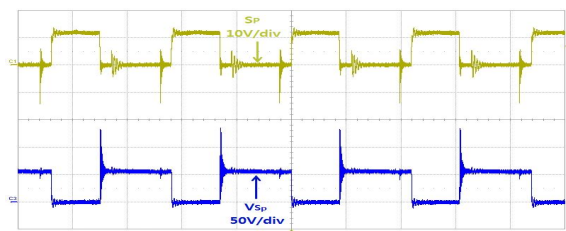


그림 4 일반적인 플라이백컨버터의 응답파형
Fig. 4 Response waveform of typical flyback converter

그림 5는 그림 4와 같은 조건에서 개선된 Active Clamp스위칭 기법을 적용 후 스위치 양단전압에서 전압스파이크 및 공진이 나타나지 않음을 알 수 있다.

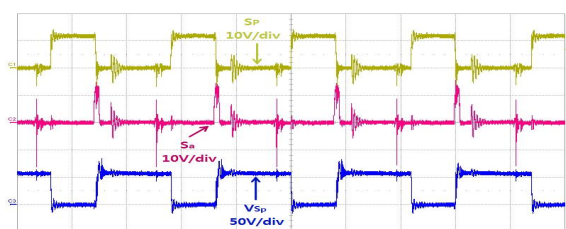
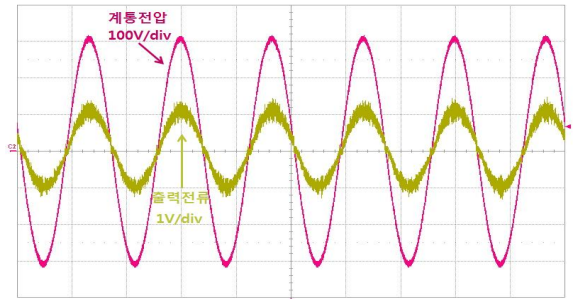


그림 5 개선된 Active Clamp스위칭 기법의 응답파형
Fig. 5 Response waveform of Improved Active Clamp Switching Techniques

그림 6은 Active Clamp스위칭 기법을 적용한 MIC출력파형으로 계통전압과 출력전류가 동위상임을 확인할 수 있으며, 제안한 스위칭기법을 적용한 효율을 나타낸다.



(c) MIC 출력 파형

Udc1	25.78	U	Urms2	220.08	U
Iac1	7.590	A	Irms2	0.825	A
P1	0.1944	kW	P2	0.1808	kW
---	---	---	FU2	59.999	Hz
η	93.03	%	λ2	0.9963	---

(d) 제안한 스위칭기법을 통한 MIC효율

그림 6 MIC 실험 파형 및 결과

Fig. 6 MIC experimental waveforms and result

4. 결론

본 논문에서는 Active Clamp방식의 인터리브드 플라이백 컨버터를 이용한 고효율 MIC를 제안하였다. 인터리브드 방식으로 입력전류 분배 및 스위칭주파수 증가로 소형화 시키고, 스위칭 손실을 최소화 하기 위해 Active Clamp스위칭 기법을 이용하여 전압스파이크를 제거하여 효율을 개선할 수 있음을 실험을 통하여 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Yi Zhao, Wuhua Li, and Xiangning He, "Single Phase Improved Active Clamp Coupled Inductor Based Converter With Extended Voltage Doubler Cell", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 27, No. 6, pp. 2869-2878, 2012, June.
- [2] Qiong Mo, Min Chen, Zhe Zhang, Yuru Zhang, Zhaoming Qian, "Digitally controlled active clamp interleaved flyback converters for improving efficiency in photovoltaic grid connected micro inverter", Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), pp. 555-562, 2012, Feb.