

ZC-ZVS 액티브 스너버를 이용한 1.2(kW)급 고역률 승압형 정류기

박진민, 문상필, 김철용, 김영문\*, 권순걸, 서기영  
 경남대학교, 마산대학\*

1.2(kW) Class HPF Boost Type Rectifier using ZC-ZVS Active Snubber

J.M.Park, S.P.Mun, C.R.Kim, Y.M.Kim\*, S.K.Kwon, K.Y.Suh  
 Kyungnam University, Masan Collage\*

**Abstract** - A new soft switching technique that improves performance of the high power factor boost rectifier by reducing switching losses is introduced. The losses are reduced by air active snubber which consists of an inductor, a capacitor a rectifier, and an auxiliary switch. Since the boost switch turns off with zero current, this technique is well suited for implementations with insulated gate bipolar transistors. The reverse recovery related losses of the rectifier are also reduced by the snubber inductor which is connected in series with the boost switch and the boost rectifier. In addition, the auxiliary switch operates with zero voltage switching. A complete design procedure and extensive performance evaluation of the proposed active snubber using a 1.2(kW) high power factor boost rectifier operating from a 90 (V<sub>rms</sub>) input are also presented.

1. 서 론

최근 고속 절연 게이트 바이폴라 트랜지스터(IGBT) 소자들을 이용한 고주파 스위치 모드 파워 서플라이에 대한 연구가 활발히 되고 있다. 이러한 IGBT는 150 [kHz] 만큼 높은 스위칭 주파수에서 동작 가능하고, 대전류에서 비교적 적은 전달 손실을 가지는 특성이 있으나, 턴-오프시 스위칭 손실이 증가하고, IGBT의 절연터 전류 "tail" 효과 때문에 최대 스위칭 주파수가 제한되는 문제점이 있다. 이것을 해결하기 위해서 IGBT로의 적용에 적합한 영전류 스위칭 부스터 컨버터에 추가적으로 클램프와 스너버 회로를 부가하지만 스너버 인덕터와 스위치의 출력 커패시턴스 사이에 예상치 않은 공진이 나타난다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하는 "ZC-ZVS 액티브 스너버를 이용한 1.2(kW)급 고역률 승압형 정류기"를 제안하고자 한다. 제안된 회로는 스너버 인덕터, 클램프 다이오드, 클램프 커패시터 그리고 보조 스위치로 이루어진 새로운 영전류, 영전압 스위치 액티브 스너버 회로로 스위칭 손실을 제거하는것에 의해 부스트 입력 전류를 개선하고자하며, 일반적으로 ZC-ZVS 스너버를 동작하기 위해서 주 스위치와 보조 스위치의 통전 주기가 겹쳐져 게이트 드라이버가 파손되는 문제점을 부스트 컨버터와 액티브 스너버회로를 이용하여 해결하고자 한다. 또한 제안된 ZC-ZVS 액티브 스너버는 양쪽 스위치에 간단한 비절연 게이트 드라이버를 사용하기 때문에 컨버터의 복잡성과 회로전체의 파라메트를 줄이고자하며, 정류기의 역 회복 손실을 감소시키고, 주 스위치의 턴-오프와 보조 스위치의 턴-온시 ZCS, ZVS 소스트 스위칭을 행하고자 한다. 이러한 모든 사항은 단상 1.2(kW), 80(kHz)용 고역률 부스터 정류기의 일반적인 선간전압범위(90[V<sub>rms</sub>] - 265[V<sub>rms</sub>])에서 실험 결과를 도출하여 타당성을 확인하고자 한다.

2. 제안한 ZC-ZVS 액티브 스너버를 이용한 1.2(kW)급 정류기

그림 1은 새로운 ZC-ZVS 액티브 스너버에 사용되는 부스트 컨버터 회로를 나타낸 것이다. 그림 1의 회로는 스너버 인덕터 L<sub>s</sub>와 정류기의 di/dt를 조절하기 위한 주 스위치 S와 정류 다이오드 D, 그리고 보조 스위치 S<sub>1</sub>과 클램프 커패시터 C<sub>c</sub>, 클램프 다이오드 D<sub>c</sub>를 조합한 ZC-ZVS 액티브 스너버로 구성되어진다. 회로의 동작 분석을 간단히하기 위해서 부스트 인덕터 L의 인덕턴스는 정전류원 I<sub>N</sub>에 의해 나타내기 위하여 커다고 가정하였으며, 출력 리플 전압은 출력 필터 커패시터에 걸리는 전압이 정전압원 V<sub>0</sub>로 나타내기 위해 무시하였다.

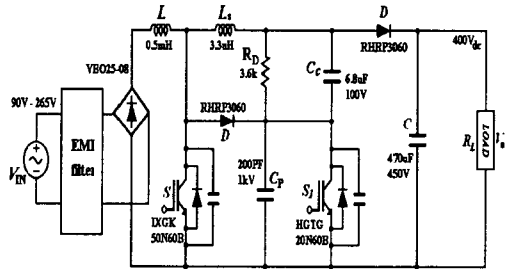
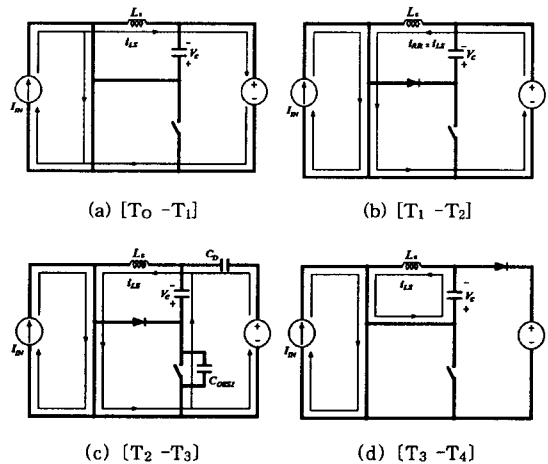


그림 1 1.2(kW)급 고역률 승압형 정류기  
 Fig. 1 1.2[kW]class high power factor boost type rectifier



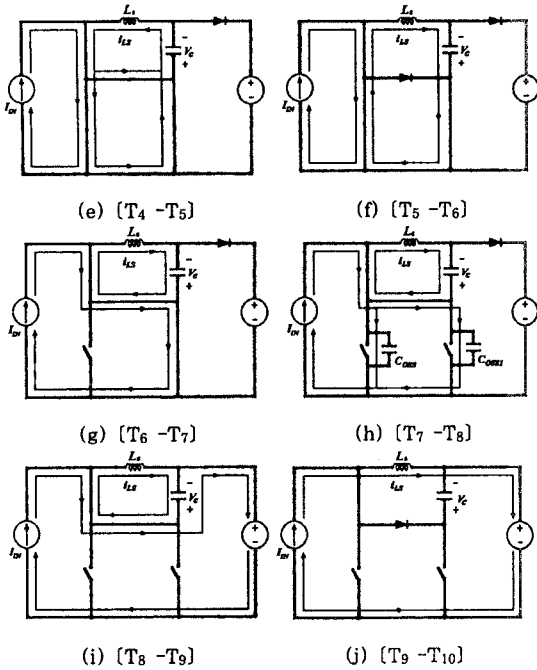


그림 2 각 모드의 동작과 등가회로  
Fig. 2 Equivalent circuit and operation of each mode

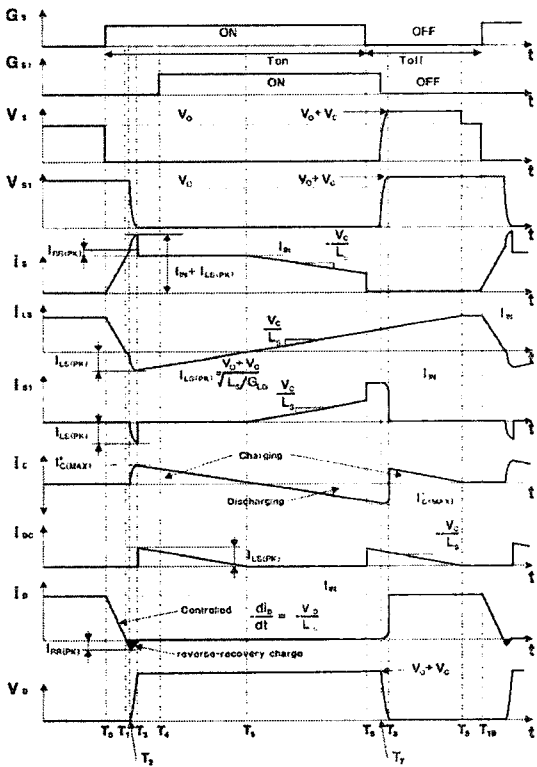


그림 3 각 모드의 동작 파형  
Fig. 3 Operating waveforms of each mode

그림 2와 그림 3은 각 모드별 등가 회로와 파형을 나

타낸 것이다. 그림 3에서 알 수 있듯이 제안한 회로는 주 스위치가 짧은 주기 동안 턴-온과 턴-오프하고, 양쪽 스위치는 온 타임의 대부분 주기 동안에 동시에 동작되어 지며 전류를 분배한다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는  $di/dt$  비율을 최소화 하기 위해서 스너퍼 인덕터  $L_s$ 의 값을  $3.3(\mu H)$ 를 선택 하였으며, 스위치 주파수 전압 리플을 최소화 되는  $C_c$ 를 택하였다. 그리고 세라믹 커패시터가 병렬로 연결된 클램프 커패시터는 최대 피크 대 피크 리플 전압의 진폭을 대략  $1.5(V)$ 로 제한하였다.

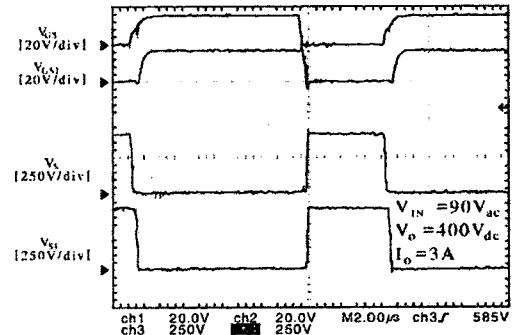


그림 4  $P_o=1.2[kW]$ ,  $V_{IN}=90[V]$ 일 때 각 부의 실험 파형  
Fig. 4 Experimental waveforms of each part  
(  $P_o=1.2[kW]$  and  $V_{IN}=90[V]$  )

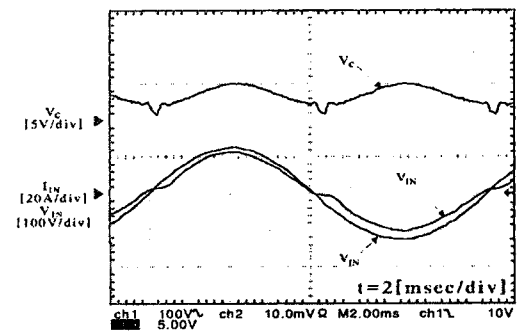
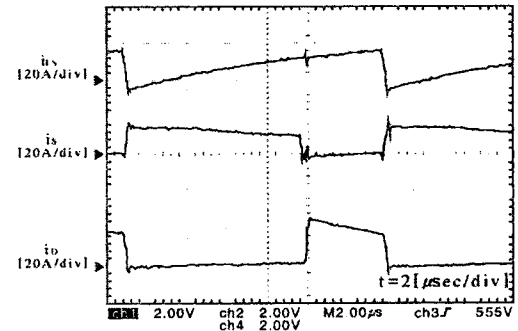


그림 5  $P_o=1.2[kW]$ ,  $V_{IN}=90[V]$ 일 때  $V_c$ ,  $I_{IN}$ ,  $V_{IN}$ 의 실험 파형  
Fig. 5 Experimental waveforms of  $V_c$ ,  $I_{IN}$ ,  $V_{IN}$   
(  $P_o=1.2[kW]$ ,  $V_{IN}=90[V]$  )

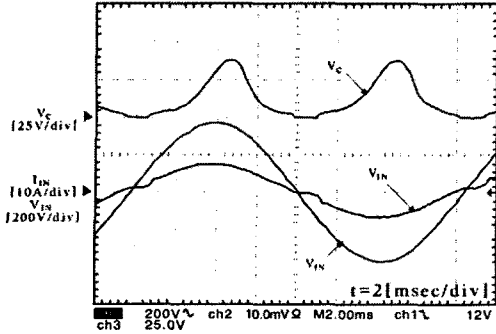


그림 6  $P_o=1.2[kW]$ ,  $V_{IN}=265[V]$ 일 때  $V_c$ ,  $I_n$ ,  $V_{IN}$ 의 실험 파형  
 Fig. 6 Experimental waveforms of  $V_c$ ,  $I_n$ ,  $V_{IN}$   
 ( $P_o=1.2[kW]$ ,  $V_{IN}=265[V]$ )

표 1 실험에 사용된 회로 정수

Table. 1 Circuit parameter using experiment

입력전압 $V_{IN}$	단상 90[V]-265[V]
주파수 $f_L$	47-63[Hz]
스너버 인덕터 $L_S$	3.3[ $\mu H$ ] (977312-a7)
부스터 인덕터 $L$	4 × 0.125[mH] (77071A7)
클램프 커패시터 $C_C$	6.8[ $\mu F$ ] / 100[ $V_{dc}$ ]
THD	5[%]미만
역률	0.99(100% 부하)
출력전압 $V_o$	400[ $V_{dc}$ ]
출력전력 $P_o$	1.2[kW]
리플전압	6.5[ $V_{peak-peak}$ ] (100/120[Hz])
스위칭 주파수 $f_s$	80[kHz]

EFFICIENCY[%]

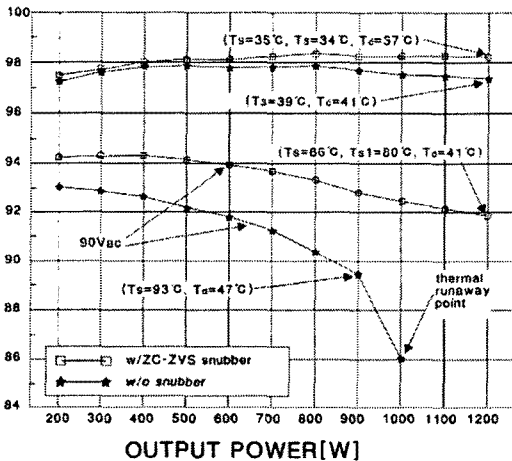


그림 7 ZC-ZVS 액티브 스너버의 유무에 따른 효율의 특성  
 Fig. 7 Characteristics of efficiency with and without  
 ZC-ZVS active snubber

그림 4와 그림 5는 출력 전력 1.2[kW], 입력 전압  $V_{IN}=90[V]$ 일 때 각 부 실험 파형을 나타낸 것이다. 그림 4에서 보여진 것처럼 보조 스위치  $S_1$ 은 게이트 드라이브 신호  $V_{GS1}$ 이 상승하기 전에 스위치 전압  $V_{S1}$ 이 제로로 떨어져 ZVS로 턴-온되나 부스터 스위치  $S$ 는 양단 전압이 출력 전압  $V_o$ 와 같아지는 동안만 턴-온 동작을 한다. 그리고 IGBT의 스위칭 손실은 전류 테일효과에 의해서 턴-오프시 손실이 억제되는 것을 확인하였다.

그림 6은 출력 전력  $P_o=1.2[kW]$ , 입력 전압  $V_{IN}$ 이 90[V]에서 265[V]로 높일 때 입력 전압과 전류, 그리고 클램프 커패시터 전압  $V_c$ 의 실험파형을 나타낸 것이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 액티브 스너버 회로를 첨가함으로써 최대 듀티 사이클이 제한되지 않으며, 스너버 회로의 설치 여부와 상관없이 입력 전류의 파형은 거의 일치 하였다. 그림 7은 ZC-ZVS 액티브 스너버가 있을때와 없을때의 컨버터의 효율 특성을 나타낸 것이다. 그림 7에서 1.2[kW], 최대전압 265[ $V_{rms}$ ]에서 효율이 0.9[%] 개선되는 것을 알 수 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 ZC-ZVS 액티브 스너버를 이용한 1.2[kW]급 고역률 승압형 정류기를 제안하였다. 제안한 회로를 이용하여 정류기의 역회복과 관련된 손실을 감소 시켰으며, 적용되어진 1.2[kW]급 고역률 부스트 정류기의 설계 과정과 성능을 서술하였다. 또한, 최대 전력 범위를 확대시킬 수 있는 방법을 제시하였다.

본 연구는 2003년도 경남중소기업기술이전촉진센터 현장애로기술과제 지원에 의해서 수행되었음.

### [참 고 문 헌]

- (1) K. Wang, F. C. Lee, G. Hua, and D. Borojevic, "A comparative study of switching losses of IGBTs under hard-switching, zero-voltage-switching, and zero-current-switching," in Proc. IEEE Power Electron. Spec. Conf. (PESC) Rec., pp.1196-1204, June, 1994.
- (2) G. Hua, X. Yang, Y. Jiang, and F. C. Lee, "Novel zero current-transition PWM converter," in Proc. IEEE Power Electron. Spec. Conf. (PESC) Rec., pp. 538-544, June, 1993.
- (3) K. Wang, G. Hua, and F. C. Lee, "Analysis, design and experimental results of ZCS-PWM boost converter," in Proc. Int. Power Electron. Conf. Proc., Yokohama, Japan, pp.1202-1207, Apr. 1995.
- (4) Y. Khersonsky, M. Robinson, and D. Gutierrez, "New fast recovery diode technology cuts circuit losses, improves reliability," Power Cony Intell. Motion(PCIM) Mag., pp. 16-25, May 1992.