

새로운 양방향 ZVS PWM SEPIC/ZETA 컨버터

박성대, 팽성현, 김인동, 노익철
 두경대학교

New Bidirectional ZVS PWM SEPIC/ZETA Converter

Sung-Dea Park, Seong-Hwan Paeng, In-Dong Kim, Eui-Cheol Nho
 Pukyong National University

Abstract - 본 논문에서는 새로운 양방향 ZVS PWM Sepic/Zeta 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터는 PWM 제어 가능한 컨버터로서 입력과 출력 전압의 극성이 같은 비반전 컨버터의 특징을 지니며 DC 전압의 전달함수가 양방향 모두 $M=D/(1-D)$ 로 동일하다.

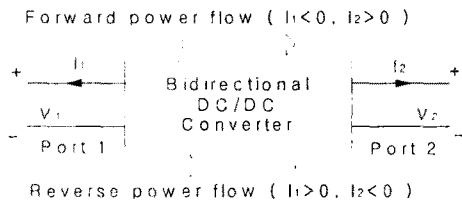
또한 각방향으로 전력전달시 다이오드와 병렬로 연결된 MOSFET가 다이오드의 'ON'시 동시에 'ON'되어 Synchronous Rectifier로 동작하므로 도통손을 저감하였으며, Auxiliary Resonant Commutated Pole를 사용하여 지검된 스위칭 손실을 갖는 특성을 지니고 있다.

또한 Transformer 버전이 존재하므로 입력과 출력사이에 전기적 절연을 필요로 하는 실제응용에 유용하게 사용할 수 있다.

이 컨버터는 ZVS 소프트 스위칭을 위해 L_r 과 C_r , 양방향 스위치 S_a 로 구성된 Auxiliary Resonant Commutated Pole Circuit(ARCPC) 회로를 사용하고 있다. ARCPC 회로를 포함하지 않은 회로는 하드 스위칭 양방향 Sepic/Zeta 컨버터이다. ARCPC회로는 PWM 스위칭시에만 작동하므로 전체적인 전력전달방식에서는 하드 스위칭 양방향 Sepic/Zeta 컨버터와 ZVS 소프트 스위칭 Sepic/Zeta 컨버터가 서로 같다.

1. 서론

양방향 DC/DC 컨버터(Bidirectional DC/DC converter)는 그림 1과 같이 두 개의 전원 사이에 양방향으로 전력의 흐름을 허용하는 컨버터이다. 이와 같은 DC/DC 컨버터는 대개의 경우 양방향으로 전력의 흐름을 제어하기 위해 전류의 방향을 양방향으로 제어하므로 컨버터 양단의 전압 전압의 극성은 변하지 않고 그대로 유지된다. 최근 양방향 DC/DC 컨버터를 필요로 하는 응용분야는 점점 증가하고 있으며 현재 주로 사용되고 있는 응용 분야는 배터리충전기(Battery charger/discharger)^[1], dc UPS(dc uninterruptible power supply)^[2], 인공위성 전력시스템(Aerospace power systems)^[1], 전기자동차용 전동기 드라이브(motor drives)^[3]등이다.

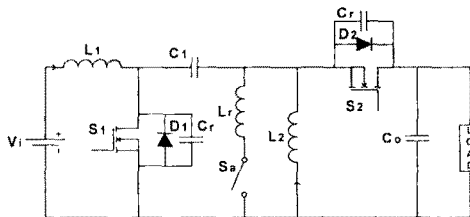


〈그림 1〉 양방향 DC/DC 컨버터
 〈Fig. 1〉 Bidirectional DC/DC Converter

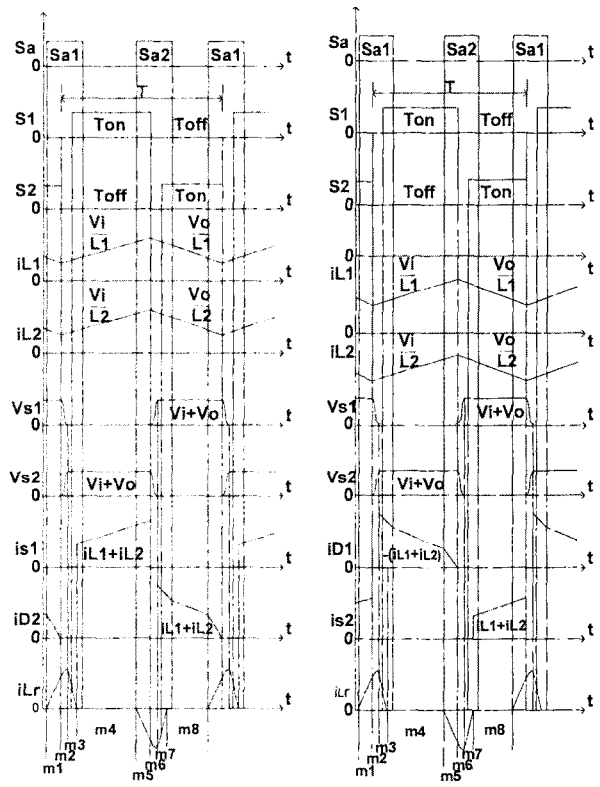
본 논문에서는 양방향으로 전력전달이 가능한 새로운 양방향 Sepic/Zeta 컨버터를 제안하려 한다^[4]. 제안한 컨버터는 ZVS 스위칭과 Synchronous Rectifier 동작에 의해 저스위칭손실과 저도통손의 특징을 지니고 있다. 또한 PWM 제어 가능한 컨버터로서 입력과 출력전압의 극성이 같은 비반전 컨버터의 특징을 지니며, DC 전압의 전달함수가 양방향으로 동일하게 $M=D/(1-D)$ 이다. 이는 분산전력시스템의 응용에 바람직한 특성으로 이용될 수 있다. 또한 Transformer version이 존재하므로 입력과 출력사이에 전기적 절연을 필요로 하는 실제 응용에 유용하게 사용할 수 있다.

2. 새로운 양방향 Sepic/Zeta 컨버터

본 논문에서 제안하는 양방향 Sepic/Zeta 컨버터는 그림 2와 같다.



〈그림 2〉 제안한 ZVS PWM 양방향 Sepic/Zeta 컨버터
 〈Fig. 2〉 Proposed bidirectional Sepic/Zeta Converter



(a) Forward operation (Sepic) (b) Backward operation (Zeta)

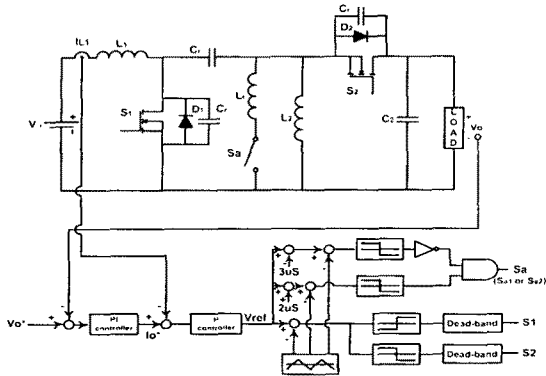
〈그림 3〉 제안한 양방향 ZVS PWM Sepic/Zeta 컨버터 동작파형
 〈Fig. 3〉 Operation waveform during a switching period T_s of proposed ZVS PWM Sepic/Zeta Converter

전력의 흐름이 V_i 에서 V_o 로의 방향인 즉 순방향인 경우 L_1 과 L_2 에는 양의 전류가 흐르며, 작동 스위치는 S_1 과 D_1 이다. S_1 이 ON 일 때의 등가회로는 그림 1과 같으며, S_1 이 OFF 일 때 양방향 Sepic/Zeta 컨버터 동작은 하드 스위칭시 기준의 Sepic 컨버터의 동작과 등가이며, ARCPC를 이용한 ZVS 소프트 스위칭시 동작파형은 그림 3(a)와 같다.

또한 전류흐름이 역방향인 경우 즉 V_o 에서 V_i 로의 방향인 경우, L_1 과 L_2 에는 음의 전류가 흐르며, 작동 스위치는 S_2 과 D_2 이다. S_2 이 ON 일 때의 S_2 이 OFF 일 때 양방향 Sepic/Zeta 컨버터 동작은 하드 스위칭시 기준의 Zeta 컨버터의 동작과 등가이며, ARCPC를 이용한 ZVS 소프트 스위칭시 컨버터의 동작파형은 그림 3(b)와 같다.

3. 실험결과

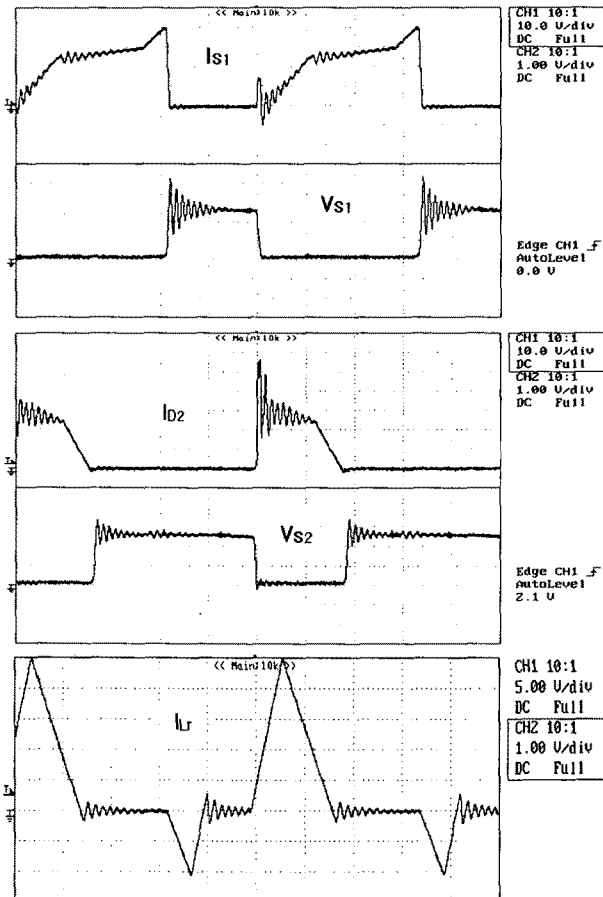
본 논문에서 제안하는 양방향 Sepic/Zeta 컨버터의 제어블럭 다이어그램은 그림 4와 같고 실험 파라미터는 표 1과 같다.



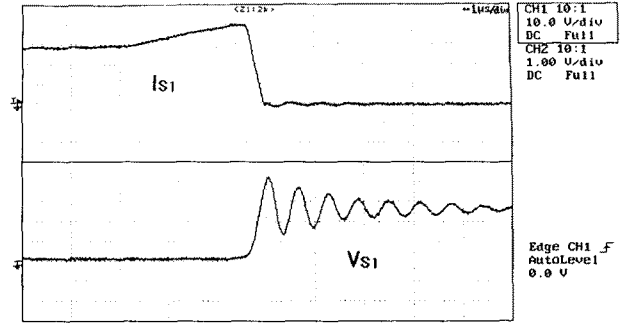
〈그림 4〉 제안한 양방향 Sepic/Zeta 컨버터의 제어 블록 다이어그램
 〈Fig. 4〉 Control block diagram of proposed ZVS PWM Sepic/Zeta Converter

〈표 1〉 양방향 ZVS PWM Sepic/Zeta 컨버터의 실험 파라미터
 〈Table 1〉 Parameters of bidirectional Sepic/Zeta Converter

용량	1[kW]	C ₁	40[μ F]
V ₁	48[V]	C ₂	470[μ F]
V ₂	100[V]	C _r	23.5[μ F]
L ₁ , L ₂	133[μ H]	L _r	10[μ H]
f _s	40[kHz]		



(a) 스위치 S1과 S2의 턴 온 및 턴 오프시의 전압 전류파형 및 Lr에 흐르는 전류 파형 i_{Lr}



(b) 스위치 S1의 턴 오프시 전압 전류 파형
 〈그림 5〉 스위치 S1, S2의 전압 전류 파형
 〈Fig. 5〉 Voltage and Current waveform of S1, S2

그림 5(a)는 S₁과 S₂가 각각 턴 온, 턴 오프 할 때의 전압 전류 및 i_{Lr}과 i_{D2}의 파형이며, 그림 5(b)는 S₁ 턴 온시의 S₁의 전압 전류 파형을 확대한 것이다. 이 그림으로부터 제안한 컨버터가 양방향으로 전력이 잘 제어되고 있음을 볼 수 있으며, 또한 ARCP 회로에 의해 각 스위치가 ZVS 소프트 스위칭되고 있음을 볼 수 있다.

4. 결 론

양방향 DC/DC 컨버터(Bidirectional DC/DC converter)는 두 개의 전원 사이에 양방향으로 전력의 흐름을 허용하는 컨버터로서 이를 필요로 하는 응용분야는 점점 증가하고 있다. 현재 주로 사용되고 있는 응용 분야는 배터리 충전기(Battery charger/discharger), dc UPS(dc uninterruptible power supply), 인공위성 전력시스템(Aerospace power systems), 전기자동차용 전동기 드라이브(motor drives) 등이다. 본 논문에서는 새로운 양방향 Sepic/Zeta 컨버터를 제안한다. 제안한 컨버터는 ZVS 스위칭과 Synchronous rectifier 동작에 의해 저 스위칭손실과 저도통손의 특징을 지니고 있다. 또한 PWM 제어 가능한 컨버터로서 입력과 출력전압의 극성이 같은 비반전 컨버터의 특징을 지니며, DC 전압의 전달합수가 양방향으로 같이 M=D/(1-D)이다. 이는 분산전력시스템의 응용에 바람직한 특성으로 이용될 수 있다. 또한 Transformer version이 존재하므로 입력과 출력사이에 전기적 절연을 필요로 하는 실제 응용에 유효하게 사용할 수 있다.

본 연구는 산업자원부 지원에 의하여 기초전력연구원
 (과제번호:R2005-B-109)주관으로 수행된 과제임.

〔참 고 문 헌〕

- [1] D. M. Sable, F. C. Lee, and B. H. Cho, "A Zero-Voltage-Switching Bidirectional Battery Charger / Discharger for the NAS A EOS Satellite", IEEE APEC Rec., pp. 614-621, 1992.
- [2] L. Schuch, C. Rech, H. Pinheiro, H.L. Hey, H.A. Grudling and J. R. Pinheiro, "A Battery ZVT Bi-directional Charger for Uninterruptible Power Supplies", IEEE PESC Rec., pp. 1841-1846, 2002.
- [3] X. Yan, A. Seckold, and D. Patterson, "Development of a Zero-Voltage-Transition Bidirectional DC-DC Converter for a Brushless DC Machine EV Propulsion System", IEEE PESC Rec., pp. 1661-1666, 2002.
- [4] J. J. Jozwick and M. K. Kazimierzczuk, "Dual Sepic PWM Switching-Mode DC/DC Power Converter," IEEE Trans. Industrial Electronics vol. 36, No. 1, pp. 64-70, Feb. 1989.
- [5] G. Spiazzi and L. Rossetto, "High-Quality Rectifier Based on Coupled-Inductor Sepic Topology", IEEE PESC Rec., pp. 336-341, 1998.