

저스위칭손실 및 저도통손을 갖는 양방향 ZVS PWM Sepic/Zeta 컨버터

팽성환, 이병철, 최성훈, 김인동, 노의철
부경대학교

Bidirectional ZVS PWM Sepic/Zeta Converter with Low Conduction Loss and Low Switching Loss

S. H. Paeng, B. C. Lee, S. H. Choi, I. D. Kim, E. C. Nho
Pukyong national university

ABSTRACT

Bidirectional DC/DC converters allows transfer of power between two dc sources, in either direction. Due to their ability to reverse the direction of flow of power, they are being increasingly used in many applications such as battery charger/dischargers, dc uninterruptible power supplies, electrical vehicle motor drives, aerospace power systems, telecom power supplies, etc. This paper proposes a new bidirectional Sepic/Zeta converter. It has low swiching loss and low conduction loss due to auxiliary communicated circuit and synchronous rectifier operation, respectively. Because of positive and buck/boost-like DC voltage transfer function($M=D/1-D$), the proposed converter is very desirable for use in distributed power system . The proposed converter also has both transformerless version and transformer one.

1. 서 론

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 전원 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), dc UPS(dc uninterruptible power supply), 인공위성 전력시스템(Aerospace power systems), 전기자동차용 전동기 드라이브(motor drives) 등이다. 이와 같이 여러 분야에서 시스템의 단순화, 경량화, 효율

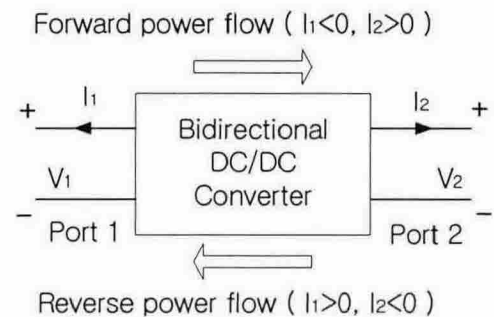


그림 1 양방향 DC/DC 컨버터
Fig. 1 Bidirectional DC/DC Converter

향상, 성능향상을 위해 양방향으로 전력제어가 가능한 DC/DC 컨버터가 필요하며, 지금까지 발표된 양방향 DC/DC 컨버터를 열거하면, (1)Bidirectional quasi-resonant DC/DC converter^[1], (2)Bidirectional buck-boost DC/DC converter^[2], (3)Bidirectional flyback DC/DC converter^[3], (4)Bidirectional half bridge DC/DC converter^[4], (5)Bidirectional full-bridge DC/DC converter^[5] 등이다. 이들 컨버터는 각각 장단점을 지니고 있으며, 응용에 따라 적절한 컨버터를 선정할 필요가 있다. 본 논문에서는 양방향으로 전력전달이 가능한 새로운 양방향 Sepic/Zeta 컨버터를 제안하려 한다. 제안한 컨버터는 ZVS 스위칭과 Synchronous rectifier 동작에 의해 저스위칭손실과 저도통손의 특징을 지니고 있다. 또한 PWM제어 가능한 컨버터로서 입력과 출력전압의 극성이 같은 비반전 컨버터의 특징을 지니며, DC 전압의 전달함수가 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.

2. 새로운 양방향 Sepic/Zeta 컨버터

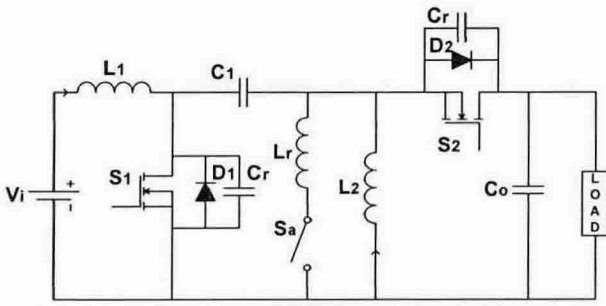
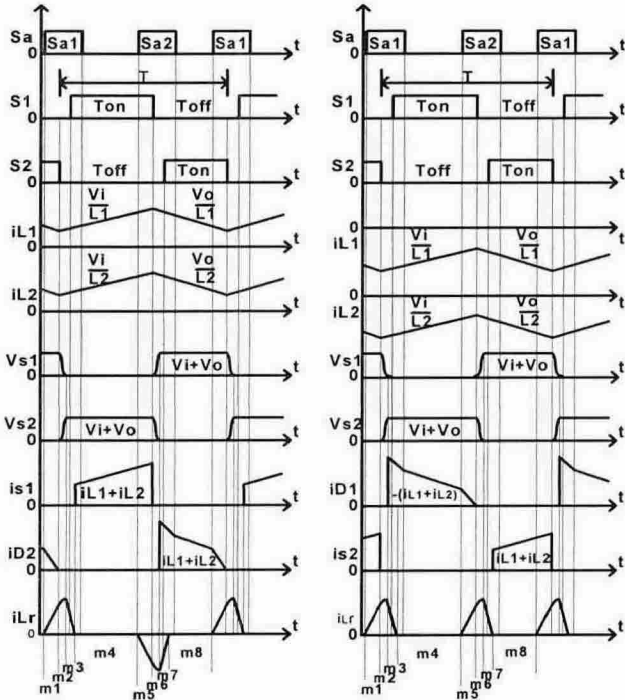


그림 2 제안한 ZVS PWM 양방향 Sepic/Zeta 컨버터
Fig. 2 Proposed bidirectional Sepic/Zeta Converter



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

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

본 논문에서 제안하는 양방향 Sepic/Zeta 컨버터는 그림 2와 같다. 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. 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_2 이다. 이 때의 양방향 Sepic/Zeta 컨버터 동작은 기존의 하드 스위칭 Sepic 컨버터의 동작과 유사하며, ARCPC를 이용한 ZVS 양방향 컨버터의 동작과형은 그림 3(a)와 같으며 상세한 작동 모드는 그림 4(a)와 같다. 또한 전력흐름이 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_1 이다. 이 때의 동작은 기

존의 하드 스위칭 Zeta 컨버터의 동작과 유사하며, ARCPC를 이용한 ZVS 양방향 컨버터의 동작과형은 그림 3(b)와 같으며 상세한 작동 모드는 그림 4(b)와 같다.

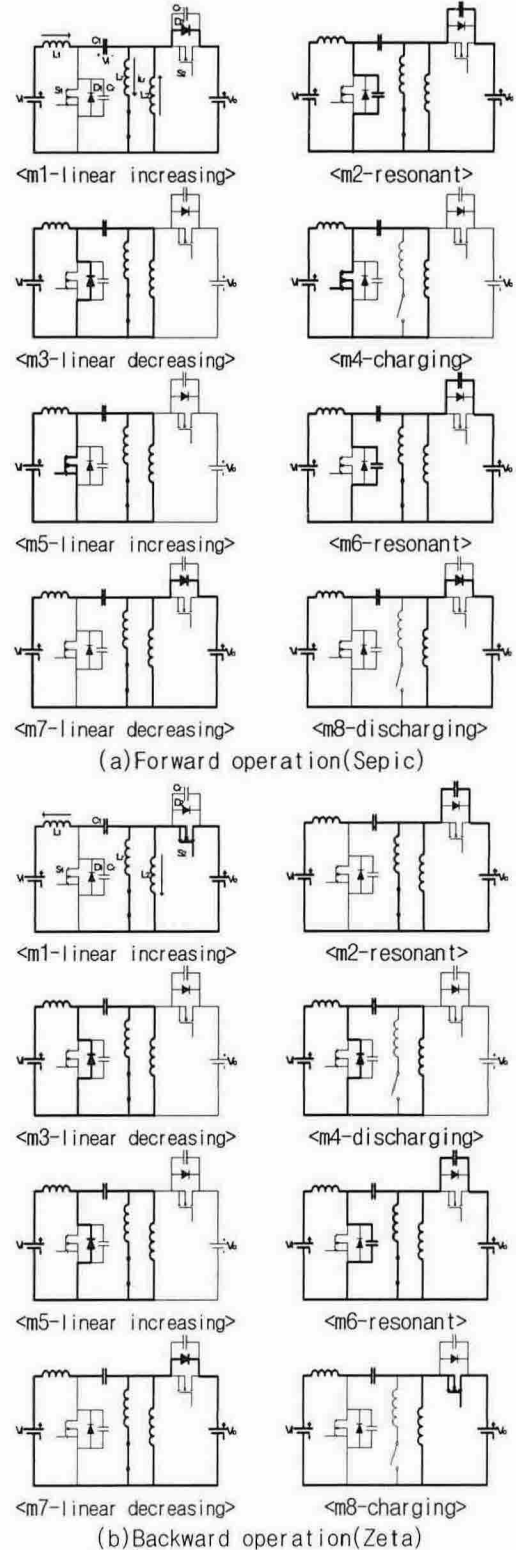


그림 4 제안한 양방향 ZVS PWM Sepic/Zeta 컨버터 동작모드
Fig. 4 Operation modes during a switching period T_s of proposed ZVS Sepic/Zeta Converter

3. 시뮬레이션 결과

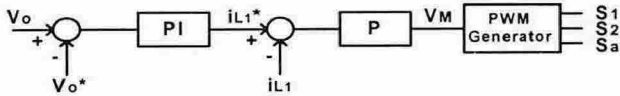


그림 5 제안한 양방향 Sepic/Zeta 컨버터의 제어 블록 다이어그램
Fig. 5 Control block diagram of proposed ZVS PWM Sepic/Zeta Converter

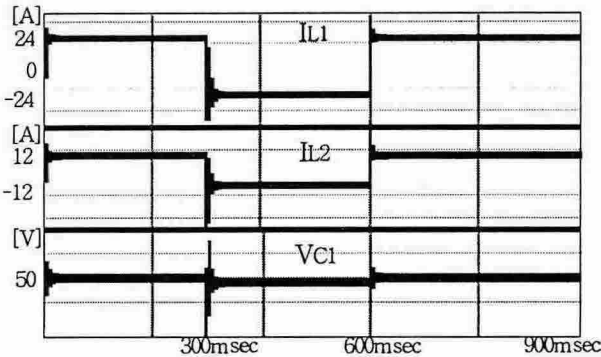
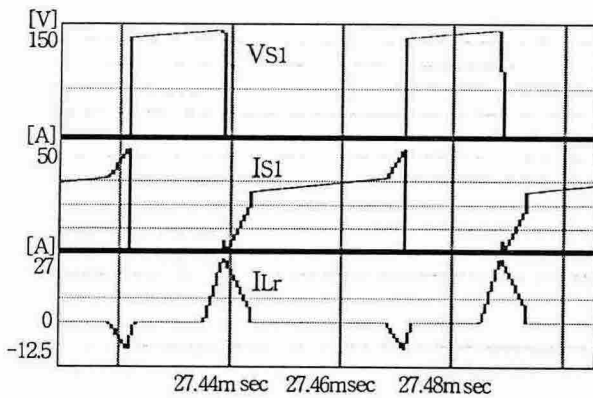
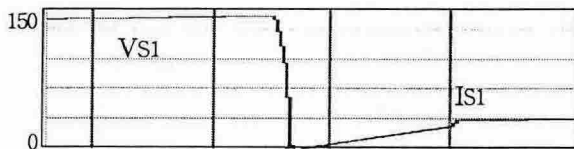


그림 6 제안한 컨버터의 전력 방향에 따른 각 부분의 전압 전류 \$i_{L1}\$, \$i_{L2}\$, \$V_{C1}\$ 파형
Fig. 6 Voltage and Current waveform \$i_{L1}\$, \$i_{L2}\$, \$V_{C1}\$ of L1, L2 and C1



(a)



(b)

그림 7 \$S_1\$, \$S_2\$의 전압 전류파형 \$V_{S1}\$, \$I_{S1}\$ 및 \$L_r\$의 전류파형 \$I_{Lr}\$ 파형 [25 A/div, 25 V/div]
Fig. 7 Voltage \$V_{S1}\$ and current \$I_{S1}\$ waveform of \$S_1\$, \$S_2\$ and current waveform \$I_{Lr}\$ of \$L_r\$

표 1 양방향 Sepic/Zeta 컨버터 파라미터
Table 1 Parameters of bidirectional Sepic/Zeta Converter

\$L_1, L_2\$	333[\$\mu\$H]	\$P_o\$	1.2[KW]
\$f_s\$	20[KHz]	\$C_1\$	40[\$\mu\$F]
\$V_i\$	50[V]	\$C_2\$	400[\$\mu\$F]
\$V_o\$	100[V]	\$C_r\$	5[nF]
\$L_r\$	10[\$\mu\$H]		

본 논문에서 제안하는 양방향 Sepic/Zeta 컨버터의 제어블럭 다이어그램은 그림 5와 같다. 시뮬레이션에 사용한 컨버터 파라미터는 표 1과 같다. 그림 6은 전력 방향이 바뀔 때의 각 부분의 파형이다. 그림 7(a)는 \$S_1\$이 턴온, 턴오프 할 때의 전압 전류 및 \$i_{Lr}\$의 파형이며, 그림 7(b)는 \$S_1\$이 턴온 할 때의 전압 전류 파형을 확대한 것이다. 이 그림으로부터 제안한 컨버터가 양방향으로 전력이 잘 제어되고 있으며, ARCP 회로에 의해 ZVS 소프트 스위칭되고 있음을 볼 수 있다.

4. 결론

양방향 DC/DC 컨버터(Bidirectional DC/DC converter)는 두 개의 전원 사이에 양방향으로 전력의 흐름을 허용하는 컨버터로서 이를 필요로 하는 응용 분야는 점점 증가하고 있다. 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 전달함수가 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.

참고 문헌

- [1] B. Ray, "Single-Cycle Resonant Bidirectional DC/DC Power Conversion", IEEE APEC Rec., pp. 44-50, 1993.
- [2] F. Caricchi, F. Crescimbeni, and A. Di Napoli, "20kW Water-Cooled Prototype of a Buck-Boost Bidirectional DC/DC Converter Topology for Electrical Vehicle Motor Drives", IEEE APEC Rec., pp. 887-892, 1995.
- [3] K. Venkatesan, "Current Mode Controlled Bidirectional Flyback Converter", IEEE PESC Rec., pp. 835-842, 1989.
- [4] M. Jain, M. Daniele, and P. K. Jain, "A Bidirectional DC-DC Converter Topology for Low Power Application", IEEE Trans. Power Electronics vol. 15, No. 4, pp. 595-606, July 2000.
- [5] Wang, K., Lin, C.Y., Zhu, L., Qu, D., Lee, F.C., Lai, J.S., "Bi-directional DC to DC converters for fuel cell systems", IEEE Power Electronics in Transportation Rec., pp. 47-51, 1998.