

배터리 충방전용 양방향 DC-DC 컨버터의 스위칭 노이즈 저감

서보길, 김지현, 정재현, 노의철, *김흥근, **전태원
부경대학교, *경북대학교, **울산대학교

Switching Noise Reduction of Bidirectional DC-DC Converter for Battery Charging and Discharging

Bo Gil Seo, Ji Hyun Kim, Jae Hun Jung, Eui Cheol Nho,
*Heung Geun Kim, **Tae Won Chun

Pukyong National Univ., *Kyungpook National Univ., **University of Ulsan

ABSTRACT

본 논문은 3상 인터리브드 양방향 DC-DC 컨버터를 다룬다. 전류 리플을 줄이기 위해 3상 인터리브드 방식을 이용하였으며 소프트 스위칭 조건을 확보하기 위해 DCM으로 동작한다. DCM동작시 발생할 수 있는 스위칭 노이즈를 저감하기 위하여 새로운 스위칭 기법을 제안하고 검증한다.

1. 서론

전력 에너지를 효율적으로 사용하기 위해 ESS, V2G 등 배터리를 이용한 에너지 충·방전 시스템에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 논문에서는 배터리 충·방전용 양방향 DC-DC 컨버터를 다루었다. 기존의 양방향 DC-DC 컨버터^[1]는 전류를 Level shift하여 출력전력을 제어하는 방식이므로 경부하시 도통손실이 크다는 단점이 있다. 이를 개선한 DCM으로 동작하는 양방향 DC-DC 컨버터^[2]는 경부하시 도통손실이 작지만 배터리 전압에 따라 턴오프시 ZVS가 불가능한 구간이 존재하며 스위치 턴오프시 스위칭 노이즈가 발생하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 스위칭 노이즈를 저감하기 위해 새로운 방식의 스위칭 기법을 제안하고 시뮬레이션 결과를 통해 타당성을 검증한다.

2. 양방향 DC-DC 컨버터

2.1 양방향 DC-DC 컨버터의 구성

Fig. 1은 본 논문에서 다루는 양방향 DC-DC 컨버터 회로도이다. 인버터의 DC link단 전압 V_{DC} 의 크기는 400V이고 배터리 전압 V_B 의 크기는 200~280V이다. 제안하는 컨버터는 1 모듈 3 폴로 구성된 IGBT모듈을 사용한다.

상단 스위치(S_{a1}, S_{b1}, S_{c1})가 턴온할 때 벡 컨버터로 동작하며 DC link단에서 배터리로 에너지를 전달하여 배터리를 충전한다. 하단 스위치(S_{a2}, S_{b2}, S_{c2})가 턴온할 때 부스트 컨버터로 동작하며 배터리에서 DC link단으로 에너지를 전달하여 배터리를 방전한다. 컨버터의 하단 스위치에 구성되어 있는 ZVS용 커패시터를 이용하여 상·하단 스위치의 ZVS동작이 가능하게 하였다.

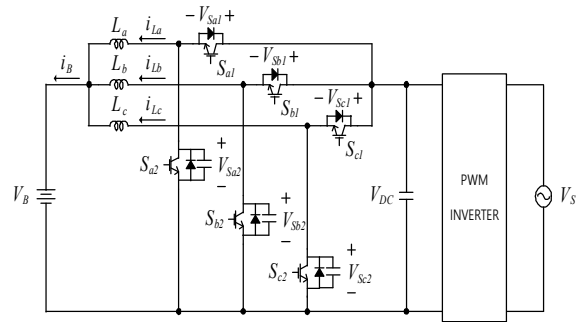


Fig. 1 3-phase interleaved bidirectional DC-DC converter circuit

2.2 동작원리

Fig. 2에 단상 양방향 DC-DC 컨버터의 전류흐름을 모드별로 나타내었다.

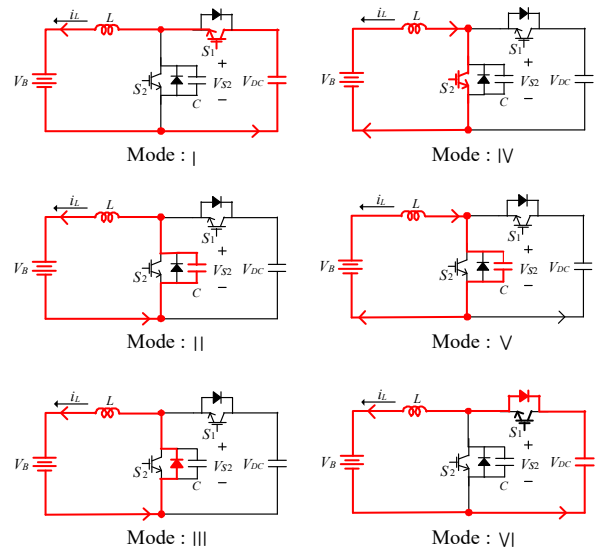


Fig. 2 Current path in each mode

Fig. 3은 충전모드와 방전모드에서의 인덕터 전류, 스위칭 신호, 전압파형을 보여준다. $t_0 \sim t_1$ 구간인 Mode I의 시간이

$t_3 \sim t_4$ 구간인 Mode IV의 시간보다 길면 충전모드이고 반대로 Mode IV의 시간이 Mode I의 시간보다 길면 방전모드이다.

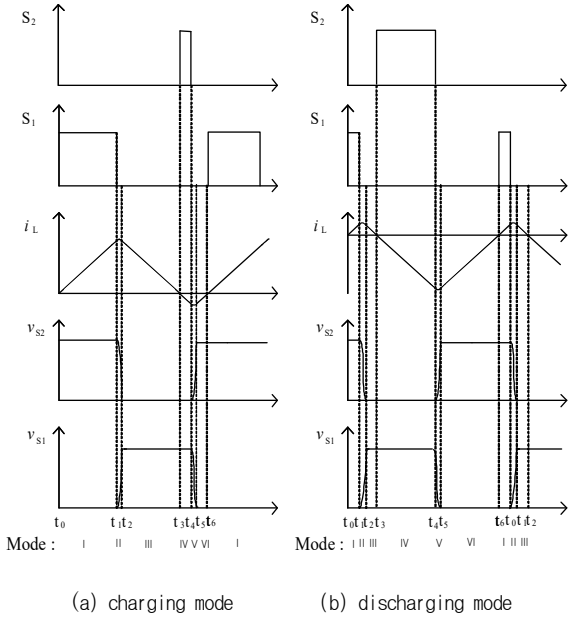


Fig. 3 Inductor current, switch signal, and voltage waveform

Fig. 4에 충전모드에서 중부하시와 경부하시의 인덕터 전류를 나타내었다.

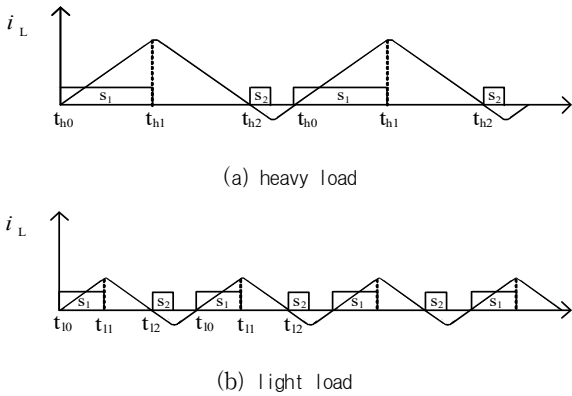


Fig. 4 Inductor current at heavy load and light load in charging mode

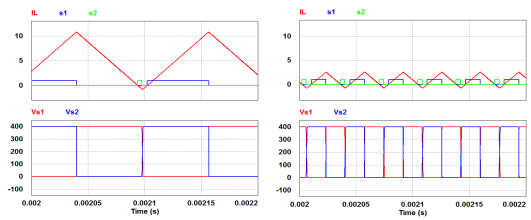
출력전력은 스위칭 주파수를 변경하여 조절한다. 충전모드로 동작할 때 경부하에서는 중부하보다 S_1 의 듀티를 줄이며 이때 스위칭 주파수는 증가하게 된다. S_2 를 켜주는 목적은 ZVS용 커패시터의 전압을 방전하는 것인데 충전모드에서는 S_2 의 듀티를 고정해서 커패시터 전압을 방전시켜 준다. 방전모드에서는 충전모드와 반대로 S_2 의 듀티를 제어하여 출력전력을 조절하며 S_1 의 듀티를 고정하여 커패시터 전압을 방전시킨다. 시스템 출력전력범위는 3kW ~ 500 W이며 스위칭 주파수의 변동범위는 7.26 kHz ~ 40kHz 이다.

3. 시뮬레이션 결과

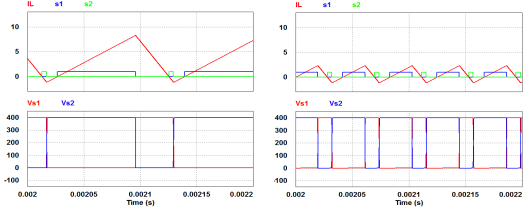
Table 1은 시뮬레이션의 파라미터이며 Fig. 5는 시뮬레이션 결과파형이다. 출력전력은 최대인 3kW와 최소인 500 W에서, 배터리전압은 최대인 280 V와 최소인 200 V에서 시뮬레이션을 수행하였다.

Table 1 Simulation parameters

Parameter	Value
V_{DC}	400 [V]
V_B	200 ~ 280 [V]
f_{sw}	7.26 ~ 40 [kHz]
L	1 [mH]
C	2.2 [nF]



(a) $P_o = 3 \text{ kW}$, $V_B = 200 \text{ V}$, $f_s = 9.2 \text{ kHz}$



(c) $P_o = 3 \text{ kW}$, $V_B = 280 \text{ V}$, $f_s = 7.3 \text{ kHz}$

(d) $P_o = 500 \text{ W}$, $V_B = 280 \text{ V}$, $f_s = 26.2 \text{ kHz}$

Fig. 5 Simulation result waveforms

4. 결론

본 논문은 새로운 스위칭 방법을 이용한 3상 인터리브드 양방향 DC DC 컨버터의 스위칭 기법에 대한 것이다. 제안한 스위칭 기법으로 경부하시 도통손실을 줄일 수 있으며 전부하 영역에서 스위치 턴온시 ZVS 턴오프시 ZVS, ZCS 동작조건이 확보되어 스위칭 노이즈가 발생하는 문제를 해결할 수 있다.

참고 문헌

[1] Junhong Zhang, Jih Sheng Lai, Rae young Kim, Wensong Yu, "High power density design of a soft switching high power bidirectional DC DC converter," *IEEE Trans. on Power Electronics*, Vol. 22, No. 4, pp. 1145-1153, 2007, Jul.

[2] 정재현, 서보길, 권창근, 노의철, 김인동, 김홍근, 전태원, "배터리 충·방전용 3상 인터리브드 양방향 DC DC 컨버터의 새로운 소프트 스위칭 방법", *전력전자학회 논문지* 제 19권 제4호, 2014.8, pp. 383-390.