

# ESS용 양방향 소프트 스위칭 DC-DC 컨버터의 과도상태 특성개선을 위한 제어기법

김학수, 이재운, 정재현, 노의철, 김흥근\*, 전태원\*\*,  
부경대학교, 경북대학교\*, 울산대학교\*\*

## Control for Transient State Characteristics Improvement of Bidirectional Soft-switching DC-DC Converter for ESS

Hak Soo Kim, Jaewoon Lee, Jae Hun Jung, Eui Cheol Nho, Heung Geun Kim\*, Tae Won Chun\*\*  
Pukyong National Univ., Kyungpook National Univ.\*, University of Ulsan\*\*

### ABSTRACT

본 논문에서는 ESS용 양방향 소프트스위칭 DC DC 컨버터의 과도상태개선을 위한 제어기법을 제안한다. 양방향 DC DC 컨버터를 소프트스위칭하기 위해 DCM으로 동작시킬 경우 스위치의 턴오프시 손실이 가장 많이 발생하므로 이를 저감하기 위해 ZVS 턴오프 커패시터를 스위치에 추가한다. 하지만 정상상태와 달리 초기구동을 하거나 충·방전 모드전환의 경우에는 ZVS 턴오프 커패시터로 인해 오히려 과도상태특성이 나빠질 수 있다. 이를 개선하기 위하여 ZVS 턴오프 커패시터로 인해 발생하는 과도상태의 문제점을 분석하고 제어기법을 제안하였으며 제안하는 제어기법의 타당성을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

### 1. 서론

대부분의 가정용 태양광 시스템은 태양광 발전전력을 좀 더 효율적으로 운용하기 위해서 ESS와 함께 구성된다. 낮은 배터리 전압과 높은 DC링크단 전압사이의 전력변환을 위해서는 양방향 DC DC 컨버터가 필요하다. 양방향 DC DC 컨버터의 토폴로지는 승·강압 비율에 따라서 구분되는데, 일반적으로 아주 높은 승·강압 비가 적용되는 경우에는 변압기를 사용한 절연형 타입과 커패시터나 결합인덕터를 이용한 비절연형 타입이 모두 사용되지만 승·강압비가 아주 높지 않은 경우에는 일반적으로 비절연형 타입의 양방향 벡 부스트 DC DC 컨버터를 많이 사용한다. 이러한 컨버터들의 고효율을 달성하기 위해서 다양한 소프트 스위칭기법들이 연구되고 있으며, 배터리에 흐르는 전류의 리플을 줄이기 위한 다상의 인터리브드 방식의 토폴로지도 많이 적용되고 있다. 본 논문에서는 승·강압 비가 아주 높지 않은 어플리케이션에 2상 인터리브드 벡 부스트 토폴로지의 양방향 DC DC 컨버터를 적용하여 승·강압 비의 영향과 소프트스위칭을 위해 추가한 ZVS 턴오프 커패시터로 인해 발생하는 과도상태의 문제점을 분석하고 이를 개선하기 위해 충·방전율에 따라 스케일 모듈레이션 파라미터와 듀티비미티의 상·하한을 가변시키는 제어기를 적용하였다.

### 2. 제안하는 ESS용 양방향 소프트 스위칭 DC-DC 컨버터

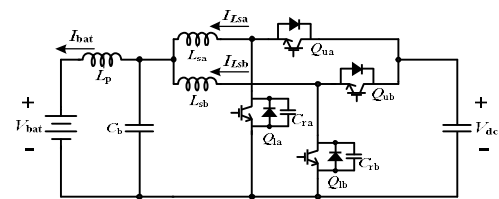


그림 1 2상 인터리브드 양방향 소프트스위칭 DC-DC 컨버터

Fig. 1 2 phase interleaved bidirectional soft switching DC-DC converter

#### 2.1 제안하는 컨버터의 구성

그림 1은 제안하는 2상 인터리브드 양방향 벡 부스트 소프트 스위칭 DC DC 컨버터이다. 저전압측인 배터리의 동작전압은 67 ~ 86 V이고, 고전압측 DC링크전압은 350V이다. DCM 동작을 통해 소프트스위칭을 달성하기 위하여 벡스위치(Q1a, Q1b)에 ZVS 커패시터를 추가하였고 벡스위치(Q2a, Q2b)와 상보로 스위칭하면서 배터리의 충·방전 전력을 제어한다. 배터리 측의 Lp 와 Cb는 DCM으로 인해 발생하는 큰 전류와 전압리플을 감쇄하기 위해 추가하였다.

#### 2.2 과도상태 문제분석

동작전압에서 배터리와 DC링크단의 승·강압 비는 4 ~ 5 배 정도로 아주 높은 비율은 아니지만 일반적인 벡 부스트 토폴로지에 응용될 경우에는 동작듀티가 extreme영역에 해당되기 때문에 과도상태 특성이 상당히 나빠지게 된다. 그림 2는 과도상태와 정상상태의 스위치 전류파형을 비교한 것이다.

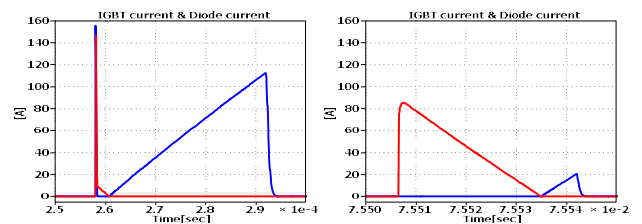


그림 2 과도상태와 정상상태의 스위치 전류 비교파형  
Fig. 2 Comparison switch current between transient state and normal state

### 2.3 제안하는 제어기법

그림 3은 제안하는 제어기법의 제어블록도이다. 정전류 정전압제어기에서 전압제어기리미터의 상·하한치가 배터리의 충·방전율을 결정하므로 이 지령의 변화에 따라 제어기 출력의 스케일을 조절하는 모듈레이션 파라미터와 듀티리미터의 상·하한치를 가변시켜 제어기의 과도상태특성을 보상해줄 수 있다.

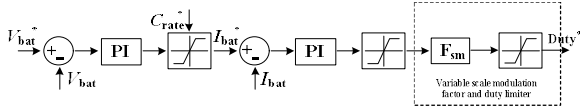


그림 3 제안하는 제어블록도  
Fig. 3 Proposed control block diagram

### 3. 시뮬레이션 결과

표 1은 제안하는 시스템의 파라미터를 나타낸 것이다.

표 1 시스템 파라미터  
Table 1 System Parameters

Parameter	Value
$V_{bat}$	67 ~ 86 [V]
$V_{DClink}$	350 [V]
$f_s$	20 [kHz]
$L_p$	600 [uH]
$L_{Sa}, L_{Sb}$	30 [uH]
$C_b$	220 [uF]
$C_r$	68 [nF]

그림 4는 충전모드 초기구동시 제안하는 제어기법의 적용 후의 배터리 전압, 전류 및 인덕터 전류를 비교한 것이다.

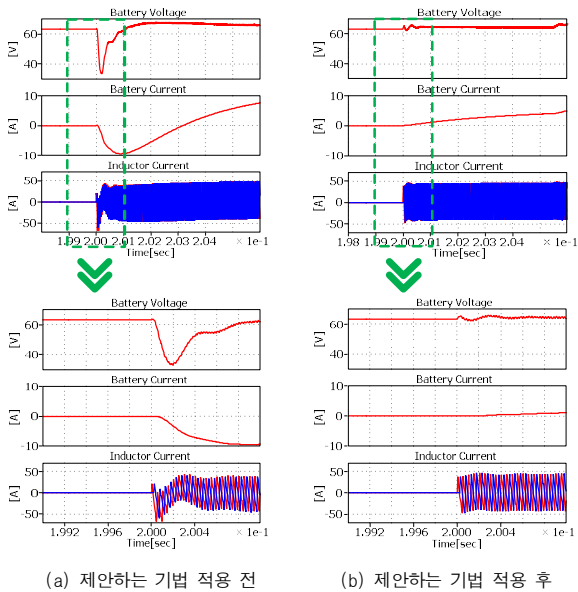
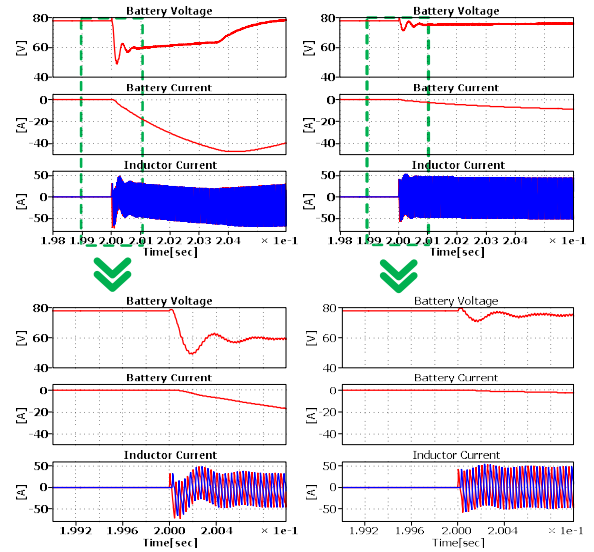


그림 4 충전모드 초기구동시 전압전류파형  
Fig. 4 Voltage and current waveforms with and without proposed control method in initial charging mode

그림 5는 방전모드 초기구동 시 제안하는 제어기법의 적용

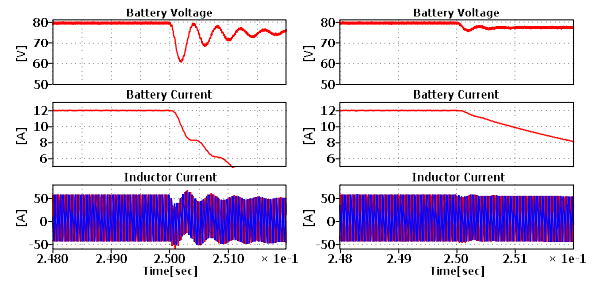
후의 배터리 전압, 전류 및 인덕터전류를 비교한 것이다.



(a) 제안하는 기법 적용 전 (b) 제안하는 기법 적용 후

그림 5 방전모드 초기구동시 전압전류파형  
Fig. 5 Voltage and current waveforms with and without proposed control method in initial discharging mode

그림 6은 충전에서 방전모드로 변환시 비교파형이다.



(a) 제안하는 기법 적용 전 (b) 제안하는 기법 적용 후

그림 6 모드변환시 비교파형  
Fig. 6 Comparison waveforms in mode transition

### 4. 결론

본 논문에서는 ESS용 양방향 소프트스위칭 DC DC 컨버터의 과도상태개선을 위한 제어기법을 제안하였다. 과도상태의 문제점을 분석하고 제안하는 제어기법을 통해서 문제를 개선하였으며 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다.

### 참고 문헌

[1] T. Liang and J. Lee, "Novel high conversion ratio high efficiency isolated bidirectional dc dc converter". IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 62, No. 7, pp. 4492-4503, July, 2015