

# 태양광 Hybrid Module용 에너지 저장 장치에서의 양방향 컨버터 스위칭 제어 기법

장진우, 박운호, 김영호, 최봉연, 원충연  
성균관대학교

## Switching Control Strategy of Bidirectional Converter for Energy Storage System in Photovoltaic Hybrid Modules

Jin Woo Jang, Young Ho Kim, Bong Yeon Choi, Soon Ryung Lee, Chung Yuen Won  
Sungkyunkwan Univ.

### ABSTRACT

In this paper, a switching control strategy of bidirectional converter for energy storage system in photovoltaic hybrid modules is proposed. The bidirectional converter for energy storage system (ESS) with battery is connected with DC link in parallel which is located between current source flyback converters(CSFC) and unfolding bridge. Because CSFC generates rectified sinusoidal current, the bidirectional converter requires suitable control strategy. Therefore, a theoretical analysis of the proposed switching control strategy is presented. And, validity is confirmed through simulation results.

### 1. 서론

화석 연료의 고갈, 환경오염 등에 따라 신재생 에너지가 주목 받고 있다. 특히 태양광 발전은 신재생 에너지의 하나로 무한한 자원과 무공해 발전으로 현재까지 활발히 연구되고 있다.

태양광 발전 시스템 중에서 하이브리드 모듈 시스템은 병렬로 연결된 전류원 컨버터들과 하나의 Unfolding Bridge로 구성되어 있다. 각 컨버터가 태양 전지에 집적되어 있기 때문에 Mismatch 문제에 강인하고, 컨버터들이 병렬로 연결되어 있어 용량 증설 및 유지 보수가 용이하다.

제안된 시스템에서는 하이브리드 시스템의 에너지원인 태양광 모듈의 낮 한정적, 불규칙적인 한계를 보완하기 위하여 에너지 저장원으로 배터리 Bank를 사용한 에너지 저장 장치를 추가하였다. 그러나 앞에서 언급한 전류원 컨버터가 정류된 정현파로 출력할 뿐만 아니라 여러 Stage의 컨버터를 거치기 때문에 이에 적합한 제어 방법이 고려된다. 따라서 본 논문은 제안된 제어 전략에 대한 이론적인 분석을 제시하고 그 타당성을 시뮬레이션으로 확인한다.

### 2. 제안된 시스템의 구조

그림 1은 제안된 시스템으로 각부 컨버터에 대한 전류 도통 형태 및 제안된 시스템의 토폴로지를 나타낸다. 그림 1과 같이 DC Link단을 기준으로 각 하이브리드 모듈들이 병렬로 연결

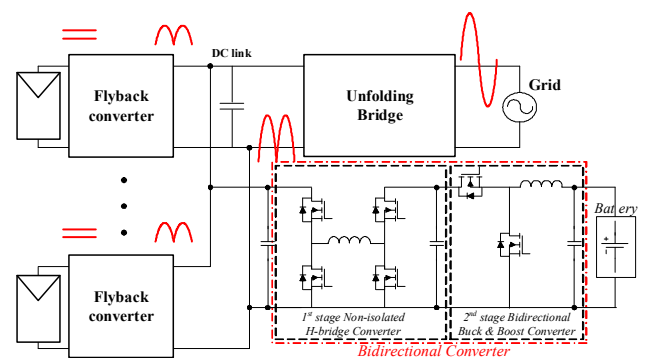


그림 1 하이브리드 모듈 시스템에서의 에너지 저장 장치 토폴로지

Fig. 1 Topology of energy storage system in PV hybrid module system

되어 있으며 정류된 정현파 전류를 계통 위상과 동 위상으로 출력한다.

에너지 저장 장치는 양방향 컨버터 내의 DC Link 전압 제어 및 배터리 전압 전류 제어 위한 양방향 컨버터로 구성된다. 에너지 저장 장치의 DC Link 전압 제어는 1<sup>st</sup> Stage의 비절연형 H bridge가 수행하며, 배터리 전압 전류 제어는 2<sup>nd</sup> stage의 양방향 컨버터에 의해 수행된다.

### 2. 양방향 컨버터 제어

DC Link에는 계통에 의해  $V_{grid,peak}$ 의 값을 갖는 정류된 정현파 형태의 전압이 Unfolding Bridge를 거쳐 연계된다. 1<sup>st</sup> stage의 H bridge에서 배터리 전압과 DC Link전압의 교점을 기준으로 충전 및 방전 시 각각 벡 모드, 부스트 모드 그리고 벡 부스트로 동작함을 그림 2와 표1에서 보여준다. 벡 부스트 모드는 벡 모드와 부스트 모드에 비해 효율적이지 못하지만 모드 전환 시 급격한 시비율 변화를 줄이기 위하여 사용된다.

모드 전환 간격은 제어할 DC Link 전압을 기준(본문에서는 200[V]로 제어)으로 시비율의 급격한 변화와 효율의 Trade off를 고려하여 결정하며 그 순서도는 그림 3과 같다. 모드 전환 시에는 변경 전, 후의 모드에 대한 전압 전달비를 미리 계산하고 모드 전환과 동시에 변경된 모드의 시비율로 변경하여 전압 왜곡을 최소화 할 수 있다.

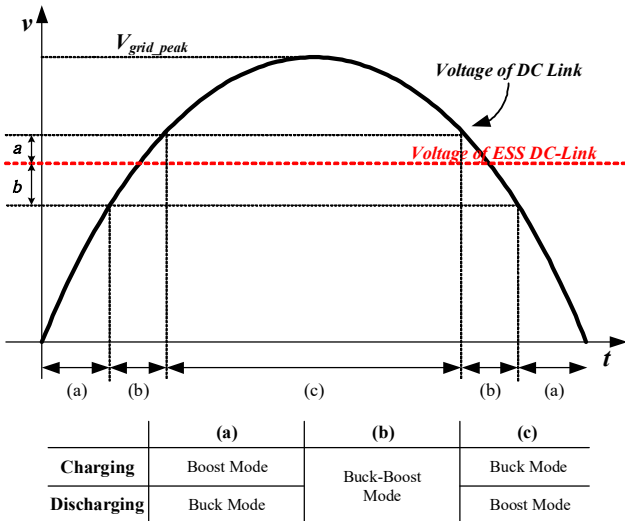


그림 2 DC-Link 전압에 따른 비반전 H-Bridge의 모드 변화  
Fig. 2 Control of non-inverting H-Bridge according to DC-Link voltage

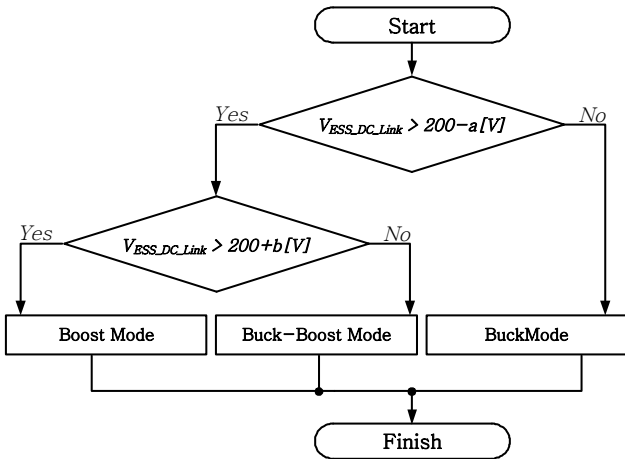


그림 3 DC-Link 전압에 따른 비반전 H-Bridge의 모드 변화  
Fig. 3 Control of non-inverting H-Bridge according to DC-Link voltage

또한 2<sup>nd</sup> stage의 양방향 컨버터는 배터리의 정전류 정전압 (CC CV) 제어를 위한 동작 및 배터리의 충전 전류량을 조절한다.

그림 4는 제안된 방법에 의한 에너지 저장장치의 제어 블록도로 충전 및 방전 모드 시 각 stage의 제어 과정을 나타낸다.

### 3. 시뮬레이션

그림 5는 제안된 기법에 의한 에너지 저장장치의 충전 및 방전 모드 시뮬레이션 파형이다. 충전모드에서는 정류된 정현파 형태의 전류 전압 입력으로부터 배터리 측에 정전류 정전압 제어가 수행됨을 확인 할 수 있다.

또한 방전 모드에서는 에너지 저장 장치의 출력 전류가 정류된 정현파 형태로 DC Link단으로 전달되는 것을 확인 할 수 있다.

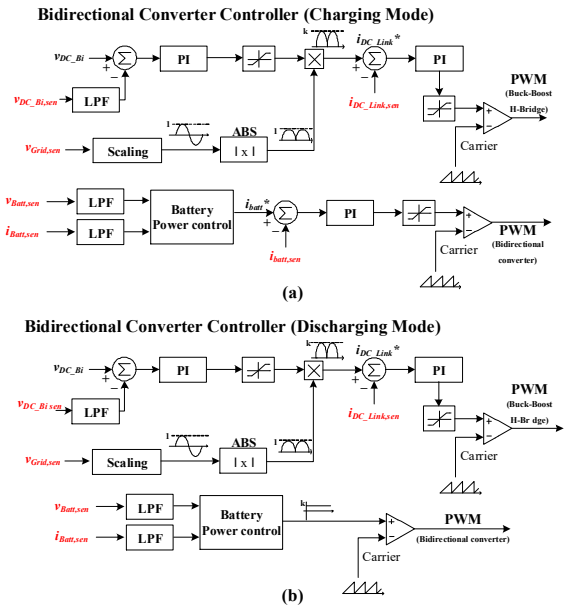


그림 4 에너지 저장 장치의 (a) 충전 모드와 (b) 방전 모드 시 제어 블록도

Fig. 4 Block diagram for (a) charging mode and (b) discharging mode of ESS

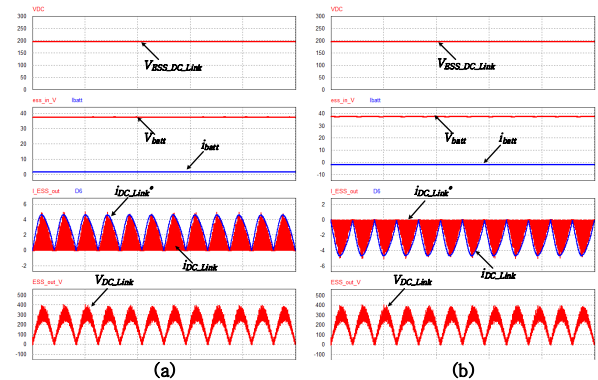


그림 5 (a) 충전 모드와 (b) 방전 모드 시 에너지 저장 장치 주요 파형

Fig. 5 Key waveform of (a) charging mode and (b) discharging mode of ESS

### 4. 결론

본 논문은 태양광 하이브리드 모듈에서의 에너지 저장장치에 대한 스위칭 제어 기법을 제안하고 이에 대한 타당성을 시뮬레이션으로 확인하였다.

본 연구는 2012년도 상업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제(No. 20124010203300)입니다.

### 참고 문헌

[1] Y. H. Kim, Y. H. Ji, J. G. Kim, Y. C. Jung, C. Y. Won "A New Control Strategy for Improving Weighted Efficiency in Photovoltaic AC Module Type Interleaved Flyback Inverters" *IEEE Trans. Power Electron.*, Vol. 28, Iss. 6, pp. 2688-2699, June, 2013