

# 부스트 컨버터 입력임피던스를 포함한 충방전기 소신호 모델링

김찬인, 문솔, 김도현, 박종후  
 숭실대학교

## Charger/discharger Small Signal Modeling Including Boost Converter Input Impedance

Chan In Kim, Moon Sol, Do Hyun Kim, Joung Hu Park  
 Soongsil University

### ABSTRACT

화석연료의 고갈과 환경문제 때문에 신재생에너지원의 이용은 중요한 문제로 대두되고 있다. 또한 신재생에너지원의 안정적인 공급을 위해서는 에너지 저장장치를 사용해야만 한다. 이러한 이유 때문에 에너지 저장장치를 이용하기 위한 회로에 승압을 위한 컨버터를 병렬로 연결하였을 때 충방전기의 제어기 설계시 승압을 위한 컨버터의 영향을 고려해야만 한다. 본 논문은 에너지 저장장치를 포함한 전력조절장치에서 충방전기에서 나타나는 부스트 컨버터의 입력임피던스를 계산하여 충방전기 설계시 어떠한 영향을 미치는지 소신호 모델링을 통하여 알아보고자 하였다. 충방전기와 부스트 컨버터가 연결이 되어 있을 경우 충방전기 설계시 부스트 컨버터의 소자나 제어에 따라 충방전기의 전달함수에 영향을 주는데 이를 부스트 컨버터의 입력임피던스의 계산을 통하여 어떠한 영향을 주는지 수식적으로 분석하고 이를 MATLAB과 PSIM을 통하여 증명하였다.

### 1. 서론

최근 화석연료의 고갈과 환경오염 문제로 인하여 신재생에너지의 연구와 개발이 증시되고 있다. 또한 주변 환경에 영향을 많이 받는 신재생에너지원을 효율적으로 사용하기 위한 전력조절장치 즉 PCS(Power Conditioning System)의 개발도 적극적으로 진행되어지고 있다. 또한 태양광, 풍력, 연료전지 등의 대부분의 신재생에너지원은 저전압 발전을 한다는 특징을 가지고 있다. 위와 같은 특징을 가진 신재생에너지원을 독립형 AC 전원으로 실생활에 활용하기 위해서는 부스트 컨버터와 같은 승압형 컨버터를 이용하여 인버터가 상용전압레벨에서 동작할 수 있도록 상용전압범위까지 승압을 시켜 주어야 한다.

또한 신재생에너지원에서 발전되어진 에너지를 효율적이고 안정적으로 이용하기 위하여 에너지 저장장치와 이를 이용하기 위한 회로에 대한 요구도 점차 증가하고 있다. 위와 같은 이유 때문에 에너지 저장장치 회로와 부스트 컨버터를 병렬로 연결하게 되는데, 이때 충방전기의 제어기 설계를 위해서 부스트 컨버터가 충방전기 설계에 어떠한 영향을 미치는지 알아야 한다. 따라서 본 논문에서는 충방전기의 보상기를 설계할 경우 부스트 컨버터의 입력 임피던스를 계산하여 충방전기 설계시 어떠한 영향을 줄수 있는지를 계산하여 시뮬레이션을 통하여 증명하고자 한다. [1][2]

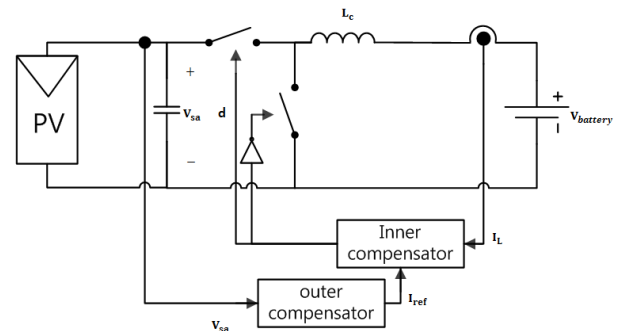


그림 1 태양광 패널을 연결한 충방전기 회로 구성도

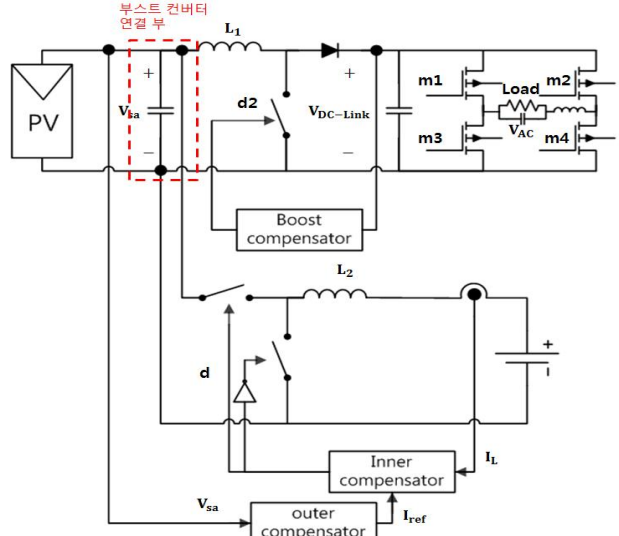


그림 2 에너지 저장장치를 전력조절장치 연결 회로도

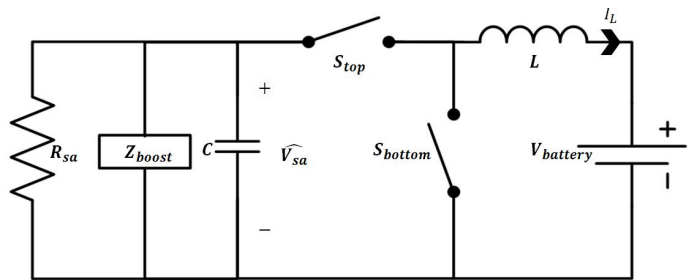


그림 3 부스트 컨버터 입력임피던스를 포함한 충방전기 소신호 등가 회로

## 2. 부스트 컨버터 입력임피던스를 포함한 충방전기 소신호 모델링

### 2.1 회로의 구성

그림 1은 태양광 에너지 시스템에서 에너지 저장장치의 회로도이다. 신재생에너지원에서 발전되어지는 전압을 측정하고 이를 Outer Loop에 넣어 Outer Loop의 제어가 Iref를 생성하고 Inner Loop의 제어가 Vref에 알맞은 도통률 d를 조절하여 일정한 태양광 출력 전압을 유지할 수 있게 설계되어 있다. 그림 2는 신재생에너지원에서 저전압으로 발생되어진 에너지를 상용전압으로 승압하기위한 부스트 컨버터를 병렬로 연결한다. 이와 같이 연결할 경우 충방전기의 설계 시 부스트 컨버터의 영향을 보기 위하여 그림 3과 같이 부스트 컨버터의 입력 임피던스를 포함한 등가회로를 해석할 필요가 있다.<sup>[1][2]</sup>

### 2.2 등가회로 분석

컨버터의 제어기 설계 및 안정도 분석을 위해서는 컨버터의 전달함수 식이 필요하다. 이때 전달함수를 얻기 위해서 동적 평형상태에서의 동작 점을 기준으로 비선형 시스템을 선형화하여 전달함수를 구하는 방법인 State Space averaging 방법을 이용한 소신호 모델링 기법을 적용하여 전달함수  $G_{id}$ 를 계산하였다.

$$G_{id} = \frac{\hat{I}_L}{\hat{d}} = \frac{\frac{V_{sa}}{L}s - \frac{V_{sa}}{LC}\left(\frac{1}{R_{sa}} - \frac{1}{Z_{boost}}\right) - \frac{DI_L}{LC}}{s^2 - \frac{s}{C}\left(\frac{1}{R_{sa}} - \frac{1}{Z_{boost}}\right) + \frac{D^2}{LC}} \quad (1)$$

식 (1)은 부스트 컨버터의 입력 임피던스를 포함한 충방전기의 전달함수 식이다. 제어기 설계 및 안정도 분석에 Bode Plot을 이용하기 위해 라플라스 변환으로 계산을 하였다.

### 2.3 시뮬레이션

위에서 계산한 전달함수의 검증을 위해서 MATLAB을 이용하여 전달함수의 Bode Plot을 나타낸 뒤 이를 실제 시스템의 모의 시뮬레이션 프로그램인 PSIM과의 비교를 통하여 이를 검증하였다. 시뮬레이션을 위한 소자의 값은 표 1을 통하여 나타내었다 <sup>[1][2]</sup>

$L$	1.4[mH]	$V_{sa}$	160[V]
$C$	2200[uF]	$V_{battery}$	80[V]
$R_{sa}$	50[Ω]	$f_{sw}$	50[kHz]

표 1 충방전기의 소자 값

그림 4와 그림 5는 두 가지 프로그램의 Bode Plot의 결과를 비교한 사진이다. 오른쪽은 PSIM 시뮬레이션의 결과이고 왼쪽은 식 (1)을 MATLAB으로 그린 결과이다. 두 그림을 비교하였을때 결과가 같음을 알 수 있다. 또한 부스트 컨버터의 입력 임피던스가 추가됨으로써 부스트 컨버터의 소자 값에 따라서

전달함수의 변화가 발생되었다. 이를 통하여 부스트 컨버터의 입력 임피던스의 영향에 따라 전달함수의 변화를 관찰하였고 이는 충방전기의 제어기를 설계할 경우 영향을 줄 수 있는 것을 확인 하였다. 따라서 충방전기를 설계할 경우 부스트 컨버터의 입력 임피던스를 고려해야 한다.

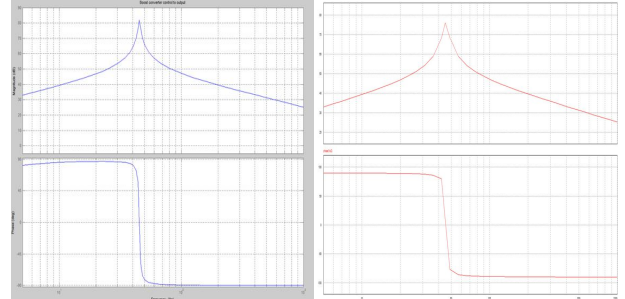


그림 4 부스트 컨버터의 입력임피던스를 포함하지 않는 충방전기 전달함수

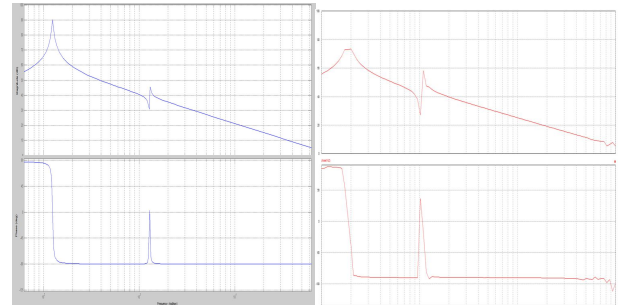


그림 5 부스트 컨버터의 입력임피던스를 포함하는 충방전기 전달함수

## 3. 결론

본 논문은 에너지 저장장치를 포함한 전력조절장치에서 충방전기의 제어기를 설계할 때 부스트 컨버터의 입력임피던스가 전달함수에 미치는 영향에 대하여 검증했다. 부스트 컨버터의 입력 임피던스가 충방전기에 병렬로 연결하여 소신호 모델링을 통해 전달함수를 계산할 경우 부스트 컨버터가 영향을 준다는 것을 확인했다. 이로서 충방전기의 제어기를 설계할 경우 부스트 컨버터의 입력 임피던스의 영향을 고려해야 한다.

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업지원을 받아 수행된 것임(N0.2010 0025674).

## 참고 문헌

- [1] An Yeol Jung, "PWM Control Technique and Performance Analysis for DC Link Ripple Reduction Integrated Converter Photovoltaic Systems" 2010 Power Electronics Annual Conference, pp70~71.
- [2] Sun Jae Park, "Influence of the parasitic Resistance of the Boost Converter on the Charger/Discharger Controller Design for Renewable Energy System" 2011 Power Electronics Annual Conference, pp344~345.