

# 저용량 발전 및 에너지 저장 시스템 시뮬레이션 모델 개발 및 분석

이주영, 이재석  
 전북대학교

## Development and analysis of a low capacity energy storage system simulation model

Jooyoung Lee, Jae Suk Lee  
 Jeonbuk National University

### ABSTRACT

본 논문은 에너지 절약을 위한 특정 상업용 에너지 저용량 에너지저장시스템 모델 개발 및 연구를 수행하였다. 저용량 에너지저장시스템은 피트니스센터의 스피닝 기계에의 적용을 목적으로 하고 있으며 제안하는 시스템은 BLDC모터, Rectifier, DC-DC Coverter, Controller, Battery 로 구성되어 있다. 본 논문에서는 각 구성요소간의 직병렬 연결을 통하여 저용량 에너지저장시스템의 효율적인 운영방안을 제시한다. 제안하는 저용량 에너지저장시스템은 시뮬레이션을 통하여 모델링 및 결과 분석을 진행하였다.

### 1. 서론

급격한 경제성장 및 기술발전으로 인하여 지구는 현재 많은 환경문제들로 고통받고 있다. 2019 입소스 코리아의 ‘환경문제에 대한 글로벌 조사 결과’에 따르면 현재 세계적으로 심각한 환경문제는 지구온난화와 기후변화(37%), 대기오염(35%), 쓰레기 처리(34%), 수질오염(25%), 산란 벌목(24%), 천연자원 고갈(22%) 순으로 조사되었다. 우리나라는 국민 70% 이상이 ‘대기오염’에 대한 우려가 가장 높은 것으로 나타났다.<sup>[1]</sup>

이러한 환경문제에 대한 국민들의 관심이 높아지면서 국민들의 인식이 바뀌고 있고, 정부 차원에서도 다양한 정책들을 만들어 내고 있다. 그 중, 신재생 에너지 3020정책은 2030년까지 신재생 에너지 발전 비중을 20% 수준으로 향상시키는 정책이다.<sup>[2]</sup> 신재생에너지 및 스마트 그리드와 더불어 관심을 받고 있는 것이 에너지저장시스템, ESS(Energy Storage System)다. 태양광, 풍력, 등의 신재생에너지를 통해 발전된 전력을 ESS에 미리 저장했다가 필요한 시간대에 사용할 수 있기 때문에 더욱 효율적으로 전력망을 운영할 수 있다. 일반적으로 ESS는 전력망에 이용되고 있었지만 최근에 가정에서 이용할 수 있는 소용량 ESS가 개발되고 있는 추세이다. 예를 들면, Panasonic의 HEMS(Home Energy Management System)은 도시가스로부터 추출한 수소와 공기 중 산소와의 반응으로 전기를 생산하고, 생산된 전기를 ESS에 저장하여 가정에 사용할 수 있는 시스템이다. Siemens의 Junelight Smart Battery는 태양과 바람에 의해 발생하는 전기를 지능적으로 저장시키며 필요할 때마다 사용할 수 있게 해준다.

본 논문은 실생활에서 쉽게 접할 수 있는 가정용 ESS처럼 피트니스센터에서 사용할 수 있는 특정 상업용 ESS를 설계하였다. 피트니스센터에서 흔히 볼 수 있는 스피닝 자전거를 이

용하여 전기를 생산하고 배터리에 저장시켜 재사용하는 시스템이다. 본 시스템의 3상 BLDC 모터, Rectifier, DC-DC converter, controller, battery로 구성되어있다. 본 논문에서는 피트니스센터에서 사용할 수 있는 소용량 에너지저장시스템의 시뮬레이션 모델을 개발하였으며 시뮬레이션을 통해 시스템의 효과 및 영향에 대해 분석하였다.

### 2. 소용량 에너지저장시스템 시뮬레이션 모델

BLDC를 통해 발전된 전압을 정류기를 통해 정류된 전압이 이상적이라는 가정하에 DC-DC converter의 입력을 직류전압원을 사용하였다. [그림 1]은 직렬 연결된 3개의 DC-DC Boost Converter를 보여준다. 같은 방식으로 3개의 DC-DC Boost Converter를 병렬연결하는 것이 가능하다. 3개의 스피닝 자전거가 직렬 또는 병렬 연결된 예를 보여준다.

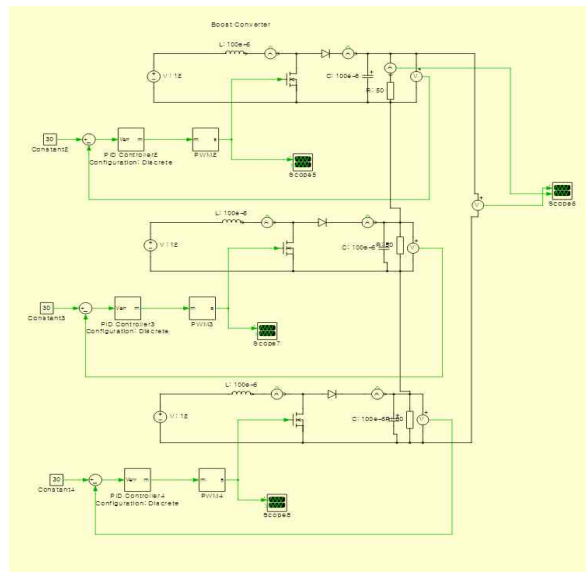


그림 1 . DC-DC converter 직렬연결에서

#### 2-1 직렬, 병렬연결 Simulation 결과

직렬 연결하였을 경우 [그림 2]와 같이 전압은 90[V], 전류는 1.2[A]가 출력되었고, 병렬 연결하였을 경우 그림 3과 같이 전압은 30[V], 전류는 3.6[A]가 출력되었다. 이를 통해, 직렬 연결하였을 경우 전압이 커지고 전류는 일정하며, 병렬 연결하였을 경우 전압은 일정하고 전류가 커지는 것을 확인하였다.

사용되는 배터리의 전압 및 전류 사양에 따라 스피닝 자전거의 직병렬 연결을 통하여 효과적인 에너지저장시스템을 구성할 수 있다.

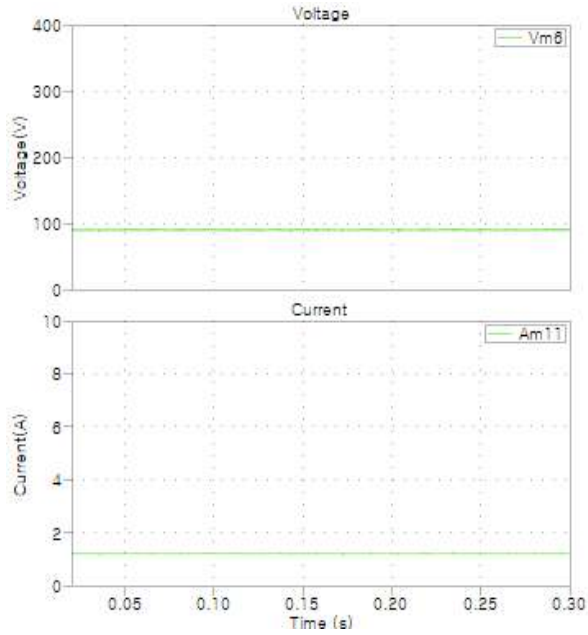


그림 2. 3개의 DC-DC 컨버터 직렬연결 Simulation 결과

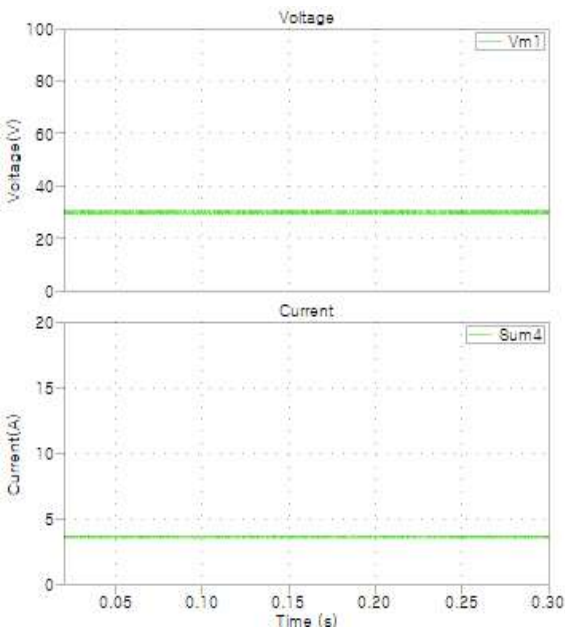


그림 3. 3개의 DC-DC 컨버터 병렬연결 Simulation 결과

## 2-2 규모에 따른 전력 생산량과 저감할 수 있는 비용

[표1]은 스피닝 자전거 개수, 이용시간별 충전시간, 전력용량, 절약된 요금을 나타내는 표이다. 시스템 구성은 배터리의 용량을 60kWh (300V, 200Ah)로 가정하였다. 1일, 5시간, 한 달 20일 기준 총 100시간을 가정하였을 경우 한 달 동안 발전시켜 저장할 수 있는 전력용량과 1일, 10시간, 한 달 20일 기준 총 200시간을 가정하였을 경우 한 달 동안 발전시켜 저장할 수 있

는 전력용량을 계산하였다. 절약 요금은 ESS 시스템을 비교적 전기요금에 비싼 저녁 시간에 이용하였을 경우, 기본요금(kW당 6,490원) + 저녁요금 (kW당 84.5원) + 부가가치세 0.1% + 전력산업기반금 0.037%를 적용한 금액이다.

표 1. 피트니스센터 규모에 따른 전기요금절약 예시

| 스피닝 자전거 개수   | 10대      | 20대                                          |
|--------------|----------|----------------------------------------------|
| 스피닝 자전거 연결   | 10대 직렬연결 | 10대 직렬(1)<br>10대 직렬(2)<br>직렬(1), 직렬(2)를 병렬연결 |
| 1대당 출력전압     | 30V      | 30V                                          |
| 이상적인 출력전압    | 300V     | 300V                                         |
| 충전전류         | 12A      | 24A                                          |
| 충전시간         | 16.02h   | 8.01h                                        |
| 전력용량 5h/day  | 37.4kWh  | 74.8kWh                                      |
| 전력용량 10h/day | 74.8kWh  | 149.6kWh                                     |
| 절약요금 5h/day  | 320,423원 | 640,846원                                     |
| 절약요금 10h/day | 640,846원 | 1,119,786원                                   |

## 3. 결론

스피닝 자전거를 직렬로만 연결하면 충전전압이 너무 커지고 충전전류가 상대적으로 작아 충전시간이 오래 걸리게 되고, 병렬로만 연결하면 전류가 커서 충전시간이 짧게 걸리지만, 충전전압을 만족하기 어려워진다. 따라서 전체적인 시스템의 최종 연결은 피트니스센터의 규모에 따라 직-병렬을 함께 사용하여 결정된다. 이는 단순히 경제적인 측면만 볼 것이 아니라 신재생에너지를 사용함으로써 화석연료를 사용하여 생산되는 전기에너지를 줄여 환경오염을 줄일 수 있다.

This research is funded and supported by Jeonbuk National University Smart Grid Research Center [grant number: R18XA04]  
이 논문은 전북대학교 스마트그리드 연구센터 연구비에 의하여 연구되었음

## 참고 문헌

- [1] [https://blog.naver.com/ipsos\\_korea/221520507718](https://blog.naver.com/ipsos_korea/221520507718)
- [2] 재생에너지 3020 이행계획(안), 산업통산자원부, 2017
- [3] Panasonic Home Energy Management System, <https://industrial.panasonic.com/sa/applications/ha/hems>
- [4] Siemens Junelight Brochure, 2019