

# 2MWh급 배터리 및 전기자동차 충전스테이션의 모델링 및 시뮬레이션 연구

김성동 · 김남호\*

부경대학교

## A Study on Modeling and Simulation of a 2MWh-Class Battery and Electric Vehicle Charging Station

Sung-Dong Kim · Nam-Ho Kim\*

Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

### 요 약

제주지역에 설치된 풍력발전기는 이미 제주지역의 공급량을 초과하여, 버려지고 있는 실정이다. 이에 정부는 기술개발 사업을 통해 2MWh급 ESS(energy storage system)를 설치하여 버려지는 전력을 충전하고, 전기자동차 충전스테이션에 활용하는 연구를 진행하고 있다. 본 논문에서는 2MWh급의 ESS를 안정적으로 설치하기 위해, Matlab Simulink를 이용하여 전기자동차 충전 모델과 ESS방전 모델을 모델링하고 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션을 통해, 2MWh급 ESS가 다양한 시나리오에서 안정적으로 동작하는 것을 검증하였다.

### ABSTRACT

The wind power generators installed in the Jeju area have already exceeded the supply in the Jeju area and are being thrown away. Accordingly, the government is conducting research on installing a 2MWh-class ESS(energy storage system) through a technology development project to charge wasted power and use it in an electric vehicle charging station. In this paper, in order to stably install a 2MWh class ESS, the electric vehicle charging model and ESS discharge model were modeled and simulated using Matlab Simulink. Through simulation, it was verified that the 2MWh class ESS operates stably in various scenarios.

### 키워드

ESS, Electric vehicle charging station, Battery, Modeling, Simulink

### 1. 서 론

제주지역의 풍력발전설비 용량은 2019년 말 기준 290MW이고, 전국에 설치된 풍력발전설비 용량은 1,490MW으로 전체의 19%를 차지하고 있다. 또한, 정부의 재생에너지 3020 정책에 하지만, 풍력발전설비 등 신재생 에너지는 에너지생산의 변동성이 매우 높아 전력계통의 불안정 현상을 야기하고 있다. 특히, 제주지역에서는 재생에너지 변동성

으로 인해 전력계통 수용량을 상회하여 전력계통에서 수용하지 못하는 미활용 전력이 지속적으로 증가하고 있으며, 이로 인한 풍력발전 출력제한 횟수 또한 급격히 증가하는 추세이다. 2015년 출력제한 횟수는 3회로 풍력발전량 대비 0.04%에 그치지만, 2020년 출력제한 횟수는 77회로 풍력발전량 대비 3.35%에 달한다. 이에 미활용 전력 활용을 위한 방법으로 수전해 시스템과 ESS(energy storage system)시스템을 구축하는 연구를 정부 연구개발 사업으로 수행하고 있다.

본 논문에서는 안정적인 ESS시스템을 구축하기

\* corresponding author

위한 사전검증으로, 2MWh급 배터리 방전 모델 및 전기자동차 충전 스테이션 모델을 모델링하고 다양한 조건에 따른 시나리오를 선정하여 시뮬레이션 하였다.

### II. 전기자동차 충전기 모델링

전기자동차 충전기 모델은 ESS에서 직류전원을 받아서 자동차 배터리에 충전하는 모델이다. 본 논문에서 구성한 전기자동차 충전기의 모델 구성은 다음 그림 1과 같다.

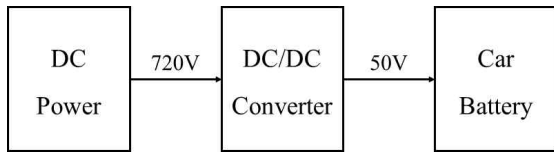


그림 1. 전기자동차 충전기 모델 구성

ESS에서의 직류전압 720V를 입력으로 받고, 이를 자동차 배터리 전압레벨인 50V로 변환하기 위해 DC-DC컨버터를 설치하였다. 자동차 배터리 모델은 50kWh배터리를 기준으로 선정하였다. 이는 제주지역에서 운영되는 전기자동차의 배터리 용량을 분석한 결과, 전기자동차의 배터리 용량은 최소 35.94kWh에서 최대 101.5kWh까지 다양하게 구성되어 있으며, 최근 국내 전기자동차를 기준으로 64.08kWh가 가장 많이 적용된 것으로 분석되었다. 다음 그림 2는 전기자동차 충전기 모델이다.

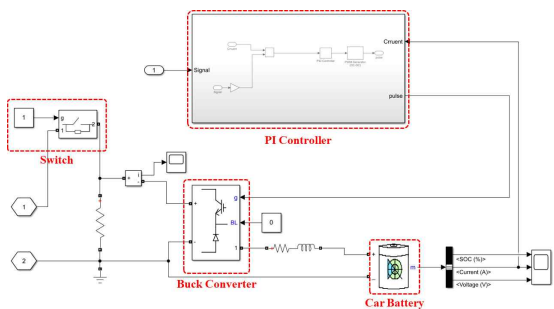


그림 2. 전기자동차 충전기 모델

전기자동차 충전기 모델에서 입력되는 전압은 시나리오 반영을 위해 스위치를 구성하였다. 스위치의 내부저항은  $10^{-4} \text{ ohm}$ 을 갖고, 스누버 저항은  $10^4 \text{ ohm}$ 으로 모델링 하였다. DC-DC컨버터는 전압레벨 720V에서 50V로 변경하는 역할을 하는 회로로 간단한 기능구현이 가능한 벡컨버터로 모델링 하였다. 또한, 일정한 출력전압을 갖도록 벡컨버터의 제어는 PI제어기를 이용 하였다. PI제어기는 다

음 식 (1)과 같다.

$$Y = P + I \frac{1}{s} \tag{1}$$

식 (1)에서 비례상수(P)는 2, 적분상수(I)는 10으로 설정하여, 최단시간에 전압 값이 수렴되도록 모델링 하였다. 전기자동차 배터리 모델은 Matlab Simulink에서 제공하는 배터리 모델을 적용하였으며, 초기 충전된 용량을 20%로 선정하였고, 시뮬레이션 시간을 단축하기 위해 배터리의 온도 및 노화는 제외하였다.

### III. ESS 방전 및 통합시나리오 모델링

ESS 방전 모델링은 Matlab Simulink에서 제공하는 Battery 모델을 이용하여 모델링하였다. 다음 그림 3은 ESS방전 모델을 포함하는 전기자동차 충전 스테이션 모델이다.

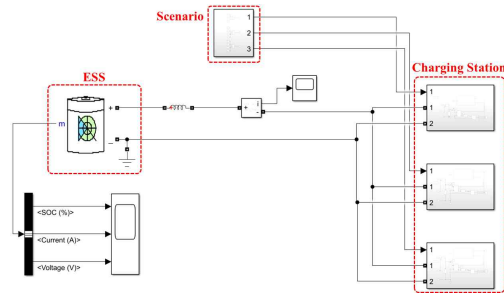


그림 3. 2MWh급 배터리 충전스테이션 모델

ESS방전 모델은 초기 충전상태 90%, 응답속도는 1초, 전압 720V, 전류 2,800Ah로 모델링 하였다. 통합 시나리오는 다양한 조건에서 충전 및 방전상태를 시뮬레이션 할 수 있도록 다음 그림 4와 같이 구현하였다.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6
Charging ①						
Charging ②						
Charging ③						
Time	10 seconds	10 seconds	2 seconds	3 seconds	10 seconds	5 seconds
Note	Charge 1 vehicle	Charge 3 vehicle	Charge 2 vehicle	Charge 0 vehicle	Charge 3 vehicle	Charge 0 vehicle

그림 4. 통합시나리오 조건

첫 번째 시나리오는 10초 동안 차량 1대가 1번 스테이션에서 충전을 하고, 두 번째 시나리오에서

는 차량 3대가 10초 동안 충전을 하도록 하였다. 세 번째 시나리오에서는 2번, 3번 스테이션에서 차량 2대가 2초 동안 충전을 하고, 네 번째 시나리오에서는 3초 동안 모든 차량의 충전을 중지 한다. 다섯 번째 시나리오에서는 두 번째 시나리오와 동일하게 차량 3대가 동시에 10초 동안 충전을 하도록 하였다. 마지막으로 여섯 번째 시나리오에서는 5초 동안 충전을 중지 한다.

#### IV. 시뮬레이션 결과

통합시나리오에 따른 ESS 방전 SOC는 다음 그림 5와 같다.

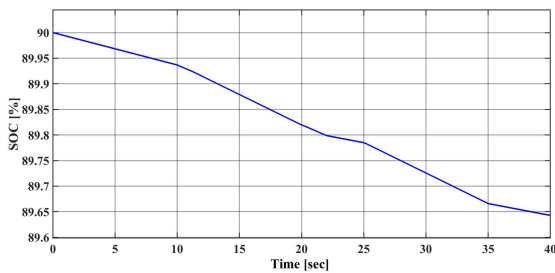


그림 5. ESS 방전 SOC

ESS 모델은 초기 SOC값 90%를 갖고, 통합시나리오가 진행된 후 40초 지점에서는 약 89.64% 값을 갖는다. 통합시나리오에 따라 차량 한 대가 충전하는 구간인 0~10초에는 6.3%/sec 속도로 방전되고, 3대가 동시에 충전되는 구간에서는 11.9%/sec t 속도로 방전되었다. 또한, 충전을 하지 않는 구간에서는 4.6%/sec 속도로 방전되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 충전스테이션의 내부회로에 의해 방전이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. ESS 방전의 전압 값은 다음 그림 6과 같다.

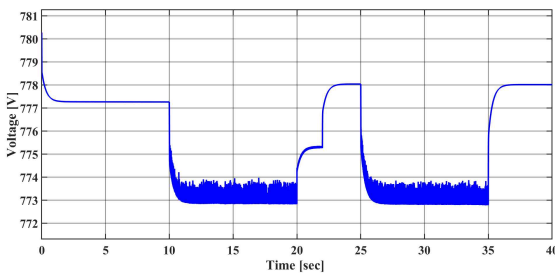


그림 6. ESS 방전 전압

차량 한 대가 충전하는 0~10초 구간은 안정적으로 전압을 유지하고 있으나, 차량 세대가 충전하는

구간인 10~20초, 25~35초 구간에서는 전압이 773V~774V사이에서 매우 불안정해지는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 차량의 충전 수에 따라서 전압드롭이 발생되었다. 차량이 한 대 충전 할 때에는 777.3V를 유지하고, 두 대가 충전 할 때에는 775.3V를 갖는다. 마지막으로 세 대가 충전 할 때에는 773V~774V 값을 갖는다.

#### V. 결론

제주지역 풍력발전기의 미활용 전력은 계속적으로 증가하고 있는 추세이며, 이에 풍력발전기의 전력활용을 위해 수전해시스템 및 ESS 구축은 조속히 진행되어야 하는 국가사업이다. 본 논문에서는 ESS의 안정적인 구축을 위해, Matlab Simulink를 이용하여, ESS 시스템에 대해 사전에 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션 진행결과 차량 두 대가 ESS의 전력을 충전 할 때에는 안정적인 전압 레벨을 유지하였지만, 세 대가 충전 될 때에는 전압이 불안정해지는 것을 시뮬레이션 결과로 확인할 수 있었다. 이에 안정적으로 ESS의 전력활용을 위해서는 DC-DC컨버터의 추가적 회로 보완이 진행되어야 할 것이다.

#### References

- [1] S. Koichi, M. Syunichi and K. Masanori, "Development of the Hybrid Tugboat System," *IHI Engineering Review*, Vol. 48, No. 1, pp. 23-28, 2015.
- [2] Y. C. Lee, J. S. Kim and B. G. Jung, "A study on improvement of the control performance of the automatic voltage regulator of a brushless synchronous generator," *Journal of Advanced Marine Engineering and Technology*, Vol. 38, No. 7, pp. 909-915, Sep. 2014.
- [3] Aya M. Elsherbiny, Adel S. Nada, Mohammed Kamal, "Smooth transition from grid to standalone solar diesel mode hybrid generation system with a battery," *International Journal of Power Electronics and Drive System*, Vol. 10, No. 4, pp. 2065-2075, Dec. 2019.
- [4] W. J. Lee, H. J. Lee, H. C. Chag, "Modeling and Experiment of 50kW Diesel Generator in Grid-connected Mode," *The Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol. 63, No. 10, pp. 1347-1353, Oct. 2014.