

Cloud server 기반 ESS 운영 사이트 내 운용 데이터 수집 및 상태 추정을 위한 건전성 지표 선정 연구

이재형*, 김민혁*, 강은진*, 이미영*, 김종훈*
충남대학교*

wogud6136@naver.com, eunjini0716@gmail.com, rlaalsgur168@naver.com, yoy0307@naver.com,
whdngns0422@cnu.ac.kr

A Study on the Selection of Health Indicators for Status Estimation of Lithium-ion battery based on Collection of ESS operational data within the Cloud server-based ESS operations site

Jaehyeong Lee*, Eunjin Kang*, Minhyeok Kim*, Miyoung Lee*, Jonghoon Kim*
Chungnam University*,

요약

본 논문은 실제 운영 ESS 데이터와 연동 가능한 Cloud server를 기반으로 약 10개월동안 매 일자별 운용 전류/전압 데이터를 수집하였으며, ESS의 수명 거동 예측을 위해 건전성 지표를 선정하는 연구를 진행하였다. 총 3개의 건전성 지표를 선정하였으며 하루 간격으로 수집한 데이터에 적용하여 약 10개월 동안의 변화 경향을 분석하였다. 그 결과 선정된 건전성 지표가 선형적으로 증가 및 감소하는 경향이 나타남을 확인하였으며 이를 수명을 대변할 수 있는 인자로 선정하였다.

I. 서론

탄소 중립화 달성 등 친환경 정책의 일환으로 전기자동차(Electric vehicle; EV), 에너지저장장치(Energy storage system; ESS)와 같은 리튬이온 배터리를 동력원으로 하는 어플리케이션 시장이 성장하고 있다[1]. 특히 ESS의 경우, 친환경 에너지원의 발전량 충전 기반 저장 및 방전 기반 에너지 사용 등 필요할 때 적재적소에 맞춰 에너지를 제공할 수 있어 유연한 에너지 시장 활용이 가능하다[2]. 하지만 ESS의 동력원인 리튬이온 배터리는 사용에 따라 노화되기 때문에 적절한 수명 예측을 통해 배터리의 교체 및 위험성 평가가 필수적이다. 한편, 수명 예측 고도화를 위해 연산량이 높은 알고리즘 적용이 필요하며, 이를 위해서는 단순 배터리 관리 시스템(Battery management system; BMS) 내 연산으로는 한계가 있다. 따라서 고도화된 수명 예측 알고리즘 적용을 위해 ESS의 BMS 데이터와 연동 가능한 Cloud server 등의 구축이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 ESS의 BMS 데이터와 연동 가능한 Cloud server를 구축하여 실제 운영되고 있는 ESS 데이터를 수집할 수 있는 플랫폼 기반 수명 예측 알고리즘에 적용 가능한 건전성 지표를 선정하였다.

II. 본론

본 연구에서는 배터리 수명 예측을 위한 건전성 지표로 충전 구간 및 방전 구간의 전류/전압 영역 내 도출 가능한 인자들을 선정하였으며, 오프라인이 아닌 온라인 기반 실시간 운영 데이터를 수집하여 건전성 지표를 도출하였다. 실시간 ESS 운영 데이터 수집 환경은 Modbus 통신 프로토콜을 적용한 Cloud server이며, 본 연구에서는 Python 기반 Cloud server에 접근해 1일 간격 데이터를 수집하여 건전성 지표를 도출하였다. 이에 대

한 내용을 그림 1에 나타내었다. 본 연구에 적용한 태양광 ESS(Photovoltaic ESS; PV-ESS)는 기상 환경에 영향을 많이 받기 때문에 전체 전압 영역 데이터를 확보하지 못할 경우를 대비해 일부 전압 구간을 선정해 건전성 지표를 도출하였다. 선정된 건전성 지표 기준으로는 PV-ESS에 적용되는 21700-33j 배터리를 기반으로 수명과 상관성이 높은 건전성 지표를 선정하였으며 이를 그림 2에 나타내었다.

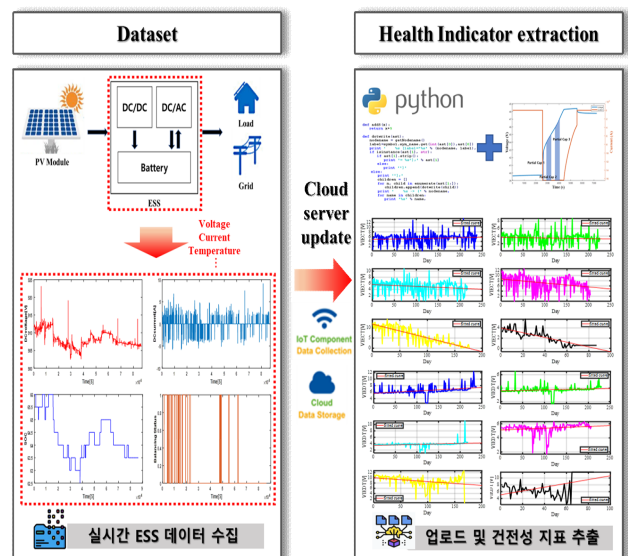


그림 1 Cloud server 내 ESS 데이터 수집 기반 건전성
지표 추출 흐름도

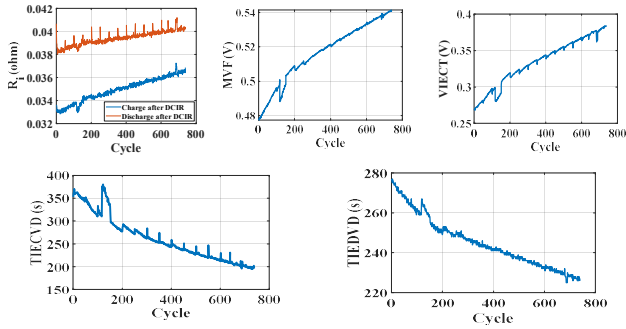


그림 2 21700-33j 배터리 기반 선정된 건전성 지표

Cloud server 기반 1일 단위 ESS 운용 데이터를 수집하였으며, 2022년 3월 1일 운영한 ESS의 전류 및 전압 데이터를 그림 3에 나타내었다. 본 연구에서는 2022년 3월 1일부터 2022년 12월 30일까지 해당 일자별 수집한 전류/전압 데이터를 기반으로 선정된 건전성 지표의 적용 가능성을 검토하였다. 적용한 건전성 지표의 ESS 운영 영역은 SOC 20% - SOC 70% 구간까지 10% 간격으로 구간을 설정하였으며, 전체 ESS 및 ESS를 구성하고 있는 Rack 단위별로 건전성 지표를 도출하였다. 본 연구에서 선정된 건전성 지표는 동일 충(방)전 시간 간격 동안 전압 변화량(Voltage interval equal (dis)charge time difference; VIEC(D)TD), 평균 전압 강하량(Mean voltage falloff; MVF), 동일 충(방)전 전압 변화량에 따른 소요 시간(Time interval equal (dis)charge voltage difference; TIEC(D)VD)이며, 동일한 시간 및 전압 간격 동안 변화한 전압 변화량 및 시간 변화량을 통해 전압 강하 및 용량 감소량을 대변하여 노화 경향을 나타내었다. 그림 4-6에 SOC 영역별 선정된 건전성 지표를 적용하여 ESS가 운영된 일자별 변화하는 경향을 나타내었다. 그림 4의 경우, TIECVD 및 TIEDVD를 나타내었으며, 충전 및 방전 구간에서 선형적으로 증가 혹은 감소하는 경향이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 5는 SOC 20% - 70% 구간에서 10% 간격별 VIECTD를 나타내었으며, SOC 50% - 70% 구간에서 선형적으로 변화하는 경향을 확인할 수 있다. 따라서 이러한 선형적인 구간은 노화와 연관성이 있음을 나타낼 수 있다. 마지막으로 그림 6은 ESS를 구성하고 있는 Rack 단위별 MVF 결과를 나타내었으며 이 결과 역시 선형적으로 증가 혹은 감소함을 나타낸다. 즉 본 연구에서 선정된 3건의 건전성 지표는 배터리 수명 예측의 인자로서 적용 가능함을 확인할 수 있다.

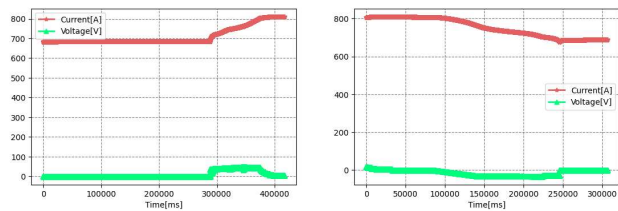


그림 3 2022년 3월 1일 수집한 ESS 운용 데이터

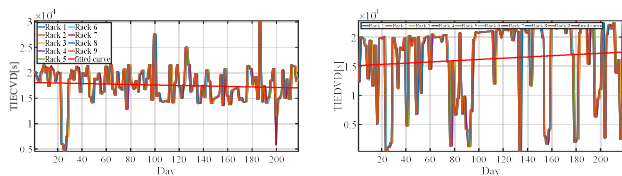


그림 4 2022년 3월 1일 - 2022년 12월 30일까지의 ESS Rack 단위별 TIECVD 변화 경향

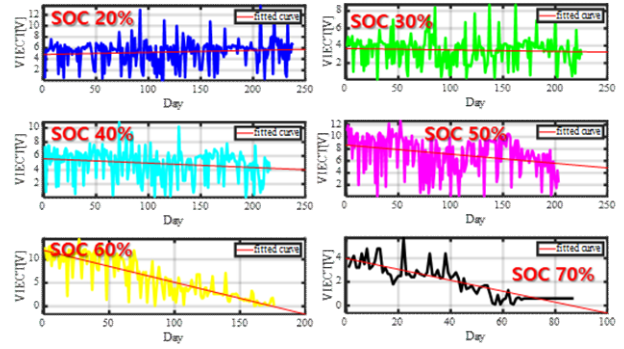


그림 5 2022년 3월 1일 - 2022년 12월 30일까지의 SOC 20%-70% 구간 내 10% 별 VIECTD 변화 경향

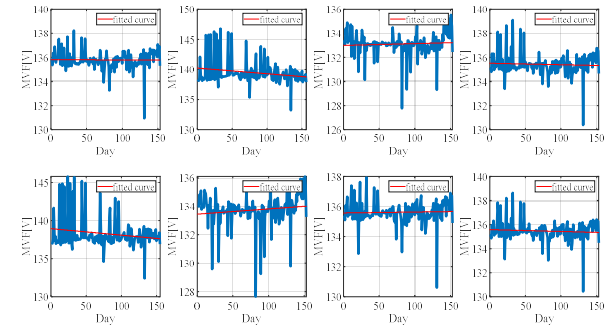


그림 6 2022년 3월 1일 - 2022년 12월 30일까지 ESS Rack 단위별 MVF 변화 경향

III. 결론

본 논문에서는 Cloud server 내 저장된 실시간 ESS 운용 데이터를 1일 간격으로 수집하여 일별 배터리 노화와 관련된 건전성 지표를 적용하여 수명 예측 연구에 활용하고자 하였다. 선정된 3개의 지표 모두 ESS 운영 일자에 따라 선형적으로 증가 또는 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서 해당 건전성 지표는 실 운영 ESS의 노화를 대변할 수 있는 인자로 정의할 수 있고, Cloud server를 기반으로 실시간 ESS의 노화도를 확보할 수 있다고 판단하였다. 향후 연구로는 실제 선정된 건전성 지표를 기반으로 수명 예측 알고리즘을 적용하여 실시간 ESS 수명 추정을 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업기술평가관리원의 재원으로 오토실리콘(No. 200116167, 전기자동차 배터리의 내부 상태, 폭발 위험, 잔존 수명, 교체 시기를 예측하는 배터리 안전 진단 시스템 (BDS) SoC 개발)과 효성중공업의 산학협동 과제(LFP 배터리의 시스템 단위 열화예측 알고리즘 개발)의 재원을 받아 수행된 연구입니다.

참고 문헌

[1] YUN, Liu, et al. An integrated framework for minimization of inter lithium ion cell temperature differences and the total volume of the cell of battery pack for electric vehicles. *Energy Storage*, 2019, 1.2: e41.

[2] ZUBI, Ghassan, et al. The lithium-ion battery: State of the art and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, 89: 292-308.