

# 전기 자동차 배터리 수명 예측을 위한 최적화 기법 기반 열화 모델 설계

김재원<sup>1)</sup> · 박진형<sup>1)</sup> · 문태석<sup>1)</sup> · 김종훈<sup>\*1)</sup>

충남대학교 에너지저장변환연구실<sup>1)</sup>

## Optimal Battery Aging Model for Prediction of Electric Vehicle Battery System Health

Jaewon Kim<sup>1)</sup> · Jinhyeong Park<sup>1)</sup> · Taesuk Mun<sup>1)</sup> · Jonghoon Kim<sup>\*1)</sup>

Energy Conversion Storage Conversion Lab., Chungnam National University<sup>1)</sup>

**Key words** : Electric vehicle(전기 자동차), Lithium-ion battery(리튬이온 배터리), Peukert's law(Peukert의 법칙), Arrhenius equation(아레니우스 방정식), Optimal aging model(최적 열화 모델)

\* 김종훈, E-mail: whdgns0422@cnu.ac.kr

리튬이온 배터리는 무공해, 높은 에너지/출력 밀도 및 우수한 수명 특성과 같은 장점으로 에너지 저장 시스템 및 전기 운송의 동력원을 위한 에너지 변환 해결책이 되었다. 하지만, 지속적인 충/방전 동작으로 배터리는 저항 증가 및 용량 감소의 열화 현상을 보이며 결과적으로, 배터리 시스템 성능 저하의 원인이 된다. 이에 따라 전기 자동차 배터리 시스템 열화에 따른 효율적인 운용을 위해 리튬이온 배터리의 수명 상태(State-of-health; SOH) 추정 및 잔여 수명(Remaining useful life; RUL) 예측 연구의 중요성이 대두되고 있다. 일반적으로 SOH 추정은 정격 용량 대비 현재 잔존 용량의 비율로 정의되며, RUL 예측은 현재 시점에서 배터리 수명 임계점까지의 잔여 시간으로 정의된다. 이에, 두 가지 상태 진단 기술은 시간 관점에서 단기 수명 상태와 장기 수명 상태로 표현된다. 하지만, 각각의 기술은 전기 자동차 운용 과정에서 도출하기 어려운 잔존 용량 지표로 판단하고 있다. 따라서, 측정 가능한 전류 기반 배터리의 열화를 반영한 모델 정립이 필수적이다.

본 논문은 열화에 따른 배터리의 전류를 측정하고 입력 전류에 따른 용량 감소 예측을 위해 모델 정립 연구로 진행되었다. 배터리 열화 실험은 완전 충전과 완전 방전을 반복하는 사이클 열화 실험으로 진행되었으며, 실험을 위해 전기 자동차에 사용되는 양극 소재가 NMC(Nickel manganese cobalt)인 배터리를 사용하였다. 이를 기반으로, 전류 변화에 따른 용량 변화를 나타내기 위해 Peukert 법칙을 사용하였다.

배터리 열화에 기인하는 파라미터는 대표적으로 SOC(State-of-charge), 온도, 전류 크기이다. 특히, 전기 자동차의 경우 SOC 범위가 고정되어 있어 부하 및 환경 조건에 따라 전류 및 온도에 대한 영향에 배터리는 수동적으로 운용된다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 특성을 반영할 수 있는 Arrhenius 방정식 기반 열화 모델 설계를 진행하였다. 또한, 열화 모델 설계 고도화를 위해 무어-펜로즈 유사 역행렬(Moore-Penrose pseudo matrix) 기반 최적화 기법을 사용하여, 전류 입력에 따른 최적 용량 감소 결과를 도출하였다. 이를 통해 전기 자동차 배터리 시스템의 최적 수명 및 열화 예측 성능을 검증하였다.

후기 : 본 연구는 산업기술평가관리원(KEIT) (No. 20015572) 및 한국전력 공사의 2021년 선정 기초연구개발 과제 연구비 (R21XO01-9)에 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.