

전기자동차 배터리의 간접 수냉식과 액침냉각 방식에 대한 냉각성능 비교

황성국*, 레 득 타이*, 박정수*, 박진혁*, 방유마*, 이무연*
*동아대학교 기계공학과
e-mail:mylee@dau.ac.kr

Comparison of Cooling Performance between Indirect Liquid Cooling and Immersion Cooling for Cylindrical Battery Module of Electric Vehicle

Seong-Guk Hwang*, Le Duc Tai*, Jung-Su Park*, Jin-Hyeok Park*, You-Ma Bang*, Moo-Yeon Lee*
*Dept. Mechanical Engineering, Dong-A University

요약

본 연구에서는 전기자동차용 원통형 배터리 모듈의 액침 냉각과 직접 수냉식에 따른 냉각성능을 수치적으로 비교하였다. ANSYS Fluent로 열유동 해석을 수행하였으며, 모듈의 최고 온도와 온도 편차를 확인하였다. 냉각관 조건, 입구 유량, 방전율에 따른 해석 결과, 간접 수냉식과 액침 냉각 배터리 모듈 비교 시 냉각성능은 액침냉각 방식, 좌우 냉각관 수냉식, 간접 상하 양면 수냉식 순으로 높은 것으로 확인되었다.

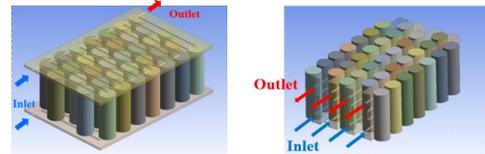
1. 서론

전기자동차의 주 에너지원인 리튬이온배터리(LiB)의 성능은 온도에 의존적으로 최적 작동 온도는 25 °C이고, 배터리간 온도편차는 최대 5°C가 넘지 않아야 한다. 배터리가 열적으로 안정적이지 못하면 열폭주로 이어질 가능성이 있으며, 이는 심각한 재산적·인명적 피해를 초래한다. 따라서 배터리의 고성능화, 안전성, 신뢰성 확보를 위해 배터리 열관리 시스템(B-TMS, Battery Thermal Management System)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

현재 배터리 냉각에는 간접 수냉식이 주로 적용되고 있으나, 점차 증가하는 배터리 발열량을 효과적으로 방열하기 위해 차세대 열관리 시스템이 필요한 상황으로, 그중 배터리를 직접 냉각시키는 액침냉각 방식이 새롭게 주목받고 있다. 이에 본 연구에서는 전기자동차 배터리 모듈에 대하여 간접 수냉식과 액침냉각의 냉각성능을 수치적으로 비교하였다.

2. 해석 방법

배터리 열유동 해석에는 ANSYS Fluent 소프트웨어를 사용하였으며, 전기화학-열유동 연성해석을 위해 NTGK MSMD 모델을 적용하였다. 배터리는 21700 규격의 원통형 셀을 사용하였으며, 5S7P 사양의 배터리 모듈에 대한 해석을 수행하였다.



[그림 1] 배터리 간접 수냉식 및 액침냉각 해석 모델링

3. 결과 및 결론

해석 결과, 1 C-rate 방전 조건 및 3 LPM 유량 조건에서 액침 냉각 모듈의 최고 온도와 온도 균일도는 각각 27.28 °C와 2.28 °C로 적정 작동 온도 이내를 충족하였으며, 냉각성능은 액침냉각 방식, 좌우 냉각관 수냉식, 간접 상하 양면 수냉식 순으로 높은 것으로 확인되었다.

Acknowledgement

이 성과는 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원(No. P177000006) 및 한국산업기술평가관리원(No. 20024894)의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

[1] Le Duc Tai et al., "A review on advanced battery thermal management systems for fast charging in electric vehicles", Batteries, Vol. 11, Issue. 2, 59, February, 2025.