

배터리 정밀평가 장비의 전력변환부 발열 특성 해석을 통한 전력변환부 최적 설계

한태경*, 진태환*, 이인준*, 조경철*, 심재술**, 주성남***

*한국섬유기계융합연구원

**영남대학교 기계공학부

*** (주)인텍에프에이

e-mail:tkhan@kotmi.re.kr

Optimal Design through Analysis of Heat Generation Characteristics of Power Transducer Module in Precision Evaluation Equipment of Battery

Tae-Gyeong Han*, Tae-Hwan Jin*, In-Jun Lee*, Kyung-Chul Cho*,
Jae-Sool Shim**, Sung-Nam Ju***

*Korea Textile Machinery Convergence Research Institute

**School of Mechanical Engineering, Yeungnam University

***INTECH FA

요약

본 논문에서는 3kW급 배터리 충방전기의 고효율 최적 설계를 위한 전력변환부 발열 특성 분석 및 냉각 설계를 수행하였다. 해석 조건으로는 일정한 발열값을 가지는 열원(다이오드, 정류기, 인덕터 등)과 고정된 위치를 가지고 강제 공랭식 냉각 환경으로 전산해석을 수행하였다. 외부 온도 조건을 $-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 범위에서 내부의 히트싱크 길이와 간격을 조정하여 내부 합체 온도 증가량이 10°C 이하가 되도록 진행하였으며, 히트싱크 길이와 간격 조건에 따라 결과를 분석하였다. 그 결과, 내부 합체 온도 증가량이 10°C 이하가 되는 만족스러운 조건을 찾았으며 배터리 충방전기 전력변환부의 효율적인 설계를 위한 가이드라인을 제시할 수 있었다.

1. 서론

최근 신재생 에너지 전원 및 배터리 보급이 확대되면서 전력변환 시스템의 고효율화가 중요해지고 그에 따라 운전 환경에 따른 전력변환장치의 내부 열관리가 중요해지고 있다.

충방전 안정성 및 성능 확보를 위하여 전력변환모듈의 온도를 허용 온도 이하로 유지하게 하는 냉각시스템 설계에 대한 연구가 필요하다. 전자장비의 발열을 해결하기 위한 냉각방식으로는 열전달 형태와 냉각매체의 종류에 따라 전도냉각, 자연대류 냉각, 강제대류 냉각, 액체냉각, 상변화 이용 냉각으로 분류되며, 그 중 팬을 이용해 외부의 공기를 강제로 유입시키는 공랭식과 냉각 플레이트에 냉각수를 순환시키는 수랭식이 대표적이다.

본 연구에서는 3kW급 배터리 충방전기 전력변환모듈의 발열 특성 분석을 통해 최적 냉각 설계에 관한 연구를 진행하였으며, 이를 위해, 기본 상태의 발열 해석을 수행하고 열을 효과적으로 방출시킬 수 있는 히트싱크 설계를

통해, 내부 온도 증가량이 10°C 이하가 되는 만족스러운 설계 조건을 도출하였다.

2. 연구방법 및 연구 결과

2.1 연구방법

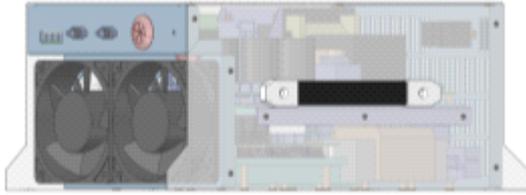
본 연구에서는 유동 해석과 열전달 해석을 위해 ANSYS Fluent를 이용하였다. 실험과의 결과 비교를 위해 비압축성 나비에-스톡스 방정식(Navier-Stokes eq)을 적용하였고 난류유동 해석을 위해 k- ϵ 난류모델을 적용하였다. 에너지 방정식을 적용하여 전도 및 대류열전달 유동을 해석하였다. 해석 모델은 그림 1, 그림 2, 그림 3과 같으며, 해석 조건은 다음 표 1과 같다.

[표 1] 해석 조건

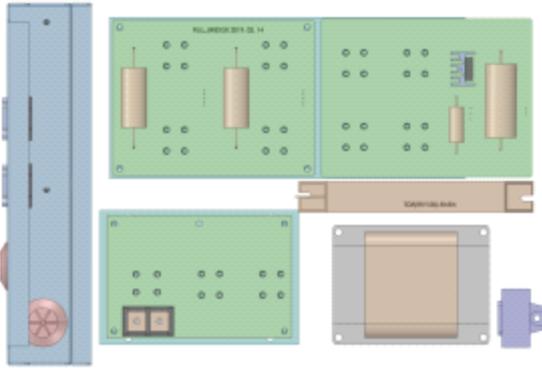
냉각타입	강제 공랭식
외부온도	$-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$
내부 습도	90% (결로 없을 것)

그림에서 보이는 순환팬 2개로 강제 공랭식 냉각을 진행하며, 전력변환모듈 밑에 위치한 히트싱크를 길이

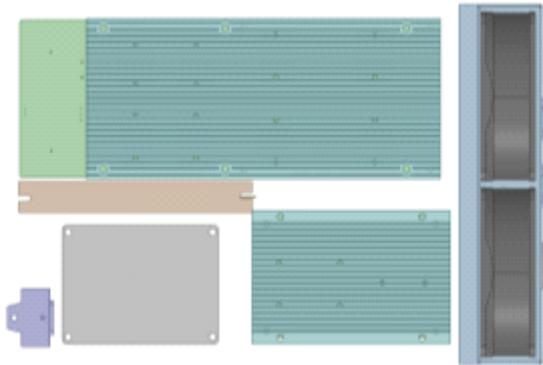
와 간격을 조절하여 내부 온도 증가량이 10°C가 되도록 열전달 해석을 진행하였다.



[그림 1] 배터리 충전전기 모델링



[그림 2] 배터리 충전전기 전력변환모듈 도면



[그림 3] 배터리 충전전기 히트싱크 도면

참고문헌

- [1] 노정훈, “수치해석을 이용한 친환경 자동차용 전력변환장치의 유로 변화에 따른 냉각 성능 예측에 관한 연구”, KSCFE, 2018.
- [2] 조태석, “전기차 초급속충전기 전력변환모듈의 발열특성 분석을 통한 공랭식 냉각시스템 개선”, KAIS, Vol. 24. No. 12 PP. 667-675 2023.
- [3] 조태석, “배터리 모듈 냉각 플레이트의 냉각 성능 예측을 위한 비정상 전산유동해석 및 실험적 연구”, KS, Vol. 45. No. 7 PP. 389-396 2021.

2.2 연구 결과

연구 결과, 히트싱크 길이가 250mm와 140mm, 간격은 2.5mm 일 때가 전력변환부 내부 온도 상승을 10°C 이하로 유지하는 데 가장 효과적인 것으로 나타났다. 다양한 히트싱크 길이와 형상을 비교한 결과, 이 조합이 열전달 성능을 최적화하며, 시스템의 열적 안정성을 확보하는 데 기여하였다. 특히, 히트싱크 간격과 길이의 조절이 열 분포에 중요한 영향을 미쳤으며, 공기 흐름과의 조화가 온도 증가를 최소화하는 데 유리했다. 이를 통해 고출력 충전전기의 열 관리 성능을 개선할 수 있는 방안을 제시하였다.