

바이모달 트램용 리튬폴리머전지팩에 대한 열유동해석

이강원*, 장세기*, 조세현**, 배종민**, 강한국***
 한국철도기술연구원*, 한국화이버**, 동은ATS***

Abstract : The series hybrid propulsion system in bimodal tram consists of CNG engine, generator, inverter, motor and battery as main components. Among them, battery is very important thing to make a hybrid bimodal tram more efficient in driving. Battery pack is composed of 168 LPB(lithium polymer battery) cells, 650Vdc-300A. LPB should be treated with a good consideration in both temperature and overvoltage. This paper had analyzed and investigated the thermal flow and distribution of LPB module(14 LPB cells) and Pack in simulated environments by commercial thermal analysis tool.

1. 서 론

현재 개발되어 시험운행 중인 신에너지 바이모달 트램에서 엔진 동력에 의해 발전된 동력의 저장과 모터 구동시에 동력으로 사용할 배터리 팩은 판형 리튬폴리머배터리(LPБ) 셀이 적층되어 모듈화된 배터리 모듈과 이러한 배터리 모듈 12개를 하나의 함체에 수납한 구조를 갖는다. 배터리 모듈의 경우 셀에서 발생된 열이 전도의 의하여 히트싱크 판과 전원부로 열 확산된 후 유동 팬에 의하여 전원부의 열이, 나머지는 히트싱크의 대류 열전달에 의하여 열 소산이 이루어지며 이 때 열전도 및 대류 열 유동 특성에 따라 셀의 온도분포가 결정된다. 배터리 팩의 경우에는 배터리 모듈이 공기 유동통로를 따라 행과 열로 적층된 구조를 가지고 있기 때문에 도입된 외기가 모듈간의 통로를 통과하는 유동 형태와 유동저항에 의하여 결정되는 유량에 따라 개별적인 배터리 모듈 싱크의 온도를 결정하게 되며 따라서 설치 위치에 따라 개별 모듈의 온도 분포는 달라지게 된다. 따라서 효과적인 방열을 통한 셀의 열적 안정성 파악이 필요하며 이를 위해 배터리 모듈과 팩의 유동 분포의 해석과 모듈의 냉각 특성 해석을 통하여 모듈의 작동 안정성을 파악하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 먼저 배터리 모듈의 발열량을 측정하고자 일종의 열량계를 제작하고 실제 배터리 발열을 통하여 배터리 발열량을 측정하였다. 이를 기초로 배터리 모듈 및 배터리 팩의 열 및 유동을 수치해석적 방법으로 수행하여 배터리의 작동안정성을 파악하고자 하였다. 이를 위해 발열부 위치에 따른 모듈 단위의 해석을 수행하여 실험결과와 비교 분석함으로써 발열위치의 영향을 파악하고 또한 팬의 작동 유무에 의한 배터리 모듈의 열적안정성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 모듈 및 팩의 냉각구조 분석

배터리 모듈은 각 개별적인 셀을 알루미늄 재료의 함체 내부에 적층한 구조이며 전기적으로는 각 셀을 병렬 연결하여 하나의 전원 터미널과 연결되도록 설계 되어 있다. 한편 각 셀에서 충,방전이 반복 되는 동안 발생하는 열을 제거할 목적으로 배터리 팩과 모듈은 열확산판과 팬 등이 설치되어 있다. 먼저 배터리 모듈은 셀의 발생열을 셀 사이에 설치된 열전도 확산판에 의하여 모듈 외향으로 전달된 후 공기에 의하여 소산되는 구조이다. 한편 배터리 모듈 12개를 수납하는 배터리 팩은 이들 모듈에서 발생된 열을 외부에서 도입된 공기에 의하여 제거되도록 공기 유동 통로를 확보한 후 팬을 설치하여 강제 배기하는 구조이며 내부 유입구 온도가 일정하게 유지되도록 공기조화 되는 차량 내부 공간에 덕트의 유입구가 설치되어 있다.

2.2 배터리 발열량 추정

배터리 모듈 1개의 발열량 측정D배터상으로 밀폐공간 내부에 모사발열체를 설치하고 모사 발열체 및 내부 공기가 정상상태에 이를 때의 내 외부 온도차와 폐공간 발열체 부하를 측정함으로써 열부하 변화에 따른 내외부 온도차 변화 특성(≈7.1℃)D배연고 이를 이용하여 배터리모듈의 발열량을 약 130W로 추정하여 모듈 및 팩에 적용하여 를 설치해석을 실시하였다.

2.3 배터리 모듈 및 팩에 대한 열유동 해석

팩에 대한 열유동 해석에 앞서 배터리 모듈을 대상으로 기구적 배치 구조를 고려한 배터리 모듈의 유동 및 열전달 특성을 확인하였고 다음으로 팬의 가동 유무에 따른 열적 특성을 파악하였다. 이러한 특성파악에는 발열위치와 면적을 우선적으로 결정하는 것이 필요하여 발열량 실험과정에서 획득된 실험값에 근사시키는 방법, 즉 발열량을 예상 발열위치와 면적에 적용하여 실험적으로 획득된 히트싱크 및 셀의 온도 분포와 비교하여 비교적 실험값에 접근한 결과를 나타내는 발열부와 면적을 찾아내는 시행착오법을 사용하였다. 배터리 팩의 모듈 적층구조는 유입된 공기가 각 모듈로 균일하게 분배되어 유출하기 어려운 구조이기 때문에 공기의 유동 저항에 의한 압력손실 증가로 강제 대류 팬의 운전 에 있어 유량 감소에 의한 출구 온도 상승과 함께 배터리 모듈의 배치 구조상 공기 유동율이 낮은 위치의 배터리 모듈의 온도 상승을 초래할 수 있으므로 팩 내부의 공기 유동 구조와 특성을 파악하여 배터리 모듈의 위치에 따른 냉각 성능을 확인하였다. 이와 함께 외함의 팬의 작동 상태가 정지 또는 가동 상태 및 배터리 외함 주위는 엔진룸에서 유입되는 70℃의 공기와 접촉하는 조건에서의 내부 유동 및 열적 안정성도 검토하였다.

3. 결 론

배터리 셀의 표면은 열원을 중심으로 열확산이 됨에 따라 강한 온도 분포가 나타나며 셀의 최고 온도는 냉각공기에 비하여 약 25℃상승할 것으로 예측되며 전원부는 약 15-20℃ 상승하는 것으로 파악되었다. 해석결과 실제 배터리 셀의 전원부에서 많은 양의 열이 발생하며 팬의 가동에 의하여 비교적 효과적인 방열이 이루어지는 것으로 판단된다. 이러한 결과로부터 배터리 셀의 전원부 온도 상승방지를 위한 팬의 설치 및 팬 운전 여부의 확인은 배터리 모듈 작동의 안정성을 위해 매우 중요한 사항으로 파악된다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행하는 2009년도 교통체계효율화사업의 지원으로 이루어 졌음에 감사드립니다.