

전기버스용 구동 모터의 성능 및 소음진동 평가

Performance, noise and vibration experiments of the driving motor for an electric bus

김철수† · 김규식* · 김찬중* · 신성영* · 이봉현*

Chulsoo Kim, Kyusik Kim, Chanjung Kim, Sungyoung Shin and Bonghyun Lee

1. 서 론

전기자동차의 구동시스템은 기존 내연기관 자동차의 엔진에 해당하는 구성요소로, 전기 에너지를 이용하여 차량의 주행 성능을 위한 기계에너지로 변환시키는 핵심부품으로써 차량의 운행 목적, 주행로 환경 및 기후 여건 등에 따라 적절한 용량 및 효율이 선정되어야 한다. 전기자동차의 구동시스템은 실제 저속에서부터 고속까지 다양한 회전 운동을 하게 되고, 이에 의해 발생된 소음/진동은 차량의 다른 서브 시스템 및 운전자에 외란으로 영향을 미칠 수 있으므로 구동시스템의 소음/진동 특성 또한 반드시 평가되어야 한다. 선행 연구에서 대상 차량인 전기버스의 주행 성능을 고려한 시뮬레이션을 수행하여 구동 시스템의 최적 요구 성능을 도출하고 감속기어를 포함하는 구동시스템을 개발하였다. 본 연구에서는 개발된 구동시스템 중 구동 모터의 요구 성능을 검증하기 위하여 기계적 성능 및 소음진동 평가 시스템을 구축하여 평가를 수행하였다.

2. 전기 버스용 구동 모터의 성능 분석

2.1 요구 성능 해석

(1) 차량 목표 성능 분석을 통한 요구 성능 해석
전기버스 구동시스템의 요구 성능 분석을 위하여, 최대 주행 속도, 등판 성능을 분석하고, 최종적으로

다양한 주행 사이클(KAIST 문지로, FTP 72, VITO RW BUS VH Turnout, Manhattan)을 고려하여 모터 작동점 분석을 통해 표 1과 같이 구동 모터의 요구 성능을 선정했다.

Table 1 Required Specifications of the driving motor

항 목	사 양
최대 출력 / 정격 출력	200 kW / 120 kW
최대 속도 / 정격 속도	8000 rpm / 2000 rpm
최대 출력 영역	2000 rpm ~ 4000 rpm

2.2 기계적 성능 평가

(1) 개발된 구동 모터 시작품

개발된 구동 모터는 영구자석 동기전동기(IPMSM)로써, 정격 및 최대 출력 120/200kW, 정격 및 최대 토크 573/955Nm (at 2000rpm), 정격 및 최대 회전 속도 2,000/8,000rpm, 최대 효율 94% 이상, DC 입력 전압 500V, 정격 및 최대 상전류는 510/850Arms (at 2,000rpm) 이다. 그림 1은 개발된 구동 모터의 토크-속도 특성 해석 결과를 나타낸 그림이다.

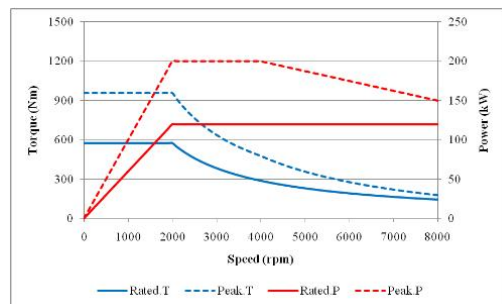


Figure 1 Simulated torque-speed characteristics of the driving motor

(2) 성능 평가 시스템

개발된 구동 모터의 기계적 출력 성능 및 효율을

† 교신저자; 자동차부품연구원 대구경북연구센터 파워트레인연구실

E-mail : cskim@katech.re.kr

Tel : 053-592-8973, Fax : 053-592-3163

* 공동저자; 자동차부품연구원 대구경북연구센터 파워트레인연구실

평가하기 위하여 그림 2와 같이 영구자석 동기 전동기 평가 시스템을 구축하였다. 본 연구에서는 구축된 평가 시스템을 이용하여 무부하 상태에서 전동기 회전수 sweep 시의 진동/소음 특성 평가를 수행하였다.



Figure 2 Experimental setup for the mechanical performance of an electric motor

(2) 출력 성능 및 효율 시험 결과

그림 3은 개발된 구동 모터의 출력 성능 및 효율 시험 결과를 보여준다. 본 결과는 표 1에 제시된 요구 성능을 만족하고 있으며, 그림 1의 해석 결과와 거의 일치하는 것을 알 수 있다.

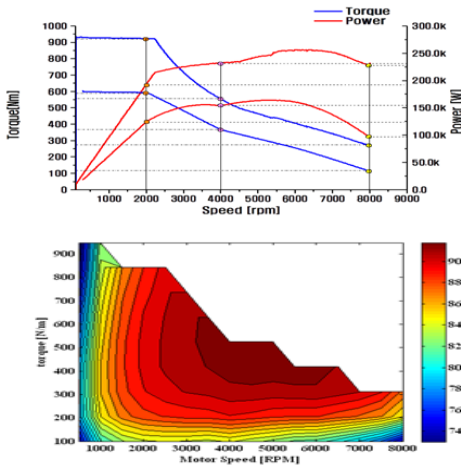


Figure 3 Torque-speed characteristics and efficiency map of the developed driving motor

2.2 소음 · 진동 특성 평가

(1) 모터 회전수별 소음/진동 측정

그림 4는 모터 회전수별 진동 측정 결과를 나타

낸 그림이다. 3kHz 이상의 고주파 대역에서 높은 진동 레벨을 확인할 수 있었으며, 이는 전동기의 극수(8) 하모닉 성분이 주요 성분으로서, 이 극수가 진동에 영향을 미친 것이다. 그림 5는 모터 회전수별 소음 측정 결과를 나타낸 그림으로 모터의 고유 진동수 대역(390Hz, 640Hz, 1.4kHz, 1,590kHz)에서 높은 음압 및 진동 레벨을 확인할 수 있다.

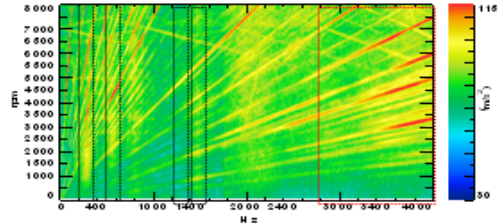


Figure 4 Vibration color map according to the speed sweep of the developed driving motor

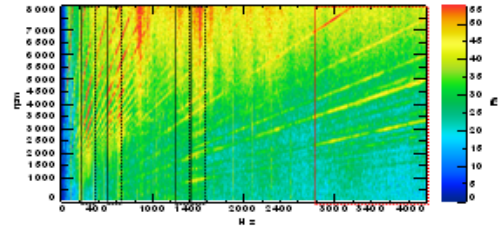


Figure 5 Sound pressure color map according to the speed sweep of the developed driving motor

3. 결 론

본 연구를 통하여 전기버스용으로 개발된 구동 모터의 요구 성능 해석 결과를 검증하기 위하여 적합한 성능 평가 시스템을 구축하고 기계적 출력 성능과 효율 성능 평가 및 분석을 수행하여 요구 성능에 부합되는 것을 확인하였다. 또한 진동/소음 특성 평가 및 분석을 통하여 향후 차량의 구동 시스템 외 다른 서브 시스템의 소음/진동 특성 연구에 중요한 설계 고려 인자가 될 것으로 사료된다.

후 기

이 연구는 지식경제부에서 주관하는 “그린카용 소형 모터 성능 시험·평가 기반 구축 사업 (2010-62)”의 지원 하에 수행되었습니다.