

전기차용 유도전동기의 소음해석 정확도 향상에 관한 연구

A Study on the Accuracy Improvement of Acoustic Analysis of the EV Motor

박철준†·서강*

ChulJun Park, Kang Seo

1. 서 론

자동차, 가전제품, 선박에 이르기까지 상당히 많은 기계류의 동력원으로서 속도제어 및 소형화에 유리한 전동기가 많이 사용되고 있다. 한편으로 제품의 기본성능과 더불어 저진동, 저소음 등 품질과 관련된 요구가 날로 커지고 있는 실정이다. 진동/소음과 관련된 많은 연구가 이루어져 왔지만 구조적 측면과 전자기적 측면 등 여러 소음발생 기구들에 의해 여전히 진동/소음으로부터 자유로울 수 없다.

3상 유도전동기의 고주파 전자기음은 주로 슬롯 주파수와 관련되어있으며, 발생하는 전자기 소음의 크기와 고정자의 고유진동수와 관계 등 기본적인 이론은 이미 알려져 있다. 모터에서 발생하는 소음은 크게 세가지로 구분할 수 있는데 기계적인 원인과 공기 역학적 원인 그리고 전자기적 원인에 의한 것이다. 기계적인 특징은 베어링 및 회전축계에 의해 발생하는 것이며, 공기역학적인 것은 회전자의 유동과 냉각 팬의 공력소음이고, 전자기적 원인은 고정자와 회전자의 슬롯 고조파에 의해 발생오디는 소음이다.

본 연구의 목적은 전기차용 구동 모터인 유도전동기의 무부하 구동시험을 통하여 기계적인 가진인자를 추출하는데 목적이 있다. 이를 위해서 상용 프로그램인 LMS Virtual.Lab를 이용하여 무부하 상태에서 유도전동기의 구동시험을 통하여 주요 포인트의 응답가속도를 이용하여 내부 가진력을 산출하였다. 모달테스트를 통하여 얻은 Correlation된 해석모델에 시험으로 얻은 가진력을 하중으로 부여하여 강제 진동해석을 수행하였으며, 이를 시험에서 얻은 소음결과와 비교하였다.

2. 실험적 방법을 통한 응답특성

신호분석은 알려지지 않은 가진 입력에 대해 시스템의 응답을 측정하여 이를 해석하는 방법이다. 유도전동기의 회전 속도는 정속도 구간(11,500RPM)에서 Fig.1과 같이 진동센

서 6개, 음향센서 1개를 이용한 총 11개소의 측정 포인트에서 진동량을 측정하였다. 모터를 무부하 상태에서의 자유 경계 조건에서 시험을 시행하였으며 그 결과는 Fig.2와 같다.

유도전동기 같은 경우 대부분의 단품은 실모델과 해석모델과 유사하나, 고정자부는 와전류 손실을 최소화하기 위하여 얇은 판을 겹쳐서 쌓아 제작하기 때문에 해석모델로 구현하기 위하여 모달 시험을 통하여 해석모델과 실모델간에 Correlation를 한다. 대상체는 고정자와 코일로 이루어져 있는 고정자부이며, 경계조건은 자유 경계단으로 하였으며, B&K장비인 2303type(임팩트 햄머), 5413type(가속도계)를 이용하여 반경방향으로 8개, 축방향으로 4개 포인트에서 모달성분을 추출하였다. 이를 통하여 반경방향으로 고유진동수 및 모드형상을 추출하여 해석모델과 Correlation를 수행하였다(Fig.3).

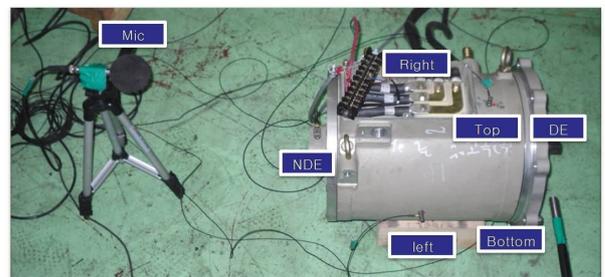


Fig.1 Experiment setup for a signal test

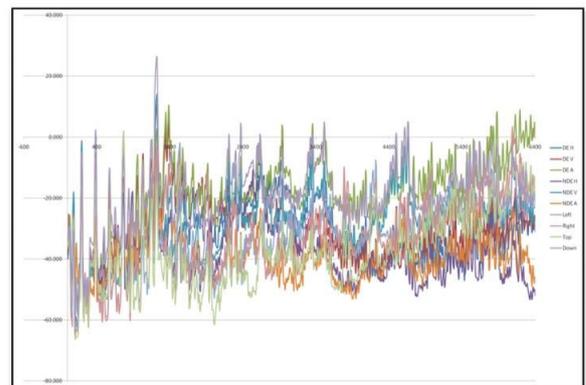


Fig.2 FFT Analysis plot of Motor running test

† 교신저자; (주)효성 중공업연구소
E-mail : Parkchuljun@hyosung.com
Tel : (010) 9187-5402, Fax : (051) 279-7499

* (주)효성 중공업연구소

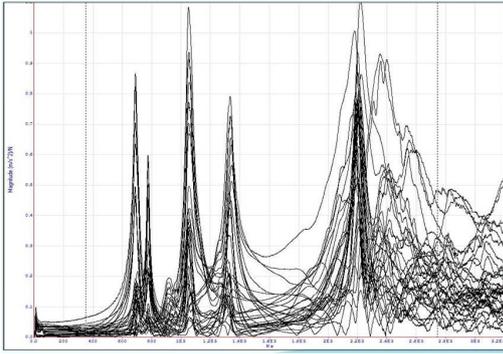


Fig.3 FRF Analysis of the Stator Assy'

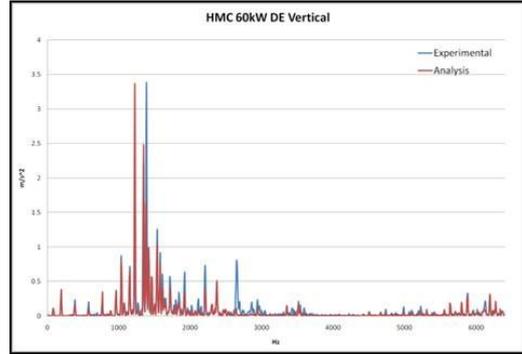


Fig.5 Transient Analysis of the Motor

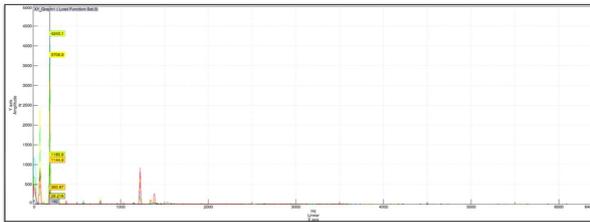


Fig.4 FI Analysis of the Motor Mechanical Force

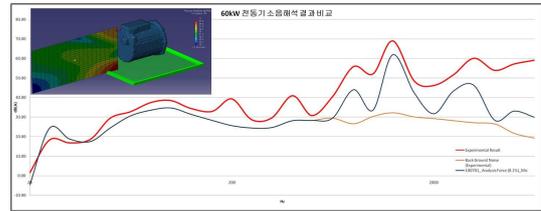


Fig.6 Acoustic Analysis of the Motor

3. 해석적 방법을 통한 소음/진동 예측

3.1 전동기 가진력 산출

본 연구 대상인 유도전동기의 전달함수와 가속도응답을 이용하여 가진력을 구하는 Inverse Force Identification 방법을 이용하였으며, 다음 식으로 표현할 수 있다(Fig.4).

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ddot{X}_{11} & \ddot{X}_{12} & \dots & \ddot{X}_{1n} \\ F_1 & F_2 & \dots & F_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \ddot{X}_m & \dots & \dots & \dots \\ F_1 & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} \ddot{X}_1 \\ \vdots \\ \ddot{X}_m \end{Bmatrix} \quad (1)$$

$\begin{Bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_m \end{Bmatrix}$: Result of the Running test

$\frac{X_{ij}}{F_j}$: FRF Function

앞 절에서 10개소에서 얻은 무부하 상태에서의 구동응답 결과와 모달 Correlation을 통하여 얻은 해석 모델에서 가진력이 발생하는 포인트와 응답 포인트 사이의 전달함수를 계산한 후, 위의 식(1)과 같은 방법을 통하여 가진 포인트에서의 수평, 수직, 축방향의 가진력 F를 추출하였다.

3.2 강제 응답 해석

앞 절에서 얻은 가진력을 이용하여 상용 프로그램인 LMS

Virtual.Lab을 이용하여 강제응답해석을 수행하였다. 정속도인 11,500RPM에서 대표 값으로 전동기 부하측 수직방향에 대해 얻은 해석과 실험 결과를 비교한 결과, Fig.5와 같이 대부분의 주파수 영역에서 잘 일치하는 것을 확인할 수 있다.

3.3 소음 해석

앞 절에서 수행한 소음시험과 동일한 조건에서 해석을 수행하였으며, 이렇게 얻은 결과를 이용하여 실험치와 비교하였다. 상용 프로그램인 Sysnoise를 이용하였으며, 암소음은 시험으로 통하여 얻은 옥타브별 소음량 보정치를 이용하였으며, 주파수 범위는 0 ~ 6,400Hz이고, 밴드폭은 8Hz단위로 하였으며, 반부하측 0.5m에 위치한 지점에서 해석 결과 중 SPL값을 산출하였다. 전체 Overall값은 시험대비 12%의 오차를 보였으며, 그 원인으로는 주변의 타소음원으로 인한 실험 오차와 해석모델의 감쇠계수 산출의 어려움으로 인한 실험 모델과의 모델 오차로 인하여 발생한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 해석적인 방법으로 추출한 유도전동기의 가진력의 한계를 실험을 통하여 극복하기 위함이다. 우선적으로 기계력을 추출하기 위하여 무부하 구동을 하였으며, 해석적인 방법을 통하여 비교 분석하였다.

향 후 부하시험을 통하여 전자기력에 대하여 Correlation을 실시할 예정이다.