

진동시험조건을 고려한 EV Motor 안정성 평가

Analysis of the stability of the EV Motor considering constraints for a vibration test

*김태현¹, *김철², 김민수¹, 이현우¹, 조혜용³

*T.H.Kim¹, *C.Kim(chulki@pusan.ac.kr)², M.S.Kim¹, H.W.Lee¹, H.Y.Cho³

¹부산대학교 창의공학시스템, ²부산대학교 기계기술연구원, ³충북대학교 기계공학부

Key words : EV motor, vibration, stability, finite elemental analysis

1. 서론

자동차의 급속한 보급에 따라 배출 가스에 의한 대기오염이 심각한 사회적인 문제로 대두되고 있으며, 이에 따른 환경 규제가 갈수록 엄격해 지고 있다. 최근 하이브리드 차와 전기 자동차에 대한 관심이 증대되면서 여기에 사용되는 EV Motor에 대한 수요가 급증하고 있으며, 이에 따라 EV Motor 구동 시 발생하는 열과 진동에 대한 내구성 확보가 필요하다. 특히 EV Motor 구동 시 발생하는 진동에 의하여 Bearing의 체결부, Stator, 용접부위 등의 파손이 예상된다.

본 연구에서는 상용해석 프로그램인 ANSYS 11.0을 이용하여 Motor의 구동축방향으로 가진력을 가하는 진동해석을 수행하여 EV Motor에 대한 안정성 평가를 수행하였으며, 취약부에 대한 설계 개선을 도출하였다.

2. 유한요소해석

2.1 모델링 및 경계조건

본 연구에서는 신뢰성 높은 진동조건을 결정하기 위하여 진동시험조건을 토대로 Motor 구동축 방향으로 작용하는 가진력의 크기는 10G, 가진 주파수는 400Hz로 설정하였다. 이에 따라서 10G, 400Hz의 가진력이 1시간 동안 작용할 때, 전체 모델에 대한 안정성을 유한요소해석을 통하여 검증하는 것을 최종 목표로 하였다.

실제 제작 도면을 바탕으로 유한요소해석 모델을 생성하여 이를 Fig. 1에 나타내었으며, 기계적 물성치와 구속조건을 입력하였다. 그리고 축방향의 가진에 대한 베어링 및 용접부의 정규 진동 모드 해석(Modal analysis)을 수행하여, 고유진동수(Natural frequency)를 분석한 후, 가진력

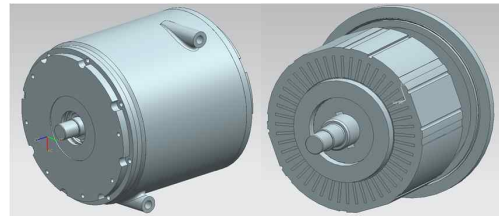


Fig.1 EV Motor modeling

(10G, 400Hz)을 입력하고 조화응답해석을 수행하여 재료의 변형량과 응력을 분석하였다.

2.2 해석 결과

Fig. 2와 Table 1은 정규진동모드해석을 통하여 모터의 고유진동수 및 그에 따른 형상을 나타낸 것이다.

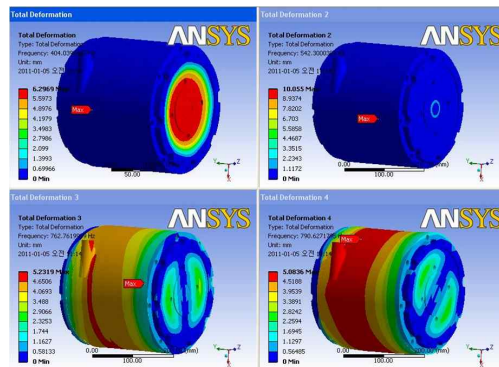


Fig. 2 Modal analysis - Shapes of Deformation

Table 1 Modal analysis - Natural frequency

Mode1 (축방향변형)	Mode2 (Rotor자유회전)	Mode3 (축방향변형)	Mode4 (축방향변형)
404.0Hz	542.3Hz	762.8Hz	790.6Hz

Fig. 3과 Table 2는 진동시험조건을 경계조건으로 조화응답해석을 수행하여 나타난 결과이다.

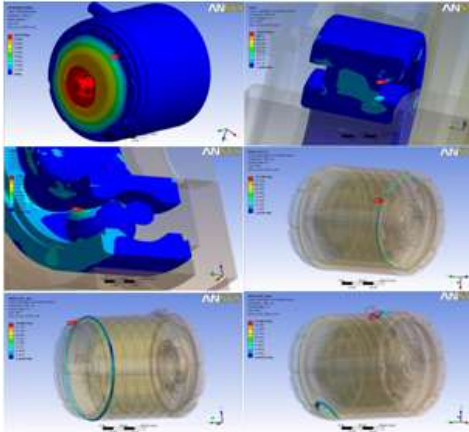


Fig. 3 Harmonic response

Table 2 Results of harmonic analysis(Max Stress)

Bearing 6307	Bearing 6309	Inner welded part	Outer welded part
1122.8Mpa	446.2Mpa	71.2Mpa	29.8Mpa

3. 결과분석 및 개선방안 제시

대상 제품의 모델링을 실시하여 유한요소해석을 통한 정규응답해석을 실시한 결과 축방향 가진에 대하여 40Hz대역의 고유진동수를 보였으며, 404Hz의 고유진동수는 EV Motor 가진 시험 진동수인 400Hz에 매우 근접하는 것으로 조화응답해석 결과 고유진동에 의한 Bearing 부 파손 및 용접부 피로파괴가 발생할 것으로 판단된다.

시험조건 하에서 고유진동에 의한 파손을 방지하기 위하여 공진회피 설계방안을 Bracket 부의 두께 증가로서 Fig.4와 같이 제시함과 동시에 그에 따른 유한요소해석의 결과를 Table 3과 Table 4에 나타내었다.

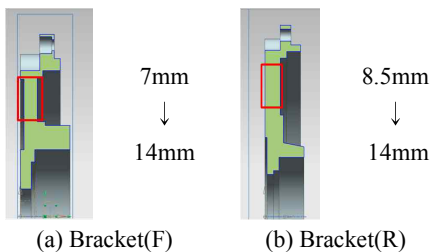


Fig. 4 Modified thickness

Table 3 Modal analysis - Natural frequency

Mode1 (Rotor 자유회전)	Mode2 (축방향진동)	Mode3 (축방향진동)	Mode4 (축방향진동)
543.9Hz	642.7Hz	969.8Hz	1003.3Hz

Table 4 Results of harmonic analysis

Bearing 6307	Bearing 6309	Inner welded part	Outer welded part
22.0Mpa	17.6Mpa	0.91Mpa	0.81Mpa

해석 결과 EV Motor 양단 Bracket의 두께를 증가시켜 강성과 질량을 변화시킴으로 인해 고유진동수는 640Hz 대역으로 변경되었고 공진 주파수(400Hz)를 회피할 수 있었다. 응력수준 또한 정적해석의 응력수준으로 감소되었다.

4. 결론

본 연구에서는 진동시험조건을 기준으로 EV Motor의 진동해석을 수행하여 취약부를 파악하였다. 또한 브라켓의 두께를 증가시켜 공진을 피할 수 있는 설계를 통하여 개선방안을 제시하였다. 향후 Motor의 성능 및 설계 한계조건을 고려한 구조적인 보강에 대한 연구를 진행할 예정이다.

후기

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

1. Singiresu S. Rao, Mechanical vibrations, 3rd edition 1995.