

축방향 자속모터의 회전자 어셈블리 버스트 해석 기법 연구

김 재 현^{*1)}, 김 기 경¹⁾, 고 경 진¹⁾

현대모비스¹⁾

Analysis of FEM Techniques for AFM Rotor Assembly Burst Simulation

Jaehyun Kim^{*1)} · Kikyung Kim¹⁾ · Kyoungjin Ko¹⁾

¹⁾Hyundai Mobis, 37, Cheoldobangmulgwan-ro, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

Key words : Axial Flux Motor(축방향 자속모터), Rotor(회전자), Von mises Stress(폰 미세스 응력), Displacement(변위)

교신저자, E-mail : 김재현, linkin21@mobis.com

최근 자동차 업계 동향은 기후위기에 따른 탄소저감을 위한 친환경 차량(xEV, EV/HEV/PHEV/FCEV)의 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 친환경 차량의 구동력을 담당하는 전기모터의 경우 변속기 없이 고속 영역에서도 높은 토크를 낼 수 있는 고회전 모터에 대한 수요가 점차 높아지고 있다. 현재 차량용으로는 방사형 자속모터(Radial Flux Motor)가 가장 많이 채택되고 있으나, 동일한 패키지에서의 출력밀도가 높고, 적층을 통해 소형화를 이룰 수 있는 축방향 자속모터(Axial Flux Motor)에 대한 관심이 증가하고 있다.

축방향 자속모터는 회전축 방향으로 고정자와 회전자가 나란히 배열되는 형태를 갖는다. 나란히 배열되는 구조 특성상 회전자 영구자석의 이탈 방지를 고려한 설계가 필수적이거나, 실물을 검증하기 위한 회전자 버스트 시험을 진행할 경우 고속으로 이탈하는 자석으로 인해 시험장비가 파손되는 문제가 발생할 수 있다. 이에 본 연구에서는 고속회전 구간에서의 기구적 강성을 확보할 수 있는 회전자 디자인에 대한 해석적 수행을 실행하였다. 현재 Tier 1 및 완성차에서의 부품/차량 개발 방향은 Proto/T-Car의 T/O보다는 VPT, 디지털트윈 등의 Simulation을 통한 예측성 기반 구조/요소 설계인 만큼, Parametric Study 및 해석적 T/O를 통해 회전자 설계 방향성을 잡고, 이를 통해 제작 비용 절감 및 구조 최적화에 목적을 두고자 하였다.

해석은 CATIA V5의 Generative Structural Analysis를 이용하여 구조해석을 실시하였다. 모델은 SSDR(Single Stator Dual Rotor) 타입 회전자에서 발생하는 고속회전 구간을 시뮬레이션 하였다. 목적함수는 중간 구조물의 분리 유무에 따라 2 Case로 나누어 수행하였다. Mesh의 경우 Size와 Shape을 Parameter로 설정하여 구간별로 일차적인 해석을 수행하였다. Mesh Size를 최적화하는 과정에서 Mesh Unbalancing으로 인해서 구조적으로 응력이 과다하게 집중되는 이상점이 발생하는 것을 확인하였고, Mesh의 Shape(Linear/Parabolic)과 Sag(0.03, 0.06, 0.1, etc)의 차이에 의해 해석 수행시간이 많게는 800% 이상 차이나는 것을 확인하였다. 따라서 허용오차는 목적함수 기반 응력 집중부의 Von Mises Stress 값이 예상 수치 대비 5% 이내로 차이가 나는 범위로 설정했으며, 해석 수행시간은 30분 내외로 최소화하여 많은 Case Study를 할 수 있도록 선정하였다.

그 결과 해당 모델에 적절한 Mesh Shape은 Parabolic보다는 Linear Type으로 설정하는 것이 해석 수행시간과 실제 시험 결과와의 정합성을 고려한 측면에서 적합하다는 것을 알 수 있었다. Mesh Size의 경우 2~5mm로 설정, 보다 복잡한 형상이나 응력 집중부위의 경우 Local Size를 통해 국소영역에 대한 해석 신뢰성을 높이는 것이 목표함수를 더 잘 추종할 수 있다는 결론을 내었다. 이론상 Parabolic Shape의 Mesh를 사용하고 Size와 Sag를 최소화할수록 결과가 정확할 수 있지만, 목표 형상에 적합한 조건을 찾아 원하는 결론을 도출할 수 있으므로 해석의 중요 인자에 대한 Parametric Study를 잘 수행했다고 볼 수 있다. 이를 통하여 개선 샘플인 AFM_Gen1.1의 경우 단시간 내에 많은 해석을 수행할 수 있을 것으로 기대하고 있다.