

친환경 차량용 감속기 해석 사례 연구

Analysis of Reduction Gears for Eco-friendly Vehicles

박광민† · 김찬중* · 이봉현*

Gwang-Min Park, Chan-Jung Kim, Bong-Hyun Lee

1. 서 론

오늘날 감속기는 산업용으로서 자동차, 자동화 장비, 철도, 선박 등 전반적인 분야에 적용된다. 또한 감속기는 최근 연구개발이 활발히 진행되고 있는 친환경 자동차의 전동기와 직접적으로 연결되어 동력을 전달하는 중요한 기계요소로서 사용된다. 감속기는 전동기로부터 고속의 회전을 전달받으면서 동시에 고토크 부하에 노출되며, 이에 따라 감속기 내부 기어열에서 소음과 진동이 발생한다. 또한 차량의 감속기에서 나오는 소음/진동은 엔진 등에 비해 상대적으로 음압은 낮아도 고주파수이므로 승객의 안락함과 정숙성 저하에 주된 요인으로 작용한다.

본 연구에서는 친환경 차량 구동 시스템의 핵심요소인 감속기의 기본 특성 분석 및 소음/진동 성능 개선을 위한 해석 프로세스 개발을 목표로 하고 있다. 또한 감속기에 작용하는 외부 부하 조건에 따른 감속기의 동특성을 비교하고자 한다. 이를 이용하여 친환경 차량용 감속기의 소음/진동 해석 및 시험을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 감속기 소음진동 특성 해석

2.1 위험속도 및 안전성 평가

본 연구의 대상 시스템은 전기 자동차에 탑재되는 중감속 기어트레인으로서, 기어, 베어링, 샤프트 등으로 구성되는 회전체 시스템이기 때문에 공진회피 및 소음 저감을 목적으로 위험속도(Critical Speed) 해석을 수행하였다. Fig. 1은 베어링 지지강성 및 회

전방향 안전성 검토를 위하여 본 시스템의 구동축에 대한 위험속도선도를 나타낸다. 해석결과 최대운전속도인 4,000rpm에서 요구되는 최소 베어링 지지강성은 1×10^5 N/mm 수준이며, 적절한 공진 분리여유를 확보하도록 베어링 사양을 결정하였다. 선정된 베어링의 감쇠 및 연성효과를 고려하여 감쇠 고유주파수 해석을 수행하였고, 그 결과를 Fig. 2와 같이 캠벨(Campbell) 선도로 나타내었다. 본 캠벨 선도에서 기어의 GMF(Gear Mesh Frequency)를 고려한 가진 주파수선을 도출하였고, 최대 3X 가진 주파수에 대한 공진점 회피를 검증하였다.

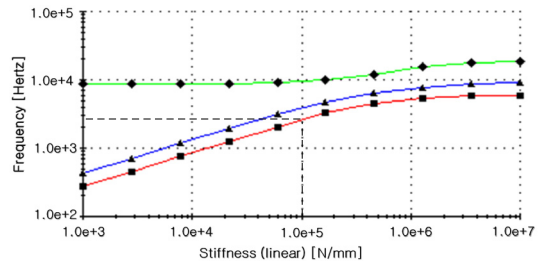


Fig. 1 Critical Speed Map

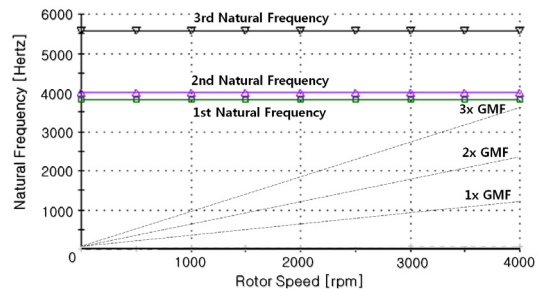


Fig. 2 Campbell Diagram

2.2 전달오차 해석

일반적인 차량 감속기의 운전영역을 고려하여 회전수를 0 ~ 4000rpm, 부하토크를 300Nm까지 가변하면서 해석을 진행하였다. 해석에 사용된 모델은

† 교신저자; 정회원, 자동차부품연구원 대구경북지역본부
E-mail : gmpark@katech.re.kr

Tel : 053-592-8977, Fax : 053-592-3169

* 자동차부품연구원

2가지이며 인블루트 치형의 전위기어와 NVH 개선을 위해 최적화된 기어치형으로 구분된다. Fig. 3은 두 모델에 대하여 입력 토크의 변화에 따른 전달오차의 변화를 가속(Drive)/감속(Coast) 영역에서 비교하여 나타낸 그림이다. NVH 개선품 모델은 차량 주요 와인소음 발생구간인 100~200Nm에서 전달오차 및 물림을 개선을 위하여 치형 최적화를 하였기 때문에 해당 구간에서의 전달오차가 기존품 대비 50% 수준으로 감소하였다.

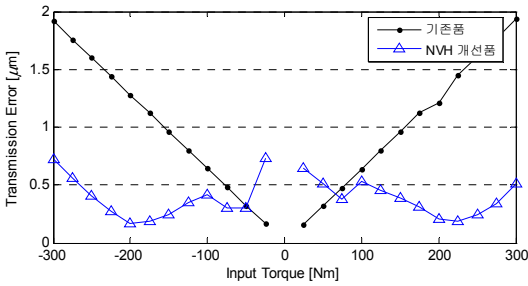


Fig. 3 Transmission Error with Load Conditions

Fig. 4는 입력부하가 150Nm일 때, 기어 order 별로 주파수 스펙트럼을 FFT로 분석한 결과를 비교하여 나타낸다. NVH 개선품은 기존품 대비 기어의 GMF인 1차 하모닉 성분의 진폭이 약 50%로 감소했으며 2차, 3차 하모닉 성분의 경우 무시 가능한 수준으로 제거된 것을 확인할 수 있다.

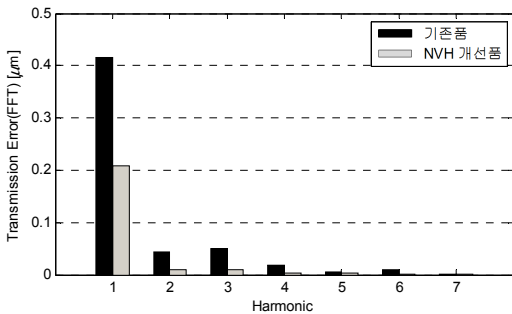


Fig. 4 Transmission Error Harmonics

2.3 베어링 진동 해석

Fig. 5는 기존품과 NVH 개선품 모델에 대하여 각각 기어박스 소음진동과 직접적으로 연관된 중동축의 동적 베어링력과 실제 하우징의 지지부에서 나타나는 가속도값을 비교하여 나타낸 결과이다. 기존

품 대비 개선품의 동적 베어링력이 50% 이상 감소했으며 이로 인해 하우징의 진동이 전반적으로 40% 이상 감소되었다. 해석결과 하우징의 공진주파수인 580Hz, 830Hz 등에서 운전속도와 중첩되지만 시스템의 진동에 미치는 영향이 미미했으며 이는 와인소음진동의 주요 원인인 전달오차가 크게 감소되어 동적 베어링력이 줄었기 때문으로 분석된다.

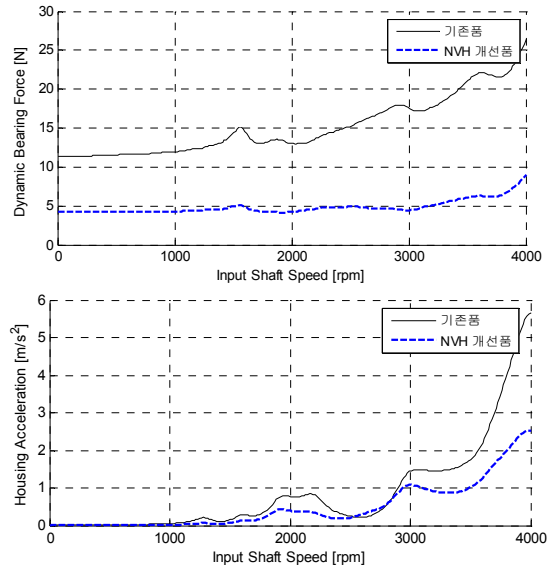


Fig. 5 Dynamic Bearing Force and Housing Acceleration

3. 결론

본 연구에서는 친환경 차량 감속기의 로터 다이내믹스 해석과 전달오차 분석을 통하여 대상 시스템의 NVH를 개선하기 위한 해석적인 접근 방법을 고찰하였다. 목표 토크범위를 결정하고 치형 최적화를 수행함으로써 차량 와인소음 발생을 최소화할 수 있음을 확인하였다. 실제 차량과의 비교검증을 위해서는 제작오차, 측정렬 오차 등을 고려한 추가적인 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부에서 시행중인 산업용 합원천기술개발사업(FF형 PHEV를 위한 150kW 급 멀티모드 변속시스템을 적용한 동력전달장치 개발, 10040083)의 지원하에 수행되었습니다.