

반작용휠 진동 저감장치 설계 및 성능시험

Reaction Wheel Vibration Isolator Design and Performance Test

김대관† · 최홍택*

Kim Dae-Kwan and Choi Hong-Taek

1. 서 론

인공위성의 임무수행을 위한 자세제어 작동기로써 반작용휠(RWA), 제어 모멘텀 자이로(CMG), 추력기(Thruster) 등이 사용된다. 또한 안테나의 정밀 지향장치로서 2축 짐벌시스템(Gimbal System)과 적외선 센서를 위한 극저온 냉각장치(Cryogenic Cooler) 등이 사용된다. 이러한 작동기들의 공동적인 특징은 운영과 동시에 위성의 지향 안정성에 영향을 미치는 교란력을 발생하여 영상에 스미어(smear) 및 블러(blur)와 같은 지터(jitter) 현상을 발생시키게 된다. 특히 반작용휠은 영상 지터에 가장 큰 영향을 미치는 진동원이라 할 수 있다.

반작용휠의 진동 저감장치는 반작용휠을 지지하는 고정 장치의 역할과 휠의 운영에 의해 발생하는 미소진동(micro-vibration)을 저감시키는 감쇠 장치의 역할을 갖는다. 특히 진동저감 성능은 Fig. 1과 같이 고주파 영역의 교란력을 저감시켜서 영상의 지터 성능을 향상시키는 역할을 한다.

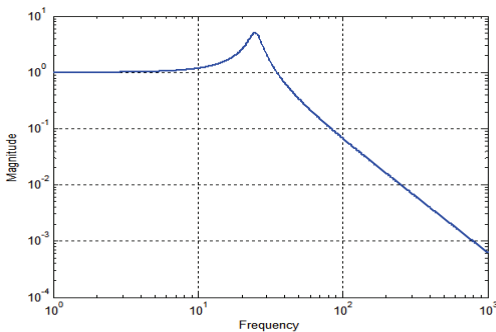


Fig. 1 Transfer function of a RWA isolator

† 교신저자; 정희원, 한국항공우주연구원 위성제어팀
E-mail : dkk@kari.re.kr

Tel : 042-870-3751, Fax : 042-860-2898

* 한국항공우주연구원 위성제어팀

본 연구에서는 반작용휠의 진동 저감장치에 대한 시제품 개발을 연구 목표로 한다. 반작용휠 진동 저감장치(REVIS)에 대한 성능규격을 정의하고, 세부 설계 및 성능예측을 수행하였다. 또한 시제품을 제작하여 인수시험 및 검증시험을 통한 최종 성능검증을 수행하였다.

2. 진동 저감장치 개발

2.1 저감장치 설계 및 검증

반작용휠의 진동저감을 위하여 사용되는 Isolator를 개발하기 위해서는 먼저 성능 및 환경요구조건을 수립하여야 하며, 이러한 요구조건을 만족하는 절연물질의 물성치를 결정해야 한다. 또한 선택된 물성치를 만족하는 절연물질의 선택 또는 제작이 수행되어야 하며, 해석적 기법을 통한 Isolator 설계 및 성능예측이 이루어져야 한다. 설계된 Isolator의 제작과 검증시험을 통하여 그 타당성을 확인하는 개발과정을 거친 후 최종적인 제품개발이 완료된다. 이러한 일련의 개발과정을 아래의 Fig. 2에 요약하였다.

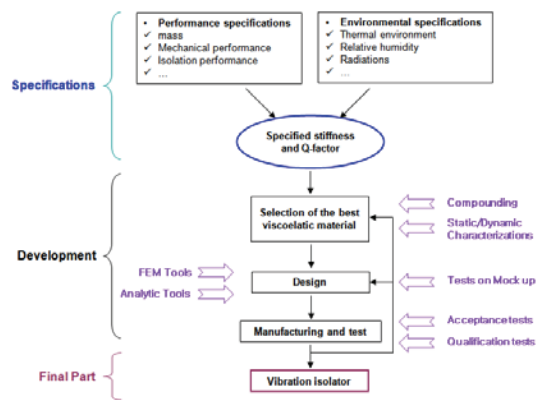


Fig. 2 Guideline to develop a RWA isolator

2.1 반작용휠 진동 저감장치

본 연구에서 개발한 REVIS는 반작용휠과 위성의 지지구조물 사이에 부착되며, 주요 구성은 Fig. 3과 같이 금속파트인 Spacer, Central mobile part, External insert와 감쇠파트인 Elastomer로 이루어져 있다.

반작용휠을 지지하는 REVIS는 측면방향과 축 방향에 대해서 각각 서로 다른 고유모드를 형성하게 되며, 이때 각 고유모드의 주파수와 감쇠계수에 의해 Fig.1과 같이 고주파 영역의 전달률 감소를 발생 시키게 된다. 이러한 고주파 전달력 감소는 반작용 휠로부터 발생하는 고주파 램덤(random) 교란력을 저감시키는 기능을 한다.

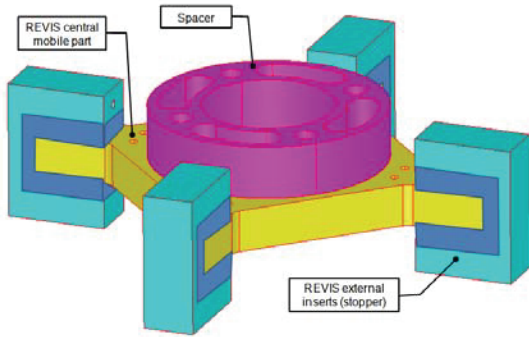


Fig. 3 Configuration diagram of REVIS

3. 성능검증 시험

3.1 시험 절차

인공위성에 사용되는 진동저감 장치는 지상조건 뿐만 아니라 발사조건 및 우주조건 등의 환경조건에 대해서 그 성능이 검증되어야 하며, 이러한 성능검증을 위해서 정적, 동적 진동시험과 온도 및 무중력 조건에 대한 성능시험 등 다양한 운영조건에 대한 검증이 이뤄져야 한다. 특히, Elastomer에 대한 우주 환경 및 수명시험이 수행되어야 한다.

본 연구에서 제작된 REVIS에 대한 성능검증 과정은 크게 인수시험과 검증시험으로 구분할 수 있다. 각 단계의 세부 시험 항목은 Table 1에 요약되어 있다. 본 연구에서는 4개의 REVIS 시제품을 제작하였으며, 인수검사를 통해 선정된 2개의 시제품에 대하여 검증시험을 수행하였다.

Table 1 List of acceptance and qualification tests

Acceptance Tests		
1	Static test	
2	Dynamic test	w/ dummy
Qualification Tests		
1	Thermal vacuum test	
2	Thermal test	
3	Quasi-static test	
4	Sine vibration test	w/ dummy
5	Random vibration test	w/ dummy
6	In-orbit test	w/ dummy (0-g)
7	Performance test	w/ RWA

3.2 성능 시험

REVIS에 대한 인수 및 검증시험을 수행하였으며, Fig. 4는 동적시험 조건의 REVIS 형상을 보이고 있다. 본 시험에는 정적 시험조건을 위한 인스트론(instron) 시험기와 동적 시험조건을 위한 셰이커(shaker) 시험기가 사용되었다. 획득된 시험결과를 이용한 최종 성능평가를 통하여 반작용휠 진동 저감장치 개발을 완료하였다.

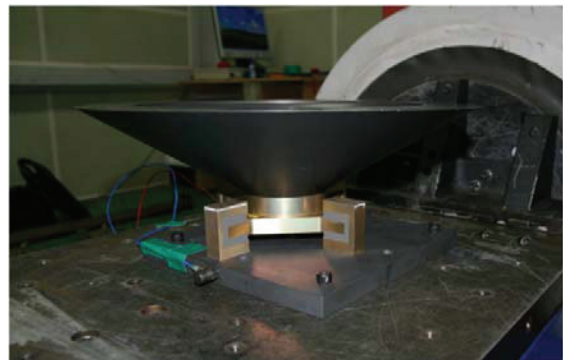


Fig. 4 Test configurations of dynamic test

3. 결론

본 연구에서는 반작용휠의 진동 저감장치에 대한 시제품 개발을 위하여, 반작용휠 진동 저감장치(REVIS)에 대한 성능규격을 정의하고, 세부설계 및 성능예측을 수행하였다. 또한 제작된 시제품에 대한 인수시험 및 검증시험을 수행하였으며, 최종 성능검증과정을 통하여 제품개발을 완료하였다.