한국소음진동공학회 2013년 추계학술대회논문집, pp. 253~254

반작용휠 진동 저감장치 개발 및 검증

Development and Verification of Reaction Wheel Vibration Isolator

김대관† · 최홍택*

Kim Dae-Kwan and Choi Hong-Taek

1. 서 론

인공위성의 임무수행을 위한 자세제어 작동기로서 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 발생되는 미소진동(micro-vibration)을 저감시키는 감쇠 장치의 역할을 갖는다. 특히 진동저감 성능은 고주파 영역의 교란력을 저감시켜서 영상의 지터 성능을 향상시키는 역할을 한다.

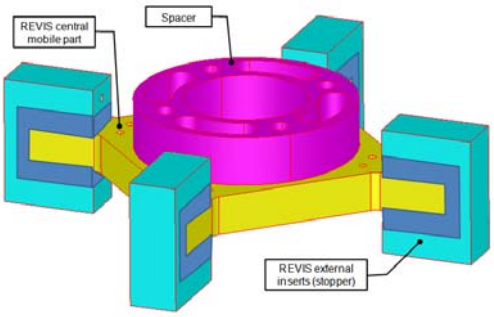

Fig. 1 Configuration diagram of REVIS.

† 교신저자; 정회원, 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 (Reaction-wheel Elastomeric Vibration Isolation System) 시제품을 제작하여 인수시험 및 검증시험을 통한 기능검증을 수행하였으며, 미소진동 시험을 통한 성능검증을 완료하였다.

2. 진동 저감장치 검증 시험

반작용휠의 진동 저감장치 시제품은 반작용 휠과 위성의 지지구조물 사이에 장착되며, 그림 1과 같이 금속부인 Spacer, Central mobile part, External insert와 감쇠부인 Elastomer로 구성된다. 총 4개의 시제품을 제작하였으며, 그림 2와 같이 인수시험을 통하여 2개의 검증모델을 선정하고 이에 대한 검증시험을 수행하였다. 인수시험은 정적 및 동적 시험으로 구성되며, Elastomer의 강성, 공진주파수 및 Q-factor의 편차율을 측정하였다. 검증시험은 미소진동, 열환경 시험, 준정적 시험, 사인시험, 랜덤시험 및 우주환경 시험으로 구성되며, 본 시험에서는 진공시험 조건을 제외하였다. 검증시험에서는 공진주파수, 진폭 크기 및 Q-factor를 측정하며, 각 시험을 통한 측정치 변화를 확인하였다.

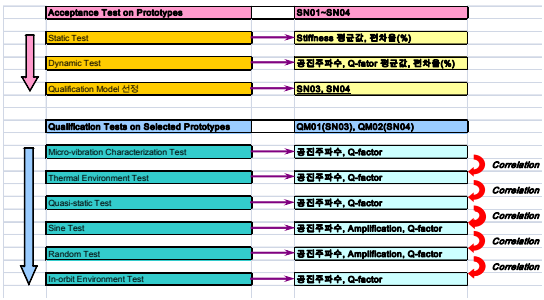

Fig. 2 Procedure flow char of acceptance and qualification tests.

3. 반작용휠 미소진동 검증 시험

인수 및 검증 시험을 통해 선정된 최종 REVIS에 대한 성능검증을 위하여 REVIS가 장착된 반작용휠에 대한 미소진동 시험을 수행하였다. 시험은 그림 3과 같이 Kistler force plate에서 수행되었으며, 반작용휠 하단에 REVIS를 설치하였다. 또한 반작용휠의 무게를 보상하기 위한 0-g 장치를 이용한 무중력 조건을 구현하였다.

시험은 반작용휠 속도를 최대 1400RPM 까지 증가시킨 후 구동력 명령을 차단하여 자유감속으로 속도가 저감되는 자유감속 기법을 적용하였다. 이러한 자유감속 구간에서 3축에 대한 교란력 및 교란토크를 측정하였으며, 측정된 교란력 데이터는 그림 4에 나타나 있다.

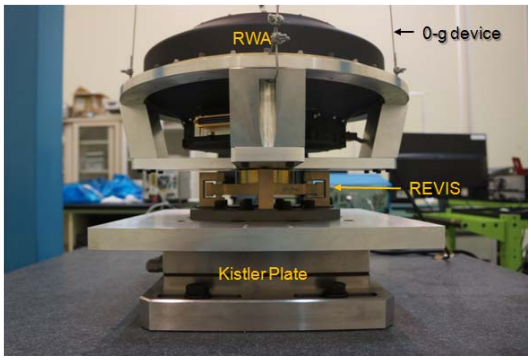

Fig. 3 Test configuration of RWA micro-vibration test with REVIS.

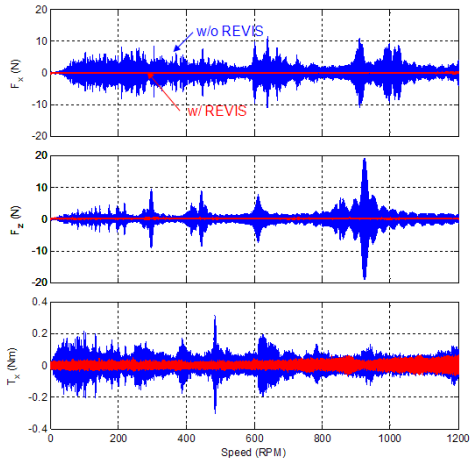

Fig. 4 Disturbance data of micro-vibration tests.

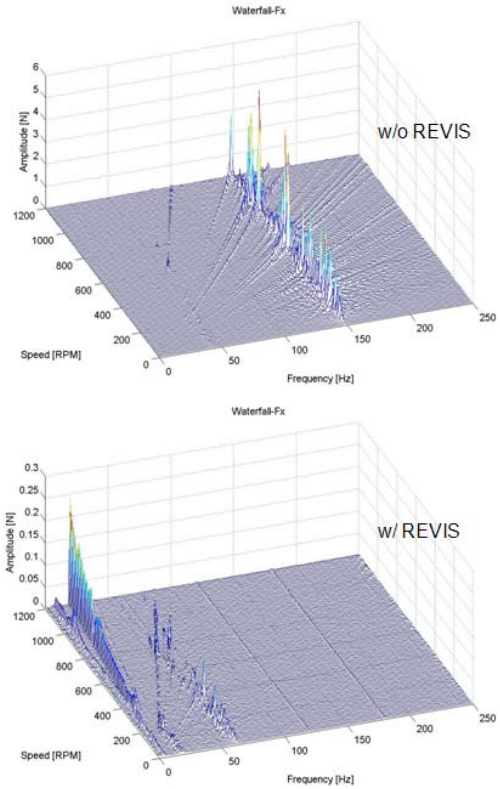

Fig. 5 Waterfall plots of a radial force (Fx).

그림 5는 측방향 교란력의 Waterfall 그림을 보이고 있다. 150Hz에 존재하는 Lateral mode에 의한 공진 현상은 REVIS에 의해 진폭이 사라짐을 확인할 수 있으며, 저주파에 존재하는 REVIS 모드에 의한 진폭 상승을 확인할 수 있다. REVIS의 적용을 통하여 교란력은 RMS(Root Mean Square) 수치로 95% 감소되었으며, 교란토크는 65% 감소됨을 확인하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 반작용휠의 진동 저감장치에 대한 시제품 개발을 위하여, 반작용휠 진동 저감장치(REVIS)를 설계 및 제작하여, 인수 및 검증 시험을 통해 최종 모델을 선정하였다. 선정된 최종 모델은 반작용 휠에 적용되었으며, 미소진동 시험을 통하여 REVIS의 성능을 검증하였다. 시험결과로부터 교란력 저감 효과를 확인할 수 있었다.