

아리랑2호 반작용휠의 성능 및 기능 시험

권재욱* , 김영윤** , 최종연*** , 용기력****

KOMPSAT-2 RWA Integration Test Report

Jae-wook Kwon* , Young-yun Kim** , Jong-yeon Choi*** , Ki-lyuck Yong****

Abstract

KOMPSAT-2 needs fine accuracy attitude control when it is operated in Science mode. Reaction Wheel is a necessary part of fine controlling the attitude of satellite. The Reaction Wheel Assembly (RWA) is a device which provides reaction torque for attitude-control of spacecraft. It consists of an electric motor, a rotating flywheel, motor control device electrics, commutation electronics and associated power converters. This document identifies what activities to be carried out to integrate the RW#1 for ETB tests.

초 록

인공위성은 임무에 따라 위성의 모든 항목에 대한 요구조건이 설정된다. 지구정밀관측 및 해양 관측에 따른 요구조건으로는 보다 정밀한 자세지향이 필수적이고, 그 성능을 갖춘 자세센서와 자세 구동기를 설계하게 된다. 본 소형위성의 정밀 자세 센서로는 별추적기가 사용되고, 그에 따른 구동기로는 반작용휠로서 토크를 발생시킨다. 위성에 각 센서 및 구동기와 같은 유닛들이 장착될 경우, 요구되는 성능 및 기능시험을 수행하여야 한다. 본 논문에서는 해당 반작용휠을 위성에 장착하는 과정에서 수행되었던 성능시험의 방법과 결과를 분석하였다.

키워드 : 반작용휠(Reaction Wheel, RWA), 토크손실(Torque Loss), 자세제어(AOCS)

1. 서 론

다목적 실용위성 아리랑 2호는 운용모드 및 비정상운용모드에서 정밀지향의 자세제어를 요구함으로써, 구동기로 반작용휠을 사용하게 된다. 이에 해당 반작용휠의 고유의 성능 및 기능을 확인하기 위하여 ETB(Electrical Test Bed)에 설치하면서, 반작용휠의 Torqueloss, Stiction, Power Profile의 시험 결과가 요구조건에 만족하는지를 파악한다. 본 시험 절차서는 이를 위한 시험 준비 과정과 시험절차와 그에 따른 결과에 대해 서술하였다.

2. 본 론

KOMPSAT-2의 고정밀 자세제어용 구동기인 반작용휠은 Power 관련 정보의 Connector와 Command/Telemetry 의 시그널 정보를 갖는 Connector를 갖고 있으며, Nominal Torque Command 0.2 Nm 와 Torque Control Accuracy 가 최대 5.4%인 0.0006 Nm 의 성능을 내는 약 5.7Kg 의 AOCS Unit이다.

그림 1과 그림 2는 ETB에 설치된 EM 반작용휠을 나타내고 있다.

* 우주시험그룹/kjw@kari.re.kr

*** 우주시험그룹/jycho@kari.re.kr

** 우주시험그룹/y2kim@kari.re.kr

**** 위성제어그룹/klyong@kari.re.kr

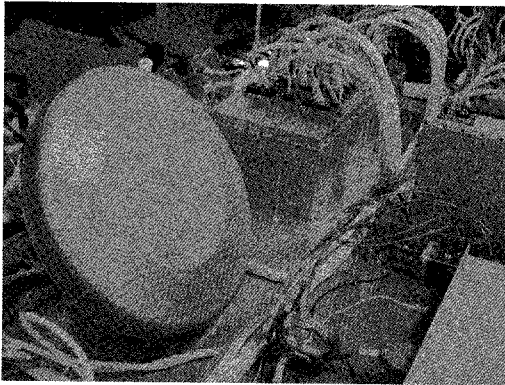


그림 1. 반작용휠 전면부



그림 2. 반작용휠 후면부

본 반작용휠의 특성을 알기 위해서 수행된 시험항목으로는, 요구조건에서 필히 체크되어야 하는 몇 가지 기본적인 시험항목을 수행한 후, 대표적인 반작용휠의 특성이라고 할 수 있는 Torque loss, Power profile 및 Stiction Torque를 파악하기 위한 시험을 수행하였다.

2.1 반작용휠 기본 점검 사항

제작사에서 납품된 본 반작용휠을 시스템에 설치에 앞서 수행되는 첫 번째 테스트로 유닛 자체의 몇 가지 세부점검을 위한 시험이 수행되었다. 그 중, Thermistor 관련 Pin Check을 위하여, 상온에서의 저항값을 측정된 값을 표 1에 표기하

였다. 요구조건에 맞는 결과가 검출되었음을 확인하였다.

표 1. Thermistor Line Check

Thermistor	Pin	Expected Value	Measured Value
Nominal bearing thermistor	13/14	18 K at 20 Deg C	16.4 K
Nominal WDE thermistor	6/14	18 K at 20 Deg C	16.1 K
Redundant bearing thermistor	8/15	18 K at 20 Deg C	16.4 K

2.2 Inrush Current 및 Steady State Current 특성결과

반작용휠의 Inrush Current와 Steady State에서의 Current를 측정하기 위해 본 반작용휠에 오실로스코프를 설치한 후, Power On 한 후 Current의 변화를 측정하였다.

그림 3이 반작용휠의 Inrush Current와 0 rpm에서의 Steady State Current의 결과를 나타내고 있으며, 그 값은 Inrush Current가 약 9 [A] Steady State Current가 약 115 [mA]로서, 요구조건을 만족함을 알 수 있다. (그래프 1칸이 2A을 나타내고 있다.)

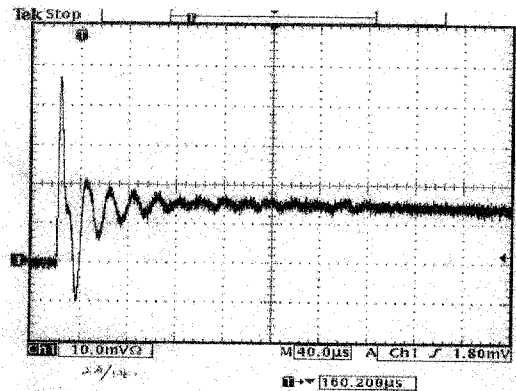


그림 3. Power Line Check

2.3 반작용휠 특성시험

2.3.1 Torque loss Test

Torque Loss Test를 위하여, 본 반작용휠을 Nominal Speed 인 1000 rpm으로 Speed Control Mode로 구동을 시킨 후, 반작용휠의 Power를 Off 하면서, 순수 베어링의 마찰력으로만 Speed down 되는 현상을 Tachometer의 Telemetry를 통해 검출 하였다.

+1000 ~+100 rpm에서 검출된 Torque Loss는 약 0.005792 Nm 이고, -1000 ~ -100 rpm에서 검출된 Torque Loss는 약 0.005599 Nm 로서, 요구조건인 0.02 Nm를 만족함을 알 수 있다.

그림 4는 본 반작용휠의 Speed 대 Torque 값의 관계를 나타내고 있다.

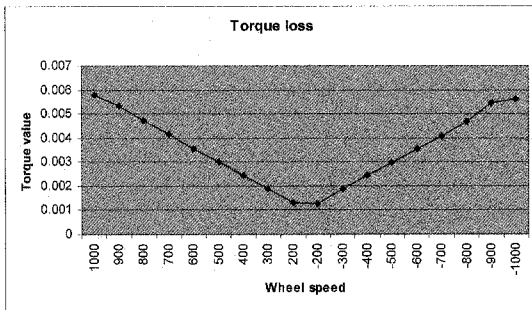


그림 4. Torque Loss

2.3.2 반작용휠 Power Profile Test

반작용휠의 Nominal Torque Command인 0.2Nm와 Maximum torque Command인 0.4Nm에서의 반작용휠이 소모하는 전력을 파악하기 위한 시험으로서, Test Sequence는 다음과 같다.

1. 반작용휠을 0.4Nm의 Troque Command로 11Nms (=1812 rpm)까지 구동
2. 11Nms에서 0.2Nm의 Torque command로 15Nms (=2464 rpm)까지 구동
3. PMTS(Power Monitor Test Set)의 6038 Power Supply의 Current 변화량을 측정 Record Motor current and Motor voltage

4. Motor current와 Motor voltage를 기록

표 2. 반작용휠의 Power Profile

Torque Command	Wheel Speed	Measurement Power Consumption	Specified Power Consumption
+ 0.4 Nm	11 Nms	102.89 [W]	< 115 [W]
+ 0.2 Nm	15 Nms	62.61 [W]	< 75 [W]
- 0.4 Nm	- 11 Nms	106.20 [W]	< 115 [W]
- 0.2 Nm	- 15 Nms	62.56 [W]	< 75 [W]

2.3.3 Stiction Torque Test

Stiction Torque Test는 최소의 Toque Command를 이용하여, 반작용휠을 구동시키는 시험으로서, 구동가능한 최소 Torque Command 값을 알아내는 것이다. 요구조건에 따르면, 0.003Nm 보다 작아야 한다.

본 반작용휠의 입력시스템은 12bit count로 Torque Command 값이 조정되고, 최대 Torque Command가 0.4Nm 이므로, 1bit당 Torque는 약 0.0001952Nm 이다. 0bit가 -10V의 Torque command인 -0.4Nm, 2048이 0V, 4096bit가 +10V의 Torque Command인 0.4Nm를 나타내고 있다.

Test 방법은 처음 Positive Direction으로 2050bit를 시작으로 2bit씩 증가시키면서, 반작용휠이 구동하는 시점을 확인하고, 이 후, 휠을 Negative Direction으로 2046bit를 시점으로 처음 구동하는 시점인 0.003123Nm를 찾았다.

표3은 본 반작용휠의 각 방향에 따른 첫 구동 토크가 요구조건을 만족하고 있다는 것을 나타내고 있다.

표 3. Stiction Test Result

Direction	Measured Value	Required Value
Positive	0.002342 Nm	< 0.003 Nm
Negative	0.003123 Nm	< 0.003 Nm

4. 결 론

반작용휠을 위성 Bus에 설치하기에 앞서서, 수행되었던 Integration Test에서, Unit의 Thermistor 관련 내부 저항, Power Line과 기본적으로 성능을 확인하기 위한 기능 시험에서 모든 항목이 요구조건에 만족하고 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 권재욱, 윤영수, 최종연, 김영윤, 조승원, 안재 "소형위성급 Test Bed를 이용한 반작용휠의 성능시험", 한국우주과학회, 2004년 춘계학술대회.
2. 권재욱, KOMPSAT-2 RW#1 Integration Test Procedure, K2-D0-710-031.
3. 권재욱, KOMPSAT-2 RW#1 Integration Test Report, K2-D1-710-008.