통신해양기상위성 휠 전기접속 적합성 해석

구자춘*, 김의찬**

Electrical Interfaces Compatibility Analysis for the COMS Wheels

Ja-Chun Koo*, Eui-Chan Kim**

Abstract

Eurostar 3000 AOCS is optimized for telecommunication mission with no strong requirement on attitude stability and has therefore to be upgraded to comply with COMS high stability requirements for the optical observations. This COMS configuration constraint induces specificities for the wheel.

The aim of this analysis is to verify the electrical compatibility of the interfaces which exist between COMS wheels and external equipments. For each interface, this study checked the compatibility between equipments for the power links, commands, digital telemetry, analog telemetry, and failure condition or AIT errors. In addition with this interface compatibility verification, this study outputs electrical and manufacturing recommendations to be applied at harness level.

초 록

Eurostar 3000 자세제어 시스템은 자세 안정도에 대한 강력한 요구사항 없이 통신 임무에 최적화 되어 있음으로 통신해양기상위성 광학 관찰 임무에서 정밀 자세 안정도 요구사항을 만족하기 위해서는 개선되어야 한다. 이 통신해양기상위성 구성의 제한 사항은 휠에 대해 특수성을 유발시킨다.

본 해석의 목적은 통신해양기상위성 휠과 외부 유닛들 사이의 전기접속에 대해 적합성을 검증하는 것이다. 본 연구에서는 전력링크, 명령, 디지털 측정, 아날로그 측정 및 실패 상태 또는 조립시험 오류들에 대해 유닛들 사이의 적합성을 확인하였다. 본 접속 적합성 검증에 추가적으로 본 연구는 하니스 레벨에서 적용되는 전기 및 제작에서 권고사항을 제공한다.

키워드 : 전기접속 적합성(electrical interfaces compatibility),
통신해양기상위성 휠 (COMS wheel)

* 통해기체계팀/jckoo@kari.re.kr ** 통해기체계팀/eckim@kari.re.kr

1. 서 론

통신해양기상위성의 광학 관찰 임무는 정밀 자세 안정도를 요구한다. 또한 기상탑재체 장착에 따른 설계 영향을 고려하여 극저온 열제어 환경을 위해 태양전지어레이는 +Y 축에 2개의 패널로 단일 윙으로 구성되었다. 태양전지어레이 윙의 좌우 불균형은 중요한 관성 외란 토크를 발생시킨다. 이로 인해 위성체는 높은 교차 각 관성 용량이 요구된다. 휠은 68 Nms 용량을 갖는 5개의 RDR 관성 휠로 구성되어 있다.[1]

휠의 호환성을 채크하기 위해 각 전기접속은 다음과 같은 관점에서 해석 되었다.[2]

- 전력링크:

소스의 직류전압 범위는 부하의 동작전압 범위와 비교된다. 전력경로의 직류전류에 대해 모든 소자들의 정확한 사이징은 디레이팅 요구사항에 따라 확인한다. 교류전압 및 교류전류 교란은 전자파양립성 관점에서 임계점이 평가된다. 각 접속에 따라 전압 및 전류 과도응답 영향이 소자의 스트레스 레벨과 실패 전파의 없음을 확인하기 위해 해석된다.

- 명령:

각 명령접속에 연결된 최대 부하는 명령 드라이버와 호환성을 비교한다. 부하에서 요구되는 최소 펄스 지속시간은 명령 지속시간과 2배의 마진이 있음을 비교한다. 명령을 실행하기 위해 적용해야 하는 최소 전압은 명령이 활성화 될 때 최소 전압과 비교한다. 명령을 실행이 없음을 보증하는 최대 전압은 최대 비활성화 명령 레벨과 비교한다.

- 디지털 측정:

디지털 레벨 정의 및 정확한 디코딩을 확인한다. 측정접속 라인에서 접지 또는 +/-50V 전압이 적용된 상태에서 측정회로 특성과 호환성을 채크한다.

- 아날로그 측정:

측정라인의 동작전압 범위는 측정 디코더의 특성과 비교된다. 아날로그 신호의 특성에 따라 공통모드, 차동모드 및 하니스 커플링 교류교란(AC perturbation)들이 각 측정에 대해 표준화된 판정기준과 비교된다. 공통모드 교류교란은 1Vp 진폭을 갖는 사인함수 전압원으로 모델링되며 교류해석은 0에서 10MHz 주파수 범위에서 수행된다.[2] 수용 판정기준은 자세제어 시스템에 대한 8bit 측정 요구사항과 일치하기 위해 신호의 전 범위에서 48dB 이상이 감쇄되는 것이다.[2] 차동모드 교류교란은 측정 종류에 따라 1Vp 또는 낮은 진폭을 갖는 사인함수 전압원으로 모델링 되며 교류해석은 0에서 10MHz 주파수 범위에서 수행된다.[2] 수용 판정기준은 공통모드 교류교란 해석과 동일하다. 하니스 커플링 교류교란 해석은 하니스 커플링에서 발생되는 교류교란을 평가하기 위해 수행된다. 교류교란은 교란된 와이어와 직렬로 연결된 변압기로 모델링된다. 변압기는 커플링 비율이 1이며 10kHz에서 10MHz 주파수 범위에서 1mA의 진폭을 갖는 사인함수 전류원으로 모델링 된다.[2] 수용 판정기준은 공통모드 또는 차동모드 교류교란 해석과 동일하다. 50turns/m로 꼬인 케이블은 40dB의 감쇄를 보증한다.[2] 측정접속 라인에서 접지 또는 +/-50V 전압 적용 상태에서 실패 전파가 없음을 채크한다. 면역성 문제가 정의되었을 때 교류교란들은 접속 타입에 따라 좀 더 실제적으로 모델화 되어 좀 더 정확한 해석을 수행한다.

- 시험접속:

실패상태 또는 조립시험에서 발생할 수 있는 시험장치에서의 오류가 있는 경우에 대해 양쪽 접속에서의 호환성 레벨 및 비행 유닛으로의 실패상태 전파의 없음을 채크한다. 비행 및 시험접속 회로들은 60m의 시험 케이블을 고려하여 채크한다.[2]

본 접속 적합성 검증에 추가적으로 하니스 레벨의 전기 및 제작에서 적용되는 다음과 같은 2가지 권고사항을 제공한다.

- 전력링크에 대해 최대 전압강하
- 아날로그 신호들에 대해 꼬인 케이블 또는 차폐 케이블

2. 본 론

2.1 휠 전기접속

휠 에셈블리는 휠구동유닛(WDE, Wheel Drive Electronics) 및 휠(RDR)로 구성되어 있다. 그림 1은 작동기구동전자장치(ADE, Actuator Drive Electronics)와 휠 어셈블리의 연결도이다. 휠제어유닛(WCE, Wheel Control Unit)은 ADE 내부에 위치한다. RDRA, RDRB 및 RDRC 휠은 XZ면 RDR 이며 완전히 교차연결 되어 주 ADE/WCE(A) 및 예비 ADE/WCE(B)에 연결된다. RDRD 및 RDRE 휠은 Y축 포화 RDR 이며 릴레이로 교차되어 ADE/WCE4에 연결된다. 5개의 휠 중에서 3개의 휠은 3축 제어 능력을 제공한다. WDE/RDR 접속은 공급자의 책임 아래에 있기 때문에 위성체는 WDE 접속만을 다룬다.

그림 2는 RDR 관성 휠 어셈블리 블록도이다. WDE는 ADE/WCE를 통해 명령을 받고 직접 위성체로부터 50Vdc 전압을 받는다. Preceding 단은 EMI 필터 및 inrush 전류를 제한하기 위한 soft-start 회로를 포함한다. Double forward DC/DC 컨버터는 휠 에셈블리에 필요한 모든 2차 전압을 공급하며 40kHz의 스위칭 주파수로

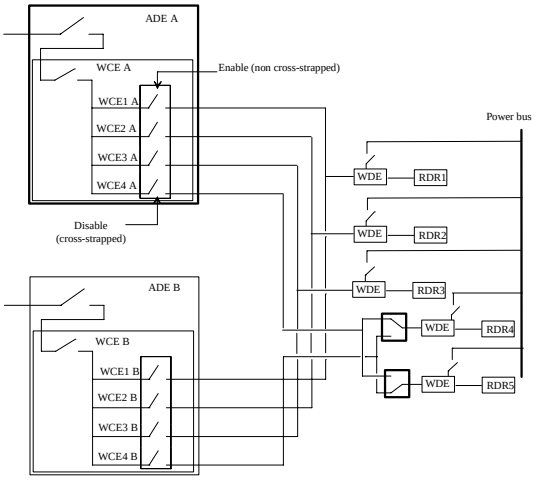

그림 1. ADE/WCE 및 휠 에셈블리의 연결도

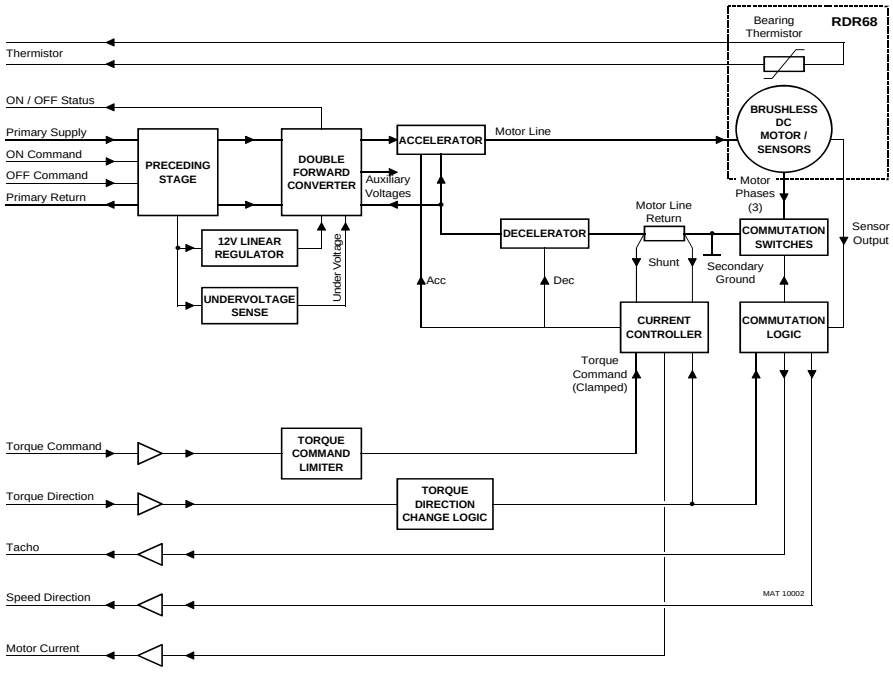

그림 2. RDR 관성 휠 어셈블리 블럭도

동작한다. 컨버터의 입력은 휠 어셈블리 외부에 위치한 P600L 6A 퓨즈로 보호된다. 휠 에셈블리는 50V 입력 전원과 2차 전원 사이의 공통모드 전압을 감소시키기 위해 위성체 구조를 통해 전력리턴 된다.

2.2 전력링크에 대한 호환성

휠 컨버터는 24V에서 51V 전압 범위에 대해 호환되며 DIET 요구사항에 규정된 감쇄모드의 경우에서 요구되는 35V의 경우에도 적합하다.[2, 3] 그림 3은 휠 에셈블리의 inrush 전류이다. 50V 인가 초기에 휠 에셈블리에서 요구되는 에너지는 $0.001A^2sec$ 정도이며 P600L 6A 퓨즈가 견딜 수 있는 에너지는 $4.1A^2sec$ 이상으로 퓨즈 사이징에서 충분한 마진을 갖는다. 또한 컨버터는 18V에서 24V의 레벨에서 조정된 저전압 보호회로, 과전류 보호회로 및 과속도 보호회로가 구현되어 있다. 전도방사 측정결과 DIET 요구사항을 만족하여 휠 어셈블리로부터 전도되어 외부로 방출되는 노이즈는 낮은 수준이다.

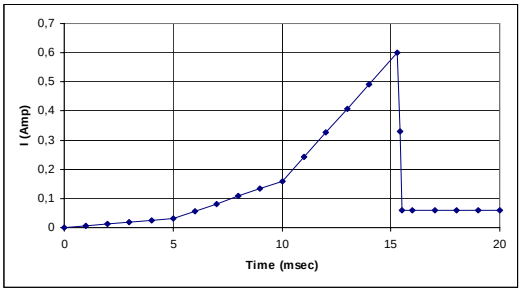

그림 3. 휠 에셈블리 inrush 전류

2.3 명령접속에 대한 호환성

휠 어셈블리에서 명령접속은 WDE On/Off, WCE 선택, 아날로그 토크 및 토크 방향 명령들이 있다. 명령접속에 대한 호환성 해석결과는 표 1과 같다. WDE On/Off 및 WCE 선택 명령에서 최대 명령전압이 요구되는 부하전압보다 초과되나 최대 하니스 전압강하 1V를 고려하면 부하에서 요구되는 전압 범위 내이다.

표 1. 명령접속에 대한 호환성 해석결과

명령	WDE On/Off	WCE 선택	아날로그 토크	토크 방향
명령 전류능력	792mA	650mA	-	-
최대 부하전류	43mA	589mA	-	-
명령 지속시간	48ms	48ms	-	-
최소 동작시간	14ms	24ms	-	-
명령전압	12.2~17.1V	14~17V	0~11V	7.6~15V
요구되는 부하전압	11.6~16.8V	12.2~15.8V	0~17V	7~15V
비활성화 명령 전압	<0.5V	<0.5V	-	<0.5V
부하 드롭아웃 전압	<1.3V	<1.4V	-	-0.5~0.8V

2.4 디지털 측정접속에 대한 호환성

디지털 측정접속은 WDE On/Off, 스피드 방향, 휠 스피드(tacho) 및 WCE 선택들이 있다. 디지털 측정접속에 대한 호환성 해석결과는 표 2와 같으며 모든 측정신호들에서 호환성이 확인되었다.

표 2. 디지털 측정접속에 대한 호환성 해석결과

명령	WDE On/Off	스피드 방향	휠 스피드	WCE 선택
요구되는 0 상태	<1.5V	<7V	<7V	1Ω
0 상태	-1~1V	<0.87V	<0.87V	0.4Ω
요구되는 1 상태	>2.5V	>9V	>9V	1MΩ
1 상태	11.7~14.3V	>12.5V	>11.5V	1GΩ

2.5 아날로그 측정접속에 대한 호환성

아날로그 측정접속은 휠 베어링 온도, 1차 전원 전류 및 모터 전류 측정들이 있다. 아날로그 측정접속에 대한 호환성 해석결과는 표 3과 같았다. 모든 측정신호들에서 대해 호환성이 확보되지 않았으나 하니스 레벨에서 꼬인 케이블을 사용하여 40dB 이상을 감쇄 시키면 하니스 커플링

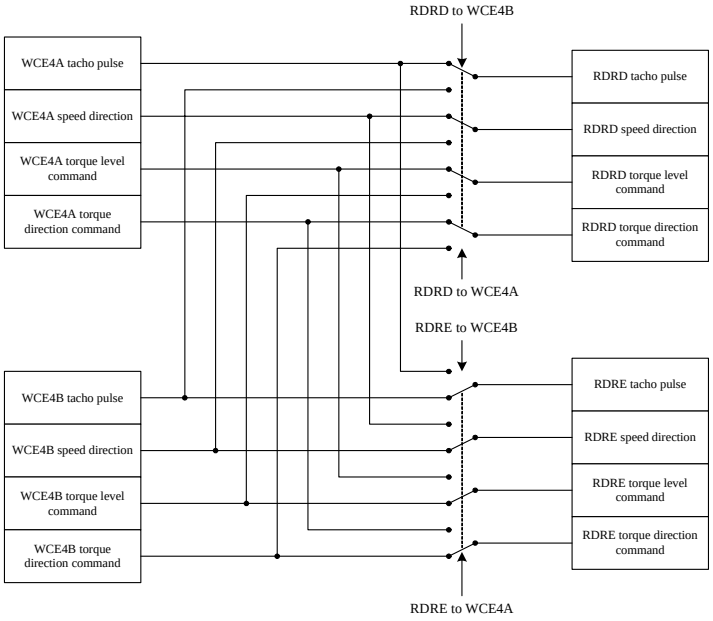

그림 4. RDRD 및 RDRE의 교차연결도

에서는 호환성이 확보될 것이다. 하니스 레벨에서 꼬인 케이블, 꼬인 쌍 케이블 및 꼬이고 차폐된 케이블 사용을 권장한다. 이러한 권장사항들을 적용하면 Eurostar에서 시험을 통해 인증된 것과 같이 수용 판정기준은 만족하게 될 것이다.[2]

표 3. 디지털 측정접속에 대한 호환성 해석결과

명령	베어링 온도	1차 전원 전류	모터 전류
공통모드	-	-64dBV	-30dBV
차동모드	-	0dBV at 1Hz -30dBV at 1kHz	0dBV at 1Hz -50dBV at 1kHz
하니스 커플링	-80dBV	10dBV	-18dBV
최대 실패전압	25V	50V	<0V
하니스 권장	꼬인 쌍 케이블 사용	꼬이고 차폐된 케이블 사용	꼬인 케이블 사용

2.5 휠제어유닛과 휠의 교차연결

그림 4는 RDRD 및 RDRE과 ADE/WCE의 교차 연결도이다. RDRD 및 RDRE는 릴레이로 교차되어 WCE4A 및 WCE4B에 연결된다. 실패의 관점에서 동일한 WCE 접속에 RDRD 및 RDRE가 동시에 연결된 경우가 연구되었으며 다음과 같이 요약된다.

- 휠 스피드(tacho) 신호: 2개 휠의 병렬연결은 ADE/WCE나 RDR 레벨에서 어떤 접속에도 스트레스를 유발하지 않는다. 측정 라인은 교란되어 FDIR(Failure Detection, Isolation and Recovery)이 화성화 되고 휠 ORB(Onboard Reconfiguration Block) 재구성으로 귀결된다.
- 스피드 방향 신호: 휠 스피드(tacho) 신호와 같은 동일한 결과를 일으킨다.
- 토크 레벨 명령: 2개 휠의 병렬연결은 정상 부하의 2배와 같으나 ADE/WCE 구동 능력과 호환된다. 2개의 휠에 병렬로 명령이 전달되어 휠 어셈블리의 잘못된 제어는 휠 ORB에서 감지되어 재구성으로 귀결된다.
- 토크 방향 명령: 2개 휠의 병렬연결은 정상 부하의 반이 되며 ADE/WCE 구동 능력과 호환된다. 2개의 휠에 병렬로 명령이 전달되어 휠 어셈블리의 그릇된 제어는 휠 ORB에서 감지되

어 재구성으로 귀결된다.

2.6 시험접속

시스템 레벨에서 사용되는 시험접속은 ADE/WCE 기능과 관련되어 있으며 토크 방향, 스피드 방향, WDE 전류 및 휠 스피드(tacho) 신호이다. 모든 신호들은 직렬로 연결된 저항으로 보호된다. 접지로 잘못된 연결은 모든 신호들에 대해 실패를 발생시키지 않는다. 각 접속에 대해 최대 실패 전압은 휠 스피드(tacho) 신호에 대해 7V이며 나머지 신호들에 대해 50V이다.[3]

3. 결 론

통신해양기상위성은 광학 관찰 임무로 인해 정밀 자세 안정도를 요구하며 기상탑재체 장착에 따른 태양전지어레이 설계로 인해 중요한 관성 외란 토크를 발생시킨다. 이로 인해 휠은 68 Nms 용량을 갖는 5개의 RDR 관성 휠로 구성되었다.

본 연구는 통신해양기상위성 휠과 외부 유닛들 사이의 접속에 대해 전기 적합성을 전력링크, 명령, 디지털 측정, 아날로그 측정 및 실패상태 또는 조립시험 오류들에 대해 확인하였다. 본 접속 적합성 검증에 추가적으로 본 연구는 하니스 레벨에서 적용되는 전기 및 제작에서 권고사항을 제공한다.

참 고 문 헌

1. AOCS team, "COMS Attitude and Orbit Control Sub-system Description," COMS. DDD.00003.DP.T.ASTR Issue 03, Astrium and KARI Design Document, February 2007.
2. J.C. KOO, "COMS AOCS Interfaces Compatibility," COMS.TN.00201.DP.T.ASTR Issue 01, Astrium and KARI Technical Note, December 2006.
3. V. Claudet, F. Chaudon, C. Ricolleau and L. Taille, "Eurostar 3000 Design, Interface, Environment and Test Requirement Specification for Equipments (DIET)," EUR3.SP.5060.MMT Issue 03.01, Astrium Specification, November 2001.