

통신해양기상위성 진행과관증폭기 전기접속 적합성 해석

구자춘*, 최재동**

Electrical Interfaces Compatibility Analysis for the COMS TWTA

Ja-Chun Koo*, Jae-Dong Choi**

Abstract

The aim of this analysis is to verify the electrical compatibility of the interfaces which exist between TWTA(Travelling Wave Tube Amplifier) which is equipment of the Ka-band payload in COMS (Communication, Ocean and Meteorological Satellite) 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(Assembly, Integration and Test) errors.

In addition with this interface compatibility verification, this study outputs electrical and manufacturing recommendations to be applied at harness level.

초 록

본 해석의 목적은 통신해양기상위성 통신 탑재체의 진행과관증폭기와 외부 유닛들 사이의 전기접속에 대해 적합성을 검증하는 것이다. 본 연구에서는 전력링크, 명령, 디지털 측정, 아날로그 측정 및 실패상태 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 진행과관증폭기(COMS TWTA)

1. 서 론

통신해양기상위성의 통신 탑재체는 Ka 대역 안테나와 중계기로 구성된다. 통신 탑재체는 안테나 혼으로부터 발생한 전파를 반사하는 전개형

안테나 리플렉터를 이용하여 지정된 지역과 통신을 수행한다.

통신해양기상위성 진행과관증폭기의 호환성을 체크하기 위해 각 전기접속은 다음과 같은 관점에서 해석 되었다.[1]

● 전력링크 : 소스의 직류전압 범위는 부하의

접수일(2007년 12월 5일), 수정일(1차 : 2008년 6월 5일, 2차 : 2008년 6월 17일, 게재확정일 : 2008년 7월 1일)

* 통해기체계팀/jckoo@kari.re.kr

** 통해기체계팀/jdchoi@kari.re.kr

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 전과의 없음을 확인하기 위해 해석된다.

- 명령 : 각 명령접속에 연결된 최대 부하는 명

의 특성에 따라 공통모드, 차동모드 및 하니스 커플링 교류교란(AC perturbation)들이 각 측정에 대해 표준화 된 판정기준과 비교된다. 공통모드 교류교란은 1Vp 진폭을 갖는 사인함수 전압원으로 모델링 되며 교류해석은 0에서 10MHz 주파수 범위에서 수행된다.[1] 수용 판정기준은 통신 탑재체에 대한 8bit 측정 요구사항과 일치하기 위해 신호의 전 범위에서 48dB

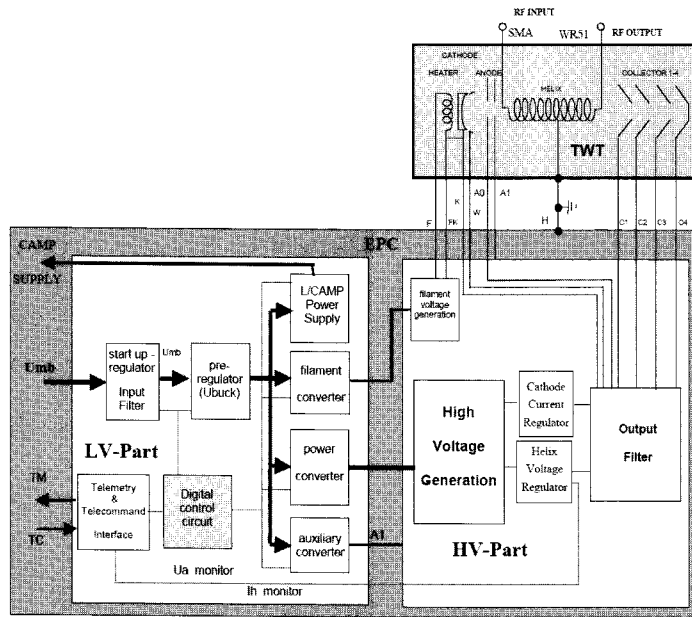


그림 1. 진행파관증폭기 블럭도

령 드라이버와 호환성을 비교한다. 부하에서 요구되는 최소 펄스 지속시간은 명령 지속시간과 2배의 마진이 있음을 비교한다. 명령을 실행하기 위해 적용해야 하는 최소 전압은 명령이 on 될 때 최소 전압과 비교한다. 명령을 실행이 없음을 보증하는 최대 전압은 최대 off 명령 레벨과 비교한다.

- 디지털 측정 : 디지털 레벨 정의 및 정확한 디코딩을 확인한다. 측정접속 라인에서 접지 또는 +/-50V 전압이 적용된 상태에서 측정회로 특성과 호환성을 체크한다.
- 아날로그 측정 : 측정라인의 동작전압 범위는 측정 디코더의 특성과 비교된다. 아날로그 신호

이상이 감쇄되는 것이다.[1] 차동모드 교류교란은 측정 종류에 따라 1Vp 또는 낮은 진폭을 갖는 사인함수 전압원으로 모델링 되며 교류해석은 0에서 10MHz 주파수 범위에서 수행된다.[1] 수용 판정기준은 공통모드 교류교란 해석과 동일하다. 하니스 커플링 교류교란 해석은 하니스 커플링에서 발생하는 교류교란을 평가하기 위해 수행된다. 교류교란은 교란된 와이어와 직렬로 연결된 변압기로 모델링 된다. 변압기는 커플링 비율이 1이며 10kHz에서 10MHz 주파수 범위에서 1mA의 진폭을 갖는 사인함수 전류원으로 모델링 된다.[1] 수용 판정기준은 공통모드 또는 차동모드 교류교란 해석과 동일하다.

50turns/m로 꼬인 케이블은 40dB의 감쇄를 보증한다.[1] 측정접속 라인에서 접지 또는 +/-50V 전압 적용 상태에서 실패 전파가 없음을 체크한다. 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 체크한다. 비행 및 시험접속 회로들은 60m의 시험 케이블을 고려하여 체크한다.[1]

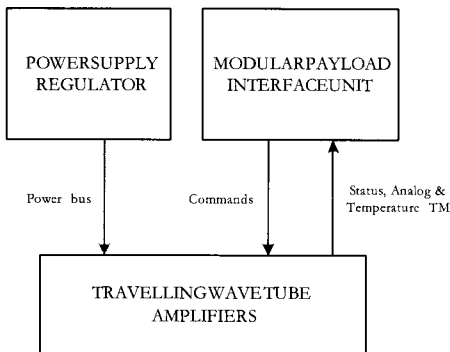


그림 2. 진행파관증폭기 전기 접속도

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 진행파관증폭기 전기접속

그림 1은 진행파관증폭기의 블록도이다.[2] 진행파관증폭기는 통신 탑재체로부터 지구국으로 19.80GHz에서 20.20GHz 주파수 범위의 신호를 전송하기 위해 요구되는 출력 전력을 제공한다.[2] 진행파관증폭기는 크게 2가지의 구성품인

전력조정기(EPC, Electronic Power Conditioner)와 진행파관(TWT, Travelling Wave Tube)으로 구성되어 있다.[2] 통신 탑재체의 진행파관증폭기는 Eurostar 3000 위성체에서 이미 인증되었다. 전력조정기는 TESAT사에서 개발되었으며 진행파관은 THALES사에서 개발되었다. RF 성능은 주로 진행파관에 의해 결정된다. 전력조정기는 진행파관에서 요구되는 고전압을 제공하며, 전력버스 입력, 원격명령 및 원격측정 접속을 제공한다.

진행파관은 고 발열 품목이기에 전력조정기와 분리되어 히트파이프(Heatpipe) 위에 독립적으로 장착되며 차폐된 고 전압 케이블로 전력조정기와 연결된다.

그림 2는 진행파관증폭기의 위성체와의 전기 접속도이다.[1] 진행파관증폭기는 전력공급기(PSR, Power Supply Regulator)로부터 50Vdc 전력을 공급받는다. 진행파관증폭기의 원격명령 및 원격측정 데이터는 탑재체 접속유닛(MPIU, Modular Payload Interface Unit)과 접속된다. 위성체의 탑재체 접속유닛은 1553B 데이터 버스를 통해 탑재 컴퓨터와 접속되어 진행파관증폭기에 전달되는 원격명령을 전송하고 진행파관증폭기로부터 생성된 원격측정 데이터를 획득한다.

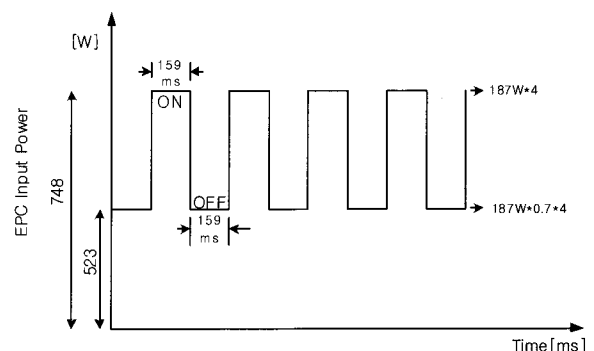


그림 3. 시간분할 다중접속모드로 동작할 때의 소모 전력

2.2 전력링크에 대한 호환성

그림 3은 4개의 진행파관이 동시에 시간분할 다중접속(TDMA, Time Division Multiple

Access) 모드로 동작할 때 전력조절기의 입력 단에서의 소모 전력을 나타낸다.[3] 다중접속 모드는 3.14Hz의 주파수로 50% 듀티사이클로 동작한

은 보호 기능이 구현되어 있다.[4]

- 전원 버스 저전압 보호 기능: 입력 버스 전압이 2msec 이상의 시간동안 45V(+1V/-0V)로 강

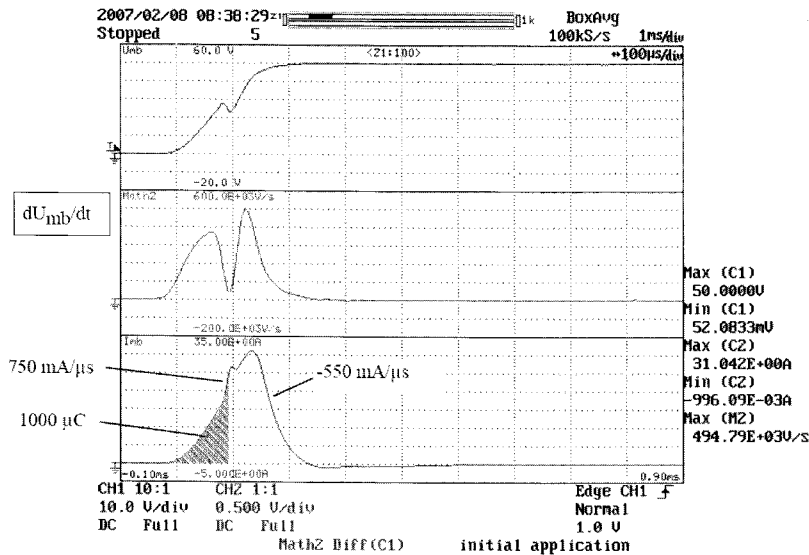


그림 4. 전력조절기의 돌입 전류

다.[3] 이때 50V 전력라인에서의 전류 변화는 4.5App 이다.

전력조절기는 46V에서 90V 전압 범위를 입력 받을 수 있으며 전력버스 전압 범위 47.7V에서 51.9V와 호환된다.[1] 전력버스 전압 범위는 식 (1) 및 (2)로 결정된다.[1]

$$V_{min} = 50V_{dc} - 1\% \text{ 버스 전압 조절} - \frac{2.82V_{pp} \text{ 리플}}{2} - 350mV \text{ 하니스 전압 강하} \quad (1)$$

$$V_{max} = 50V_{dc} + 1\% \text{ 버스 전압 조절} - \frac{2.82V_{pp} \text{ 리플}}{2} - 0V \text{ 하니스 전압 강하} \quad (2)$$

50V 전력라인은 외부에서 P600L 15A 용량의 퓨즈로 보호되어 입력되고 유닛의 1차와 2차 전압 사이의 공통모드 전압을 감소시키기 위해 위성체 구조물을 통해 전력을 귀환한다. 진행파관 증폭기의 보호를 위해 전력조절기에서 다음과 같

하되면 전력조절기는 자동적으로 off 된다. 전력 조절기의 on은 원격명령으로만 가능하다.

- 헬릭스 과전류 보호 기능: 헬릭스 전력 공급 라인에서 전류가 6.0mA(+/-1mA) 이상이면 2.1msec 이내에 전력조절기는 자동적으로 재시작 된다.
- 입력 과전류/전력 보호 기능: 전력조절기 내부의 buck 단에서 통상적인 전류의 약 1.7배인 7A 이상이면 전력조절기는 자동적으로 재시작 된다.
- 자동 재시작 기능 : 입력 과전류/과전력과 헬릭스 과전류의 보호 기능은 전력조절기를 완전히 off 시키지 않고, 진행파관에 공급되는 고 전압만 차단한다. 2.1msec 이내에 전력조절기는 자동적으로 재시작 된다.
- 조절기 출력 저/과전압 보호 기능: 조절기 출력 라인에서 저전압이나 과전압이 감지되면 전력조절기는 자동적으로 off 된다.
- 2차 전력 공급 컨버터의 과부하 보호 기능 :

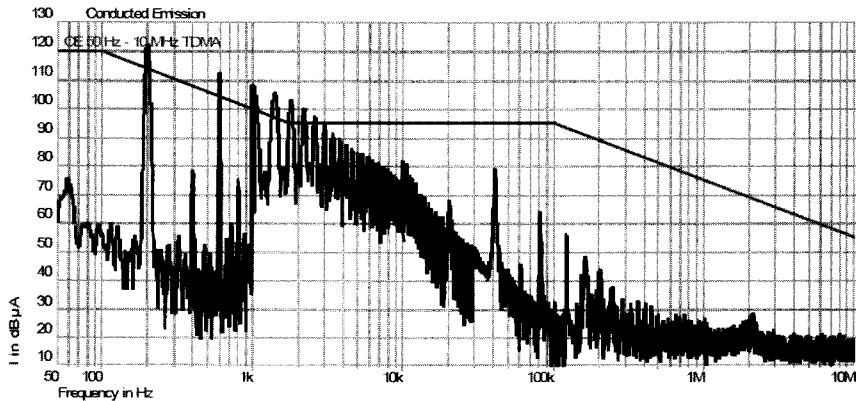


그림 5. 시간분할 다중접속모드로 동작할 때 전력조정기의 전도 방출

전력조정기는 2차 전원 라인에서 통상의 채널증폭기(CAMP, Channel Amplifier) 전력의 2배 이상의 과부하가 감지되면 채널증폭기로 공급되는 2차 전원만 off 한다. 이 2차 전원의 on은 진행 파관증폭기의 off 후 on을 할 때 이루어진다.

그림 4는 전력조정기의 돌입 전류이다.[5] 50V 인가 초기에 전력조정기에서 요구되는 에너지는 $0.0069A^2sec$ 정도이며 P600L 15A 퓨즈가 견딜 수 있는 에너지는 $200\mu sec$ 동안 $1.487A^2sec$ 이상이다.[6] 퓨즈 사이징에서 200 이상의 충분한 마진을 갖는다.

그림 5는 200Hz 주파수, 50% 듀티사이클로 시간분할 다중접속모드로 동작할 때 전력조정기에서 전도되어 방출되는 결과이다.[5] 최대 전도 방출 레벨은 $122.2dB\mu A$ 로 부하 전류 변화는 $1.29Arms$ ($3.6App$)와 일치한다. 통신해양기상위성 각 전력조정기의 전류 변화는 $1.12App$ ($((187W - 187W * 70\% \text{ efficiency}) / 50V)$)이다. DIET 문서에서 전도 방출 레벨은 $30W$ 이상 소모하는 부하에 대해 $80dB\mu A$ 에서 $20\log(\text{input power}/30)$ 노이즈 방출을 완화해 준다.[7] 통신해양기상위성 각 전력조정기의 입력 전력 $187W$ 에 대해서는 $16dB$ 가 완화되어 $96dB\mu A$ 된다. 시간분할 다중접속모드로 동작할 때 저주파 영역에서 $120dB\mu A$ 로 규정된다.[7] 통신해양기상위성 각 전력조정기의 전도 방출 레벨은 DIET 문서 규격에는 만족하지 못했다. 주파수가 $3.14Hz$ 로 이동 되어도 전력조정기의 전류 변화가 낮기 때문에 전도되어 방출

되는 레벨은 상당히 낮을 것으로 예상된다. 또한 전력공급기의 낮은 임피던스로 인해 전력조정기에서 전도되어 외부로 방출되는 노이즈는 통신해양기상위성 시스템 레벨에서는 영향을 주지 않을 것이다.

2.3 명령접속에 대한 호환성

전력조정기는 2개의 원격명령 TWTA on 및 off를 입력 받는다. 전력조정기에 입력된 명령은 opto-coupler를 구동한다. 명령접속에 대한 호환성 해석결과는 표 1과 같다. 모든 원격명령 신호들에 대해 호환성이 확인되었다. 조립시험에서 발생할 수 있는 오류에 대해 모든 원격명령 신호들은 최대 $30V$ 오류 전압에 대해 호환된다.

표 1. 명령접속에 대한 호환성 해석결과

명령	TWTA on	TWTA off
명령 전류능력	1270mA	1270mA
부하의 최대 전류	50mA	50mA
명령 지속시간	48ms	48ms
부하의 최소 동작시간	20ms	20ms
명령전압	12.54~14.93V	12.54~14.93V
부하에서 요구 전압	12~30V	12~30V
off 명령 전압	<0.5V	<0.5V
부하의 off 전압	<1.5V	<1.5V

2.4 디지털 측정접속에 대한 호환성

전력조정기는 2개의 디지털 측정 TWTA

on/off 상태 및 자동 재시작 상태를 출력한다. 디지털 측정접속에 대한 호환성 해석결과는 표 2와 같으며 모든 측정신호들에서 호환성이 확인되었다. 조립시험에서 발생할 수 있는 오류에 대해 모든 디지털 측정신호들은 최대 13.5V 오류 전압에 대해 호환된다.

표 2. 디지털 측정접속에 대한 호환성 해석결과

명령	TWTA on/off	자동 재시작
요구되는 로직 0 상태	<0.5V	<0.5V
출력 로직 0 상태	<311mV	<311mV
요구되는 로직 1 상태	>3.5V	>3.5V
출력 로직 1 상태	3.5~6V	3.5~6V

2.5 아날로그 측정접속에 대한 호환성

전력조정기는 4개의 아날로그 측정 전력조정기 온도, 헬릭스 전류, 에노드 전류 및 1차 전원 전류를 출력한다. 아날로그 측정접속에 대한 호환성 해석결과는 표 3과 같았다.

모든 측정신호들에서 대해 호환성이 확보되지 않았다. 전력조정기 온도 측정신호에 대해 하니스 레벨에서 꼬인 케이블을 사용하여 40dB 이상을 감쇄 시키면 하니스 커플링에서는 호환성이 확보될 것이다. 헬릭스 전류, 에노드 전류 및 1차 전원 전류 측정신호들에 대해 호환성이 확보되지 않았으나 측정 용도로만 사용되고 유닛을 재구성하는 제어 용도로는 사용되지 않기 때문에 이 접속들은 받아들일 수 있다. 헬릭스 전류, 에노드 전류 및 1차 전원 전류 측정신호들은 시분할 다중접속 모드로 동작할 때 교란(perturb) 될 것으로 예상된다.

표 3. 아날로그 측정접속에 대한 호환성 해석결과

명령	전력조정기 온도	헬릭스 전류	에노드 전류	1차 전원 전류
공동모드	-	0dBV at 1Hz <-40dBV at >40kHz	0dBV at 1Hz <-40dBV at >40kHz	0dBV at 1Hz <-40dBV at >30kHz
차동모드	-	-0dBV at 1Hz <-40dBV at >4kHz	-170dBV	-0dBV at 1Hz <-40dBV at >4kHz

3. 결 론

본 연구는 통신해양기상위성 진행과관중폭기와 외부 유닛들 사이의 접속에 대해 전기 적합성을 전력링크, 명령, 디지털 측정, 아날로그 측정 및 조립시험 동안 발생할 수 있는 실패상태들에 대해 확인하였다.

진행과관중폭기는 전력링크, 명령 및 디지털 측정신호들에서 호환성이 확인되었다. 그러나 아날로그 측정 신호들에 대해서는 호환성이 확보되지 않았다. 그럼에도 불구하고 이들 아날로그 측정 신호들은 측정 용도로만 사용되고 유닛을 재구성하는 제어 용도로는 사용되지 않기 때문에 이 접속들은 받아들일 수 있다. 또한 이들 아날로그 측정 신호들은 시분할 다중접속 모드로 동작할 때 교란 될 것으로 예상된다. 조립시험 동안 발생할 수 있는 실패상태들에 대해 확인한 결과 명령 및 디지털 측정신호들에서 50V를 수용할 수 없기 때문에 조립 과정 및 전기 기능 시험장비와 접속될 때 각별한 주의가 요구된다.

본 접속 적합성 검증에 추가적으로 본 연구는 하니스 레벨에서 적용되는 전기 및 제작에서 권고사항을 제공한다.

참 고 문 헌

1. J.C. Koo, "Ka-Band Interfaces Compatibility," COMS.TN.00207.DP.T.ASTR Issue 01, Astrium and KARI, March 2007.
2. H. Hoshle, "Design Description for the 100W Ka-band TWTA for ETRI-COMS," 63.7457.900.00EDD issue A, TESAT, March

- 2006.
3. J.D. Choi, "Spacecraft to Ka-Band Communication Payload ICD," COMS.ICD.00004.DP.T.ASTR Issue 06.00, Astrium and KARI, May 2007.
 4. H. Jakobi, "Design Description of the Single ATC-S39-EPC (Buck-Type)," 63.7457.910.00EDD issue A, TESAT, March 2006.
 5. Pfeiffer, "TWTA ATC-S39 EMC Test Report," 63.7457.900.00-A001, TESAT, February 2007.
 6. J. Montgomery, "Specification Sheet P600L Current Limiting Fuse," AEM. INC., December 1999.
 7. 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.