

저궤도 위성의 전력시스템 검증에 관한 연구

박희성*, 박성우, 장진백, 장성수, 이상곤
한국항공우주연구원

A Study on the Verification of Electrical Power Subsystem for LEO Satellite

Hee-Sung Park*, Sung-Woo Park, Jin-Bak Jang, Sung-Soo Jang, Sang-Kon Lee
Korea Aerospace Research Institute

ABSTRACT

The LEO satellite generates the power during day and consumes the power during night, so the power changes repeatedly. The power fluctuation must be verified, because it affects the mission operation and lifetime of satellite.

This study describes the test-set for verification of Electrical Power Subsystem and two verification items using it.

The verification test of EPS will be useful to predict the mission lifetime and to decide the mission operation of satellite.

1. 서론

저궤도 위성은 식 구간과 낮 구간을 반복적으로 이동하면서 전력의 생산과 소비를 반복한다. 이러한 전력 변화는 위성의 운용 방법 및 수명 등에 지대한 영향을 미치므로 위성 개발에서 우선 검토되어야 할 사항이다.

전력계에서의 검증은 크게 두 가지로 나누어 생각할 수 있다.

첫째는 전력 조절 분배 장치의 검증이다. 전력 조절 분배 장치는 태양 전지판에서 생성된 전력을 변환하고, 이를 기타 전장품에 분배하며, 잉여 전력을 배터리에 저장하는 역할을 수행하는 전력계 주요 전장품이다.

둘째로는 위성의 궤도 운용에 따른 전력의 변화 추이를 검증하는 전력시스템 검증이다. 전력시스템의 검증은 위성의 한 궤도 운용과 하루의 운용 동안 전력 변화를 검증한다. 이는 위성의 임무 수행 및 수명에 직접적인 관련이 있으므로 이에 대한 검증을 통하여 위성의 안정적인 운용 및 예측이 가능하다.

본 연구에서는 위와 같은 두 가지의 검증을 위한 전력계 검증 장치를 개발하고, 이를 이용한 검증 방안을 제시한다.

2. 전력계 검증 장치

2.1 전력계 검증을 위한 구성

전력계는 전력 생성부, 전력 변환 및 분배부, 배터리와 같이 크게 세 부분으로 구성되어 있다. 전력 생성부는 태양 전지판을 이용하여 태양광 에너지를 전기 에너지로 변환한다. 전력 변환 및 분배부는 태양 전력을 위성 전장품에 사용되는 비조정

형 전압과 28V 조절형 전압으로 변환하며, 각 전장품에 전력을 분배한다. 배터리는 낮 기간에 전기 에너지를 충전하고 충전된 전력을 식 구간동안 위성 본체에 공급한다. 그림 1은 저궤도 위성에서의 전력계 구조이다.

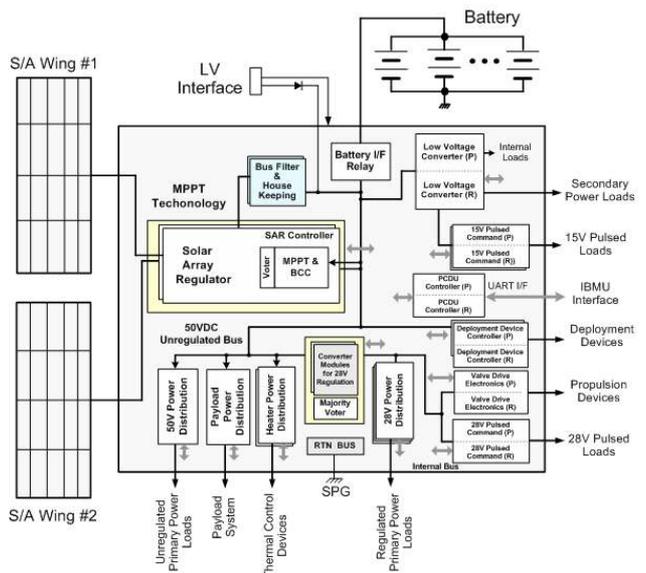


그림 1 위성 전력계 구조
Fig. 1 EPS Architecture

그림 1과 같은 전력계 검증을 위해서는 전력 생성부를 모사하는 태양 전지 모사 장치(SAS), 전력 조절 분배 장치, 위성 전장품 및 탑재체를 모사하는 전자 부하와 배터리를 모사하는 배터리 모사 장치(BSS)가 필요하다. 전력계 검증 장치는 각 부분의 위 장치들의 연결 통로가 되어 모든 입출력을 제어하며, 각 입출력의 전압과 전류를 측정하여 전력 분배 장치의 검증과 전력시스템의 검증을 위하여 사용된다. 그림 2는 전력계 검증을 위한 구성도 이다.

2.2 전력계 검증 장치의 구성

전력계 검증 장치와 전력 조절 분배 장치의 모든 입출력을 1:1로 연결되면 이상적이지만, 전력 분배 채널의 경우 실제 위성의 운영상 Primary와 Redundant를 모두 사용하는 경우는 특수한 전장품을 제외하고는 없으며, 주로 단일 출력만을 사용하

므로 검증 장치의 크기 및 운용의 편의성을 위해 표 1과 같이 입출력에 대한 사양을 결정하였다.

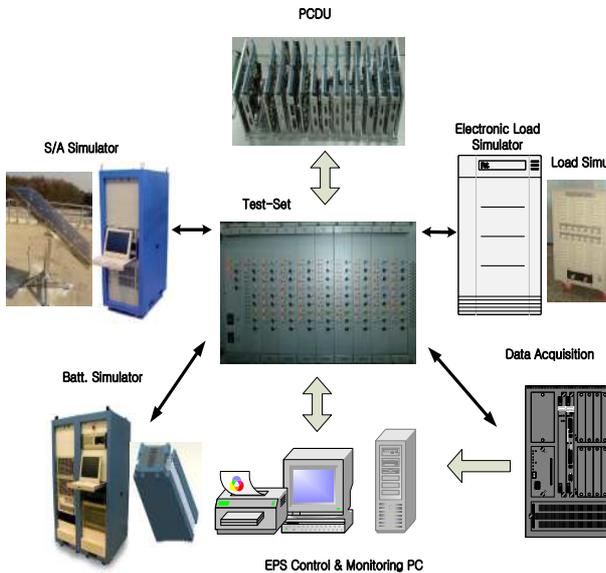


그림 2 전력계 검증을 위한 구성
Fig. 2 Configuration for EPS Verification

표 1 전력계 검증 장치 인터페이스
Table 1 Interface of EPS Test-Set

ID	Slot Name	Input		Output	
		No. Ch	Item	No. Ch	Item
A1	Batt. IF	1	Battery	1	PCDU Bus
A2	SAR	2	SAS	2	PCDU SAR
A3	50VPD	16	PCDU 50VPD	8	Load
A4	50VPD	16	PCDU 50VPD	8	Load
A5	DDC	16	PCDU DDC	8	Load
A6	28VPD	16	PCDU 28VPD	8	Load
A7	HTPD	16	PCDU HTPD	8	Load
A8	HTPD	16	PCDU HTPD	8	Load
A9	HTPD	16	PCDU HTPD	8	Load
AA	VDE	16	PCDU VDE	8	Load
	RS422	1	PC	NA	NA

2.2.1 배터리 인터페이스

배터리 인터페이스는 위성 운용중 예측되는 최대 방전전류 150A을 고려하여 circular 타입의 커넥터를 사용하였으며 배터리 전압과, 충방전 전류의 모니터링과 텔레메트리를 제공한다.

전류 측정은 충방전 손실을 없애기 위해 hall 센서를 이용하여 측정된다.

2.2.2 태양 전력 조절기 인터페이스

태양 전력 조절기 인터페이스는 입력으로 태양 전지판 및 SAS가 연결되며, 출력은 전력 조절 분배 장치의 태양 전력 조절기 보드의 입력과 연결된다. 전력 조절 분배 장치의 태양 전력 조절기는 2개의 보드로 이루어져 있으므로 입출력 각각 2

채널을 제공하며, 각 보드의 연결은 독립적으로 인터페이스 된다. 태양 전력 조절기로 전송되는 전류는 각 채널당 18A까지 가능하며, 개별 on/off가 가능하다.

2.2.3 전력 분배 인터페이스

50VPD, DDC, 28VPD, HTPD, VDE와 같은 전력 분배 보드를 위해서는 8개의 보드가 제공되며, 각 보드당 Primary 시험과 Redundant 시험을 고려하여 입력 16 채널, 출력 8채널을 가지고 있다. 각 채널은 Primary, Redundant를 교번하도록 switching이 가능하고, 검증 장치의 전면부에 Test 핀으로 출력 전압 측정이 가능하도록 설계하였다. 또한 전면부 LED를 통하여 동작중인 출력의 상태를 확인할 수 있다.

2.2.4 유저 인터페이스

전력 조절 분배 장치의 검증을 위해서는 개별 보드의 on/off 제어와 각 채널의 전압, 전류의 모니터링이 필요하다. 그림 3은 검증 장치의 제어를 위한 유저 인터페이스를 보여준다. 검증 장치는 PC와 RS-422를 통하여 커맨드 및 텔레메트리를 송수신 한다.

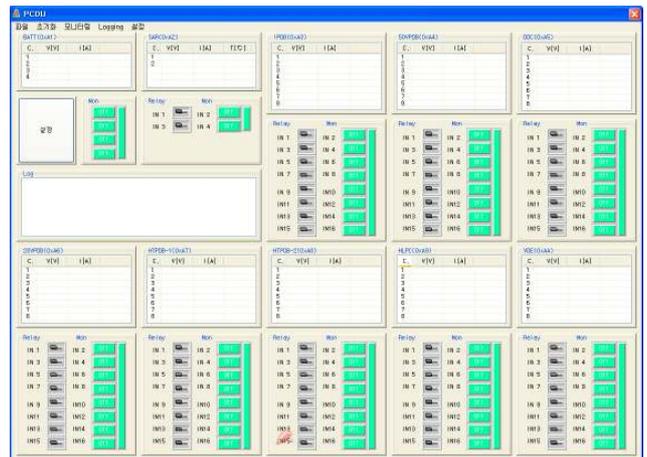


그림 3 전력계 검증 장치의 유저 인터페이스
Fig. 3 User interface for EPS Test-Set

3. 전력계 검증 시험

3.1 전력 조절 분배 장치의 검증

전력 조절 분배 장치의 검증은 각 보드의 기능 여부를 확인한다.

3.1.1 태양 전력 조절기의 검증

태양 전력 조절기는 부하 조건에 따라 3가지의 모드로 동작한다. 위성의 식 탈출 구간에는 과도한 전력 생산으로 태양 전력 조절기의 정격 이상의 전력이 유입될 가능성이 있으므로 이를 방지하기 위해 Direct Energy Transfer(DET) 모드로 동작한다. 이후, 배터리의 만충전 전까지는 태양 전지판이 최대의 전력을 생산하도록 Maximum Power Point Tracking(MPPT) 모드로 동작하며, 배터리가 만충전 되었을 때는 Constant Voltage(CV) 모드로 동작하여 배터리의 과충전을 방지하고, 식 구간까지 만충전 상태로 유지하도록 동작한다. 이러한 모드별 동작 확인을 위하여, SAS를 초기에는 1,800W이상의 전력을

생산하도록 설정하고, 이후 1,800W 이하로 설정한다. MPPT 모드와 CV 모드의 검증을 위해서는 BSS를 이용하여 만충전 전압 50.4V미만의 설정과 50.4V의 설정이 필요하다. 특히 정전압 모드의 검증을 위해서는 BSS의 설정 외에 부하를 조절하여 전력 소모를 가변 할 필요가 있다.

3.1.2 전력 분배 장치의 검증

전력 분배 장치의 검증은 전자 부하의 설정을 변화시켜 각 채널별 전류 제한 회로의 동작 유무를 확인한다.

3.2 전력시스템의 검증

전력시스템의 검증은 저궤도 위성의 운용 중 전력 생산과 소모를 모사하여 이때 배터리의 충방전량을 확인함으로써 이루어진다. 검증 시험은 한 궤도 위성 운용에 따른 전력의 변화와 하루 동안의 반복적인 궤도 운용에 따른 전력 변화 추이를 기록하여 분석한다. 이를 위해서 SAS를 한 궤도에서의 태양광 특성을 연속하여 설정하며, 부하에서는 위성 본체의 전력 소비와 탑재체의 전력 소모를 모사하여 변화 시킨다.

3. 결론

본 연구에서는 저궤도 위성의 전력계 검증을 위한 전력계 검증 장치를 개발하여 전력계 전장품인 전력 조절 분배 장치의 검증과 위성 운용상의 전력 변화 추이를 검증하는 전력시스템 검증을 위한 기반을 마련하였다.

개발된 전력계 검증 장치는 전력 조절 분배 장치와 연결되어지는 태양 전지판, 배터리, 전장품의 연결/차단 역할을 수행하며, 이들의 전압, 전류를 모니터링하고 데이터를 수집한다.

이러한 검증 시험을 통하여 저궤도 위성의 전력 조절 분배 장치의 정상 동작 여부의 검증과 전력시스템의 검증이 이루어져 저궤도 위성의 임무 수행 및 수명의 검증 자료로 활용될 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] 박인석, "다목적 3호기 전력계 검증장치 개발", 한국항공우주학회 추계학술발표회 논문집 (II), pp. 913-917, 2007, November.
- [2] Kasemsan Siri, Vahe. A. Caliskan, C. Q. Lee, "Maximum Power Tracking in Parallel Connected Converters", IEEE Transaction on aerospace and electronics systems Vol. 29, No.3, July 1993
- [3] KARI, KOMPSAT-3 Preliminary Design Audit for Electrical Power Subsystem