

# 저궤도 인공위성을 위한 전력 분배 모듈 설계

박희성, 박성우, 장진백, 장성수, 이상곤  
한국항공우주연구원

## The Design of the Power Distribution Modules for LEO Satellite

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

### ABSTRACT

인공위성의 전장품들은 전장품의 특성에 적합한 전력 형태를 요구하고, 전력계에서는 이러한 다양한 전력 분배 요구에 따라 전력을 공급해야한다. 또한, 전장품의 오동작이 타 전장품에 영향을 미치지 못하도록 차단하는 안전장치를 기본적으로 갖추어야 한다.

본 논문에서는 인공위성의 전장품들이 요구하는 전력 분배 방식을 구분하고, 이에 적합한 안전장치를 갖는 분배 모듈의 설계에 관해 기술한다.

### 1. 서론

인공위성 탑재체에 대한 다양한 요구는 인공위성 전력시스템의 용량증가를 필요로 하고, 이러한 요구조건에서 최적의 전력시스템 설계를 위해 하니스 및 컨버터의 무게 감소와 전력 손실의 감소시키고자, 기존의 비조절형 28V 버스에서 비조절형 50V로 전압을 증가시키고, 기존의 28V를 사용하는 전장품을 위한 조절형 28V 버스가 추가 되었다.

이러한 인공위성 버스시스템의 변화는 전력 분배를 담당하는 부분에도 영향을 주어, 비조절형 50V, 조절형 28V 전원을 구분하여 분배하도록 요구되었다.

분배 스위칭을 위한 방식으로는 반도체 기술의 발전에 따라 우주환경에서도 충분히 사용할 수 있는 신뢰도를 갖는 센싱 회로의 개발과 스위칭 소자의 개발로, 지상시험 및 발사 환경의 진동에서 사용상의 어려움이 있는 퓨즈와 릴레이를 이용한 전력 분배 회로가 LCL (Latching Current Limiter)과 FET로 대체 되었다.

본 논문에서는 저궤도 인공위성 전력 버스 변화에 따라 다양화된 전력 분배 모듈을 구분하고 각 모듈의 설계 방안에 대하여 기술한다.

### 2. 전력 분배 모듈

인공위성의 전력시스템에서 전력 조절 분배 장치는 전력의 변환과 전력 분배의 역할을 수행한다. 그림 2.1은 전력 조절 분배 장치를 보여주고, 태양 전지판 및 배터리를 제외한 대부분은 인공위성 전장품에 전력을 공급하는 전력 분배 모듈들로 이루어진다.

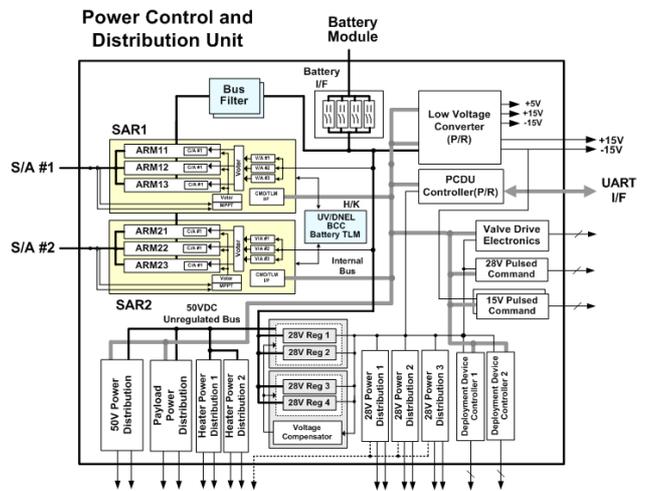


그림 1 저궤도 인공위성의 전력 조절 분배 장치  
Fig. 1 Power Control and Distribution Unit for LEO Satellite

#### 2.1 비조절형 50V 분배 모듈

비조절형 50V 버스는 태양 전력 조절기(SAR)의 출력 버스로 배터리의 충전과 전장품에 전력 공급을 위해 사용되는 전력 버스이다. 배터리의 상태에 따라서 전압이 변동되며, 비조절형 50V 버스의 규격은 다음과 같다.

Output Voltage: 35.1V ~ 52.65V(normal case)  
: 32.V ~ 48.6V(battery 1-call failure case)  
Voltage Ripple : 300mV

비조절형 50V 분배 모듈은 위 조건의 버스 전압을 요구되는 전장품에 전력을 분배한다.

인공위성의 기본 설계 개념에 적합하도록 분배 채널은 모두 primary와 redundant의 이중 구조를 갖도록 설계 되며, LCL 기능을 갖는 FET로 스위칭 된다. 기존 저궤도 인공위성에서 전력 분배를 위해 퓨즈와 릴레이를 사용하였는데, 이러한 경우 지상 시험 중에 과전류에 의한 퓨즈의 손상시 교체의 번거로움과 발사 환경에서의 진동에 취약한 릴레이의 단점이 반도체 스위칭 소자의 이용으로 해소 되었다.

LCL 회로는 개별 채널의 전류를 모니터링 하여, 기 설정된 trip-off 전류 레벨 이상의 전류가 흐르지 않도록 제한하며,

trip-off 레벨의 전류가 설정 시간(수msec) 이상 흐를 경우, 이를 차단하도록 설계한다. 이러한 회로 설계는 전장품에 전력 공급시 과도전류를 차단하여, 전장품의 안정적인 동작 뿐만 아니라, 버스 시스템의 안정에도 도움이 된다.

### 2.2 조절형 28V 분배 모듈

조절형 28V 버스는 배터리와 연결되어 있는 비조절형 50V 버스를 DC-DC 컨버전하여 출력되는 버스로 다음과 같은 규격을 갖는다.

Output Voltage: 27.5V ~ 28.5V  
Voltage Ripple : 200mV

조절형 28V 분배 모듈은 비조절형 50V 분배 모듈과 마찬가지로 primary와 redundant의 이중 구조를 갖도록 설계되며, LCL 기능을 갖는 FET로 스위칭 된다.

### 2.3 히터 분배 모듈

인공위성 본체 및 탑재체의 온도조절을 위한 히터들은 동작 방식에 따라 크게 두 가지로 구분해 볼 수 있다. 그중 하나는 인공위성 본체의 탑재 컴퓨터에서 제어하는 computer controlled heater이고, 다른 하나는 설정된 온도에서 스스로 on/off 제어가 되는 thermostat heater이다. 이러한 heater들은 primary와 redundant 구조를 갖추기 위해 크게 그룹으로 묶여 구성되며, 그룹 스위치의 하부에는 computer controlled heater와 thermostat heater가 혼재되어 있다. 전력 시스템의 관점에서는 모든 개별 히터에 출력 라인을 제공하지만, 내부에는 그룹 스위치와 computer controlled heater를 위한 스위치를 갖추고 있으며, thermostat를 위해서는 그룹스위치를 통한 전력 공급만 이루어진다.

히터의 운용에서 그룹단위로 primary와 redundant의 구조를 갖추므로, 히터의 단락에 대한 보호회로는 개별 채널이 아닌 그룹단위로 제어한다. 따라서 각 그룹 스위치에 LCL 기능을 갖는 FET 스위치를 사용한다.

### 2.4 Deployment Device Controller

인공위성이 발사되어 발사체와 분리된 후 제일 처음 하는 동작은 태양전지 배열기 및 안테나의 전개이다. 전력 시스템에서는 전개 장치가 동작하도록 이에 적합한 전력을 공급해 주어야 한다.

인공위성에서 사용되는 전개 장치는 NEA와 EED가 있으며, 이 전개 장치는 내부에 약 1ohm의 저항을 갖는 회로로 구성되어 있다. 전개 장치는 최소 3.5A의 전류를 40msec 동안 동작하도록 요구한다. 따라서 전개 장치를 위해서 최소 3.5A의 전류를 공급해야 하며, 40 msec의 동작시간을 보장하도록 설계되어야 한다. 전개 장치의 내부 저항이 약 1ohm이므로 조절형 28V 버스의 공급시 충분한 전류 공급이 가능하다. 하지만, 전개 장치의 단락과 같은 오류가 있을 경우 버스 시스템에 문제를 일으킬 수 있으므로, 전류를 제한할 필요가 있다. 이를 위해 Current Limiter 기능을 하도록 직렬 저항을 추가해 준다. FET의 gate 전압에 의한 출력 전류를 제한하는 방식도 고려해 볼 수 있지만, FET의 경우 제한되는 전류 만큼의 전력이 FET에 인가된다. FET의 열적 특성이 파워저항보다 좋지 않으므로, 저항을 이용한 전류 제한 회로의 구성이 보다 타당하며, 비조

절형 50V의 전원 소스를 사용할 경우 Current Limiter 기능을 담당하는 저항의 발열량이 더욱 커지므로 조절형 28V 버스를 전원소스로 이용함이 적합하다.

태양전지 배열기 전개를 위해서 전개 장치는 동시에 두 채널의 출력이 이루어져야 하며, 지상에서의 오동작 방지를 위해 3중의 스위치 구조를 갖는다. 첫 번째 스위치는 모듈에 전원을 공급하는 역할을 수행하고, 두 번째 스위치는 각 채널을 ARM 하며, 최종 스위치는 ARM 된 채널에 출력을 내보내도록 FIRE 하게 된다. 두 채널을 ARM 하게 되면, 최종 FIRE시 동시에 두 채널의 출력이 확인된다.

### 2.5 Valve Drive Electronic

인공위성은 케도 수정을 위해 추력기를 사용하며, 이 추력기의 구동을 위해 VDE가 전력을 공급해 준다. 추력기는 Isolation valve와 Thruster valve로 구성되며, Isolation valve는 100msec의 펄스 형태의 전원에 의해 open/close 된다. Thruster valve의 경우 필요에 따라 가변되는 펄스 형태의 전원을 요구한다.

추력기에 사용되는 물질은 유독성 물질이기 때문에 지상시험에서 오동작 하지 않도록 VDE의 설계에서 삼중 구조의 스위치 형태를 갖는다.

Thruster valve는 직접적인 분사 역할을 수행하므로, 설계된 시간 만큼의 제어가 이루어져야 한다. 저궤도 위성에서는 ON을 위한 resolution으로 5msec를 요구한다. 따라서, 최소 5msec의 조절이 가능하고, 연속 분사가 가능하도록 설계 되어야 한다.

### 2.6 Pulsed Command

전력 조절 분배 장치는 타 전장품 내의 릴레이 구동을 위하여 펄스 형태의 전력을 제공한다. 이러한 전력 공급은 pulsed command 모듈이 담당한다. 릴레이 구동을 위해서 200mA와 600mA를 50msec동안 요구하므로, 그 이상의 전류 공급을 차단하도록 전류 제한 회로를 갖는다.

## 3. 결론

인공위성 전력시스템은 각 전장품에 필요한 전력을 공급해 준다. 다양한 전장품은 구동을 위하여 여러 형태의 전력 공급을 요구하고, 이에 대한 보호회로는 전력 분배 장치에서 담당한다.

본 논문에서는 저궤도 인공위성에서 요구되는 전력 분배 방식에 대하여 기술하며, 그에 적합한 전력 분배 모듈의 설계를 위한 필요 사항들을 정리하였다.

본 논문에서 기술된 전력 분배 형태는 인공위성에서 사용되는 대부분의 형태이며, 이러한 정리는 인공위성 분야 뿐만 아니라, 상용의 전력 분배 회로 설계에 기본 설정 안이 될 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

[1] KARI, KOMPSAT-5 Critical Design Audit for Electrical Power Subsystem, 2008