

## 통신해양기상위성의 배터리 밸런싱

김의찬\*, 구자춘\*, 박성우\*, 이학주\*\*  
 한국항공우주연구원\*, 한국전력연구원\*\*

### The Battery balancing of Communication, Ocean and Meteorological Satellite

Eui-Chan Kim\*, Ja-Chun Koo, Sung-Woo Park, Hak-Ju Lee\*\*  
 Korea Aerospace Research Institute\*, Korea Electric Power Research Institute\*\*

**Abstract** -2010년 6월 27일 우리나라 첫 정지궤도 실용위성인 통신해양기상위성이 발사되어 천이궤도를 거쳐 36,000km 고도의 정지궤도에서 정상적으로 운용중에 있다. 이 위성은 식(eclipse) 기간에서의 전력공급을 위해 배터리가 장착되어 있는데, 과충전 방지와 성능을 제대로 수행하기 위해서는 셀 모듈전압의 차이를 일정한 수준이하로 만들어주는 밸런싱을 하여야 한다. 이 논문에서는 통신해양기상위성의 배터리 구성과 밸런싱 결과를 보여준다.

Nouvelles Technologies en Orbite)에 처음으로 탑재되었고 2004년 초에 상용 정지궤도 위성인 Eutelsat W3A에 탑재되어 처음으로 상용화되었다. 리튬-이온 배터리는 100 Whr/kg이상의 지정된 배터리 용량을 가지며 정지궤도에서 18년 이상의 수명을 견딜 수 있다.

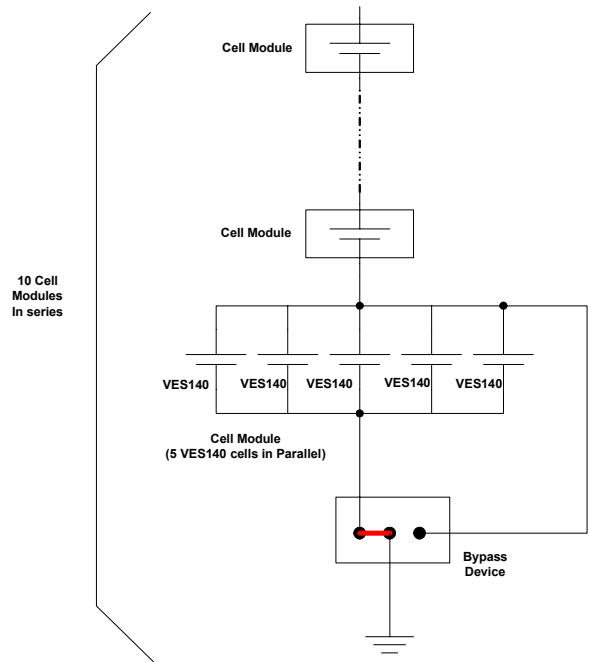
#### 1. 서론

우주에서 낮 기간(sunlight) 동안 태양전지로 구성된 태양전지 어레이(solar array)는 위성에 필요한 전력을 공급하며 배터리를 충전한다. 식 기간(eclipse) 동안은 태양전지어레이로 전력을 생성할 수 없다. 그래서 식 기간 동안 위성에 필요한 전력은 배터리에 충전된 에너지로만 공급된다. 정지궤도 위성용 배터리는 발사모드(launch mode), 천이궤도(transfer mode) 및 운용궤도(on orbit)에서 태양전지어레이로부터 전력을 생성할 수 없을 경우 위성체에 전력을 공급해야 한다. 통신해양기상 위성은 정지궤도에서 운용되고 이 궤도에서 운용되는 위성체는 춘분과 추분 시기에 최대 72분 동안의 식 기간을 경험한다. 배터리는 화학물질의 화학에너지를 전기화학적 산화-환원 반응에 의해 전기에너지로 변환하는 장치로 1차 전지의 경우 단지 한 번의 전기에너지 변환이 가능하여 사용된 후에는 재충전이 불가능하다. 그러나 2차 전지의 경우 수천회 이상 재충전이 가능하여 위성체의 배터리에 사용되어 왔다. 위성에 탑재되는 배터리는 위성의 수명과 밀접한 관계가 있기 때문에 우주공간에서의 위성 운용 시 배터리에 스트레스를 가하지 않고 효율적으로 운용하는 것이 매우 중요하다고 볼 수 있다. 특히 우주용으로서의 사용되기 위해서는 각 배터리의 셀은 사용자와 공급자의 배터리 시험 규격을 통과해야 하며, 이전의 우주 프로그램에서의 사용된 경험(heritage)을 가지고 있어야 한다.

#### 2. 통신해양기상위성의 배터리

##### 2.1 리튬-이온 배터리

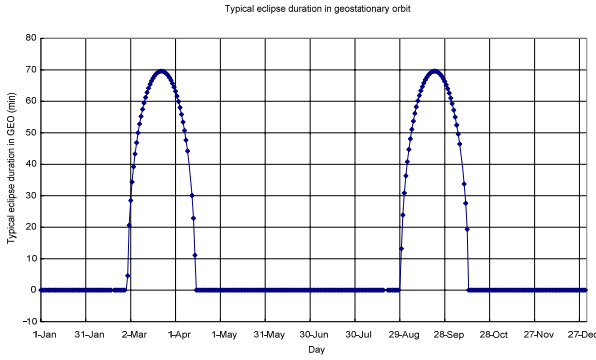
통신해양기상위성의 전력계의 구성품 중 배터리는 프랑스 SAFT사의 38.5[Ah]의 용량의 리튬-이온(Li-Ion)셀을 이용하여 병렬로 5개, 직렬로 10개 구성된다. 리튬-이온 배터리는 니켈-하이드로진 배터리에 비해 무게를 50% 절약할 수 있으며, 열 방출이 적어 방열판 사이즈를 감소시켜 추가적으로 무게 절약 효과를 제공하며 자기 방전이 적어 지상에서 조립통합시험(AIT, Assembly and Intergration Tests) 동안, 배터리 보관 기간 동안이나 발사체 패드에서 취급, 보관 및 운용이 용이하다. 우주용 배터리가 알카라인계에서 리튬계로 전환되고 있는 추세이다. 지금까지 가장 일반적이고 오래 동안 사용된 우주용 배터리는 니켈-카드뮴으로 근사적으로 25 Whr/kg의 에너지 용량을 갖는다. 이러한 니켈-카드뮴 배터리의 수명은 저궤도용은 3~4년 정도이고 정지궤도용은 10년까지 가능하다. 1990년대 초에 니켈-수소 축전지가 우주용으로 실용화되면서 니켈-하이드로진 배터리는 지난 몇 년간 배터리 설계 엔지니어의 새로운 선택이 되었다. 니켈-하이드로진 배터리의 경우 35 Whr/kg의 용량을 갖는 CPV(Common Pressure Vessel)배터리가 있다. 이러한 하이드로진의 경우 배터리 무게에 비해 니켈-카드뮴 보다 0.4배에서 최고 2.8배까지 높은 성능을 갖는다. 그러나 이러한 니켈-하이드로진 배터리의도 실제로 위성체에서 차지하는 무게비율이 높아 최근에는 보다 가볍고, 높은 효율을 갖는 리튬-이온 배터리가 실용화 되었다. 정지궤도 위성용 리튬-이온 배터리는 2000년대에 지상에서 인증을 거쳐 2002년 말에 실험용 위성 STENTOR(Satellite de Telecommunications pour Experimenter les



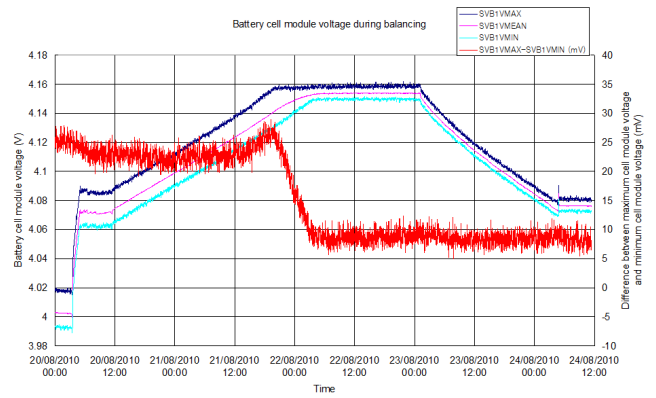
<그림 1> 배터리 구성도

##### 2.1.1 배터리 밸런싱

그림 2는 정지궤도에서의 위성이 태양으로부터 에너지를 받지 못하는 시간을 나타낸다. 춘분과 추분시기에 최대 72분 동안 발생하며, 이 기간 동안에는 배터리에 저장된 에너지로 위성을 운용하여야 한다. 배터리를 운용하기 전에 자가 방전으로 발생된 각 셀 간의 전압차이를 줄이는 밸런싱을 수행하여 수행함으로써 10개의 모듈 셀이 직렬로 연결된 상태에서 각 모듈의 전압을 균등하게 만들어준다. 모듈 셀이 직렬로 연결된 상태에서는 마이너스 단자 쪽에 인접한 셀에서 우선적으로 방전이 이루어지게 된다. 직렬상태에서는 모든 셀 모듈에서 동일하게 방전되지 않는다. 그러므로 셀 모듈에 더 많아질수록 각 셀 모듈간의 전압차는 더 커진다. 이런 경우 셀 모듈별로 전압차가 있는 상태로 충전하는 경우 셀 모듈은 동시에 충전이 되어서 특정 셀 모듈은 과충전되고 다른 셀 모듈은 미충전되는 현상이 발생된다. 이미 완충된 셀과 완충이 안 된 셀의 전압을 합치면 전체전압으로는 완충이 안 된 상태이므로 충전회로는 계속 충전을 진행하기 때문에 이미 완충된 셀 모듈쪽에 과충전될 수 있다. 이러한 현상은 회수를 거듭할수록 심해지는데 반복되면 과충전 셀 모듈은 손상이 가고 미충전된 셀로 인하여 전체적인 배터리의 용량이 줄어들게 된다. 특히 리튬-이온 셀은 과충전시 폭발위험이 있으므로 배터리 밸런싱은 운용상에 있어서 필수적이다.



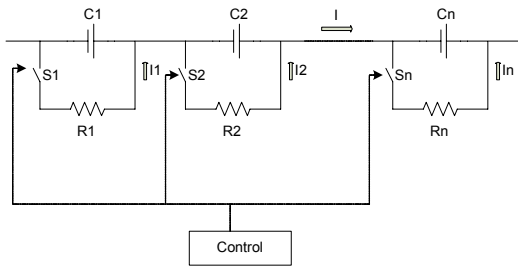
<그림 2> 정지궤도 식구간



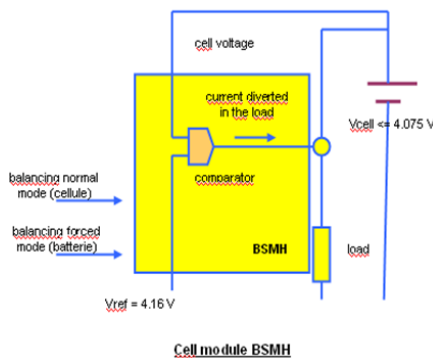
<그림 5> 통신해양기상위성 배터리 밸런싱

### 2.1.2 BSMH(Balancing System Module Hybrid)

그림 3은 리튬-이온 배터리에 널리 사용되고 있는 충전 선터 방식의 셀모듈 밸런싱을 나타낸다. 각각의 셀 모듈에는 그림 4와 같은 회로의 BSMH가 장착되어 있다. 이 회로는 셀 모듈 전압과 기준전압(4.16V)을 비교하여 기준전압보다 높으면 부하 쪽으로 바이패스 시켜서 셀 모듈 전압이 4.16V를 넘지 못하게 되어 있다. 이렇게 하여 모든 셀 모듈 전압이 4.16V가 될 때까지 계속 충전하여 각 셀 모듈 전압 차이가 20mV 이하가 되도록 한다. 그림 5는 통신해양기상위성의 배터리 밸런싱을 한 결과를 보여준다. 밸런싱 하기전의 각 셀 모듈간의 전압차는 25mV였으나 밸런싱 후에는 10mV이하가 되었다.



<그림 3> 충전 선터 방식의 발란싱



<그림 4> BSMH의 회로도

### 3. 결 론

본 논문에서는 통신해양기상위성 배터리 구성도와 배터리 밸런싱을 수행하는 이유에 대하여 설명하였다. 또한 충전에서 발생하는 식구간에 위성이 진입하기 전에 지상에서 원격명령으로 배터리 밸런싱을 수행하였다. 밸런싱을 수행함으로써 배터리가 과충전에서 보호될 수 있고, 자기 분래의 성능을 발휘할 수 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] R.J. Staniewicz, "How to Rate the capacity of Li-ion cells for LEO application?", 2006 NASA Aerospace Battery Workshop, Nov. 2006
- [2] J.P. Smerier, "Lithium-Ion Batteries for Geosynchronous Satellites. Qualification test results of the STENTOR battery", Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Vol.1, 2000, pp. 621-628.
- [3] G.Dudley, "High Temperature Testing of Lithium-Ion Batteries for BepiColombo Orbiters (February 2005 update)", ESA BepiColombo TDA Presentations, Feb. 2005
- [3] Y. Borthomieu, M.Brussely and JP. Planchat, "VES140 S Li-Ion Cell GEO Life Test Results", 6th European Space Power Conference (ESPC), May 2002.
- [4] 구자춘, "우주용 정지궤도위성 배터리 기술 동향", 전기의 세계, 제 57권 제5호, 2008년 5월