

## RPPT시스템을 위한 새로운 배터리 충·방전기

장기영, 이기선, 조윤제, 조보형  
 서울대학교 전력전자 시스템 연구실

### Balanced Tapped Inductors for RPPT BCDR(Battery Charger DisCharger)

K.Y. Jang, K.S. Lee, Y.J. Cho, B.H. Cho

Power Electronics System Laboratory, School of Electrical Engineering, Seoul National Univ.  
 San 56-1, Shillim-Dong Kwanak-Gu, Seoul, Korea

#### ABSTRACT

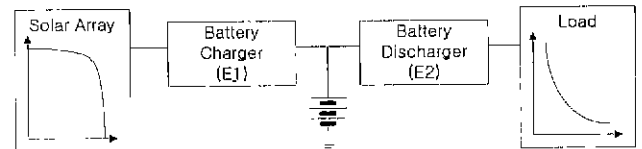
An balanced tapped inductors using RPPT (Regulated Peak Power Tracking) system is proposed. In the series/parallel PPT system, battery charger and discharger are operating complementary. So they both can be combined into a single hardware block. Battery charger and dis-charger share same magnetic cores, thus can be reduced core weights.

#### 1. 서론

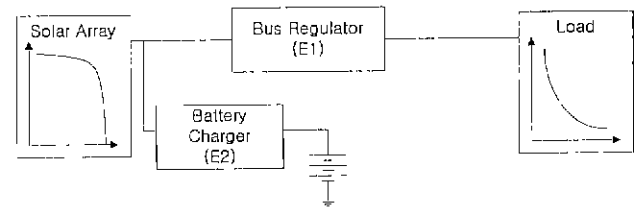
태양전지는 비선형적인 특성을 갖고 있다. 따라서, 태양전지로부터 최대전력을 끌어내기 위해서는 태양전지로부터 얻어지는 전압과 전류의 곱이 최대가 되는 지점을 찾아야 한다. 태양전지로부터 최대 전압 전류 지점을 찾아주는 최대전력추적기 시스템에는 직렬 시스템과 병렬 시스템 그리고 이를 잘 조합하여 구성한 직·병렬 시스템이 있다. [그림1]은 직렬 시스템과 병렬 시스템, 직·병렬 시스템을 보여준다.<sup>[1]</sup>

직·병렬 시스템의 특징은 직렬 시스템 또는 병렬 시스템이 2개의 컨버터로 구성된 반면에, 컨버터가 3개가 사용되어 전체 시스템의 크기가 대체로 커지게 된다. 반면에 효율은 가장 좋아지게 된다. 직·병렬 시스템의 충전기와 방전기는 따로따로 동작을 하게 된다. 따라서 충전기와 방전기를 적절하게 합치면 그 크기를 줄일 수가 있다. 그 합치는 방법으로, 충전기와 방전기의 인덕터를 공유하는 방법이 있는데, 이는 전체 시스템의 무게와 크기를 줄이는 좋은 방법이 된다.

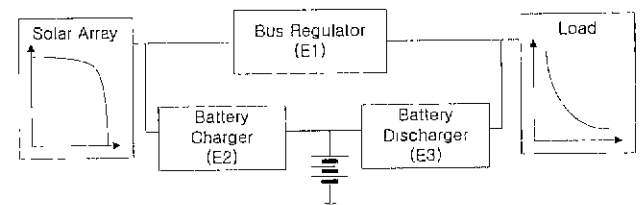
2장에는 직·병렬 시스템에 대해서 분석하였다. 3장에서는 직·병렬 시스템의 배터리 충·방전기의 무게를 줄이는 기존의 방법들과 각각의 장·단점을 알아보았다. 4장에서는 새로운 충·방전기를 제안하였고, 5장에서는 기존의 충전기와 방전기에 사용된 2개의 코어보다 작은 2개의 코어를 사용하여 구성한 새로운 충·방전기를 시뮬레이션 한 결과를 분석하였다.



a) 시리즈 시스템 (Series Configuration)



b) 병렬 시스템 (Parallel Configuration)



c) 직·병렬 시스템 (Series/Parallel System)

그림 1 인공위성 전력계 시스템  
 Fig. 1 The System Configurations

## 2. 직·병렬 시스템의 분석

### 2.1 직·병렬 시스템의 특징

직·병렬 시스템은 태양전지로부터 직접 출력 버스의 전압을 조절하여주는 직렬 컨버터와 태양전지로부터 배터리를 충전시켜주는 배터리 충전기, 그리고 배터리로부터 출력 버스 단에 전력을 공급하여주는 배터리 방전기로 구성되어 있다.

이러한 3개의 컨버터로 구성된 직·병렬 시스템은 직렬 시스템과 비교 시, 태양전지로부터 직접 출력 버스 단까지 전달되는 전력의 효율이 좋아지게 된다. 왜냐하면 직렬 시스템의 경우, 태양전지로부터 출력 버스까지 전력이 전달되려면 태양전지와 배터리 사이의 태양전지 최대전력 조절기와 배터리와 출력 단 버스 사이에 있는 버스 전압 조절기를 거치게 되기 때문에 두 개의 컨버터를 지나게 된다. 따라서, 하나의 컨버터만 거치는 직·병렬 시스템의 효율이 좋아지게 된다.

병렬 시스템과 비교 시, 배터리에 저장되어 있는 에너지가 출력 버스 단까지 전달되는 과정에 거치는 컨버터의 수는 직·병렬 시스템의 경우는 한 개의 컨버터만 지나게 된다. 따라서, 두 개의 컨버터를 지나야 하는 병렬 시스템보다 효율이 더 좋아지게 된다.<sup>[1]</sup>

### 2.2 직·병렬 시스템의 동작모드

직·병렬 시스템의 동작모드는 [표1]과 같다. 인공위성이 음지로 들어갔을 경우에는 배터리 방전기만 동작하게 된다. 인공위성이 양지에 있을 때는 세 가지 모드로 나뉜다. 출력 전력이 최대일 경우에는 태양전지로부터 직접적으로 출력 버스 단으로 직렬 컨버터를 통하여 전력이 공급되고 배터리 충전기는 작동하지 않는다. 그리고 배터리 방전기가 작동하여 더욱 많은 전력을 출력 단에 공급할 수 있게 된다.

배터리를 충전시키는 모드일 때는 직렬 컨버터는 출력 단의 전압을 정전압으로 유지시키는 역할을 하게 된다. 배터리 방전기는 동작하지 않으며, 충전기는 태양전지의 최대 전력이 나오는 지점을 찾아 배터리를 충전하게 된다. 완충전 모드(Trickle Charge mode)에 들어가게 되면 배터리를 충전시키는 모드에서 배터리 충전기만 배터리 완충전 모드

(Trickle Charge mode)로 바뀌게 된다.<sup>[1]</sup>

표 1 직·병렬 시스템의 동작 모드

Table 1 The modes of the series-parallel system

MODE	SERIES REGULATOR	BATTERY CHARGER	BATTERY DISCHARGER
Eclipse	Off	Off	Regulate bus
PPT Discharge	PPT	Off	Regulate bus
PPT Charge	Regulate bus	PPT	Off
Trickle Charge	Regulate bus	Trickle Charge	Off

## 3. 기존의 직·병렬 시스템에 적용 가능한 배터리 충·방전기<sup>[2]</sup>

### 3.1 양방향 배터리 충·방전기 (Bidirectional Charger)

[그림2]는 양방향 배터리 충·방전기이다. 배터리 충전기인 벡 컨버터의 인덕터와 배터리 방전기인 부스트 컨버터의 인덕터를 하나로 합친 토폴로지(topology)이다. 이 때, D3는 SW2의 바디다이오드가 동작하지 않게 만든다. 그리고 D2는 충전 시 벡 컨버터의 프리휠링(free-wheeling)다이오드의 역할을 해준다. D2와 D3가 없으면 노이즈가 아주 심하게 일어나게 된다. SW3는 출력 버스 단으로 입력 단의 높은 전압이 넘어가지 않도록 하기 위해서 달아주어야 한다.

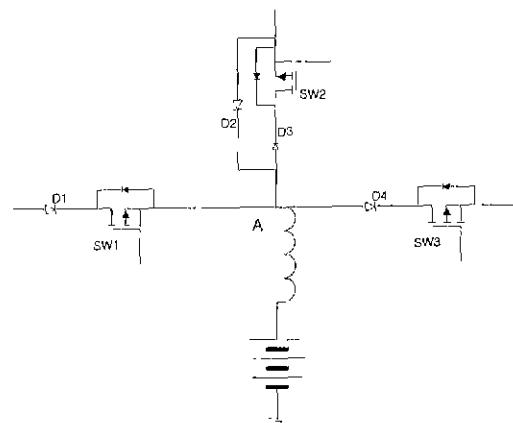


그림 2 양방향 배터리 충·방전기

Fig. 2 Bi-directional Battery Charger

### 3.2 탭이 난 인덕터를 이용한 양방향 배터리 충·방전기

3.1절에서 소개한 양방향 배터리 충전기의 경우, 출력단에 추가되는 능동 스위치로 인해 시스템이 더욱 복잡해지고 이로 인한 전력 손실도 더 증가하게 된다. [그림3]은 양방향 충·방전기에 탭이 난 인덕터를 사용한 충·방전기이다. A'점의 전위는 A점의 전위와 배터리 전압, 그리고 인덕터의 턴비인 N1과 N2에 의해 결정된다. 따라서 인덕터의 턴비를 잘 설계하여 A'의 전압이 출력 버스 단의 전압보다 낮게 설계한다면, 출력단의 능동 스위치를 줄일 수 있게 된다.

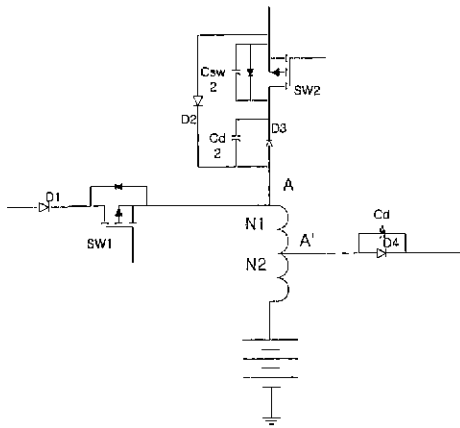


그림 3 탭이 난 인덕터를 사용한 양방향 배터리 충·방전기

Fig. 3 The tapped-inductor bi-directional battery charger

## 4. 새로운 인덕터를 이용한 배터리 충·방전기

3장에서 소개한 양방향 충·방전기는 코어의 개수를 두개에서 한 개로 줄였다는 장점이 있다. 충전기와 방전기를 따로따로 구성한 경우에는 각각에 인덕터가 들어가므로 2개의 코어가 필요하였다. 이 두 개의 코어 중 용량이 더 큰 코어를 사용한 것이 바로 3장에서 소개되었던 컨버터들의 방법이다. 이번에 소개할 컨버터는 앞서 말한 용량이 큰 코어의 절반에 해당하는 용량을 가진 2개의 코어로 컨버터를 구성하는 것이라 할 수 있다.

[그림4]는 2개의 작은 코어를 사용하여 만든 새로운 배터리 충·방전기이다.

#### 4.1 기존의 충·방전기와 비교

충전기와 방전기의 인덕터로 사용된 코어의 용량

이 같다고 가정한 뒤에 각각 비교한 것이 [표2]이다. 코어의 용량은  $A_p$ 값으로 나타내었다.

3장에서 소개된 코어를 1개 쓰는 배터리 충·방전기와 비교 시, 출력 버스 단의 능동 스위치가 없어도 된다. 또 추가적인 다이오드가 필요하지 않다. 특히 L1, L2, Lc가 모두 같은 값인 경우에는 전류가 흐르지 않는 단자의 전압은 배터리 전압으로 유지되므로 스위치의 스트레스가 많이 감소한다.

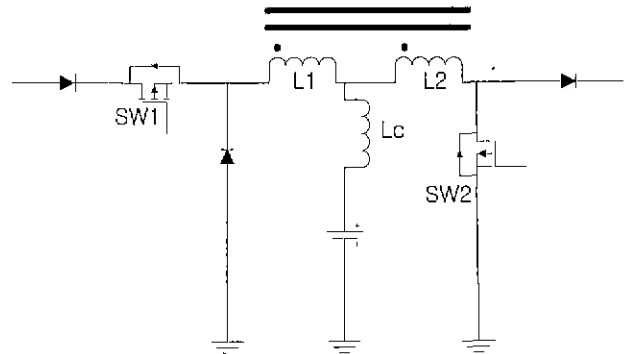


그림 4 새로운 탭을 낸 인덕터를 이용한 배터리 충·방전기

Fig. 4 Balanced Tapped Inductor Battery Charger

표 2 배터리 충·방전기 비교

Table 2 Battery Charger-Discharger Regulator Comparison

	Buck + Boost BCDR	Bi-directional BCDR	Tapped Inductor BCDR	Balanced Tapped Inductor BCDR
Mosfet	2개	3개	2개	2개
Diode	3개	4개	4개	3개
Total Core capacity	$A_p + A_p$	$A_p$	$A_p$	$0.5A_p + 0.5A_p$
Battery Filler Size	보통	보통	크다	보통
Component Stress	작다	보통	크다	작다

## 5. 시뮬레이션 결과

입력 단과 출력 단의 인덕턴스를 똑같이 하여 P-spice에서 시뮬레이션을 하였다.

#### 5.1 충전 모드

[그림5]는 배터리를 충전하는 때의 전압, 전류의 파형이다. 맨 [그림5]의 맨 위에 있는 파형은 [그림4]에서의 SW2의 드레인에 걸리는 전압이다. 거의 배터리 전압으로 유지됨을 알 수가 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] PHUONG T.HUYNH, BO H CHO, "Design and Analysis of a Regulated Peak-Power Tracking System," IEEE transactions on aerospace and electronic systems, Vol. 35, No.1 January 1999
- [2] Y.J. Cho and B.H. Cho, "A Novel Battery Charger-Discharger of the Regulated-Peak-Power-Tracking-System", IECEC 1999.

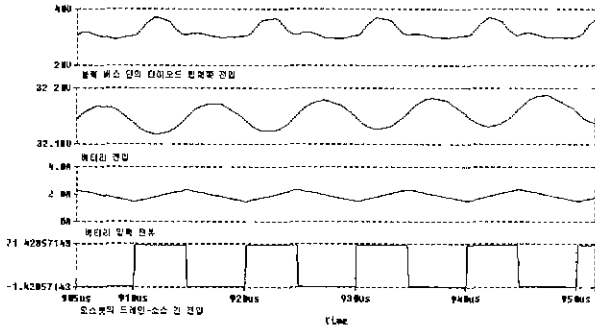


그림 5 충전 모드일 때의 시뮬레이션 파형  
Fig. 5 Charging Mode

## 5.2 방전 모드

[그림6]은 배터리를 방전 할 때의 시뮬레이션 파형이다. [그림6]의 파형 중 가장 밑에 위치한 파형은 [그림4]에서 SW1의 소스에 걸리는 전압파형이다. 거의 배터리의 전압과 비슷한 값으로 유지됨을 알 수 있다.

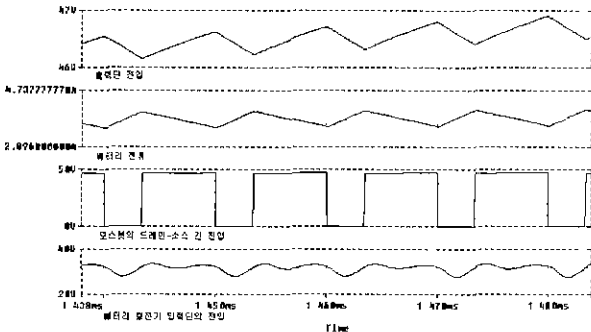


그림 6 방전 모드일 때의 시뮬레이션 파형  
Fig. 6 Discharging Mode

## 6. 결론

인공위성 전력계 시스템중 하나인 직·병렬 시스템의 배터리 충전기와 방전기의 인덕터를 공유하는 토폴로지(topology)에 대해 알아보고, 커플링(Coupling)된 인덕터를 사용한 새로운 방법을 제안하였다. 새로운 방법은 코어의 무게를 줄일 수 있고, 무게를 줄이면서 발생하게 되는 소자의 증가 및 소자의 정격전압이 높아지는 현상을 해결하였다.