

리튬이온 전지의 부스트 충전 알고리즘에 관한 비교 분석 연구

박민후, 전준영, 우동균, 이병국
성균관대학교 정보통신공학부

The Comparison and Analysis Study of Boostcharging Algorithm of Li-ion Battery

Min-Who Park, Joon-Young Jeon, Dong-Gyun Woo, Byoung-Kuk Lee
School of Information & Communication Engineering, SungKyunKwan University

ABSTRACT

본 논문에서는 리튬이온 배터리 충전알고리즘 중에서, 기존의 정전류/정전압충전(CC/CV)과 부스트충전(Boostcharging)을 비교 분석한다. 또한 기존의 정전류/정전압 충전방식에 비해 부스트충전이 갖는 장점과 부스트충전알고리즘의 근거를 제시하고 부스트충전 알고리즘을 시뮬레이션을 통해 구현한다. PSIM 6.0 과 C Programming을 이용하여 시뮬레이션 모델을 구축하였고 구성된 시뮬레이션 결과를 통해 타당성을 검증한다.

1. 서론

최근 리튬이온 전지는 고용량, 고에너지 밀도 등의 장점으로 소형 휴대전자기기의 에너지원과 대용량 전력저장장치로 다양하게 사용되고 있으나 충전시간, 안정성, 저조한 사이클 특성 등의 문제점을 가진다^[1]. 특히 리튬이온 전지의 충전 시 충전 알고리즘은 충전시간, 안전성 등에 큰 영향을 미치기 때문에 효율적인 충전 알고리즘에 대한 연구의 필요성은 날로 증가하고 있다.

리튬이온전지의 충전 알고리즘 중 가장 많이 사용되고 있는 알고리즘은 CC/CV 알고리즘이다. CC/CV 알고리즘은 높은 안정성을 갖고 기존의 충전방식보다 빠른 충전 시간을 갖지만 많은 응용 분야에서 더욱 빠른 충전 시간이 필요하고, 이를 만족시키기 위한 충전전압 및 충전전류의 증가는 결국 배터리의 수명을 악화시킨다^{[2][3]}. 이러한 단점을 해결하기 위하여 제안된 P.H.L Notten의 부스트충전 알고리즘은 충전심도가 낮은 경우 사이클 수명의 저하 없이 충전시간을 단축할 수 있는 점을 이용하여 기존의 방식보다 빠른 충전시간을 갖고 안정성이 보장되는 충전 알고리즘이다.^[5] 본 논문에서는 PSIM과 C Programming을 이용하여 기존의 CC/CV 알고리즘과 부스트충전 알고리즘을 시뮬레이션하고, 시뮬레이션을 통해 충전시간 측면에서 비교 분석한다.

2. CC/CV 및 부스트충전 알고리즘 분석

2.1 CC/CV 충전 방식

2.1.1 CC/CV 알고리즘

충전초기에는 충전시간의 증가를 위하여 정전류로 충전하고 전지의 전압이 미리 설정해놓은 전압에 도달하면 안정성 확보를 위해 정전압으로 충전하는 방법이다^{[2][3]}. 그림 1에 CC/CV

충전방식의 기본원리를 나타내었다.

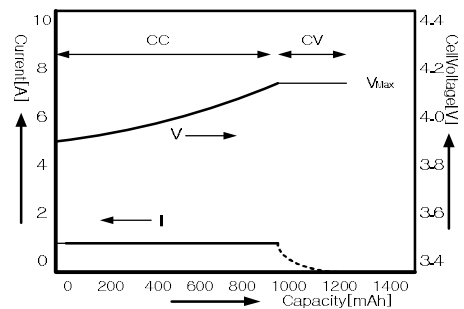


그림 1 정전류/정전압충전의 기본원리

Fig. 1 Basic Principles of CC/CV Charging

2.1.2 CC/CV 충전방식의 시뮬레이션

CC/CV충전 방식을 모의하기 위해 US18650 리튬이온 셀을 CC/CV충전 방식으로 충전한 시뮬레이션 파형을 그림 2에 나타내었다. 충전 전류 및 충전 전압은 US18650의 정격과 동일하며 전체 충전 시간은 약 2시간 30분이다.

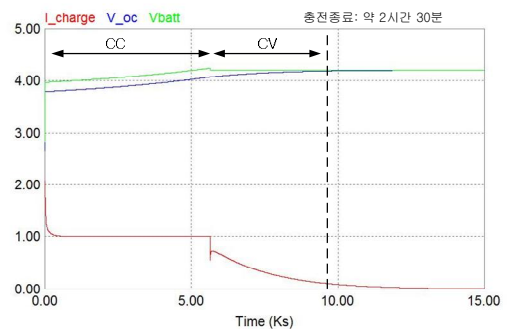


그림 2 정전류정전압충전 시뮬레이션

Fig. 2 Simulation of CC/CV Charging

2.2 부스트충전 방식

2.2.1 부스트충전 알고리즘

거의 비워져 있는 리튬이온전지를 매우 짧은 시간에, 유해효과 없이 충전할 수 있는 알고리즘이다. 초기의 짧은 시간동안 (t_b) V_b^{max} 값으로 CV충전(부스트 충전)을 하고 이어서 표준 CC/CV충전을 하게 되면, 초기의 부스트 충전기간 동안에는 충

분히 높은 전류(I_b^{max})로 시작하여 감소하다가 표준 CC/CV 모드에서 낮은 전류치로 유지 및 감소된다. 부스트 충전은 충전 심도가 낮은 경우 고속충전에 효과적이다^{[5][6]}. 그림 3에 부스트 충전방식의 기본원리를 나타내었다.

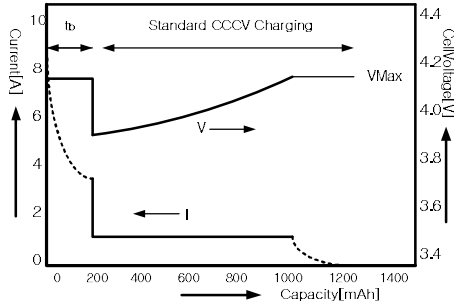
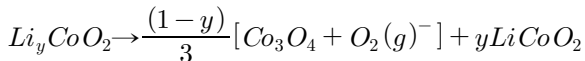


그림 3 부스트충전의 기본원리
Fig. 3 Basic Principles of Boostcharging

2.2.2 부스트충전방식의 근거

초기부스트모드의 전압 값이 4.3V이면 흑연과 LiCoO₂ 전극 모두 분해가 일어날 염려가 있으나, P.H.L Notten의 최근 실험에 의하면, 낮은 충전 심도에서의 초기 충전 시 리튬 금속도금이 나타나지 않는 것으로 보고된다.

활성화 물질이 분해되면서 양극의 LiCoO₂ 가 줄어들고, 그 반응식은 아래와 같다.



이 결과로 인해 전지의 용량감소 및 전기적 특성의 저하가 생기는데, Li_yCoO_2 는 높은 심도에서 Co_3O_4 와 O_2 로 분해가 잘 이뤄진다. 반대로 낮은 심도에서는 분해반응이 적게 발생하므로 유효효과를 줄일 수 있으며, 이런 연유로 제안된 알고리즘이 부스트충전방식이다^{[5][7]}. 낮은 충전심도에서 양극에서의 부스트충전방식에 의한 배터리 수명은 그림 4와 같다.

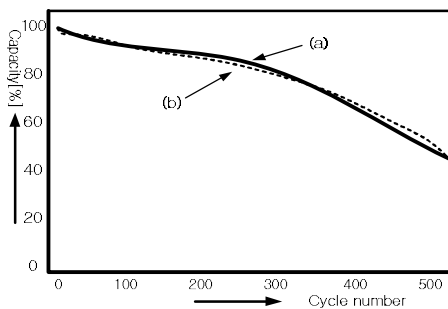


그림 4 (a) 정전류/정전압충전과 (b)부스트충전시 리튬이온전지의 사이클수명 비교
Fig. 4 Comparison of the Cycle-life Performance of CC/CV (a) and Boostcharging (b)

2.2.3 부스트충전방식 시뮬레이션

그림 5는 앞서 CC/CV충전방식에서의 US18650 리튬이온 셀을 이용하여 부스트충전방식을 모의한 시뮬레이션 파형이다. 전체 충전 시간은 약 2시간으로 CC/CV충전 시 보다 약 30분 가량 단축된 충전 시간을 확인할 수 있다.

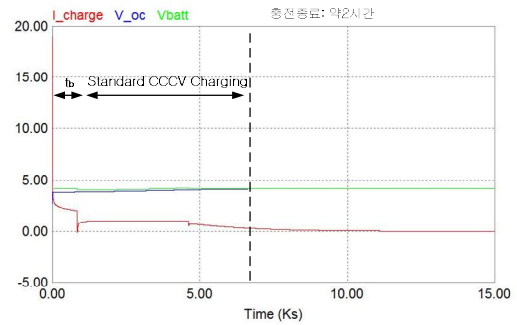


그림 5 부스트충전 시뮬레이션
Fig. 5 Simulation of Boostcharging

3. 결론

본 논문은 부스트충전(Boostcharging)이 갖는 장점 및 근거를 바탕으로, PSIM 6.0과 C Programming을 이용하여 기존의 CC/CV 알고리즘과 부스트충전 알고리즘을 시뮬레이션하고 충전시간 측면에서 비교했다. 구현한 시뮬레이션을 통해 부스트충전방식이 CC/CV충전방식보다 약 30분가량 단축됨을 확인할 수 있다. 그러므로 충전심도가 낮을 경우, 부스트충전은 빠른 충전 시간이 필요한 리튬이온전지의 많은 활용분야에서 효과적인 충전알고리즘으로 응용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] Yoshio Nishi, "Lithium ion secondary batteries: past 10 years and the future", Journal of Power Sources 100 (2001) 101-106
- [2] R. C. Cope and Y. Podrazhansky, "The art of battery charging," in 14th Annu. Battery Conf. Applications and Advances, 1999, pp. 233-235.
- [3] Liang-Rui Chen, "A Design of an Optimal Battery Pulse Charge System by Frequency-Varied Technique", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 54, NO. 1, FEBRUARY 2007 by Frequency-Varied Technique.
- [4] J. Li, E. Murphy, J. Winnick, P.A. Kohl, "Studies on the cycle life of commercial lithium ion batteries during rapid charge - discharge cycling", Journal of Power Sources 102 (2001) 294 - 301
- [5] P.H.L. Notten, J.H.G. Op het Veld, and J.R.G. van Beek, "Boostcharging Li-ion Batteries: A Challenging New Charging Concept," J.Power Sources, Vol.145,2005, pp.89-94
- [6] P.H.L. Notten, J.H.G. Op het Veld, J.R.G. van Beek, "Boostcharging: a Challenging New 'Emergency' Charging Algorithm for Li-Ion Batteries", Proceedings of the 12th International Meeting on Lithium Batteries, Nara, Japan, 2004.
- [7] D.Danilov and P.H.L. Notten, "VARIABLE-RATE CAPACITY DEGRADATION MODEL FOR Li-ion BATTERIES", Proceedings of the 12th International Meeting on Lithium Batteries, Nara, Japan, 2004