

PHEV/EV 용 배터리 충방전 알고리즘 비교분석

전준영*, 최규영*, 이병국*, 원충연*
성균관대학교

Analysis of Battery Charge and Discharge Algorithms for EV/PHEV

Joon-Young Jeon*, Gyu-Yeong Choe*, Byoung-Kuk Lee*, Chung-Yuen Won*
*Sungkyunkwan University

ABSTRACT

본 논문에서는 전기자동차의 구동에 핵심적인 역할을 하는 이차전지의 충전 방식 중 간단히 구현가능하며 성능이 뛰어난 정전류 정전압 알고리즘과 펄스 충전 알고리즘을 이론적으로 자세히 분석하였으며, 각각의 경우의 충전전류, 충전전압의 특성을 분석하였다. 또한 충전 시퀀스를 정리하였고 배터리 사고 방지를 위한 V_{th} 의 최대 설정치를 분석하였다.

1. 서론

최근 리튬 이온 폴리머 전지는 고출력과 높은 에너지 밀도로 인하여 노트북, 디지털 카메라, 휴대폰뿐만 아니라 전기자동차 및 하이브리드 자동차 분야에서도 차세대 전지로 각광받고 있다.^[1] 일반적으로 리튬 이온 폴리머 전지를 충전하는 대표적인 방법으로는 충전 초기에는 정전류 충전을 실시하고 만충전 전압에 도달한 시점에서 정전류 충전을 정지하고 정전압 충전으로 전환하는 정전류/정전압(CCCV) 충전방식이 있고, 충전시간을 단축하기 위해 전지 셀의 최대 충전전압, 최대 충전전류 이상의 전압, 전류를 펄스적으로 가하고, 휴지시간의 전지전압을 검출하여 충전을 정지시키는 펄스충전 방식이 널리 쓰이고 있다.^{[2][3]}

보편화된 정전류/정전압(CC/CV) 충전방식의 경우에는 충전시간이 오래 걸린다는 단점이 있지만 펄스 충전방식에 비하여 셀의 수명을 보장 할 수 있다는 장점이 있고 펄스충전 방식의 경우 충전시간을 단축시킬 수 있다는 장점이 있지만 셀의 수명이 감소한다는 단점이 있어, 전기자동차 또는 하이브리드 자동차의 가장 핵심적인 기술인 배터리 충전기술에 효과적으로 적용하기 위해서는 이 두 가지의 알고리즘을 비교 분석 반드시 필요하다.

그러므로 본 논문에서는 전기자동차 및 하이브리드 자동차의 핵심 기술인 배터리 충전알고리즘 중 정전류/정전압(CC/CV) 충전 알고리즘과 펄스 충전 알고리즘을 이론적인 분석을 통해 상세히 비교 분석하였다.

2. 본론

2.1 정전류/정전압 (CC/CV) 충전

그림 1 은 정전류/정전압 충전방식을 위한 기본적인

회로구성을 나타낸다. 충전 초기에는 정전류 충전을 실시하기 위하여 입력전압을 배터리 단자전압과 일정한 차이를 두고 증가시켜 일정한 전류가 흐르게 하여 충전시간의 단축을 꾀하고, 만 충전 전압에 도달한 시점에서 정전류 충전을 정지하고 정전압 충전으로 전환한다(일반적인 리튬 이온 폴리머 전지의 경우 셀 개방전압 4.2V). 전류를 정지하면 내부 임피던스에 상당하는 전압분 만큼 전지의 전압은 저하하지만, 공급전압과 전지의 내부임피던스에 의해 정해지는 전류로 계속 충전하고, 충전전류가 저하한 것을 검출하여 충전을 정지시키는 방식이다. 전압검출 방식의 문제점을 개선하여 충전량을 증가시킬 수 있어 95% 이상의 충전이 가능하다. 정전압 충전 시 충전 전류는 계속해서 지수적으로 감소하여 0.05C~0.1C 가 일반적인 충전종료 판단의 기준이 된다.

정전류/정전압 충전방식의 전압, 전류의 변화는 그림2에 나타내었다.

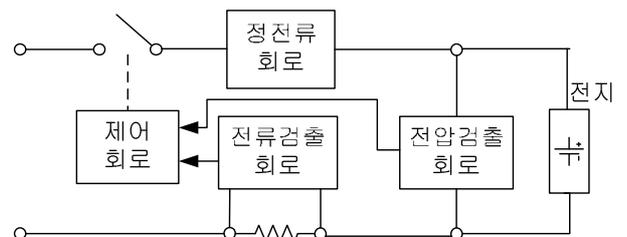


그림 1 정전류/정전압(CCCV) 방식의 충전기
Fig. 1 Basic configuration of CC/CV charger

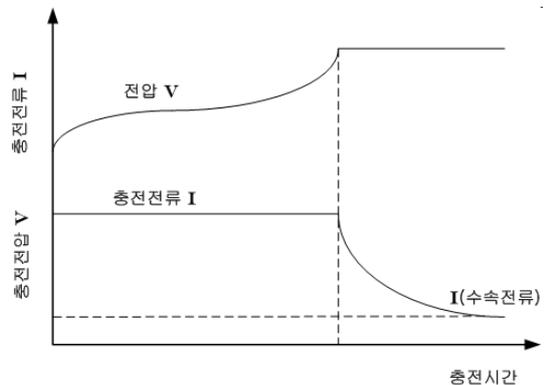


그림 2 정전류/정전압(CCCV) 충전방식에서 전압, 전류 파형
Fig. 2 Voltage, Current waveform of CC/CV charging mode

2.2 펄스 충전

그림 2에 펄스 충전방식 충전기의 기본구성을 나타내었다. 정전류/정전압 전원의 출력을 ON/OFF 제어하여 리튬이온 배터리를 충전하는 수법이다. 정전류/정전압 충전방식에 비하여 셀에 최대 충전전압, 최대 충전전류 이상을 가하기 때문에 입력 전원회로의 출력전압 정밀도가 거칠어 질 수 있으나 충전시간이 CCCV방식에 비해 짧아지는 장점이 있다.

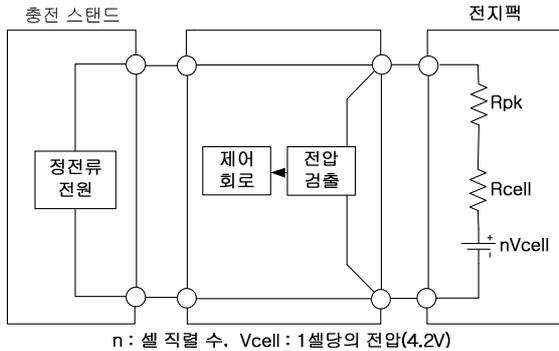


그림 3 펄스 충전방식에서 충전기 기본구성
Fig. 3 Basic configuration of pulse charger

2.2.1 펄스 충전방식의 순서와 방법

펄스 충전을 시행할 시 충전 시퀀스는 아래의 그림 4과 같다.

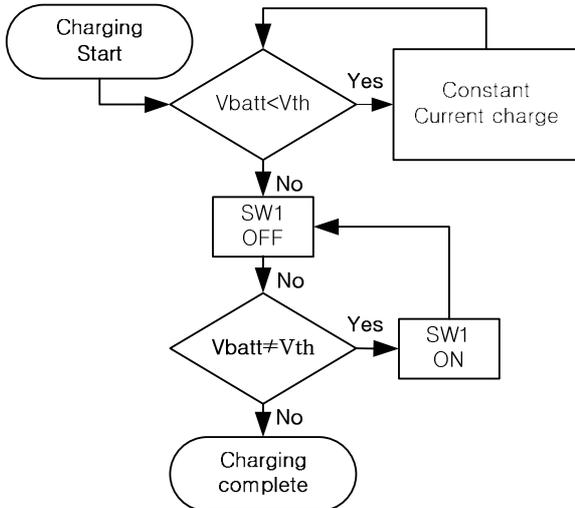


그림 4 펄스 충전시 충전 알고리즘
Fig. 4 Charging algorithm of pulse charging process

- ① 전지전압이 충전종료전압 V_{th} 에 도달할 때까지는 정전류로 충전한다.
- ② 전지전압이 V_{th} 에 도달하면 SW_1 을 Off한다.
- ③ Off시의 전지전압이 V_{th} 가 아닌 경우 SW_1 을 On 한다.
- ④ 전지전압이 V_{th} 가 될 때까지 충전을 야기한다.

이들의 작업을 반복하여, SW_1 이 Off하고 있는 기간이, On 기간의 일정치 이상으로 되면 충전을 종료한다. 앞서 언급한 CCCV충전과 같이, 충전이 진행됨에 따라 그림 5와 같이 펄스의 평균치는 감소한다.

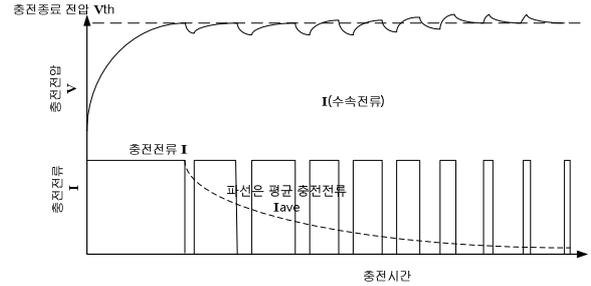


그림 5 펄스 충전방식에서 전압, 전류 파형
Fig. 5 Voltage, Current waveform of Pulse charging mode

2.2.2 펄스 충전시 충전종료 전압 설정

펄스 충전에서는 과충전에 의한 전지용량의 열화를 일으키기 쉬우므로, V_{th} 의 전압치가 매우 중요하다. V_{th} 는 다음 식을 만족할 수 있도록 설정 한다.

$$V_{th} < (R_{cell} + R_{pk})I_{chg} + 4.2V \quad (1)$$

단, R_{cell} : 셀의 직류저항[Ω], I_{chg} : 충전전류[A]

그림 5에 나타낸 바와 같이, SW_1 의 On으로부터 V_{th} 를 검출하여 Off할 때까지 그 사이는 전지전압이 V_{th} 를 넘기 때문에, SW_1 의 최소 On 기간의 설정에는 주의한다. 이것이 긴 경우는 더욱 V_{th} 를 낮게 설정할 필요가 있다. SW_1 이 쇼트모드에서 고장 났을 때 과충전의 위험을 생각하면 V_{th} 의 최대 설정치는 4.35V 이하가 안전할 것이다.

3. 결론

본 논문에서는 전기자동차, 하이브리드 자동차의 차세대 전지로 각광받고 있는 리튬 이온 폴리머 전지의 대표적인 충전알고리즘인 정전류/정전압 충전방식과, 펄스충전방식에 대하여 논하였고 각각의 경우의 충전전류, 충전전압의 특성을 분석하였다. 또한 펄스 충전 방식에서 스위칭 알고리즘에 따른 충전 시퀀스를 정리하였고 전지용량의 열화로 인한 전지의 폭발이나 화재 사고의 위험을 막기 위한 V_{th} 의 최대 설정치를 분석하였다. 이를 통해 전기 자동차용 배터리 충전 알고리즘 선정시 활용 가능하다.

참고 문헌

- [1] M. chen, G. A. Rincon-Mora, "Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and IV performance", IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 21, No. 2, pp. 504-511, 2006, June.
- [2] (주)동역메카트로닉스연구소 기술정보분석팀 편저: 2차전지와 배터리 충전장치 설계 First edition, 국제테크노정보연구소, Inc. pp. 30-66, 2006.
- [3] L. E. Murphy, J. Winnick, P. A. Kohl, "The effects of pulse charging on cycling characteristics of commercial lithium-ion batteries", Journal of Power Sources, Vol. 102, No. 1-2. pp. 302-309, 2001.