

## 도시철도차량의 Li-Polymer/ Li-Ion 배터리 특성을 고려한 충전회로 설계에 관한 연구

### A study on the design of charging circuit considering the characteristics of Li-Polymer / Li-Ion battery in urban railway vehicles

이선종\*<sup>†</sup>, 이기병\*, 오상근\*\*, 나정민\*\*

Sunjong Lee\*<sup>†</sup>, Kibugn Lee\*, Sang gun Oh\*\*, Jung Min Na\*\*

The Li-Polymer batteries are mainly used for railway vehicles and the application of the Li-ion battery is also under review. Lithium type batteries have lesser environmental pollution than the existing Ni-Cd battery and have smaller size and weight advantages. However, BMS and charging circuit are required for Lithium batteries. Among the causes of failure of the current Li-polymer battery are not charged, causing problems. This problem is caused by the battery characteristics of Lithium and the voltage imbalance provided by the SIV in the vehicle. To improve these problems, suggest the need for charging circuits for stable charging Lithium battery.

철도차량용으로 Li-Polymer 배터리가 주로 사용되고 있으며, Li-Ion 배터리의 적용도 검토단계에 있다. Li 계열의 배터리는 기존 Ni-Cd 배터리에 비해 환경 오염이 적으며, 사이즈와 무게가 작은 장점이 있다. 하지만 Lithium 배터리에서는 BMS 와 충전회로가 필요하다. 현재 사용되고 있는 Li-Polymer 배터리의 장애 원인 중에는 배터리가 충전되지 않아서 문제가 발생하는 경우도 있다. 이러한 문제는 Li 계열의 배터리 특성과 차량의 SIV에서 공급되는 전압 불균형에서 문제가 발생 한다. 이러한 문제점을 개선하여 Li 계열 배터리의 안정적인 충전을 위한 충전회로의 필요성을 제안한다.

**주요어** : Li-polymer, Li-Ion, Ni-cd, 배터리, 충전회로

## 1. 서론

철도차량용으로 사용량이 늘어나고 있는 Li-Polymer 배터리는, Ni-Cd 배터리보다 친환경적이며, 유지보수가 간편하다는 장점이 있다. 하지만, 효율적으로 관리하지 않으면 잦은 장애로 사용하기 어렵다는 문제가 있다.

여러 장애 요인중, 충전불량으로 인한 장애 발생으로 추정되는 원인이 많은 것으로 분석되고 있다. 이에 따라 철도차량의 전기적 특성을 분석하여, Li-Polymer 배터리를 효율적으로 충전할 수 있는 장치의 필요성이 요구되고 있다. 본 논문에서는 현재 운용되고 있는 Li-Polymer 배터리의 문제점을 고찰하고, 이에 대한 해결방안으로 ACR (Auto Current Regulator)의 필요성과 구성을 제안한다.

## 2. 본론

### 2.1 Li-Polymer 배터리 고장 사례 분석

li-Polymer Battery를 철도차량에 적용하여 운용한 기간이 짧고, 대부분의 운용사가 고장사례 분석에 대한 데이터를 공개하지 않으므로 정확한 불량 데이터를 분석하기에는 한계가 있다. 본 논문에서는 운용사의 비공개 고장 자료 150건을 분석하여 아래의 그림과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

불량 내역 분석



<sup>†</sup> 교신저자: (주)에스에이치에이치, 기술연구소  
([sjlee@shrail.co.kr](mailto:sjlee@shrail.co.kr))

\* (주)에스에이치에이치, 기술연구소

\*\* 광주도시철도공사 전략기획실

그림1. 고장 유형 분석

분석된 불량 유형중에는 밸런싱 문제가 약 20% 정도 차지하고 있다. 밸런싱이 모두 충전회로가 없어서 발생하지는 않지만 SIV의 불안정한 전압과 정전류 제어가 명확히 되지 않아서 발생할 가능성이 높다.

## 2.2 CC-CV (Constant current - Constant voltage) 제어를 위한 ACR(Auto current regulator) 설계

아래의 그림2는 BNK 배터리를 이용한 충전 시험 결과이다.

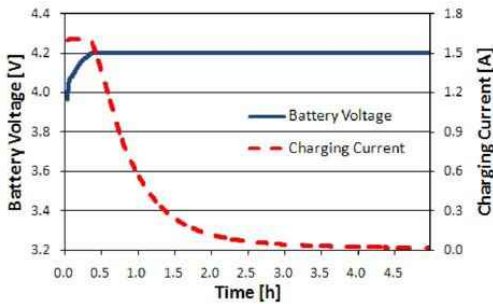


그림2. Li-Polymer battery 충전 곡선

위의 그림에서 보여지듯이 충전 초기에는 충전전류는 높으며, 충전전압은 낮게 구성되며, 충전전압이 Cell의 최대 전압에 도달하면, 충전 전압은 일정하게 유지되고, 전류가 충전량에 따라서 감소하게 된다.

철도차량에 적용되는 Li-Polymer 배터리도 같은 방법으로 충전이 가능하도록 CC-CV 충전기능이 있는 회로가 필요하다.

철도차량은 SIV에서 공급되는 전압을 이용하여 배터리를 충전하게 되는데, 일반적으로 배터리 전압이 97V 일 때, 충전전압이 100V 가 되어야 배터리에 충전이 가능하다. 하지만, SIV에서 공급되는 전압이 불균형하여서 배터리 충전중 갑자기 97V 이하로 떨어지면 충전중이던 배터리가 방전 상태로 동작하며, SIV 전압이 다시 100V 이상이 되면 충전이 되는 등의 불안한 충전상태가 반복되므로 BMS 및 배터리의 불량 발생의 요인이 될 수 있다.

철도차량의 SIV로 부터 출력되는 불안정한 출력 전압을 배터리의 충전에 적합하도록 전압을 안정적으로 공급하기 위하여 ACR 설계시에 Step-up 회로를 적용한다. Step-up 회로는 SIV에서 출력되는 전압이 충전 기준 전압인 DC 100V CV를 유지할 수 있도록, SIV로부터의 전압을 150V로 승압하였다가, 다시 100V로 다운 시키는 Step-up 기능

의 DC/DC Converter를 설계하여, CC-CV 로 제어가 되도록 한다.

아래 그림은 Step-up 회로 적용시, 입력전압의 변동에 따라서도 출력 전압이 안정적인 것을 보여준다. 실제 차량에서는 배터리쪽으로 입력되는 전압이 시험실에서 보다 더욱 심하게 변화 될 것이다.

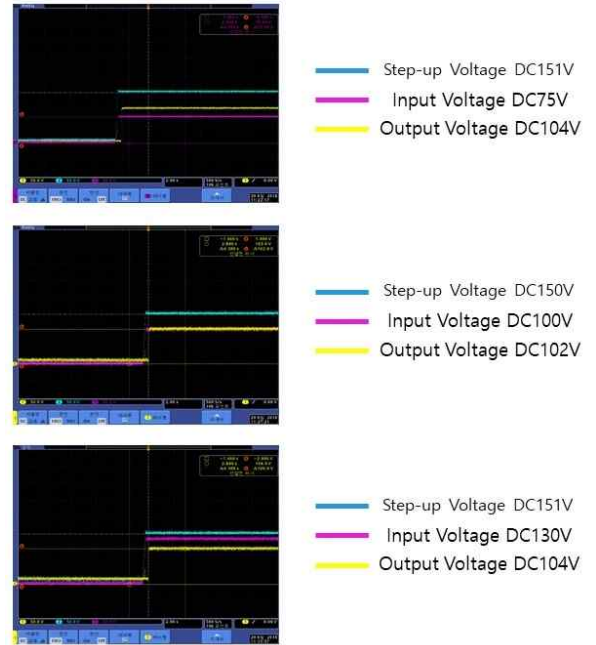


그림 3. 입력전압 변화에 따른 출력전압 변화

## 3. 결론

근래 Ni-Cd 배터리의 환경적인 문제로 Li 계열의 배터리가 철도차량에 적용되고 있다. 배터리의 안정성을 위하여 BMS는 매우 중요하게 설계하고 있지만, 충전회로에 대해서는 부수적인 회로로 치부되고 있다. 본 연구에서는 Li 계열의 배터리를 안전하고 효율적으로 사용하기 위해서는 ACR 기능의 충전회로가 반드시 필요하다는 것을 설명하였다. ACR은 추 후 현차 시험을 통한 분석을 통하여 철도차량에 적합하도록 설계 보완되어야 한다.

## 후 기

본 연구는 국토교통부의 철도기술개발사업(도시철도차량용 축전지 충전기 개발 및 표준화 연구)의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] 이종학, 김상현, 김욱, 최우진, “AC 임피던스를 이용한 리튬전지의 충전상태 추정에 관한 연구”, 2009 전력전자학술대회 pp. 457-465.
- [2] 김광만, 이영기, 양일석, 김종대, “리튬이차전지의 고효율 충전법 연구 동향”, 한국전자통신연구원 전자통신동향분석 제25권 제5호 2010년 10월.
- [3] 박경화, 이강현, “리튬-이온 배터리 시스템을 위한 전압안정화 회로” 한국산업정보학회논문지 2013 Volume 18 Number 5.