

도시철도차량 비상방송 및 비상조명용 무정전전원장치 저장매체에 대한 분석

Uninterruptible power supply for urban railway vehicle emergency broadcasting and emergency lighting Analysis of storage media

김주태*†, 김영규*, 고윤권*, 박남수*

Jutae Kim *†, Younguy Kim*, Yungwon Ko*, Namsu Park*

초 록 대부분의 도시철도차량은 지하구간이라는 특수성으로 인해 사고 발생시 비상방송과 비상조명이 동작 되도록 설치되어 있다. 그러나 사고로 인한 차량간 단차가 발생할 경우 차량의 분리로 인해 비상방송 및 비상조명이 동작되지 않고 있는 실정이다. 따라서 열차의 운행 중 차량의 분리로 인한 비상방송 및 비상조명이 불가능한 경우에 대비하여 각 객실별 전원장치를 독립적으로 구성하는 시스템이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 도시철도차량에 적용가능한 무정전전원장치의 주요 구성품인 저장매체에 대해 고찰하고 비상상황시 독립적 구현 가능성에 대해 분석하고자 한다.

주요어 : 비상방송, 비상조명, 무정전전원장치, 저장매체

1. 서론

도시철도차량은 열차의 초기 기동과 비상시 제어전원을 목적으로 축전지가 사용되고 있으며, 저장매체 기술은 초기 저항제어전동차를 적용한 연속전지와 VVVF전동차에 적용한 Ni-Cd(니켈-카드뮴)전지, 리튬 폴리머 전지 순으로 개발 되었다. 가장 최근에 개발된 리튬 폴리머의 경우 과거의 축전지(연, 납축전지와 니켈-카드뮴 축전지)에 비해 월등히 높은 성능을 가지고 있고, 현재 운용중인 도시철도차량의 축전지 저장매체는 Ni-Cd(니켈-카드뮴)전지와 니켈 폴리머 전지가 가장 많이 사용되고 있다. 본 연구에서는 도시철도차량의 기존 축전지와 별개로 전동차 단차시 독립적으로 동작할 수 있는 무정전전원장치에 적용 가능한 저장매체에 대해 분석하고, 비상상황시 비상방송 및 비상조명을 동작하기 위한 요구조건 및 개발방향에 대해 분석하였다.

2. 본론

2.1 도시철도차량 비상방송 및 비상조명용 무정전전원장치 요구사항 분석

도시철도차량 무정전전원장치는 차량의 진동, 충격, 온도변화, 먼지, 습기 등으로 인해 일반적인 무정전전원장치 보다 내구성이 강화되어야 하며, 지하구간이라는 특수성으로 인해 비상 상황시 차량이 정지되고 차량이 분리되거나 또는 차량의 전원투입이 불가능한 상태에서 승객들에게 최소한의 조명과 안내를 위한 전원을 제공하여야 한다.

Table 2.1 무정전전원장치 요구사항

구분	내용
충전	전동차 운행 중 자동충전
대기시간	최소 3 시간 이상
연속동작	최소 1 시간 이상
사용온도조건	-30℃ ~ 70℃
안전성	보호회로(BMS) 적용
수명	3,000Cycles 이상(cell 기준)
기타	자체 기능시험 가능 내구성 강화

† 교신저자: 김주태(jonathan63@seoulmetro.co.kr)

* 서울교통공사

Table 2.1은 무정전전원장치 요구사항으로 전동차 운행 중 자동충전 기능과 외부전원 및 차량 축전지 차단시 비상방송 및 비상조명 전원이 안전하게 자동으로 공급 되어야 한다.

2.2 비상방송 및 비상조명 무정전전원장치 적용 가능한 저장매체 분석

무정전전원장치 구성도는 Fig. 2.1과 같이 전원입력부, 컨버터부, 정류부, 충전부, 저장매체, BMS(보호회로) 등으로 구성되어 있다. 이 중 본 연구의 대상품인 저장매체는 현재 다양한 종류가 사용되고 있고 도시철도 차량용 비상방송 및 비상조명에 적합한 대표적인 저장매체에 대해 분석하고자 한다.

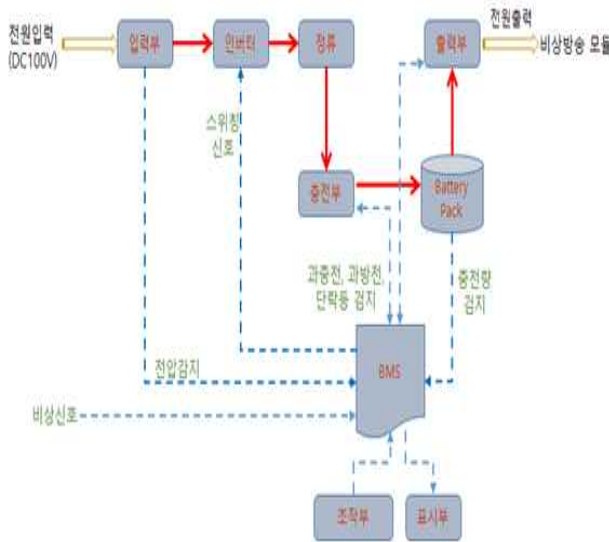


Fig. 2.1 무정전전원장치 구성도

2.2.1 리튬인산철전지(Lithium Iron Phosphate Battery)

리튬인산철(Lithium Iron Phosphate; LiFePO₄) 전지는 기존의 Li-Co, Li-Mn계 배터리가 가지고 있는 치명적 결함인 발화성 및 폭발성의 문제점을 해결하기 위해 양극에 리튬철인산철(LiFePO₄)을 채용한 전지이다. 단일 Cell로 20 ~ 700Ah 까지 생산되고, 작고 가벼우며, 높은 정격전압 (3.2V), 높은 에너지 밀도, 우수한 충/방전 특성, 3,000사이클에 달하는 긴 내구수명을 가지며 유해 중금속(Pb, Cd, Hg 등)을 함유하지 않는 친환경 제품이다. Fig. 2.2는 온도별 방전특성으로 온도에

따라 약 3.2V의 평탄 전압을 나타내고 있다. LiFePO₄의 장점은 Co, Ni과 같은 비싼 전이 금속을 사용하지 않으면서도, 이론적으로 약 170mAh/g의 높은 용량을 구현할 수 있다는 점이다. 또한, 안정된 올리빈 구조이기 때문에 발화성 및 폭발성의 문제점을 해결하여 안정성과 장수명이 우수하다.

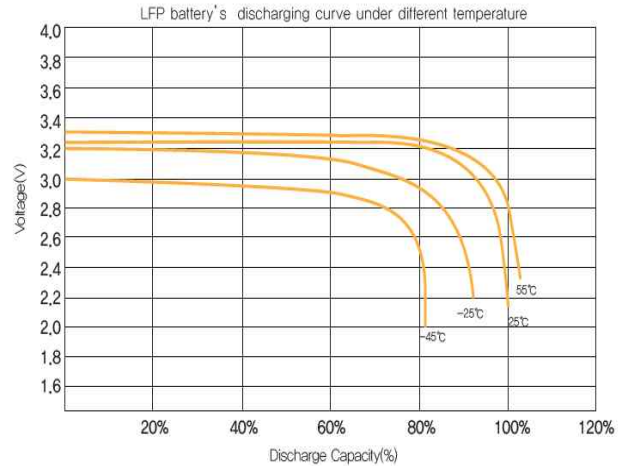


Fig. 2.2 온도별 방전특성

2.2.2 리튬이온전지(Lithium Ion Battery)

양극 활물질 리튬코발트산화물(Lithium Cobalt Oxide; LiCoO₂)과 같은 리튬산화물, 음극 활물질로 흑연을 사용하는 유기계 전해질을 사용하는 이차전지이다. 즉, 양극(리튬전이금속산화물)과 음극(탄소)를 사용하고 유기 전해질로 구성되어 있는 전지이다. 전압은 3.6V로 매우 높다. 높은 구동 전압은 향상된 에너지 밀도로 이어지며, 납축전지 대비 5배, 니켈카드뮴과 니켈수소 전지 대비 2~3배 이상을 구현한다. 이에 따라, 소형기기 뿐만 아니라 고에너지밀도 전지를 요구하는 에너지 저장장치나 전기자동차용 배터리 용으로도 사용되고 있다.

2.2.3 리튬폴리머전지(Lithium Polymer Battery)

리튬폴리머전지는 액체 전해질을 사용하는 리튬이온전지의 안전성 문제를 해결하기 위해 Polymer(고체 또는 젤 형태의 고분자 중합체) 상태의 전해질을 사용하는 전지이다. Table 2.2는 리튬이온전지와 리튬폴리머를 비교한 것으로 작동원리는 리튬이온전지와 동일하며, 액체 전해질 사용 시 발생하는 누

액 가능성과 폭발 위험성이 적다는 것이 큰 장점이다. 또한, 전지의 유연성을 증가시켜 형상을 다양하게 설계할 수 있으며 얇고 가볍다. 최근 들어 디자인이 다양화 되는 핸드폰, 노트북 등 모바일 기기에 채택되고 있다.

Table 2.2 리튬이온전지 VS 리튬폴리머전지

구분	리튬이온전지	리튬폴리머전지
양극	LiCoO ₂ , LiMn ₂ O ₄	LiCoO ₂ , LiMn ₂ O ₄
음극	탄소	탄소
전해질	액체	Polymer
전압	3.7V	3.7V
장점	고 에너지 밀도	고 에너지 밀도
단점	전해질 누액 고온 구동 시 폭발 위험성 높음	저온 사용 특성 저하 제조공정이 복잡 및 고가

2.2.4 니켈카드뮴전지(Nickel Cadmium Battery)

니켈카드뮴전지는 Fig. 2.3과 같이 양극에 수산화 산화니켈(Nickel Oxide Hydroxide; NiOOH), 음극에는 카드뮴, 염기성(KOH) 수용액계 전해질을 사용하는 이차전지이다. 기전력은 1.2V이며, 보통 20~45°C에서 사용이 가능하다. 방전 시에 양극과 음극에서 모두 수산화물이 생성되어 극판에 달라붙기 때문에 충전이 가능하다. 충/방전 효율이 우수하나 반복 사용한다면 전체 용량이 떨어진다.

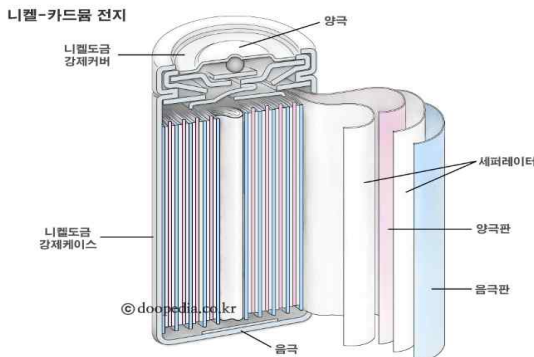


Fig. 2.3 니켈카드뮴의 기본 구조

2.3 비상방송 및 비상조명용 무정전전원장치 안전성 적용 분석

일반적으로 상용전지에 있어 안전성 문제는 매우 중요한 요소이다. 특히 도시철도차량은 운행(진동, 충격) 상황에 따라 급격한 높은 에너지 의해 이차전지에서 short가 나면 전지 내부 온도가 올라가고 최악의 경우 불이 나고 폭발까지 가능하다. 따라서 Table 2.3과 같이 안전성을 반영한 결과 리튬인산철이 안정된 올리빈 구조로 발화성 및 폭발성의 문제점 해결하여 가장 안전한 저장매체로 분석되었다.

Table 2.3 안전성 반영 결과

구분	내용
리튬인산철	안정된 올리빈 구조로 발화성 및 폭발성의 문제점 해결
리튬폴리머	고체 전해질 사용으로 폭발 위험성 낮음(저온시 성능 저하)
리튬이온	액체 전해질 사용으로 누액 가능성과 폭발 위험성 높음.
니켈카드뮴	증류수 누유 및 온도변화에 따른 급격한 방전으로 위험성 높음.

3. 결론

본 연구에서는 도시철도차량용 비상방송 및 비상조명에 가장 적합한 저장매체를 적용하기 위해 다양한 저장매체에 대해서 분석하였다. 그 결과 리튬인산철, 리튬이온, 리튬폴리머 전지가 비상시 조명, 방송용 전원장치로 적용하기에 가장 적정하다는 결론을 얻었다. 또한 리튬전지 중에서도 비상 방송용 전원장치로 리튬인산철 전지가 안전성 측면에서 가장 뛰어난 것으로 분석되었다.

후기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원으로 수행되었습니다.