

항로표지(등부표) 전원공급용 고성능 축전지 개발

윤석준 · 조명훈 · 이대표

† (주)이아이지 기술연구소

Development of High Performance Battery for Navigation Aid's Power

Seok-Jun Yoon · Myung-Hun Cho · Dae-Pyo Lee

Battery R&D Center, EIG Ltd, Cheonan 330-814, Korea

요 약 : 항로표지용 등부표는 주요 항로 및 항만 입출항 선박 안전 유도를 위한 해상교통 안전 시설로서 현재는 해상교통환경 변화로 다기능이 요구되는 상황이다. 최근 고광도 등명기와 항로표지원격감시제어 및 e-Navigation 지원시스템구축과 해양기상관측장비 등을 구축함에 따라 항로표지용 등부표에 더욱 안정적인 전원 공급을 위한 고성능 축전지가 요구되고 있다. 본 연구에서는 리튬이차전지 중에서도 안전성이 우수한 리튬폴리머전지 설계기술을 적용, 기존 산화물계보다 안전성이 보다 더 우수한 LiFePO₄를 양극재료로 사용하여 단전지를 개발하고 단전지의 전기적 특성 고찰하였다. 또한 단전지를 이용한 3.6kWh급 축전지를 제작하여 그 성능을 연축전지와 비교 분석하였다.

핵심 용어 : 리튬이차전지, 리튬이온폴리머전지, 항로표지용 전원, 등부표, 고성능 축전지

ABSTRACT : A navigation aid buoy is a kind of safety facility for maritime navigation with a purpose of leading the vessels for navigating, docking and sail-off. An advanced rechargeable battery is required for stable power supply for navigation aid buoy as the high magnitude LED lamps, real time location/control for navigation aids and e-Navigation support systems with maritime climate observation equipments have recently been deployed.

This study is focused on the lithium battery, especially lithium polymer battery which is believed to be safer than the other types of batteries. The lithium polymer battery reviewed in this study is designed with LiFePO₄-based cathode, which has superior safety features to the oxide-based cathodes. Besides, a 3.6kWh battery pack has been built with the above mentioned unit cells for the purpose of comparative research with lead acid battery system.

KEY WORDS : Lithium secondary battery, Lithium ion polymer battery, Navigation aid's power, Buoy, High performance battery

1. 서 론

항로표지용 등부표는 주요 항로 및 항만 입출항 선박 안전 유도를 위한 해상교통 안전 시설로서 현재는 해상교통환경 변화로 다기능이 요구되는 상황이다. 최근 고광도 등명기와 항로표지원격감시제어 및 e-Navigation 지원시스템구축과 해양기상관측장비 등을 구축함에 따라 항로표지용 등부표에 더욱 안정적인 전원 공급을 위한 고성능 축전지가 요구되고 있다.

현재 등부표에 전원으로 주로 사용되고 있는 축전지는 연축전지로 납과 강화 플라스틱을 주재료로 사용하여 제작되는 축전지이며, 납을 주원료로 사용하고 있기 때문에 환경문제를 유

발하고 있다. 또한 전지 무게가 타 전지에 비해 크기 때문에 취급하기 힘들고, 에너지 밀도도 상대적으로 떨어지며, 악조건인 해상환경에서 효율이 낮고 수명이 짧아 해상교통시설 관리운영에 어려움이 많고 과다한 예산이 소요되고 있는 것이 현실이다.

이런 문제를 해결하기 위해 최근 니켈수소전지가 일부 사용되고 있으나, 리튬이차전지에 비해 작동전압이 낮아 중량당, 체적당 에너지밀도가 떨어져 무게 및 부피를 줄이는데 한계가 있는 것으로 지적되고 있다.

따라서 본 연구에서는 리튬이차전지 중에서도 안전성이 우수한 리튬폴리머전지 설계기술을 적용, 기존 산화물계보다 안전성이 보다 더 우수한 LiFePO₄를 양극재료로 사용하여 단전지를 개발하고 단전지의 전기적 특성 고찰하였다. 또한 단전지를

이용한 3.6kWh급 축전지를 제작하여 그 성능을 연속전지와 비교 분석하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 리튬폴리머전지 설계 기술을 적용하여 양극에는 LiFePO_4 를, 음극에는 인조흑연을 사용하여 15Ah급 단전지를 제작하였다. 15Ah급 단전지를 20개 내부에서 병렬 연결하여 3.2V 300Ah 기본 모듈을 제작하고, 이 기본 모듈을 4개 직렬 연결하여 12.8V 300Ah급의 축전지 시스템을 구성하여 충방전기를 이용해 그 전기적 성능을 확인하였다. 또한 12.8V 300Ah 축전지를 등부표 시스템과 연결하여 실제 사용 환경에서의 축전지 성능을 시험하였다.

3. 실험결과

3-1. 12.8V 300Ah 리튬폴리머전지 성능시험

양극에는 LiFePO_4 를, 음극에는 인조흑연을 사용하여 12.8V 300Ah 리튬폴리머전지 시스템(이하 축전지)의 방전 전류에 따른 방전특성, 온도별 방전특성, 수명특성을 조사하였으며 실제 등부표 시스템(등명기, 충방전조절기, 태양전지)과 연결하여 축전지 성능을 시험하였다. 그림 1은 12.8V 300Ah 축전지의 방전 전류 변화에 따른 방전특성으로 방전 전류에 따라 발현되는 용량의 변화가 연속전지에 비해 상당히 우수함을 보여주고 있다.

Table 1 방전전류 변화에 따른 축전지 용량 변화

C-rate	Results	
	Capacity Ah	Retention %
0.1C	304.8	100.7
0.2C	304.1	100.4
0.3C	302.8	100.0
0.5C	303.9	100.3

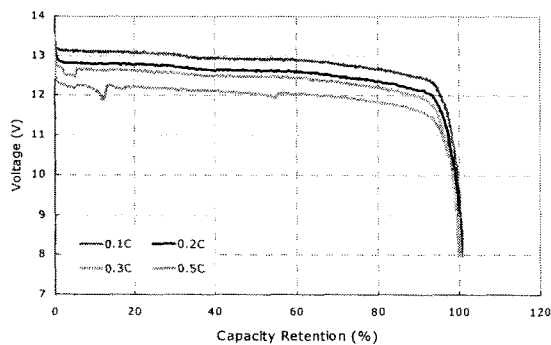


Fig. 1 방전전류 변화에 따른 방전용량 및 방전곡선

그림 2는 축전지 방전온도에 따른 용량변화를 보여주고 있는데 0℃ 이하의 외부온도에서도 방전 가능하여 저온에서도 방전특성이 우수하다는 것을 알 수 있었다.

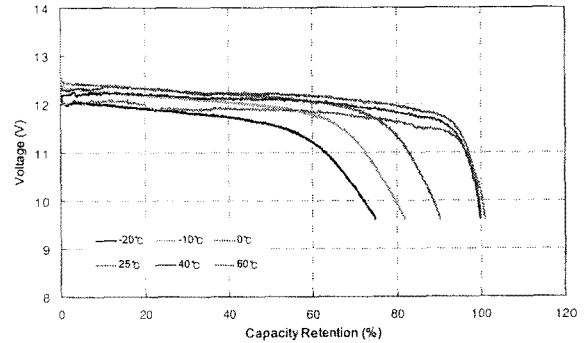


Fig. 2 온도별 방전용량 및 방전곡선

그림 3은 축전지 수명특성의 결과를 보여 주고 있는데, 800cycle 이후에도 초기용량의 90% 이상으로 연속전지는 물론 LiCoO_2 나 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_2$ 를 양극으로 사용한 리튬이차전지에 비해서도 우수한 수명특성을 나타내었다.

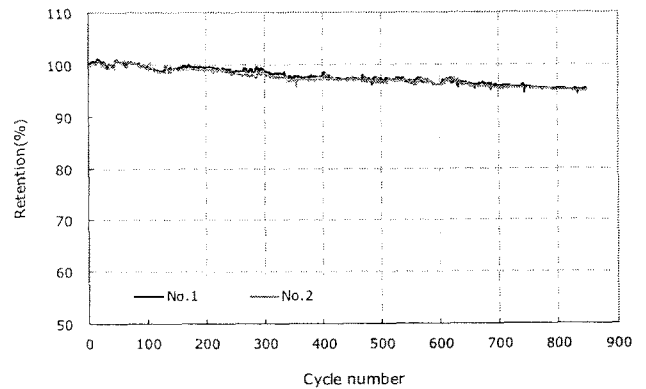


Fig. 3 축전지 수명특성

3-2. 12.8V 300Ah 리튬폴리머전지 필드시험

12.8V 300Ah의 리튬폴리머전지 시스템의 현장 적용 시 성능 평가를 위해 등부표 시스템과 동일하게 해상환경이 아닌 육상에 설치하여 그 성능을 평가하였다. 등부표 시스템의 구성 부품인 태양전지, 등명기, 충방전 조절기, 축전지, 데이터 수집장치를 아래 그림4와 같이 연결하여 일몰 후 등명기 동작 시, 일출 후 태양전지 충전 시 본 과제 개발제품인 12.8V 300Ah 리튬폴리머전지 시스템의 소비전류 패턴 변화 및 전압 변화를 관찰하였다.

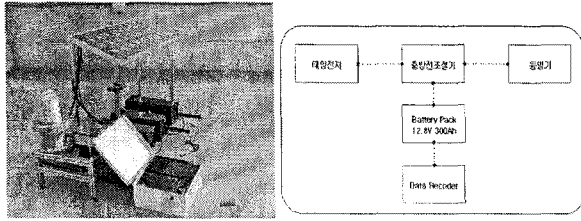


Fig. 4 등부표 시스템 장착 시험 장치

실제 등부표 사용 환경에서 일조가 되지 않는 경우, 즉 장착한 축전지에 태양전지를 통해 충전이 전혀 되지 않는 경우 등명기가 동작하는 시간을 측정하였다. 부조 조건에서 등명기가 동작할 수 있는 최대 시간을 확인하기 위해 본 시험을 진행하였고 등명기의 광센서를 차단하여 24시간 내내 동작하도록 조치하였다. 12.8V 300Ah 리튬폴리머 전지 시스템으로 이러한 시험을 한 결과 아래 그림5와 같이 23.7일(569시간) 등명기가 동작하였다. 따라서 등부표에 본 과제 개발품인 12.8V 300Ah의 리튬폴리머 전지 시스템을 등부표에 장착했을 경우 일몰 시간부터 일출 시간까지 하루 12시간 정도라고 가정하면 부조 상황에서 약 50일 등명기가 동작할 수 있다는 결과를 얻을 수 있었다. 본 시험은 등부표가 자연스럽게 완전히 소등되는 조건까지 시험을 하였으며, 본 시험은 외부 온도가 5~10℃에서 진행되었다.

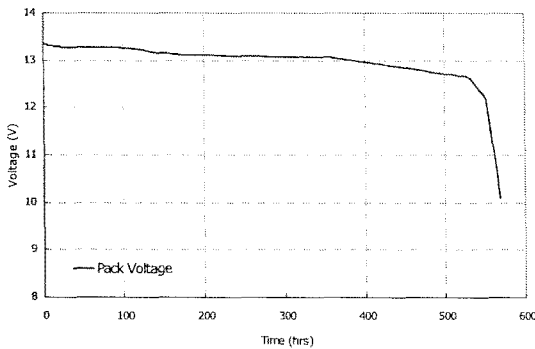


Fig. 5 부조 시 12.8V 300Ah 축전지 동작 가능 시간

등부표에서 일몰 시 등명기가 동작할 경우 전류 소비 패턴을 관찰하기 위해 그림4와 같이 장착하여 전지 시스템의 전압변화 및 소비전류를 측정하였다. 본 시험은 외부 온도 0~5℃에서 진행하였으며 시험 진행결과 아래 그림 6과 같이 등명기가 동작할 경우 소비전류는 2.3A로 균일하였으며, 동작시간은 저녁 6시에 점등되어 다음날 아침 8시 경에 소등되면서 약 14시간 정도인 것으로 확인되었다. 이렇게 등명기가 동작했을 경우 등명기가 소등된 후 전지 시스템의 전압을 측정한 결과 13.3V 부근으로 SOC(State of Charge)%로 약 90~95% 수준이었다.

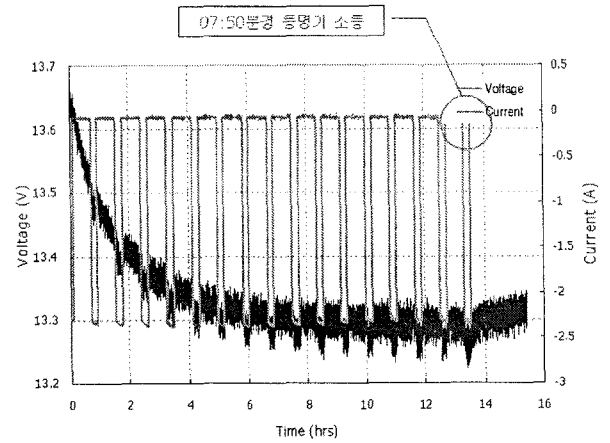


Fig. 6 등명기 동작 시 리튬폴리머전지 전류 및 전압 변화

등부표에서 일출 수 등명기가 소등된 후 태양전지판을 통해 12.8V 300Ah 리튬폴리머 전지 시스템에 충전되는 경우 충전전류 및 전압을 관찰하기 위해 그림4와 같이 장착하여 전지 시스템의 전압변화 및 충전전류 변화를 측정하였다.

그 결과 12.8V 300Ah 리튬폴리머 전지 시스템의 전류 및 전압변화는 아래 그림7과 같이 나타났다. 시험이 실시된 외부 환경은 겨울철이어서 태양광이 다소 약한 상황이었으며, 외부 온도 약 0~5℃에서 본 시험이 진행되었다. 태양광으로 인해 충전되는 최대 충전전류는 약 3A, 충전 시 전지 시스템의 최대 전압은 14.1V였으며, 오후 2~3시 사이에 최대 충전 전류로 충전되었다. 이러한 결과를 감안할 경우 겨울철에 본 과제 개발제품인 12.8V 300Ah 리튬폴리머 전지 시스템을 등부표에 적용하였을 경우 하루 동안의 전압변화는 13.3~14.1V로 SOC(State of Charge) 90~95% 사이를 유지하였다.

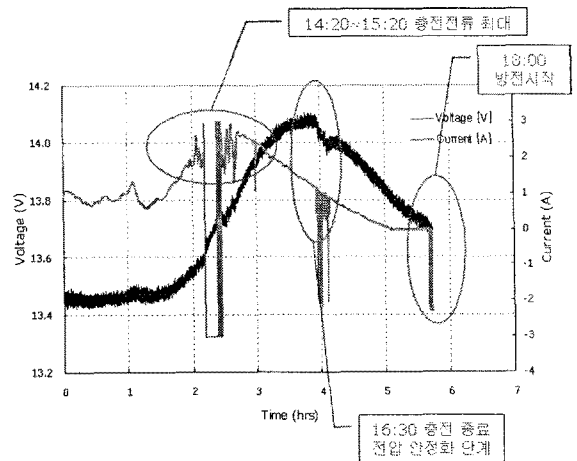


Fig. 6 태양전지 충전 시 리튬폴리머전지 전류 및 전압 변화

4. 결 론

양극에는 LiFePO_4 를, 음극에는 인조흑연을 사용하여 12.8V 300Ah 리튬폴리머전지 시스템을 구성하여 성능을 시험한 결과 방전전류에 따른 용량 변화가 연축전지에 비해 극히 작았으며, 0℃ 이하의 저온에서도 우수한 방전 성능을 나타내었다. 12.8V 300Ah 팩의 수명 800회 충방전이 완료된 시점에 초기 용량의 90% 이상을 유지하고 있었다.

실제 등부표 시스템과 유사하게 태양전지, 충방전 조절기, 등명기, 12.8V 300Ah 리튬폴리머전지 시스템과 연결하여 실외 작동 시험을 한 결과 겨울철에도 DOD(Depth of Discharge) 10% 이내에서 전지 시스템이 동작하는 결과를 확인할 수 있어 본 과제에서 개발된 전지 시스템을 적용한 등부표 시스템이 원활하게 동작할 것이라 예측할 수 있었다.

또한 기존에 사용하던 연축전지에 비해 무게를 70% 이상 줄일 수 있어 해상환경에서 취급하기가 편리할 것이라 예상할 수 있었다.

후 기

본 논문의 연구내용은 중소기업청에서 지원하고 있는 구매조건부 신제품 개발 사업으로 진행된 것이며, 개발 사업에 많은 도움을 주신 국토해양부 관계자 분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 항로표지기술협회(2005), 항로표지용 전원공급시스템 실태 조사 결과 보고서