creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000267140

2019年 2月
碩士學位論文

냉각 팬을 적용한 리튬이온 배터리의 온도특성에 관한 연구

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

陳 勇 秀

2019年 2月 碩士學位論文 냉각 팬을 적용한 리튬이온 배터리의 온도특성에 관한 연구 陳 勇 秀

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

냉각 팬을 적용한 리튬이온 배터리의 온도특성에 관한 연구

A Study on the Temperature Characteristics of Lithium Ion Battery with Cooling Fan

2019 年 2月 25日

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

陳 勇 秀

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

냉각 팬을 적용한 리튬이온 배터리의 온도특성에 관한 연구

指導敎授 崔 然 玉

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

2018年 10月

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

電氣技術融合工學科

陳 勇 秀

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

陳勇秀의 碩士學位論文을 認准함

委員長 朝鮮大學校 敎授 김 남 훈 印

委 員 朝鮮大學校 敎授 최 효 상 印

委 員 朝鮮大學校 敎授 최 연 옥 印

2018年 11月

朝鮮大學校 産業技術融合大學院

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

ABSTRACT

I. 서 론 1

Ⅱ. 이론적 고찰 2
A. 에너지 저장시스템의 개요 2
1. 신재생에너지 2
2. 에너지 저장 장치 3
3. 에너지 저장 장치의 구성요소 4
4. 에너지 저장 장치의 분류 6
5. 에너지 저장 장치의 역할과 기능 8
B. 2차 전지 10
1. 2차 전지의 종류와 특징 10
2. 리튬이온 전지의 시장 동향 14

Ⅲ. 설계 및 실험결과 16
A. 배터리 팩 설계 16
B. 시스템 구성 18
C. 실험 결과 21

Ⅳ. 결 론 24

참고문헌

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of table

표 1 주요국 신재생에너지 비중 전망 ····· 2
표 2 에너지 저장 장치의 구성 ····· 5
표 3 에너지 저장 시스템의 분류에 따른 작동 원리 및 특징 ····· 7
표 4 실험 조건 및 온도 변화 ····· 21

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of figures

그림 1 ESS 적용 개념도 ····· 4
그림 2 납축전지 ····· 11
그림 3 니켈카드뮴 전지 ····· 11
그림 4 니켈 수소 전지 ····· 12
그림 5 리튬 폴리머 전지 ····· 13
그림 6 리튬이온 전지 (Li-ion Battery) ····· 13
그림 7 리튬이온전지(LIB) 시장 규모 및 전망 ····· 14
그림 8 INR18650_Cell 사양 ····· 16
그림 9 트레이 사양 및 외관 ····· 17
그림 10 배터리 팩의 설계 도면 ····· 18
그림 11 트레이 제작사진 ····· 19
그림 12 냉각팬 스펙 ····· 19
그림 13 실험 장치 ····· 20
그림 14 냉각팬 미적용 온도 그래프 ····· 22
그림 15 냉각팬 후면부 온도 그래프 ····· 22
그림 16 냉각팬 정면부 온도 그래프 ····· 23

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A Study on the Temperature Characteristics of Lithium Ion Battery with Cooling Fan

Chin, Yong Su
Advisor : Prof. Youn-Ok Choi, Ph.D.
Electrical Engineering Technology Convergence
Industrial Technology Convergence
Graduate School of Chosun University

Many problems have occurred in environmental pollution such as resource depletion, fine dust and global warming in various countries around the world, and development of renewable energy is being actively promoted as a measure to solve this problem.

In order to provide high quality electric power based on renewable energy, smart grid which intelligent electricity network utilizing electricity and information communication technology is applied. The energy storage device (ESS Energy Storage System) which is one of the core of smart grid) is expanding the necessity for stable supply of renewable energy sources, peak power reduction and frequency adjustment.

Among the energy storage systems (ESS), lithium ion batteries account for the majority, and when facilities are constructed, they can develop semipermanently and have advantages of high energy density,

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

but depending on external conditions and environment The lifetime is remarkably lowered. Also, there is a potential danger that fire and thermal runaway can occur as the temperature rises. In order to solve these problems, it is necessary to maintain a static temperature, and it is inevitable to use it in various temperature ranges depending on the season, the geographical environmental condition, etc. Therefore, research on deterioration by temperature is necessary.

In this thesis, we fabricated the lithium-ion battery TRAY, compared the temperature before and after applying FAN to cool the module, and presented an efficient cooling method according to the position of FAN

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

I. 서 론

세계 각국의 자원 고갈 및 미세먼지, 지구온난화와 같은 환경오염으로 많은 문제들이 발생 되고 있으며, 이를 해결하는 방안으로 신재생 에너지의 개발이 활발히 진행 되고 있다. 신재생 에너지란 기존의 화석연료를 재활용하거나, 재생 가능한 에너지를 변환 하는 에너지이며, 태양광, 지열, 해양, 풍력 발전, 바이오 등이 있다. 신재생에너지 확산을 위해 "에너지 미래 전략위원회 출범식"을 개최하여 2020년까지 신재생 에너지에 30조원을 투자하여 기업뿐만 아니라 민간도 참여 할 수 있도록 마련되고 있다. 또한 2016년 기준 7%인 신재생 에너지 발전량을 2022년에는 10.5% 2030년에는 20% 수준으로 높이는 계획이 추진되고 있다.[1]

신재생에너지를 바탕으로 고품질의 전력 제공을 위해 전기 및 정보 통신 기술을 이용한 전력망을 지능화한 스마트 그리드 시스템이 적용 되고 있다. 스마트 그리드의 핵심 중 하나인 에너지 저장 장치(ESS, energy storage system)는 신재생 에너지원의 안정적 전력 공급 및 피크 전력 저감, 주파수 조정을 위해 필요성이 확대 되고 있다. 에너지 저장 장치는 저장 방식에 따라 물리적(비 배터리식), 화학적(배터리식) 에너지로 구분된다. 물리적 에너지 저장 방법은 양수 발전, 압축 공기 저장, 플라이휠 저장 시스템 등이 있으며, 평균 수명 및 에너지 효율이 높고 안정적이지만, 발전 설비 구축을 위해서는 초기 비용이 높고, 에너지 밀도가 낮으며, 지리적 제약의 문제점 등이 있다. 반면에 화학적 에너지 저장 방법은 현재 널리 적용되고 있는 리튬이온 전지와 더불어 나트륨 유황 전지, 슈퍼커패시터 전지 등이 있으며 물리적 에너지에 비해 시스템 구축 기간이 짧고 설비가 구축되면 반영구적으로 발전 가능 하고, 에너지 밀도가 높은 장점이 있다. 하지만 외부 조건 및 환경에 따라 수명이 현저히 떨어지고 온도가 상승 하면 화재 및 열 폭주가 발생 할 수 있는 잠재적 위험성이 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 정적 온도를 유지 하여야 하며, 계절적 및 지리적 환경조건 등으로 인하여 다양한 온도범위에서의 사용이 불가피하므로 온도에 따른 열화 연구가 필요하다.[2]

본 논문에서는 리튬이온 배터리 1랙(rack)를 제작 하여 모듈의 냉각을 위해 팬(fan)를 적용하여 전후의 온도를 비교 분석하였고, 팬의 위치에 따른 효율적인 냉각 방식을 제시 하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

II. 이론적 고찰

A. 에너지 저장 시스템의 개요

1. 신재생에너지

우리나라는 기존 화석연료의 고갈문제와 온실가스 감축을 위해 신재생에너지의 보급을 지속적으로 확대하고 있다. 신재생 에너지는 전 세계적으로 크게 증가 하였으며, 앞으로도 주요국에서는 비중을 확대할 계획이다. 표 1은 주요 신재생에너지 비중 전망을 나타내었다. OECD 유럽의 경우 2035년까지 21%의 비중으로 계획 중이다. 우리나라는 2035년 에는 전체 전력량의 중 13.4%를 신재생에너지로 공급 예정이였으나 3020 프로젝트의 목표는 2030년까지 20%를 설정하여 추진 중에 있다.[3]

표 1. 주요국 신재생에너지 비중 전망

【 주요국 신재생에너지 비중 전망(%) 】

	미국		일본		중국		OECD 유럽	
	2011	2035	2011	2035	2011	2035	2011	2035
신재생 비중	5	13	3	13	9	10	9	21

신재생 에너지란 기존의 화석연료를 변환시키거나 태양, 지열, 강수, 물 및 생물유기체 등을 포함하여 재생 가능한 에너지를 변환하여 이용하는 에너지로 정의 된다.

신재생 에너지는 신에너지와 재생에너지로 구분되며, 신에너지는 수소에너지, 연료전지, 석탄액화가스화 분야로 구분되고, 재생에너지는 풍력, 수력, 태양열,

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

태양광, 해양 폐기물, 바이오 및 지열 등으로 구분된다. 이처럼 11개 분야의 신재생에너지를 이용하여 전력을 발전하는 것을 신재생에너지 발전이라고 한다.[2]

신재생 에너지는 에너지 사용이 무한하며, 무공해 에너지이며 단기간 내 설치가 가능하다는 장점이 있다. 하지만 신재생에너지는 부지를 선정하는데 어려움이 있고, 계절이나 지역 및 기후 등 주변 환경에 따라 에너지 밀도가 낮은 점과 에너지 생산량에 큰 차이가 있다는 단점이 있다. 이로 인해 에너지 공급이 불안정해지고, 전력 품질 수준이 낮아져, 생산될 에너지의 양을 예측하기 어렵다. 따라서 신재생에너지의 보급이 확대되기 위해서는 발전된 에너지를 저장하였다가, 안정적인 에너지를 공급을 해 줄 수 있는 에너지 저장 장치의 요구가 증대되고 있다.[2]

2. 에너지 저장 장치

에너지 저장 장치는 과잉 생산된 전력을 전력계통에 저장하였다가 일시적으로 전력이 부족할 때 송전해 주는 매커니즘으로 전력계통의 변동성을 완화시키고 에너지 공급의 효율성을 높이는 장치이다. 즉, 에너지 저장 장치는 발전원으로 부터 생산된 전기 에너지를 저장장치에 저장했다가 부하에 전력이 필요할 때 저장된 전기에너지를 공급하여 에너지 효율을 높이는 전력 시스템이다.

전력의 저장성 한계를 극복하고, 또한 전력 공급 및 비효율적인 소비를 개선시킬 수 있는 장치라는 점에서 인프라의 새로운 시대를 열 수 있다. 에너지 저장시스템은 발전원, 송배전 단계, 수용가, 그리고 분산전원 등에 위치하여 전력 공급 및 소비의 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 특히 발전원에 위치 할 경우 공급용량 확보, 예비력과 부하 추종, 발전기 출력제어, 신재생에너지 용량 확보, 신재생 에너지 변동성 개선 등의 역할을 수행 할 수 있다. 따라서 전력 계통에 태양광 또는 풍력 등과 같이 높은 수준으로 도입될 때 에너지 저장시스템은 전력계통의 불안정성의 문제를 해소 시키는데 중요한 역할을 수행 할 수 있다.

에너지 저장 시스템은 전기 에너지를 저장하는 전력저장 장치인 전지와 전력 계통과 전지 사이의 에너지 변환 및 충·방전 전력제어를 안정적으로 수행할 수 있는 전력 변환장치 이며, 전지를 효율적으로 차단, 보호 관리 등 제반

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

운영을 위한 에너지 관리 시스템으로 구성 된다. 그림 1은 에너지 저장 장치의 적용 개념도이며, 발전, 송전, 배전, 수용가 등에서 적용 가능 하다.

그림 1. ESS 적용 개념도

3. 에너지 저장 장치의 구성요소

에너지 저장 장치는 배터리, BMS(battery management system), PCS(power conversion system), EMS(energy management system), PMS(power management system)으로 구성되어 있으며 표 2는 에너지 저장 장치의 구성요소를 나타내고 있다. 배터리는 스스로 예측이 불가능한 설비이므로 동작의 불가능시 피해를 발생할 우려가 있다. 이러한 문제점을 대비하기 위해 전력의 안전 및 신뢰성 요구가 증가하고 있으며, 산업 설비의 고도화로 에너지 전원의 신뢰성 요구 또한 증가 하고 있다. 이러한 요구를 충족하기 위해 배터리 관리 시스템의 필요성이 대두 된다. 배터리에 관한 정보는 현재의 상태의 전압, 온도, 전류, SOC(state of charge), SOH(state of health) 등이 있다. 이러한 정보가 신뢰성이 없고, 제공되지 않는다면 배터리의 사용 가능 상태, 배터리의 기대 수명, 배터리의 잔존용량들을 판단하는데 많은 어려움이 발생 할 것으로 판단된다. BMS는 배터리의 성능과 관련된 핵심기술로 단위 셀의 열화 예측, SOC/SOH 관리 및 배터리 보호 등에 대한 상태를 모니터링 가능을 수행한다. PCS는 인버터나 컨버터를 통해 배터리의 DC 전력과 전력 계통의 AC 시스템을 연계하여 배터리의 충전과 방전을 수행하는 전력의 흐름을 제어하는 역할을 한다. PMS는 대용량 에너지 저장 장치를 이

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

용한 부하 평준화와 신재생에너지원의 간헐적 특성을 제어하기 위한 알고리즘을 통해 에너지 저장 장치의 충전과 방전을 결정하고 상태를 감시하는 역할을 하며 에너지 저장 장치의 전체적인 전력을 제어하는 기능을 수행한다. EMS는 전기 및 제어 기술과 정보통신기술을 이용하여 상업용 빌딩, 주택, 공장, 사회인프라(전력망, 교통망 등) 등을 대상으로 에너지 흐름과 사용의 시각화 및 최적화를 위한 통합 솔루션을 제공하는 역할을 한다. EMS로부터 값을 받아 충방전 전력제어를 안정적으로 수행하며, 전지의 이상이 발생이 감지되면 보호 할 수 있도록 한다.[4]

표 2. 에너지 저장 장치의 구성요소

구분	내용
Battery	- PCS에 의해 전력을 저장, 저장된 전력을 공급하는 이차전지
BMS (battery management system)	- 전지의 상태와 안정화, 과충전 또는 과방전 시 전지를 보호 등 전지를 관리하는 시스템
PCS (power conditioning system)	- 전지에 전력을 충전, 계통으로 전력을 공급하는 전력변환장치 - 공급 전원(AC or DC) → PCS에서 변환 (DC) → 배터리 충전 (DC) - 배터리 (DC) → PCS에서 변환 (AC) → 계통으로 출력 (AC)
PMS (power management system)	- PCS와 BMS를 직접 통신하여 충·방전 전력량을 제어하며 시스템과 연계된 보호 계전기 등을 말하며, 보호 협조 기능을 수행하는 전력관리시스템
EMS (energy management system)	- 에너지를 효율적으로 관리하기 위해 모든 에너지 관리 프로그램을 세분화 것을 말하며, 공장이나 빌딩에서 에너지 관리를 사용되는 소프트웨어를 BEMS(building energy management system)와 FEMS(factory energy management system) 등이 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 에너지 저장 장치의 분류

에너지 저장 장치는 저장 방식에 따라서 2 종류로 구분되는데, 물리적 에너지 저장 방법과 화학적 에너지 저장 방법이 있다. 물리적 에너지 저장으로는 양수 발전이 대표적이며, 플라이휠 및 압축공기 저장 등도 있다.

양수발전은 수력발전의 하나로 높이 차이가 있는 두 개의 저수지를 만들어서 발전과 양수를 반복하는 발전이다. 즉 펌프로 하부저수지의 물을 전력이 필요하면 상부저수지로 올린 후 상부저수지 물을 방수함으로 전력을 생산할 수 있는 수력발전의 한 형태이다.[2] 일반적인 수력발전소의 연간 발전 전력량은 자연유량과 연간 강수량에 따른 제약조건이 따르나 양수 발전은 훨씬 많은 에너지를 생산 할 수 있다. 플라이 휠 에너지 저장 장치는 소실되거나 잉여의 전기 에너지를 회전체의 관성에너지 형태로 저장하고, 전력이 필요할 때 전기 에너지로 전환하여 사용하는 에너지 저장 장치이다. 압축공기 저장 방식은 동굴이나 암염채굴이 끝난 지하공간에 공기를 압축했다가, 필요할 때 저장된 공기로 터빈을 가동시켜 전력을 생산하는 방식으로 운동에너지를 전기에너지로 변환하는 방식이다.

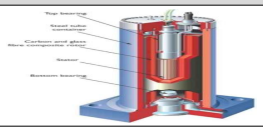
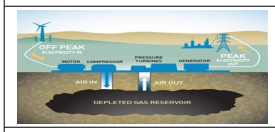
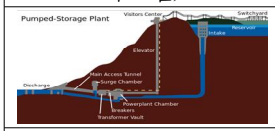
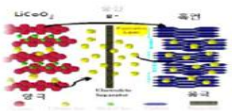
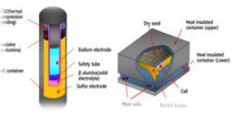
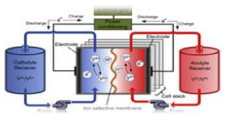
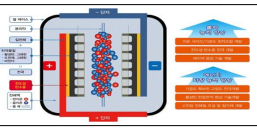
물리적 에너지 저장 방식은 평균 수명이 높고, 높은 에너지 효율과 안정적인 출력을 가지지만, 발전 설비의 구축을 위해 초기의 높은 비용과 설치하는 기간이 필요하며, 지리적인 제약이 존재하고 에너지 밀도도 낮다는 문제점이 있다.[2]

반면에 화학적 에너지 저장방식은 NaS 배터리, 납축 배터리, 리튬이온 배터리, 레독스 흐름전지, 슈퍼 커패시터 등이 있다. 화학적 에너지 저장방식은 물리적 에너지 저장 방식에 비해 설치비용이 상대적으로 적고 장소에 제약을 받지 않고 시스템 구축 기간이 짧다. 그렇기 때문에 배터리를 활용한 에너지 저장 장치 산업이 확산되고 있다.[2][5] 에너지 저장 장치는 전력공급 안정화, 신재생에너지 보급 확대 등의 부가 가치 창출은 물론 온실가스 배출 억제 및 수입 원유 저감 측면에서 유용성이 있기 때문에 급격한 시장 확대가 전망되는 신 산업 분야로 평가 받고 있다. 하지만, 에너지 저장 장치는 대용량으로 설치되기 때문에 경제성, 효율성 및 안전성 등의 특성이 매우 중요하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표 3. 에너지 저장 시스템의 분류에 따른 작동 원리 및 특징

	종류	작동원리 및 특징
물리적 에너지 저장방법	 Fly wheel (플라이 휠)	원리: 전기 에너지를 회전하는 운동에너지로 저장 했다가 다시 전기에너지로 변환 장점: 높은 에너지 효율, 장 수명 단점: 구축 초기 비용 높다, 저 에너지 밀도, 베어링이 미치는 영향이 큼
	 CAES (압축공기 저장 시스템)	원리: 잉여 전력으로 공기를 동굴이나 지하에 압축, 압축된 공기를 가열하여 터빈을 돌리는 방식 장점: 대규모 저장 가능, 저 발전 단가 단점: 초기 구축 비용 높다, 지리적 제약 조건이 따름
	 PHS (양수발전)	원리: 잉여 전력을 이용하여 하부 저수지의 물을 상부저수지로 이동시킨 후, 낙차를 이용 발전하여 전력 생산하는 방식 장점: 대용량 저장, 안전성, 고효율이 높다. 단점: 지리적 제약, 조건이 따름, 초기의 고 투자비
화학적 에너지 저장방법	 LiB (리튬 이온전지)	원리: 리튬이온이 양극과 음극을 오가며 전위차 발생 장점: 높은 에너지 밀도, 높은 에너지 효율 단점: 높은 비용, 수명 및 안전성 미 검증
	 NaS (나트륨 황 전지)	원리: 300~350℃의 온도에서 용융상태의 나트륨 이온이 전해질을 이동하면서 전위차 발생 장점: 높은 에너지 밀도, 저비용, 대용량화 용이 단점: 고온시스템 필요, 저 에너지 효율
	 RFB (레독스 흐름전지)	원리: 전해액 內 이온들의 산화 화원 전위차를 이용하여 전기에너지를 충·방전 장점: 저 비용, 장시간 사용가능 단점: 저 에너지 밀도, 저 에너지 효율
	 Super Capacitor (슈퍼 커패시터)	원리: 소재의 결정 구조 내에 저장되는 전지와는 달리 소재의 표면에 대전되는형태로 전력 저장 장점: 높은 출력 밀도, 긴 수명, 안전성 우수 단점: 저 에너지 밀도, 높은 비용

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5. 에너지 저장 장치의 역할과 기능

에너지 저장 장치의 주요 용도는 주파수 조정, 신재생에너지 연계, 수요반응, 비상 발전 등에 활용함으로써 전력 품질 개선, 부하 평준화, 전력피크 억제 및 전력 수급 위기 대응이 가능하다.

가. 전력 품질 개선 기능

에너지 저장 장치가 계통에 연계되어 유효, 무효 전력을 알맞게 공급한다. 또, 전압을 일정하게 유지 하여 고 품질의 전력공급이 가능 할뿐만이 아니라 전력 수용가에 지상전원을 공급이 가능하다. 부하변동 사고에 의한 전원, 부하 탈락시 전지 충·방전에 의해 유효전력의 불평형을 보정하고 주파수를 조정하여 계통안정화에 기여한다.

나. 부하 평준화 기능

과잉 생산된 전력이나 저가의 전력을 저장하여 전력 수용가 많은 시간에 활용할 수 있다. 주로 야간 시간대에 전지를 충전하고 전력의 수용가 많은 주간 시간대에 방전하여 교류계통 발전 전력의 평준화를 도모한다. 또한 수요에 따른 전력 공급의 조절이 가능하므로 방전에 필요한 예비 전력량을 감소시킬 수 있다. 생산된 전력에너지를 저장하여 필요할 때 사용하여 계절 주야 간 전력부하의 격차 해소를 통해 에너지 이용 효율과 부하율이 향상된다.

다. 간헐적 최대 부하 저감 기능

이 기능은 송전선, 변전소의 용량을 통과하는 순시적인 부하 변동에 의한 피크 전력을 에너지 저장장치에 공급하여 잉여 전력을 저장하고 최대 부하를 저감한다. 이때 변전소에 연계되어 운전하는 풍력이나 태양광 등 신재생에너지원 출력의 간헐적 특성을 완화시켜 지구 온난화의 주범인 온실가스의 배출을 줄이고, 고가의 화석연료를 이용한 디젤 발전기 등의 백업 발전 필요성이 진행 중이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

라. 자력기동 기능

정전이 방생했을 때 기계설비의 정지로 인해 폭발과 화재 등의 재해가 발생할 우려가 있는 설비에 비상전력을 공급한다. 계통사고로 인해 부하와 교류계통이 격리된 경우에도 스스로 기도하여 변전소가 비상으로 시스템이 가동 될 수 있도록 PCS에서 변전소에 전력을 공급한다. 일반적으로 변전소에 자립운전을 위하여 비상전원으로 디젤 발전기가 사용되지만, 기계적인 발전원을 대신해 전기에너지를 저장하는 2차 전지를 사용하여 보다 빨리 필요 전력을 공급하여 변전소의 자력 시동이 가능하다. [6]

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

B. 2차 전지

1. 2차 전지의 종류와 특징

1차 전지가 일회성 이라면 2차 전지는 재충전 후 사용 할 수 있는 전지를 말한다. 리튬 전지, 알카리 전지, 흑연-아연전지, 수은 전지 등이 1차 전지의 예로 라디오, 손전등 등에서 흔히 볼 수 있다. 그러나 1차 전지는 재사용이 불가능 하고 재활용 및 수거 정화에 드는 비용이 많다는 문제점이 있다. 반면 2차 전지는 충·방전을 여러번 할 수 있어 전지의 전기화하적 특성이 유지되는 한 얼마든지 재사용이 가능하다. 납(Pb)축전지, 니켈-카드뮴(Ni-Cd)전지, 니켈-수소(Ni-MH, Nickel Metal Hydride)전지, 리튬이온(Li-ion)전지 등이 대표적인 예이다. 이들은 전지의 주요 3부분외 양극, 전해질, 음극을 구성하는 물질과 구조에 따라 분류되는데, 용량, 출력 전압 등이 전기화학적 성질에서는 특성이 각각 다르게 보인다. 2차 전지는 수요 기기, 특히 소형 휴대용 기기의 급속한 발달과 함께 그 기술 또한 빠르게 변화하고 있다. 1980년대 말까지 '워크맨'과 같은 휴대용 플레이어, 전동 공구 등에 쓰이는 작은 소형 2차 전지 시장을 장악했던 니켈-카드뮴전지는 1990년대 들어 니켈- 수소전지와 리튬이온 전지의 등장으로 시장 점유율이 점차 감소하고 있다. 1990년대 초 등장한 니켈-수소 전지의 경우 2~3년 뒤늦게 시장에 나온 리튬이온 전지의 공세에 밀려 시장 확대에 어려움을 겪고 있으며 소형 어플리케이션에 있어서 그 입지가 더욱 약해지고 있다. 반면 리튬이온 전지의 경우 1990년대 후반 급속한 휴대용 기기의 발달 및 기기의 성능과 디자인 유연성 측면에서도 이점을 발판으로 높은 가격에도 불구하고 빠르게 시장을 넓혀가고 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가. 연축전지(납축전지)

그림 2. 납축전지

그림 2는 납축전지의 사진이며, 가장 오랫동안 사용되어온 2차 전지로써 1860년 Plante 가 최초로 선을 보인이래, 기술 개량을 거듭하면서 현재의 저렴하고 신뢰성 높은 전지로 사용되고 있다. 납축전지는 자동차의 보급과 함께 자동차용 전지로 널리 되고 있으며, 소형 휴대용 기기에도 사용 되었으나, 현재 소재로 사용되는 납 등의 중금속 문제로 인해 환경오염, 사용 규제가 되고 있다.

나. 니켈카드뮴전지(Ni-Cd battery)

그림 3. 니켈카드뮴 전지

1899년에 발명된 전지로써 니카드전지라고도 한다. 대형 니켈카드뮴전지는 2차 대전 중 유럽에서 개발되었으며 현재 널리 상용화되고 있는 소형의 밀폐

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

형 전지는 1960년대 유럽에서 상용화되기 시작하였다. 철도, 차량용, 비행기 엔진 시동용을 비롯하여 높은 출력이 필요하는 산업 및 군사용도로 사용되어 왔으며, 밀폐식의 개발로 전동공구나 휴대용 가전제품의 소형 전원으로 널리 사용되고 있다. 그러나 카드뮴 금속 고유의 특성인 메모리 현상과 공해물질이라는 측면에서 리튬이온 전지 등 고성능 2차 전지의 개발과 함께 시작이 축소되고 있다.

다. 니켈 수소 전지(Ni-MH battery)

그림 4 니켈 수소 전지

1990년에 실용화된 2차 전지로써 에너지 저장 밀도의 향상과 중금속인 카드뮴의 제거로 휴대용 전자제품에 적용되고 있다. 니켈카드뮴전지보다 높은 에너지 밀도와 우수한 가격대 성능비 그리고 환경 친화적인 사용재료 등의 장점으로 휴대전화, 노트북, 오디오 기기 등과 같은 휴대기기에 폭넓게 사용되고 있다. 단위 부피당 용량이 큰 점으로 전기자동차용 배터리로 사용되고 있다. 다만 복잡한 구조로 인해 전용 충전기가 비싼 단점이 있으며, 메모리 효과가 있는 단점이 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

라. 리튬 폴리머 전지(Li-Polymer Battery)

그림 5. 리튬 폴리머 전지

리튬이온 폴리머 전지는 액체 전해질 대신 고분자 재료를 사용하는 전해질 부분 외에는 리튬이온 전지와 구성이 동일한 전지로 리튬이온 전지의 단점인 전해액 누액 위험성이 없고, 고분자 특유의 가소성을 이용하여 전지를 다양한 형태로 제조가능한 장점이 있다. 다만 리튬이온 전지보다 용량이 작고, 수명도 짧으며, 가격도 비싼 단점이 있다.

마. 리튬이온 전지(Li-ion Battery)

그림 6. 리튬이온 전지 (Li-ion battery)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

리튬이온전지는 흑연 층간 화합물을 이용한 전지로서 전기화학적으로 리튬을 적층할 수 있는 양극 및 음극 재료와 리튬이온을 전이하는 비양자성 극성 유기 용매를 사용한다. 리튬이온 전지는 금속리튬이 충·방전 반응에 개재하지 않기 때문에 금속 리튬 덴트라이트로 인한 문제는 생기지 않는다. 사용 리튬이온 전지는 리튬에 대해 4V급인 니켈, 코발트 또는 망간의 산화물을 기분으로 하는 양극재료를 사용하며, 리튬에 대해 0~1급인 리튬삽입탄소(LIC, lithium intercalated carbon)을 형성 할 수 있는 탄소를 음극재료로 사용하여 평균 전위차가 3.6~3.7V로 높은 전지 전압을 나타낸다. 단점으로는 내부에 액체로 된 전해액 물질이 폭발의 위험이 있어 보호회로를 장착한 팩 형태로 유통 되는 것이 일반적이다.[7]

2. 리튬이온 전지의 시장 동향

리튬이온 전지는 기존에 소형 IT를 중심으로 성장 했으며, 최근에는 전기차(EV) 에너지 저장 장치 수요 증가로 각 제조사들은 전기 자동차 업체와 협력을 강화하고 신규투자, 확대 인수·합병을 통해 가격/기술 경쟁력을 제고 중이다.

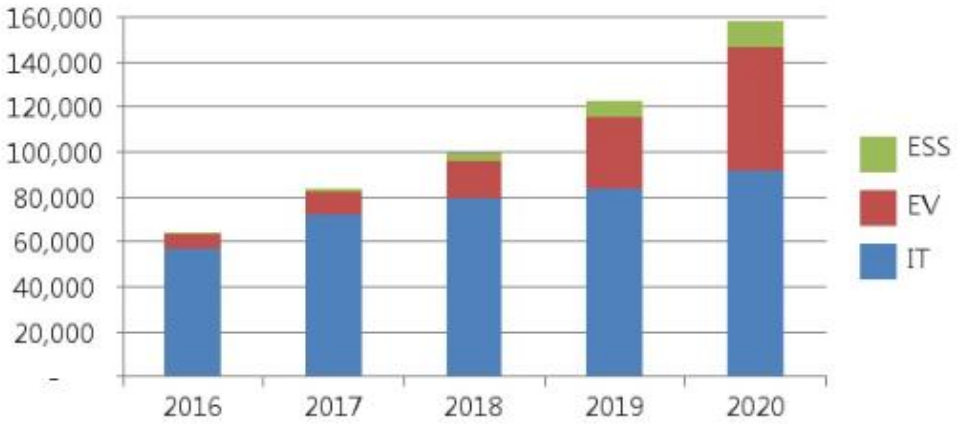


그림 7. 리튬이온전지(LIB) 시장 규모 및 전망 (단위 MWh)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

세계 주요 자동차 제조회사 들은 이미 전기자동차 (BEV), 플러그인 하이브리드 전기자동차(PHEV)시 모델을 대거 출시하고 있으며, 이에 따라 충전기의 수요도 확대 예상 된다. 또한 북미 지역을 중심으로 일반적인 충전 시간 대비 시간을 줄인 교류 충전기에 대한 요구가 높아지고 있어 향수 해외를 중심으로 고용량 차량 충전기 수요가 증가 예상 된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

III. 설계 및 실험결과

A. 배터리 팩 설계

에너지 저장 장치의 배터리의 리튬이온전지는 그림 8과 같은 사양을 갖는 INR18650(삼성 SDI)를 사용하였고, 공칭 전압은 3.7V 이며, 공칭 용량은 1800mAh 이다. 트레이 경우 그림 9와 같이 12S 28의 직병렬 구조이며, 공칭 전압 44.4V, 공칭 용량 50Ah 제작 하였다. 배터리 모듈 내부에는 전지의 전압 및 온도 측정을 측정 할 수 있도록 설계 제작 하였다.

항 목			사 양
	모델명(제조사)		INR18650-20S(삼성SDI)
	양극재		NCA(리튬계열)
	공칭 전압		3.70 V
	공칭 용량	Ah	1800mAh
		Wh	6.66Wh
	충전 방법		CC-CV
	상한 충전 전압		4.25V
	충전 종지 전압		4.125 V
	표준 충전 전류		900mA
	최대 충전 전류		7.2A(4C-rate)
	방전 종지 전압		2.50 V
	최대 방전 전류		7.2A(4C-rate)
	최대 펄스 방전 전류		100A(1sec 이내)
	AC Impedance(1KHz)		7.5mΩ
	치 수		64.85 x 18.33mm
	중 량		45.6 g
	사용 온도	충전 시	0 ~ 45 ℃
		방전 시	-20 ~ 60 ℃

그림 8. INR18650 셀 사양

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

항 목	내 용	비 고
모 델 명	SP44-20S-56	
공칭 전압	44.4V	12S
공칭 용량	50Ah	28P
운전 전압	36 ~ 49.5V	
충전 전압	49.5V	
최대 충전 전류	200A	4C-rate
최대 방전 전류	200A	4C-rate
사이즈(mm, WDH)	491(W)×85(H)×530(D)	
중 량	28kg	
통신 방식	SPI	Rack BMS

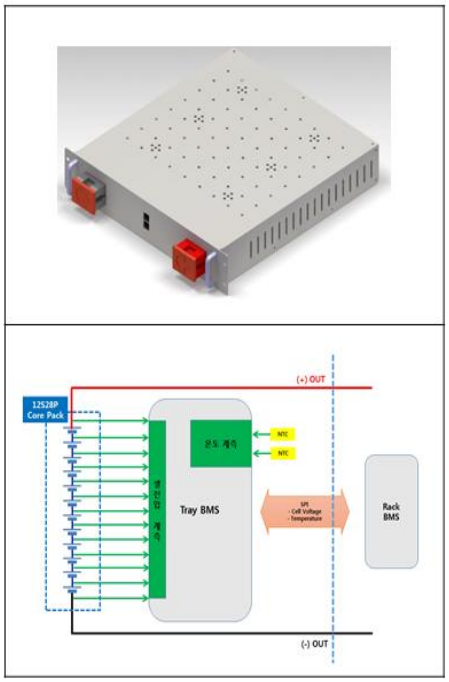


그림 9. 트레이 사양 및 외관

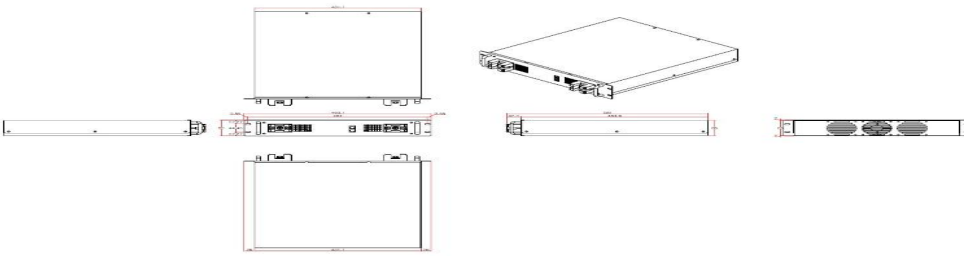
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

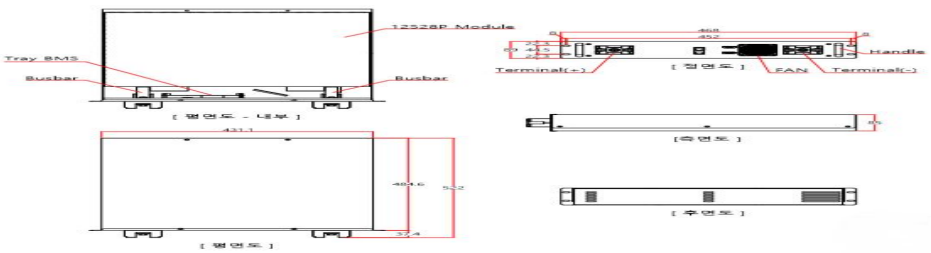
B. 시스템 구성

에너지 저장 장치의 시스템에서는 온도가 가장 중요한 요소이다. 배터리 셀 온도의 사용 온도는 충전시 0~45℃ 이며, 방전시 -20~60℃ 이다. 계절 및 장소에 따라 온도의 차이가 발생하며, 온도의 상승 및 온도의 편차는 화재 및 폭발의 위험성이 있기 때문에 랙간 최고 및 최소 온도의 편차의 관리도 필요하다.

본 논문에서는 배터리의 트레이에 팬의 유무 및 위치에 따른 냉각의 효과적인 방법을 연구하고자 한다. 팬이 없는 경우와 팬의 설치 위치를 정면, 후면으로 설계하여 온도의 특성을 비교 분석, 최적의 온도에 대한 팬 설계를 제시 하였다. 배터리 외함은 그림 10의 설계도면과 같이 가로 : 484.6mm 세로 : 431.1mm, 높이 : 89mm 로 제작 하였으며, 배터리 모듈은 리튬이온 12S 28P로 동일한 스펙을 적용하여 제작 하였다. 그림 11은 본 논문에서 실험한 3가지 타입의 트레이이며, 팬 미적용 트레이, 팬을 트레이의 정면부와 후면부에 설치 하여 제작한 사진이다.



(a) 팬 후면부 적용 설계도면



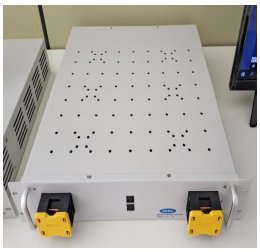
(b) 팬 정면부 적용 설계도면

그림 10. 배터리 팩의 설계도면

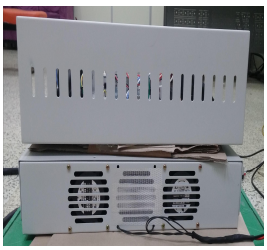
Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그림 12는 팬 사양을 나타내고 있으며, 동일 성능의 AC 팬 대비 전력 소모량이 1/3이 절감되는 DC 팬을 적용하여 전력 소모량 경감 시켰다. (참고로 AC 팬 소모전력은 14W이고, DC 팬 소모 전력은 4.5W이다.)



(a) 팬 미적용 트레이



(b) 팬 후면부 트레이

(c) 팬 정면부 트레이

그림 11. 트레이 제작 사진

■ Specifications

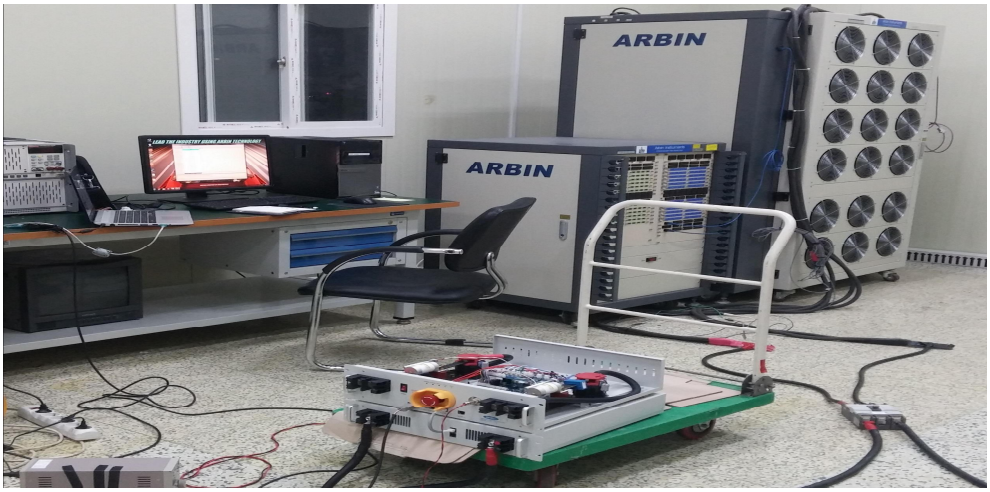
Model	Bearing	Rating Voltage	Power Current	Power Consumption	Speed	Air Flow	Static Pressure	Noise	Weight	Curve
	⊗ 2BALL ○ Sleeve	(VDC)	(mA)	(WATTS)	(RPM)	(CFM)	(Inch-H_2O)	(dB(A))	(g)	
PE60251BX-0000-A99	⊗	12	370	4.44	7600	40.0	0.64	46.0	71.0	1
PE60251B1-0000-A99	⊗	12	297	3.57	6900	36.0	0.54	44.0	71.0	2
PE60251B2-0000-A99	⊗	12	232	2.79	6100	31.5	0.42	42.0	71.0	3
PE60251B3-0000-A99	⊗	12	197	2.37	5600	29.0	0.36	38.0	71.0	4
PE60252BX-0000-A99	⊗	24	190	4.56	7600	40.0	0.64	46.0	75.0	1
PE60252B1-0000-A99	⊗	24	155	3.72	6900	36.0	0.54	44.0	75.0	2
PE60252B2-0000-A99	⊗	24	121	2.91	6100	31.5	0.42	42.0	75.0	3
PE60252B3-0000-A99	⊗	24	104	2.50	5600	29.0	0.36	38.0	75.0	4

그림 12. 냉각팬 스펙

본 논문에서는 팬을 적용하여 냉각 효과를 비교하기 위한 실험 장치를 구성하였다. 실험 장치 실험 대상인 실험 리튬이온 배터리 모듈의 셀 표면 온도를 측정하기 위한 온도센서를 적용 하였다. 발열을 측정을 위해 배터리 모듈에 전력을 공급기인 충·방전기를 제어 할 수 있는 PCS로 구성 하였고, 온도 및 전압값을 확인 할 수 있는 PC 및 차단기 로 구성하였다. 그림 13은 실험 장치를 나타낸다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



(a) 실험 전경 사진

(b) 트레이 정면부

(c) 트레이 후면부

그림 13. 실험 장치

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

C. 실험 결과

실험의 진행은 트레이의 온도 안정화 시간을 위해 사이클(cycle) 종료 후 각각 3시간 휴지후 실험을 진행 하였으며, 4C-rate 연속 충·방전 사이클 운전을 진행 하였다. 표 4는 실험 온도 조건 및 온도 변화를 나타내었다. 충전 조건은 50.4V 이며, 방전 조건은 36V로 설정 하였다. 각 사이클 마다 휴식 30분 후 진행 하였다. 팬이 미적용된 트레이는 온도의 상승이 60°C 가까이 되어 실험을 2사이클만 진행하였으며, 팬을 후면부에 설계 시 최고온도 51.1°C까지 상승을 확인하였다. 팬이 전면부에 설치시 온도 40°C 이하로 안정적인 온도 분포 유지됨을 확인 하였다. 그림 14 ~ 그림 16은 각각의 온도 그래프를 나타내었으며, 팬 미적용 및 정면부에 설치시에는 온도 차이는 크지 않았지만 후면부에 설치시에 변동이 큰 것을 확인 하였다.

표 4. 실험 조건 및 온도 변화

가. 테스트 조건
- 충전 조건 : CC, 200A(4C), 50.4V Cut-off
- 방전 조건 : CC, 200A, 36V Cut-off
- Fan 동작 조건 : 30도 이상 동작, 28도 이하 정지
- Rest Time : 30min
- Room Temperature : 23±2°C

Cycle	상 태	Fan 적용 전	Fan 후면부	Fan 정면부
1 Cycle	Charging	22.5°C → 38.3°C	25°C → 39°C	26°C → 35°C
	Discharge	38.8°C → 46.6°C	36°C → 42°C	29.5°C →35.7°C
2 Cycle	Charging	44.9°C → 56.3°C	38C → 47.5°C	29.6°C → 39.2°C
	Discharge	테스트 종료 (온도 안정화 필요)	42.1°C → 47.6°C	31.5°C → 37.1°C
3 Cycle	Charging		41.4°C → 50.5°C	30.2°C → 39.6°C
	Discharge		43.8°C → 48.6°C	31.8°C → 37.4°C
4 Cycle	Charging		42.3°C → 51.1°C	30.6°C → 39.8°C
	Discharge		44.1°C → 49°C	32°C → 37.5°C

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

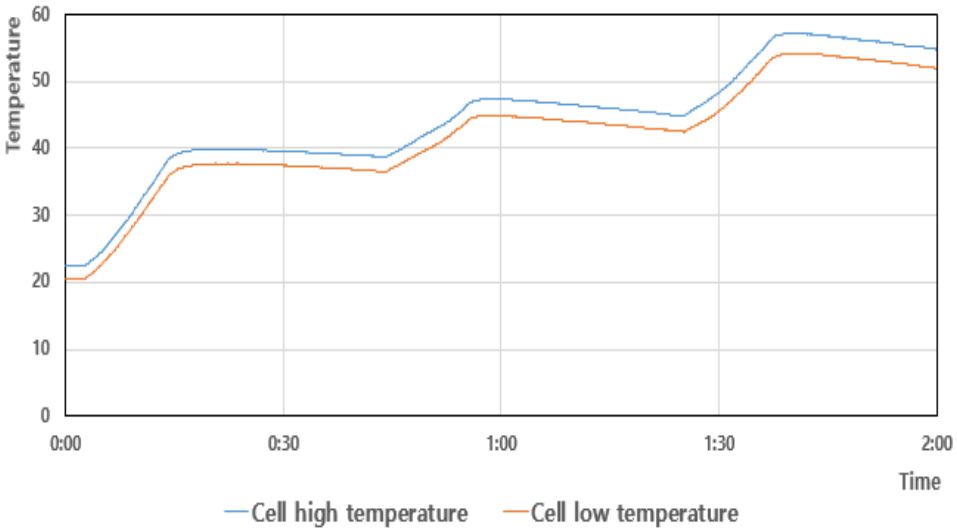


그림 14. 냉각팬 미적용 온도 그래프

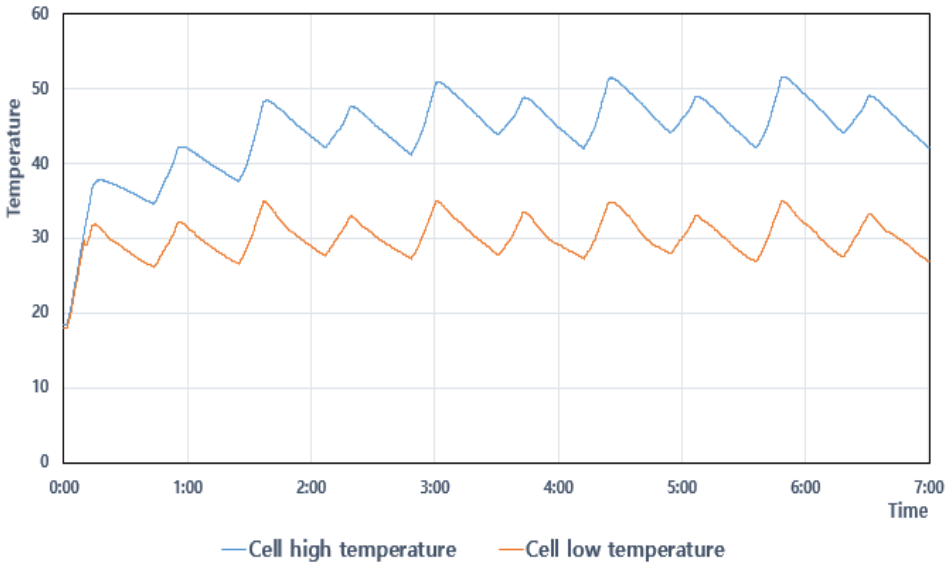


그림 15. 냉각팬 후면부 온도 그래프

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

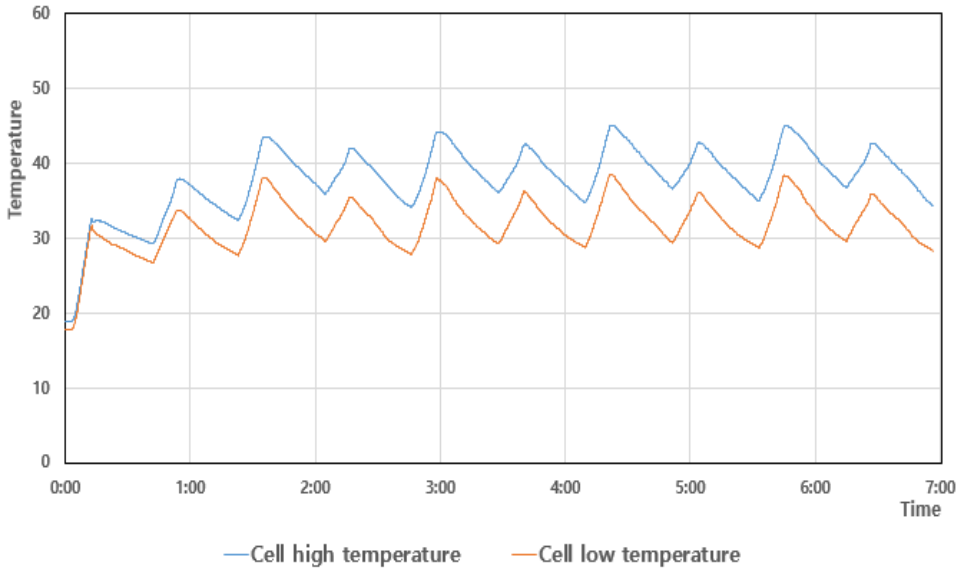


그림 16. 냉각팬 정면부 온도 그래프

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

IV. 결론

최근 리튬 이온전지의 사용처가 급속도로 확산되어 에너지 저장 장치, 의료기기, 친환경 자동차 등 중요한 역할을 담당하고 있다. 특히 에너지 저장 장치는 신재생에너지 분야의 신 산업 모델로 각광을 받고 있으며 국내 에너지 저장 장치의 보급 확산을 위한 다양한 정책이 수립되어 시장 규모가 확대되고 있다. 에너지 저장 장치는 설치 환경에 따라 우수한 성능을 보장하기 위해서는 배터리 팩의 온도를 저감 시킬 수 있는 연구 필요성이 중요하다.

본 연구에서는 에너지 저장 장치에서 중요시 되는 리튬이온 배터리 트레이에 냉각 팬을 설치하여 온도특성을 분석하기 위해 3가지 종류의 트레이 형태를 제작하여 냉각 팬의 최적화 설계를 연구 하였으며, 온도 특성 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 3가지 종류의 트레이 형태는 냉각 팬 미적용한 경우, 트레이 전면부에 냉각 팬 부착한 경우, 트레이 후면부에 냉각 팬을 부착한 경우에 관한 최적화 설계 위치를 제작하여 실험 하였다.

2. 각 설계 방식에 따라 4C-rate 연속 충·방전 사이클과 충전 전압은 50.4V, 방전 전압은 36V로 설정하여 수행 하였으며 냉각 팬 미적용시 최고 온도는 56.3℃, 냉각 팬을 후면에 적용시 최고 온도는 51.1℃, 냉각 팬을 전면에 적용시 최고 온도는 39.8℃까지 나타냈다.

3. 냉각 팬을 전면부에 설치 하였을 경우 40℃ 미만의 온도 특성을 보였으며, 가장 효율적인 방안임을 확인하였다. 이는 전압의 입력 케이블 온도 영향으로 팬이 없는 경우와 후면 설계시 온도가 상승한 것으로 사료된다.

향후 제어 및 랙 BMS에 트레이 온도에 따른 팬 동작을 제어하기 위한 릴레이 제어 회로 추가 실험 예정이며, 팬이 동작하지 않을 경우 SMPS에 공급되는 전원을 차단함으로서 대기 전원을 차단하여 전력 소모를 줄여 줄 수 있도록 하며, 방열 FAN의 효율적인 제어를 위한 알고리즘 적용하여 필요시에 만팬이 동작하도록 함으로써 효율을 높이는 후속 연구를 제안한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

참 고 문 헌

[1] 산업통상자원부 보도자료, 2016년 7월 5일자,“에너지신산업 성과확산 및 규제 개혁 종합대책”

[2] 박성진, “에너지 저장 장치용 배터리 모듈에 대한 순차적 양방향 냉각의 실험적 연구”, 홍익대학교 석사학위 논문, pp 1~2, 2018

[3] 한국에너지공단 신재생에너지센터 “ 제 4차 신재생에너지 기술개발 및 이용 보급 계획(2014년~2035년)

[4] 지식산업정보원 “친환경 에너지 신산업 R&D 전력과 마이크로그리드/ESS 동향 분석”

[5] 모정윤, 김민지 “에너지 저장장치의 파급효과와 관련 산업 발전방안” 산업연구원

[6] 김응삼 “에너지 저장 시스템” 전기연구원

[7] 노정윤, “배터리 관리 시스템”, 전남대학교 산업대학원 석사학위 논문, pp 4~8, 2015

Collection @ chosun