

بسم الله الرحمن الرحيم

باتریهای یون – لیتیم

پک سازی و سیستم های مدیریت باتری

تالیف و ترجمه :

دکتر میکائیل ملازاده

دکتر فاطمه فتح الهی

مهندس سعید الیاسی

سرشناسه	ملازاده، میکائیل، ۱۳۶۱ -
عنوان و نام پدیدآور	باتریهای یون - لیتیم؛ یکسازی و سیستم‌های مدیریت باتری / ترجمه و تالیف میکائیل ملازاده، فاطمه فتح‌الهی، سعید الیاسی.
مشخصات نشر	تبریز: انتشارات پژوهش‌های دانشگاه، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	[۲۰]، ۳۶۲ ص. مصور، جدول، نمودار؛ ۲۹×۲۹ سم.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۸۷۰۳-۳۵-۸
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	قسمتی از کتاب حاضر ترجمه "Battery management systems for large lithium-ion battery packs, ۲۰۱۰ c" تالیف داویده آندرتا است.
عنوان دیگر	یکسازی و سیستم‌های مدیریت باتری.
موضوع	باطری‌های لیتیوم یون
موضوع	Lithium ion batteries
شناسه افزوده	فتح‌الهی، فاطمه، ۱۳۶۴ -
شناسه افزوده	الیاسی، سعید، ۱۳۵۱ -
شناسه افزوده	آندرتا، داویده
شناسه افزوده	Andrea, Davide
شناسه افزوده	انتشارات پژوهش‌های دانشگاه
رده بندی کنگره	TK۰۹۴/۵۰۲۱۳۹۶
رده بندی دیویی	۲۱/۳۱ ۴۲۴
شماره کتابشناسی ملی	۶۴۷۵۲۶

عنوان کتاب : باتریهای یون - لیتیم یک سازی و سیستم های مدیریت باتری

تالیف : میکائیل ملازاده - دکتر فاطمه فتح الهی - مهندس سعید الیاسی

ناشر : انتشارات پژوهش های دانشگاه

طراح روی جلد : فرزین جهانگیری

صفحه آرای : فرزین جهانگیری

چاپ و مصافی : مدیران

تیراژ : ۱۰۰۰ جلد

نوبت چاپ : اول / ۱۳۹۷

شابک : ۹۷۸-۶۰۰-۸۷۰۳-۳۵-۸

قیمت : ۲۸۰۰۰ تومان

انتشارات پژوهش‌های دانشگاه



مرکز تخصصی چاپ نشر کتب دانشگاهی ویژه اساتید و اعضای هیات علمی دانشگاه ها

آدرس دفتر مرکزی : آذربایجان شرقی ، تبریز ، آبرسان ، مجتمع تجاری بلور ، روبروی کلاتری ، داخل حیاط (ضلع شرقی) ، پلاک ۳۹
تلفن های تماس بخش مدیریت : ۰۹۱۴۶۱۴۳۳۴۶/۰۴۱۳۳۲۶۲۱۱۶ بخش امور فنی : ۰۹۱۴۵۰۱۹۸۵۰/۰۴۱۳۳۲۵۰۲۴۸

دفتر اهر : شهرستان اهر - میدان معلم - روبروی دارایی - انتشارات پژوهش های دانشگاه / دفتر اهر
تلفن : ۰۹۳۰۸۱۴۸۴۸۶

مرکز پخش : آذربایجان شرقی ، تبریز ، خیابان امام ، روبروی سه راه طالقانی ، انتشارات شایسته
تلفن : ۰۴۱-۳۵۵۶۱۹۶۱

www.Unpb.org / Info@unpb.org www.Pajohesh-daneshgah.ir / Info@pajohesh-daneshgah.ir

طبق قانون حمایت از حقوق ناشران و مولفان هر شخص حقیقی و حقوقی که تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر و مولف ، نشر یا عرضه یا تکثیر یا تجدید چاپ نماید

مورد پیگیری جدی قانونی خواهد گرفت و مطابق با جرایم قوانین اسلامی برخورد خواهد شد .

به نام آفریدگار انرژی

یکی از چالشهای اصلی قرن حاضر، مصرف بالای انرژی و نیاز به ذخیره‌ی آن است. از طرفی با محدودیت‌های موجود در منابع سوخت فسیلی و دوره طولانی برای احیای مجدد آن، بشر به دنبال استفاده از گونه‌های نو و تجدیدپذیر منابع انرژی از قبیل خورشید، باد، امواج، آب‌های جاری و ... است. تلاشهای زیادی در جهت جایگزینی انرژیهای تجدیدپذیر صورت گرفته‌است، حال آنکه بیشتر این منابع به دلیل غیرقابل کنترل بودن و داشتن طبیعتی بینابین، هزینه‌های بالاتری را برای ذخیره منظم انرژی تحمیل میکنند. از طرف دیگر، به دلیل عدم دسترسی مداوم به این گونه‌های انرژی، لازم است که در اکثر موارد انرژی در بازهای از زمان ذخیره و در زمان دیگری مصرف شود. باتری یون لیتیوم بدلیل داشتن دانسیته انرژی بالا و مکانیسم عملکرد نسبتاً ساده یکی از بهترین راه حلها برای چالش مورد نظر بشمار می‌آید. در سالهای اخیر تکنولوژی باتری یون لیتیوم که به اختصار LIB نامیده میشود، توسعهی چشمگیری برای بکارگیری در وسایل الکترونیکی قابل حمل پیدا کرده است؛ هرچند که بهره‌گیری از این سیستم در مقیاسهای بزرگتر و سیستمهای پر قدرتی نظیر وسایل نقلیه الکتریکی (PEV) یا هیبرید الکتریکی (PHEV) نیازمند دستیابی به روش صحیح ساخت پک از باتریهای بکارایی و عملکرد بالا میباشد.

در یک نگاه کلی، باتری یون لیتیوم دارای مزایایی چون وزن کم، چگالی انرژی بسیار بالا و نرخ پایین خوددشارژی نسبت به دیگر تکنولوژیهای باتری است. واضح است که آن نوع باتریها با داشتن ویژگیهایی چون عملکرد مناسب، طول عمر بالا، مقرون به صرفه بودن و دوستداری محیط زیست دارای نقش مهمی در آینده خواهند بود و براین اساس، می توان کاربردهای وسیعی را برای آنها در حوزهی الکترونیک پیش‌بینی نمود.

در این کتاب ابتدا به ساده ترین نحو مفاهیم و اصطلاحات کلی در حوزهی سلها و باتریهای یون لیتیوم بیان میشود. سپس قالبهای متفاوت باتری معرفی و نحوهی تعیین پارامترهای مخفف برای ارزیابی ظرفیت، مقاومت و سلامت پکهای باتری با بهره‌گیری از سیستمهای مدیریت باتری (BMS) کارآمد مشخص میشود. کتاب پیش رو حاصل تلاشی محققانه است که برای اولین بار در حوزهی باتری، بمنظور افزایش دران دانشجویان (دکتری و کارشناسی ارشد) (به رشتهی تحریر در آمده است. لذا امید میرود که مورد توجه دانشجویان علوم و رشتههای مهندسی مختلف واقع شده و فرصتی باشد تا بتوان اطلاعات جامعی را نسبت به انتخاب، تعیین، طراحی، نصب یا استفاده از یک سیستم کنترلی مناسب برای پکهای بزرگ باتری یون لیتیوم بدست آورد و عملکرد صحیح آن را به نحو مؤثری درک نمود.

امید است در آینده بتوان با لحاظ راهنماییهای صاحب نظران اطلاعات بیشتری را در اختیار علاقمندان قرار داده و نقشی هر چند کوچک در جهت رشد و پیشرفت صنعت انرژی کشور ایفا نمود.

فهرست

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
۱-۱- اصطلاحات نامگذاری شده	۱
۱-۱-۱- سلها، باتریها و بستهها	۱
۱-۱-۲- مقاومت	۱
۲-۱- سلهای یون - لیتیم	۲
۱-۲-۱- ساختارها	۲
۲-۲-۱- شیمی	۴
۳-۲-۱- ایمنی	۵
۴-۲-۱- محدوده عملیات ایمنی	۸
۵-۲-۱- بازدهی	۹
۱-۵-۲-۱- انرژی	۹
۲-۵-۲-۱- بار الکتریکی یا شارژ	۱۰
۶-۲-۱- کهنه شدن	۱۲
۱-۶-۲-۱- طول عمر تقویمی	۱۲
۲-۶-۲-۱- عمر چرخهای	۱۳
۷-۲-۱- مدلسازی	۱۴
۸-۲-۱- ولتاژ ناهمسان در رشته سلهای سری شده	۱۷
۳-۱- BMS باتری یون - لیتیم	۲۱
۱-۳-۱- تعریف BMS	۲۱
۲-۳-۱- عملکردهای BMS باتری یون - لیتیم	۲۲
۳-۳-۱- BMS سفارشی در مقابل دست ساز	۲۴
۴-۱- باتریهای یون - لیتیم	۲۵
۱-۴-۱- SOC، DOD و ظرفیت	۲۵
۲-۴-۱- تعادل و متعادل سازی	۲۹
۱-۲-۴-۱- نامتعادل شدن در طول زمان	۳۱
۲-۲-۴-۱- شروع به نامتعادل شدن	۳۳
۳-۲-۴-۱- SOC باتری در مقابل SOC سل	۳۴

۳۹	SOH - ۳-۴-۱
۴۳	انتخاب BMS
۴۳	۱-۲ عملکرد
۴۴	۱-۱-۲ شارژرهای CCCV
۴۶	۲-۱-۲ تنظیم کننده‌ها
۴۷	۳-۱-۲ اندازه‌گیرها
۴۸	۴-۱-۲ نمایشگرها
۵۰	۵-۱-۲ متعادل کننده‌ها
۵۰	۶-۱-۲ محافظها
۵۱	۷-۱-۲ مقایسه از عملکردی
۵۱	۲-۲ تکنولوژی
۵۲	۱-۲-۲ ساده (آنالوگ)
۵۳	۲-۲-۲ پیچیده (دیجیتال)
۵۴	۳-۲-۲ مقایسه‌ای از توپولوژی
۵۵	۳-۲ توپولوژی
۵۵	۱-۳-۲ متمرکز
۵۶	۲-۳-۲ مدولار
۵۸	۳-۳-۲ واحد اصلی - واحد پیرو یا MASTER - SLAVE
۶۰	۴-۳-۲ توزیع شده
۶۵	۵-۳-۲ مقایسه توپولوژیهای مختلف
۶۵	عملکردهای BMS
۶۵	۱-۳ اندازه‌گیری
۶۶	۱-۱-۳ ولتاژ
۶۶	۱-۱-۱-۳ روشها
۶۶	۲-۱-۱-۳ سرعت
۶۷	۳-۱-۱-۳ صحت
۶۸	۴-۱-۱-۳ جداسازی
۶۹	۲-۱-۳ دما
۷۰	۳-۱-۳ جریان
۷۱	۱-۳-۱-۳ شانت جریان

۷۲	۱-۳-۲- سنسور اثر هال
۷۴	۲-۳- مدیریت
۷۴	۱-۲-۳- محافظت
۷۴	۱-۱-۲-۳- وضعیتهای مشاهده شده
۷۸	۲-۱-۲-۳- قطع جریان
۸۱	۲-۲-۳- مدیریت دما
۸۱	۱-۲-۲-۳- گرمایش
۸۱	۲-۲-۲-۳- سرمایش
۸۲	۳-۲-۳- متعادلسازی
۸۴	۱-۳-۲-۳- اهرمهای متعادلسازی
۹۶	۲-۳-۲-۳- لزومات جریان تعادل
۱۰۰	۳-۳-۲-۳- تعادل مال و فعل
۱۰۵	۴-۳-۲-۳- تکنیکهای تعادل مال
۱۰۸	۴-۲-۳- توزیع مجدد
۱۰۹	۱-۴-۲-۳- مقایسه‌های بین متعادل‌ساز و توزیع مجدد
۱۰۹	۲-۴-۲-۳- توان مبدل
۱۰۹	۳-۴-۲-۳- توزیع مجدد در مقابل سلهای اضافی
۱۱۰	۴-۴-۲-۳- نتایج
۱۱۰	۵-۲-۳- شارژ توزیع شده
۱۱۲	۳-۳- ارزیابی
۱۱۲	۱-۳-۳- حالت شارژ و عمق دشارژ
۱۱۳	۱-۱-۳-۳- انتقال ولتاژ
۱۱۵	۲-۱-۳-۳- شمارش کولن
۱۱۷	۳-۱-۳-۳- روشهای ادغام
۱۲۰	۲-۳-۳- ظرفیت
۱۲۲	۳-۳-۳- مقاومت
۱۲۲	۴-۳-۳- وضعیت سلامت (SOH)
۱۲۳	۴-۳- اتصالات خارجی
۱۲۴	۱-۴-۳- سیم آنالوگ اختصاصی
۱۲۴	۱-۱-۴-۳- ورودیها

۱۲۵	۳-۴-۱-۲- خروجیها
۱۲۵	۳-۴-۲- سیم دیجیتال اختصاصی
۱۲۶	۳-۴-۱-۲- ورودیها
۱۲۶	۳-۴-۲-۲- خروجیها
۱۲۸	۳-۴-۳- پیوند دادهها
۱۲۹	۳-۴-۱-۳- RS۲۳۲
۱۳۰	۳-۴-۲-۳- CAN مسیر
۱۳۱	۳-۴-۳-۳- اترنت
۱۳۱	۳-۴-۴-۳- USB
۱۳۱	۳-۴-۵- پیوند دادههای بی سیم
۱۳۲	۳-۵- ورود و اندازهگیری از راه دور
۱۳۴	BMS های سفارشی
۱۳۴	۴-۱- معرفی
۱۳۴	۴-۱-۱- ساده
۱۳۵	۴-۱-۱-۱- تنظیم کنندهها
۱۳۶	۴-۱-۱-۲- متعادل کنندهها
۱۳۹	۴-۱-۱-۳- محافظها
۱۳۹	۴-۱-۲- BMS های پیچیده شده
۱۳۹	۴-۱-۲-۱- اندازهگیریها و مانیتورها
۱۴۱	۴-۱-۲-۲- متعادل کنندهها و محافظها
۱۴۸	۴-۱-۳- BMS های سازندگان سل
۱۴۸	۴-۱-۳-۱- ELITE POWER
۱۴۹	۴-۱-۳-۲- KOKAM / N TECH
۱۴۹	۴-۱-۳-۳- THUNDERSKY / NINGBO YANGMING
۱۴۹	۴-۱-۳-۴- VALENCE
۱۵۰	۴-۱-۴- مقایسه
۱۵۲	طراحی BMS سفارشی
۱۵۲	۵-۱- استفاده از BMS ASICS
۱۵۲	۵-۱-۱- انتخاب BMS ASIC
۱۵۶	۵-۱-۲- مقایسههای از BMS ASIC

۱۵۷	۲-۵- طراحی BMS آنالوگ
۱۵۷	۱-۲-۵- تنظیم کننده آنالوگ
۱۵۸	۱-۲-۵- دیود زنر
۱۵۹	۲-۲-۵- مدار یکپارچه
۱۶۰	۲-۲-۵- نمایشگر آنالوگ
۱۶۱	۱-۲-۲-۵- BMS توزیع شده
۱۷۱	۲-۲-۲-۵- BMS متمرکز
۱۷۵	۳-۲-۵- متعادل کننده آنالوگ
۱۷۷	۱-۳-۲-۵- IC های عمومی
۱۷۷	۲-۳-۲-۵- DS2726، DS2726
۱۸۳	۴-۳-۲-۵- نرم افزار انیمایی BMS BQV6PL537
۱۸۳	۴-۲-۵- محافظ آنالوگ
۱۸۳	۳-۵- طراحی BMS دیجیتال، آماده ساخته شده
۱۸۵	۱-۳-۵- پردازشگر BMS شرکت STMicroelectronics
۱۸۶	۲-۳-۵- مجموعه تراشه BMS FORTHION'S
۱۸۷	۳-۳-۵- BMS کامل شرکت NATIONAL SEMICONDUCTORS
۱۸۸	۴-۳-۵- BMS منبع باز شرکت PETER PERKIN
۱۹۰	۵-۳-۵- TEXAS INSTRUMENT BQ29330/BQ2902
۱۹۳	۶-۳-۵- TEXAS INSTRUMENT شرکت BQV8PL114/BQV6PL102
۱۹۴	۴-۵- طراحی BMS دیجیتال سفارشی
۱۹۵	۱-۴-۵- اندازهگیر دما و ولتاژ
۱۹۵	۱-۴-۵- اندازهگیری توزیع شده
۱۹۹	۲-۴-۵- اندازهگیری متمرکز
۲۲۵	۲-۴-۵- اندازهگیری جریان
۲۲۵	۱-۲-۴-۵- شنت جریان
۲۲۷	۲-۲-۴-۵- سنسور اثر هال
۲۲۹	۳-۴-۵- ارزیابی
۲۲۹	۱-۳-۴-۵- SOA ارزیابی
۲۳۷	۲-۳-۴-۵- SOC و DOD ارزیابی
۲۴۱	۳-۳-۴-۵- محاسبه مقاومت

۲۴۴	۴-۳-۴-۵ - اندازه‌گیری ظرفیت
۲۴۴	۵-۳-۴-۵ - تخمین SOH
۲۴۸	۶-۳-۴-۵ - دیاگرام
۲۴۸	۵-۵-۴ - ارتباطات
۲۴۹	۱-۴-۴-۵ - سیم اختصاص داده شده
۲۵۳	۲-۴-۴-۵ - لینک داده‌ها
۲۶۰	۳-۳-۴-۵ - نمایش
۲۶۲	۵-۴-۵ - بهینه سازی
۲۶۲	۱-۵-۴-۵ - تعادل
۲۷۵	۲-۵-۴-۵ - توزیع مجدد
۲۸۱	۶-۴-۵ - سوئیچینگ
۲۸۳	۱-۶-۴-۵ - اتصال دهی‌ها
۲۸۴	۲-۶-۴-۵ - مبدل‌ها
۲۸۶	۷-۴-۵ - ورود به سیستم
۲۸۶	۵-۵ - سطوح مشترک سل
۲۸۶	۱-۵-۵ - توزیع نشده
۲۸۸	۲-۵-۵ - توزیع شده
۲۸۸	۱-۲-۵-۵ - سل‌های استوانه‌ای کوچک
۲۹۰	۲-۲-۵-۵ - سل‌های منشوری
۲۹۳	۳-۲-۵-۵ - سل‌های استوانه‌ای بزرگ
۲۹۴	۴-۲-۵-۵ - سل‌های کیسه‌ای
۲۹۶	۶-۵ - شارژ توزیع شده
۲۹۸	BMS - جایگذاری یک
۲۹۸	۱-۶ - نصب کردن
۲۹۸	۱-۱-۶ - طراحی بسته باتری
۲۹۸	۱-۱-۱-۶ - آرایش بسته
۳۰۳	۲-۱-۱-۶ - آرایش باتری
۳۰۵	۳-۱-۱-۶ - مونتاژ باتری
۳۰۷	۴-۱-۱-۶ - جایگذاری BMS
۳۰۷	۵-۱-۱-۶ - مدارهای برق

۳۱۷	۶-۱-۲- اتصالات BMS به بسته
۳۱۷	۶-۱-۲-۱- سیمها و کابلها
۳۲۰	۶-۱-۲-۲- جایگذاری در عرض سلهای مجاور
۳۲۱	۶-۱-۳- اتصال BMS به سیستم
۳۲۲	۶-۱-۳-۱- ملزومات عمومی
۳۲۲	۶-۱-۳-۲- شارژرها
۳۲۵	۶-۱-۳-۳- کنترل کنندههای موتور
۳۲۷	۶-۱-۳-۴- شارژرها / معکوس کنندههای متصل شده به شبکه
۳۲۸	۶-۱-۳-۵- سنجش سوخت
۳۲۸	۶-۲- پیکربندی
۳۲۹	۶-۲-۱- پیکربندی سل
۳۲۹	۶-۲-۲- پیکربندی بسته
۳۳۰	۶-۲-۳- پیکربندی سیستم
۳۳۱	۶-۳- تست
۳۳۲	۶-۴- عیب یابی
۳۳۳	۶-۴-۱- ایجاد زمین
۳۳۳	۶-۴-۲- پوشش دهی محافظ
۳۳۳	۶-۴-۳- فیلتر کردن
۳۳۳	۶-۴-۴- انتخاب مسیر گذر سیم
۳۳۴	۶-۴-۵- قطع جریانهای مشکل ساز
۳۳۴	۶-۵- استفاده

۱-۱- اصطلاحات نامگذاری شده

۱-۱-۱- سل‌ها، باتری‌ها و بسته‌ها

برخی از اصطلاحات بکار رفته برای شرح اجزاء مختلف بسته باتری ممکن است باعث ایجاد سردرگمی و ابهام گردد که علت احتمالی آن این است که اصطلاح "باتری" عموماً به سل‌های قلیایی اشاره می‌کند، در حالیکه ما فراموش کرده‌ایم که باتری استارتر در اتومبیل خود از شش سل تشکیل شده است.

در این کتاب ما به ترتیب از اصطلاحات زیر استفاده می‌کنیم :

سل : اصلی‌ترین جزء باتری سل‌ها می‌باشند (در باتری‌های یون-لیتیم ولتاژی معادل ۳ تا ۴ ولت توسط آن‌ها تامین می‌شود).

بلوک : مجموعه‌ای از سل‌ها به صورت مستقیم و موازی به یکدیگر متصل شده، یک بلوک را تشکیل می‌دهند که می‌توانند ولتاژ ۳ تا ۴ ران را از این طریق تامین کنند.

باتری : مجموعه‌ای از سل‌ها و یا (بلوک‌ها) می‌باشد که به صورت سری به یکدیگر متصل شدند و از این طریق یک ماژول فیزیکی منفرد را تشکیل می‌دهند. باتری‌ها تامین کننده ولتاژ بیشتری می‌باشند (برای مثال یک ماژول باتری که از چهار سل متصل شده به صورت سری تشکیل شده می‌تواند ولتاژ نامی ۱۲ ولت را ایجاد کند).

بسته و یا یک باتری : مجموعه‌ای از باتری‌ها می‌باشد که به صورت سری یا موازی به یکدیگر متصل می‌شوند.

۱-۲- مقاومت

زمانیکه سازندگان سل در لیست مشخصات سل‌ها از واژه مقاومت استفاده می‌کنند، معمولاً منظور آن‌ها مقاومت AC می‌باشد (بخش ۱-۲-۷). اما آنچه که کاربر نیاز به دانستن آن دارد مقاومت سری DC می‌باشد نه مقاومت AC زیرا مقاومت DC است که از میان سل‌ها عبور می‌کند. بنابراین، در این کتاب، اصطلاح مقاومت بطور خاص به مقاومت سری DC داخلی در سل و یا باتری اشاره می‌کند.