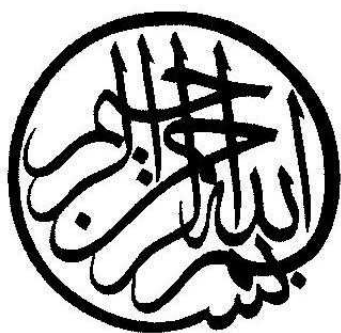




مهندسی سیستم‌های باتری

گریستوفر دی ران و چائو یانگ وانگ

مترجمین:

دکتر غلامرضا مولایی منش

مهندس مهرداد رئیسی

مهندس محمد رضا مقدری

مهندس مهران ناظمیان

سرشناسه	ران، کریستوفر دی .	Rahn , Christopher D
عنوان و پدیدآور	مهندسی سیستم باتری/مولفین کریستوفر دران ، چائو یانگ وانگ ؛ مترجمین غلامرضا مولایی منش و ...	
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۸.	
مشخصات ظاهری	۳۶۰ ص . مصور ، جدول ، نمودار	
شابک	۳-۵۲-۴۵۴-۹۶۴-۹۷۸	
وضعیت فهرست نویسی: فیپا		
یادداشت	عنوان اصلی : Battery systems engineering , 2013	
یادداشت	مترجمین غلامرضا مولایی منش، مهرداد رئیسی، محمدرضا مقدری ، مهران ناظمیان	
موضوع	باتری های برقی - طراحی و ساخت	
موضوع	Electric batteries - Design and construction	
شناسه افزوده	وانگ چائو یانگ	Wang , Chao - Yang
شناسه افزوده	مولفین: ران، کریستوفر دی . ؛ لامرزا، ۱۳۶۳ - مترجم	
شناسه افزوده	دانشگاه علم و صنعت ایران	
شناسه افزوده	Iran University of Science and Technology	
رده بندی کنگره	TK ۲۹۰۱	
رده بندی دیویی	۶۲۱/۳۱۲۴۲	
شماره کتابشناسی ملی	۵۹۲۳۶۵۳	

- مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران - تهران - پستی ۱۶۸۴۶۱۳۱۱۴
- تلفن: ۷۷۲۴۰۴۲۵ - دورنویس: ۷۷۲۴۰۲۲۵
- فروشگاه: میدان رسالت - خیابان هنگام - خیابان دانشدا - دانشگاه علم و صنعت
- پست الکترونیک: Publication@sun.iust.ac.ir



دانشگاه علم و صنعت ایران

نام کتاب: مهندسی سیستم های باتری
تألیف: دکتر غلامرضا مولایی منش ، مهرداد رئیسی ، محمدرضا مقدری ، مهران ناظمیان
چاپ اول : ۱۳۹۸
شمارگان: ۵۰۰ جلد
قیمت: ۵۵۰۰۰۰ ریال
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران
* حق چاپ برای دانشگاه علم و صنعت ایران محفوظ است *

ISBN: 978-964-454-052-3

شابک: ۳-۵۲-۴۵۴-۹۶۴-۹۷۸

پیش گفتار مترجمین

امروزه، چالش‌های تأمین انرژی و نگرانی‌های زیست محیطی منجر به توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و نیز سیستم‌های مبتنی بر انرژی‌های تجدیدپذیر نظیر خودروهای برقی، خودروهای پیل سوختی و ... گردیده است. در چنین نیروگاه‌ها و سیستم‌هایی، باتری‌ها نقش اساسی ای، به عنوان سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی بر عهده دارند. در این میان، عملکرد باتری‌ها در خود رها، هیبرید الکتریکی و تمام الکتریکی به دلیل وجود چرخه متناوب و دینامیکی شارژ و شارژ پیچیده تر بوده و وجود یک سیستم پیشرفته‌ی مدیریت باتری برای افزایش کارایی و نیز عمر باتری اجتناب ناپذیر می‌باشد. در این زمینه، تلاش‌های علمی بسیاری در سطح دنیا صورت پذیرفته و اختراعات، مقالات و کتاب‌های متنوعی ارائه شده‌اند که هر یک باتری را از زاویه‌ای (شیمی، علم مواد، الکترونیک، کنترل، انتقال حرارت و ...) مورد بررسی قرار داده‌اند. لیکن، با توجه به تجارب مترجمین در این زمینه (شش سال تدریس دو درس مربوط به خودروهای برقی در دانشکده مهندسی خودروی دانشگاه علم و صنعت ایران با عناوین *قوای محرکه نوین و طراحی و سبیه‌سازی سیستم‌های مدیریت حرارتی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری و انجام تحقیقات مخات*) به شدت خلأ یک مرجع درسی فارسی که با رویکردی کلان و به صورت جامع از زوایای مختلف باتری را به مخاطب معرفی نماید، احساس می‌گردید. کتاب پیش رو، ترجمه‌ی یکی از بهترین کتاب‌هایی هست که در چند سال اخیر با چنین رویکرد کلانی در گروه پیشرفته باتری تحقیقاتی دانشگاه پنسیلوانیای آمریکا با هدایت پروفسور چائو یانگ وانگ به رشته تحریر درآمده است. ویژگی بارز دیگر این کتاب آن است که برای افرادی که آشنایی چندانی با دانش باتری ندارند نیز به راحتی قابل فهم می‌باشد. برای محققین در زمینه‌های مختلف مطالعه برخی از فصل‌های متنوع این کتاب می‌تواند گره‌گشا باشد؛ لیکن، برای تدریس، بهتر است کل کتاب مورد توجه قرار گیرد تا هدف اساسی آن (ارائه دید جامع و سیستماتیک از باتری) محقق گردد.

در فصل یکم ضرورت مهندسی مبتنی بر مدل سیستم‌های باتری تبیین می‌گردد و الکتروشیمی و طراحی سلول‌ها و مجموعه‌های باتری معرفی می‌گردد. در فصل دوم به بحث پیرامون الکتروشیمی سه نوع باتری پیشرو یعنی: سرب اسید، نیکل هیدرید فلز و لیتیوم-یون پرداخته می‌شود و در نهایت کارایی شیمی‌های باتری‌ها شامل چگالی انرژی و توان، قیمت و عمر سیکلی مقایسه می‌شوند. فصل سوم به جهت آگاهی یافتن نسبت به پدیده‌های فیزیکی و معادلات حاکم بر پاسخ باتری‌ها ارائه شده است؛ در این فصل پتانسیل‌های مختلف ایجاد شده در باتری ولتاژ کلی سلول ارتباط داده می‌شوند و تولید و اتلاف حرارتی مدل می‌گردد. همچنین، مدل‌های مرتبط به واکنش‌های جانبی و استهلاک بیان می‌شود. در فصل چهارم، به مطالعه روش‌های گسسته‌سازی مکانی PDEهای مربوطه و تبدیل آن‌ها به ODEهایی با تنها یک متغیر مستقل پرداخته می‌شود. این مدل‌های متغیر حالت به‌خوبی توسط مهندسان سیستم شناخته شده‌اند و پایه طراحی، احیاء و کنترل سیستم‌های مکترونیکی را تشکیل می‌دهند. در فصل پنجم مدلی‌های ایجاد شده در فصل چهارم شبیه‌سازی می‌شوند تا پاسخ‌های شارژ-دشارژ با سیکل و فرکانس پیش‌بینی شود. در فصل ششم مدل‌های کامل سلول‌های سرب-اسید، نیکل هیدرید فلز و لیتیوم یون ارائه و با استفاده از روش‌های ارائه شده در فصل‌های دو تا پنج شبیه‌سازی می‌شوند. در فصل هفتم روش‌هایی برای تخمین و برآورد وضعیت شارژ (SOC) و وضعیت سلامت (SOH) باتری‌ها معرفی می‌شود. همچنین روش‌های غیر مبتنی بر مدل جهت تخمین وضعیت شارژ و وضعیت سلامت نیز بحث خواهند شد. در نهایت در فصل هشتم BMSهای مبتنی بر مدل معرفی می‌شوند که به کمک آن‌ها سیستم‌های باتری با ایمنی بالا، بازده بالا و به‌صرفه برای گستره وسیعی از کاربردهای ذخیره‌سازی انرژی قابل ارائه می‌باشند. در پایان، از کلیه صاحب‌نظران استدعا می‌شود که ایرادات این کتاب را که حتماً کم هم نمی‌باشد، به ما گوشزد نمایند. این کتاب را به کلیه دانشجویان سراسر کشور تقدیم می‌داریم، زیرا اعتقاد داریم که فردای این کشور در دست ایشان است.

غلامرضا مولائی منش، مهرداد رئیسی، محمدرضا مقدری و مهران ناظمیان

دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران

فهرست مطالب

۱۲.....	فصل اول: مقدمه
۱۳.....	۱-۱- کاربردهای ذخیره‌سازی انرژی
۱۷.....	۱-۲- نقش باتری‌ها
۱۷.....	۱-۳- مفاهیمی سیستم‌های باتری
۲۱.....	۱-۴- یک رویکرد مبسوط در مدل
۲۲.....	۱-۵- مبانی الکتروشیمی
۲۳.....	۱-۶- طراحی باتری
۲۶.....	۱-۷- اهداف این کتاب
۳۰.....	فصل دوم: الکتروشیمی
۳۱.....	۲-۱- سرب اسید
۳۵.....	۲-۲- نیکل هیدرید فلز
۳۸.....	۲-۳- لیتیوم-یون
۴۱.....	۲-۴- مقایسه کارایی
۴۱.....	۲-۴-۱- چگالی انرژی و انرژی مخصوص
۴۳.....	۲-۴-۲- شارژ و دشارژ
۴۷.....	۲-۴-۳- عمر سیکلی
۴۸.....	۲-۴-۴- بازه دمای عملکردی
۵۰.....	فصل سوم: معادلات حاکم
۵۱.....	۳-۱- ترمودینامیک و قانون فارادی
۵۶.....	۳-۲- سینتیک الکتروکاتود
۵۶.....	۳-۲-۱- معادله باتلر-فولمر
۵۹.....	۳-۲-۲- ظرفیت خازنی دولایه‌ای
۵۹.....	۳-۳- فاز جامد الکتروکاتود متخلخل
۶۱.....	۳-۳-۱- انتقال گونه‌ی شیمیایی درج‌پذیر

۶۳	۲-۳-۳- بقای بار الکتریکی
۶۵	۴-۳- فاز الکترولیت الکترودهای متخلخل
۶۶	۱-۴-۳- انتقال یون
۷۱	۲-۴-۳- بقای بار الکتریکی
۷۴	۳-۴-۳- نظریه محلول غلیظ
۷۴	۵-۳- ولتاژ سلول
۷۶	۶-۳- دمای سلول
۷۶	۶-۳- مسئله آرنیوس
۷۷	۲-۶-۳- بقاء انرژی
۷۸	۷-۳- واکنش‌های جانبی و استهلاک
۸۳	مسائل
۹۰	فصل چهارم: روش‌های گسسته سازی
۹۳	۱-۴- روش‌های تحلیلی
۹۳	۱-۱-۴- نفوذ الکترولیت دامنه‌ی واحد
۱۰۵	۲-۱-۴- نفوذ کوپل شده الکترولیت جامد در الکترودهای سربی
۱۰۷	۳-۱-۴- نفوذ حالت-جامد در ذرات لیتیوم-یون و نایل - هیدرید فلز
۱۰۹	۲-۴- روش تقریب پاد
۱۱۱	۱-۲-۴- نفوذ حالت - جامد در ذرات لیتیوم-یون
۱۱۲	۳-۴- تقریب روش انتگرال
۱۱۲	۱-۳-۴- نفوذ الکترولیت دامنه‌ی مجزا
۱۱۸	۴-۴- روش ریتز
۱۱۸	۱-۴-۴- نفوذ الکترولیت در یک دامنه واحد (مجزا)
۱۲۰	۲-۴-۴- نفوذ الکترولیت در دامنه‌های کوپل شده
۱۲۴	۳-۴-۴- نفوذ الکترولیت جامد کوپل شده در الکترودهای سربی
۱۲۶	۵-۴- روش المان محدود (FEM)
۱۲۸	۱-۵-۴- نفوذ الکترولیت
۱۳۱	۲-۵-۴- نفوذ کوپل شده‌ی الکترولیت-جامد در الکترودهای لیتیوم-یون
۱۳۲	۶-۴- روش تفاضل محدود (FDM)
۱۳۳	۱-۶-۴- نفوذ الکترولیت

۱۳۴	۴-۶-۲- نفوذ غیر خطی کوپل شده الکترولیت - جامد در الکترودهای سربی
۱۳۶	۴-۷-۲- روش تعیین سیستم در حوزه فرکانس
۱۳۷	۴-۷-۱- مدل سیستم
۱۳۸	۴-۷-۲- مسئله بهینه‌سازی کمترین مربعات
۱۴۰	۴-۷-۳- رویکرد بهینه‌سازی
۱۴۲	۴-۷-۴- خروجی چندگانه
۱۴۳	۴-۷-۵- جعبه ابزار شناسایی سیستم
۱۴۳	۴-۶-۶- آده‌های تجربی
۱۴۴	مسائل
۱۴۸	فصل پنجم: پاسخ سیدم
۱۵۱	۵-۱- پاسخ زمانی
۱۵۳	۵-۱-۱- جریان شارژ / شارژت
۱۶۳	۵-۱-۲- پاسخ سیکل ECT الکترولیت سلول سرب-اسید
۱۶۵	۵-۲- پاسخ فرکانسی
۱۶۷	۵-۲-۱- اسپکتروسکوپی امپدانس "کرونیسمایی (EIS)
۱۷۱	۵-۲-۲- بازده گسسته سازی
۱۷۵	۵-۳- کاهش مرتبه سیستم
۱۷۷	۵-۳-۱- کوتاه سازی
۱۷۸	۵-۳-۲- روش دسته‌بندی
۱۷۹	۵-۳-۳- منحنی مناسب پاسخ فرکانسی
۱۷۹	۵-۳-۴- مقایسه عملکرد
۱۸۵	مسائل
۱۹۳	فصل ششم: مدل‌های سیستم‌های باتری
۱۹۴	۶-۱- مدل باتری سرب-اسید
۱۹۵	۶-۱-۱- معادلات حاکم
۲۰۰	۶-۱-۲- گسسته سازی با استفاده از روش ریتز
۲۰۳	۶-۱-۳- همگرایی عددی
۲۰۵	۶-۱-۴- نتایج شبیه‌سازی
۲۰۸	۶-۲- مدل باتری لیتیوم - یون

۲۱۱	۱-۲-۶- بقای گونه‌های شیمیایی
۲۱۲	۲-۲-۶- بقای بار الکتریکی
۲۱۳	۳-۲-۶- سنیتیک و اکنش
۲۱۴	۴-۲-۶- ولتاژ سلول
۲۱۴	۵-۲-۶- خطی سازی
۲۱۶	۶-۲-۶- حل امپدانس
۲۲۱۲۱	۷-۲-۶- نفوذ الکترولیت به وسیله FEM
۲۲۲	۱-۲-۶- تابع تبدیل کلی سیستم
۲۲۳	۲-۲-۶- مدل حوزه زمانی و نتایج شبیه‌سازی
۲۲۷	۳-۲-۶- مدل باتری نیکل - هیدرید فلز
۲۳۱	۱-۳-۶- بقاء شارژ
۲۳۲	۲-۳-۶- سنیتیک و اکنش
۲۳۳	۳-۳-۶- ولتاژ سلول
۲۳۴	۴-۳-۶- نتایج شبیه‌سازی
۲۳۷	۵-۳-۶- مدل خطی
۲۴۰	مسائل
۲۴۶	فصل هفتم: تخمین (برآورد)
۲۴۹	۱-۷- وضعیت تخمین شارژ
۲۵۳	۱-۱-۷- مدل سازی وضعیت شارژ
۲۵۷	۲-۱-۷- وضعیت شارژ لحظه‌ای
۲۵۹	۳-۱-۷- روش محاسبه جریان
۲۶۰	۴-۱-۷- روش مراجعه به ولتاژ
۲۶۲	۵-۱-۷- تخمین حالت
۲۷۱	۲-۷- تنظیم مدل حداقل مربعات
۲۷۲	۱-۲-۷- تابع انتقال امپدانس
۲۷۳	۲-۲-۷- الگوریتم حداقل مربعات
۲۷۵	۳-۲-۷- مثال سلول نیکل - هیدرید فلز
۲۷۷	۴-۲-۷- شناسایی پذیری
۲۸۱	۳-۷- تخمین وضعیت سلامت باتری

۲۸۳	۱-۳-۷ - تنظیم پارامترها برای محیط و فرسودگی
۲۸۴	۲-۳-۷ - تخمین پارامتر
۲۸۷	۳-۳-۷ - مثال سلول نیکل - هیدرید فلز
۲۸۹	مسائل
۲۹۳۳	فصل هشتم: سیستم مدیریت باتری (BMS)
۳۰۰	۱-۸ - سخت افزار BMS
۳۰۲	۲-۸ - پروتکل های شارژ
۳۰۵	۳-۸ - تبلیه توان پالسی
۳۱۰	۴-۸ - دینامیک توازن دینامیک
۳۱۴	۵-۸ - مدیریت جموع
۳۱۴	۱-۵-۸ - دینامیک های جموع
۳۲۴	۲-۵-۸ - تعادل سلول در رشته ی سری
۳۴۲	۳-۵-۸ - مدیریت حرارتی
۳۴۹	مسائل
۳۵۲	مراجع