دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

پروژه دوره کارشناسی

عنوان:

تحلیل سیگنال‌های دشارژ و تخمین عمر باتری‌های قابل شارژ

استاد راهنما : دکتر مهرداد بابازاده

مهرداد مرسلی

۹۳۴۵۰۱۲۰

شهریور ۹۷

قدردانی

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان‌نامه را به سرانجام برسانم. از اساتید بزرگوارم به ویژه **جناب آقای دکتر مهرداد بابازاده** که در نگارش پایان‌نامه مرا یاری نمودند، کمال تشکر را دارم.

همچنین به پاس همراهی و کمک‌های بی چشم‌داشت دوستان عزیزم به ویژه آقای امید ادیب از ایشان تشکر می‌نمایم.

مهرداد مرسلی

چکیده

این پروژه به دو بخش تقسیم می‌شود، قسمت اول تجزیه و تحلیل سیگنال‌های دشارژ و تأثیر دما برآن می‌باشد که توسط نرم‌افزار متلب و در قسمت سیمولینک انجام می‌شود. در قسمت دوم که تخمین عمر باتری می‌باشد از یک روش جدید که توسط دانشمندان دانشگاه‌های اروپایی و آمریکایی ارائه شده‌است استفاده می‌شود و صرفاً جنبه‌ی تحقیقاتی دارد. همچنین به‌دلیل اینکه آزمایش روی یک باتری خاص انجام شده‌است با استفاده از روش‌های عددی، روابطی بدست‌آمده است و ما برای قسمت عملی از این روابط استفاده کرده و با استفاده از برد آردوینو، مقدار عمر سیکلی را در صفحه مانیتور نمایش خواهیم داد.

فهرست مطالب

فصل اول آشنایی با باتری های لیتیم- یون

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ معرفی باتری های لیتیوم-یون ۲

۱-۳ باتری های قابل شارژ ۳

۱-۴ باتری‌های لیتیم-یون ۴

۱-۵ اجزا باتری‌های لیتیم-یون ۴

۱-۶ عملکرد باتری‌های لیتیم یون ۵

فصل دوم تجزیه و تحلیل فرآیند شارژ و دشارژ

۲-۱ بلوک دیاگرام و پارامترهای باتری ۸

۲-۲ استخراج پارامترها ۹

۲-۳ بررسی اثردما روی دشارژباتری ۱۴

۲-۴ نتایج ۲۰

فصل سوم یافتن عمر سیکلی باتری

۳-۱ مقدمه ۲۳

۳-۲ دمای کاری ۲۵

۳-۳ دشارژ با نرخ جریان ثابت ۲۹

۳-۴ عمق دشارژ (DOD) ۳۱

۳-۵ شارژ سریع ۳۳

۳-۶ خلاصه ۳۵

۳-۷ نتایج ۳۷
مراجع ۳۸

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) نمایی از چند باتری لیتیومی..... ۳
شکل (۱-۲) شماتیک فرآیند شارژ و دشارژ..... ۵
شکل (۱-۳) واکنش های درون باتری..... ۶
شکل (۲-۱) بلوک دیاگرام باتری در سیمولینک متلب..... ۸
شکل (۲-۲) منحنی دشارژ باتری..... ۱۱
شکل (۲-۳) منحنی شبیه سازی شده برای جریان‌های مختلف..... ۱۳
شکل (۲-۴) دیتشیت باتری لیتیم یون..... ۱۵
شکل (۲-۵) منحنی دشارژ شبیه‌سازی با منحنی بدست آمده از آزمایش عملی..... ۱۷
شکل (۲-۶) منحنی دشارژ در دمای ۲۰- سانتی گراد..... ۱۸
شکل (۲-۷) منحنی دشارژ در دمای ۰ درجه سانتی گراد..... ۱۸
شکل (۲-۸) منحنی دشارژ در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد..... ۱۹
شکل (۲-۹) منحنی دشارژ در دمای۴۰ درجه سانتی گراد..... ۱۹
شکل (۲-۱۰) منحنی دشارژ در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد..... ۲۰
شکل (۳-۱) برنامه و متود کلی تحقیق..... ۲۳
شکل (۳-۲) تغییرات عمر سیکلی برحسب دمای کاری..... ۲۶
شکل (۳-۳) تغییرات مقاومت درونی در دماهای مختلف..... ۲۷
شکل (۳-۴) تغییرات ظرفیت برحسب ولتاژ که در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد..... ۲۸
شکل (۳-۵) تغییرات ظرفیت باتری برحسب چرخه عمر برای جریان‌های مختلف..... ۳۰
شکل (۳-۶) افزایش مقاومت درونی برحسب تعداد سیکل طی شده در جریان‌های دشارژ مختلف..... ۳۱

شکل (۳-۷) تغییرات طول عمر باتری بر اساس تغییرات عمق دشارژ.....۳۲
شکل (۳-۸) تغییرات مقاومت درونی برحسب تغییرات تعداد سیکل‌ها با عمق دشارژهای مختلف.....۳۳
شکل (۳-۹) تغییرات ظرفیت برحسب سیکل‌های طی شده در جریان‌های شارژ مختلف.....۳۴
شکل (۳-۱۰) بلوک دیاگرام ایجادشده برای تخمین عمر در متلب.....۳۶

فهرست جداول

جدول(۲-۱) مقادیر پارامترهای لازم جهت به دست آوردن سیگنال دشارژ.....۱۶

جدول(۲-۲) خلاصه نتایج شبیه‌سازی‌های دشارژ در دماهای مختلف.....۲۱

جدول(۳-۱) خلاصه روابط و ضرایب برای تعیین عمر باتری.....۳۵

فصل اول

آشنایی با باتری‌های لیتیم- یون

۱-۱ مقدمه

از زمان آغاز دوران اتومبیل از اوایل قرن ۲۰، موتور احتراق داخلی[1] به‌عنوان نیروی محرکه استفاده‌شده است. وسایلی که از موتورهای احتراق داخلی استفاده می‌کنند سهم قابل‌توجهی در تولید آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای دارند که با تغییرات جهانی آب‌وهوا ارتباط مستقیم دارند. علاوه برنگرانی های زیست‌محیطی، اقتصاد جهانی از جهت افزایش قیمت بنزین نیز تحت فشارقرارگرفت به همین منظور کارهای تحقیقاتی بسیار گسترده‌ای شروع شد که این تحقیقات منجر به توسعه انواع مختلفی از سیستم‌های حمل‌ونقل باانرژی پاک مانند وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی[2]، وسایل نقلیه الکتریکی باطری[3] وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی پلاگین[4] شد.

برای تأمین انرژی موردنیاز این وسایل، سیستم ذخیره انرژی (باطری) به وجود آمدند اما این باطری‌ها از فاکتورهای استرس زیادی نظیر نرخ‌های بالای جریان (هنگام شارژ و دشارژ)، شرایط تخلیه عمیق[5] و دماهای کاری بالا و پایین آسیب می‌بینند که این آسیب‌ها باعث کاهش مقداری از ظرفیت باتری می‌شود و همین مسئله باعث به وجود آمدن ایده پیدا کردن عمر سیکلی[6] برای باتری در ذهن ما شد.

۱-۲ معرفی باتری‌های لیتیوم-یون

در عصر حاضر صنعت الکترونیک پیشرفت چشمگیری نموده است و به دلیل گسترش ارتباطات و فناوری اطلاعات وسایل الکترونیکی قابل‌حمل همچون گوشی‌های تلفن همراه، لب تاپ‌ها و ... توسعه‌یافته‌اند. تأمین انرژی به‌صورت آسان و مطلوب برای توسعه این وسایل یک ضرورت مهم و انکارناپذیر است. این تا به حدی است که می‌توان باتری را قلب وسایل الکترونیک قابل‌حمل دانست. همچنین امروزه به دلیل مشکلات ایجادشده به دلیل آلودگی هوا شرکت‌های بزرگ خودروسازی سالانه هزینه‌های زیادی را صرف ساخت خودروهای الکتریکی و هیبریدی می‌نمایند که از مهم‌ترین چالش‌ها در ساخت این خودروها تأمین انرژی الکتریکی موردنیاز آن‌ها می‌باشد. بهترین گزینه برای رفع این مهم استفاده از باتری‌های قابل شارژ جهت ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی در این خودروها می‌باشد.

با توجه به موارد ذکرشده در بالا تحقیقات وسیعی درزمینه باتری‌ها قابل شارژ در مراکز تحقیقاتی دنیا صورت

---

1 . internal Combustion Engine (ICE)

2 . Hybrid Electrical Vehicles

3 . Battery Electrical Vehicles (BEV)

4 . Pluggin Hybrid Electrical Vehicles (PHEV)

5 . Depth Of Discharge

6 . Cycle Life

می‌پذیرد که باعث پیشرفت بسیار سریع باتری‌های قابل شارژ در چند دهه اخیر شده است. در حال حاضر، باتری‌های لیتیم-یون در نوک قله این پیشرفت قرار دارند؛ به‌طوری‌که در اغلب وسایل الکترونیکی امروزی از باتری‌های لیتیم-یون استفاده می‌شود و گروه‌های تحقیقاتی زیادی در سراسر دنیا در حال تحقیق جهت بهبود عملکرد این نوع باتری‌ها هستند. شکل(۱-۱) نمونه‌ای از چند باتری لیتیمی ساخته‌شده در ابعاد مختلف جهت کاربردهای گوناگون را نمایش می‌دهد. ورود فناوری نانو به تحقیقات باتری‌های لیتیم-یون باعث جهش درروند پیشرفت این باتری‌ها گردیده و تحولات بارزی را در عملکرد آن‌ها ایجاد نموده است.

شکل (۱-۱) نمایی از چند باتری لیتیومی

۱ – ۳ باتری‌های قابل شارژ

اولین بار در سال ۱۷۸۶ گالوانی شیوه جدیدی برای تولید الکتریسیته به‌وسیله مواد شیمیایی کشف کرد که بعدها این پیل‌ها به پیل‌های گالوانی[۷] مشهور شدند. از سال ۱۸۰۰ به بعد پیشرفت زیادی در زمینه باتری‌ها صورت گرفت اما اولین باتری‌های قابل شارژ سرب اسید که امروزه نیز در خودروها از آن‌ها استفاده می‌شود در سال ۱۸۵۹ ساخته شد. تحول بعدی در باتری‌های قابل شارژ در سال ۱۹۶۰ با ساخت باتری‌های نیکل-کادمیوم[۸] رخ داد اما این باتری‌ها نیز در سال ۱۹۹۰ جای خود را به باتری‌های جدید نیکل-هیدرید فلز[۹] دادند. چرخه پیشرفت باتری‌های قابل شارژ با اختراع اولین باتری‌های لیتیم-یون در سال ۱۹۹۱ و باتری‌های پلیمر-لیتیم

7 . Galvanic Cells

8 . Nickel-Cadmium

9 . Nickel-Hydrid

یون در سال ۱۹۹۹ کامل گردید. در سال‌های اخیر با به‌کارگیری نانو ذرات مختلف در این باتری‌ها بازده آن‌ها به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای افزایش‌یافته است.

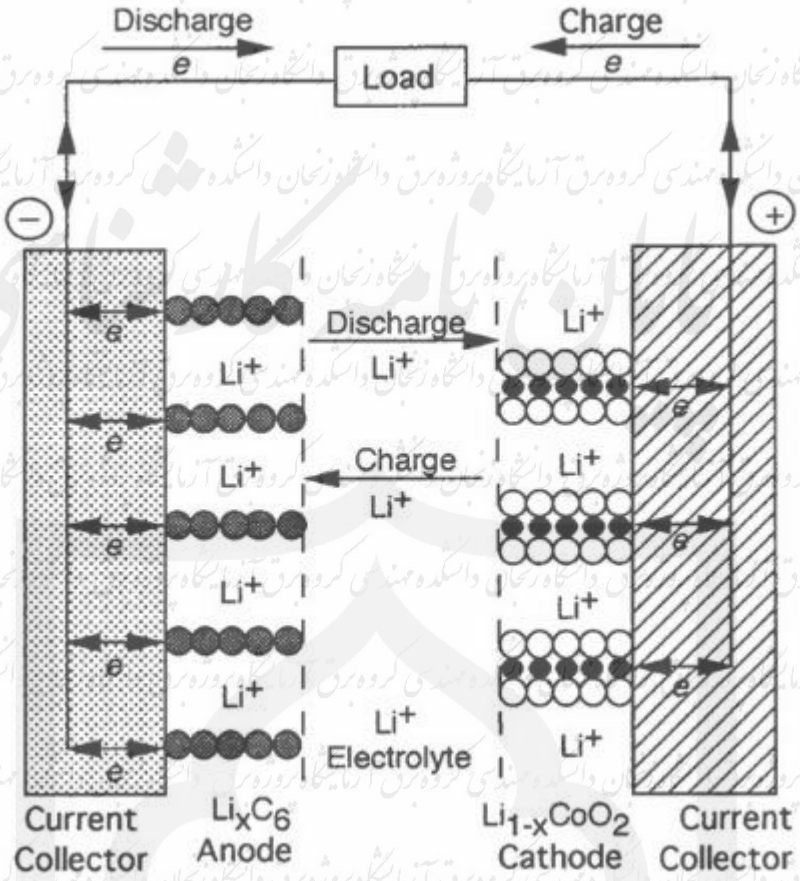
۱ – ۴ باتری‌های لیتیم-یون

باتری وسیله‌ای است که انرژی شیمیایی را به‌طور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. در واقع یک باتری شامل یک یا چند پیل ولتایی است که بر اثر واکنش‌های شیمیایی اکسید و احیا مولد جریان الکتریسیته هستند. هر پیل ولتایی از دو الکترود تشکیل‌شده است که بین آن‌ها با الکترولیت پر می‌شود .الکترولیت محلولی رسانا شامل یون‌ها است. معمولاً ترکیبات الکتروفعال درون الکترولیت حل می‌شوند که می‌توانند با الکترودها واکنش شیمیایی بدهند و انرژی شیمیایی را با انتقال بار در سطح مشترک الکترود-الکترولیت به انرژی الکتریکی تبدیل کنند .ولتاژ خروجی یک باتری به طور مستقیم با ماهیت شیمیایی واکنش الکتروشیمیایی پیل در ارتباط است.

به عنوان مثال در باتری‌های سرب-اسید، واکنش شیمیایی هر پیل ۲ ولت جریان را تولید می‌نماید. در باتری‌های لیتیمی واکنش الکتروشیمیایی صورت گرفته ولتاژ تقریبی ۳ ولت را تولید می‌نماید که تولید این ولتاژ یکی از ویژگی‌های مهم این نوع باتری‌ها است؛ بنابراین با بهره‌گیری از واکنش‌های لیتیمی می‌توان با به کارگیری تعداد پیل کمتر به ولتاژ بالاتر دست‌یافت.

۱ – ۵ اجزا باتری‌های لیتیم-یون

به طور کلی هر باتری از ۳ بخش اصلی الکترود مثبت، الکترود منفی و الکترولیت تشکیل شده است. در باتری‌های لیتیم-یون، الکترود مثبت یا کاتد از یک ترکیب لیتیم مانند لیتیم کبالت اکسید و الکترود منفی یا آند از کربن ساخته‌شده و یک لایه جداکننده در بین آن‌ها قرار دارد. نمایی از یک پیل باتری لیتیمی در شکل (۱-۲) نمایش داده‌شده است. الکترولیت در باتری‌های لیتیمی نیز از نمک لیتیم دریک حلال آلی ساخته‌شده است. استفاده از حلال آلی در نقش الکترولیت به دلیل اشتعال‌زا بودن نیازمند انجام پاره‌ای از اقدامات ایمنی است. اقدامات ایمنی و همچنین موارد دیگری که برای بهبود عملکرد باتری‌های لیتیمی به کار گرفته می‌شوند، مهندسی ساختار الکترولیت را بسیار پیچیده می‌نماید. الکترولیت در این باتری‌ها از مجموعه‌ای از مواد تشکیل شده که هر کدام وظیفه خاص خود را دارند. نقص در عملکرد هر یک از اجزای الکترولیت باعث نقص در عملکرد کل باتری می‌شود. در بخش‌های بعد هر یک از این اجزا به طور کامل شرح داده می‌شوند. علاوه بر موارد بالا، باتری‌های لیتیمی مجهز به مدارهای الکترونیکی محافظ و فیوزهای جهت جلوگیری از عکس شدن قطبیت، اعمال ولتاژ بیش از حد، گرم شدن بیش از حد و موارد ایمنی دیگر هستند.



شکل (۱-۲) شماتیک فرآیند شارژ و دشارژ

۱ – ۶ عملکرد باتری‌های لیتیم یون

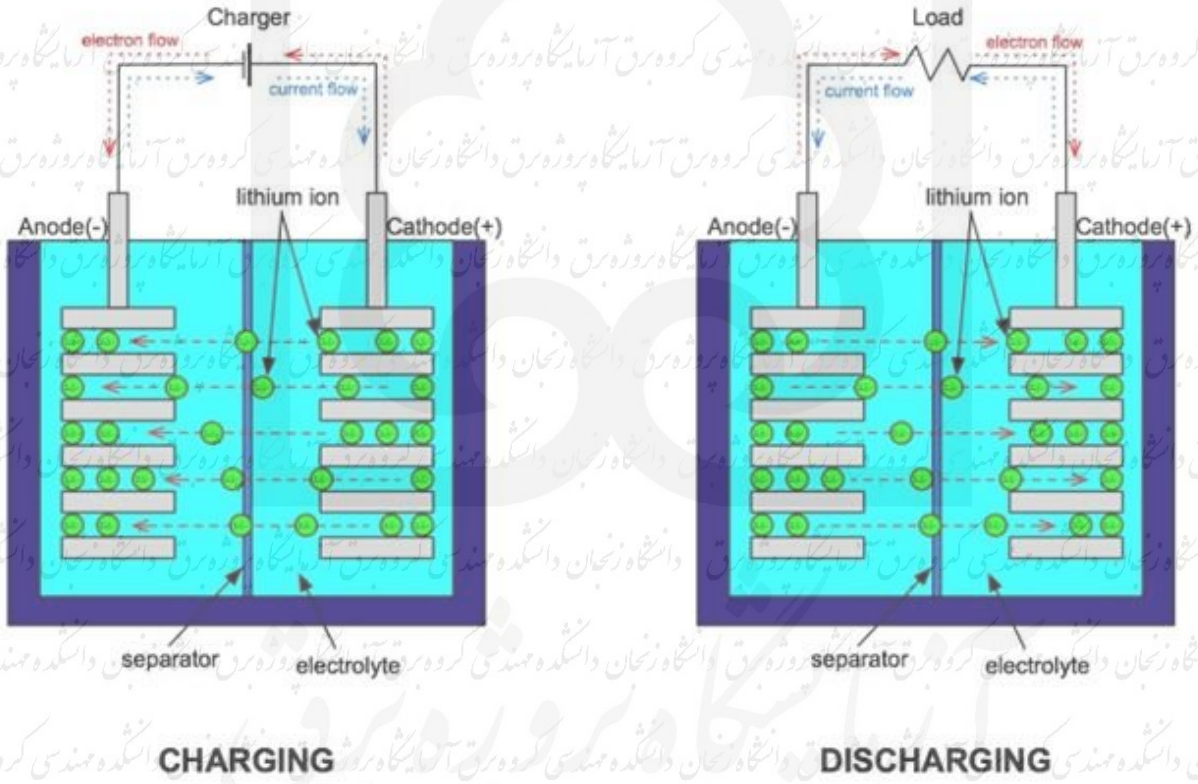
با توجه به موارد ذکر شده در بالا اگر فرض کنیم که یک نمونه از باتری لیتیمی دارای الکترود مثبت لیتیم-کبالت اکسید و الکترود منفی گرافیتی باشد، در فرایند شارژ (Charging) در الکترود مثبت نیم واکنش:

$$LiCoO_2 \rightarrow Li_{1-x}CoO_2 + xLi^+ + xe$$

و در الکترود منفی نیم واکنش:

$$xLi^{+} + xe + C_6 \rightarrow LiC_6$$

رخ می‌دهد. در مجموع می‌توان گفت که در فرایند شارژ، لیتیم فلزی موجود در ساختار الکترود مثبت به یون لیتیم تبدیل شده و یون‌های لیتیم موجود در الکترولیت در بین لایه‌های کربن (گرافیت) ذخیره می‌شود. چنین فرآیندهایی که در کل شارژ باتری را باعث می‌شوند، نیازمند صرف انرژی (الکتریکی) هستند. در فرایند تخلیه شارژ (Discharging)عکس واکنش‌های فوق صورت گرفته و انرژی الکتریکی ذخیره شده آزاد می‌شود. شکل(۱-۳) فرایند شارژ و تخلیه شارژ را نمایش می‌دهد.



شکل (۱-۳) فرایند شارژ و دشارژ درون سلول‌های باتری

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

۳-۷ نتایج

در این تحقیق پارامترهای پیری برای باتری‌های لیتیم آهن فسفات مورد ارزیابی قرار گرفته است. سلول‌های باتری بر اساس نرخ‌های جریان دشارژ و شارژ، دماهای کاری متفاوت و عمق تخلیه مورد بررسی قرار گرفته است.

با تجزیه و تحلیل نتایج می‌توان مشاهده کرد که دمای عملیاتی تأثیر زیادی بر عملکرد و طول عمر باتری دارد. دردمای بالا (۴۰ درجه سانتی گراد)، عملکرد باتری در مقایسه با دمای ۲۵ درجه ضعیف‌تر است.

رفتار غیرخطی باتری در طول عمر سیکلی نشان می‌دهد که نمی‌توان از قانون آرنیوس برای به دست آوردن عمر باتری، از یک دما به دمای دیگر استفاده شود.

جران های شارژ و دشارژ بالا سبب آسیب به باتری، در نتیجه کاهش طول عمر باتری می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد که مقاومت داخلی و حفظ ظرفیت، پارامترهای اصلی الکتریکی هستند که می‌توان آن هارا برای پیش‌بینی وضعیت سلامت باتری در نظر گرفت.

همچنین برای اعتباربخشیدن به تحقیقات، یک آزمون انجام شده که درصد خطا بین نتایج شبیه‌سازی و آزمایش عملی، ۵,۴ درصد می‌باشد.

مراجع

[1] www.nano.edu.ir

[۲] matlab ,Simulink (battery help)

[۳] Daniel J. Noellea, Meng Wangb, Anh V. Leb, Yang Shia, Yu Qiaoa,b,□
a Program of Materials Science and Engineering, University of California – San Diego, La Jolla, CA 92093, USA
b Department of Structural Engineering, University of California – San Diego, La Jolla, CA 92093, USA

[۴] Olivier Tremblay1, Louis-A. Dessaint
Electrical Engineering Department, E´cole de Technologie Supe´rieure

[۵] Noshin Omar a,b, , Mohamed Abdel Monema,e, Yousef Firouz a, Justin Salminen c, Jelle Smekens a,
Omar Hegazy a, Hamid Gaulous d, Grietus Mulder e, Peter Van den Bossche b, Thierry Coosemans a,
Joeri Van Mierlo a

[۶] L.H. Saw, K. Somasundaram, Y. Ye, A.A.O. Tay*
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, National University of Singapore, Singapore 117576, Singapore

[۷] Cong Zhu, Xinghu Li, Lingjun Song*, Liming Xiang
School of Transportation Science and Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China

University of Zanjan

Faculty of Engineering

Department of Electrical Engineering

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor of Science

Discharge signal analysis and estimating of battery cycle life

Advisor:

Dr. Mehrdad Babazade

Author:

Mehrdad Morsali

Sep 2018