

20.1001.1.23223723.2025.12.49.5.0

KNO-1203-4905

بررسی اثرات تغییر دما و موقعیت ماژول‌های باتری خودروی هیبریدی روی ولتاژ خروجی آن

مهدی نیاجلیلی Mniajalili@tvu.ac.irماکان حیدری گردیشه Makan.heidari.81@gmail.com

گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

چکیده:

با افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی و کاهش منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، ضرورت استفاده از انرژی‌های جایگزین افزایش یافته است. در این میان خودروها به‌عنوان یکی از بزرگترین تولیدکنندگان آلودگی‌های زیست‌محیطی، از انرژی‌های جایگزین مانند خورشیدی، برقی و غیره در تامین توان مورد نیاز خود، استفاده می‌کنند. یکی از پرهزینه‌ترین تجهیزات موجود در این سیستم‌های جایگزین، منبع ذخیره انرژی یا همان باتری آن‌ها می‌باشد. از طرف دیگر در ایران بسیاری از این باتری‌ها به راحتی در دسترس نمایندگی‌ها قرار ندارد. لذا استفاده از روش‌های احیای باتری می‌تواند مفید باشد. در این پژوهش که روی باتری خودروی لکسوس انجام شده است، با تغییر موقعیت ماژول‌ها و خنک‌کاری بهینه روی آن‌ها، میزان احیای باتری معیوب مورد ارزیابی قرار گرفته است. برطبق مطالعات انجام شده تغییر ماژول‌های باتری و جابجا کردن آن‌ها باعث افزایش ولتاژ خروجی مجموعه باتری شده است. این درحالی است که بهبود سیستم خنک‌کاری نیز تاثیر مستقیم روی ولتاژ خروجی داشته به‌گونه‌ای که در بهترین حالت افزایش حدود 4 درصدی ولتاژ را در پی داشته است.

کلید واژه‌ها: باتری، دما، خودروی هیبریدی، سوخت، محیط زیست.

1. مقدمه

با توجه به محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی و افزایش آلودگی‌های محیط زیست استفاده از خودروهای برقی و هیبریدی بسیار مورد توجه قرار گرفته است [1]. این در حالی است که خودروهایی با موتورهای احتراقی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تولید کنندگان آلودگی محسوب می‌شوند [2]. برطبق مطالعات انجام شده جایگزین کردن خودروهای برقی به جای خودروهایی با موتور احتراق داخلی می‌تواند منجر به کاهش 20/2 درصدی انتشار گازهای آلاینده گردد [3]. از این رو با افزایش فشار به شرکت‌های خودروسازی مبنی بر تولید خودروهایی با آلاینده‌گی حداقل، بازار خودروهای برقی و هیبریدی جهش بزرگی داشته است [4]. تنها در کشور چین در سال 2019 بیش از یک میلیون خودروی برقی فروخته شده است و موجودی خودروهای برقی آن به 3/8 میلیون دستگاه رسید [5]. با توجه به مزایای استفاده از این خودروها پژوهشگران بسیاری پیرامون استفاده از خودروهای برقی و هیبریدی و بررسی تجهیزات وابسته تحقیق کرده‌اند [6-8] که این موضوع اهمیت بالای استفاده از انرژی‌های جایگزین در تامین توان مورد نیاز وسایل نقلیه را نشان می‌دهد. انرژی الکتریکی به‌عنوان جایگزینی مناسب به‌جای سوخت‌های فسیلی محسوب شده که امروزه به‌عنوان یکی از برجسته‌ترین دارایی‌های جهان به‌شمار می‌رود. از این رو حمل و نقل توسط خودروهایی با پیشران الکتریکی در سراسر جهان گسترده‌تر شده است [9].

باتری‌های مورد استفاده در خودروهای برقی، به‌عنوان منبع اصلی ذخیره و تأمین انرژی الکتریکی، نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد، کارایی و طول عمر سیستم محرکه دارند [10]. یکی از چالش‌های عمده در بهره‌برداری از این باتری‌ها، افت ولتاژ و کاهش ظرفیت قابل استفاده آن‌ها در اثر گذر زمان، چرخه‌های شارژ و دشارژ مکرر و شرایط محیطی نامطلوب است. کاهش ولتاژ نه تنها موجب افت توان خروجی و کاهش پیمایش خودرو می‌شود، بلکه در بسیاری از موارد باتری را عملاً غیرقابل استفاده می‌سازد. در این پژوهش که روی باتری خودروی لکسوس CT200 انجام شده است، تاثیر تغییر موقعیت ماژول‌های آن بر ولتاژ خروجی ارزیابی شده است. در مرحله بعد نیز تاثیر تغییر دما بر عملکرد ماژول‌های باتری خودروی مطالعاتی بررسی شده است.

2. باتری‌های مورد استفاده در خودروهای برقی و هیبریدی

با توسعه تکنولوژی، کمپانی‌های مختلف خودروسازی از باتری‌های مختلف در تامین برق مورد نیاز خودروها بهره می‌برند. از جمله باتری‌هایی که در خودروهای برقی کاربرد دارد می‌توان لیتیوم-یون [11]، لیتیوم-پلیمر [12]، نیکل-فلز [13] و غیره را نام برد. در میان باتری‌های مذکور، نوع لیتیوم-یون و لیتیوم-پلیمر به دلیل وزن سبک و طول عمر مناسب مورد توجه کمپانی‌های مختلف مانند تسلا، نیسان و BMW قرار گرفته است. در این میان کمپانی‌های خودروسازی تویوتا و لکسوس به دلیل دوام بالا و ایمنی بهتر از باتری‌های نیکل-فلز در ساخت خودروهای برقی خود بهره برده‌اند که چند مورد از این کاربردها در شکل‌های 1 تا 3 نشان داده شده است. البته نسل‌های جدیدتر باتری‌ها شامل لیتیوم-سولفور و سدیم-یون در حال توسعه و تجاری‌سازی بوده که مزیت مهم آن‌ها ارزانی و در دسترس بودن بیان شده است [14, 15].



شکل 1: نمایی باتری خودرو لکسوس CT200



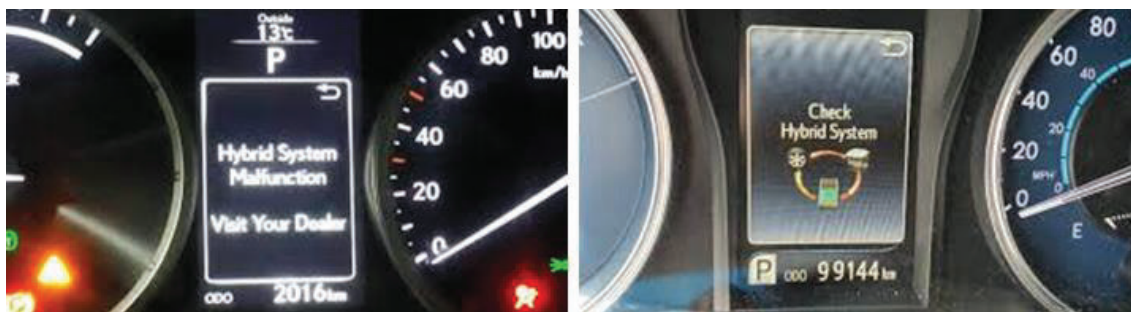
شکل 2: نمایی باتری خودرو تویوتا NX300



شکل 3: نمایی باتری خودرو تویوتا CHR

3. انجام آزمایش تجربی

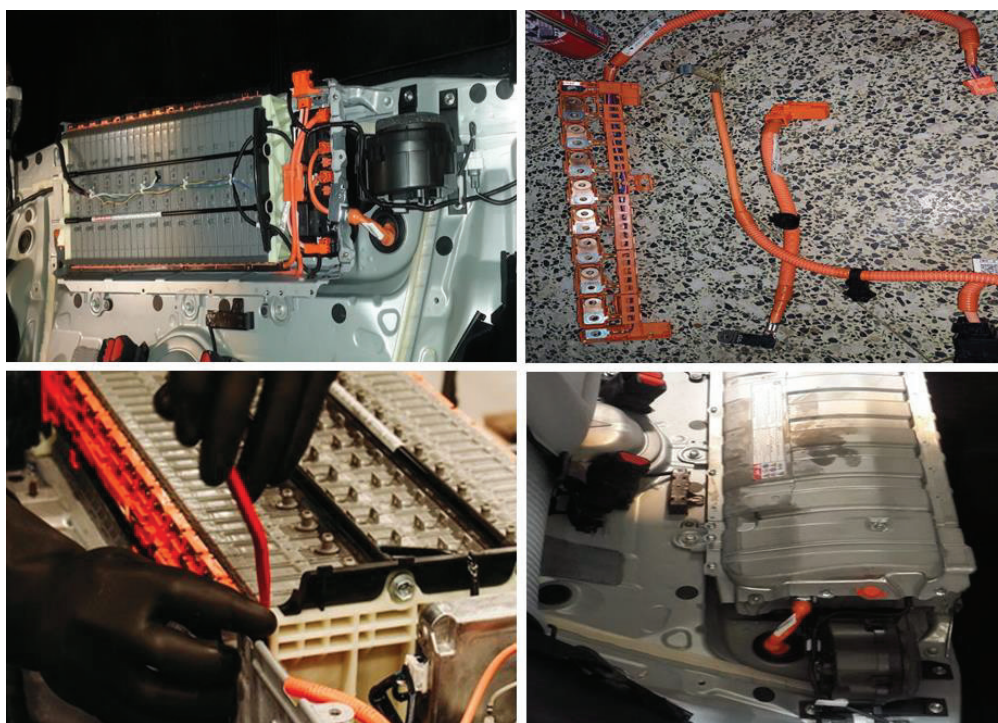
این بررسی که روی باتری خودروی لکسوس CT200 انجام شده با هدف انجام آزمایش تجربی جهت احیای باتری این خودرو صورت گرفته است. خودروهای مختلف این کمپانی در کارکردهای بالا، با خطای Check Hybrid System و یا کد خطای P0A180 به نمایندگی مراجعه می‌کنند. شکل 4 دو مورد از خطاهای مربوط به باتری در خودروهای هیبرید را نشان می‌دهد.



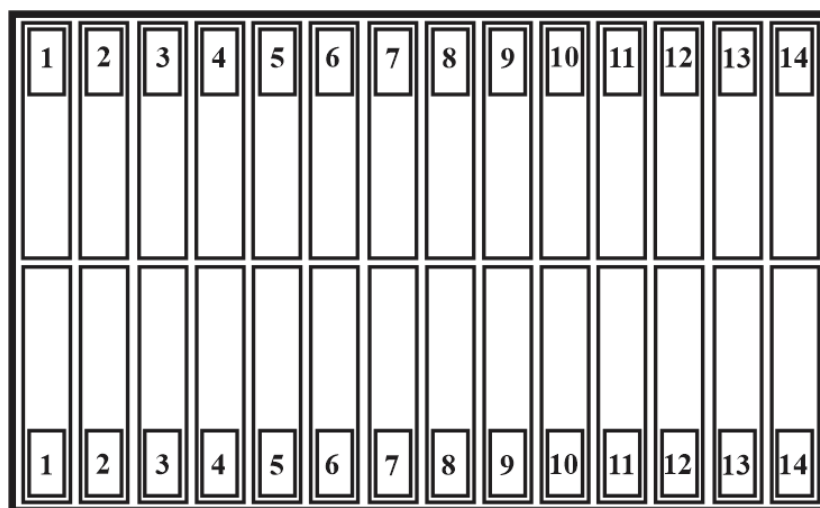
شکل 4: خطاهای مربوط به باتری هیبریدی در پشت آمپر خودرو

پس از بروز این خطا ممکن است مجموعه باتری خودرو نیاز به تعویض داشته باشد. اما به دلیل شرایط تحریم خدمات مربوط به خودروهای مذکور کامل در دسترس نبوده و در صورت یافتن نیز هزینه بسیار بالایی را در پی دارد. لذا در این پژوهش با هدف احیای این باتری‌ها به صورت تجربی سلول‌های مختلف باتری با یکدیگر جایگزین شده و تاثیر آن بر ولتاژ خروجی ارزیابی شده است. از این رو با رعایت کامل نکات ایمنی باتری خودروی مطالعاتی مطابق شکل 5 از روی خودرو جدا و آماده بررسی شده است.

پس از باز کردن باتری از روی خودرو ماژول‌های آن مطابق شکل 6، شماره‌گذاری شده و ولتاژ هر جفت از ماژول‌ها، اندازه‌گیری شده است. لازم به ذکر است تعداد ماژول‌های باتری این خودرو 28 عدد بوده که به صورت 14 ردیف، که هر کدام شامل دو ماژول است، مورد بررسی قرار گرفته است. در مرحله نهایی یک جفت از سلول‌های باتری جدا شده و در سه مرحله شامل بدون دمنده، با یک دمنده و با دو دمنده، تاثیر خنک کاری بر ولتاژ خروجی ارزیابی شده است.



شکل 5: باز کردن باتری خودرو لکسوس CT200



شکل 6: شماره گذاری سلول‌های باتری خودروی هیبریدی

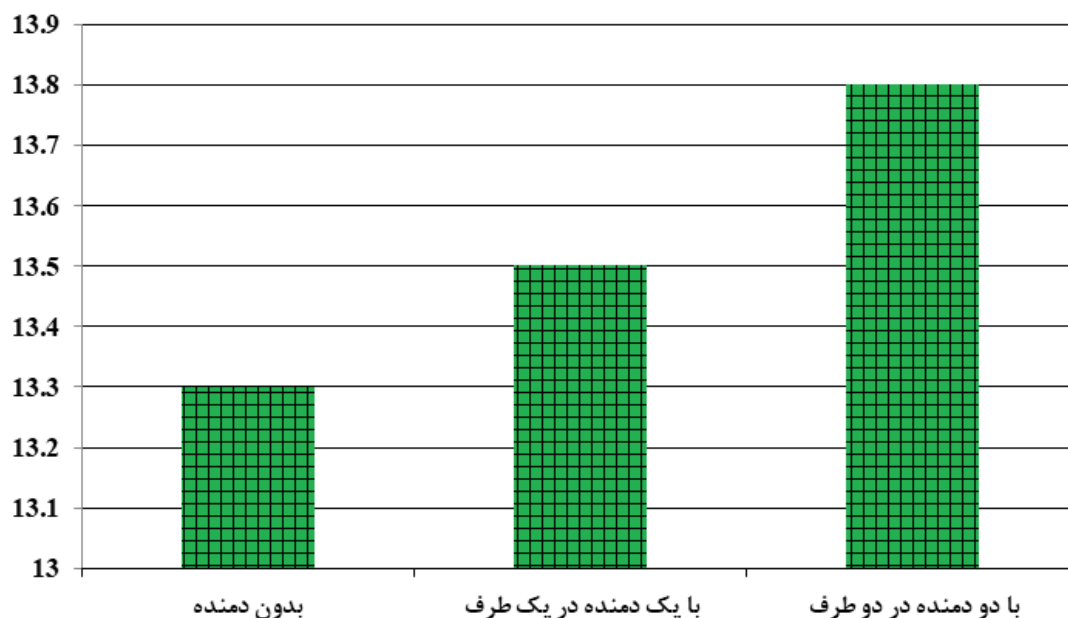
4. نتایج

همان‌طور که گفته شده است در مرحله اول تاثیر جابجایی ماژول‌های باتری هیبریدی بر ولتاژ خروجی آن ارزیابی شده است. برای جابجایی سعی شده است ماژول‌های وسط با کناری تعویض شوند. اما ترتیب این جابجایی به‌صورت کاملاً تصادفی بوده است. برطبق مطالعات انجام شده تغییر ماژول‌های باتری خودروی هیبریدی باعث افزایش ولتاژ آن‌ها شده است. جزئیات ولتاژهای اندازه‌گیری شده هر ردیف، در حالت قبل و بعد از جابجایی در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1: ولتاژ ردیف‌های باتری قبل و بعد از جابجایی

شماره ردیف	ولتاژ قبل از جابجایی باتری‌ها	ولتاژ بعد از جابجایی باتری‌ها
1	16/28	16/55
2	16/01	16/40
3	15/82	16/50
4	16/3	16/21
5	15/67	16/31
6	16/2	16/1
7	15/92	16/45
8	16/06	16/46
9	16/23	16/58
10	16/26	16/53
11	16/11	16/45
12	15/84	16/43
13	16/42	16/09
14	16/36	16/50

همان‌طور که در جدول 2 مشخص شده است در بیشتر ردیف‌ها، جابجایی ماژول‌ها باعث افزایش ولتاژ شده است. به‌طوری که در بیشترین حالت 4/2 درصد افزایش ولتاژ رویت شده و باتری خودروی مذکور نیز مجدد قابل استفاده شده است. تغییرات دما نیز تاثیر مستقیم بر ولتاژ خروجی داشته است. شکل 7 تاثیر کاهش دما بر تغییرات ولتاژ را برای یک ردیف نشان می‌دهد.



شکل 7: تاثیر کاهش دما بر ولتاژ اندازه گیری شده باتری

همان‌طور که در شکل 7 نشان داده شده است کاهش دما تاثیر مستقیم بر ولتاژ خروجی از باتری داشته است، به گونه‌ای که قرار دادن دو دمنده در دوطرف باتری افزایش 0/5 ولتی خروجی را در پی داشته است.

5. جمع‌بندی

امروزه با توجه به افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی و تاثیر آن بر سلامت انسان، کاربرد خودروهای برقی و هیبریدی افزایش یافته است. منبع اصلی ذخیره انرژی در این خودروها باتری بوده که در انواع مختلف، مورد استفاده شرکت‌های خودروسازی قرار گرفته است. در این پژوهش که روی باتری خودروی لکسوس CT200 انجام شده است، در مرحله اول تاثیر جابجایی ماژول‌های باتری روی ولتاژ خروجی آن ارزیابی شده است. بدین صورت که برای یک خودرو با ایراد باتری، ماژول‌های مختلف باتری با یکدیگر تعویض شده و مقدار ولتاژ خروجی هر جفت ماژول اندازه‌گیری شده است. برطبق بررسی‌های انجام شده جابجایی ماژول‌ها در بیشتر موارد افزایش ولتاژ ردیف‌ها را در پی داشته است. این عامل می‌تواند به دلیل کاهش اثر سلول‌های ضعیف رخ داده باشد. در مرحله دوم تاثیر میزان خنک‌کاری ماژول‌ها روی ولتاژ خروجی آن‌ها بررسی شده است. کاهش دما در این مورد نیز حدود 4 درصد ولتاژ خروجی را افزایش داده است.

منابع

- [1] X. Shu, Y. Guo, W. Yang, K. Wei, G. Zhu, Life-cycle assessment of the environmental impact of the batteries used in pure electric passenger cars, *Energy Reports*, 7 (2021) 2302-2315.
- [2] R. Suarez-Bertoa, V. Valverde, M. Clairotte, J. Pavlovic, B. Giechaskiel, V. Franco, Z. Kregar, C. Astorga, On-road emissions of passenger cars beyond the boundary conditions of the real-driving emissions test, *Environmental research*, 176 (2019) 108572.
- [3] F. Gehlmann, S. Haustein, C.A. Klöckner, Willingness to pay extra for electric cars with sustainably produced batteries, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 128 (2024) 104110.
- [4] J. Du, M. Ouyang, J. Chen, Prospects for Chinese electric vehicle technologies in 2016–2020: Ambition and rationality, *Energy*, 120 (2017) 584-596.
- [5] X. Sun, X. Luo, Z. Zhang, F. Meng, J. Yang, Life cycle assessment of lithium nickel cobalt manganese oxide (NCM) batteries for electric passenger vehicles, *Journal of Cleaner Production*, 273 (2020) 123006.
- [6] F.B. Juangsa, B.A. Budiman, P.L. Sambegoro, P.S. Darmanto, T. Nozaki, Synthesis of nanostructured silicon nanoparticles for anodes of Li-ion battery, 2019 6th International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT), IEEE, 2019, pp. 175-178.
- [7] S.F. Schuster, M.J. Brand, P. Berg, M. Gleissenberger, A. Jossen, Lithium-ion cell-to-cell variation during battery electric vehicle operation, *Journal of Power Sources*, 297 (2015) 242-251.
- [8] M. Bat'a, D. Mikle, Battery Management System Hardware Design for a Student Electric Racing Car, *IFAC-PapersOnLine*, 52 (2019) 74-79.
- [9] M. Longo, D. Zaninelli, F. Viola, P. Romano, R. Miceli, How is the spread of the Electric Vehicles?, 2015 IEEE 1st International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a better tomorrow (RTSI), IEEE, 2015, pp. 439-445.
- [10] G. Fandi, J. Novák, J. Chyský, Modeling electric Vehicle's and improving battery lifetime using AI tools case study: Postal cars, *Heliyon*, 10 (2024).
- [11] A.K. Koech, G. Mwandila, F. Mulolani, P. Mwaanga, Lithium-ion battery fundamentals and exploration of cathode materials: A review, *South African Journal of Chemical Engineering*, 50 (2024) 321-339.
- [12] Z. Salameh, B. Kim, Advanced lithium polymer batteries, 2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting, IEEE, 2009, pp. 1-5.
- [13] V. Arun, R. Kannan, S. Ramesh, M. Vijayakumar, P. Raghavendran, M. Siva Ramkumar, P. Anbarasu, V.P. Sundramurthy, Review on li-ion battery vs nickel metal hydride battery in EV, *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022 (2022) 7910072.
- [14] S. Yari, A. Conde Reis, Q. Pang, M. Safari, Performance benchmarking and analysis of lithium-sulfur batteries for next-generation cell design, *Nature Communications*, 16 (2025) 5473.
- [15] P. Phogat, S. Dey, M. Wan, Comprehensive review of sodium-ion batteries: Principles, materials, performance, challenges, and future perspectives, *Materials Science and Engineering: B*, 312 (2025) 117870.