

**ELEKTROMOBIL BATAREYALARIDA HARORAT VA ZARYADLASH
REJIMINING ISHLASH SAMARADORLIGIGA TA’SIRI**

Andijon davlat texnika instituti

“Energiya mashinasozligi”

yo ‘nalishi 4-kurs talabasi

Shermirzayev Yaxyobek Otabek o‘g‘li

+998937874889

yaxyobekshermirzayev@gmail.com

Ilmiy rahbar:

Nazirov Ismailjon Tashtemirovich

Annotatsiya: Ushbu maqolada elektromobil batareyalarining ishlash samaradorligiga harorat rejimi va zaryadlash usullarining ta’siri tahlil qilindi. Elektromobillarda qo‘llaniladigan litiy-ion batareyalar yuqori energiya zichligi, ekologik samaradorlik va ekspluatatsion qulaylikka ega bo‘lsa-da, ularning xizmat muddati tashqi muhit va foydalanish sharoitlariga bevosita bog‘liq. Ayniqsa, past haroratda batareyaning ichki qarshiligi ortadi, energiya berish qobiliyati pasayadi va yurish masofasi kamayadi. Yuqori haroratda esa kimyoviy degradatsiya, elektrolit parchalanishi va xavfsizlik xavfi kuchayadi. Shuningdek, tezkor DC zaryadlash batareyadan foydalanishda qulaylik yaratsa-da, yuqori tok va issiqlik ajralishi sababli batareya eskirishini tezlashtirishi mumkin. Geotab’ning 22 700 dan ortiq elektromobil ma’lumotlari asosidagi tahliliga ko‘ra, o‘rtacha batareya degradatsiyasi yiliga 2,3% atrofida bo‘lib, yuqori quvvatli DC tezkor zaryadlash eng katta stress omillaridan biri sifatida ko‘rsatilgan.

Kalit so‘zlar: elektromobil, litiy-ion batareya, harorat, DC fast charging, zaryadlash, degradatsiya, BMS, issiqlik boshqaruvi.

1. Kirish

Bugungi kunda elektromobillar transport sohasida ekologik xavfsiz va energiya tejamkor yechimlardan biri sifatida keng rivojlanmoqda. Xalqaro energetika agentligi ma’lumotlariga ko‘ra, elektromobillar uchun batareya joylashtirilishi 2025-yilda taxminan 1,2 TWh darajaga yetgan, 2030-yilga borib esa bu ko‘rsatkich qariyb 3 TWh bo‘lishi kutilmoqda. Bu jarayon elektromobil batareyalarining ishlash muddati, xavfsizligi va samaradorligini oshirish bo‘yicha tadqiqotlarni dolzarb qiladi.

Elektromobil batareyasining asosiy vazifasi elektr energiyasini saqlash va uni harakatlantiruvchi elektr dvigatelga yetkazib berishdan iborat. Batareya samaradorligi avtomobilning yurish masofasi, tezlanishi, zaryadlanish vaqti, ekspluatatsion xarajatlari va umumiy ishonchliligini belgilaydi. Shuning uchun batareya ishlashiga

ta'sir qiluvchi omillarni chuqur o'rganish avtomobilsozlik va transport muhandisligi uchun muhim ahamiyatga ega.

Litium-ion batareyalar haroratga juda sezgir bo'ladi. Past haroratda elektrolitning ion o'tkazuvchanligi pasayadi, batareyaning ichki qarshiligi ortadi va natijada elektromobilning real yurish masofasi kamayadi. Yuqori haroratda esa elektrod va elektrolitda noxush kimyoviy reaksiyalar kuchayadi, bu esa batareya degradatsiyasini tezlashtiradi. 2025-yilgi ilmiy sharhlarda batareya thermal management tizimlari litium-ion batareyalarda optimal ish haroratini saqlash, xavfsizlik va samaradorlikni ta'minlashda muhim rol o'ynashi qayd etilgan.

Ushbu maqolaning maqsadi elektromobil batareyalarida harorat rejimi va zaryadlash usullarining ishlash samaradorligiga ta'sirini tahlil qilish hamda batareyadan foydalanish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

2. Metodologiya

Tadqiqot nazariy-tahliliy usulda olib borildi. Unda xalqaro ilmiy maqolalar, elektromobil batareyalari bo'yicha amaliy tahlillar va energetika tashkilotlari ma'lumotlari o'rganildi (1-jadval). Tahlilda quyidagi mezonlar tanlab olindi:

№	Tahlil mezon	Baholash ko'rsatkichi	Batareyaga ta'siri
1	Past harorat	Ichki qarshilik, energiya chiqishi	Yurish masofasi kamayadi
2	Yuqori harorat	Kimyoviy reaksiyalar, xavfsizlik	Degradatsiya tezlashadi
3	AC zaryadlash	Past yoki o'rtacha tok	Batareya uchun nisbatan qulay
4	DC fast charging	Yuqori tok va issiqlik	Eskirish xavfi ortadi
5	Sovutish tizimi	Harorat barqarorligi	Xizmat muddati uzayadi

1-jadval. Elektromobil batareyalarida harorat va zaryadlash rejimining ishlash samaradorligining baholanishi.

Tahlil davomida elektromobil batareyasining ishlashi uchta asosiy ko'rsatkich bo'yicha baholandi: sig'im saqlanishi, zaryad qabul qilish qobiliyati va xizmat muddati.

3. Natijalar

3.1. Haroratning batareya ishlashiga ta'siri

Batareya uchun eng qulay harorat oralig'i odatda mo'tadil sharoit hisoblanadi. Juda sovuq sharoitda batareya ichidagi ionlar harakati sekinlashadi. Bu holat elektromobilning tezlanishiga, regenerativ tormozlash samaradorligiga va yurish masofasiga salbiy ta'sir qiladi (2-jadval).

Yuqori harorat esa yanada xavfli omil hisoblanadi. Chunki issiqlik ortishi elektrolit parchalanishi, gaz ajralishi va ichki qarshilikning o‘zgarishiga olib kelishi mumkin. Lithium battery degradation bo‘yicha 2025-yilgi sharhda litiy batareyalarining eskirish mexanizmlarida harorat, elektrod yemirilishi va kimyoviy parchalanish asosiy omillar sifatida ko‘rsatilgan.

Harorat holati	Batareyada kuzatiladigan jarayon	Natija
-10 °C dan past	Ionlar harakati sekinlashadi	Yurish masofasi kamayadi
0–15 °C	Ichki qarshilik ortadi	Zaryadlanish vaqti uzayadi
20–35 °C	Optimal ish rejimi	Samaradorlik yuqori bo‘ladi
40 °C dan yuqori	Kimyoviy degradatsiya kuchayadi	Sig‘im kamayadi
55 °C atrofida	Elektrolit va SEI qatlamida salbiy o‘zgarishlar	Xavfsizlik xavfi ortadi

2-jadval. Harorat rejimining batareyaga ta’siri

3.2. Zaryadlash usullarining solishtirma tahlili

Elektromobillar odatda AC va DC zaryadlash usullari orqali quvvatlanadi. AC zaryadlash uy sharoitida yoki oddiy zaryadlash stansiyalarida qo‘llaniladi. Bu usul batareyaga nisbatan yumshoq ta’sir qiladi, chunki tok qiymati nisbatan past bo‘ladi. DC fast charging esa yuqori quvvat bilan qisqa vaqt ichida zaryadlash imkonini beradi. Biroq tezkor zaryadlash vaqtida batareyaga katta tok beriladi. Bu esa issiqlik ajralishini kuchaytiradi va batareya hujayralarida notekis yuklanish yuzaga keltiradi. NREL tadqiqotlarida tezkor zaryadlash foydalanuvchi uchun qulay bo‘lsa-da, yuqori harorat va agressiv zaryadlash batareya degradatsiyasi xavfini oshirishi mumkinligi qayd etilgan (3-jadval).

Zaryadlash turi	Afzalligi	Kamchiligi	Tavsiya
AC sekin zaryadlash	Batareyaga yuklama kam	Vaqt ko‘p talab qiladi	Kundalik foydalanish uchun qulay
AC o‘rtacha zaryadlash	Barqaror va xavfsiz	Tezkor emas	Uy va ish joyida maqbul
DC fast charging	Qisqa vaqtda zaryadlaydi	Harorat va stress ortadi	Zarur holatlarda qo‘llash kerak
Ultra-fast charging	Juda tez zaryadlaydi	Degradatsiya xavfi yuqori	Doimiy foydalanish tavsiya etilmaydi

3-jadval. Zaryadlash usullarining batareya xizmat muddatiga ta’siri

3.3. Diagrammali tahlil

Quyidagi diagramma Geotab ma'lumotlari asosida zaryadlash quvvati va yillik degradatsiya orasidagi farqni ko'rsatadi. Geotab tahliliga ko'ra, past quvvatli zaryadlash guruhida degradatsiya taxminan 1,5%/yil, yuqori quvvatli DC fast charging guruhida esa 3,0%/yil darajasiga yetishi mumkin.

Zaryadlash rejimi	Yillik degradatsiya, %
Past quvvatli zaryadlash	1.5
O'rtacha foydalanish	2.3
Yuqori quvvatli DC fast charging	3.0

4-jadval. Zaryadlash usuli bo'yicha yillik batareya degradatsiyasi

Bu natijalar shuni ko'rsatadiki, elektromobil batareyasining xizmat muddati nafaqat ishlab chiqaruvchi texnologiyasiga, balki foydalanuvchining zaryadlash odatlariga ham bog'liq.

4. Muhokama

Tahlil natijalariga ko'ra, elektromobil batareyasining ishlashi ikki omil bilan kuchli bog'liq: **harorat** va **zaryadlash quvvati**. Past harorat qisqa muddatli ishlash samaradorligini pasaytiradi, yuqori harorat esa uzoq muddatli degradatsiyani tezlashtiradi. Shu sababli zamonaviy elektromobillarda batareya thermal management system, ya'ni issiqlik boshqaruv tizimi muhim ahamiyatga ega.

Samarali issiqlik boshqaruv tizimi batareya haroratini bir xil ushlab turadi, hujayralar orasidagi harorat farqini kamaytiradi va zaryadlash jarayonida xavfsizlikni ta'minlaydi. Battery thermal management bo'yicha 2025-yilgi sharhda havo bilan sovutish, suyuqlik bilan sovutish va phase change material kabi usullar batareya ishonchligini oshirishda muhim texnologiyalar sifatida ko'rsatilgan.

Zaryadlash bo'yicha esa eng maqbul yondashuv — kundalik foydalanishda AC yoki o'rtacha quvvatli zaryadlashdan foydalanish, DC fast charging rejimini esa uzoq safar yoki zarur holatlar uchun saqlashdir. Bu yondashuv batareya hujayralariga tushadigan yuklamani kamaytiradi va xizmat muddatini uzaytiradi.

5. Xulosa

Tadqiqot natijalariga ko'ra, elektromobil batareyalarining samarali ishlashi uchun harorat va zaryadlash rejimini nazorat qilish zarur. Past harorat batareya energiya berish imkoniyatini kamaytiradi, yuqori harorat esa degradatsiyani tezlashtiradi. DC fast charging texnologiyasi qulay bo'lsa-da, undan doimiy foydalanish batareya xizmat muddatiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin (5-jadval).

№	Tavsiya	Kutiladigan natija
1	Batareyani haddan tashqari issiq sharoitda qoldirmaslik	Kimyoviy degradatsiya sekinlashadi
2	Sovuq havoda zaryadlashdan oldin batareyani isitish	Lithium plating xavfi kamayadi
3	DC fast chargingdan zarurat bo‘lganda foydalanish	Xizmat muddati uzayadi
4	AC zaryadlashni kundalik rejimga aylantirish	Barqaror ishlash ta’minlanadi
5	BMS va sovutish tizimini muntazam nazorat qilish	Xavfsizlik oshadi

5-jadval. Amaliy jihatdan berilgan tavsiyalar.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. International Energy Agency. Global EV Outlook 2026: Electric vehicle batteries.
2. Menye J.S. va boshqalar. Lithium Battery Degradation and Failure Mechanisms. Energies, 2025.
3. Geotab. EV Battery Health: Key Findings from 22,700 Vehicle Data.
4. Togun H. va boshqalar. A comprehensive review of battery thermal management systems in electric vehicles, 2025.
5. Alawi A. va boshqalar. A Comprehensive Review of Thermal Management Systems for Lithium-Ion Batteries, 2025.