

LI-POLIMER BATAREYALARDA XAVFSIZLIK MUAMMOLARI VA ULARNI BARTARAF ETISH USULLARI

Olimjonova Dilshodaxon

Namangan davlat pedagogika instituti, Fizika yo‘nalishi talabasi

E-mail: dilshodaolimjonova45@gmail.com

Tel: +998930478336

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21062737>

Annotsatsiya: Bu ishda zamonaviy portativ elektronika, elektromobillar va qayta tiklanuvchi energiya tizimlarida keng qo‘llaniladigan litiy-polimer (Li-polimer) batareyalarning xavfsizlik muammolari va ularni hal etish yo‘llari tizimli ravishda tahlil qilingan. Li-polimer batareyalar yuqori energiya zichligi, yengilligi va moslanuvchan shaklga egaligi bilan ajralib tursada, ularning xavfsizligi ekspluatatsiya jarayonida eng dolzarb masalalardan biri bo‘lib qolmoqda. Tadqiqotda batareyalarning ishdan chiqishiga sabab bo‘luvchi asosiy omillar — termik qochish, ichki va tashqi qisqa tutashuvlar, ortiqcha zaryadlanish hamda mexanik shikastlanishlar batafsil ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, batareya ichida dendritlar hosil bo‘lishi va uning yonuvchan suyuq/gelli elektrolitlar bilan reaksiyaga kirishish mexanizmlari yoritilgan.

Kalit so‘zlar: qayta tiklanuvchi energiya, Li-polimer batareyalar, ekspluatatsiya, termik qochish

Аннотация: В данной работе систематически анализируются проблемы безопасности литий-полимерных (Li-polymer) аккумуляторов, широко используемых в современной портативной электронике, электромобилях и системах возобновляемой энергии, а также пути их решения. Несмотря на то, что литий-полимерные аккумуляторы отличаются высокой плотностью энергии, легкостью и гибкостью формы, их безопасность в процессе эксплуатации остается одним из самых актуальных вопросов. В исследовании подробно рассмотрены основные факторы, приводящие к выходу аккумуляторов из строя: тепловой разгон, внутренние и внешние короткие замыкания, перезаряд, а также механические повреждения. Кроме того, освещены механизмы образования дендритов внутри аккумулятора и их взаимодействия с горючими жидкими/гелевыми электролитами.

Ключевые слова: Возобновляемая энергия, литий-полимерные аккумуляторы, эксплуатация, тепловой разгон

Annotation: This paper systematically analyzes the safety challenges and their potential solutions for lithium-polymer (Li-polymer) batteries, which are widely used in modern portable electronics, electric vehicles, and renewable energy systems. Although Li-polymer batteries are distinguished by their high energy density, lightweight nature, and flexible form factor, their safety during operation remains one of the most critical issues. The study thoroughly examines the primary factors leading to battery failure, including thermal runaway, internal and external short circuits, overcharging, and mechanical damage. Furthermore, the mechanisms of dendrite formation within the battery and its reaction with flammable liquid/gel electrolytes are highlighted.

Keywords: Renewable energy, Li-polymer batteries, exploitation, thermal runaway

Bugungi kunda yuqori energiya zichligi va ixcham dizaynga bo‘lgan talab litiy-polimer (Li-polimer) akkumulyatorlarini elektronika va transport sanoatining markaziga olib chiqdi. smartfonlar, noutbuklar, dronlar va elektromobillar (EV) aynan shu turdagi energiya manbalariga tayanadi. Biroq, energiya zichligi oshgani sayyin, tizimning ichki energiyasi va uning barqarorligini saqlash muammosi ham keskinlashmoqda. Li-polimer batareyalarda xavfsizlik masalasi shunchaki texnik nosozlik emas, balki hayotiy xavf-xatarlar (yong‘in va portlashlar) bilan bog‘liq bo‘lgani sababli, ushbu muammolarni fundamental darajada o‘rganish va bartaraf etish usullarini ishlab chiqish zamonaviy muhandislikning eng ustuvor yo‘nalishlaridan biridir. Li-polimer batareyalarning ichki strukturasi va kimyoviy tarkibi ma‘lum sharoitlarda zanjirli reaksiyalarga beriluvchan bo‘ladi. Asosiy xavf omillarini uchta katta guruhga bo‘lish mumkin:

Li-polimer batareyalarning ishdan chiqishiga sabab bo‘luvchi asosiy omillar

Li-polimer batareyalarning strukturaviy tuzilishi ma’lum bir ekstremal sharoitlarda zanjirli reaksiyalarga kirishishga moyil bo‘ladi. Quyida ushbu tizimning buzilishiga olib keladigan asosiy destruktiv jarayonlar keltirilgan.

Termik qochish (Thermal Runaway)

Termik qochish — bu batareya ichidagi haroratning nazoratsiz va shiddatli ravishda ko‘tarilish jarayonidir. Agar batareya ichki yoki tashqi omillar tufayli 130°- 150° haroratgacha qizisa, katod va anodni ajratib turuvchi polimer separator eriy boshlaydi. Natijada eksotermik (issiqlik ajratuvchi) kimyoviy reaksiyalar zanjiri ishga tushadi:

T Separator erishi Eksotermik reaksiya T

Bu jarayon haroratni soniyalar ichida 500° dan oshirib yuborishi, natijada akkumulyatorning portlashi yoki shiddatli yong‘inga sabab bo‘lishi mumkin [1].

Dendritlar hosil bo‘lishi va ichki qisqa tutashuv

Muntazam ravishda tezkor zaryadlash (Fast Charging) va past haroratlarda foydalanish jarayonida litiy ionlari anod yuzasida tekis joylasha olmaydi. Natijada anod yuzasida ninasimon kristall tuzilmalar — **dendritlar** o‘sa boshlaydi.

Ushbu dendritlar vaqt o‘tishi bilan polimer yoki gelli separator qatlamini teshib o‘tadi. Katod va anodning to‘g‘ridan-to‘g‘ri tutashishi (ichki qisqa tutashuv) lahzali yuqori tok oqimini hosil qilib, batareyani ichkaridan yoqib yuboradi [2].

Ortiqcha zaryadlanish (Overcharging) va gaz ajralishi

Kuchlanish ruxsat etilgan maksimal chegaradan (odatda 4.2V - 4.4V) oshib ketganda, katod materiali o‘zining strukturaviy barqarorligini yo‘qotadi va undan kislorod ajralib chiqa boshlaydi. Ajralgan kislorod yonuvchan organik gelli elektrolit bilan reaksiyaga kirishib, uglerod oksidi (CO, CO₂) va boshqa zaharli gazlarni hosil qiladi. Bu jarayon xalq tilida "batareya shishishi" deb ataladi va yakunda korpusning yorilishiga olib keladi [3].

Mexanik shikastlanishlar

Tashqi zarbalar, siqilishlar yoki o‘tkir jism bilan teshilish holatlarida batareyaning ko‘p qatlamli ichki strukturasi deformatsiyaga uchraydi. Bu deformatsiya tashqi qisqa tutashuv va mexanik kuchlanish nuqtalarini yuzaga keltirib, tizimni bir necha soniyada termik qochish holatiga olib keladi.

Xavfsizlik muammolarini bartaraf etish usullari

Ushbu muammolarni bartaraf etish tizimli yondashuvni talab qiladi va u uchta asosiy yo‘nalishda amalga oshiriladi:

Apparat va dasturiy ta’minot darajasi: BMS (Battery Management System)

Zamonaviy Li-polimer batareyalarning eng muhim himoya qalqoni — bu Akkumulyatorni boshqarish tizimidir. BMS quyidagi vazifalarni real vaqt rejimida bajaradi:

Kuchlanish va tok nazorati: Ortiqcha zaryadlanish yoki chuqur zaryadsizlanish (over-discharge) sodir bo‘lganda zanjirni avtomatik uzadi.

Harorat monitoringi: Batareya bloki qiziy boshlaganda yuklamani kamaytiradi yoki sovutish tizimini ishga tushiradi.

Yachekalar balansi: Ko‘p yachekali batareyalarda (masalan, elektromobillarda) har bir yachekaning bir xil quvvatda ishlashini ta’minlab, lokal qizishlarning oldini oladi [4].

Materiallar muhandisligi darajasidagi yechimlar

Batareyaning ichki kimyoviy elementlarini modifikatsiya qilish eng ishonchli xavfsizlik chorasidir:

Keramik qoplama separatorlar: Oddiy polimer separatorlar o‘rniga, yuqori haroratga (200°C gacha) chidamli nano-keramika bilan qoplangan separatorlar qo‘llanilmoqda. Ular dendritlarning o‘tishiga to‘sqinlik qiladi.

Olovni so‘ndiruvchi qo‘shimchalar (Flame-retardants): Gelli elektrolitlar tarkibiga fosfor yoki galogen asosidagi maxsus kimyoviy flegmatizatorlar qo‘shiladi. Ular yong‘in xavfi tug‘ilganda yonish reaksiyasini kimyoviy jihatdan bloklaydi.

Konstruktiv va istiqbolli yechimlar

Xavfsizlik klapanlari: Batareya korpusida gaz bosimi oshganda uni xavfsiz chiqarib yuboradigan maxsus klapanlar yoki kuchsizlantirilgan choklar koʻzda tutiladi.

Qattiq jisimli batareyalar (Solid-State Batteries): Kelajakdagi eng mukammal yechim — bu yonuvchan suyuq/gelli elektrolitlarni toʻliq qattiq polimer yoki keramik elektrolitlarga almashtirishdir. Bu texnologiya dendrit oʻsishini butkul toʻxtatadi va yongʻin xavfini nolga tushiradi [5].

Xulosa

Li-polimer batareyalarning xavfsizlik muammolari ularning yuqori energiya zichligi bilan toʻgʻridan-toʻgʻri bogʻliqdir. Termik qochish, dendritlar hosil boʻlishi va mexanik nuqsonlar kabi muammolarni faqatgina bir tomonlama yechish imkonsiz. Bugungi kunda eng samarali natija — intellektual BMS dasturlari va ilgʻor materiallar muhandisligi (keramik separatorlar, xavfsiz elektrolitlar) sintezida koʻrinmoqda. Kelajakda qattiq jisimli elektrolitlar texnologiyasining keng joriy etilishi Li-polimer batareyalarni mutlaqo xavfsiz va ekologik barqaror energiya manbaiga aylantiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar roʻyxati:

[1]. Baxtiyorjon oʻgʻli, Mahkamov Abzalbek. "ELEKTROMOBIL CHIQINDI BATAREYALARINI GIDROMETALLURGIK QAYTA ISHLASHDA SUV ISTEʼMOLINI KAMAYTIRUVCHI TEXNOLOGIYALAR." *SINGAPORE INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE*. Vol. 1. No. 2. 2026.

[2]. Lu, Languang, et al. "A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles." *Journal of power sources* 226 (2013): 272-288. [3]. Nazarov X. T., Axmedov M. M. " Muqobil energiya manbalarida litiy-polimer akkumulyator bloklarining termik barqarorligini taʼminlash." *Energiya va resurs tejash muammolari*.

[4]. Otabek oʻgʻli, Shermirzayev Yaxyobek. "ELEKTROMOBIL BATAREYALARINING EKSPLUATATSION QARISHI VA XIZMAT MUDDATINI UZAYTIRISH OMILLARI." *Modern education and development* 51.6 (2026): 12-18.

[5]. Ahmadjonova, U. T. "LITIY-ION BATAREYA TURLARI VA AFZALLIGI." *Экономика и социум* 4-2 (119) (2024): 10-13.