

5 TONNALIK YUKLARNI SAMARALI TASHISH UCHUN ELEKTR YUK AVTOMOBILLARINING BATAREYASINI OPTIMALLASHTIRISH

<https://doi.org/10.5281/zenodo.11493242>

Ashuraliyev Eldorjon Shamsiddin o'g'li

Kadirshayev Turgunbay,

Valiyev Jamshid

Toshkent davlat transport universiteti, O'zbekiston

Annotatsiya

Har xil turdagi elektr yuk mashinalarini ishlab chiqarish dunyo miqyosida dizel yoqilg'isi bilan ishlaydigan avtomobillar chiqaradigan zararli va zaharli gazlar tufayli ortib bormoqda. Ushbu muammoning asosiy yechimi elektr yuk mashinalarini (nol emissiyali transport vositalari) keng miqyosda qabul qilishdir. Bundan tashqari, elektr yuk mashinalari dizel yoqilg'isi bilan ishlaydigan yuk mashinalariga qaraganda ancha arzonroq bo'lgan afzalliklarga ega.

Ushbu maqolada bir nechta zamonaviy elektr yuk mashinalarida ishlatiladigan batareyalar tahlil qilinib, ularning asosiy afzalliklari va kamchiliklari ko'rsatilgan. Shuningdek, u 5 tonnalik yuklarni samarali tashish uchun elektr yuk mashinalari uchun eng maqbul turdagi va eng yaxshi quvvatli akkumulyatorlarni tavsiya qiladi. Elektr transport vositalarida ishlatiladigan akkumulyatorlarning xilma-xilligi ortib borayotganligi sababli, ushbu maqola akkumulyatorning ishlashi va tegishli parametrlarni, jumladan sig'imi va zaryad holatini (SoC) matematik tavsifini beradi.

Kalit so'zlar

Elektromobil, batareya, terminal kuchlanish, batareya sig'imi, quvvat, vaqt, energiya, zaryadlash va zaryadsizlanish, zaryad holati (SoC).

Batareya sig'imi

Umuman olganda, batareya saqlashi mumkin bo'lgan elektr zaryadining miqdori batareyaning sig'imidir. Batareyaning sig'imi to'g'ridan-to'g'ri batareya ichidagi elektrolitlar va elektrod moddasi miqdoriga bog'liq. Shunday qilib, agar ko'proq elektrolitlar va elektrod materiallari berilsa, katta sig'imga erishish mumkin. Batareya sig'imi, shuningdek, elektr toki oqimning kattaligi, batareyaning ruxsat etilgan terminal kuchlanishi, harorat va boshqa omillar kabi batareyaning boshqa parametrlariga bog'liq. Batareya quvvatining o'lchov birligi A ($1A = 3600$ k yoki kulon). Avtotransport vositalarining batareyasida saqlanadigan energiyani vatt-soat (Vt soat) sifatida o'lchash afzalroqdir. Vt soat bilan o'lchangan

batareyaning energiya sig'imi batareya quvvati $P_b = v_b i_b$ bildiruvchi Om qoidasi yordamida Amper(A)ga aylantirilishi mumkin, bu erda v_b va i_b batareyaning kuchlanishi va elektr toki. Shunday qilib:

$$E_b = quvvat * vaqt = v_b i_b * vaqt \quad (1)$$

Shuning uchun:

$$Vt soat = A * v_b \quad (2)$$

Nazariy jihatdan, batareya quvvatini Faradey elektroliz qonuni yordamida hisoblash mumkin. Qonunda aytilishicha, berilgan miqdordagi elektr zaryadi uchun elektrodda ajralib chiqqan modda massasi elementning ekvivalent og'irligiga to'g'ridan-to'g'ri proporsionaldir. Moddaning ekvivalent og'irligi uning molyar massasi bo'lib, u material tomonidan sodir bo'lgan reaksiyaga bog'liq bo'lgan butun songa bo'linadi. Faradey qonuni quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$m_s = \left(\frac{Q}{F_b}\right)\left(\frac{M_m}{z_b}\right) \quad (3)$$

bu yerda:

m_s -elektrodda ajralib chiqqan moddaning massasi (kg)

Q -moddadan o'tgan jami elektr zaryadi

F_b -Faradey doimisi 96,485 kulon/mol

M_m -moddaning molyar massasi g/mol

z_b - modda ionlarining valentlik soni (har bir ionga uzatiladigan elektronlar).

$\frac{M_m}{z_b}$ -ajralib chiqqan moddaning ekvivalent og'irligini bildiradi. 3-formulada, Q ,

F_b va z_b o'zgarmas; shuning uchun kattaroq ekvivalent massasi $\frac{M_m}{z_b}$ kattaroq m_s ga olib keladi. Natijada batareyaning nazariy sig'imi $C_{T,b}$, quyidagicha hisoblanishi mumkun:

$$C_{T,b} = n_b F_b z_b \quad (4)$$

bu erda sig'imning o'lchami kulonlarda. Bu erda n_b - ajralib chiqqan moddaning miqdori ("mollar soni") : $n_b = m_s / M_m$. Yuqoridagi tenglamada batareya quvvati uchun $C_{T,b}$ belgisi ishlatiladi, chunki odatda C belgisi batareya quvvati uchun ishlatiladi. Amperdagi nazariy sig'imi:

$$C_{T,b} = 0.278 n_b F_b z_b \quad (5)$$

Batareyaning kuchlanishi ma'lum bo'lsa, quvvatni 5-tenglama yordamida energiya birligida ifodalash mumkin. 5-tenglamadagi batareyaning nazariy

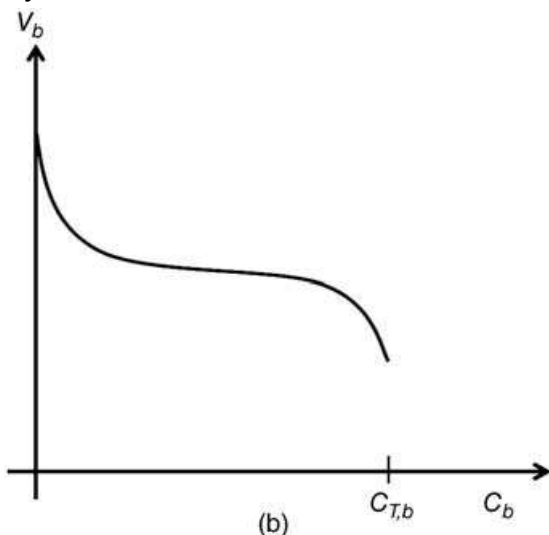
sig'imi o'zgaras elektr toki qabul qilingan holda olinadi, amalda esa o'zgaruvchan elektr toki mavjud. Shunday qilib, batareyaning foydalanish mumkin bo'lgan sig'imi $C_{U,b}$, bu vaqt o'tishi bilan birlashtirilgan $i(t)$ elektr tokidir:

$$C_{U,b} = \int_{t_0}^{t_{cut}} i(t) dt \quad (6)$$

bu erda, t_0 - batareya to'liq zaryadlangandagi vaqt va t_{cut} - batareya terminali kuchlanishining uzilishida bo'lgan vaqt, doimiy shikastlanishning oldini olish uchun batareya quvvatlari kuchlanishining uzilishi bilan cheklangan. Demak, amaliy imkoniyatlar amaliy cheklovlar tufayli har doim nazariydan kamroq bo'ladi.

2. Ochiq zanjir va terminal kuchlanishlari

Batareyaning kuchlanishi uning eng muhim xususiyatlaridan biridir. Bu batareyadagi kimyoviy reaksiyalar, batareya komponentlarining konsentratsiyasi va batareyaning qutublanishi funksiyasidir. Eng oddiy batareya modeli ichki kuchlanish V_b va ichki qarshilik R_{bi} ning ketma-ket ulanishidan iborat. Ochiq zanjir kuchlanishi shuningdek, ichki kuchlanish deb ham ataladi, va u tashqi yuklama ulanmagan yoki terminallar o'rtasida elektr toki o'tmaganda batareya terminallari orasidagi kuchlanish. Ochiq zanjir kuchlanishi bu zaryad holati, harorat va o'tgan zaryadsizlanish/zaryadlanish tarixi kabi batareyaning boshqa parametrlarining funksiyasidir.



Rasm-1 O'zgaras elektr tokida batareyaning ochiq zanjir kuchlanishi.

Masalan, ochiq zanjir kuchlanishning zaryad holati bo'yicha o'zgarishi 1-rasmda tasvirlangan. Ko'rsatilgandek, batareya asta-sekin zaryadsizlanganda, ichki kuchlanish pasayadi va ichki qarshilik kuchayadi. Ta'kidlanishicha, ichki qarshilik oshgani sayin batareyaning samaradorligi pasayadi, chunki zaryadlash energiyasining ko'p qismi issiqlikka aylanadi. Ochiq zanjir kuchlanishini o'lchash

orqali batareyaning qoldiq quvvatini taxminiy baholash mumkin. Biroq, batareya quvvatini aniq baholash uchun zaryadsizlanishning joriy xususiyatlarini, shuningdek batareyaning kimyoviy tarkibini, harorat ta'sirini va boshqa omillarni diqqat bilan ko'rib chiqish kerak. Batareyaga iste'molchi ulanganda, terminallarda o'lchanadigan kuchlanish batareya terminali kuchlanishi hisoblanadi va u V_{bt} deb belegilanadi.

3. Zaryadlash/zaryadsizlanish darajasi

Batareyaning zaryadlash va zaryadsizlanish elektr toki C-darajasi yoki C/h-darajada o'lchanadi, bu C - batareya sig'iminin darajasi va h - vaqt soatda. Masalan, 100 Ah quvvatga ega batareya 1C tezlikda zaryadsizlangan bo'lsa, bir soat davomida 100 A quvvat beradi. 0,5C da zaryadsizlangan bir xil batareya 2 soat davomida 50 A quvvat beradi. 2C da bir xil batareya 30 daqiqa davomida 200 A quvvat beradi. 1C ko'pincha 1 soatlik zaryadsizlanish deb ataladi; 0,5C 2 soatlik zaryadsizlanish, 0,1C esa 10 soatlik zaryadsizlanish bo'ladi. Batareyani uzluksiz zaryadsizlantirish mumkin bo'lgan maksimal elektr toki oqimi maksimal uzluksiz zaryadsizlanish oqimi deb ataladi, bu odatda batareyani ishlab chiqaruvchisi tomonidan batareyaga zarar etkazadigan yoki uning quvvatini kamaytiradigan haddan tashqari zaryadsizlanish tezligini oldini olish uchun belgilanadi. Zaryadlash va zaryadsizlanish darajalari doimiy qarshilikka ega ko'plab ilovalarni ifodalovchi doimiy elektr toki yuklanmalarini ko'rsatadi. Bunday holda, elektr toki Om qonuniga nisbatan kuchlanish bilan bog'liq. Nikel-kadmiy, qo'rg'oshin-kislota va litiy-oltingugurt kabi ko'pgina batareya tizimlari zaryadsizlanish vaqtida juda barqaror kuchlanishga ega, ya'ni sof qarshilik yuklanmalarida elektr toki nisbatan o'zgarmas bo'ladi.

4. Zaryad/zaryadsizlanish holati

Zaryad holati batareyaning qoldiq sig'imi o'lchovidir, elektromobil va gibrid elektromobillarda batareyalar to'plami uchun yonilg'i o'lchagichiga ekvivalentdir. Boshqacha qilib aytganda, bu to'liq zaryadlangan holatdan zaryadsizlangandan keyin qolgan sig'im miqdori. Zaryad holati birliklari foiz nuqtalari (0% bo'sh; 100% to'liq). Zaryad holatini bevosita aniqlash odatda mumkin emas. Biroq, batareya kuchlanishi va elektr toki yordamida nazariy jihatdan hisoblanishi mumkin. Kuchlanish usulida batareya kuchlanishi ma'lum zaryadsizlanish egri chizig'i bilan zaryad holatiga aylanadi (kuchlanish va zaryad holati). Biroq, kuchlanish batareya elektr toki va haroratdan sezilarli darajada ta'sirlanadi. Shuning uchun, zaryadsizlanish egri chiziqlari turli xil ish sharoitlarida o'zgarishi mumkin, bu esa bu usulni ishonchsiz qiladi. Boshqa tomondan, zaryad holati batareya elektr toki

oqimi yordamida nazariy jihatdan hisoblab chiqilishi va uni o'z vaqtida birlashtirishi mumkin. Tok, berilgan zaryad darajasi bo'yicha aniqlanadi:

$$i(t) = C_{T,b} \frac{dq}{dt} \quad (7)$$

Bu erda q - zanjir bo'ylab oqib o'tadigan birlik zaryad (zaryadlangan sig'imga bo'lingan). Vaqt oralig'ida, dt , batareya zaryadining nazariy holati, $SoC_{T,b}$

$$dSoC_{T,b} = -dq = -\frac{1}{C_{T,b}} i(t)dt \quad (8)$$

Dastlabki vaqtdan t_0 dan oxirgi vaqtgacha t ni integratsiyalashganda va odatda batareya quvvatining ulushi sifatida o'lchanadigan $SoC_{T,b}$ ni hisobga olgan holda, oniy batareya holati SoC :

$$SoC_{T,b}(t) = SoC_{T,b}(t_0) - \left(\frac{1}{C_{T,b}} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau \right) \quad (9)$$

Batareyaning zaryadsizlanishi batareya zaryadining pasayishiga olib keladi. Agar dastlabki vaqtda zaryad holati 100% bo'lsa, $SoC_{T,b}$ batareyaning holati (zaryadi) quyidagicha aniqlanadi.

$$SoC_{T,b} = 1 - \frac{\int_t^{t_0} i(\tau) d\tau}{C_{T,b}} \quad (10)$$

Elektr yuk mashinalarida foydalanilayotgan batareyalarning zaryadlanish vaqti turli xil omillarga bog'liq. Zaryadlash qurilmalarimizni ikki turga bo'lib olishimiz mumkin. Birinchi turi bu o'zgaruvchan tokli zaryadlovchi qurilmalar yoki sekin zaryadlovchi ham deb ataladi. Ikkinchi turi bu o'zgaruvchan tokli zaryadlovchi qurilmalar hisoblanadi va ular tez va juda tez zaryadlovchi qurilmalar ham deb ataladi. Elektromobillar elektr zaryadini o'zgaruvchan tokda qabul qila olmaydi shuning uchun o'zgaruvchan tok bilan zaryadlanganda elektromobilda o'zgaruvchan tokni o'zgaruvchan tokga aylantirib beruvchi converter mavjud. Bu qurilma yordamida elektromobillarni o'zgaruvchan tok yordamida zaryadlash mumkin. Hozirgi kunda honadonlardagi istemol tokidan ham elektromobillarni zaryadlashda keng foydalanilmoqda. Bu turdagi zaryadlash qurilmari orqali elektromobillarni zaryadlash havfsiz bo'ladi, biroq zaryadlanish vaqti ko'p bo'ladi bu o'rtacha 4-12 soatni o'z ichiga olishi mumkun. O'zgaruvchan tok zaryadlash qurilmasi elektr transport vositalarining bort zaryadlovchisiga o'zgaruvchan tok quvvatini beradi. Chiqish quvvati odatda 3,5 kw, 7 kw, 9,6 kw, 11 kw va hokazo bo'lishi mumkin. O'zgaruvchan tok yordamida elektromobillarni zaryadlash ikkinchi yani tez zaryadlash turi hisoblanadi. Bu turdagi zaryadlash qurilmalari asosan zaryadlash stansiyalarida va kompaniyalarda foydalaniladi. Zaryadlash qurilmasining o'zida o'zgaruvchan tokni o'zgaruvchan tokga aylantirib

beruvchi konverter joylashgan. Shuning hisobiga elektromobilni zaryadlash vaqti kam va zaryadlovchi qurilmaning hajmi katta bo'ladi. Batareyalarning zaryadlanish vaqti va u zaryad yordamida elektromobilning qancha masofa bosib o'ta olishi batareyaning turi, sig'imi va elektr motorning qancha quvvat bilan harakatlanishiga uzviy bog'liq. Tez zaryadlovchi qurilma uch fazali quvvat manbaini qabul qiladi. Chiqish kuchlanishi va zaryad oqimni sozlash diapazoni katta, shuning uchun u tez zaryadlashni amalga oshirishi mumkin. O'zgaras tok zaryadlash qurilmalari odatda 50kw, 100kw, 350kw atrofida zaryad quvvatini beradi. Tezkor zaryad qurilmari orqali elektromobillarning zaryadlanish vaqti 30 minutdan 4 soatgacha bo'lishi mumkin.

Ortiqcha zaryadlash: Bu batareyaning zaryadi to'liq darajaga yetganda uni majburiy zaryadlanganda sodir bo'ladi. Bu holatda litiy ion batareyalarida katoddan va anoddagi plitadan litiy ko'proq miqdorda yo'qoladi. Ortiqcha zaryadlash katod materiallarining qulashiga olib keladi va ekzotermik yon reaksiyalarni kuchaytiradi, bu juda ko'p issiqlik hosil qiladi va shuning uchun batareyaning ichki haroratini tez oshiradi. Ommaviy ma'lumotlarga ko'ra, ortiqcha zaryadlash elektromobillarning ishdan chiqishining asosiy sabablaridan biridir. Ortiqcha zaryadlashni tushunish xavfsiz va ishonchli elektromobil batareyalarini loyihalash uchun juda muhimdir. Katod tomonida, olivin tipidagi LiFePO_4 (LFP) katodi to'liq delitiatsiyadan so'ng barqaror tuzilishi tufayli eng yaxshi ortiqcha zaryadlash ko'rsatkichiga ega. Iriyamaning tajribalari shuni ko'rsatadiki, LFP hatto 5,0 V (Li/Li⁺ ga nisbatan) zaryadlangan bo'lsa ham o'z tuzilishini barqaror ushlab turishi mumkin.

Yuqorida aytib o'tilganidek hozirgi kunda turli xil batareyalar elektromobillarda qo'llanilib kelinmoqda. Ularga misol qilib qo'rg'oshin kislatali, nikel-metal gibrid, litiy-ion va uchlik litiy batareya va boshqalarini misol qilib keltirishimiz mumkin.

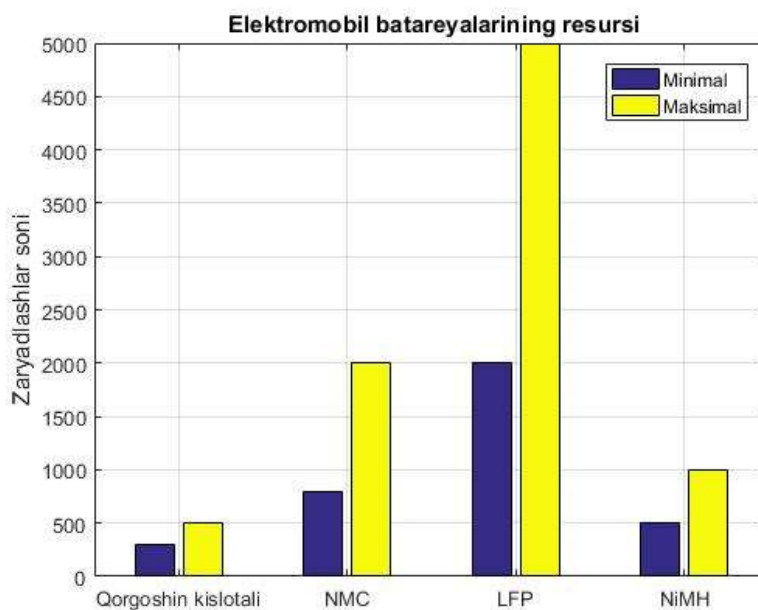
Qo'rg'oshin kislatali batareyalar: bu turdagi batareyalar elektromobillarning birinchi avlodlarida foydalanilgan va ularni ikki turga bo'lishimiz mumkin yani starterni ishga tushib berish uchun qisqa vaqtga ishlaydigan va elektromobillarda foydalanilgan turi yani elektr motorlarni elektr bilan ta'minlab beradigan. Bu turdagi batareyalar EV1 va Simith electrical vehicle kompaniyasining Smith Newton avtomobillarida foydalanilgan va uning zaryadi 50 foiz kam bolmasligi kerak edi, chunki batareyaning umri qisqarar edi. Qo'rg'oshin kislotali akkumulyatorlar, litiy-ionga nisbatan og'irroq va energiya zichligi pastroq bo'lsada, arzonligi tufayli dastlabki elektr yuk mashinalari prototiplarida ishlatilgan.

Nikel-metal gibrid (Ni-MH) batareyalar: Ni-MH batareyasining asosiy afzalliklari uning yuqori energiya zichligi va bu qo'rg'oshinli akkumulyatorlardan ikki baravar ko'pdir. Bundan tashqari, ushbu batareyalar tez zaryadlash qobiliyati, uzoq vaqt foydalanish muddati, keng ish harorati oralig'i va qayta ishlanishi tufayli atrof-muhitga kam zarar yetkazadi. To'g'ri ishlatilsa, nikel-metall gidridli batareyalar juda uzoq umr ko'rishi mumkin, chunki ular gibrid avtomobillarda va saqlanib qolgan birinchi avlod NiMH Toyota RAV4 EVlarida 160 000 km undan ortiq masofani bosib o'tgandan keyin ham yaxshi ishlaydi. Kamchiliklari orasida past samaradorlik, yuqori o'z-o'zidan zaryadsizlanish, sovuq havoda yomon ishlash va boshlang'ich narxidir kiradi.

Uchlik litiy batareyalar: Litiy, nikel, kobalt, marganets oksidi (NCM) batareyalarining asosiy afzalliklari yuqori energiya zichligi, uzoq vaqt foydalanish muddati, yaxshi quvvat chiqishi va issiqlik barqarorligi tufayli elektr transport vositalari, shu jumladan yuk mashinalari uchun mashhur tanlovdir. NCM past haroratlarga chidamli va nisbatan past erish nuqtasiga ega, shuning uchun ishlab chiqaruvchilar tashqi tomondan sovutish korpusini qo'shadilar, bu esa narxni oshiradi, lekin u past haroratlarga chidamli va minus 30°C darajada doimiy ishlashi mumkin. Biroq, narx, kobaltga bog'liqlik, xavfsizlik muammolari va atrof-muhit, yuqori haroratda kimyoviy reaksiyaga ega bo'lib, yong'inga moyil va past xavfsizlikka ega. Bu masalalarini hal qilish ushbu batareya texnologiyasini yanada rivojlantirish va qabul qilish uchun muhim bo'lib qolmoqda. Bu turdagi batareyalar BYD kompaniyasining BYD T7, BYD T8 va QX 8TEV elektr yuk mashinalarida foydalanilgan.

Litiy temir fosfat (LFP): LFP batareyalari sifatida ham tanilgan LFP batareyalari katod materiali sifatida litiy temir fosfat (LiFePO₄) dan foydalanadi. Anod moddasi odatda grafit, elektrolit esa organik erituvchida erigan litiy tuzidir. Bu turdagi batareyalarni boshqa litiy temir batareyalariga nisbatan xavfsiz hisoblanadi chunki batareyaning qizib ketish havfi kamroq, og'ir ob-havo sharoitida ham yong'in chiqishi va portlashga kamroq moyil bo'ladi. LFP batareyalari uzoq umrga ega, ya'ni ular sezilarli darajada degradatsiyaga uchramasdan, ko'p sonli zaryadlash va zaryadsizlanish davrlariga bardosh bera oladi. Ular barqarorligi va vaqt o'tishi bilan quvvatni pasaytirishga chidamliligi bilan mashhur bo'lib, ularni uzoq muddatli ishonchlilik muhim bo'lgan ilovalar uchun ideal qiladi. Ular yuqori haroratga kamroq sezgir shuning uchun atrof-muhit harorati yuqori bo'lgan yoki haroratni boshqarish qiyin bo'lgan muhitda foydalanish uchun mos keladi. LFP batareyalarida temir va fosfat kabi ko'p miqdorda mavjud bo'lgan moddalardan foydalanilganligi va kobalt va nikeldan

foydalanmasligi tufayli bu turdagi batareyalar arzon hisoblanadi. LFP odatda arzonligi, eng yuqori issiqlik barqarorligi va uzoq hayot sikli qobiliyati uchun ishlatiladi. U 350 °C haroratda barqaror turishi mumkin, bu uning PO_4^{3-} oktaedral tuzilishidagi kuchli P=O kovalent bog'lanishi bilan bog'liq. Lekin u past haroratda ishlashda muammoga ega yani uning batareya quvvati minus 20°C daraja past haroratda 50% gacha kamayishi mumkun. BYD 5T, BYD T7, Fuse 6s15e, Qingling EV 100 va QX 8 TEV zamonaviy elektr yuk avtomobillarida qo'llanilgan.



2-rasm. Elektromobillarda foydalanilayotgan batareyalarning resursi ifodalangan.

Xulosa: LFP batareyalari 5 tonnalik yuklarni samartali tashish uchun elektr yuk mashinalariga eng yaxshi tanlov bo'la oladi. Havfsizlik darajasi boyicha hozirgi kunda keng ko'lamda foydalanilayotgan litiy ion batareyalarinng orasida yuqori o'rinda turadi. Yuqorida korsatib o'tilganidek LFP batareyalari 5000 hayot sikliga ega va bu ko'rsatgich batareyadn to'g'ri foydalanilganda bundan ham yuqori bo'lishi mumkun. LFP batareyalari o'zining arzon tan narxi bilan ham boshqa batareyalardan farq qiladi va bu turdagi batareyalar ortiqcha zaryadlashga ham juda yuqori darajada chidamli hisoblanadi. LFP batareyalari yuqori haroratli temperaturada ishlashga ham bardoshli hisoblanadi bu esa mamlakatimizning iqlim sharoitiga mos keladi. Bu turdagi batareyalarning tarkibida atrof-muhit uchun zararli bo'lgan kobalt yoq va tarkibidagi boshqa moddalar atrof-muhitga kamroq zarar yetkazadi. Qayta ishlash jarayoni ham boshqa turdagi litiy ion batareyalariga qaraganda yengilroq. LFP batareyalari yuqori zaryad chiqarish darajasiga ega bu esa elektr yuk mashinalarida qo'llashga mos keladi. Issiqlikga yuqori darajada chidamliligi tufayli bu turdagi batareyalar sovutish tizimini talab

qilmaydi bu esa uning narxini yanada kamaytiradi. Yuqori zaryadlash va zaryadsizlanish samaradorligiga ega odatda 90-95% atrofida, bu konvertatsiya jarayonida kamroq energiya yo'qolishini anglatadi. LFP batareyalari past o'z-o'zidan zaryadsizlanish tezligiga ega, yani ular ishlatilmaganda uzoq vaqt davomida zaryadini saqlab qoladi. Yuqoridagi ko'rsatgichlar LFP batareyalarini 5 tonnalik yuklarni samarali tashish uchun elektr yuk mashinalariga munosib batareya turi deb hisoblashga olib keladi

ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Jian Duan, Xuan Tang, Haifeng Dai, Ying Yang, Wangyan Wu, Xuezhe Wei, Yunhui Huang. Building Safe Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles: A Review. *Electrochemical Energy Reviews* (2020) 3:1-42, <https://doi.org/10.1007/s41918-019-00060-4>.
2. Wen, J.W., Yu, Y., Chen, C.H.: A review on lithium-ion batteries safety issues: existing problems and possible solutions. *Mater. Express* 2, 197-212 (2012). <https://doi.org/10.1166/mex.2012.1075>
3. Zhang, R., Zheng, Y., Duan, J., et al.: Batteries for electric vehicles: opportunities and challenges. *Science* 358, 10-13 (2017). (special issue)
4. 34. Minggao, O., Ren, D.S., Lu, L.G., et al.: Overcharge-induced capacity fading analysis for large format lithium-ion batteries with $\text{Li}_y\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2 + \text{Li}_y\text{Mn}_2\text{O}_4$ composite cathode. *J. Power Sources* 279, 626-635 (2015). <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2015.01.051>
5. 35. Zeng, Y.Q., Wu, K., Wang, D.Y., et al.: Overcharge investigation of lithium-ion polymer batteries. *J. Power Sources* 160, 1302-1307 (2006). <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2006.02.009>
6. Zhou, D.; Ravey, A.; Gao, F.; Miraoui, A.; Zhang, K. Online Estimation of Lithium Polymer Batteries State-of-Charge Using Particle Filter-Based Data Fusion with Multimodels Approach. *IEEE Trans. Ind. Appl.* 2016, 52, 2582-2595.
7. A. Goodarzi, and M. Alirezaei, "Integrated Fuzzy/Optimal Vehicle Dynamic Control," *International Journal of Automotive Technology*, 10(5) (2009).
8. Aleksandra Baczyńska, Waldemar Niewiadomski, Ana Gonzalves, Paulo Almeida and Ricardo Luhs. Li-NMC Batteries Model Evaluation with Experimental Data for Electric Vehicle Application. *Batteries* 2018, 4, 11; [doi:10.3390/batteries4010011](https://doi.org/10.3390/batteries4010011)

9. Sangwan, V.; Sharma, A.; Kumar, A.; Rathore, A.K. Equivalent circuit model parameters estimation of Li-ion battery: C-rate, SOC and temperature effects. In Proceedings of the (PEDES), Trivandrum, India, 14–17 December 2017.

10. Cheng, P.; Zhou, Y.; Song, Z. Modeling and SOC estimation of LiFePO₄ battery. In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), Qingdao, China, 3–7 December 2016.

11. Wang, D.; Bao, Y.; Shi, J. Online Lithium-Ion Battery Internal Resistance Measurement Application in State-of-Charge Estimation Using the Extended Kalman Filter. *Energies* 2017, 10, 1284, doi:10.3390/en10091284.

12. Jackey, R.; Saginaw, M.; Sanghvi, P.; Gazzarr, J. Battery Model Parameter Estimation Using a Layered Technique: An Example Using a Lithium Iron Phosphate Cell. SAE International 2013, doi:10.4271/2013-01-1547