



## GURUHLI AKKUMULYATORLARNI MUVOZANATLI ZARYADLASHDA FAOL VA PASSIV USULDAN BIRGALIKDA FOYDALANISH

**Qarshibayev A.I.** - t.f.d. (DSc) prof., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, Energo-mexanika fakulteti decani., **Botirov T.** - t.f.d. (DSc) prof., Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, "Avtomatlashtirish va boshqaruv" kafedrası professori., **Murodov X.Sh.** - Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, "Elektr energetikasi" kafedrası tayanch doktoranti

**Annotatsiya.** Maqolada guruhli ketma-ket ulangan, bir xil kuchlanishli qo'rg'oshin kislotali stasionar akkumulyator batareyalarining zaryadlash, zaryadsizlashda passiv va faol muvozanat usullarini ko'rib chiqilgan. Akkumulyator batareyalarini faol va passiv usulda zaryadlash shuningdek akkumulyatorlarga ulangan kuchlanish va harorat datchiklarining ulanish sxemalari keltirilgan. Zaryadlanish jarayonining modeli Matlab Simulinkda tekshirilgan. Akkumulyator batareyalarining passiv va faol usulda zaradlashdagi afzalliklar va kamchiliklar tahlil qilingan. Akkumulyator batareyalarining ekspluatatsiya davridan so'ng uning elektrotexnik parametrlarining o'zgarishi tahlil qilingan. Faol va passiv usul bilan zaryadlanish jarayanlari solishtirilib ularning zaryadlashdagi rejimlarini optimallashtirish tomonlari o'rganilgan. Ushbu maqolada guruhli akkumulyatorlarni muvozanatli kuchlanish bilan ta'minlash orqali ularning xizmat muddatini oshirish bo'yicha Matlab simulink dasturida imitatsion natijalar aks ettirilgan. Akkumulyatorlarni muvozanatli zaryadlash bila ularning energiya samaradorligini resurs tejamlorligiga erishish masalalari aks ettirilgan.

**Kalit so'zlar:** akkumulyator batareyalari, ketma-ket ulash, zaryadlanish, kuchlanish muvozanati, zaryadlanish darajasi, zaryadlash manbasi, aktiv qarshilik.

**Аннотация.** В статье рассмотрены пассивные и активные методы равновесия при зарядке, разрядке свинцово-кислотных стационарных аккумуляторных батарей с групповым последовательным подключением, одинаковым напряжением. Зарядка аккумуляторных батарей активным и пассивным способом также представлены схемы подключения датчиков напряжения и температуры, подключенных к аккумулятору. Модель процесса зарядки была проверена в Matlab Simulink. Проанализированы преимущества и недостатки зарядки аккумуляторных батарей как пассивным, так и активным способом. Проанализировано изменение электротехнических параметров аккумуляторных батарей после периода их эксплуатации. При сравнении процессов зарядки активным и пассивным способом изучаются аспекты оптимизации их режимов в зарядке. В этой статье представлены имитационные результаты программы Matlab Simulink по увеличению срока службы групповых аккумуляторов за счет обеспечения их сбалансированным напряжением. Отражены вопросы достижения ресурсосбережения при сбалансированной зарядке аккумуляторов, их энергоэффективности.

**Ключевые слова:** аккумуляторные батареи, последовательное подключение, зарядка, баланс напряжения, уровень заряда, источник зарядки, активное сопротивление.

**Annotation.** The article discusses passive and active equilibrium methods for charging and discharging lead-acid stationary batteries with a group serial connection with the same voltage. Charging batteries in an active and passive way also provides wiring diagrams for voltage and temperature sensors connected to batteries. The charging process model has been tested in Matlab Simulink. The advantages and disadvantages of charging batteries in both passive and active ways are analyzed. The change in the electrical parameters of batteries after the period of their operation is analyzed. When comparing the charging processes in an active and passive way, aspects of optimizing their charging modes are studied. This article presents the simulation results of the Matlab Simulink program to increase the service life of group batteries by providing them with a balanced voltage. The issues of achieving resource saving with balanced charging of batteries and their energy efficiency are reflected.

**Keywords:** rechargeable batteries, serial connection, charging, voltage balance, charge level, charging source, active resistance.

**Kirish.** Ko'plab zamonaviy energiya yig'uvchi manbalar sifatida hozirgi kunda ham katta quvvatdagi qo'rg'oshin-kislota asosidagi akkumulyator batareyalar amalda qo'llanilib kelinmoqda. Elektr ta'minoti tizimida akkumulyator batareyalaridan transportda, aviatsiya-kosmik qurilmalarida, suv texnikalarida, stasionar obyektlarda foydalanishda keng foydalanilib kelinmoqda. Birinchi navbatda o'ta muhim iste'molchilarni shuningdek ularning texnologik jarayonlarini va butun ishlab chiqarish majmualarini boshqarish tizimlarini elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlashda qo'llanilib kelinmoqda. Energiyani saqlash tizimi bozor iqtisodiyatida taraqqiy bo'lib bormoqda. Asosiy masala bo'lib akkumulyator batareyalarining asosiy parametrlarini nazorat qilish va energiya samaradorligini oshirishdan iborat bo'ladi. Hozirgi kunda ko'plab zamonaviy obyektlar yoki avtonom obyektlarda bo'ladigan baxtsiz hodisalar, buzulishlar va boshqa kritik vaziyatlar orqali elektr ta'minotidan uzulish orqali katta miqdordagi material yo'qotishlar yuzaga kelmoqda. Bu muammolarni hal qilishda qo'shimcha ravishda majmuaviy elektrotexnik qurilmalarni joriy etish bunda elektr energiyasini ishlab chiqish, saqlash, o'zgartirish va uzatishni talab etadi [1].

Guruhli akkumulyator batareyalari ketma-ket va parallel ulangan holda ishlatiladi. Bunda ularni zaryadlanishi va zaryadsizlanishi bir tomondan amalga oshiriladi. Ko'p elementli akkumulyator



bataryalari asosida zaryadlash va zaryadsizlanishni amalga oshirish juda murakkab tizim hisoblanadi. Elementlar soni oshib borishi uning nazorat va boshqaruv tizimini murakkablashtiradi shu bilan bir qatorda ularning zaryadlanish va zaryadsizlanish jarayonida har bir elementdagi elektrotexnika parametrlarini nazoratini olib boorish shu orqali monitoring qilish imkoniyatining mavjud emasligi akkumulyator bataryalarining ishlash muddatini kamayishiga sabab bo'lmoqda. Buning asosiy sababi bir xil kuchlanishli akkumulyator bataryalarini vaqt o'tishi bilan to'la zaryadlanish kuchlanishining o'zgarib borishi va bu holatda zaryadsizlanish tokining har xil bo'lishi akkumulyator bataryalarning zaryadlanish darajasining pasayishiga va zaryadsizlanish chuqurligi ko'rsatkichining oshishishiga olib keladi [2,3].

Hozirgi kunda energiyadan foydalanish juda keskin o'sib bormoqda. Hozirgi kunda quvvati 2 MVtgacha bo'lgan katta quvvatli tayanch nimstansiyalar mavjud. Bunda majmuadagi akkumulyatorlar soni 1000 dan ortib ketadi [4]. Eksploatatsiya tajribasi shuni ko'rsatadiki akkumulyatorlarning texnik xususiyatlari, bir-biridan farq qiladi bu esa umumiy samaradorlikka salbiy ta'sir qiladi (sig'imining kamayishiga, uzoq muddat ishlashining pasayishiga va boshqalarga). Shuning uchun ham akkumulyator bataryalarning diagnostikasi, muvozanatlashuvi va nazorat tizimini bog'lash dolzarb hisoblanadi [5].

Nazorat tizimi, muvozanatlashuv va diagnostika tizimlari hozirgi vaqtda siklli zaryadlanuvchi bataryalarda mavjud tizimlarning zaruriy qismi hisoblanadi. Bunday rivojlanishning asosiy yo'nalishlari akkumulyator bataryea tizimlarining massa o'lchov ko'rsatkichlarini kamaytirish, akkumulyator bataryalarni boshqarishning yanada samarali algoritmlarini ishlab chiqish, energiya sarfini kamaytirish va bataryalarni qizishni oldini olishga qaratilgan. Guruhli bataryadan foydalanish muammolaridan biri bu bataryalarda kuchlanish muvozanatlashuvining bo'lmasligidir [6].

Kuchlanish muvozanatlashuvning buzulishi bu – turli xil faktorlar ta'sirida akkumulyator bataryalarning kontaktlaridagi kuchlanishning farqlarini oshib ketishi hisoblanadi. Maqolada katta sig'imli akkumulyator bataryalarning muvozanatlashuvi ko'rib chiqilgan. 1-rasmda nominal kuchlanishi 2 V dan bo'lgan OpzV 16-2000 markali GEL texnologiyali ko'plab akumulyatorli ta'minlash manbayini ketma-ket holatda, kuchlanish muvozanatlashuv kuchlanish datchiklari ulanishi sxema tuzilgan. OpzV 16-2000 markali akkmulyatorlarining ishlash mudati 20 yilgacha hisoblanadi. Ushbu markali bataryalarni parametrlari bo'yicha Matlab simulinkda sxemasi qurilib, ularning zaryadlanish va zaryadsizlanishdagi har bir elementning kuchlanish o'zgarishlarini o'lchov qurilmalari yordamida kuchlanish va tok qiymatlari nazorati amalga oshiriladi.

Akkumulyatorlarni muvozanatli zaryadlash va muvozanatlash bilan ko'pchilik olimlar ish olib borish kerak. Ularning ishlarini o'rganib chiqib bir nechta xulosalar kelib chiqdi. Shulardan ayrimlarini ko'rib chiqamiz.

Serdechniy Denis Vladimirovich o'zining ishlarida avtonom elektrotransport obyektlari uchun ko'p elemntli litiy-ionli akkumulyatorlarni muvoznatlash jarayonini takomillashtirish ekspluatatsion xususiyatlarni yaxshilash bo'yicha ko'rib chiqqan. Bunda u ularni passiv usulda muvozanatlash usulini ishlab chiqib joriy etgan.

Y.B. Kamenev ham o'zining ishlarida katta sig'imli qo'rg'oshin-kislotali germetik akkumulyatorlarning ekspluatatsion xususiyatlarini oshirish bo'yich ko'rib chiqqan. Akkumulyatorlarning ishlash muddatini oshirish bo'yicha musbat elektrodlarni o'tkazish qobiliyatini yaxshilash va kuhlanishni muvozanatlash bo'yicha ko'plab ishlarni amalga oshirgan.

S.S. Volkov ham o'zining qo'rg'oshin-kislotali akkumulyatorlar elektr xususiyatlarini o'zgartirish jarayonini modellashtirish bo'yicha ish olib brogan va o'zning ishlarida matemetik modellar orqali, Sheferd tenglamlarini o'zgartiris orqali akkumulyatorlarda degretatsiya jarayonini sekinlashtirish maslali bo'yicha nazariy ishlar olib brogan.

#### Tadqiqot qismi.

Akkumulyator bataryalaridagi kuchlanishni muvozanatlashuvini ta'minlashning 2 ta yo'nalsishi mavjud [7]:

-passiv muvozanat. Ballast yuklamada orticha energiyani sochilishiga bog'liq bo'ladi. Oddiy amalga oshiriladi, lekin energiya samarador emas, bataryea asosiy bo'lgan qurilmalarda masalan mobil qurilmalarida o'ta muhim hisoblanadi.

-faol muvozanat. Bataryelar orasidagi energiyani qayta taqsimlashdan iborat.

Ushbu usul energiya samarador, ammo uni amalga oshirish ko'proq mehnat va mablag' talab etadi.

Nomuvozantlashuvning sabablari turlicha hisoblanib akkumulyator bataryelar elementlarining quyida keltirilgan texnik xususiyatlariga bog'liq bo'ladi:

- elementlarning elektr sig'imiga. Bir partiyadagi, bir xil markali akkumulyator sig'imlari ham farqli bo'ladi. Yangi akkumulyatorlar uchun ham sig'imlari nominalidan 5% gacha farq qiladi.

- sizish toki. Sizib o'tish tokining kattaligi barcha akkumulyatorlar uchun bir xil hisoblanmaydi.

- akkumlayator elementlarining qarshiliklari.

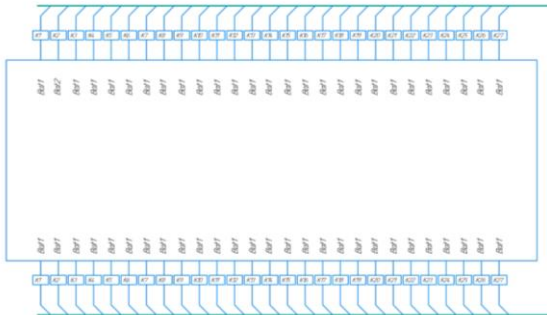
Bundan tashqari tashqi faktorlar ta'sirida ham farqlar yuzaga keladi:

- elementlardagi haroratlar farqi. Batryea ichidagi harorat atrof muxit haroratiga va ishlash vaqtidagi quvvat sochilishiga bog'liq bo'ladi.

- zavod tomonidan defekt bo'lishi. Elektrodlarni tayyorlashdagi, chiqishlardagi, elektrolit sifatida ham bo'ladigan defektlar kiradi.

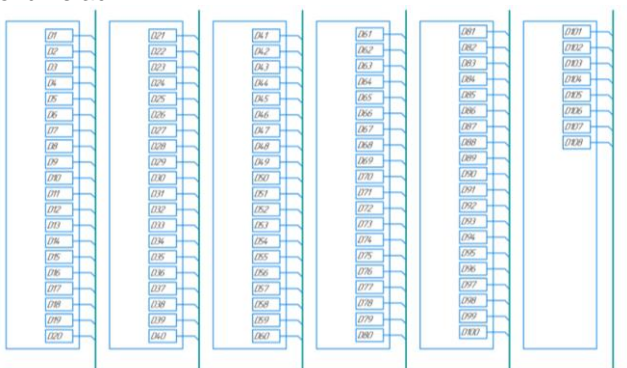
Eskirish jarayoni. Har bir elementda degredatsiya jarayoni turlicha tezlikda ro'y beradi. Bu sabab bo'yicha yangi va eski akkumulyatorlardan birgalikda foydalanish tavsiya etilmaydi.

Dastlab 1-rasmda guruhli ulangan akkumulyator batareyalarining ketma-ket ulanganda ularning har birida nominal kuchlanishi 2 V dan bo'lgan batariyalarda to'la zaryadlangandagi kuchlanishlar aniqlash kuchlanish datchiklari ko'rsatilgan.



1-rasm. Ketma-ket ulangan akkumulyator batareyalarining kuchlanish datchiklarining ulanishi

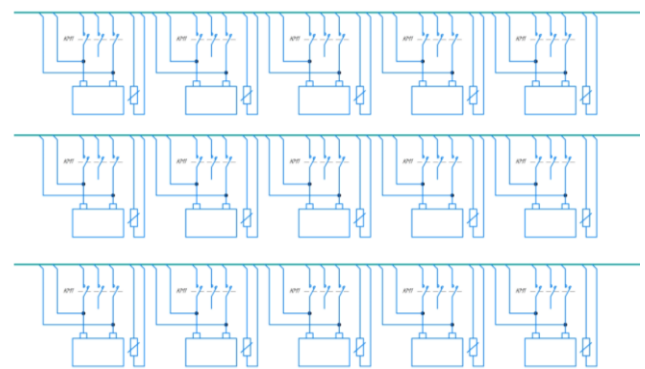
Umumiy batareyalardagi kuchlanish nomuvoznatlashuvni tashkil etadi. Bir necha yil ekspluatatsiya vaqtlaridan so'ng batareyalardagi kuchlanishlar o'zgarishlar bo'ladi. Ya'ni uzoq muddatli ekspluatatsiya davridan so'ng akkumulyatorlardagi umumiy kuchlanishi o'zgarmagan holda bo'lgan har bir elementida bir xil bo'lmagan kuchlanishlarni hosil qiladi. Bunda misol tariqasida birinchi batareya 2.52 V katta kuchlanishda (OpzV 16-2000 batareyasi uchun maksimal kuchlanish 2.4 V ni tashki qiladi). Bu akkumulyator ichki tuzulishini buzishga olib keladi. Beshinchi batareyada kuchlanish 1.59 V (OpzV 16-2000 batareyasi uchun minimal kuchlanish 1.6 V tashkil qiladi). Bu akkumulyator batareyasi ichida degredatsiya jarayonini yuzaga keltiradi ya'ni resurs va sig'imni pasayishiga olib keladi. Qolgan akkumulyatorlarda kuchlanish ishchi kuchlanish sohasi oralig'iga tushadi. Ammo ularda ham kuchlanishlar farqi 0.1 V dan yuqori hisoblanadi va bu ham elementlarning resurslar holatini nohush holatlarga olib keladi.



2-rasm. Guruhli ulagan akkumulyatorlarga harorat datchiklarining ulanishi

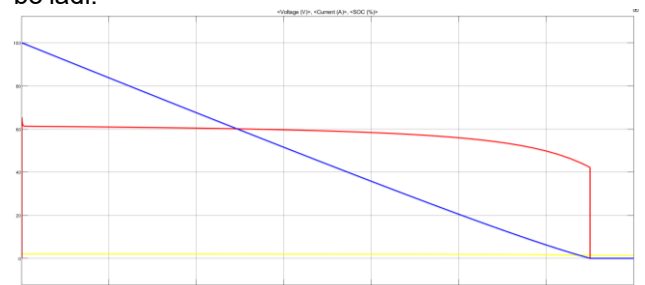
Tajribani tahlil qilib, aniqlik va ko'p qirralilikni ta'minlash uchun batareyani modellashtirishni simulyatsiyalash uchun standart elektrotexnik paketlaridan almashtirish sxemalari yordamida amalga oshirish maqsadga muvofiqdir degan xulosaga kelishimiz mumkin. Fizik yetarlilik tamoyillariga asoslanib, almashtirish modelini kuchlanish manbadan foydalanmasdan tuzish afzalroqdir, lekin faqat undagi minimal va maksimal kuchlanishni cheklaydigan sig'im va boshqa tashkil etuvchilar, shuningdek zaryadlanish vaqtida o'ta kuchlanishni va zanjirdagi batareyaning boshqa xususiyatlarini imitatsiya qilinadi. Qurilgan sxema asosida quyidagi natijalarni olamiz.

3-rasmda bir hil parametrlil akkumulyator batareyasini ketma-ket ulab sxemasi asosida passiv va faol usullar dasturida natijalar oldik. Uning kuchlanish, tok va zaryadsizlanish darajaini vaqt bo'yicha o'zgarishini o'rganildi.



3-rasm. Guruhli akkumulyatorlarni passiv va faol usulda muvozanatli zaryadlash sxemasi.

Olingan natijalar asosida shuni aytish mumkinki nomuvozatlashuv sharoitida zaryadlanish toki nohiziqli xarakterga ega bo'ladi. Bunda akkumulyatorlarni uzib, ulash uning ish holatiga salbiy ta'sir o'tkazadi. Zaryadlanish darajasining o'zgarishi chiziqli ravishda kamaya boradi. Zaryadlanish va zaryadsizlanish kuchlanishlari bir-biridan keskin farqlanishi mumkin emas. Bunda akkumulyatorning zaryadlanish tezligi sig'imning 80 % miqdorigacha bo'ladi lekin undan keyin akkumulyatorlarda material tanqisligini hosil qila boshlaydi. Manba yuklamasidagi quvvat bir xilda o'zgarsada iste'molchi va batareyada quvvat vaqtning dastlabki holatida sakrab o'tish orqali kechayapti. Bunda quvvat sochilishi nomuvozantalashuv jarayonining o'tish vaqti bog'liq bo'ladi.



4-rasm. Simulyatsiya darajasi zaryadlanish darasi, kuchlanishi va tokining o'zgarishi



**Xulosa.** Xulosa qilib shuni aytish mumkinki hozirgi kunda batareyalarni nazorat qilish, undagi muvozanatni ta'minlash dolzarb va ko'p yo'nalishlarda tadqiqotlarni olib borishni talab etadi. Nomuvozantlashuvga ta'sir etuvchi omillarni aniqlash ularni bartaraf etish, batareya nazorat tizimini qayta ishlab chiqish akkumulyator batareyalarning xususiy tizimlarini yaxshilashga xizmat qiladi. Passiv muvozanatlash hozirgi kunda o'zing mohiyatini yo'qotgan va istiqbolga ega emas. Ammo faol usulni kelajakda yanada rivojlantirish orqali akkumulyator batareyalarning ekspluatatsiya xususiyatlarini oshirish va energiyani iqtisod qilish imkoniyatini yaratadi.

Faol usulni afzalliklari quyidagilardan iborat:

- muvozanatlash orqali akkumulyatorlarda energiyani tejash;
- teng miqdorda zaryadlanish xususiyati;
- batareyalarning xizmat muddatini oshirish.

Shu bilan birga faol usulning ham kamchiliklari mavjud bular quyidagilar:

- tuzulishning murakkabligi;
- passiv usulga nisbatana qimmat bo'lishi;
- bazi holatlarda optimal bo'la olmasligi.

Faol muvozanatlash tizimini yanada takomillashtirish bilan quyidagilarga erishish mumkin:

- tizimning eng maqbul tuzulishini aniqlash (zaryadlash qurilmasi bilan birgalikda);
- Turli xil ish sharoitlarida har xil holatlarni testlash.

#### Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

[1]. Khasan Murodov and Askarbek Karshibayev, Development of the management system of technical indications of high-power charger-discharger rectifier device. // E3S Web Conf. Volume 417, 2023 III International Conference on Geotechnology, Mining and Rational Use of Natural Resources (GEOTECH-2023).

[2]. Murodov Xasan Shuxratovich, Karshibaev Askarbek Ilashевич, Norkulov Aslidin Olimovich. Анализ устройств непрерывного электрического питания на Навойской тепловой станции. // Innovative developments and research in education International scientific-online conference

[3]. N. O. Ataulaev, E. A. Dzaruhina, Kh. Sh. Murodov Static Characteristics of Magnetic Modulation DC Converters with Analog Filter. // Science and Technique. International Scientific and Technical Journal. 22, № 5 (2023). ISSN 2414-0392

[4]. Смоленцев, Н. И. Накопители энергии в локальных электрических сетях / Н. И. Смоленцев // Ползуновский вестник. – 2013. – № 4-2. – С. 176–181.

[5]. Рыкованов, А. С. Активные и пассивные системы баланса Li-ion аккумуляторных батарей / А. С. Рыкованов, С. С. Беляев // Компоненты и технологии. – 2014. – № 3. – С. 121–124.

[6]. Иншаков, А. П. Проблема мониторинга и балансировки аккумуляторных батарей транспортных средств / А. П. Иншаков, Ю. Б. Федотов, С. С. Десяев, Д. В. Байков // Вестник мордовского университета. – 2016. – Т. 26, № 1. – С. 40–49.

[7]. Ataulayev N, Ataulayev A and Karimtoshevich S M 2021 IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (UK) Journal of Physics: Conference Series, Volume 2094, Instrumentation Technology and Environmental Engineering Citation N O Ataulayev et al 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 2094 052039 DOI 10.1088/1742-6596/2094/5/052039

[8]. Simulink – моделирование и симуляция динамических систем для Simulink [Электронный ресурс] / MatLab и Simulink центр компетенций компании Mathworks. М., 2019. Режим доступа: <https://MatLab.ru/products/simulink>. Дата доступа: 10.07.2019.

[9]. Зализный, Д. И. Модель фотоэлемента для библиотеки SimPowerSystems пакета MatLab/Simulink / Д. И. Зализный // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг.объединений СНГ. 2019. Т. 62, № 2. С. 135–145. <https://doi.org/10.21122/1029-7448-2019-62-2-135-145>.

[10]. M. Ufert, B. Bäker, Battery Ageing as Part of the System Design of Battery Electric Urban Bus Fleets. // Ufert M., Baker B. (2020) Battery Ageing as Part of the System Design of Battery Electric Urban Bus Fleets. Science and Technique. 19 (1), 12–19.