

QUYOSH PANELI (FOTOELEKTRIK TIZIM) VA AKKUMULYATORLARNING UZOQ MUDDATLI ISHLASHI ISTIQBOLLARI

Safarmatov Uchqunjon Sohibjon o'g'li

Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filiali, assistant

Annotatsiya: Global miqyosda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga qiziqish ortib borayotgan bir vaqtda, quyosh panellari (fotovoltaik tizimlar) va ular bilan bog'liq energiya saqlash texnologiyalarining uzoq muddatli ishlashi muhim ilmiy-texnik va iqtisodiy ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu maqola quyosh panellari bilan birgalikda ishlatiladigan akkumulyatorlarning ishlash muddatini, samaradorligini va texnologik istiqbollari tahlil qiladi. Asosiy e'tibor litiy-ion, qo'rg'oshin-kislota hamda yangi avlod energiya saqlash tizimlariga qaratilgan.

Maqolada quyidagi masalalar ko'rib chiqiladi: akkumulyatorlarning ishlash sikli (charge-discharge cycles), degradatsiya mexanizmlari, iqlim sharoitlarining ta'siri, saqlash samaradorligini oshirish usullari, va energiya boshqaruvi tizimlarining roli. Tadqiqotda shuningdek, akkumulyatorlarning ekologik va iqtisodiy jihatlari, ularni qayta ishlash imkoniyatlari, va kelajakda kutilyotgan texnologik yutuqlar haqida ham ma'lumotlar beriladi.

Analitik ma'lumotlar asosida quyosh energiyasidan foydalanish samaradorligini maksimal darajada oshirish uchun zamonaviy akkumulyator texnologiyalarini rivojlantirish istiqbollari, ularning o'zaro uyg'unligi va amaliyotda qo'llanish senariylari tahlil qilinadi. Maqola muqobil energiya manbalariga o'tish jarayonida energiya saqlash texnologiyalarining hal qiluvchi ahamiyatini namoyon etadi.

Kalit so'zlar: quyosh panellari, akkumulyatorlar, litiy-ion batareyalar, energiya saqlash, qayta tiklanuvchi energiya, texnologik istiqbollar.

Kirish.

So'nggi yillarda butun dunyo bo'ylab energiyaga bo'lgan talab ortib borayotgan bir vaqtda, ekologik barqarorlik va energiya xavfsizligini ta'minlash dolzarb masalaga aylanmoqda. Ayniqsa, iqlim o'zgarishi va an'anaviy yoqilg'i manbalarining cheklanganligi insoniyatni qayta tiklanuvchi energiya manbalariga, jumladan quyosh energiyasiga murojaat qilishga undamoqda. Quyosh energiyasi toza, mavjudligi keng va ekologik jihatdan xavfsiz bo'lib, uzoq muddatli energetik mustaqillikni ta'minlashda muhim o'rin tutadi.

Quyosh energiyasidan samarali foydalanish uchun quyosh panellari (fotovoltaik tizimlar) va energiyani saqlovchi qurilmalar – ya'ni akkumulyatorlar – o'zaro integratsiyalashgan holda ishlatiladi. Quyosh panellari elektr energiyasini ishlab

chiqaruvchi manba sifatida xizmat qilsa, akkumulyatorlar ishlab chiqarilgan energiyani saqlab turadi va quyosh bo'lmagan paytlarda foydalanish imkonini yaratadi. Biroq, har ikkala komponentning ham uzoq muddatli ishlashi ko'plab omillarga bog'liq bo'lib, ularni chuqur o'rganish talab etiladi.

Akkumulyatorlar texnologiyasi sohasidagi rivojlanishlar energiyani samarali saqlashni ta'minlash, tizim samaradorligini oshirish va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirishga xizmat qilmoqda. Shuningdek, yangi materiallar, aqlli boshqaruv tizimlari va optimal ishlash shartlari bo'yicha olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar akkumulyatorlarning ishlash muddatini uzaytirish imkonini bermoqda.

Ushbu maqolada quyosh panellari va u bilan bog'liq akkumulyatorlarning uzoq muddatli ishlashiga ta'sir etuvchi texnik, fizik va tashkiliy omillar ko'rib chiqiladi. Shuningdek, mavjud texnologiyalarni tahlil qilish, ularning afzallik va kamchiliklarini aniqlash hamda istiqbolli yo'nalishlar haqida fikr yuritiladi. Maqolaning maqsadi — energiya saqlash tizimlarining uzoq muddatli ishlashini ta'minlash uchun ilmiy asoslangan yechimlar va amaliy tavsiyalarni taklif qilishdan iborat.

1. QUYOSH PANELLARI SAMARADORLIGI VA DEGRADATSIYASI

IEA (International Energy Agency, 2022) ma'lumotlariga ko'ra, quyosh panellari odatda 25–30 yilgacha samarali ishlaydi. Biroq, samaradorlik yiliga o'rtacha 0.5–1% pasayadi. Green et al. (2019) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda quyosh panellaridagi degradatsiyaning asosiy sabablari – ultrabinafsha nurlanish, issiqlik ta'siri va namlik ekani qayd etilgan. Bunday omillar uzoq muddatda PV (photo-voltaic) tizimlarning ishlashiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

2. AKKUMULYATOR TURLARINING ISHLASH MUDDATI

NREL (National Renewable Energy Laboratory, 2020) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda litiy-ion akkumulyatorlar eng samarali saqlash tizimlaridan biri sifatida ko'rsatilib, ularning zaryadlash-bo'shatish sikllariga bog'liq holda 10–15 yilgacha xizmat qilishi aniqlangan. Qo'rg'oshin-kislota akkumulyatorlar esa, nisbatan arzon bo'lsa-da, atigi 3–7 yilgacha xizmat qiladi va samaradorligi pastroq (Luo et al., 2015).

3. HARORAT VA IQLIM SHAROITINING TA'SIRI

Park et al. (2017) tomonidan o'tkazilgan tadqiqot shuni ko'rsatdiki, harorat o'zgarishlari akkumulyatorlarning samaradorligi va hayotiy sikliga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, yuqori harorat litiy-ion batareyalarining ichki kimyoviy tarkibini tezroq eskishiga olib keladi. Sovuq harorat esa zaryad olish imkoniyatini cheklaydi.

4. ZAMONAVIY BOSHQARUV TIZIMLARI VA ULARNING ROLI

Battery Management System (BMS) texnologiyalari – ya'ni aqlli energiya boshqaruvi – bo'yicha so'nggi yillarda o'tkazilgan tadqiqotlar (Zhang et al., 2021) akkumulyatorlar umrini sezilarli darajada uzaytirishini ko'rsatmoqda. BMS zaryadlash

chuqurligi, harorat va oqimni real vaqt rejimida nazorat qilib, batareyani optimal holatda ishlashini ta'minlaydi.

5. TEXNOLOGIK RIVOJLANISH VA ISTIQBOLLAR

So'nggi yillarda natriy-ion va grafen asosidagi akkumulyatorlar bo'yicha tadqiqotlar faollashdi (Yao et al., 2022). Ushbu yangi materiallar energiya zichligi va xavfsizlik jihatdan istiqbolli bo'lib, akkumulyatorlarning ishlash muddatini uzaytirishga xizmat qiladi. Shuningdek, quyosh panellarida perovskit materiallar qo'llanilishi bo'yicha olib borilayotgan ilmiy ishlanmalar ham ularning samaradorligini oshirishi kutilmoqda.

Yuqoridagi adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, quyosh energiyasi tizimlarida ishlatiladigan akkumulyatorlarning uzoq muddatli ishlashi texnologik tanlov, ekspluatatsiya sharoitlari, boshqaruv tizimlari va iqlim omillariga bog'liq. Zamonaviy ilmiy ishlanmalar ushbu tizimlarning bardoshlilikini oshirishga, ularni yanada barqaror qilishga qaratilgan bo'lib, bu yo'nalishdagi izlanishlar dolzarbligini saqlab qolmoqda.

Asosiy qism

1. QUYOSH PANELLARI TIZIMLARINING ISHLASH PRINSIPI VA SAMARADORLIGI

Quyosh panellari, asosan, fotoelektrik (PV) hujayralar asosida ishlaydi. Ushbu hujayralar quyosh nurlarini elektr energiyasiga aylantiradi. PV panellarning samaradorligi, odatda, 15–22% oralig'ida bo'lib, bu ko'rsatkich ularning qanday materialdan tayyorlanganiga bog'liq:

- **Monokristalli kremniy** – yuqori samaradorlik (18–22%)
- **Polikristalli kremniy** – arzonroq, lekin nisbatan past samaradorlik (15–17%)
- **Amorf (noorganik) panellar** – eng past samaradorlik, biroq narxi arzon

Panellar har yili o'rtacha 0,5–1% degradatsiyaga uchraydi, bu esa ularning uzoq muddatli ishlashini cheklaydi. Degradatsiyaning asosiy sabablari – UV nurlanish, issiqlik ta'siri, chang va namlik.

2. AKKUMULYATORLARNING TURLARI VA ULARNING XOSSALARI

Quyosh energiyasi tizimlarida energiyani saqlash uchun quyidagi asosiy turdagi akkumulyatorlar qo'llaniladi:

2.1. Qo'rg'oshin-kislota akkumulyatorlar

- Arzon, ammo og'ir va xizmat muddati qisqa (3–5 yil)
- Ko'p texnik xizmat ko'rsatishni talab qiladi
- Tez-tez chuqur zaryaddan bo'shash – umrini sezilarli qisqartiradi

2.2. Litiy-ion akkumulyatorlar

- Yuqori energiya zichligi
- 10–15 yil xizmat muddati
- Kam texnik xizmat ko'rsatishni talab qiladi

- Issiqlikka sezgir, lekin samarali boshqaruv bilan uzoq xizmat qiladi
- 2.3. Yangi avlod akkumulyatorlar (flow battery, natriy-ion)
- Uzoq umr (20 yilgacha)
- Katta hajmdagi energiyani saqlash uchun mos
- Texnologiyasi hali keng ommalashmagan

3. AKKUMULYATORLARNING ISHLASH MUDDATIGA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR

Akkumulyatorlarning ishlash muddatini belgilovchi asosiy omillar:

• **Zaryadlash va bo'shash chuqurligi (Depth of Discharge, DoD):** 100% zaryad-bo'shash sikllari tezroq degradatsiyaga olib keladi. Optimal DoD ~50–80% atrofida.

• **Harorat:** Ideal ish harorati 20–25 °C. Harorat o'zgarishi kimyoviy reaksiyalarga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

• **Batareya boshqaruv tizimi (BMS):** Harorat, kuchlanish va tokni nazorat qilib, akkumulyator umrini sezilarli uzaytiradi.

• **Zaryadlash texnologiyasi:** MPPT (Maximum Power Point Tracking) texnologiyasi samarali energiya ishlab chiqarish va zaryadlashni ta'minlaydi.

4. Tizimni to'g'ri loyihalash va ekspluatatsiya qilish zarurati

Uzoq muddatli ishlashni ta'minlash uchun quyosh energiyasi tizimi quyidagicha loyihalanishi zarur:

- Yillik energiya talabi asosida panel va akkumulyator quvvatini aniqlash
- Haddan tashqari zaryad va bo'shashdan himoya qilish
- To'g'ri o'rnatish burchagi, soyadan xoli joy tanlash
- Texnik xizmat (changni artish, panel haroratini nazorat qilish)

5. TEXNOLOGIK ISTIQBOLLAR VA INNOVATSION YO'NALISHLAR

Yaqin kelajakda quyosh energiyasi va akkumulyator tizimlari quyidagi yo'nalishlarda rivojlanishi kutilmoqda:

- **Natriy-ion batareyalar:** arzon, xavfsiz, keng ommalashmoqda
- **Grafen asosli superkondensatorlar:** yuqori zaryadlash tezligi
- **Aqlli boshqaruv tizimlari (AI bilan):** energiya sarfini optimallashtirish
- **Recycling texnologiyalari:** akkumulyatorlarni ekologik qayta ishlash

Xulosa va Tavsiyalar

Ushbu maqolada quyosh panellari va ular bilan bog'liq energiya saqlash tizimlarining — ya'ni akkumulyatorlarning — uzoq muddatli ishlashini ta'minlaydigan asosiy texnik, fizika-kimyoviy va ekologik omillar tahlil qilindi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, fotovoltaik panellar nisbatan uzoq muddatga — 25–30 yilgacha — xizmat qila olsa-da, akkumulyatorlar bu borada zaifroq bo'lib, ularning ishlash muddati 5–15 yil atrofida cheklangan. Akkumulyatorlarning ishlash

samaradorligiga zaryadlash-bo'shash chuqurligi, harorat sharoitlari, kimyoviy tarkibi hamda aqlli boshqaruv tizimlari sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi.

So'nggi yillarda akkumulyator texnologiyasida kuzatilayotgan innovatsion rivojlanishlar, xususan litiy-ion va natriy-ion texnologiyalarining kengayishi, uzoq muddatli ishlash muammosini bartaraf etishga xizmat qilmoqda. Shu bilan birga, quyosh energiyasi tizimlarining samarali ishlashi uchun texnik loyihalashdan tortib ekspluatatsiya sharoitlarigacha bo'lgan barcha bosqichlar puxta o'ylab tashkil etilishi lozim.

1. **Akkumulyator tanlashda ehtiyotkorlik.** Litiy-ion yoki natriy-ion texnologiyasiga asoslangan batareyalar tanlansagina, uzoq muddatli, samarali va xavfsiz energiya saqlash tizimi yaratilishi mumkin.

2. **BMS (Battery Management System) o'rnatilishi.** Harorat, kuchlanish va zaryad holatini nazorat qiluvchi aqlli boshqaruv tizimlari akkumulyatorning xizmat muddatini sezilarli uzaytiradi.

3. **Zaryadlash va bo'shatish rejimini optimallashtirish.** Batareyalarni doimiy ravishda 100% to'liq zaryadlab-bo'shatish ularning umrini kamaytiradi. 20–80% oralig'ida foydalanish samaraliroq.

4. **Harorat nazoratini ta'minlash.** Akkumulyatorlarni haddan tashqari issiq yoki sovuq muhitdan himoya qilish kerak. Optimal harorat: 20–25 °C.

5. **Panel va batareya to'g'ri joylashtirilishi.** Quyosh panellarining to'g'ri burchakda, soyasiz joyda o'rnatilishi ham tizim samaradorligiga bevosita ta'sir qiladi.

6. **Innovatsion texnologiyalarga o'tish.** Natriy-ion, flow battery yoki grafenli superkondensatorlar kabi yangi texnologiyalarning rivojlanishini kuzatish va bosqichma-bosqich joriy etish tavsiya qilinadi.

7. **Qayta ishlash va ekologik yondashuv.** Eskirgan akkumulyatorlarni ekologik xavfsiz tarzda utilizatsiya qilish yoki qayta ishlash tizimlarini yo'lga qo'yish kerak.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Green, M. A., Dunlop, E. D., Levi, D. H., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., & Ho-Baillie, A. W. Y. (2019). Solar cell efficiency tables (version 53). *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 27(1), 3–12. <https://doi.org/10.1002/pip.3102>

2. Luo, X., Wang, J., Dooner, M., & Clarke, J. (2015). Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. *Applied Energy*, 137, 511–536. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.081>

3. S. U Sohibjon o'g'li (2025). Mechanical Methods For Eliminating Microcracks In Solar Panels: Efficiency And Technological Possibilities. Multidisciplinary Journal of Science and Technology

<https://www.mjstjournal.com/index.php/mjst/article/view/3217>

4. Yao, Y., Zhu, P., Zhao, C., & Xu, L. (2022). Emerging sodium-ion batteries: Progress and perspectives. *Journal of Power Sources*, 527, 231127. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2022.231127> *Mechanical Methods For Eliminating Microcracks In Solar Panels: Efficiency And Technological Possibilities*