

Fotoelektrik modullari va qurilmalari samaradorligini baxolash usullari o'rganish

Farrux M. Maxamadiyev¹, Laziz S. Baratov^{2,a}

¹ O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Energetika muammolari instituti "Elektrotexnologiyalar va energetik uskunalarni ekspluatatsiya qilish" laboratoriyasi mudiri, katta ilmiy xodim, PhD. makhammadievf@gmail.com <https://orcid.org/0009-0003-0830-6151>

^{2,a} Jizzax Politehnika instituti "Energetika va elektr texnologiyasi" kafedrasida assistenti. "Energetika muammolari instituti" mustaqil izlanuvchisi. lblazizbek94@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7178-1789>

Dolzarbli: mazkur ilmiy maqolada fotoelektrik modullari va qurilmalarining samaradorligini baholash usullari ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Quyosh energiyasidan foydalanish texnologiyalarining rivojlanishi energiya ta'minoti tizimida muhim o'rin egallaydi. Shu sababli fotoelektrik modullar samaradorligini aniqlash, tahlil qilish va optimallashtirish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Maqolada fotoelektrik effektning fizik asoslari, quyosh elementlarining tuzilishi, volt-ampere xarakteristikasi, laboratoriya va real ekspluatatsiya sharoitlarida samaradorlikni baholash usullari batafsil ko'rib chiqilgan. Shuningdek zamonaviy monitoring tizimlari va samaradorlikni oshirish texnologiyalari ham tahlil qilingan. Fotoelektrik modullari va qurilmalarining samaradorligini baholash usullari ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Quyosh energiyasidan foydalanish texnologiyalarining rivojlanishi energiya ta'minoti tizimida muhim o'rin egallaydi. Shu sababli fotoelektrik modullar samaradorligini aniqlash, tahlil qilish va optimallashtirish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Maqolada fotoelektrik effektning fizik asoslari, quyosh elementlarining tuzilishi, volt-ampere xarakteristikasi, laboratoriya va real ekspluatatsiya sharoitlarida samaradorlikni baholash usullari batafsil ko'rib chiqilgan. Shuningdek zamonaviy monitoring tizimlari va samaradorlikni oshirish texnologiyalari ham tahlil qilingan. O'zbekiston Respublikasida qayta tiklanuvchi energiya manbalarining salmog'i keskin oshib bormoqda, ayniqsa, quyosh elektr stansiyalarining elektr energetika tizimlariga keng miqyosda integratsiyalashuvi natijasida tizim chastotasi va kuchlanishini real vaqt rejimida boshqarilish bo'yicha yangi muammolar yuzaga kelmoqda. Quyosh energiyasi tabiiy ravishda o'zgaruvchan va uning qavvatini prognozlash qiyin bo'lgani sababli, ishlab chiqarish va yuklama o'rtasidagi muvozanatni saqlash, xususan fotoelektrik modullari va qurilmalari samaradorligini baxolash barqaror ushlab turish masalasi tobora dolzarb bo'lib bormoqda. Mazkur maqolada quyosh elektr stansiyasi bilan birga ishlovchi fotoelektrik modullari va qurilmalari samaradorligi ta'siri tahlil qilinadi.

Maqsad: energiya manbalarining, xususan quyosh elektr stansiyalari fotoelektrik modullar va qurilmalari samaradorligini baxolash usullari o'rganish elektr energetika tizimlariga integratsiyasi natijasida yuzaga kelayotgan muammolarini aniqlash, ularning tizimga ta'sirini tahlil qilish hamda barqarorligini ta'minlash ishlab chiqishdan iborat.

Usullar: elektr energetika tizimlarining fotoelektrik modullar va qurilmalari samaradorligini baxolash tahlil qilish maqsadida, quyosh elektr stansiyalar, fotoelektrik modullar va qurilmalar zamonaviy nazariyalari, nochiqli matematik dasturlash usullaridan foydalanildi.

Natijalar: quyosh elektr stansiyalar, fotoelektrik modullari va qurilmalari samaradorligini oshirish ta'sirini baholash natijalari keltirilgan.

Kalit so'zlar: fotoelektrik modul, quyosh energiyasi, samaradorlik, volt-ampere xarakteristikasi, quyosh elementi, monitoring tizimi, qayta tiklanuvchi energiya, energiya samaradorligi.

Исследование методов оценки эффективности фотоэлектрических модулей и устройств

Фаррух М. Махамдиев¹, Лазиз С. Баратов^{2,a}

¹Заведующий лабораторией «Электротехника и эксплуатация энергетического оборудования» Института проблем энергетики Академии наук Республики Узбекистан, старший научный сотрудник, кандидат наук. makhammadievf@gmail.com <https://orcid.org/0009-0003-0830-6151>

^{2,a}Ассистент кафедры «Энергетика и электротехника» Джизакского политехнического института. Независимый исследователь в «Институте проблем энергетики». lblazizbek94@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7178-1789>

Актуальность: данная научная статья научно анализирует методы оценки эффективности фотоэлектрических модулей и устройств. Развитие технологий использования солнечной энергии играет важную роль в энергоснабжении. Поэтому определение, анализ и оптимизация эффективности фотоэлектрических модулей является одной из актуальных задач. В статье подробно рассматриваются физические основы фотоэлектрического эффекта, структура солнечных элементов, вольт-амперная характеристика и методы оценки эффективности в лабораторных и реальных условиях эксплуатации. Также анализируются современные системы мониторинга и технологии повышения эффективности. Научно анализируются методы оценки эффективности фотоэлектрических модулей и устройств. Развитие технологий использования солнечной энергии играет важную роль в энергоснабжении. Поэтому определение, анализ и оптимизация эффективности фотоэлектрических модулей является одной из актуальных задач. В статье подробно рассматриваются физические основы фотоэлектрического эффекта, структура солнечных элементов, вольт-амперная характеристика и методы оценки эффективности в лабораторных и реальных условиях эксплуатации. Также анализируются современные системы мониторинга и технологии повышения эффективности. Доля

For citation: Makhamadiyev F.M., Baratov L.S. Study of methods for assessing the efficiency of photo-voltaic modules and devices. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2026, no. 2, pp. 180-186.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.21205925>

Received: 14.12.2025

Revised: 15.02.2026

Accepted: 13.06.2026

Published: 26.06.2026

Copyright: © Farrukh M. Makhamadiyev, Laziz S. Baratov, 2026. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

возобновляемых источников энергии в Республике Узбекистан быстро растет, особенно в результате масштабной интеграции солнечных электростанций в энергосистемы, что приводит к возникновению новых проблем в управлении частотой и напряжением системы в режиме реального времени. Поскольку солнечная энергия по своей природе изменчива, а ее мощность трудно предсказать, все более актуальной становится проблема поддержания баланса между производством и нагрузкой, в частности, оценка эффективности фотоэлектрических модулей и устройств, а также обеспечение их стабильности. В данной статье анализируется влияние фотоэлектрических модулей и устройств, работающих совместно с солнечной электростанцией, на эффективность фотоэлектрических модулей и устройств.

Цель: изучение методов оценки эффективности источников энергии, в частности фотоэлектрических модулей и устройств солнечных электростанций, выявление проблем, возникающих при их интеграции в энергосистемы, анализ их влияния на систему и разработка методов обеспечения их стабильности.

Методы: для оценки и анализа эффективности фотоэлектрических модулей и устройств в энергосистемах были использованы современные теории солнечных электростанций, фотоэлектрических модулей и устройств, а также методы нелинейного математического программирования.

Результаты: представлены результаты оценки влияния повышения эффективности солнечных электростанций, фотоэлектрических модулей и устройств.

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль, солнечная энергия, эффективность, вольт-амперная характеристика, солнечная батарея, система мониторинга, возобновляемая энергия, энергоэффективность.

Study of methods for assessing the efficiency of photovoltaic modules and devices

Farrukh M. Makhamadiyev¹, Laziz S. Baratov^{2, a}

¹Head of the Laboratory "Electrical Technologies and Operation of Power Equipment" of the Institute of Energy Problems of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Senior Researcher, PhD. makhammadiyevf@gmail.com <https://orcid.org/0009-0003-0830-6151>

^{2, a}Assistant of the Department of "Energy and Electrical Technology" of the Jizzakh Polytechnic Institute. Independent Researcher of the "Institute of Energy Problems". lbilazizbek94@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7178-1789>

Relevance: this scientific article scientifically analyzes the methods for assessing the efficiency of photovoltaic modules and devices. The development of solar energy utilization technologies plays an important role in the energy supply system. Therefore, determining, analyzing and optimizing the efficiency of photovoltaic modules is one of the current issues. The article examines in detail the physical foundations of the photovoltaic effect, the structure of solar cells, the volt-ampere characteristic, and methods for assessing efficiency in laboratory and real operating conditions. Modern monitoring systems and efficiency improvement technologies are also analyzed. Methods for assessing the efficiency of photovoltaic modules and devices are scientifically analyzed. The development of solar energy utilization technologies plays an important role in the energy supply system. Therefore, determining, analyzing and optimizing the efficiency of photovoltaic modules is one of the current issues. The article examines in detail the physical foundations of the photovoltaic effect, the structure of solar cells, the volt-ampere characteristic, and methods for assessing efficiency in laboratory and real operating conditions. Modern monitoring systems and efficiency improvement technologies are also analyzed. The share of renewable energy sources in the Republic of Uzbekistan is growing rapidly, especially as a result of the large-scale integration of solar power plants into the power system, new problems arise in real-time control of the system frequency and voltage. Since solar energy is inherently variable and its power is difficult to predict, the issue of maintaining a balance between production and load, in particular, assessing the efficiency of photovoltaic modules and devices, is becoming increasingly relevant. This article analyzes the impact of photovoltaic modules and devices operating in conjunction with a solar power plant on the efficiency of

Aim: the study of methods for assessing the efficiency of energy sources, in particular photovoltaic modules and devices of solar power plants, aims to identify problems arising from their integration into power systems, analyze their impact on the system, and develop methods to ensure its stability.

Methods: in order to evaluate and analyze the efficiency of photovoltaic modules and devices in power systems, modern theories of solar power plants, photovoltaic modules and devices, and nonlinear mathematical programming methods were used.

Results: the results of the assessment of the impact of increasing the efficiency of solar power plants, photovoltaic modules and devices are presented.

Keywords: photovoltaic module, solar energy, efficiency, volt-ampere characteristic, solar cell, monitoring system, renewable energy, energy efficiency

1. Kirish (Introduction)

Dunyo energetika tizimida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish tobora kengayib bormoqda. Ayniqsa quyosh energiyasi ekologik toza va cheksiz energiya manbai sifatida katta ahamiyat kasb etadi. Fotoelektrik modullar yordamida quyosh nurlarini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantirish texnologiyasi keng qo'llanilmoqda. Fotoelektrik tizimlar elektr energiyasini ishlab chiqarishning ekologik toza usullaridan biri bo'lib, atmosferaga zararli gazlar chiqarmaydi. Shu sababli ko'plab davlatlarda quyosh elektr stansiyalari qurilishi jadallashmoqda. Biroq ushbu tizimlarning samaradorligi ularning texnik holati va ishlash sharoitlariga bog'liq. Fotoelektrik modullar samaradorligini baholash tizimning iqtisodiy samaradorligini aniqlashda muhim rol o'ynaydi. Shuning

uchun ilmiy tadqiqotlarda fotoelektrik modullarning texnik parametrlari va ularning ishlash ko'rsatkichlarini chuqur o'rganish talab etiladi. Fotoelektrik modullar samaradorligini baholash tizimning iqtisodiy samaradorligini aniqlashda muhim rol o'ynaydi. Shuning uchun ilmiy tadqiqotlarda fotoelektrik modullarning texnik parametrlari va ularning ishlash ko'rsatkichlarini chuqur o'rganish talab etiladi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari dunyo energetika tizimining muhim qismiga aylanib bormoqda. Ayniqsa quyosh energiyasidan foydalanish texnologiyalari, jumladan fotoelektrik modullar yordamida elektr energiyasi ishlab chiqarish keng rivojlanmoqda. Fotoelektrik tizimlar ekologik toza, uzoq muddatli va barqaror energiya manbai sifatida muhim ahamiyatga ega. Fotoelektrik modullar quyosh nurlarini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantirish xususiyatiga ega bo'lgan yarimo'tkazgich qurilmalardir. Ushbu texnologiyaning samaradorligi va iqtisodiy foydaliligi ko'p jihatdan fotoelektrik modullar hamda ulardan tashkil topgan tizimlarning samaradorligini to'g'ri baholashga bog'liq.

So'nggi yillarda elektr energetika tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalarining, ayniqsa quyosh elektr stansiyalarining ulushi keskin oshib bormoqda. O'zbekiston Respublikasida ham mazkur jarayon faol bosqichga kirib, yirik quvvatli QESlar bosqichma-bosqich milliy elektr tarmog'iga integratsiyalashmoqda. Biroq bu holat tizimning an'anaviy ish faoliyatiga sezilarli o'zgarishlar kiritib, yangi muammolarni yuzaga keltirmoqda. Xususan, quyosh energiyasi o'zgaruvchan va qavvatini oldindan bashorat qilish qiyin bo'lgan tabiiy manba bo'lib, uning tizimga ulanishi real vaqt jarayonida ishlab chiqarish va yuklama o'rtasidagi muvozanatni saqlashni murakkablashtiradi. Bu esa, o'z navbatida, tizim chastotasining o'zgarishiga, kuchlanish darajasining ruxsat etilgan chegarasidan og'ishiga, hamda energetik sifat ko'rsatkichlarining yomonlashuviga olib keladi [1-2].

Mazkur ilmiy maqolada fotoelektrik modullarning ishlash prinsipi, ularning asosiy texnik parametrlari, samaradorlikni aniqlash mezonlari hamda amaliy baholash usullari keng tahlil qilindi. Shuningdek, laboratoriya va real ekspluatatsiya sharoitlarida samaradorlikni aniqlash usullari ham ko'rib chiqildi. Mazkur maqolaning asosiy maqsadi fotoelektrik modullari va qurilmalarining samaradorligini baholash usullarini o'rganish hamda ularni amaliy jihatdan tahlil qilishdan iborat.

2. Materiallar va usullar (Methods and materials)

Fotoelektrik effektning fizik asoslari. Fotoelektrik modullarning ishlashi fotoelektrik effekt hodisasiga asoslanadi. Fotoelektrik effekt — bu yorug'lik ta'sirida modda ichida elektronlarning ajralib chiqishi yoki elektr tok hosil bo'lishi jarayonidir. Quyosh elementi asosan yarimo'tkazgich materiallardan tayyorlanadi. Eng keng tarqalgan materiallardan biri kremniy hisoblanadi. Kremniy kristalli strukturasi p-n o'tish hosil qilinadi. Yorug'lik kvantlari yarimo'tkazgichga tushganda, ular elektron-teshik juftlarini hosil qiladi. Hosil bo'lgan zaryad tashuvchilar p-n o'tish elektr maydoni ta'sirida ajraladi va tashqi zanjir orqali elektr tok hosil qiladi. Shu tarzda quyosh energiyasi elektr energiyasiga aylantiriladi. Fotoelektrik modullarning tuzilishi. Fotoelektrik modul bir nechta quyosh elementlaridan tashkil topgan bo'ladi. Ushbu elementlar ketma-ket yoki parallel ulangan holda kerakli kuchlanish va tok qiymatlarini hosil qiladi [3-4].

Modulning asosiy qismlari quyidagilardan iborat:

- quyosh elementlari (solar cells), himoya oynasi, kapsulyatsiya qatlami, orqa himoya qatlami,
- alyuminiy ramka, ulanish qutisi.

Himoya oynasi quyosh elementlarini tashqi muhit ta'siridan himoya qiladi va yorug'likni maksimal darajada o'tkazishga xizmat qiladi. Kapsulyatsiya qatlami esa elementlarni mexanik shikastlanishdan saqlaydi. Fotoelektrik modullarning asosiy texnik parametrlari, fotoelektrik modullar samaradorligini baholashda bir qator texnik parametrlar muhim hisoblanadi. Eng asosiy ko'rsatkichlar quyidagilardan iborat:

1. Ochiq zanjir kuchlanishi (Voc).
2. Qisqa tutashuv toki (Isc).
3. Maksimal quvvat nuqtasi (Pmax).
4. To'ldirish koeffitsienti (Fill Factor).
5. Foydali ish koeffitsienti (η).

Ushbu parametrlar fotoelektrik modulning energiya ishlab chiqarish imkoniyatlarini aniqlashga yordam beradi. Fotoelektrik modul samaradorligi modul tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasining unga tushgan quyosh energiyasiga nisbatini bildiradi.

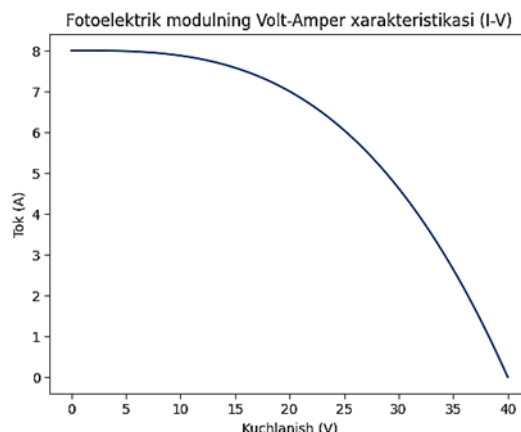
Samaradorlik quyidagi omillarga bog'liq: material sifati, ishlab chiqarish texnologiyasi, harorat, quyosh nuri intensivligi.

Laboratoriya sharoitida fotoelektrik modullar maxsus sinov uskunalari yordamida tekshiriladi. Standart sinov sharoitlari (STC) quyidagilarni o'z ichiga oladi:

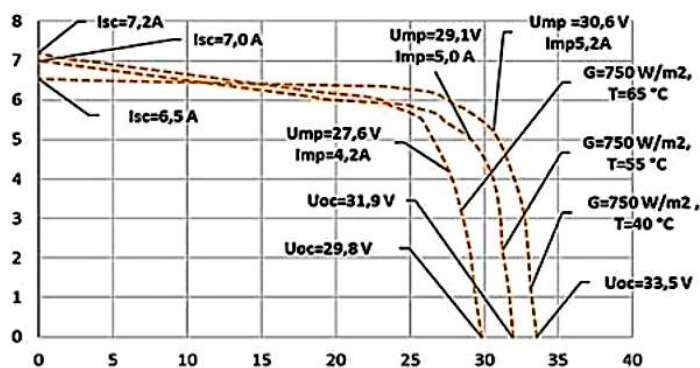
quyosh nurlanishi: 1000 W/m^2 , harorat: 25°C , havo massasi: AM 1.5

Maxsus quyosh simulyatorlari yordamida modulning volt-ampere xarakteristikasi olinadi. Ushbu xa-

rakteristika orqali maksimal quvvat nuqtasi aniqlanadi. Volt-ampere xarakteristikasi fotoelektrik modulning asosiy elektr xususiyatlarini ko'rsatadi. Grafikda kuchlanish va tok orasidagi bog'lanish aks etiriladi. Xarakteristika orqali quyidagi nuqtalar aniqlanadi: qisqa tutashuv toki, ochiq zanjir kuchlanishi, maksimal quvvat nuqtasi

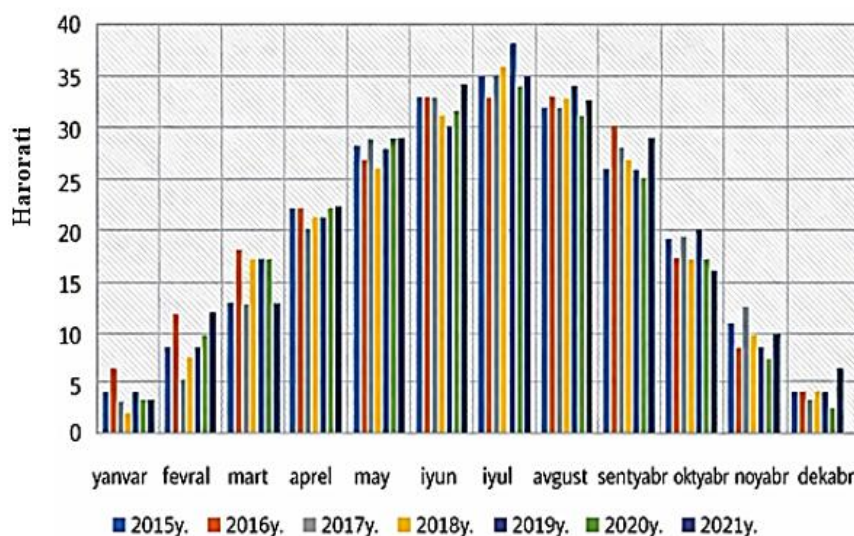


1-rasm Fotoelektrik modullarning asosiy elektr xususiyatlarini aniqlash uchun volt-ampere xarakteristikasi o'rganiladi. Ushbu grafik modul kuchlanishi va tok o'rtasidagi bog'liqlikni ko'rsatadi
Fig 1. The volt-ampere characteristic is studied to determine the basic electrical properties of photovoltaic modules. This graph shows the relationship between module voltage and current



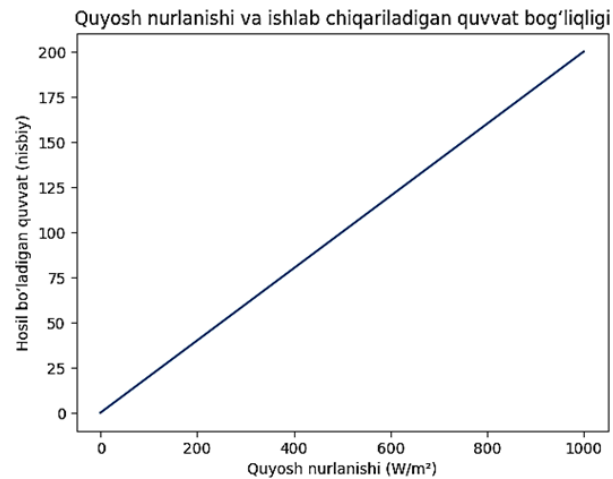
2-rasm Volt-ampere xarakteristikasining o'zgarishi har xil nurlanish intensivligi: 1-750 W/m²; 2-650 W/m²; 3- 550 W/m²

Fig 2. Changes in the volt-ampere characteristic at different radiation intensities: 1-750 W/m²; 2-650 W/m²; 3- 550 W/m²



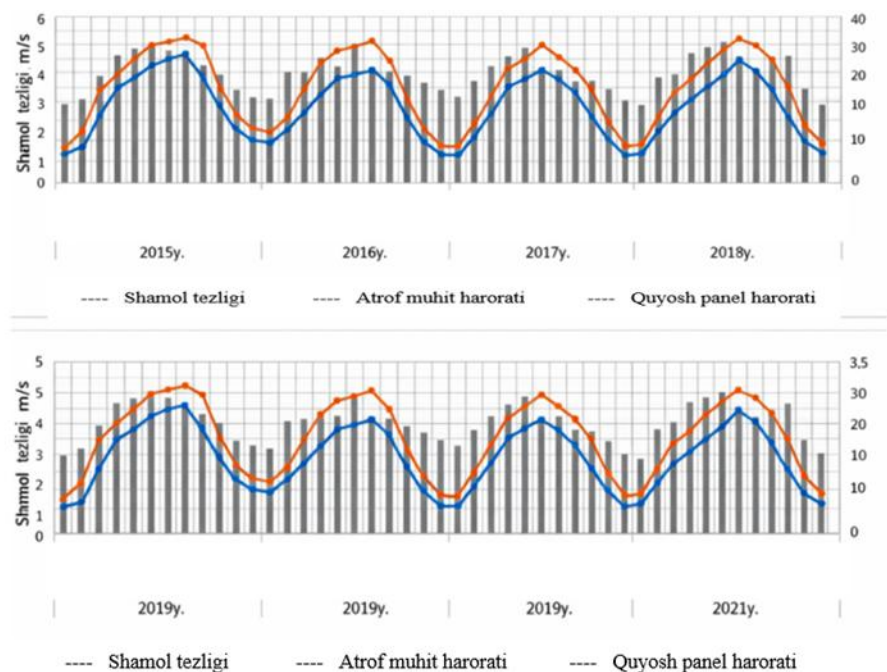
3-rasm Fotoelektrik modullar samaradorligi haroratga bog'liq ravishda o'zgaradi. Odatda harorat oshishi modul samaradorligining pasayishiga olib keladi

Fig 3 The efficiency of photovoltaic modules varies with temperature. Typically, an increase in temperature leads to a decrease in module efficiency



4-rasm Quyosh nurlanishi intensivligi ortishi bilan fotoelektrik modul tomonidan ishlab chiqariladigan elektr quvvati ham ortadi. Quyidagi grafik ushbu bog'liqlikni ko'rsatadi

Fig 4 As the intensity of solar radiation increases, the electrical power generated by a photovoltaic module also increases. The graph below shows this relationship



5-rasm Tashqi muhit harorati, quyosh paneli harorati, kunduzgi shamol tezligi V(m/s) ning yillik va oylik o'zgarishlari dinamikasi

Fig 5 Dynamics of annual and monthly changes in outdoor temperature, solar panel temperature, day-time wind speed V(m/s)

3. Natijalar (Results)

Mazkur tadqiqotda Quyosh elektr stansiyasi faqat 6:00 dan 18:00 gacha bo'lgan vaqt oralig'ida elektr energiyasi ishlab chiqaradi. Ushbu vaqt oralig'ida akkumulyatorli energiya saqlash tizimi qatnashmagan holatda tizim chastotasining o'zgarishi sezilarli darajada oshgan bo'lib, chastota ruxsat etilgan chegaralardan (49.9–50.1 Hz) tashqariga chiqmoqda. Quyosh energiyasi ishlab chiqarilishi vaqt oralig'i (taxminan 6:00–18:00) tarmoqdagi yuklama-balans nomutanosibligi kuchayganini ko'rsatadi. Shu sababli, AB tizimining ishtirokisiz QES integratsiyasi tizim barqarorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Fotoelektrik modullar real sharoitda ishlaganda ularning samaradorligi laboratoriya natijalaridan farq qilishi mumkin. Bunga iqlim sharoitlari, chang, soyalanish va harorat kabi omillar ta'sir qiladi. Shu sababli real ishlash samaradorligini baholash uchun uzoq muddatli monitoring tizimlari qo'llaniladi.

Monitoring tizimlari fotoelektrik stansiyalarning ishlash jarayonini doimiy ravishda nazorat qilish imkonini beradi. Ushbu tizimlar quyidagi parametrlarni o'lchaydi: ishlab chiqarilgan energiya, quyosh nurlanishi, modul harorati, tizim samaradorligi

Olingan ma'lumotlar asosida tizimning ishlash samaradorligi tahlil qilinadi. Fotoelektrik modullarning samaradorligini oshirish uchun quyidagi usullar qo'llaniladi:

- yuqori samarali materiallardan foydalanish,
- modul sovitish tizimlarini qo'llash;
- optimal burchakda o'rnatish;
- tozalash va texnik xizmat ko'rsatish.

4. Munozara (Discussion)

Ushbu tadqiqotda shakllantirilgan maqsadga muvofiq holda, quyosh elektr stansiyasi elektr energetika tizimidagi chastota barqarorligiga ta'siri simulyatsion asosda tahlil qilindi. Mazkur maqolada fotoelektrik modullarning ishlash prinsipi, texnik parametrlari hamda samaradorlikni baholash usullari tahlil qilindi. Laboratoriya va real sharoitlarda o'tkaziladigan baholash usullari fotoelektrik tizimlarning ishonchli ishlashini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Simulyatsiya natijalariga ko'ra, ABning tasiri tizim chastotasini nominal 50 Hz atrofida ushlab turishga yordam bergan bo'lib, energiya sifatini yaxshilash va tarmoq ishonchligini oshirishga xizmat qilgan. Chastota ruxsat etilgan oraliqdan chiqish ko'rsatkichlari AB mavjud bo'lmagan holatda sezilarli darajada ortgan bo'lsa, AB mavjud holatda bu holatlar deyarli kuzatilmagan.

Mazkur yondashuv elektr energiyasi tizimlarini barqarorlashtirish, tezkor rejalashtirish va dispetcherlik boshqaruv tizimlari uchun samarali vosita sifatida tavsiya etiladi.

5. Xulosa (Conclusion)

1. Fotoelektrik modullar qayta tiklanuvchi energiya manbalari ichida muhim o'rin egallaydi. Ularning samaradorligini to'g'ri baholash energiya tizimlarining samarali ishlashi uchun muhimdir.

2. QFES ishlab chiqarilgan elektr energiyaning ma'lum bir qismi QFESning o'z ehtiyojlariga sarflanadi, bunda elektr energiya sarflanishi yil fasllariga qarab turlicha bo'lishi, ya'ni yozda taxminan 2%, qishning bulutli va sovuq kunlarda esa 18% gacha borishi kuzatildi

3. Mazkur maqolada fotoelektrik modullarning ishlash prinsipi, texnik parametrlari hamda samaradorlikni baholash usullari tahlil qilindi. Laboratoriya va real sharoitlarda o'tkaziladigan baholash usullari fotoelektrik tizimlarning ishonchli ishlashini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega:

- real tashqi sharoitda uzoq muddatli energiya va PR tahlili;
- defekt va degradatsiya uchun ilg'or tasvirlash (EL, IR, EQE);
- sovitish va kuchaytiruvchi qurilmalar uchun termik energetik va texnik iqtisodiy ko'rsatkichlar;
- avtomatlashtirilgan o'lchash vositalari va soddalashtirilgan modellar yordamida tez baholash.

Mazkur usullar uyg'un qo'llanganda, fotoelektrik tizimlarning loyihalash, ekspluatatsiya va modernizatsiya jarayonlarida aniq va ishonchli qarorlar qabul qilish imkoniyati ortadi.

ADABIYOT

1. Maxammadiyev F. M. & Baratov L. S. (2026). Fotoelektrik modullarni ishlab chiqarishni mavjud va istiqbolli texnologiyalarini tadqiq qilish. *Development of science*, 2(5), pp. 357-363.
2. Т. Гайибов, Б. Узаков, А. Шаназаров. Алгоритм оптимизации режима энергосистемы с учетом потерь в сетях и включении отключения. //Материалы конференции AIP 2612, 050011 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0117667>.
3. Гайибов Т.Ш. Методы и алгоритмы оптимизации режимов электроэнергетических систем. // Т.: Ред. Ташкентский государственный технический университет, 2014.4.
4. Baratov L.S. Quyosh foto elektr stansiyalarining ahamiyati // Экономика и социум. 2025. №4-1 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/quyosh-foto-elektr-stansiyalarining-axamiyati> (13.03.2026).
5. Baratov L.S. Muqobil energiya manbalariga asoslangan energiya // Экономика и социум. 2025. №4-1 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/muqobil-energiya-manbalariga-asoslangan-energiya> (13.03.2026).
6. Baratov L.S., Tulakov J. T. Quyosh fotoelektr o'zgartgichlarining ahamiyati // Экономика и социум. 2025. №1-2 (128). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/quyosh-fotoelektr-o-zgartgichlarining-axamiyati> (13.03.2026).
7. Baratov L.S. Energetika soxasida dispetcherlik muhandislik tizimlari // Экономика и социум. 2025. №4-1 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energetika-soxasida-dispetcherlik-muhandislik-tizimlari> (13.03.2026).
8. Absalamovich N. B., Laziz B. The concept of a pumped storage power plant //International Journal of Scientific Trends. – 2023. – Т. 2. – №. 5. – С. 1.
9. Baratov L.S. Quyosh foto elektr stansiyalarining ahamiyati //Экономика и социум. 2025. №4-1 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/quyosh-foto-elektr-stansiyalarining-axamiyati> (13.03.2026).

10. Baratov L.S. Muqobil energiya manbalariga asoslangan energiya // Экономика и социум. 2025. №4-1 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/muqobil-energiya-manbalariga-asoslangan-energiya> (13.03.2026).
11. Yoshikawa K. et al. Silicon heterojunction solar cell technology development.
12. Qurbanov A., Baratov L. Jalilov O. Quyosh energiyasidan foydalanishda quyosh fotoelektr o'zgartgichlarining ahamiyati // Interpretation and researches. – 2023. – T. 1. – №. 6.
13. Baratov L., Majidov X. Elektromagnit o'zgartgich parametrlari // Talqin va tadqiqotlar. – 2023. – T. 1. – №. 21.

REFERENCES

1. Makhammadyev F. M. & Baratov L. S. (2026). Research of existing and prospective technologies of production of photoelectric modules. Development Of Science, 2(5), pp. 357-363.
2. T. Gayibov, B. Uzakov, A. Shanazarov. Algorithm optimization mode energosistemy s ucheto poterv setyakh i vklucheni otklyucheniya. // Materialy konferentsii AIP 2612, 050011 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0117667>.
3. Gayibov T.Sh. Method and algorithmic optimization of regimes of electric power systems. // T.: Ed. Tashkent State Technical University, 2014.4.(In Russ.)
4. Baratov L.S. The importance of solar photoelectric power stations // Economy and Society. 2025. No. 4-1 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/quyosh-foto-elektr-stansiyalarining-axamiyati> (13.03.2026). (In Uzb.)
5. Baratov L.S. Energy based on alternative energy sources // Economy and Society. 2025. No. 4-1 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/muqobil-energiya-manbalariga-asoslangan-energiya> (13.03.2026). (In Uzb.)
6. Baratov L.S., Tulakov J. T. The importance of solar photoelectric converters // Economy and Society. 2025. No. 1-2 (128). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/quyosh-fotoelektr-o-zgartgichlarining-axamiyati> (13.03.2026). (In Uzb.)
7. Baratov L.S. Dispatching engineering systems in the energy sector // Economy and society. 2025. No. 4-1 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energetika-soxasida-dispatcherlik-muhandislik-tizimlari> (13.03.2026). (In Uzb.)
8. Absalamovich N. B., Laziz B. The concept of a pumped storage power plant // International Journal of Scientific Trends. – 2023. – T. 2. – No. 5. – P. 1.
9. Baratov L.S. The importance of solar photovoltaic power plants // Economics and Society. 2025. No. 4-1 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/quyosh-foto-elektr-stanzialarining-ahamiyati> (13.03.2026). (In Uzb.)
10. Baratov L.S. Energy based on alternative energy sources // Economics and Society. 2025. No. 4-1 (131). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/muqobil-energiya-manbalariga-asoslangan-energiya> (13.03.2026). (In Uzb.)
11. Yoshikawa K. et al. Silicon heterojunction solar cell technology development.
12. Kurbanov A., Baratov L. Jalilov O. The importance of solar photovoltaic converters in the use of solar energy // Interpretation and researches. – 2023. – T. 1. – No. 6. (In Uzb.)
13. Baratov L., Majidov H. Parameters of electromagnetic converters // Interpretation and research. – 2023. – T. 1. – No. 21. (In Uzb.)