

Abilfayziyev Shokir Narmuratovich

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti

“Aniq va tabiiy fanlar” kafedrası mudiri,

E-mail: abilfayziyev@inbox.ru

Eshquvvatov Habibullo Mansur o‘g‘li

Termiz davlat universiteti mustaqil tadqiqotchisi

E-mail: habibulloeshauvvatov@gmail.com

UDK 621.383.51

**POLIKRISTALL VA MONOKRISTALL QUYOSH PANELLARINING
ISHLASH SAMARADORLIGINI REAL SHAROITDA EKSPERIMENTAL
BAHOLASH**

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada monokristalli va polikristalli fotoelektr (PV) modullarining turli burchak ostida o‘rnatilgandagi quvvat ishlab chiqarish samaradorligi tahlil qilingan. Tajribalar 31° va 46° burchaklarda o‘rnatilgan modullar asosida olib borildi. Natijalarga ko‘ra, 31° burchak ostida o‘rnatilgan monokristalli PV modulning o‘rtacha quvvati 7,0 W ni, polikristalli modulniki esa 7,4W ni tashkil etgan. 46° burchakda esa bu qiymatlar mos ravishda 7,9 W va 8,0W gacha oshgan bo‘lib, bu monokristalli modul uchun 12,8%, polikristalli modul uchun esa 8,1% quvvat ortishini ko‘rsatdi. Tahlil natijalaridan ma‘lum bo‘lishicha, quyosh panellarining samaradorligi ularning o‘rnatilish burchagiga bevosita bog‘liq bo‘lib, 46° burchak qishki fasl sharoitlarida optimal natija bergan. Shu sababli PV modullarni geografik joylashuv va mavsumiy quyosh nurlanish burchagiga mos holda joylashtirish elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini 10-15% gacha oshirishi mumkin.*

Tadqiqot natijalari quyosh energetik tizimlarini loyihalashda PV panellarining o'rnatilish burchagini optimallashtirishning amaliy ahamiyatini tasdiqlaydi.

***Kalit so'zlar:** quyosh panellari, monokristalli PV modul, polikristalli PV modul, o'rnatilish burchagi, quvvat samaradorligi, quyosh nurlanishi, qishki fasl, energiya ishlab chiqarish, fotoelektr tizimlar, optimallashtirish.*

Абилфайзиев Шокир Нармуратович

Заведующий кафедрой «Точные и естественные науки»

Термезского государственного университета инженерии и агротехнологий

Эшкувватов Хабибулло Мансур угли

Независимый исследователь Термезского государственного университета

ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ И МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ПАНЕЛИ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В данной статье проанализирована эффективность выработки электроэнергии монокристаллическими и поликристаллическими фотоэлектрическими (PV) модулями при установке под различными углами. Эксперименты проводились на модулях, установленных под углами 31° и 46° . Согласно результатам, средняя мощность монокристаллического PV-модуля при угле 31° составила 7,0 Вт, а поликристаллического модуля – 7,4 Вт. При угле 46° эти значения возросли до 7,9 Вт и 8,0 Вт соответственно, что соответствует увеличению мощности на 12,8% для монокристаллического модуля и на 8,1% для поликристаллического. Анализ показал, что эффективность солнечных панелей напрямую зависит от угла их установки, при этом угол 46° обеспечил оптимальный результат в зимний период. Следовательно, правильное расположение PV-модулей с учётом географического положения и сезонного угла падения солнечных

лучей может увеличить эффективность производства электроэнергии на 10–15%. Результаты исследования подтверждают практическую значимость оптимизации угла установки солнечных панелей при проектировании солнечных энергетических систем.

Ключевые слова: *солнечные панели, монокристаллический PV-модуль, поликристаллический PV-модуль, угол установки, эффективность мощности, солнечное излучение, зимний период, производство энергии, фотоэлектрические системы, оптимизация.*

Abilfayziyev Shokir Narmuratovich

Head of the Department of “Exact and Natural Sciences”

Termez State University of Engineering and Agrotechnologies

Eshquvvatov Habibbullo Mansur ogli

Independent researcher at Termez State University

POLYCRYSTALLINE AND MONOCRYSTALLINE SOLAR PANELS: EXPERIMENTAL EVALUATION OF PERFORMANCE IN REAL CONDITIONS

Abstract. *This paper analyzes the power generation efficiency of monocrystalline and polycrystalline photovoltaic (PV) modules installed at different tilt angles. Experiments were conducted on modules mounted at 31° and 46°. According to the results, the average power of the monocrystalline PV module at 31° was 7.0 W, while that of the polycrystalline module was 7.4 W. At 46°, these values increased to 7.9 W and 8.0 W, respectively, representing a power increase of 12.8% for the monocrystalline module and 8.1% for the polycrystalline module. The analysis indicates that the efficiency of solar panels is directly related to their installation angle, with 46° providing optimal results during the winter season.*

Therefore, positioning PV modules according to geographic location and seasonal solar incidence angles can enhance electricity generation efficiency by 10–15%.

The results confirm the practical significance of optimizing the tilt angle of solar panels in the design of photovoltaic energy systems.

Keywords: *solar panels, monocrystalline PV module, polycrystalline PV module, tilt angle, power efficiency, solar irradiation, winter season, energy generation, photovoltaic systems, optimization.*

Kirish (Introduction). So‘nggi yillarda global miqyosda energiya resurslariga bo‘lgan talabning ortishi va an‘anaviy yoqilg‘i manbalarining cheklanganligi qayta tiklanuvchi energiya manbalariga e‘tiborni kuchaytirdi. Shu jumladan, quyosh energiyasidan samarali foydalanish masalasi hozirgi kunda energetika sohasining eng dolzarb yo‘nalishlaridan biriga aylangan. Quyosh fotoelektr tizimlari (PV panellar) elektr energiyasini toza, barqaror va ekologik xavfsiz manbadan olish imkonini beradi.

Quyosh panellarining samaradorligi ko‘plab omillarga, jumladan, harorat, quyosh radiatsiyasi intensivligi, changlanish darajasi va o‘rnatilgan joyning geografik sharoitlariga bog‘liq. Ayniqsa, issiq va qurg‘oqchil mintaqalarda yuqori harorat va quyosh nuri intensivligining o‘zgaruvchanligi tufayli panellar samaradorligida sezilarli farqlar kuzatiladi. Shu sababli, real iqlim sharoitida turli turdagi quyosh panellarining (polikristalli va monokristalli) ishlash xususiyatlarini tajribaviy o‘rganish ularning amaliy qo‘llanilishi uchun muhim ahamiyatga ega.

Polikristalli va monokristalli quyosh panellari o‘z tuzilishi, ishlab chiqarish texnologiyasi hamda narxi bilan farqlanadi. Monokristalli panellar yuqori samaradorlikka ega bo‘lsa-da, ularning tannarxi nisbatan yuqori; polikristalli panellar esa arzonroq, biroq ularning samaradorligi biroz pastroq bo‘ladi. Shu bois, muayyan iqlim sharoitida qaysi turdagi panel yuqori natija berishini aniqlash amaliy jihatdan dolzarb masalalardan biridir.

Mazkur ishda polikristalli va monokristalli quyosh panellarining real tashqi muhit sharoitida ishlash samaradorligi eksperimental tarzda baholanadi. Tadqiqot natijalari issiq va quruq iqlim sharoitida PV texnologiyalarni tanlash va ularni optimal ishlatish bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili (Literature review). Elektr energiyasini ishlab chiqarishda eng keng qo'llaniladigan qayta tiklanadigan energiya manbai – fotovoltaik (PV) effektga asoslangan quyosh modullari hisoblanadi [1]. PV tizimlari ekologik toza bo'lib, ayniqsa, quyosh energiyasi salohiyati yuqori bo'lgan ekvator yaqinidagi mamlakatlarda keng qo'llaniladi va quyosh nurlaridan elektr energiyasini barqaror ishlab chiqaradi [2].

PV modullarining chiqish quvvatiga harorat, chang kabi atrof-muhit omillari ta'sir ko'rsatadi, bu esa ularning samaradorligiga bevosita ta'sir qiladi. Chiqish quvvati asosan PV moduli yuzasiga tushadigan quyosh nuri miqdoriga bog'liq. Qurilish ishlab chiqaruvchilari modullarni standart sinov sharoitlarida (STC) – 25°C harorat va 1000 W/m² nurlanishda tekshirib, ularning texnik parametrlarini taqdim etadilar. PV modullarining asosiy parametrlariga qisqa tutashuv toki (I_{sc}), ochiq tutashuv kuchlanishi (U_{oc}), maksimal chiqish toki (I_{max}), maksimal chiqish kuchlanishi (V_{max}), maksimal chiqish quvvati (P_{max}), modul samaradorligi (%) va harorat koeffitsienti (%/°C) kiradi. Harorat 25°C dan oshgani sari chiqish quvvati kamayadi, chunki harorat ko'tarilishi oqimni pasaytiradi [3,4].

Quyosh modullari ishlab chiqarishning birinchi avlodiga monokristalli yoki polikristalli kremniydan tayyorlangan modullar kiradi [5], ikkinchi avlod esa yupqa plyonkali modullardan iborat. Uchinchi avlod modullari organik, perovskit va bo'yoq bilan sezgir quyosh elementlaridan tashkil topgan.

Turli tadqiqotlarda PV tizimlarning turli konfiguratsiyalari va ob-havo sharoitlaridagi ishlashi o'rganilgan. Masalan, ikki eksa kuzatuv tizimi bilan polikristalli quyosh modullari yordamida konsentrlangan PV (CPV) tizimining ishlashini tahlil qilgan tadqiqotda CPV tizim an'anaviy PV tizimiga nisbatan 4,6%

ko'proq energiya ishlab chiqarishi aniqlangan [6]. Shunga o'xshash tadqiqot ishlari respublikamiz sharoitida ham amalga oshirilgan ishlar mavjud [7]. Turkiyada o'tkazilgan tadqiqotda 1170W monokristalli, 1250 W polikristalli va 1200 W Cd/Te PV tizimlari baholangan. Natijalar Cd/Te tizimi polikristallga nisbatan 10,43%, monokristallga nisbatan esa 8,32% ko'proq quvvat ishlab chiqarishini ko'rsatgan [8]. Ispaniyada olti turdagi keng ko'lamli tizimlarning ishlashi ham tekshirilgan [9]. Yaqinda esa monokristalli va polikristalli mustaqil PV tizimlari asosida ikki yuzli PV modullari solishtirilgan, bunda polikristalli tizim monokristallga nisbatan ko'proq energiya ishlab chiqarganligi qayd etilgan [10].

So'nggi yillarda silikon PV modullarining chang ta'siri sababli degradatsiyasi keng o'rganildi. Malaga universitetida o'tkazilgan eksperimentda chang to'planishi natijasida quyosh nurlanishining kamayishi va chiqish quvvatining pasayishi aniqlangan. Bir yillik kuzatuv davomida o'rtacha kunlik energiya yo'qotilishi 4,4% ni tashkil qilgan, yomg'ir yog'magan uzoq davrlarda esa bu ko'rsatkich 20% gacha yetgan [11].

Mazkur tadqiqotda 550 W quvvatli PV modulining turli egilish burchaklarida o'lchangan elektr parametrlari tahlil qilindi. Natijalar janubiy hududlarda PV modullarni o'rnatishda geografik kenglik asosiy omil ekanligini ko'rsatdi [12].

Ushbu ishning maqsadi – polikristalli va monokristalli quyosh panellarining real iqlim sharoitida ishlash samaradorligini eksperimental baholash va ularning energiya ishlab chiqarish ko'rsatkichlarini taqqoslab, issiq va qurg'oqchil mintaqalar uchun eng mos PV texnologiyasini aniqlashdan iborat.

Tadqiqot metodologiyasi (Research Methodology). Tajriba Termiz shahrida, geografik koordinatalari 37°13'57" shimoliy kenglik va 67°17'8" sharqiy uzunlikda, dengiz sathidan 304 metr balandlikda joylashgan hududda o'tkazildi. Sinov ishlari doirasida, har biri nominal quvvati 10 W bo'lgan to'rtta fotovoltaik (PV) modul bir vaqtning o'zida va holatini o'zgartirmasdan, ikki xil egilish burchagida – 31° va 46° da o'rnatilib, ularning ishlash samaradorligi o'lchandi. O'lchovlar AM 1,5 sharoitida, ya'ni quyosh nurlarining spektri standart

atmosferaning 1,5 qatlamidan o'tgan holatga mos keladigan sharoitda bajarildi. Ushbu eksperiment Termiz shahrining iqlim va geografik xususiyatlariga mos holda PV modullarining optimal burchakdagi samaradorligini aniqlashga qaratilgan 1-rasm.



1-rasm. PV modul parametrlarini tabiiy sharoitda o'lchash jarayoni

Termiz shahri mamlakatimizning janubiy qismida joylashgan bo'lib, ko'p sonli quyoshli kunlar va yillik yuqori quyosh radiatsiyasiga ega hududlardan biridir. Shaharning ob-havo sharoitlari qayta tiklanadigan quyosh energiyasini samarali foydalanish uchun katta salohiyatga ega ekanligini ko'rsatadi [13]. Tadqiqotlarda foydalanilgan polikristall va monokristall PV modullarining asosiy elektr parametrlari 1va 2-jadvalda taqdim etilgan.

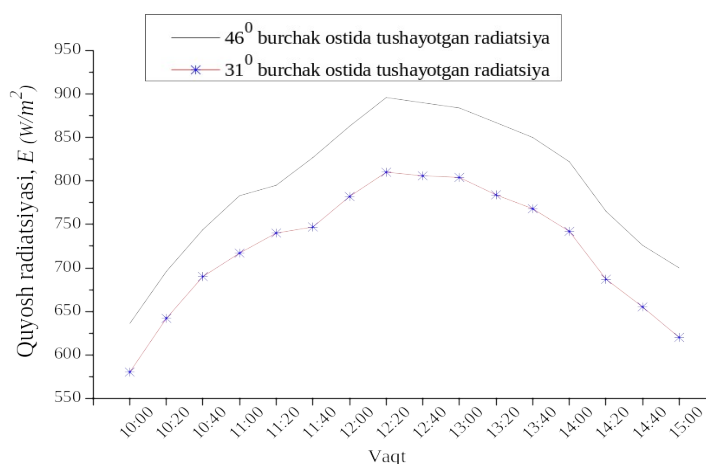
1-jadval

Monokristall va polikristall PV modullarining elektr va mexanik parametrlari

Model Turi: Monokristall KE80S	Elektr va mexanik xususiyatlari	Model Turi: Polikristall SPM010P-D	Elektr va mexanik xususiyatlari
Nominal maksimal quvvat (P_{max})	10W	Nominal maksimal quvvat (P_{max})	10W
Maksimal quvvat kuchlanishi (U_{mp})	18,72V	Maksimal quvvat kuchlanishi (U_{mp})	17,3V
Maksimal quvvat tok (I_{mp})	0,53A	Maksimal quvvat tok (I_{mp})	0,59A
Ochiq zanjir kuchlanishi (U_{oc})	22,46V	Ochiq zanjir kuchlanishi (U_{oc})	21,8V
Qisqa tutashuv toki (I_{sc})	0,57A	Qisqa tutashuv toki (I_{sc})	0,64A
O'lchamlari (mm)	355*250*17	O'lchamlari (mm)	368*310*18
Og'irligi (kg)	1,36	Og'irligi (kg)	1,4

Turli turdagi PV modullarining elektr parametrlarini o'lchash uchun uch xil usul mavjud [14]. Bizning tadqiqotda, PV modullari statsionar holatda o'rnatilib, ularning elektr parametrlari har 20 daqiqada o'lchanib bordi. Ushbu o'lchovlar fotoelektrik stansiyalardagi an'anaviy joylashtirish usuliga muvofiq amalga oshirildi. Shimoliy yarim sharda joylashgan hududlarda PV modullari janubga qaratilgan holda o'rnatiladi.

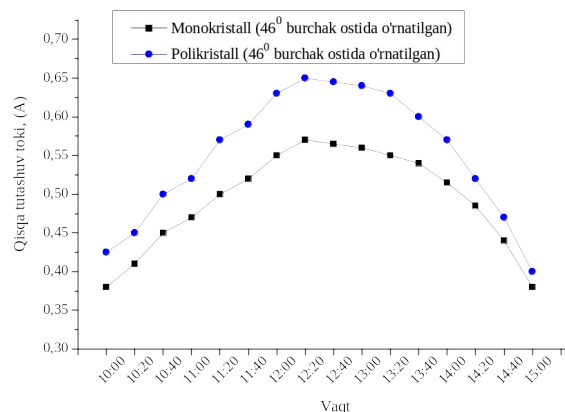
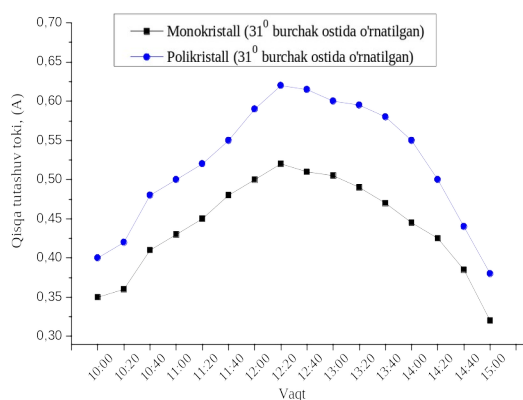
Tahlil va natijalar (Analysis and results). 2025-yil 20-oktyabr kuni, havo harorati 16-19 °C, shamol tezligi 2–3 m/s, atmosfera bosimi esa 766 mm Hg bo'lgan sharoitda, PV modullarining elektr parametrlari kun davomida, soat 10:00 dan 15:00 gacha bo'lgan vaqt oralig'ida o'lchandi. Quyosh nurlanishining intensivligi PV modullari uchun muhim omil hisoblanadi, chunki u batareyalarning energiya ishlab chiqarish qobiliyatini belgilaydi. Umuman olganda, quyosh nurlanishi PV modullarining samaradorligini oshirishda ijobiy ta'sir ko'rsatgan bo'lsa-da, yuqori intensivlikning salbiy ta'sirlari ham e'tiborga olinishi zarur. Ayniqsa, yuqori quyosh nurlanishi batareyalarning yuzasida haroratning oshishiga olib keladi, bu esa PV modullarining samaradorligini kamaytirishi va ularning ish faoliyatining muddati qisqarishiga sabab bo'ladi. Harorat oshishi natijasida batareyalarning ichki qarshiligi ortadi, bu esa energiya yo'qotishlarini yuzaga keltiradi. Shu bilan birga, yuqori quyosh nurlanishi PV modullarining chiqish kuchini oshirishga yordam beradi, natijada elektr energiyasi ishlab chiqarish ko'payadi. 2-rasmda 2025-yil 20-oktyabr kuni PV modullar yuzasiga tushgan quyosh nurlanishining vaqtga bog'liqligi tasvirlangan.



2-rasm. PV modullarining frontal sirtiga tushayotgan quyosh nurlanish intensivligining vaqtga bog‘liqligi

Yuqoridagi 2-grafikdan quyosh nurlanish intensivligining qiymati 46° burchakda maksimal bo‘lib, bunda 900W/m^2 ni tashkil qildi. Quyosh nurlanishining intensivligini DT-1307 Solar Power Meter asbobi yordamida o‘lchandi. Yorug‘lik nurlanish intensivligi kamayishiga atmosferadagi chang va bulutlar ham sabab bo‘ladi. Sinov vaqtida salt yurish kuchlanishi, quyosh nurlanishi zichligi, qisqa tutashuv toki va elektr quvvatining vaqtga bog‘liqligi o‘rganildi. PV paneli alohida bo‘lsa, panel statsionar holatda maksimal quvvatga erisha olmaydi [15].

PV modullaridagi qisqa tutashuv toki asosan tushayotgan quyosh nurlanishining intensivligiga bog‘liq bo‘ladi. Quyosh nurlanishi intensivligi oshgani sayin, fotonlarning PV moduli yarim o‘tkazgich materialiga tushishi ortadi va buning natijasida elektr toki kuchayadi. Shu sababli, quyosh nurlanishining kuchi va qisqa tutashuv toki o‘rtasida yaqin va to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liqlik mavjud. Qisqa tutashuv toki – bu PV modulining maksimal tokini ifodalaydi, u modulga tushayotgan yorug‘lik miqdori bilan bevosita o‘zgaradi. Shuningdek, qisqa tutashuv toki PV modulining samaradorligi va ishlash holatini baholashda muhim parametr hisoblanadi. 3-rasmda qisqa tutashuv tokining vaqtga bog‘liqlik grafigi keltirilgan bo‘lib, unda quyosh nurlanishining kun davomida o‘zgarishi va uning qisqa tutashuv toki bilan aloqasi yaqqol ko‘rsatilgan.



3-rasm. PV modularinig kun davomida qisqa tutashuv tokining vaqtga bog'liqligi

Qisqa tutashuv toki (I_{sc}) – bu PV modulining chiqish klemmlaridagi qisqa tutashgan holatda o'tuvchi maksimal tok bo'lib, u asosan tushayotgan quyosh nurlanishining intensivligiga to'g'ridan-to'g'ri proporsionaldir. PV modullarining elektr xususiyatlari orasida I_{sc} va ochiq zanjir kuchlanishi (U_{oc}) eng muhim parametrlar hisoblanadi. Ushbu kattaliklar o'zaro bog'liq bo'lib, ular quyosh nurlanishining intensivligi va harorat o'zgarishiga sezilarli darajada ta'sirchan. U_{oc} esa PV modulining chiqish klemmlari ochiq holatda o'lchanadigan maksimal kuchlanishdir. U quyidagi umumiy tenglama orqali ifodalanadi:

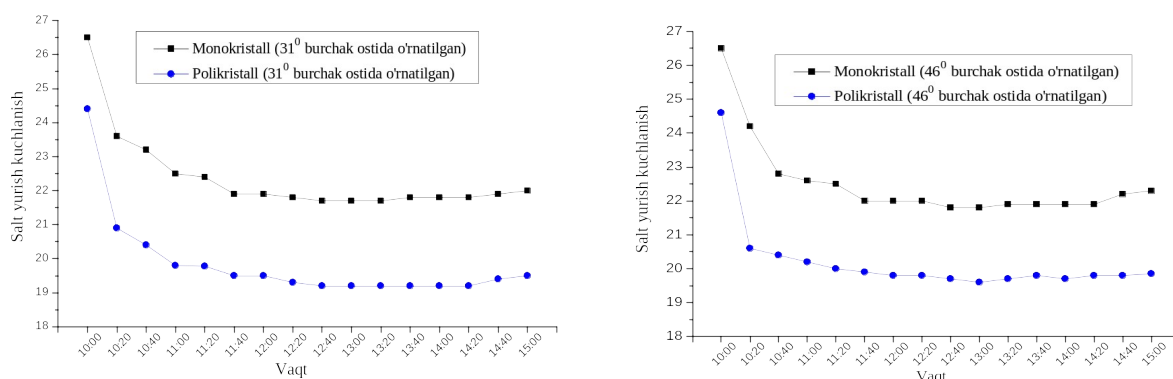
$$U_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln \left(\frac{I_{ph}}{I_0} + 1 \right) \quad (1)$$

Ushbu tenglamadan ko'rinadiki, ochiq zanjir kuchlanishi logarifmik tarzda qisqa tutashuv tokiga bog'liq:

$$U_{oc} \propto \ln(I_{sc}) \quad (2)$$

Quyosh nurlanishining ortishi bilan I_{sc} deyarli chiziqli ravishda ortadi, biroq U_{oc} esa logarifmik tarzda oshadi. Haroratning ortishi esa, aksincha, U_{oc} ni kamaytiradi, chunki yarimo'tkazgich materialining taqiqlangan zona kengligi torayadi. Bu esa, yuqori harorat sharoitida PV modullarning samaradorligi va energiya ishlab chiqarish qobiliyati kamayadi. Ushbu munosabat 4-rasmda salt yurish kuchlanishining vaqtga bog'liqligi ko'rinishida tasvirlangan bo'lib, unda

kun davomida o‘lchangan harorat o‘zgarishlari va natijaviy kuchlanish pasayishi ko‘rsatilgan.



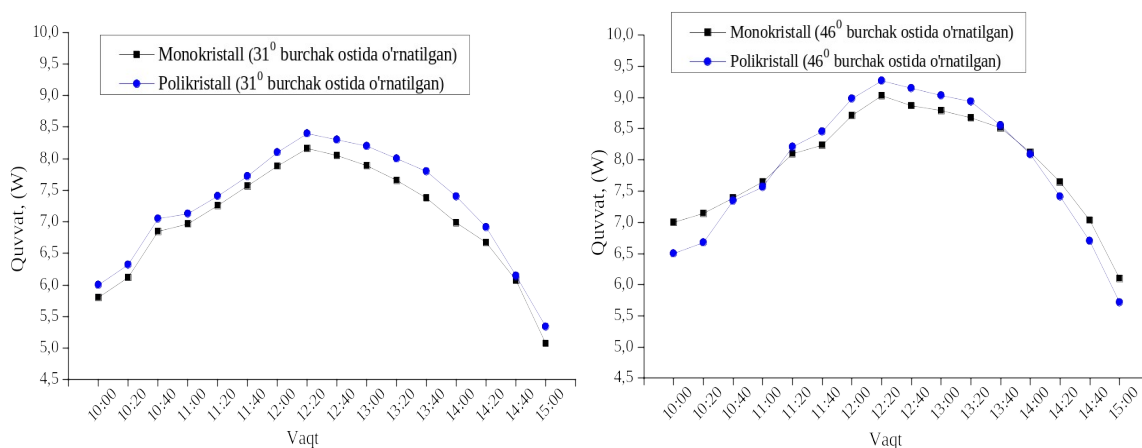
4-rasm. PV modullarini kun davomida salt yurish kuchlanishlarining vaqtga bog‘liqligi

Tajriba natijalaridan ko‘rinib turibdiki, 10:00 dan 13:00 gacha bo‘lgan vaqt oralig‘ida 31° burchak ostida o‘rnatilgan monokristalli PV modulning ochiq zanjir kuchlanishi taxminan 4,8 V gacha, polikristalli PV modulniki esa 5,2 V gacha pasaygan. Xuddi shu vaqt oralig‘ida 46° burchak ostida o‘rnatilgan monokristalli PV modulning ochiq zanjir kuchlanishi 4,7 V gacha, polikristalli modulniki esa 5,0 V gacha kamaygan. Ushbu holatning asosiy sababi, quyosh nurlanishi intensivligining ortishi bilan PV modullarining ishchi haroratining oshishidir. Shu sababli, haroratning oshishi PV modullarining umumiy samaradorligini pasaytiruvchi omillardan biri hisoblanadi. Haroratning ortishi ochiq zanjir kuchlanishini pasaytirgan. Hozirgi vaqtda keng tarqalgan kristall kremniy asosidagi quyosh elementlarining bir donasi kontaktlari orasida ~0,6V gacha ochiq zanjir kuchlanishi hosil qiladi.

Kuchlanish bo‘yicha harorat koeffitsiyenti PV harorati 25°C dan yuqori har bir gradusga ko‘tarilganda chiziqli ravishda – 2,3mV/°C ga kamayishi keltirilgan [16].

$$\frac{\partial U_{s.yu.}}{\partial T} = -2,3mV/^{\circ}C \quad (3)$$

Yuqorida keltirilgan qisqa tutashuv toki va ochiq zanjir kuchlanishi grafigi ma'lumotlari asosida PV modullarining elektr quvvatining kun davomida o'zgarish dinamikasi aniqlangan. Ushbu ma'lumotlarga tayanib, PV modulining quvvatining kunduzgi vaqtga bog'liqligi 5-rasmda tasvirlangan.



5-rasm. Kun davomida PV modullarining chiqish quvvatining vaqt bo'yicha o'zgarish grafigi

5-rasmda keltirilgan quvvat grafigida 31° burchak ostida o'rnatilgan monokristall PV modulning o'rtacha quvvati taxminan 7,0W ni tashkil etgan bo'lsa, 46° burchakda ushbu qiymat 7,9W gacha oshgani kuzatildi. Shu sharoitda o'rnatilgan polikristall PV modul esa 7,4W dan 8W gacha ortganligini ko'rishimiz mumkin. Quvvat ishlab chiqargan 46° burchak ostida o'rnatilgan panellarning yuqoriroq quvvat ko'rsatkichlari nafaqat quyosh nurlanishining modul sirtiga optimal tushish burchagi bilan, balki ushbu burchakning qishki fasl sharoitlariga mos kelishi bilan ham izohlanadi.

Xulosa va takliflar (Conclusion). Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, 31° burchakda o'rnatilgan monokristalli PV modulning o'rtacha quvvati 7,0 W bo'lib, 46° burchakda esa bu qiymat 7,9 W gacha oshgan, ya'ni quvvat ishlab chiqarish taxminan 12,8 % ga ortgan. Xuddi shunday, polikristalli PV modulda quvvat 7,4 W dan 8,0 W gacha ko'tarilib, taxminan 8,1 % ga o'sish qayd etilgan. Ushbu natijalar 46° burchak ostida o'rnatilgan panellarning yuqoriroq samaradorligi nafaqat quyosh nurlanishining modul sirtiga optimal tushish burchagi, balki

mazkur burchakning qishki fasl sharoitlariga mosligi bilan ham izohlanadi. Bunday moslashtirish natijasida quyosh nurlarining pastroq burchak ostida tushadigan davrlarda ham PV modullar yuqori yoritilish darajasini saqlab qoladi.

Umuman olganda, o'tkazilgan tajribalar natijasi quyosh panellarining o'rnatilish burchagini geografik joylashuv va mavsumiy sharoitlarga mos ravishda optimallashtirish elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligini 10 – 15 % gacha oshirishi mumkinligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, monokristalli va polikristalli PV modullarning turli burchaklardagi ish faoliyati farqi ularni tanlashda iqlim sharoiti va foydalanish davrini hisobga olish zarurligini tasdiqlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati (References).

1. W. Strielkowski, L. Tarkhanova, M. Petrenko. Renewable Energy in the Sustainable Development of Electrical Power Sector: A Review. *Energies*, 2021, 14, 8240.
2. World Bank. Solar Photovoltaic Power Potential by Country. Available online: <https://www.worldbank.org/en/topic/energy/publication/solar-photovoltaic-power-potential-by-country> (accessed on 20 March 2023).
3. C.S. Solanki, Solar Photovoltaic: Fundamentals, Technologies and Applications; PHI Learning Pvt. Ltd.: Delhi, India, 2016.
4. H.J. Moller. Semiconductors for Solar Cells; Artech House Publishers: Norwood, MA, USA, 1993.
5. H.P. Garg. Prakash, J. Solar Energy: Fundamentals and Applications; McGraw-Hill: New York, NY, USA, 1997.

6. L.Abu Hussein, O.Ayadi, M.Fathi. Performance comparison for sun-tracking mechanism photovoltaic (PV) and concentrated photovoltaic (CPV) solar panels with fixed system PV panels in Jordan. Proceedings of the 12th International Renewable Engineering Conference (IREC), Amman, Jordan, 14–15 April 2021; pp. 1–8.

7. M.N. Tursunov, Kh. Sabirov, Sh.N. Abilfayziyev, B.A. Yuldoshov. Testing of different material type photoelectric battery and photothermal batteries composed. Eurasian Physical Technical Journal, 2022, 4 (42), 44–50.

8. M.E. Başoğlu, A. Kazdaloğlu, T. Erfidan, M.Z. Bilgin. Performance analyses of different photovoltaic module technologies under Izmit, Kocaeli climatic conditions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 52, 357–365.

9. S. Martín-Martínez, M. Cañas-Carretón, A.Honrubia-Escribano. Performance evaluation of large solar photovoltaic power plants in Spain. Energy Conversion and Management, 2019, 183, 515–528.

10. O. Ayadi, M. Jamra, A. Jaber. An experimental comparison of bifacial and monofacial PV modules. Proceedings of the 12th International Renewable Engineering Conference (IREC), Amman, Jordan, 14–15 April 2021; pp. 1–8.

11. W. Zhao, L.Wang, S. Mirjalili. Artificial hummingbird algorithm: A new bioinspired optimizer with its engineering applications. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 2022, 388, 114194.

12. Sh.N. Abilfayziyev, Kh.U. Panjiyev, B.M. Botirov. Analysis of energy performance of a photoelectric battery to determine the optimal tilting angle. Scientific and Technical Journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025,1, 131–137.doi.org/10.5281/zenodo.15104249

13. B.A. Yuldoshov, S.F. Toshpulatov, Sh.J. Qarshiyev. Analysis of the energy indicators of the 70 kW photoelectric station connected to the electric network. Qarshi Engineering-Economic Institute Journal, 2024, 3(55), 118–126.

14. Sh.N. Abilfayziyev, U.B. Abdiyev. Comparative analysis of electrical parameters of photoelectric and photothermal batteries under natural conditions. Qarshi Engineering-Economic Institute Journal, 2024, 1(53), 75–81.

15. M.N.Tursunov, Kh. Sabirov, T.Z.Axtamov, S.F. Toshpulatov. Analysis of possibilities of using bifacial solar panels. International Scientific Journal, 2023, 5(May). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7989511>.

16. R.A.Muminov, M.N. Tursunov, Kh.Sabirov, S.K. Shokuchkorov, M.P. Pirimmatov. Research of parameters of high-efficiency photothermal batteries under natural conditions. Problems of Energy and Resource Saving, 2019, 2, 46–51.