

UO‘K 621.472.383.56

FOTOELEKTRIK VA FOTOISSIQLIK BATAREYALARINING TABIIY SHAROITDAGI ELEKTR PARAMETRLARINING QIYOSIY TAHLILLARI

Abilfayziyev Shokir Narmuratovich-tadqiqotchi,
ORCID: 0000-0002-5273-1206, E-mail: abilfayziyev@inbox.ru
Abdiyev Umirbek Begmatovich - texnika fanlari nomzodi, dotsent,
ORCID: [0009-0009-1377-405X](https://orcid.org/0009-0009-1377-405X) , E-mail: umr79@mail.ru

Termiz davlat universiteti, Termiz sh., O‘zbekiston

***Anotatsiya.** Bugungi kunda tijorat bozorlarida fotoelektrik batareyalarning bir nechta turlari mavjud bo‘lib, ularning tabiiy sharoitdagi samaradorligi iqlim omillariga qarab bir-biridan farq qiladi. Bunda turli hududlarning ob-havo sharoitlari turlicha ekanligini hisobga olsak, har xil turdagi fotoelektrik batareyalarni ma‘lum hudud uchun samaradorligini aniqlash va barqaror parametrga ega turini tanlab olish muammosi tug‘iladi.*

Ushbu muammoni yechish uchun turli tipdagi bir xil quvvatli fotoelektrik batareyalarni (FEB) ko‘chma fotoelektrik qurilma (KFEQ) ga o‘rnatib bir vaqtda, tabiiy sharoitlarda sinovdan o‘tkazishdir. Ilmiy izlanishlar FEB larni ikki o‘qli tirkamaga o‘rnatilgan KFEQ yordamida bajarildi. KFEQ 1300x800 mm o‘lchamli, 700 kg gacha yuklarga mo‘ljallangan. Unga o‘rnatilgan har bir FEB ning quvvati 50W dan bo‘lgan: frontal oynasi tekstura shakldagi orqa himoya plyonkasi oq va qora rangli monokristall, yassi oynali monokristall va polikristall fotoelektrik batareyalarda o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijasiga ko‘ra, quvvatlari bir xil bo‘lgan har-xil turdagi fotoelektrik va fotoissiqlik batareyalarini tabiiy sharoitda KFEQ yordamida sinovdan o‘tkazib, ularning elektr parametrlarining o‘zgarishi tahlil qilingan. Bundan tashqari tadqiqotda barqaror parametrga ega FEB turi aniqlangan.

Ishlab chiqilgan KFEQ yordamida respublikaning turli mintaqalarida har xil turdagi FEB larni sinovdan o‘tkazish orqali, hududga mos barqaror parametrga ega FEB turini aniqlash imkoniyati yaratilgan. Bu esa qurilishi rejalashtirilgan fotoelektrik stansiyalarga (FES) foydalanish uchun mo‘ljallangan FEB turini tavsiya etish mumkin. Hududning iqlim sharoitini hisobga olib to‘g‘ri tanlangan fotoelektrik batareyadan foydalanish FES larida energiya yo‘qotishlarini kamaytirish imkoniyatini beradi.

***Kalit so‘zlar:** polikristall, monokristall, fotoelektrik batereya, fotoissiqlik batareyasi, ko‘chma fotoelektrik qurilma, qisqa tutashuv toki, salt yurish kuchlanishi, quvvat, quyosh nurlanishining intensivligi.*

УДК 621.472.383.56

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ФОТОТЕПЛОВИХ БАТАРЕЙ В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Абилфайзиев Шокир Нармуратович – исследователь,
ORCID: 0000-0002-5273-1206, E-mail: abilfayziyev@inbox.ru
Абдиев Умирбек Бегматович – кандидат технических наук, доцент,
ORCID: [0009-0009-1377-405X](https://orcid.org/0009-0009-1377-405X) , E-mail: umr79@mail.ru

Термезский государственный университет, г.Термез, Узбекистан

Аннотация. Сегодня на коммерческом рынке представлено несколько типов фотоэлектрических батарей, и их эффективность в природных условиях варьируется в зависимости от климатических факторов. Учитывая, что погодные условия разных регионов различны, возникает проблема определения эффективности различных типов фотоэлектрических батарей для определенного региона и выбора типа со стабильными параметрами.

Для решения этой проблемы разные типы фотоэлектрических батарей (ФЭБ) одинаковой емкости устанавливаются в портативное фотоэлектрическое устройство (ПФЭУ) и одновременно испытываются в естественных условиях. Научные исследования проводились с использованием ФЭБ ПФЭУ, установленного на двухосном прицепе. ПФЭУ имеет размеры 1300x800 мм, рассчитан на нагрузку до 700 кг. Мощность каждого установленного на нем ФЭБ составляла 50Вт: переднее стекло, задняя защитная пленка в виде текстуры была перенесена на белые и черные монокристаллические, плоские стеклянные монокристаллические и поликристаллические фотоэлектрические батареи.

По результатам исследований различные типы фотоэлектрических и фототермических батарей одинаковой емкости были протестированы в естественных условиях с помощью ПФЭУ и проанализированы изменения их электрических параметров. Кроме того, в ходе исследования был определен тип ФЭБ со стабильным параметром.

С помощью разработанного ПФЭУ путем тестирования различных типов ФЭБ в разных регионах республики удалось определить тип ФЭБ со стабильными параметрами, подходящий для региона. Поэтому можно рекомендовать тип ФЭБ, предназначенный для использования в проектируемых фотоэлектрических установках (ФЭС). Использование фотоэлектрической батареи, правильно подобранной с учетом климатических условий региона, дает возможность снизить потери энергии в ФЭС.

Ключевые слова: поликристалл, монокристалл, фотоэлектрическая батарея, фототермическая батарея, мобильное фотоэлектрическое устройство, ток короткого замыкания, напряжение короткого замыкания, мощность, интенсивность солнечного излучения.

UDC 621.472.383.56

COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTRICAL PARAMETERS OF PHOTOELECTRIC AND PHOTOTHERMAL BATTERIES IN NATURAL CONDITIONS

Abilfayziyev, Shokir Narmuratovich – researcher,

ORCID: 0000-0002-5273-1206 E-mail: abilfayziyev@inbox.ru

Abdiyev, Umirbek Begmatovich - Candidate of Technical Sciences, Associate professor(docent),

ORCID: [0009-0009-1377-405X](https://orcid.org/0009-0009-1377-405X) E-mail: umr79@mail.ru

Termez State University, Termez city, Uzbekistan

Abstract. Today, there are several types of photovoltaic cells on the commercial market, and their efficiency in natural conditions varies depending on climatic factors. Taking into account that the weather conditions of different regions are different, there is a problem of determining the efficiency of different types of photoelectric batteries for a certain region and choosing a type with stable parameters.

To solve this problem, different types of photoelectric batteries (PV) of the same capacity are installed in a portable photovoltaic device (MPHD) and tested simultaneously under natural conditions. Scientific research was carried out using PVs MPHD mounted on a two-axle trailer. MPHD is 1300x800 mm in size, designed for loads up to 700 kg. The power of each PV installed on it was 50W: the front glass, the back protective film in the form of a texture was transferred to white and black monocrystalline, flat glass monocrystalline and polycrystalline photoelectric batteries.

According to the results of the research, different types of photoelectric and photothermal batteries with the same capacity were tested in natural conditions using MPHD, and the changes in their electrical parameters were analyzed. In addition, the FEB type with a stable parameter was determined in the study.

Using the developed MPHD, by testing different types of PV in different regions of the republic, it was possible to determine the type of FEB with stable parameters suitable for the region. Therefore, it is possible to recommend the type of FEB intended for use in planned photoelectric station (PVS). The use of a photoelectric battery, correctly selected taking into account the climatic conditions of the region, provides an opportunity to reduce energy losses in PVS.

Keywords: polycrystal, monocrystal, photoelectric battery, photothermal battery, mobile photovoltaic device, short-circuit current, short-circuit voltage, power, intensity of solar radiation.

Kirish

So‘nggi yillarda quyosh energiyasi qayta tiklanadigan energiyaning tobora muhim manbaiga aylanib, yaqin kelajakda uning ko‘lami yanada kengayishi kutilmoqda. Ayniqsa Quyosh radiatsiyasi sezilarli darajada yuqori bo‘lgan Osiyo va Yaqin Sharq mamlakatlarida muqobil energiya manbalaridan foydalanish boshqa hududlarga nisbatan foydalanuvchilarga qulay va arzon narxlarda bo‘lishi mumkin. Quyosh energiyasidan foydalanishning eng yaxshi usullaridan biri bu fotoelektrik batareya (FEB) lardan foydalanish bo‘lib, hozirgi kunda quyosh nurini elektr energiyasiga eng samarali aylantira oladigan FEB turini ishlab chiqish bo‘yicha keng qamrovli tadqiqotlar olib borilmoqda.

FEB larning ish samaradorligiga ishlatiladigan texnologiya turi, yorug‘lik spektri, quyosh nurlanishi intensivligi, atrof-muhit harorati, namlik va shamol kabi bir qancha omillar ta‘sir qiladi [1-3]. FEB larning xizmat qilish muddati va degradatsiyasi iqlim va atrof-muhit sharoitlariga bog‘liq bo‘ladi [4-5]. Ishlab chiqarish texnologiyasidan qat‘iy nazar FEB larning eng keng tarqalgan turlari monokristall (mc-Si), polikristall (pc-Si) va amorf kremniyli fotoelektrik batareyalardir. Ushbu turdagi FEB lar uchun energiya konvertatsiya koeffitsientlari (foydali ish koeffitsienti, FIK) mos ravishda mc-Si da 12-15%, pc-Si da 11-14% va amorf kremniyli FEB da 6-7% ni tashkil qiladi [6]. Monokristall va polikristall FEB larning FIK amorf kremniyli FEB larga qaraganda yuqori bolganligi uchun ular tijoratda kengroq qo‘llaniladi.

Har xil davlatlardagi ko‘plab tadqiqotchi olimlar turli iqlim sharoitida FEB ning ishlash samaradorligini baholash ustida bir qancha tajriba-sinovlar o‘tkazishgan. Masalan, Italiyaning janubiy-sharqidagi ob-havo sharoitida monokristall FEB ning samaradorligini aniqlash maqsadida tajribalar o‘tkazilgan va tahlil qilingan [7]. Braziliyaning Kaskavel shahridagi suv nasos tizimiga energetik ta‘minoti uchun monokristall va polikristall FEB larning ish samaradorligini eksperimental o‘rganishdi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra monokristall FEB umumiy samaradorligi o‘rtacha 4,27%, polikristall FEB uchun esa 5% samaradorlikni aniqlashdi [8]. Turli tipdagi FEB larning real iqlim sharoitida samaradorligini aniqlash bo‘yicha yana ko‘plab davlatlarda o‘tkazilgan tajriba-sinov ishlari mavjud [9-10]. Yuqorida aytib o‘tilgan barcha tadqiqotlar har xil turdagi quyosh panellarini o‘zlari joylashgan geyografik hududlarda samaradorligini tekshirish natijalariga qaratilgan. O‘zbekistonning iqlim sharoitida yilning ko‘p qismi quruq va issiq ob-havo kuzatiladi. Ayniqsa, Respublikaning janubiy hududlaridagi yilning kech bahor, yoz va erta kuz fasllarida harorat o‘ta yuqori bo‘ladi. Mamlakatimiz iqlim sharoitida har xil turdagi FEB larni real sharoitda ish samaradorligini aniqlashga qaratilgan tajriba-sinov ishlari juda kam uchraydi. Ushbu tadqiqotning maqsadi O‘zbekiston ichki bozorida eng ko‘p sotiladigan FEB lar va ular asosidagi fotoissiqlik batareya (FIB) larning tabiiy sharoitda ish samaradorligini baholashdan iborat. Bundan tashqari, ushbu tadqiqot respublikamiz hududi uchun barqaror elektr parametrlariga ega bo‘lgan FEB larini tanlash bo‘yicha tavsiyalar beradi.

Usul va materiallar

Ilmiy izlanishlar FEB larni ikki o‘qli tirkamaga o‘rnatilgan ko‘p funksiyali mobil fotoelektrik qurilma (KFEQ) yordamida bajarildi. Tirkama 1300x800 mm o‘lchamli, 700 kg gacha yuklarga

mo'ljallangan. Unga o'rnatilgan har bir FEB ning quvvati 50W dan bo'lib, ularda ishlatilgan kremniy va himoya qoplamasining rangi hamda frontal yuziga qoplangan oynasining turi bilan farq qiladi. 1-rasmda qurilmaning tashqi ko'rinishi ko'rsatilgan.

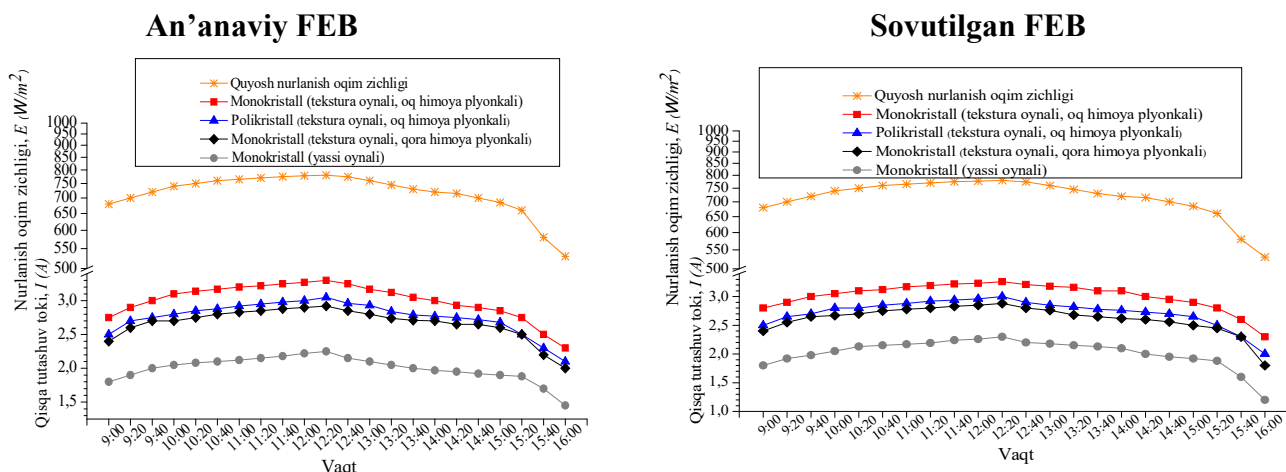


1-rasm. KFEQ ning tashqi ko'rinishi

Qurilmaga kerakli asbob-uskunalarini optimal joylashtirish uchun platformani modernizatsiya qilish Fizika-texnika instituti mutaxassislari bilan hamkorlikda amalga oshirildi. KFEQ ni bir hududdan ikkinchi hududga ko'chirish qo'lda yoki boshqa mexanik tortish moslamasi yordamida amalga oshirilishi mumkin. FEB va FIB larning elektr parametrlari Toshkent sharoitida (Fizika-texnika instituti geliopoligonida) sutka davomida quyoshga qo'l kuchi yordamida yo'naltirish holatida o'lgan. Bunda, FEB larning old yuzasiga quyosh nurlarining tik (90^0) tushishini ta'minlash maqsadida 15-20 daqiqa vaqt intervali bilan operator tomonidan mexanik yo'naltirilib turilgan. Qurilmaning vaziyati qisqa tutashuv tokining maksimal qiymatiga qarab o'rnatilgan.

Natijalar

Tadqiqot yuqorida ta'riflab o'tilgan usul asosida kunduzi 9:00 dan 16:00 gacha vaqt oralig'ida o'lgan ishlari olib borildi. KFEQ ga o'rnatilgan FEB larning elektr parametrlari oktyabr oyi havo harorati $12-18^0C$, shamolning tezligi $0,33-1,3m/s$ bo'lgan sharoitda o'lgandi. Ushbu sanada FEB lar yuzasiga tushayotgan quyosh nurlanish intensivligi va qisqa tutashuv tokining kun vaqtlariga bog'liqligi 2-rasmda ko'rsatilgan. Quyosh nurlanishining intensivligi kristalli kremniy asosida tayyorlangan etalon quyosh elementining qisqa tutashuv tokini o'lgan yo'li bilan aniqlanadi. Etalon quyosh elementining o'lgami FEB geometrik o'lgamidan $1/100$ nisbatda olingan.



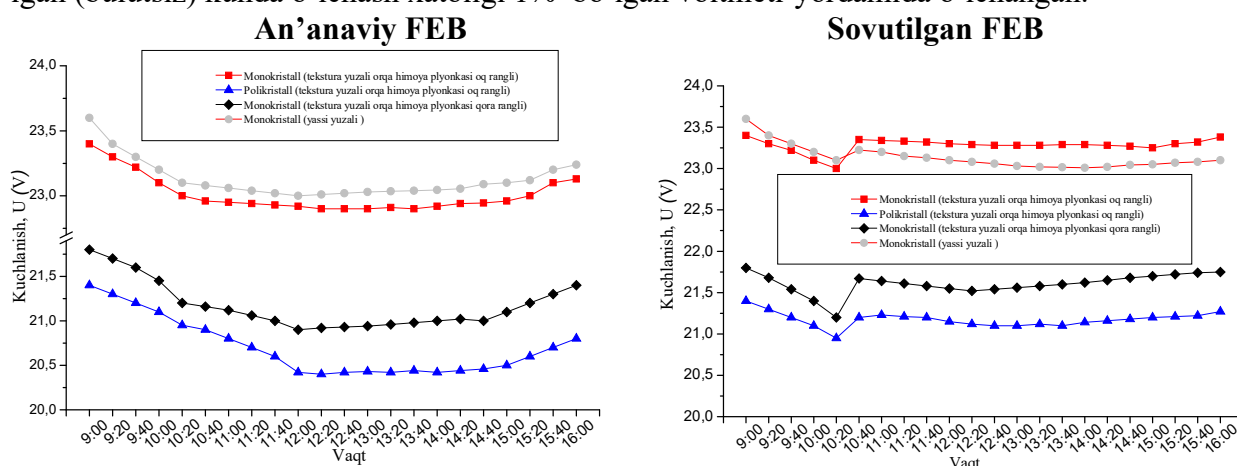
2-rasm. FEB va FIB larni kun davomida quyoshga mexanik yo'naltirish holatida quyosh nurlanish intensivligi va qisqa tutashuv tokining vaqtga bog'liqligi

Yorug'lik nurlanish intensivligi quyosh chiqishidan boshlab to tik nuqtasiga yetguncha ortib boradi va maksimal qiymatga erishgach quyosh botgunicha kamayib boradi. Yorug'lik nurlanish intensivligi kamayishiga atmosferadagi chang va bulutlar ham sabab bo'ladi. Bu esa FEB larning elektr parametrlariga ta'sir ko'rsatadi.

2-rasmda FEB lar va FIB larni sutka davomida quyoshga mexanik yo'naltirish rejimida soat 9:00 dan 12:20 gacha ularning qisqa tutashuv toklari oshib borgan, 12:20 dan keyin esa pasayib ketgan. Bu atmosferadagi chang zarralarining zichligi va kunning ikkinchi yarmida nurlanish intensivligi tushish burchagining o'zgarishi hisobiga ekanligini bilan izohlash mumkin.

Maksimal quvvati 50 W bo'lgan monokristall FEB ning qisqa tutashuv toki xuddi shunday quvvatli polikristall FEB nikiga qaraganda kattaroq ekanligini ko'rish mumkin. Ularning samaradorliklari orasidagi farq 2-2,5% bo'lishiga qaramasdan, ularning haroratga bog'liqlik qonuniyatlari bir xildir.

3-rasmda FEB lar va FIB larni kun davomida quyoshga mexanik yo'naltirish holatida salt yurish kuchlanishlarining vaqtga bog'liqligi ko'rsatilgan. FEB va FIB larning kuchlanishi havo ochiq bo'lgan (bulutsiz) kunda o'lchash xatoligi 1% bo'lgan voltmetr yordamida o'lchangan.



3-rasm. FEB va FIB larni kun davomida quyoshga mexanik yo'naltirish holatida FEB lar kuchlanishlarining vaqtga bog'liqligi

3-rasmda keltirilgan grafiklarga asosan, soat 9:00 dan 10:20 gacha bo'lgan vaqt davomida, FEB lar salt yurish kuchlanishining qiymatlari – yuzasi tekstura shaklidagi monokristall uchun 23,4 V dan 23 V gacha, yuzasi tekstura shaklidagi polikristall uchun 21,4 V dan 20,7 V gacha, orqa himoya plyonkasi qora rangdagi monokristall uchun 21,7 V dan 21,2 V gacha va yuzasi tekis monokristall uchun 23,6 V dan 23,1 V gacha kamaygan. FIB larda esa yuzasi tekstura shaklidagi monokristall uchun 23,4 V dan 23,2 V gacha, yuzasi tekstura shaklidagi polikristall uchun 21,4 V dan 21,2 V gacha, orqa himoya plyonkasi qora rangdagi monokristall uchun 22,7 V dan 22,3 V gacha va yuzasi yassi monokristall uchun 23,4 V dan 23,1 V gacha pasaygan. Ushbu holatda sovutilgan FEB larning salt yurish kuchlanishi sovutilmagan FEB qaraganda kamroq miqdorga kamayishini ko'rishimiz mumkin (Biz bu kamayishni yoz faslida o'tkazilgan tadqiqot natijamizga nisbatan o'lyapmiz). Bundan tashqari, himoya oynasi bilan farq qiluvchi monokristal FEB lar sovutilganda ularning salt yurish kuchlanishlari bir biridan keskin farq qilmoqda.

FEB lar yoz faslida, kremniy asosli quyosh elementlarga yorug'lik nurlanishining tushishi natijasida haroratning ko'tarilishi hisobiga salt yurish kuchlanishining pasayishi kuzatiladi [11-13]. Kuchlanishning kunduzgi vaqtlarda bunday o'zgarishi uning harorati ko'tarilishi va FEB ning orqa yuzasidagi yig'iladigan issiqlik ham sabab bo'ladi. FEB ni orqa qismiga to'plangan issiqlikni olib chiqish uchun uning orqasiga polikarbonatdan tayyorlangan issiqlik kollektori (IK) biriktirilgan [14]. IK dan issiqlik tashuvchi (suv) yuborilganda (bizning tajribamizdagi FIB da bu jarayon soat 10:20 dan boshlangan) salt yurish kuchlanishining qiymatini ko'tarilganligini ko'ramiz (3-rasm).

FEB qatlamlarida issiqlik almashinuvi va qatlamlar orasidagi issiqlik uzatish jarayoni Comsol multiphysics 6.1 integratsiyalashgan dasturiy ta'minot muhitida ishlab chiqilgan [15]. FIB qurilmasi

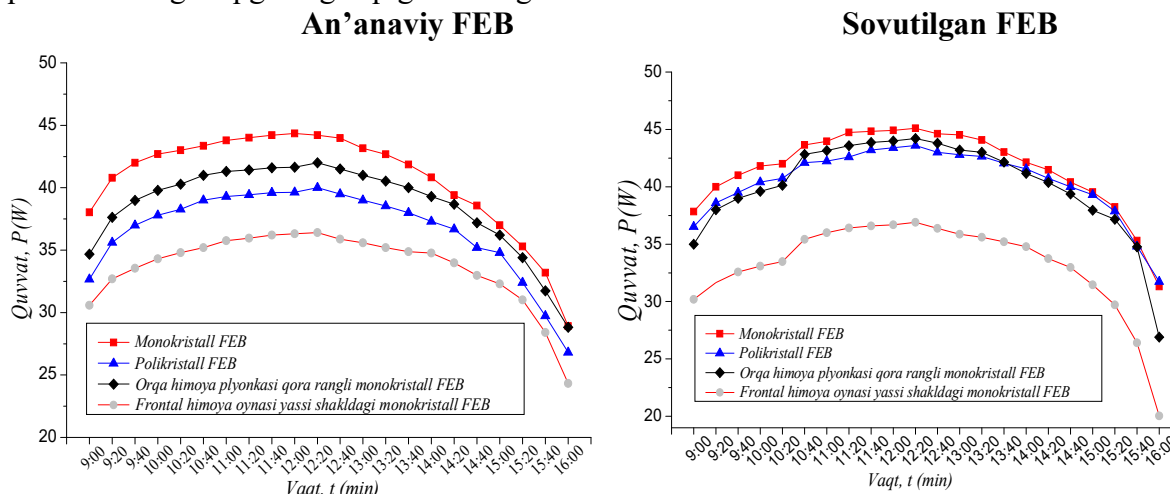
issiqlik kollektorining kanallaridan oqib o'tuvchi issiqlik tashuvchi (suv) oqimining turli tezliklarida FEB hamda suv haroratlarini o'zgarishi simulyatsiya qilinib, quyidagi issiqlik balansi tenglamasi yordamida ifodalanadi.

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho c_p u \nabla T + \nabla q = \sum Q_i, \quad (1)$$

$$q = -k \nabla T, \quad (2)$$

bu yerda, u – suvning tezligi (m/s), c_p – issiqlik sig'imi (J/(kg·°C)), q – issiqlik oqimi zichligi (W/m²), k – issiqlik uzatish koeffitsiyenti (W/(m²·°C)), ρ – zichlik.

4-rasmda FEB va FIB larni kun davomida quyoshga mexanik yo'naltirish holatida elektr quvvatlarining vaqtga bog'liqligi keltirilgan.



4-rasm. FEB va FIB larni kun davomida quyoshga mexanik yo'naltirish holatida quvvatlarining vaqtga bog'liqligi

FEB va FIB larning quvvati quyidagi 3-ifoda orqali aniqlanadi.

$$P = FF \cdot I_{q,t} U_{s,yu.k}, \quad (3)$$

bu yerda $I_{q,t}$ – qisqa tutashuv toki (A), $U_{s,yu.k}$ – salt yurish kuchlanishi (V), FF – FEB volt-amper xarakteristikasining to'ldirish koeffitsiyenti (~0,75).

Xulosa

KFEQ ning yengil harakatlana olishi va kichik maydonlarda qulay boshqarilishi sababli undan respublikamizda yilning turli fasllarida markazlashtirilgan energiya manbalaridan uzoqda qurilishi rejalashtirilgan fotoelektrik stansiyalarda foydalaniladigan, barqaror elektr parametrlariga ega FEB turini tanlash imkonini beradi. Bundan tashqari, qurilma har qanday iqlim sharoitida turli xil FEB da energiya yo'qotishlarini aniqlash, tahlil qilish mumkin.

Tadqiqotda bir xil quvvatli 4 ta har xil FEB larning elektr parametrlari o'lchash bo'yicha tajribalar o'tkazilgan. Tajriba-sinov natijalariga ko'ra kristall kremniy asosidagi orqa himoya plyonkasi oq rangli monokristall FEB ning kunlik ishlab chiqargan quvvati polikristall FEB ga nisbatan 28 W ga, orqa himoya plyonkasi qora rangli monokristall FEB ga nisbatan 14 W ga va himoya oynasi yassi shakldagi monokristall FEB ga nisbatan 49 W ga ko'proq ekanligi aniqlandi.

FEB larning biri polikristall kremniyli quyosh elementlaridan tashkil topgan bo'lsa, qolganlari monokristalli kremniyli FEB lardir. Monokristalli kremniyli FEB lar bir-biridan frontal yuzasidagi oyna turi va orqa himoya qoplamasining rangi bilan farq qiladi. Tajribalar xuddi shunday 4 dona FEB larni suv bilan sovitish orqali ham takrorlangan. Ularni sovitishda parallel kanalli polikarbonat issiqlik kollektoridan foydalanilgan. Issiqlik kollektori o'rnatilgan FEB larga "Fotoissiqlik batareyasi (FIB)" nomi berilgan. Sovitilgan FEB larini elektr samaradorligi an'anaviy FEB ga nisbatan taqqoslashda, panel turiga qarab 2,2% dan 3,6% gacha yuqori ekanligi aniqlandi.

FEB va FIB larning elektr parametrlarini taqqoslash natijasida kuz fasli uchun barqaror parametrlarga ega bo'lgani himoya oynasining yuzasi tekstural shaklidagi monokristalli FEB da kuzatildi.

Adabiyotlar

- [1] Rahman M.M, Hasanuzzaman M, Rahim NA. Effects of various parameters on PV-module power and efficiency. *Energ Conver Manage* 2015, Vol.103, pp.348–358. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2015.06.067>
- [2] Makrides G, Zinsser B, Phinikarides A, Schubert M, Georgiou G. Temperature and thermal annealing effects on different photovoltaic technologies. *Renew Energy* 2012, Vol.43, pp 407–417. URL:doi:10.1016/j.renene.2011.11.046
- [3] Daniela D, Gina B, Björn M, Reise Christian R. On the impact of solar spectral irradiance on the yield of different PV technologies. *Sol Energy Mater Sol Cells* 2015, Vol. 132, pp 431–442. URL:doi:10.1016/j.solmat.2014.09.034
- [4] Dubey R, Chattopadhyay S, Kuthanazhi V, John JJ, Solanki CS, Kottantharayil A, et al. Performance degradation of field-aged crystalline silicon PV modules in different Indian climatic conditions. Presented at the 40th IEEE photovoltaic spec. Conf. Denver, CO (USA); 2014. URL:doi:10.1109/PVSC.2014.6925612
- [5] Tamizh Mani Mani, Kuitche Joseph. Research students of ASU-PRL. Failure and degradation modes of PV modules in a hot dry climate: results after 12 to 26 years of field exposure. PV module reliability workshop NREL; 2013. [26 February]. URL:doi:10.1109/PVSC.2014.6925626
- [6] Zagorska V, Ziemelis I, Ancevic L, Putans H. Experimental investigation of photovoltaicthermal hybrid solar collector. *Agron Res Biosyst Eng Spec* 2012;Vol.1,pp.227–234.
- [7] Congedo PM, Malvoni M, Mele M, De Giorgi MG. Performance measurements of monocrystalline silicon PV modules in South-eastern Italy. *Energ Conver Manage* 2013;Vol.68, pp.1–10. URL:doi:10.1016/j.enconman.2012.12.017.
- [8] Eduardo C, Bedin J, Krauss R, Nelson Melegari S, Carlos Munhoz J. Performance of monocrystalline and polycrystalline solar panels in a water pumping system in Brazil. *Renew Sustain Energy Rev* 2015, Vol.51, pp.1610–1616. URL: doi: 10.1016/j.rser.2015.07.082
- [9] [9] Midtgard O.M, Sætre TO, Yordanov G, Imenes AG, Nge CL. A qualitative examination of performance and energy yield of photovoltaic modules in southern Norway. *Renew Energy* 2010, Vol.35, pp.1266–1274. URL:doi:10.1016/j.renene.2009.12.002
- [10] Abdelkader M.R, Al-Salaymeh A, Al-Hamamre Z, Sharaf F. A comparative analysis of the performance of monocrystalline and multiycrystalline PV cells in semi-arid climate conditions: the case of Jordan. *Jordan J Mech Ind Eng* 2010, Vol.4, pp.543–552.
- [11] Dolara A, S. Leva, G. Manzolini, Comparison of different physical models for PV power output prediction, *Sol. Energy* 119 (2015) 83-99. doi:10.1016/j.solener.2015.06.017.
- [12] Wang M, Peng J, Luo Y, Shen Z, Yang H, Comparison of different simplistic prediction models for forecasting PV power output: Assessment with experimental measurements, *Energy* 224 (2021) 120162. URL: doi: 10.1016/j.energy.2021.120162.
- [13] Муминов Р.А, Турсунов М.Н, Сабилов Х, Абдиев У.Б, Юлдошов Б.А, Абилфайзиев Ш.Н. “Исследование влияния температуры на параметры фототепловых батарей в южных регионах республики”. *Альтернативная энергетика и экология №25_27*. 40-47 стр. URL: <https://doi.org/10.15518/isjaee.2021.09.040-047>
- [14] Мўминов Р.А, Турсунов М.Н, Сабилов Х, Юлдошов Б.А, Абилфайзиев Ш.Н. Фототепловая батарея с коллектором из сотового поликарбоната” *Узбекистан, Ташкент, ФАР № 01886 от 24.03.2022.*
- [15] Абилфайзиев Ш.Н. Фотозлектрик батареяга бириктирилган иссиқлик коллекторида кечадиган физик жараёнларнинг математик модели. Тенденции развития физики конденсированных сред. III Международной научной конференции, Узбекистан, Фергана (2023), Ст. 333-337.