JOURNAL OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH
Volume 4, Issue 6, July- August 2026 Online ISSN: 3030-3508
https://spaceknowladge.com

MOBIL MICRO-GRID: ROZETKAGA ULANADIGAN KO‘CHMA QUYOSH ELEKTR STANSIYASINING TEXNIK KONSEPSIYASI VA O‘ZBEKISTON SHAROITIDA QO‘LLASH ISTIQBOLLARI

Shoymardanov Islom Zokir O‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti, Muqobil energiya manbalari yo‘nalishi 2-bosqich magistranti, E-mail: islomshoymardanov@gmail.com

MAQOLA MALUMOTI

MAQOLA TARIXI:
Received:06.07.2026
Revised: 07.07.2026
Accepted:08.07.2026

KALIT SO’ZLAR:
ko‘chma quyosh elektr stansiyasi, mikroinvertor, tarmoqqa ulangan fotoelektrik tizim, MPPT, orolsizlanish himoyasi, taqsimlangan generatsiya, plug-and-play, energetik samaradorlik, O‘zbekiston, “Quyoshli xonadon”.

ANNOTATSIYA:

Maqolada maishiy rozetkaga bevosita ulanadigan ko‘chma quyosh elektr stansiyasi — “Mobil Micro-Grid” konsepsiyasining texnik asoslari ko‘rib chiqiladi. An'anaviy tomga yoki yer usti konstruksiyalariga o‘rnatiladigan fotoelektrik tizimlar qimmatligi, ruxsatnoma rasmiylashtirish zarurati va malakali montaj ishlarini talab qilishi bilan ko‘p qavatli uy aholisi, ijarachilar hamda kam ta'minlangan xonadonlar uchun amalda yetib bormaydi. Taklif etilayotgan yechim modul darajasidagi mikroinvertor, maksimal quvvat nuqtasini kuzatish (MPPT) algoritmi, tarmoq bilan sinxronlash va orolsizlanish (anti-islanding) himoyasini yagona ko‘chma korpusda birlashtiradi hamda tizimni oddiy rozetkaga ulash orqali ishga tushirishga imkon beradi. Ishda tizim arxitekturasi, ishlash prinsipi va xavfsizlik jihatlari tahlil qilingan, shuningdek O‘zbekiston iqlimiy va me'yoriy-huquqiy sharoitida quvvat ishlab chiqarish hamda iqtisodiy samaradorlik bo‘yicha indikativ hisob-kitoblar keltirilgan. Olingan natijalar “plug-and-play” ko‘chma tizimlar taqsimlangan quyosh energetikasini keng aholi qatlamlari uchun ochish (demokratlashtirish) vositasi sifatida istiqbolli ekanini ko‘rsatadi.

1. Kirish. Jahon energetikasida taqsimlangan generatsiyaga (distributed generation) o‘tish jarayoni so‘nggi o‘n yillikda sezilarli tezlashdi. Markazlashgan yirik stansiyalarga

qo‘shimcha ravishda iste'molchining o‘zida — tom ustida, balkonda yoki hovlida — joylashtiriladigan kichik quvvatli fotoelektrik manbalar elektr tizimining moslashuvchanligini oshirib, uzatishdagi yo‘qotishlarni kamaytiradi va energiya ta'minotining barqarorligiga hissa qo‘shadi. Ushbu yo‘nalishning eng ko‘zga ko‘ringan namunasi — Yevropada, ayniqsa Germaniyada ommalashgan “balkon quyosh stansiyalari” (nem. Balkonkraftwerk) bo‘lib, ular oddiy rozetkaga ulanadigan, quvvati bir necha yuz vatt bo‘lgan “plug-and-play” tizimlardir.

O‘zbekiston uchun bu yo‘nalish ikki jihatdan alohida ahamiyatga ega. Birinchidan, mamlakat quyosh energiyasi zaxiralari bo‘yicha mintaqada yetakchilardan biri: quyosh energiyasining yalpi salohiyati 2,1 mln PJ dan ortiq, texnik salohiyati esa mamlakat birlamchi energiya iste'molidan qariyb to‘rt baravar ko‘p deb baholanadi [11]. Yiliga o‘rtacha 300 dan ortiq quyoshli kun va yuqori insolatsiya darajasi maishiy fotoenergetika uchun qulay shart-sharoit yaratadi. Ikkinchidan, davlat qayta tiklanuvchi energetikani jadal rivojlantirish siyosatini olib bormoqda: 2030-yilga qadar qayta tiklanuvchi manbalar quvvatini sezilarli oshirish va ularning generatsiyadagi ulushini 40 % ga yetkazish maqsad qilib qo‘yilgan [11, 12].

Aholi darajasidagi quyosh energetikasini rag‘batlantirish uchun mamlakatda 2023-yildan buyon “Quyoshli xonadon” dasturi amal qiladi. Uning doirasida xonadonga o‘rnatilgan quyosh panellari orqali ishlab chiqarilib, yagona elektr tarmog‘iga uzatilgan energiyaning har bir kilovatt-soati uchun 1000 so‘m miqdorida subsidiya to‘lanadi; bundan tashqari qurilma va uni o‘rnatish qiymatining 20 % gacha qismini qoplab beruvchi mexanizm joriy etilgan [14]. Dastur natijalari sezilarli o‘sishni ko‘rsatadi: agar 2024-yilda 10,8 mingga yaqin jismoniy shaxs tarmoqqa uzatilgan quyosh energiyasi uchun jami 12,2 mlrd so‘mdan ortiq subsidiya olgan bo‘lsa, 2025-yilda bu ko‘rsatkich 45 mingdan ortiq shaxs va 209 mlrd so‘mdan oshgan to‘lovlarga yetdi [14]. Bu raqamlar maishiy quyosh energetikasiga aholi qiziqishining tez o‘sib borayotganini tasdiqlaydi.

Shu bilan birga, mavjud yechimlarni ommaviy joriy etishning jiddiy to‘sig‘i saqlanib qolmoqda. An'anaviy fotoelektrik tizimni o‘rnatish — bu kapital xarajat talab qiladigan, statsionar, ko‘p bosqichli jarayon: panellar uchun konstruksiya tayyorlash, invertor va himoya avtomatlarini montaj qilish, uy elektr shchitiga ulash hamda tarmoqqa ulanish uchun hujjatlarni rasmiylashtirish zarur. Bularning barchasi malakali elektromontajchi ishtirokini talab qiladi. Natijada ko‘p qavatli uylarda yashovchilar, ijaradagi xonadonlar va o‘z tomiga ega bo‘lmagan iste'molchilar bu imkoniyatdan amalda foydalana olmaydi. Amaliyotda “tarmoqqa tok sotish uchun xonadondan ortiqcha energiya chiqmayotgani”, ya'ni tizimning noto‘g‘ri o‘lchamlanishi bilan bog‘liq muammolar ham keng uchraydi.

Ushbu maqolaning maqsadi — yuqorida sanab o‘tilgan to‘siqlarni bartaraf etuvchi “Mobil Micro-Grid” — rozetkaga bevosita ulanadigan ko‘chma quyosh elektr stansiyasining texnik konsepsiyasini asoslash, uning arxitekturasi, ishlash prinsipi va xavfsizlik yechimlarini

yoritish hamda O‘zbekiston sharoitida quvvat ishlab chiqarish va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini indikativ hisob-kitoblar orqali baholashdir.

2. Adabiyotlar sharhi va muammoning qo‘yilishi

Tarmoqqa ulangan fotoelektrik tizimlar uchun invertorlar topologiyasi va boshqaruvi masalalari fanda batafsil o‘rganilgan. S. Kjaer va hammualliflari bir fazali tarmoqqa ulanadigan modul invertorlarining tasnifi va rivojlanish yo‘nalishlarini umumlashtirib, modul darajasidagi elektronika (module integrated converters) yo‘nalishining istiqbollarini ko‘rsatib bergan [1]. Q. Li va P. Wolfs turli DC-bog‘lanish konfiguratsiyalariga ega bir fazali modul invertori topologiyalarini qiyosiy tahlil qilib, samaradorlik va ishonchlilik o‘rtasidagi murosani baholagan [2]. R. Hasan va hammualliflari galvanik ajratishga ega tarmoqqa ulangan fotoelektrik mikroinvertorlarni keng ko‘lamda sharhlab, ularning afzalliklari — modul darajasida mustaqil MPPT, oson kengaytiriluvchanlik va montajning soddaligini ta'kidlagan [3].

Fotoelektrik tizimda energiya samaradorligining hal qiluvchi jihati — maksimal quvvat nuqtasini kuzatish (MPPT). T. Esram va P. Chapman turli MPPT algoritmlarini — “buzish va kuzatish” (Perturb & Observe, P&O), inkremental o‘tkazuvchanlik (Incremental Conductance) va boshqalarni tizimli qiyoslab, ularning aniqligi, dinamik javob tezligi hamda amaliy joriy etilishini tahlil qilgan [4]. Tarmoq bilan sinxronlash, faza qulflash halqasi (Phase-Locked Loop, PLL) va tok manbayi rejimidagi boshqaruv masalalari R. Teodorescu, M. Liserre va P. Rodríguez monografiyasida chuqur yoritilgan [5]; fotoelektrik tizimlarning umumiy nazariy asoslari esa K. Mertens qo‘llanmasida jamlangan [6].

Tarmoqqa ulangan generatorlarning xavfsizligi va tizim bilan muvofiqligini ta'minlash xalqaro standartlar bilan tartibga solingan. IEEE 1547 standarti taqsimlangan energiya manbalarini elektr tizimiga ulash talablarini belgilaydi [7]; IEC 62116 orolsizlanish (anti-islanding) himoyasini sinovdan o‘tkazish tartib-taomilini [8], IEC 62109 esa fotoelektrik tizimlarda qo‘llaniladigan quvvat o‘zgartirgichlari xavfsizligini reglamentlaydi [9]. Ayniqsa rozetkaga ulanadigan tizimlar nuqtai nazaridan Germaniyaning VDE-AR-N 4105 texnik qoidasi muhim ahamiyatga ega: u past kuchlanishli tarmoqqa ulanadigan kichik generatorlar uchun soddalashtirilgan ro‘yxatdan o‘tkazish tartibini belgilab, aynan “balkon” tizimlarining ommalashuviga huquqiy asos bo‘ldi [10].

Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, mikroinvertor, MPPT, tarmoq bilan sinxronlash va orolsizlanish himoyasi kabi asosiy texnik komponentlar yetarlicha o‘rganilgan va standartlashtirilgan. Ammo bu komponentlarni yagona ko‘chma, “plug-and-play” modulda birlashtirib, uni maxsus montajsiz oddiy rozetkaga ulash orqali maishiy iste'molchi darajasida qo‘llash konsepsiyasi, ayniqsa O‘zbekiston iqlimiy va me'yoriy sharoitiga moslashtirilgan holda, yetarlicha ishlab chiqilmagan. Ushbu maqola aynan mana shu ilmiy-amaliy bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan.

3. Tizim arxitekturasi va ishlash prinsipi

Taklif etilayotgan “Mobil Micro-Grid” tizimi funksional jihatdan beshta asosiy blokdan iborat: (1) yig‘iluvchi yoki qatlanuvchi fotoelektrik modul (yoki modullar), (2) MPPT boshqaruviga ega mikroinvertor, (3) tarmoq bilan sinxronlash va orolsizlanish himoyasi bloki, (4) standart maishiy vilka orqali ulanish interfeysi hamda (5) telemetriya va nazorat moduli. Barcha elektron qismlar yagona ko‘chma korpusga joylashtiriladi, natijada iste'molchi uchun tizim yaxlit, “qutidan chiqarib ishlatiladigan” qurilmaga aylanadi.

Energiya aylanishining umumiy ketma-ketligi quyidagicha. Fotoelektrik modul quyosh nurini o‘zgaruvchan sharoitda o‘zgaruvchan kuchlanishli doimiy tok (DC) ga aylantiradi. Mikroinvertordagi MPPT algoritmi panel volt-amper tavsifi bo‘yicha maksimal quvvat nuqtasini uzluksiz izlab, energiyani maksimal darajada yig‘ishni ta'minlaydi. Amaliyotda soddaligi va ishonchliligi bois ko‘pincha *Perturb & Observe* algoritmi qo‘llaniladi: bunda ish nuqtasi kichik qadam bilan siljitilib, quvvat o‘zgarishi kuzatiladi va o‘zgarish yo‘nalishi shunga qarab tuzatiladi [4]. So‘ngra o‘zgartirgich DC quvvatni tarmoq chastotasi (50 Hz) va kuchlanishiga mos sinusoidal o‘zgaruvchan tokka (AC) aylantiradi.

Mikroinvertor tarmoq bilan tok manbayi rejimida (grid-following) ishlaydi: faza qulflash halqasi (PLL) yordamida tarmoq kuchlanishining fazasi va chastotasi aniqlanib, invertor tarmoq kuchlanishi bilan bir fazada bo‘lgan sinusoidal tokni uzatadi. Bu quvvat koeffitsiyenti birga yaqin bo‘lishini va uzatilayotgan energiyaning tarmoqda samarali qabul qilinishini ta'minlaydi [5]. Muhim jihat shuki, tizim *kuchlanish manbayi emas, balki tok manbayi* sifatida ishlaydi va o‘zi mustaqil kuchlanish yaratmaydi — u faqat mavjud tarmoq kuchlanishiga “ergashadi”. Shu sababli tizim tarmoq mavjud bo‘lgandagina energiya uzatadi.

Xavfsizlikning eng muhim elementi — **orolsizlanish himoyasi (anti-islanding)**. Tarmoqda kuchlanish yo‘qolganda (masalan, avariya yoki ta'mirlash chog‘ida) mikroinvertor bir necha yuz millisekund ichida avtomatik ravishda uziladi. Bu ikki tomonlama vazifani bajaradi: birinchidan, uzilgan uchastkada ishlayotgan xodimlar uchun xavf tug‘diruvchi “orolcha” rejimining paydo bo‘lishiga yo‘l qo‘ymaydi; ikkinchidan, tarmoq qayta yoqilganda sinxronsiz ulanishning oldini oladi. Amalda passiv usullar (kuchlanish va chastotaning ruxsat etilgan chegaralaridan chiqishini kuzatuvchi OUV/OUF releleri) faol usullar (chastotani surish, tarmoq impedansini o‘lchash) bilan birgalikda qo‘llaniladi. Ushbu himoya IEC 62116 [8] va IEEE 1547 [7] talablariga muvofiq loyihalanishi lozim.

1-jadval — “Mobil Micro-Grid” tizimining asosiy funksional bloklari

Blok	Vazifasi	Asosiy talab / standart
Fotoelektrik modul	Quyosh nurini DC energiyaga aylantirish; qatlanuvchi/yig‘iluvchi konstruksiya	Yengil, ko‘chma; IEC 61215 sifat talablari

Blok	Vazifasi	Asosiy talab / standart
MPPT bloki	Maksimal quvvat nuqtasini uzluksiz kuzatish	P&O yoki Inc. Conductance algoritmi [4]
Mikroinvertor	DC→AC o‘zgartirish, tok manbayi rejimida boshqaruv (PLL)	IEC 62109 [9]; unity power factor
Himoya bloki	Orolsizlanish, kuchlanish/chastota chegaralarini nazorat qilish	IEC 62116 [8]; IEEE 1547 [7]
Ulanish interfeysi	Standart vilka orqali rozetkaga ulash	VDE-AR-N 4105 tamoyillari [10]
Telemetriya moduli	Quvvat, ishlab chiqarish va holatni Wi-Fi orqali kuzatish	Lokal veb-panel / mobil ilova

Manba: muallif ishlanmasi.

Tizimning *“plug-and-play”* xususiyati uning asosiy yangiligini tashkil etadi. Iste'molchi qurilmani yig‘ish, panelni quyoshga qaratish va vilkani rozetkaga ulash bilan cheklanadi — hech qanday ichki simlash, avtomat o‘rnatish yoki elektr shchitiga aralashish talab etilmaydi. Ishlab chiqarilgan energiya avval o‘sha xonadonning o‘z iste'molini qoplaydi (masalan, muzlatgich yoki kunduzgi maishiy yuklamalar), ortiqcha qismi esa tarmoqqa uzatiladi. Telemetriya moduli — mahalliy veb-server yoki mobil ilova ko‘rinishida — real vaqtda quvvat va sutkalik ishlab chiqarishni ko‘rsatib, foydalanuvchiga tizim samaradorligini nazorat qilish imkonini beradi.

Xavfsizlik nuqtai nazaridan rozetkaga ulanadigan tizimlar bo‘yicha ikki asosiy e'tiroz mavjud: rozetka orqali teskari yo‘nalishda energiya uzatilishi va shu tufayli xonadon ichki simlashiga qo‘shimcha yuklama tushishi. Xalqaro amaliyotda bu masala tizimning chiqish quvvatini cheklash orqali hal etiladi: masalan, VDE-AR-N 4105 doirasida 800 W gacha bo‘lgan tizimlar soddalashtirilgan tartibda ulanishi mumkin, chunki bunday quvvat standart 16 A quvvatli xonadon zanjiri uchun xavf tug‘dirmaydi [10]. Shu bois “Mobil Micro-Grid” ning bitta moduli uchun ham chiqish quvvatini 600–800 W oralig‘ida cheklash maqsadga muvofiq deb topiladi.

2-jadval — An'anaviy statsionar tizim va “Mobil Micro-Grid” ning qiyosiy tavsifi

Mezon	An'anaviy statsionar tizim	Mobil Micro-Grid
Montaj	Malakali usta, konstruksiya, elektr shchitiga ulash	Foydalanuvchining o‘zi; vilkani rozetkaga ulash

Mezon	An'anaviy statsionar tizim	Mobil Micro-Grid
Ko‘chmalik	Statsionar, ko‘chirilmaydi	To‘liq ko‘chma, boshqa joyga olib ketiladi
Boshlang‘ich xarajat	Yuqori (montaj va hujjatlar bilan)	Past, bosqichma-bosqich kengaytiriladi
Ijarachi/ko‘p qavatli uy	Amalda mos emas	To‘liq mos
Quvvat	Bir necha kVt gacha	600–800 W (modul); parallel kengaytiriladi

Manba: muallif ishlanmasi.

4. Natijalar va ularning muhokamasi

4.1. Quvvat ishlab chiqarishni baholash. Tizimning energetik samaradorligini baholash uchun Toshkent sharoitiga xos boshlang‘ich ma'lumotlardan foydalanamiz. Bitta modul uchun nominal quvvat 800 Wp (masalan, 2×400 Wp panel), mikroinvertorning chiqish quvvati 600 W deb qabul qilinadi. Toshkent uchun optimal qiyalikdagi sirtga tushuvchi o‘rtacha kunlik samarali quyosh soatlari (peak sun hours) taxminan 4,7 soat, tizimning umumiy samaradorlik koeffitsiyenti (performance ratio) esa 0,80 deb olinadi.

Yillik ishlab chiqarishni quyidagi ifoda orqali baholash mumkin:

$$E_{yillik} = P_{nom} \times \text{PSH} \times 365 \times \text{PR},$$

bunda P_{nom} — nominal DC-quvvat (kW), PSH — sutkalik samarali quyosh soatlari, PR — samaradorlik koeffitsiyenti. Hisob-kitob:

$$E_{yillik} = 0{,}8 \times 4{,}7 \times 365 \times 0{,}80 \approx 1098 \text{ kVt·soat}.$$

Mikroinvertorning yozgi tush paytida chiqish quvvatini 600 W darajasida cheklashi (clipping) hisobga olinsa, real yillik ishlab chiqarish taxminan 1000–1050 kVt·soat, o‘rtacha kunlik esa qariyb 2,7–2,9 kVt·soat ni tashkil etadi. Bu ko‘rsatkich o‘rta darajadagi xonadonning kunduzgi bazaviy iste'molini (muzlatgich, Wi-Fi routeri, kunduzgi yoritish va boshqalar) sezilarli darajada qoplashga yetarli.

4.2. Iqtisodiy samaradorlikni indikativ baholash. Iqtisodiy tahlil parametrik ko‘rinishda, aniq bozor narxlari vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishini hisobga olgan holda keltiriladi. Bir modulli tizimning taxminiy qiymati 3,5–4,5 mln so‘m oralig‘ida deb qabul qilinadi; “Quyoshli xonadon” doirasidagi 20 % lik subsidiya bu summani kamaytiradi [14]. Ishlab chiqarilgan energiyaning qiymati ikki mexanizm bo‘yicha shakllanadi:

— *o‘z iste'moli* (self-consumption): tarmoqdan sotib olinadigan energiya o‘rniga foydalanilganda, tejamkorlik amaldagi maishiy tarifga teng bo‘ladi;

— *tarmoqqa uzatish* (export): ortiqcha energiya “Quyoshli xonadon” dasturi bo‘yicha 1000 so‘m/kVt·soat subsidiya bilan tarmoqqa uzatiladi [14].

Agar yiliga ishlab chiqarilgan ~1000 kVt·soat energiyaning katta qismi o‘z iste'moliga sarflanib, qolgan qismi tarmoqqa uzatilsa, yillik iqtisodiy naf taxminan 0,5–1,0 mln so‘mni tashkil etishi mumkin. Bunda oddiy o‘zini qoplash muddati (payback period) taxminan 4–8 yilni tashkil etadi. Bu ko‘rsatkich tizim narxining pasayishi, elektr tariflarining o‘sishi va subsidiya siyosati ta'sirida yaxshilanishi mumkin. Muhim ustunlik shundaki, kapital xarajat bosqichma-bosqich — birinchi modulni sinab ko‘rib, keyin qo‘shimcha modul qo‘shish orqali — taqsimlanadi, bu esa moliyaviy to‘siqni pasaytiradi.

4.3. Muhokama va cheklovlar. Taklif etilayotgan konsepsiya bir qator afzalliklarga ega: montajning soddaligi, ko‘chmalik, past kirish chegarasi va ko‘p qavatli uy aholisi hamda ijarachilar uchun ochiqlik. Ular birgalikda taqsimlangan quyosh energetikasini keng aholi qatlamlari uchun ochish imkonini beradi. Shu bilan birga, tizimning ob'yektiv cheklovlarini ham e'tirof etish zarur:

— *quvvat cheklovi:* bitta modul quvvati bir necha yuz vatt bilan chegaralangan, u xonadonning barcha yuklamalarini emas, balki bazaviy iste'molni qoplaydi;

— *tarmoqqa bog‘liqlik:* orolsizlanish himoyasi sababli tizim faqat tarmoq mavjud bo‘lgandagina ishlaydi va elektr uzilganda zaxira manba vazifasini bajarmaydi (buning uchun akkumulyator qo‘shimcha talab qilinadi);

— *me'yoriy-huquqiy jihat:* O‘zbekistonda aynan rozetkaga ulanadigan mikrotizimlar uchun soddalashtirilgan ro‘yxatga olish va texnik reglament hali yetarlicha shakllanmagan; ularni joriy etish uchun VDE-AR-N 4105 ga o‘xshash milliy standartni ishlab chiqish maqsadga muvofiq [10];

— *hisoblash aniqligi:* yuqorida keltirilgan raqamlar indikativ bo‘lib, real ko‘rsatkichlar panel yo‘nalishi, soyalanish, harorat va tarmoq holatiga bog‘liq holda o‘zgaradi.

Ushbu cheklovlar konsepsiyaning amaliy qiymatini bekor qilmaydi, balki uni qo‘llash chegaralarini aniq belgilaydi. “Mobil Micro-Grid” markazlashgan yirik quyosh stansiyalari yoki to‘liq tomga o‘rnatiladigan tizimlarning o‘rnini bosmaydi; u ularni to‘ldiruvchi, iste'molchi darajasidagi kirish nuqtasi (entry point) sifatida qaralishi lozim. Uning eng katta ijtimoiy qiymati — energetik ongni oshirish va aholining keng qatlamini quyosh energetikasiga jalb etishdadir.

5. Xulosa.

Maqolada rozetkaga bevosita ulanadigan ko‘chma quyosh elektr stansiyasi — “Mobil Micro-Grid” konsepsiyasi asoslab berildi. Tizim mikroinvertor, MPPT boshqaruvi, tarmoq bilan sinxronlash va orolsizlanish himoyasini yagona ko‘chma modulda birlashtirib, an'anaviy statsionar fotoelektrik tizimlarga xos bo‘lgan asosiy to‘siqlarni — yuqori narx, murakkab montaj va malakali usta zaruratini bartaraf etadi.

Toshkent sharoiti uchun bajarilgan indikativ hisob-kitoblar 800 Wp / 600 W quvvatli bitta modul yiliga taxminan 1000 kVt·soat energiya ishlab chiqarishi mumkinligini ko‘rsatdi. “Quyoshli xonadon” dasturining rag‘batlantiruvchi mexanizmlari va O‘zbekistonning yuqori

quyosh salohiyati hisobga olinganda, bunday tizimlarning o‘zini qoplash muddati maqbul, ijtimoiy va energetik nafi esa sezilarli baholanadi.

Konsepsiyani amaliy joriy etish uchun kelgusi tadqiqotlarda quyidagilar zarur: eksperimental prototipni yaratish va uni real sharoitda sinovdan o‘tkazish; orolsizlanish himoyasi va sinxronlash algoritmlarini standart talablari bo‘yicha tekshirish; hamda rozetkaga ulanadigan mikrotizimlar uchun milliy texnik reglament va soddalashtirilgan ro‘yxatga olish tartibini ishlab chiqish bo‘yicha takliflar tayyorlash. Bu yo‘nalishdagi ishlar taqsimlangan quyosh energetikasini demokratlashtirishga va O‘zbekistonning qayta tiklanuvchi energetika bo‘yicha strategik maqsadlariga erishishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Kjaer S.B., Pedersen J.K., Blaabjerg F. A review of single-phase grid-connected inverters for photovoltaic modules // IEEE Transactions on Industry Applications. – 2005. – Vol. 41, № 5. – P. 1292–1306.

2. Li Q., Wolfs P. A review of the single phase photovoltaic module integrated converter topologies with three different DC link configurations // IEEE Transactions on Power Electronics. – 2008. – Vol. 23, № 3. – P. 1320–1333.

3. Hasan R., Mekhilef S., Seyedmahmoudian M., Horan B. Grid-connected isolated PV microinverters: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Vol. 67. – P. 1065–1080.

4. Esram T., Chapman P.L. Comparison of photovoltaic array maximum power point tracking techniques // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2007. – Vol. 22, № 2. – P. 439–449.

5. Teodorescu R., Liserre M., Rodríguez P. Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems. – Chichester: John Wiley & Sons, 2011. – 416 p.

6. Mertens K. Photovoltaics: Fundamentals, Technology, and Practice. – 2nd ed. – Chichester: John Wiley & Sons, 2019. – 488 p.

7. IEEE Std 1547-2018. IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces. – New York: IEEE, 2018. – 138 p.

8. IEC 62116:2014. Utility-interconnected photovoltaic inverters – Test procedure of islanding prevention measures. – Geneva: International Electrotechnical Commission, 2014.

9. IEC 62109-2:2011. Safety of power converters for use in photovoltaic power systems – Part 2: Particular requirements for inverters. – Geneva: IEC, 2011.

10. VDE-AR-N 4105:2018-11. Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz (Generators connected to the low-voltage distribution network). – Berlin: VDE Verlag, 2018.

11. Solar Energy Policy in Uzbekistan: A Roadmap. – Paris: International Energy Agency (IEA), 2022. – 118 p.

12. Renewables Readiness Assessment: Republic of Uzbekistan. – Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019. – 96 p.

13. O‘zbekiston Respublikasining “Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish to‘g‘risida”gi Qonuni, ЎРҚ-539-son, 2019-yil 21-may // Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi. – URL: https://lex.uz (murojaat sanasi: 04.07.2026).

14. “Quyoshli xonadon” dasturi doirasida ajratilgan subsidiyalar to‘g‘risida ma'lumot // O‘zbekiston milliy elektr tarmoqlari AJ. – 2025. – URL: https://www.uzbekistonmet.uz (murojaat sanasi: 04.07.2026).

15. Aholi tomonidan ishlab chiqarilgan quyosh energiyasini sotish va subsidiya olish natijalari // O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi ma'lumotlari. – 2025. – URL: https://minenergy.uz (murojaat sanasi: 04.07.2026).