

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI FARG‘ONA POLITEKNIKA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD 03/27.02.2020.T.106.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

FARG‘ONA POLITEKNIKA INSTITUTI

YUSUPOV DILSHODBEK TURDALIYEVICH

**O‘ZBEKISTON SHAROITI UCHUN SHAMOL VA QUYOSH
FOTOELEKTR STANSIYALARI ASOSIDAGI KOMBINATSIYALANGAN
ENERGETIK MAJMUANI ISHLAB CHIQISH**

05.05.06 – Qayta tiklanuvchi energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам

Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences

Yusupov Dilshodbek Turdaliyevich

О‘zbekiston sharoiti uchun shamol va quyosh fotoelektr stansiyalari asosidagi kombinatsiyalangan energetik majmuani ishlab chiqish..... 3

Юсупов Дилшодбек Турдалиевич

Разработка комбинированного энергокомплекса на базе ветряной и солнечной фотоэлектростанций для условий Узбекистана..... 21

Yusupov Dilshodbek Turdaliyevich

Development of a combined energy complex based on wind and solar photo power plants for the conditions of Uzbekistan.....39

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA‘LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI FARG‘ONA POLITEKNIKA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD 03/27.02.2020.T.106.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

FARG‘ONA POLITEKNIKA INSTITUTI

YUSUPOV DILSHODBEK TURDALIYEVICH

**O‘ZBEKISTON SHAROITI UCHUN SHAMOL VA QUYOSH
FOTOELEKTR STANSIYALARI ASOSIDAGI KOMBINATSIYALANGAN
ENERGETIK MAJMUANI ISHLAB CHIQISH**

05.05.06 – Qayta tiklanuvchi energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Farg‘ona – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4702 raqami bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Farg'ona politexnika institutida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.ferpi.uz) va «Ziyonet» Axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Zaxidov Roman Abdullaevich
texnika fanlari doktori, akademik

Rasmiy opponentlar:

Mamadaliyeva Lola Kamildjanovna
texnika fanlari doktori, professor

Aliev Raimjon Usmonovich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Namangan muhandislik-texnologiyalar instituti

Dissertatsiya himoyasi Farg'ona politexnika instituti huzuridagi falsafa doktori ilmiy darajasini beruvchi PhD.03/27.02.2020.T.106.02 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil "22" 03 soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 150107, Farg'ona shahri, Farg'ona ko'chasi, 86-uy. Tel: (+99873)241-12-06, faks (+99873)241-12-06, e-mail: ilmiy-kengash@ferpi.uz, kichik majlislar zali.

Dissertatsiya bilan Farg'ona politexnika institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 282 raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: Farg'ona shahri, Farg'ona ko'chasi, 86-uy. Tel: (+99873)241-12-06. Farg'ona politexnika instituti.

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil "20" 03 kuni tarqatildi.

(2025 yil "03" 20 dagi № 1 raqamli reestr bayonnomasi).



[Handwritten signature]

S.F.Ergashev

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

M.O.Uzbekov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash ilmiy kotibi, PhD, dotsent

[Handwritten signature]

M.S.Payzullaxonov

Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., katta ilmiy xodim

KIRISH (Falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish ko‘lamini oshirish, energiya zahiralardan oqilona foydalanish masalalari hamda elektr energiya ishlab chiqarishda sifat ko‘rsatkichlarini oshiruvchi energiya resurs tejamkor texnika vositalarini qo‘llash etakchi o‘rinlardan birini egallamoqda. Dunyo miqyosida elektr energiya ishlab chiqarish miqdorining 2023 yil natijasiga ko‘ra, 30,7 foizi qayta tiklanuvchi energiya manbalari, jumladan 7,8 foizi shamol elektr stansiyalari hissasiga to‘g‘ri kelmoqda¹. Ushbu ko‘rsatkichlarni kombinatsiyalangan energiya majmualaridan foydalanish hisobiga yanada oshirish samaradorligi yuqori bo‘lgan qurilmalarni amaliyotga joriy etishni taqozo etadi. Shu jihatdan, markazlashgan elektr ta‘minotidan uzoqda joylashgan kichik quvvatli avtonom iste‘molchilarni uzluksiz elektr energiyasi bilan ta‘minlashda kombinatsiyalangan shamol va quyosh fotoelektr stansiyalaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda elektr energiyasiga bo‘layotgan talabning kun sayin ortib borayotganligidan kelib chiqib, uning hajmini qayta tiklanuvchi energiya manbalari hisobiga oshirish, “yashil energiya” olishda qo‘llaniladigan usullar va qurilmalarning energiya samaradorligini va resurs tejamkorligini oshirishga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, shamol turbinalarning ish rejimlarini o‘rganish va tahlil qilish, ularning turlarini yaratish hamda ishlash prinsiplari har xil bo‘lgan qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi kombinatsiyalangan energetik majmualarning yuqori samaradorlikka erishishiga alohida e‘tibor berilmoqda.

Respublikamizda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish sohasida texnik-texnologik qurilmalar va innovatsion ishlanmalarni takomillashtirish va joriy etish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2019-2030 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining «yashil» iqtisodiyotga o‘tish strategiyasida «...energiya resurslari iste‘molini diversifikatsiyalash va qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni rivojlantirish...»² bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, jumladan shamol va quyosh fotoelektr stansiyalarini geometrik o‘lchamlari va energetik parametrlari orasidagi funksional bog‘lanishlarini optimallashtirish asosida kombinatsiyalangan energiya tizimlarini yaratish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni, 2019-yil 22-avgustdagi PQ-4422-son “Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejoychi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to‘g‘risida”, 2020 yil 10 iyuldagi PQ-4779-coH “Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va mavjud resurslarni jalb etish orqali iqtisodiyot

¹ <https://www.iea.org/energy-system/renewables>

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktyabrdagi PQ-4477-son «2019-2030 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotiga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida» gi Qarori.

tarmoqlarining yoqilg'i-energetika mahsulotlariga qaramligini kamaytirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida", 2023-yil 16-fevraldagi PQ-57-son "2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejoyvchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Dissertatsiya ishi bo'yicha tadqiqotlar O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalarining IV. "Qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish usullarini ishlab chiqish, nanotexnologiyalar va boshqa ilg'or texnologiyalar asosida texnika va qurilmalarni yaratish" ustuvor yo'nalishiga mos keladi.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Shamol turbinasining konstruksiyalarini yaratish va yangi turlarini ishlab chiqish bilan xorijda V.Indraja (AQSH), Koki Kishinami (Yaponiya), M.Maizi (Germaniya), N.Karthikeyan (Xindiston), Abolfazl Pourrajabian (Eron), K.Pope (Kanada), Fazilova A.R. (Qozog'iston)da shug'ullangan. Shamol turbinalarining texnik va energetik parametrlarini yaxshilash bo'yicha J.V.Akva, A.K.Ravi, Marko Kasini, S.Bruska, J.M.Darrius, R.Ansaf, Ch.Shi, Y.Ch.Miao, S.Savonius, E.M.Fatayev, E.V.Solomin va boshqalar tomonidan tadqiqot ishlari olib borilgan.

Kombinatsiyalangan shamol va quyosh fotoelektr stansiyasini ishlab chiqish va ularning ilmiy asoslarini rivojlantirish bo'yicha tadqiqotlar O.V.Grigorash, L.M.Abdali, A.Boretti, F.E.Suliman, R.Fachrizal, M.Rezaei va boshqalar tomonidan o'tkazilgan.

Respublikamizda mavjud shamol energetik potentsiallardan samarali foydalanish va shamol turbinalarining konstruksiyalarini takomillashtirish hamda kombinatsiyalangan energetik majmualarning samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy muammolarni hal etishda o'zbek olimlaridan R.A.Zaxidov, U.A.Tadjiev, M.M.Muhammadiyev, Sh.I.Klichev, A.M.Mirzabaev, A.B.Safarov, U.A. Abduaziz, F.F.Muzaffarov va boshqalar tomonidan bajarilgan.

Mazkur tadqiqotlar natijasida ishlab chiqilgan qayta tiklanuvchi energiyaning bir necha turlari asosidagi energiya tizimlari elektr energiya ta'minotida muayyan darajada ijobiy natijalarga erishilgan holda qo'llanilib kelinayotgan bo'lsada, usluksiz elektr ta'minoti uchun shamol va quyosh fotoelektr stansiyasidan iborat kombinatsiyalangan energiya majmuasini ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlar yetarlicha o'tkazilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti "O'zbekenergo" ilmiy texnik markazining ilmiy tadqiqot ishlarini BV-Arex-2018-(98+97) "Shamol, quyosh fotovoltaik, elektrokimyoviy va elektr qozon komponentlari bilan avtonom ishlaydigan 5 kW quvvat ishlab chiqaruvchi kompleksdan foydalangan holda binolar, inshootlar, ishlab chiqarish va qayta ishlash korxonalari va ijtimoiy obyektlarni energiya samaradorligini oshirish va energiya ta'minotini yaxshilash" (2020-2023) mavzusidagi loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi shamol va quyosh fotoelektr stansiyalari asosida kombinatsiyalangan energiya qurilmasini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

qayta tiklanuvchi energiya manbalarini kombinatsiyalashga xizmat qiladigan energetik tizimning struktura sxemasini ishlab chiqish;

shamol va quyosh fotoelektr stansiyalarini kombinatsiyalashga xizmat qiladigan energetik tizimning takomillashtirilgan struktura sxemasini ishlab chiqish;

shamol va quyosh fotoelektr stansiyalari asosida kombinatsiyalangan energiya majmuasining ishlash algoritmini ishlab chiqish;

kombinatsiyalangan shamol va quyosh fotoelektr stansiyalarining imitatsion modelini MATLAB SIMULINK dasturi yordamida ishlab chiqish;

kombinatsiyalangan energiya majmuasining tajriba namunasini ishlab chiqish va eksperiment tadqiqotlarini o'tkazish hamda olingan natijalarni tahlil qilish.

Tadqiqotning obyekti sifatida shamol va quyosh fotoelektr stansiyalari asosida kombinatsiyalangan energiya qurilmasi olingan.

Tadqiqotning predmeti shamol va quyosh fotoelektr stansiyaning konstruksion tuzilishi, geometrik o'lchamlari va energetik parametrlarini ilmiy-texnik asoslash hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida ma'lumotlarni qayta ishlash, statistik tahlil usullari, eksperimentlarni matematik rejalashtirish usuli, matematik modellashtirish, tajribalarni rejalash va taqqoslash usullari hamda mavjud me'yoriy hujjatlarda belgilangan usullardan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi:

to'g'rilagichlar, akkumulyator, inverter, boshqariladigan kalitlar va ko'paytiradigan kenglik-impulsli kuchlanish o'zgartirgichlari orqali energiya samaradorlikni 18,7 % ga oshirish imkonini beruvchi qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi elektroenergetik tizimning struktura sxemasi (IAP 07561) ishlab chiqilgan;

asosiy, ikkilamchi va yordamchi toifalarga ajratish orqali iste'molchilarni uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlash hamda oshirilgan energiyani qo'shimcha zahiralash imkonini beruvchi kombinatsiyalangan quyosh va shamol energiya qurilmasining takomillashtirilgan struktura sxemasi (FAP 02110) taklif etilgan;

kombinatsiyalangan shamol va quyosh fotoelektr stansiyasining quvvati, kuchlanishi va tok kuchi asosida ekspluatatsion parametrlarini hisoblash imkonini beruvchi imitatsion model ishlab chiqilgan;

ilk bor, uzluksiz elektr energiyasi bilan ta'minlash imkonini beruvchi quvvati 4 kW li quyosh fotoelektr stansiyasi va 1 kW li shamol elektr stansiyasidan iborat kombinatsiyalangan energiya qurilmaning tajriba namunasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

4 kW li quyosh fotoelektr stansiyasi va 1 kW li shamol elektr stansiyasi asosida energiya samaradorligi 18,7 % ga oshirilgan kombinatsiyalangan energiya majmuasi ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi izlanishlarning zamonaviy usul va o'lchash vositalaridan foydalangan holda o'tkazilganligi, imitatsion modelda

olingan nazariy va eksperimental tadqiqotlarning o‘zaro adekvatligi, bajarilgan tadqiqotlar asosida ishlab chiqilgan kombinatsiyalangan energetik qurilma sinovlarining ijobiy natijalari va amaliyotga joriy etilganligi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati sonli usul asosida kombinatsiyalangan shamol va quyosh fotoelektr stansiyasini geometrik o‘lchamlari va energetik parametrlari orasidagi funksional o‘zaro bog‘liqlik qonuniyatlarining ilmiy asoslanganligi hamda yangi struktura sxemalarni kombinatsiyalashda qo‘llash orqali energiya samaradorlikni oshirishga erishilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati 4 kW li quyosh fotoelektrik stansiyasi va 1 kW li shamol elektr stansiyasidan iborat kombinatsiyalangan energiya qurilmaning tajriba namunasi ishlab chiqilgani bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.

O‘zbekiston sharoiti uchun shamol va quyosh fotoelektr stansiyalari asosidagi kombinatsiyalangan energiya majmuasini ishlab chiqish bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

iste‘molchilarni uch turdagi toifalarga ajratish va energiya zahiralash sig‘imini oshirish hisobiga uzluksiz elektr energiyasi bilan ta‘minlash imkoniyatiga ega bo‘lgan kombinatsiyalangan energetik majmua (FAP 02110) Toshkent viloyati, Toshkent tumanidagi “Akademik M.Mirzaev nomidagi bog‘dorchilik, uzumchilik va vinochilik tadqiqot instituti”da joylashgan issiqxona elektr energiya ta‘minotiga joriy qilingan (“Energetika vazirligi” ning 2023-yil 27-iyuldagi 02-13-4478-son ma‘lumotnomasi). Natijada, tadqiqot institutining markazlashtirilgan elektr tarmog‘idan yillik elektr energiya sarfini 9942 kW·soatga kamaytirish imkonini bergan;

qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi elektroenergetik tizimning yangi sxemasi (IAP 75061) Farg‘ona viloyati Marg‘ilon shahridagi “ASMO SOLAR GOLD” MCHJda kombinatsiyalangan energetik majmuaning tajriba namunasi ishlab chiqish jarayoniga joriy etilgan (“ASMO SOLAR GOLD” MCHJ ning 2024-yil 10-oktabdagi 02-69-son ma‘lumotnomasi). Natijada, kombinatsiyalangan qurilmaning energiya samaradorligini 18.7% ga oshirish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari 4 ta xalqaro va 2 ta respublika anjumanlarida muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 13 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola, jumladan, 4 ta respublika va 1 ta Scopus jurnallarda nashr etilgan, 1 ta ixtiro uchun patent va 1 ta foydali model uchun patent olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etgan.

DISSERTASIYANING ASOSIY MAZMUNI

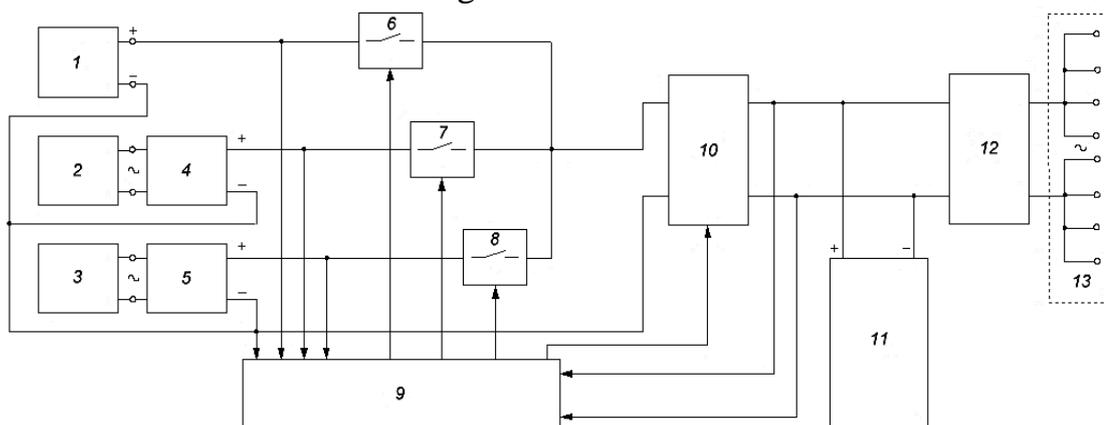
Kirish qismida tanlangan mavzuning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, obyekti va predmeti tavsiflangan, ularning respublika fan va texnologiyalarini rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati yoritib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“O‘zbekiston Respublikasida shamol va quyosh energiyalari salohiyatidan foydalanishning zamonaviy holati va istiqbollari”** deb nomlangan birinchi bobida Respublikamizdagi shamol va quyosh energetikasining salohiyati hamda ulardan foydalanish holatlari bayon etilgan, shamol turbinaning turlari tahlil qilingan, kombinatsiyalangan energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlari o‘rganilgan, kombinatsiyalangan energiya qurilmalarni yaratish bo‘yicha olimlarning olib borgan tadqiqotlar tahlili o‘tkazilgan. Mavjud nazariy va eksperimental natijalar tahlili asosida tadqiqotning vazifalari shakllantirilgan.

Dissertatsiyaning **“Kombinatsiyalangan quyosh va shamol energiya manbasining struktura sxemasini ishlab chiqish”** deb nomlangan ikkinchi bobida qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida qurilgan elektr energiyasini ishlab chiqaruvchi stansiyalarning chiqishlarini birlashtirish usullari, kombinatsiyalangan energiya manbalarini ketma-ket va parallel ulash, energiya manbalarini ulashning struktura sxemasi ishlab chiqilgan, kalit rejimida ishlayotgan DC-DC o‘zgartirgichidagi energiya uzatish jarayoni ko‘rib chiqilgan.

Shamol va quyosh fotoelektr stansiyalarini bir-biriga ulashda muammolar yuzaga keladi. Bu muammolarni bartaraf etish maqsadida, shamol va quyosh fotoelektr stansiyalaridan iborat kombinatsiyalangan energetik majmuaning struktura sxemasi ishlab chiqildi.

IAP 07561-sonli ixtiro patentida keltirilgan qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi elektr ta‘minlash manbasi, ya‘ni quyosh paneli, shamol generatori va mikro-GESdan iborat kombinatsiyalangan energetik qurilmaning struktura sxemasi 1-rasmda keltirilgan.

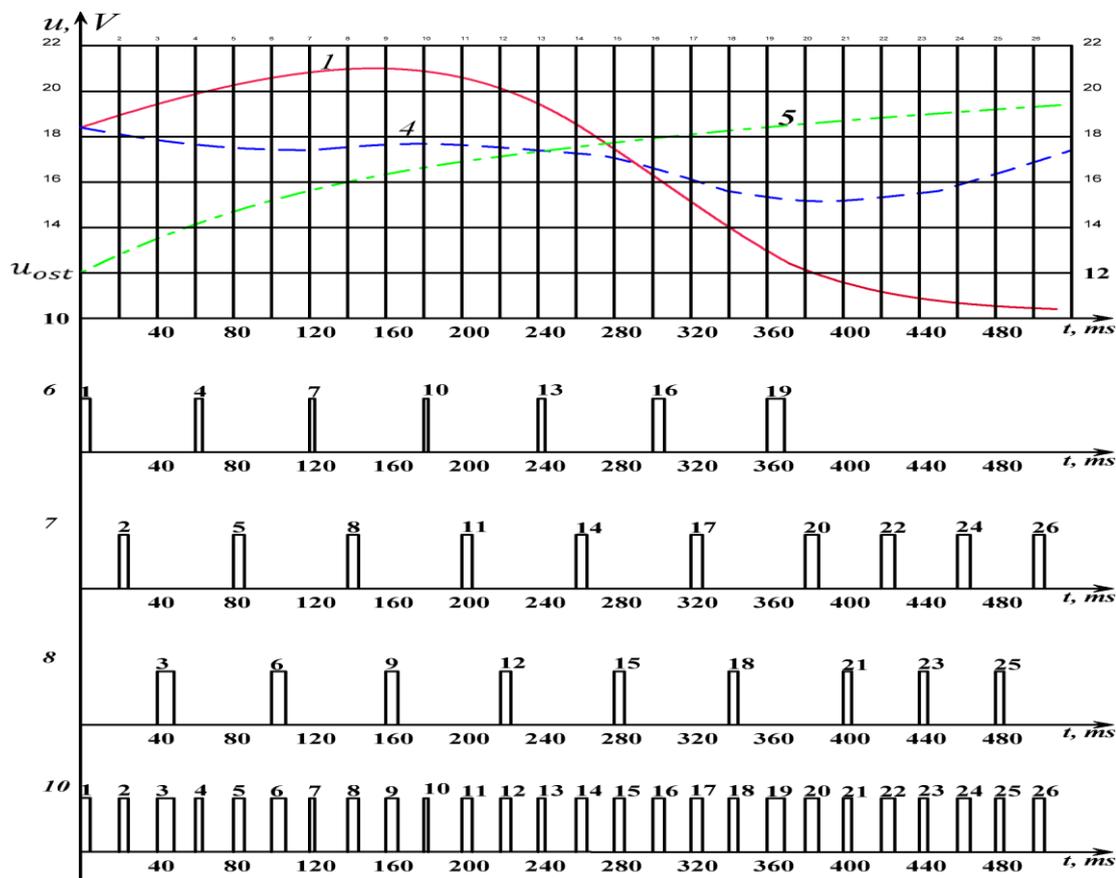


1-rasm. Quyosh paneli, shamol generatori va mikro-GES dan iborat kombinatsiyalangan energetik qurilmasining struktura sxemasi

Kombinatsiyalangan energetik qurilma tarkibida quyidagilar mavjud: 1-quyosh paneli; 2–shamol generatori; 3–mikro-GES; 4 va 5–to‘g‘rilagichlar; 6, 7 va 8–boshqariladigan kalitlar; 9–boshqaruv blogi; 10 –kenglik-impuls o‘zgartirgich; 11-akkumulyator; 12-invertor; 13- yuklama ulanadigan shkaf.

Kombinatsiyalangan energetik qurilmasining struktura sxemasida stansiyalarning chiqishlarini parallel yoki ketma-ket ulash usulidan emas, balki vaqt mobaynida navbatma-navbat ulash usulidan foydalanilgan.

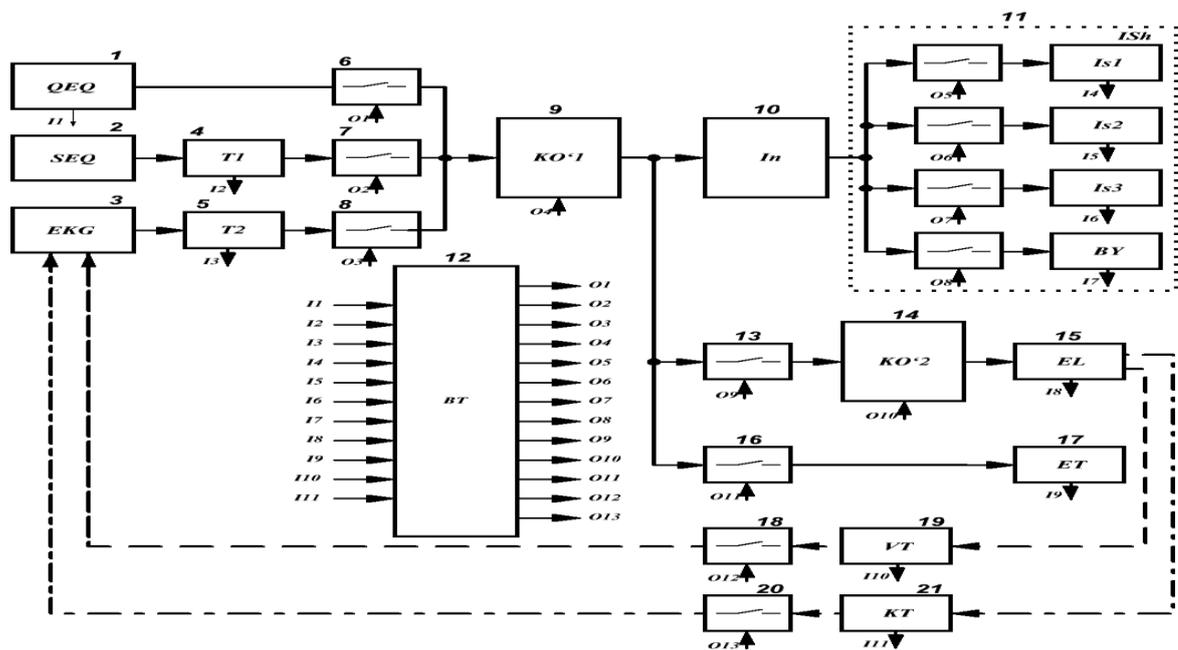
Kombinatsiyalangan majmuaning vaqt diagrammalari 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Kombinatsiyalangan majmuaning vaqt diagrammalari

2-rasmdan ko‘rinib turibdiki, ish jarayonining boshida uchta kuchlanish ham $u_{ost} = 12 V$ dan yuqori bo‘lgani sababli, stansiyalar navbati bilan o‘zgartirgichga ulanadi, lekin vaqt o‘tishi bilan (360 ms dan keyin) 1 stansiyaning kuchlanishi u_{ost} dan kamayib ketadi va buning oqibatida yuklamalarni energiya bilan ta‘minlash 2 hamda 3 stansiyalarning zimmlariga tushadi.

Kombinatsiyalangan energiya majmuasining energiya samaradorligini va uning energiya zahiralash sig‘imini oshirish maqsadida majmuaning takomillashtirilgan struktura sxemasi (FAP 02110) ishlab chiqildi (3-rasm).



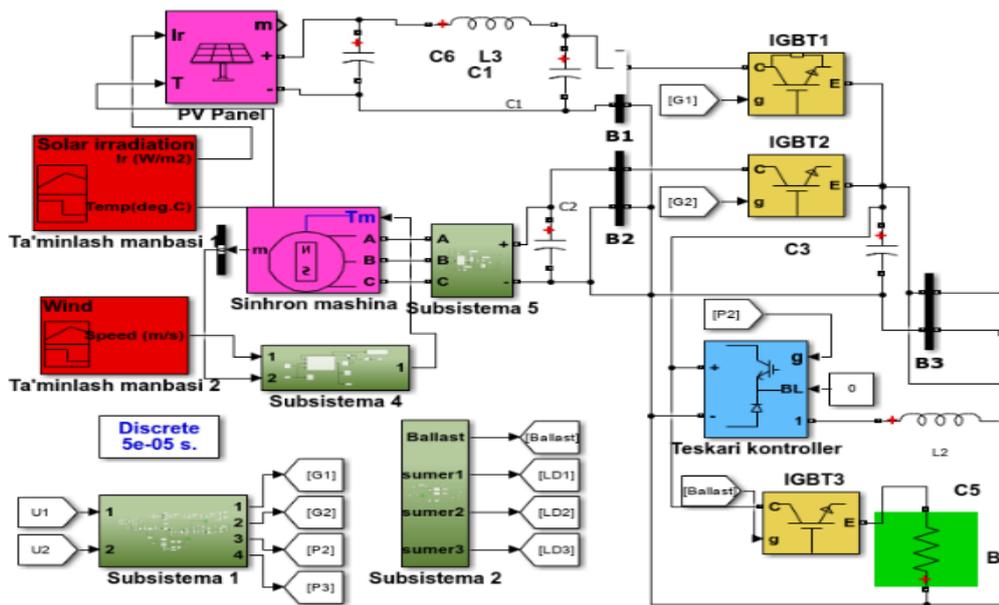
3-rasm. Kombinatsiyalangan majmuaning takomillashtilgan struktura sxemasi
 Kombinatsiyalangan quyosh-shamol energiya majmuya tarkibida quyidagilar mavjud: 1-quyosh energetik qurilmasi; 2-shamol energetik qurilmasi; 3-elektr-kimyoviy generator; 4-birinchi to'g'rilagich va 5-ikkinchi to'g'rilagich; 6, 7 va 8-boshqariladigan kalitlar; 9-birinchi kuchlanish o'zgartirgichi; 10-invertor; 11-iste'molchilar shkafi; 12-boshqarish tizimi; 13-boshqariladigan kalit; 14-ikkinchi kuchlanish o'zgartirgichi; 15-elektrolizer; 16-boshqariladigan kalit; 17-elektr energiyasini to'plovchi; 18-gaz klapani; 19-vodorodni to'plovchi; 20-gaz klapani; 21-kislorodni to'plovchi.

Majmuaning tarkibiga elektrolizer, vodorodni va kislorodni to'plovchilar va elektrokimyoviy generatorning kiritilishi uning elektr energiyasini saqlash imkoniyatini va iste'molchilarning elektr energiyasi bilan ta'minlanish darajasini keskin oshiradi.

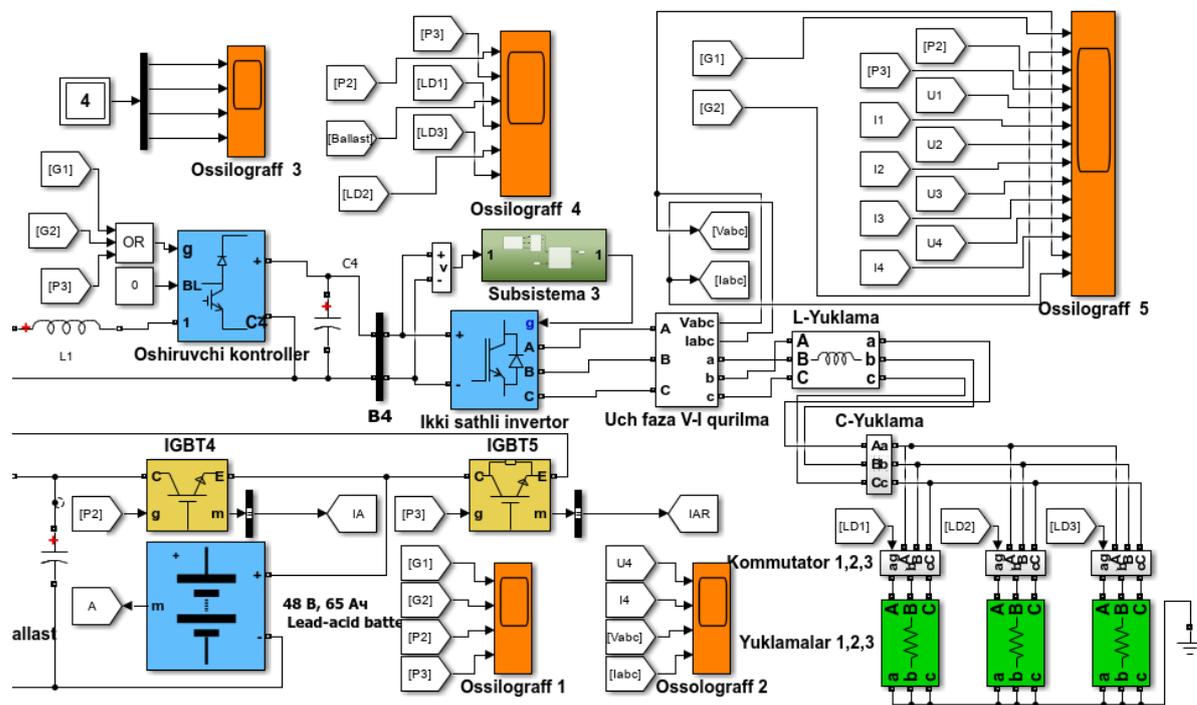
Dissertatsiyaning **“Shamol va quyosh fotoelektr stansiyalari asosida kombinatsiyalangan energiya qurilmaning imitatsiyon modelini ishlab chiqish”** deb nomlangan uchinchi bobida shamol va quyosh fotoelektr stansiyasi hamda kombinatsiyalangan energiya majmuasining ishlash algoritmi va ekspluatatsion parametrlarini hisoblash imkonini beradigan imitatsion modeli MATLAB SIMULINK dasturi muhitida ishlab chiqilgan.

Kombinatsiyalangan energetik majmuaning MATLAB hisoblash muhiti Simulink to'plami Simscape bo'limi Specialized Power Systems qismidagi imitatsion modeli (a – modelning boshlanish qismi, b – modelning tugallanish qismi) 4-rasmda keltirilgan.

Imitatsion model quvvati 260 W dan iborat 16 ta quyosh panellari, shamol turbinasi, o'zgarmas magnitli sinxron mashina, kuchlanishni oshiruvchi va pasaytiruvchi o'zgartirgichlar, boshqariladigan kalitlar, akkumulyator, invertor, yuklama va boshqalardan tashkil topgan.



a)

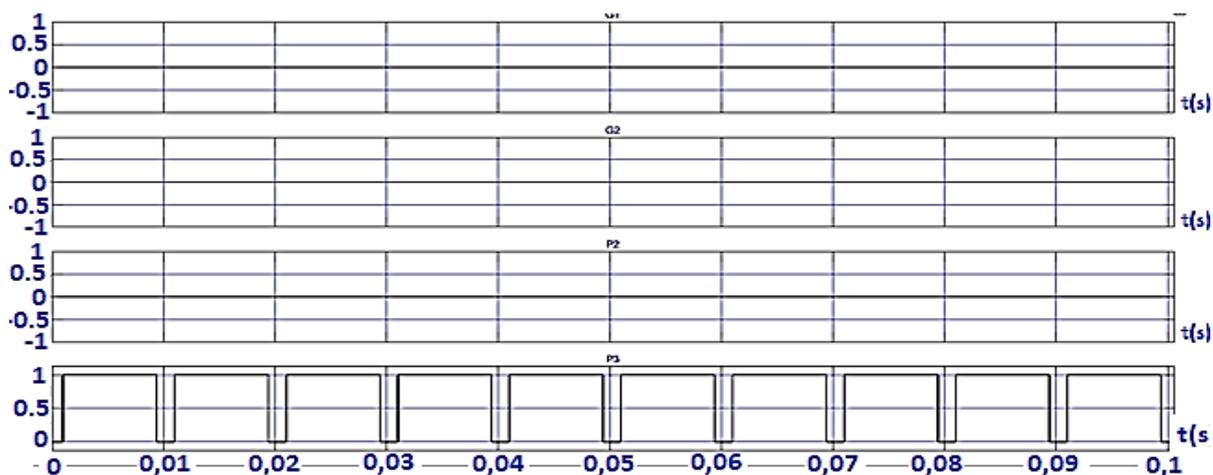


b)

4-rasm. Quyosh foto va shamol elektr stansiyalari asosidagi kombinatsiyalangan energetik majmuaning imitasion modeli: a – modelning boshlanish qismi, b– modelning tugallanish qismi

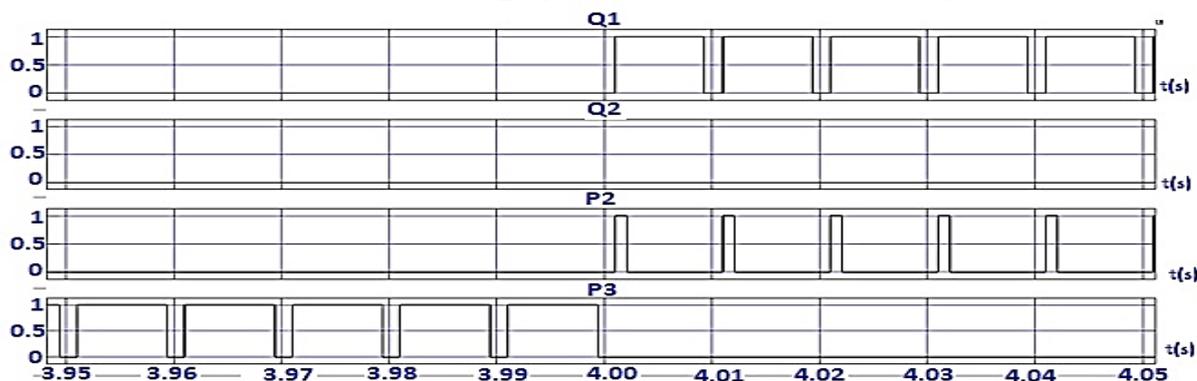
Kombinatsiyalangan energiya majmuaning bir kunlik real sharoitdagi ishlashini imitasion model yordamida ko‘rib chiqamiz.

(Vaqt oralig‘ida) Ish boshlanishida impulslardan faqat P3 impulslar mavjud, ya’ni ikkala manba ham ishlamayapti (5-rasm). Yuklamalar akkumulyator batareyasidan energiya bilan ta’minlangani uchun majmua normal holatda ishlayotganligi kuzatilmoqda.



5-rasm. Ish vaqtining kengaytirib ko‘rsatilgan boshlang‘ich birinchi 0.1 sekundidagi ossilogrammlar

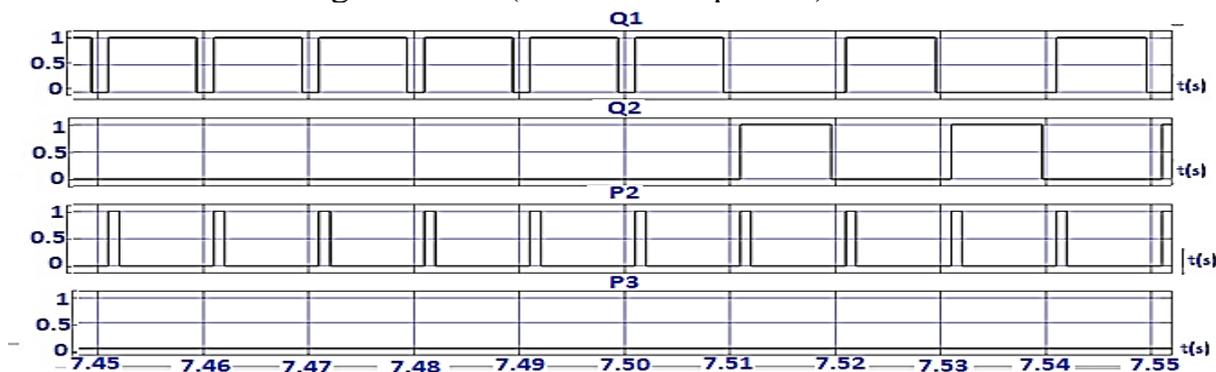
Ushbu holat 4-nchi sekundgacha davom etadi. 4-nchi sekunddan birinchi manba ishlay boshladi, shu sababli akkumulyator batareyasidan energiya olish, ya’ni P3 impulslar ishlab chiqarish to‘xtalib, iste’molchi yuklamalarini energiya bilan ta’minlash birinchi manba zimmasiga yuklatiladi (6-rasm, G1-impulslar).



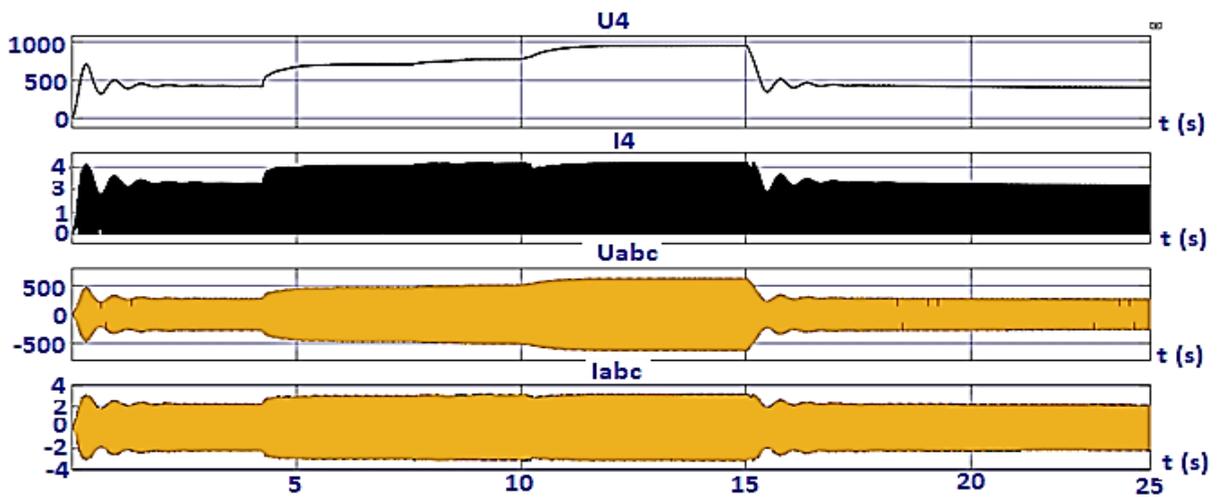
6-rasm. Ish vaqtining kengaytirib ko‘rsatilgan 3.95-nchi sekunddan 4.05-nchi sekundgacha oralig‘idagi ossilogrammlar

Undan tashqari, akkumulyator batareyasidagi zaryadlanish darajasi yetarli bo‘lmagani sababli, zaryadlash jarayoni ham boshlanadi (P2-impulslar).

7.5-nchi sekundda (7-rasm) ikkinchi manba ham ishlashni boshlaydi. Natijada yuklamalarni energiya bilan ta’minlash vazifasini ikkita manba vaqt davomida navbatma-navbat amalga oshiradi (G1 va G2 impulslar).



7-rasm. Ish vaqtining kengaytirib ko‘rsatilgan 7.45-nchi sekunddan 7.55-nchi sekundgacha oralig‘idagi ossilogrammlar



8-rasm. Invertorning kirishidagi (U_4 , I_4) va chiqishidagi (V_{abc} , I_{abc}) kuchlanishlar va toklarning ossilogrammalari

Invertorning chiqishidagi kuchlanish V_{abc} ikkita sath bo'yicha modullangan uch fazali kuchlanish bo'lib, uning amplitudasi 4-sekundgacha 250 V ni, 10-sekundgacha 500 V ni, 10-nchi sekunddan 15-sekundgacha oraliqda 650 V ni va keyin dastlabki qiymatiga qaytib, yana 250 V ni tashkil etadi.

Dissertatsiyaning “**Kombinatsiyalangan energiya majmuasining tajribasinov namunasini ishlab chiqish, eksperiment tadqiqotlarini o'tkazish va natijalarni tahlil qilish**” deb nomlangan to'rtinchi bobida shamol va quyosh fotoelektr stansiyalaridan iborat kombinatsiyalangan energetik majmuasi ishlab chiqilgan, tadqiqotlar olib borilgan va olingan natijalar tahlil qilingan.

Tajriba hududi sifatida Qishloq xo'jaligi vazirligining Bog'dorchilik va issiqxona xo'jaligini rivojlantirish Agentligi huzuridagi akademik Mahmud Mirzayev nomidagi bog'dorchilik, uzumchilik va vinochilik ilmiy-tadqiqot institutining Toshkent viloyati Toshkent tumanida joylashgan poligonidagi issiqxona tanlab olindi. Uning maydoni 1 gektar bo'lib, u yerda yil dabomida mavsumiy ekinlar yetishtiriladi.

Issiqxonaning elektr energiyasiga bo'lgan talabi o'rganildi. Majmuaning quvvati 5000 W bo'lishi, shundan 4000 W quyosh elektr stansiyasidan va 1000 W shamol elektr stansiyasidan olinishi aniqlandi (1-jadval).

1-jadval

Issiqxonaning elektr energiya iste'mol qiluvchi qurilmalari.

№	Qurilma nomi	Quvvati, W	Soni	Umumiy quvvati, W	Ishlash vaqti, soat	Kunlik talab etilgan elektr energiyasi miqdori, $W \cdot h$	Toifasi
1.	Issiqxona ichidagi chiroqlar	30	10	300	6	1 800	1
2.	Videokuzatuv moslamasi	100	1	100	24	2 400	1
3.	Ventilyatorlar	250	2	500	4	2 000	3
4.	Muzlatgich	200	1	200	7	1 400	1

5.	Suv nasosi (suv saqlash rezervuarini to'ldirish uchun)	1 500	1	1 500	8	12 000	2
6.	Internet modem qurilmasi	30	1	30	24	720	1
7.	Ovqat pishirish uchun qurilma	2 000	1	2 000	3	6 000	3
8.	Suv nasosi (tomchilab sug'orish tizimi uchun)	370	1	370	12	4 440	1
	JAMI			5 000		30 760	

Xitoy davlatidagi BEIGOOD Wind And Solar Power Official Store korxonasi tomonidan ishlab chiqarilayotgan quvvati 1 kW ga teng bo'lgan BG-Z-1000 rusumli shamol turbinasidan foydalanildi. Shamol turbiniasi yer sathidan 12 m balandlikda o'rnatildi va unga asinxron generator mahkamlandi.

Quvvati 1 kW bo'lgan shamol turbinasining texnik xarakteristikalarini 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval
Shamol turbinasining texnik xarakteristikalarini

№	Modeli	BG-Z-1000
1.	Quvvati	1000 W
2.	Maksimal quvvati	1050 W
3.	Kuchlanish	48 V
4.	Boshlang'ich shamol tezligi	1,5 m/s
5.	O'rtacha shamol tezligi	7 m/s
6.	Maksimal shamol tezligi	40 m/s
7.	Pichoqlar soni	5
8.	Pichoqlar uzunligi	1,2 m
9.	Turbina uzunligi	580 mm
10.	Pichoq material	Nylin
11.	Generator turi	Uch fazali AS magnit generatori
12.	Magnit po'lat materiali	NdFeB
13.	Tizim nazorati	Elektromagnit
14.	Ishlash muddati	20 yil
15.	Ishlash harorati oralig'i	-40.0° S- +50.0° S

Quyosh panellari Green Solar korxonasi tomonidan ishlab chiqarilgan va institut balansida mavjud bo'lgan polikristal POLY-260W rusumli panellardan foydalanildi. Ularning soni issiqxonaning bir kunlik elektr energiyasini iste'mol qilish hajmlaridan kelib chiqib, quyosh panellari 16 donani tashkil etdi.

Xitoy davlatida ishlab chiqarilgan MUST MT06100-6000W rusumli 48 V kuchlanishda ishlashga mo'ljallangan invertor va Sunpal Power 6-GFM(G)-100 Ah rusumli akkumulyatordan foydalanildi.

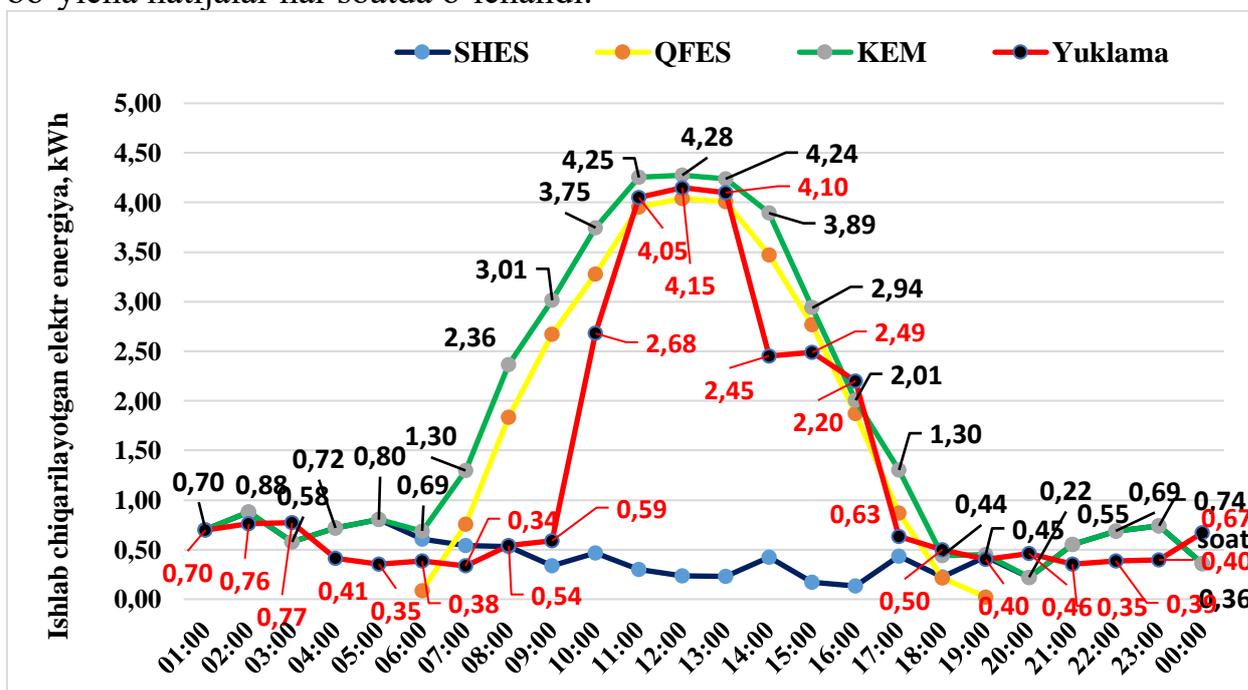
Kombinatsiyalangan energiya majmuasi o'rnatilgan joy 9-rasmda ko'rsatilgan.



9-rasm. Kombinatsiyalangan energiya majmuasi o'rnatilgan joy

Tadqiqot ishlari 2023 yilning may oyida o'tkazildi. Tadqiqotlar o'tkazish jarayonida yuklamalar uchta toifaga ajratildi (1-jadval). Birinchi toifaga chiroqlar, videokuzatuv moslamasi, Internet modem qurilmasi, muzlatgich va tomchilab sug'orish nasosi kiritildi. Ikkinchi toifaga suv saqlash rezervuari nasosi va uchinchi toifaga ventilyatorlar hamda ovqat pishirish qurilmasi kiritildi.

Tajriba davomida quyosh panellari va shamol stansiyasi tomonidan hosil qilinayotgan quvvatlar hamda yuklamalar olayotgan quvvatlarning qiymatlari bo'yicha natijalar har soatda o'lchandi.

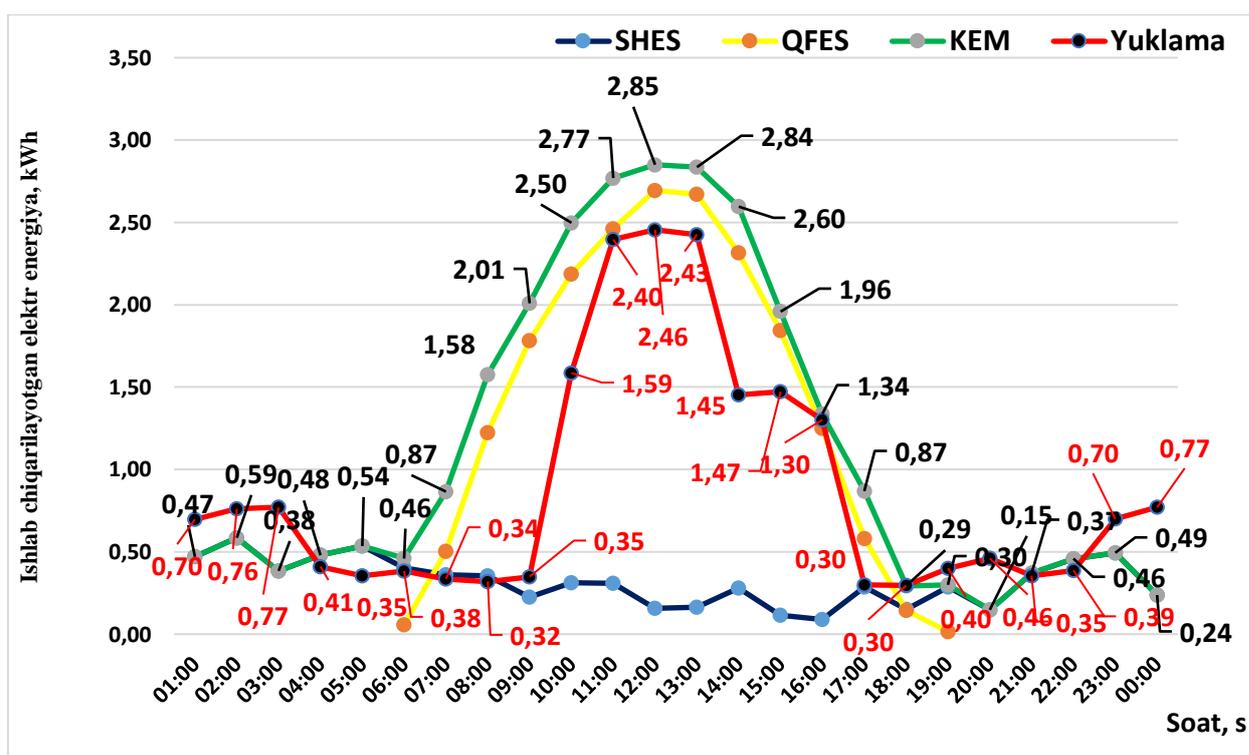


10-rasm. Kombinatsiyalangan energiya majmua tomonidan issiq faslda ishlab chiqarilgan va yuklamalar tomonidan iste'mol qilingan quvvatlarning grafiklari

Kombinatsiyalangan energiya majmua tomonidan issiq faslda ishlab chiqarilgan va yuklamalar tomonidan iste'mol qilingan quvvatlarning grafiklari 10-rasmda keltirilgan.

10-rasmda keltirilgan grafikda, quyoshli va shamol potentsiali yuqori bo'lgan kunlarda issiqxonaning uchta faslini uzluksiz va ishonchli elektr energiyasi bilan ta'minlash imkoniyati yaratildi. Shuningdek, kunduz kuni quyosh energiyasi yordamida rezervuarlarga yig'ib olingan suvni nafaqat kunduz kuni, balki kechki va tungi davrlarda shamol generatorining energiyasidan foydalangan holda sug'orish uchun ham foydalanish mumkin.

Kombinatsiyalangan energiya majmuasi tomonidan salqin faslda ishlab chiqarilgan va yuklamalar tomonidan iste'mol qilingan quvvatlarning grafiklari 11-rasmda berilgan.

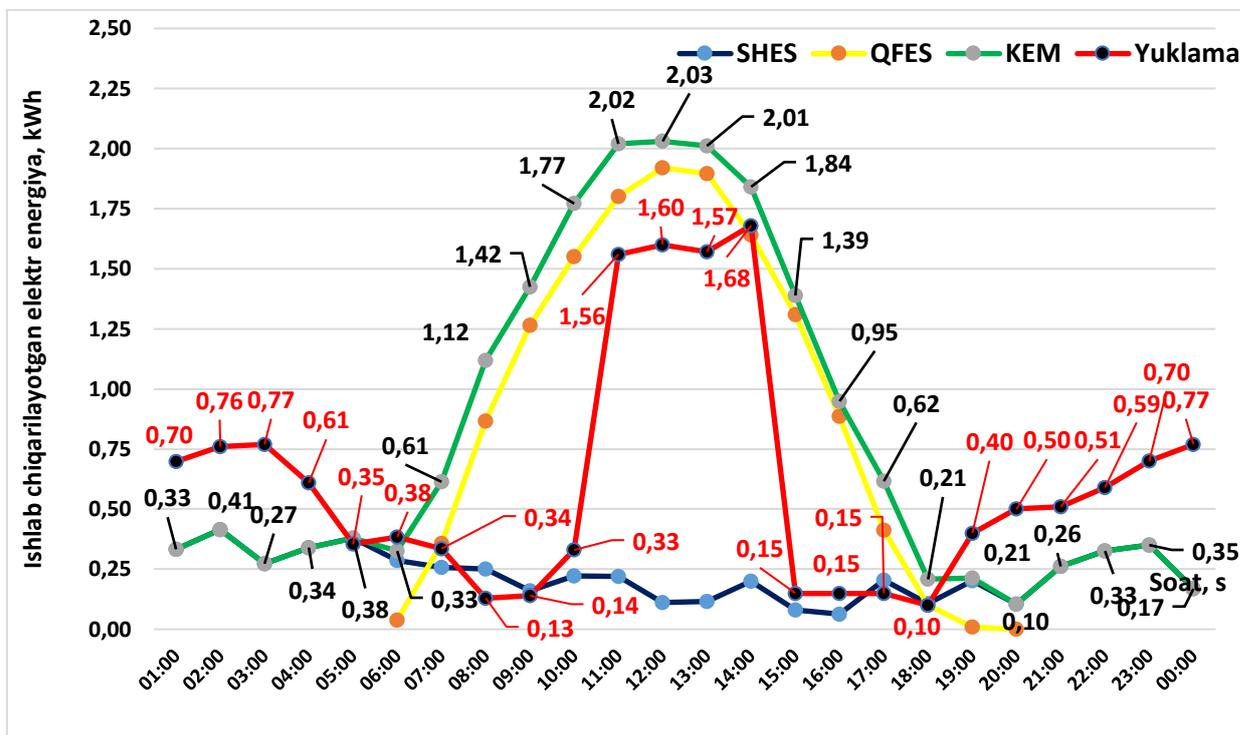


11-rasm. Kombinatsiyalangan energiya majmua tomonidan salqin faslda ishlab chiqarilgan va yuklamalar tomonidan iste'mol qilingan quvvatlarning grafiklari

Salqin fasl mart, aprel va oktabr oylariga to'g'ri keladi. Salqin faslda quyosh panellari orqali olinishi mumkin bo'lgan energiyaning yetmagan qismini shamol potentsialining ortishi hisobiga shamol generatori yordamida qoplashga erishildi. Mazkur davr ichida quyosh panellari orqali ishlab chiqarilgan kunlik elektr energiyasi miqdori 15,41 kWh, shamol generatori tomonidan ishlab chiqarilgan elektr energiyasi 5,73 kWh ni tashkil etdi.

Kombinatsiyalangan energiya majmua tomonidan sovuq faslda ishlab chiqarilgan va yuklamalar tomonidan iste'mol qilingan quvvatlarning grafiklari 12-rasmda keltirilgan.

Sovuq fasl issiqxona uchun dolzarb hisoblanadi. Bu faslda issiqxonadagi ekinlarni tomchilatib sugʻorishga boʻlgan (extiyojni kamaytirish orqali elektr energiya boʻlgan isteʼmol ham kamayadi) extiyojning kamayishi elektr energiyaning isteʼmolini ham kamaytiradi (12-rasm). Uning kunlik oʻrtacha isteʼmoli 14,94 kWh ni tashkil etadi.



12-rasm. Kombinatsiyalangan energiya majmua tomonidan sovuq faslda ishlab chiqarilgan va yuklamalar tomonidan isteʼmol qilingan quvvatlarning grafiklari

Kombinatsiyalangan energiya majmuaning imitatsion modelida va eksperiment tadqiqotlarda olingan kun davomida ishlab chiqarayotgan quvvatlarining qiymatlari bir-biri bilan solishtirildi. Solishtirishlar natijasida, quyosh FES, SHES va kombinatsiyalangan energiya majmuyaning eksperiment tadqiqotlarda olingan natijalari imitatsion modelda olingan tadqiqot natijalari bilan mos keldi.

Kombinatsiyalangan energiya majmuaning foydali ish koeffisientini aniqlaymiz. Kombinatsiyalangan qurilmaning maksimal quvvati 5000 W va eksperimental tadqiqotlarda olingan quvvati 4436 W ni tashkil etdi. Quvvat boʻyicha foydali ish koeffisientini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$\eta = \frac{P_{eksperiment}}{P_{maksimal}} = \frac{4436}{5000} = 0,887.$$

Kombinatsiyalangan energiya majmuaning foydali ish koeffisienti 0,887 ni yoki 88,7 % ni tashkil etdi.

Kombinatsiyalangan energiya qurilmasining iqtisodiy samaradorligi hisoblandi, quyosh panellari va shamol generatorini xarid qilish, oʻrnatish hamda ishlatishga ketadigan sarf-harajatlar 4-jadvalda berilgan.

4-jadval

Quyosh panellari va shamol generatorini xarid qilish, o‘rnatish hamda ishlatishga ketadigan sarf-harajatlar

№	Nomi	Miqdori	Narxi
			so‘m
1.	Quyosh paneli	8	13258975,2
2.	O‘rnatish, sozlash	0,3	3977703,43
3.	Invertor	1	2904528,9
4.	Kontroller boshqaradigan	1	1633804,29
5.	Akkumulyator batareyasi	2	8008159,24
6.	Shamol generatori	1	10854400
7.	To‘g‘rilagich	1	2170880
8.	Shamol generatorini o‘rnatish	1	6512640
9.	Kapital xarajatlar		49321091,1
10.	Ish haqi	0,4	144000000
11.	Oylik qo‘shimcha sarf	120	6000000
12.	Ishlab chiqarish xarajatlari		150000000
	Jami		199 321 091
	Ishlab chiqariladigan EE, kWh	40000	
	1 kWh EEning tan narxi		4983,03

Kombinatsiyalangan qurilmaning energiya samaradorligini hisoblashda MATLAB Simulik dasturidan foydalanildi. Kombinatsiyalangan qurilmaning energiya samaradorligi 18,7 % ni tashkil etdi.

XULOSALAR

“O‘zbekiston sharoiti uchun shamol va quyosh fotoelektr stansiyalari asosidagi kombinatsiyalangan energetik majmuani ishlab chiqish” mavzusi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

1. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi elektr energetik tizimning struktura sxemasi ishlab chiqildi. Natijada to‘g‘rilagichlar, akkumulyator, invertor, boshqariladigan kalitlar va ko‘paytiradigan kenglik-impulsli kuchlanish o‘zgartirgichlar orqali energiya samaradorligini 18,7 % ga oshirishga erishildi.

2. Shamol va quyosh fotoelektr stansiyalari asosida kombinatsiyalangan energetik qurilmaning takomillashtirilgan strukturaviy sxemasi ishlab chiqildi. Natijada iste‘molchilarni asosiy, ikkilamchi va yordamchi toifalarga ajratish va energiyani qo‘shimcha zahiralash orqali iste‘molchlarni uzluksiz energiya bilan ta‘minlashga erishildi.

3. Shamol va quyosh fotoelektr stansiyalari asosidagi kombinatsiyalangan energetik majmuaning ishlash algoritmi yaratildi. Natijada kombinatsiyalangan energiya majmuasining imitasion modelini ishlab chiqish imkonini berdi.

4. MATLAB SIMULINK dasturlash muhitida shamol va quyosh fotoelektr stansiyalari asosidagi kombinatsiyalangan energetik majmuaning imitasion modeli

ishlab chiqildi. Natijada qurilmaning ekspluatatsiyon parametrlari (tok, kuchlanish, quvvat va chastota) ni hisoblash imkoniyati yaratildi.

5. Shamol va quyosh fotoelektr stansiyalaridan iborat kombinatsiyalangan energetik majmuaning tajriba namunasi ishlab chiqildi. Natijada, Akademik M. Mirzaev nomidagi bog'dorchilik, uzumchilik va vinochilik tadqiqot instituti issiqxonasida eksperiment tadqiqotlar olib borildi.

6. Ilmiy-tadqiqot natijalari asosida ishlab chiqilgan 4 kW li quyosh fotoelektr stansiya va 1 kW li shamol elektr stansiyasidan iborat kombinatsiyalangan energiya majmuasi Toshkent viloyati Toshkent tumanidagi "Akademik M. Mirzaev nomidagi bog'dorchilik, uzumchilik va vinochilik tadqiqot instituti"ga joriy etildi. Natijada, tadqiqot instituti kombinatsiyalangan shamol va quyosh fotoelektr stansiyalarini qo'llash orqali yiliga 28 687 220 so'm iqtisodiy samaradorlikka erishdi.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И
ИННОВАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ
СТЕПЕНЕЙ PhD 03/27.02.2020.Т.106.02 ПРИ
ФЕРГАНСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЮСУПОВ ДИЛШОДБЕК ТУРДАЛИЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА НА
БАЗЕ ВЕТРЯНОЙ И СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ
УСЛОВИЙ УЗБЕКИСТАНА**

05.05.06 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Фергана – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.4.PhD/T4702.

Диссертация выполнена в Ферганском политехническом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.ferpi.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель: Захидов Рамэн Абдуллаевич
доктор технических наук, академик

Официальные оппоненты: Мамадалиева Лола Камилджановна
доктор технических наук, профессор

Алиев Раимжон Усмонович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Наманганский инженерно-технологический институт

Защита диссертации состоится 22 03 2025 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD. 03/27.02.2020.T.106.02 при Ферганском политехническом институте. Адрес: 150107, г.Фергана, ул. Ферганская, 86. Тел.: (+998)73-241-12-06; факс (+99873)241-12-06, e-mail: ilmiy-kengash@ferpi.uz, малый зал конференции).

В диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ферганского политехнического института (регистрационный номер 282). Адрес: г.Фергана, ул. Фергана, дом 86. Ферганского политехнического института. Тел.: (+998)73-241-12-06)

Автореферат диссертации разослан 10 март 2025 года.
(протокол рассылки реестра № 1 от 10 03 2025 года).



С.Ф. Эргашев
Председатель научного совета по присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

М.О.Узбеков
Ученый секретарь научного совета по присуждению учёных степеней, PhD, доцент

М.С. Пайзуллаханов
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., старший научный сотрудник

Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире вопросы увеличения использования возобновляемых источников энергии, рационального использования энергозапасов, применения энергоресурсосберегающих технологий, повышающих качество производства электроэнергии, занимают одно из ведущих мест. По итогам 2023 года 30,7% мирового производства электроэнергии было произведено за счет возобновляемых источников энергии, в том числе 7,8% за счет ветряных электростанций³. Дальнейшее улучшение этих показателей за счет использования комбинированных энергокомплексов требует внедрения высокоэффективных устройств. В связи с этим применение комбинированных ветровых и солнечных фотоэлектрических установок считается важным в обеспечении бесперебойного электроснабжения автономных потребителей малой мощности, расположенных вдали от централизованного электроснабжения.

В связи с ежедневным увеличением спроса в мире на электроэнергию проводятся научно-исследовательские работы, направленные на увеличение объема за счет применения возобновляемых источников энергии, повышение энерго- и ресурсоэффективности методов и устройств, используемых при получении “зеленой энергии”. В связи с этим особое внимание уделяется изучению и анализу режимов работы ветроэнергетических установок, созданию их новых типов, достижению высокой эффективности комбинированных энергетических комплексов на основе возобновляемых источников энергии с различными принципами работы.

В нашей республике в области эффективного использования возобновляемых источников энергии принимаются комплексные меры по совершенствованию и внедрению технических устройств и инновационных разработок и достигаются определенные результаты. В стратегии перехода к «зеленой» экономике Республики Узбекистан на период 2019-2030 годы были определены важные задачи по «...диверсификации потребления энергоресурсов и развитию использования возобновляемых источников энергии...»⁴. При реализации этих задач важно создание комбинированных энергетических комплексов на основе оптимизации функциональных связей ветровых и солнечных фотоэлектрических установок и их энергетических параметров.

Данная диссертационная работа в определенной степени служит для решения и реализации задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-4422 от 22 августа 2019 года «Об

³ <https://www.iea.org/energy-system/renewables>

⁴ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktyabrdagi PQ-4477-son «2019-2030 yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotiga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida» gi Qarori.

ускоренных мерах по повышению энергоэффективности отраслей экономики и социальной сферы, внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии», ПП-4779 от 10 июля 2020 года «О дополнительных мерах по сокращению зависимости отраслей экономики от топливно-энергетической продукции путем повышения энергоэффективности экономики и задействования имеющихся ресурсов», № ПП-57 от 16 февраля 2023 года «О мерах по ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в 2023 году» и других нормативно-правовых документах, связанных с данной деятельностью.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и техники республики. Диссертационное исследование соответствует приоритетному направлению «IV. Разработка методов использования возобновляемых источников энергии, создание техники и устройств на основе нанотехнологий и других передовых технологий» научных исследований науки и технологий Республики Узбекистан.

Степень изученности проблемы. С созданием ветроэнергетических конструкций и разработкой новых типов за рубежом занимались V.Indraja (США), Koki Kishinami (Япония), M.Maizi (Германия), N.Karthikeyan (Индия), Abolfazl Pourrajabian (Иран), K.Pope (Канада), Fazilova A.R. (Казахстан). Исследования по улучшению технических и энергетических показателей ветроэнергетических установок были проведены учёными J. V. Akva, A.K. Ravi, Marko Kasini, S. Bruska, J.M. Darrius, R. Ansaf, Ch. Shi, Y.Ch. Miao, S.Savonius, E.M. Fatayev, E.V. Solomin и другими.

Исследования по созданию комбинированных ветро-солнечных фотоэлектрических установок и разработке их научных основ проводили O.V.Grigorash, L.M.Abdali, A.Boretti, F.E.Suliman, R.Fachrizal, M.Rezaei и другие.

В решении научных задач по эффективному использованию имеющегося в республике ветроэнергетического потенциала и совершенствованию конструкций ветряных турбин, а также повышению эффективности комбинированных энергетических комплексов проводили исследования узбекские ученые R.A.Zaxidov, U.A.Tadjiev, M.M.Muhammadiyev, Sh.I.Klichev, A.M.Mirzabaev, A.B.Safarov, U.A. Abduaziz, F.F. Muzaffarov и др.

Хотя разработанные в результате этих исследований энергетические системы на основе нескольких видов возобновляемой энергии применяются в электроснабжении с определенными положительными результатами, в тоже время исследования по разработке комбинированного энергетического комплекса, состоящего из ветряной и солнечной фотоэлектрической электростанций для непрерывного электроснабжения, еще недостаточно проведены.

Связь диссертационного исследования с планами научных исследований научно-исследовательского учреждения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование осуществлено в рамках проекта BV-Atex-2018-(98+97) «Повышение энергоэффективности и улучшение энергоснабжения зданий, сооружений, производственных и

перерабатывающих предприятий, социальных объектов, используя автономно работающего электроэнергетического комплекса мощностью 5 кВт с ветровыми, солнечными фотоэлектрическими, электрохимическими и электрическими котельными компонентами» (2020-2023 гг.) НИР Научно-технического центра «Узбекэнерго».

Целью исследования является разработка комбинированного энергетического комплекса на основе ветровой и солнечной фотоэлектрической станций.

Задачи исследования:

разработка структурной схемы энергосистемы, служащей для комбинирования источников возобновляемой энергии;

разработка усовершенствованной структурной схемы энергосистемы, представляющей собой комбинацию ветровых и солнечных фотоэлектрических установок;

разработка алгоритма работы комбинированного энергетического комплекса на основе ветровых и солнечных фотоэлектрических установок;

разработка имитационной модели комбинированной ветровой и солнечной фотоэлектрической электростанций с использованием программы MATLAB SIMULINK;

разработка экспериментального образца комбинированного энергетического комплекса, проведение экспериментальных исследований и анализ полученных результатов.

Объект исследования состоит из комбинированного энергетического комплекса на основе ветровой и солнечной фотоэлектрической станций.

Предметом исследования является научно-техническое обоснование конструкции, геометрических размеров и энергетических параметров ветро- и солнечной фотоэлектрической установки.

Методы исследований. В процессе исследования использовались методы обработки данных, статистического анализа, математического моделирования и планирования экспериментов, а также методы, приведенные в существующих нормативных документах.

Научная новизна исследования:

разработана структурная схема электроэнергетической системы на основе возобновляемых источников энергии (IAP 07561), позволяющая повысить энергоэффективность 18,7 % за счет применения выпрямителей, аккумулятора энергии, инвертора, управляемых ключей и широтно-импульсного преобразователя напряжения;

предложена усовершенствованная структурная схема комбинированного солнечно-ветроэнергетического устройства (FAP 02110), позволяющая обеспечить бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией и резервирование дополнительной энергии за счет разделения потребителей на первичную, вторичную, вспомогательную категории;

разработана имитационная модель, позволяющая рассчитать эксплуатационные параметры комбинированной ветро-солнечной фотоэлектрической электростанции по мощности, напряжению и току;

впервые разработан экспериментальный образец комбинированной энергетической установки, состоящей из солнечной фотоэлектрической установки мощностью 4 кВт и ветряной электростанции мощностью 1 кВт, обеспечивающей непрерывное электроснабжение ответственных потребителей;

Практические результаты исследования:

На базе солнечной фотоэлектрической установки мощностью 4 кВт и ветровой электростанции мощностью 1 кВт разработан комбинированный энергетический комплекс с повышенной энергоэффективностью на 18,7%.

Достоверность результатов исследований основана на том, что исследования проводились с использованием современных методов и измерительных средств, взаимной адекватности теоретических и экспериментальных исследований, полученных от имитационной модели и от опытного образца комбинированного энергетического устройства.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется научным обоснованием законов функциональной взаимосвязи между геометрическими размерами и энергетическими параметрами комбинированной ветро-солнечной фотоэлектрической установки на основе численного метода и достижением повышения энергоэффективности за счет использования новых структурных схем при комбинировании

Практическая значимость результатов исследований объясняется разработкой экспериментального образца комбинированного энергетического устройства, состоящего из солнечной фотоэлектрической установки мощностью 4 кВт и ветроэнергетической установки мощностью 1 кВт.

Внедрение результатов исследований.

На основе полученных научных результатов для разработки комбинированного энергетического комплекса на основе ветровой и солнечной фотоэлектрической установок для условий Узбекистана:

комбинированный энергетический комплекс (FAP 02110) с возможностью бесперебойного обеспечения электроэнергией за счет разделения потребителей на три типа категорий и увеличения емкости энергорезервирования внедрен в электроснабжение теплицы, расположенной в “Исследовательском институте садоводства, виноградарства и виноделия имени академика М.Мирзаева” Ташкентского района Ташкентской области (справка Министерства энергетики № 02-13-4478 от 27 июля 2023 года). В результате это позволило снизить годовой расход электроэнергии из централизованной электросети исследовательского института на 9942 kWh;

Новая схема электроэнергетической системы на основе возобновляемых источников энергии (IAP 75061) внедрена в процесс разработки опытного образца комбинированного энергетического комплекса на ООО «ASMO SOLAR GOLD» в г. Маргилане Ферганской области (Справка №02-69 ООО «ASMO SOLAR GOLD» от 10 октября 2024 г.). В результате энергоэффективность комбинированного устройства выросла на 18,7%.

Апробация результатов исследований. Результаты исследования обсуждались на 4-х международных и 2-х республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследований. Всего по теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 5 статей опубликованы в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов диссертаций ВАК Республики Узбекистан, в том числе 4 в республиканских и 1 в Scopus журналах, получены 1 патент на изобретение и 1 патент на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составил 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и необходимость выбранной темы, описываются цели и задачи, объект и предмет исследования, их соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники республики, научной инновационности, излагаются практические результаты исследования, поясняется научная и практическая значимость полученных результатов, приводятся сведения о внедрении результатов исследования, опубликованных научных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием **«Современное состояние и перспективы использования потенциала ветровой и солнечной энергетики в Республике Узбекистан»** описаны потенциал ветровой и солнечной энергетики в нашей Республике и условия их использования, виды ветровой энергетики, анализируются турбины, изучаются возможности использования комбинированных источников энергии. Проведен анализ исследований, проводимых учеными по созданию энергетических устройств. На основе анализа существующих теоретических и экспериментальных результатов были сформированы задачи исследования.

Во второй главе диссертации под названием **«Разработка структурной схемы комбинированного источника солнечной и ветровой энергии»** рассмотрены способы объединения мощностей электростанций, построенных на основе возобновляемых источников энергии, такие как последовательное и параллельное соединения, разработаны структурные схемы комбинированных энергокомплексов на основе возобновляемых источников энергии, анализируется процесс передачи энергии в преобразователе постоянного тока, работающего в импульсном режиме.

При подключении ветровых и солнечных фотоэлектрических установок друг к другу возникают проблемы. Для преодоления этих проблем была разработана структурная схема комбинированного энергетического комплекса, состоящего из ветровой и солнечной фотоэлектрической установок.

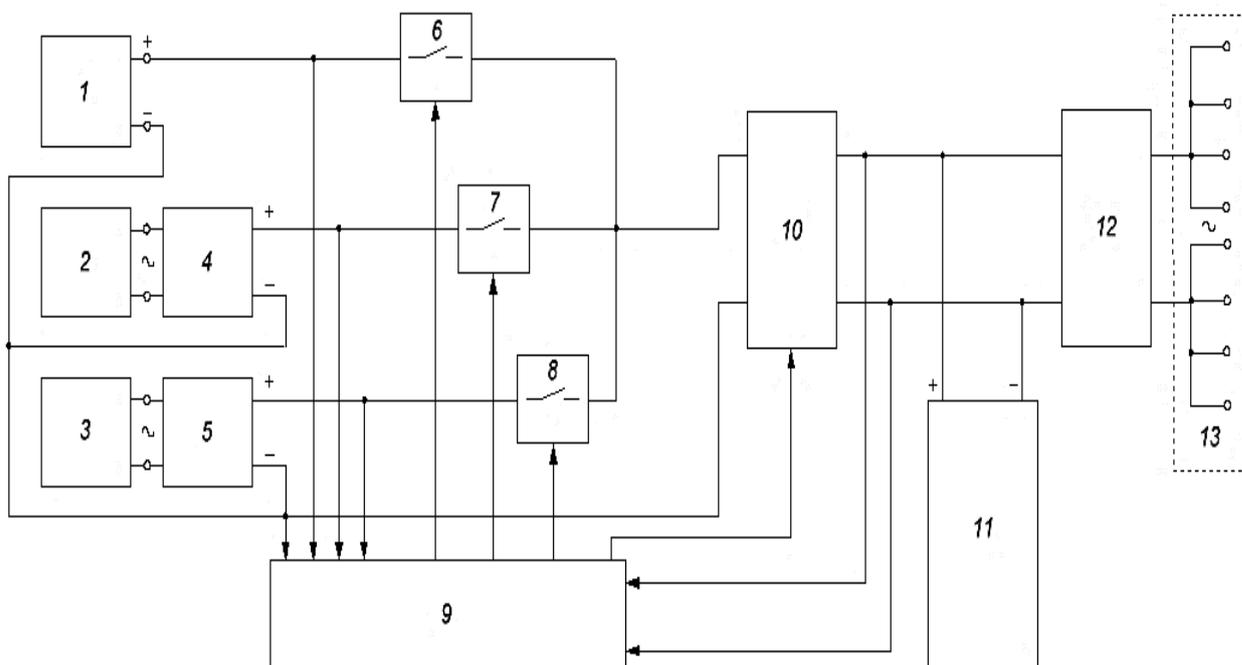


Рис.1. Структурная схема комбинированного энергетического устройства, состоящего из солнечной панели, ветрогенератора и микрогидроэлектростанции

На рис.1 представлена структурная схема комбинированного энергетического устройства, состоящего из солнечной панели, ветрогенератора и микрогидроэлектрического источника электроснабжения на основе возобновляемых источников энергии, представленного в патенте на изобретение IAP 07561.

Комбинированное энергетическое устройство включает в себя: 1-солнечную панель; 2-ветрогенератор; 3- микро-ГЭС; 4 и 5 – выпрямители; 6, 7 и 8-управляемые ключи; 9-блок управления; 10 – DC-DC преобразователь; 11-аккумулятор; 12-инвертор; 13-шкаф для подключения нагрузки.

В структурной схеме комбинированного энергокомплекса использован способ соединения выходов станций к нагрузке не параллельно или последовательно, а поочередно во времени.

Временные диаграммы, поясняющие работу комбинированного комплекса представлены на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что в начале работы все три напряжения выше порогового $u_{пор} = 12 V$, поэтому станции подключаются к преобразователю по очереди, но со временем (через 360 мс) напряжение станции 1 оказывается ниже $u_{пор}$, и в результате электроснабжение потребителей осуществляется только станциями 2 и 3.

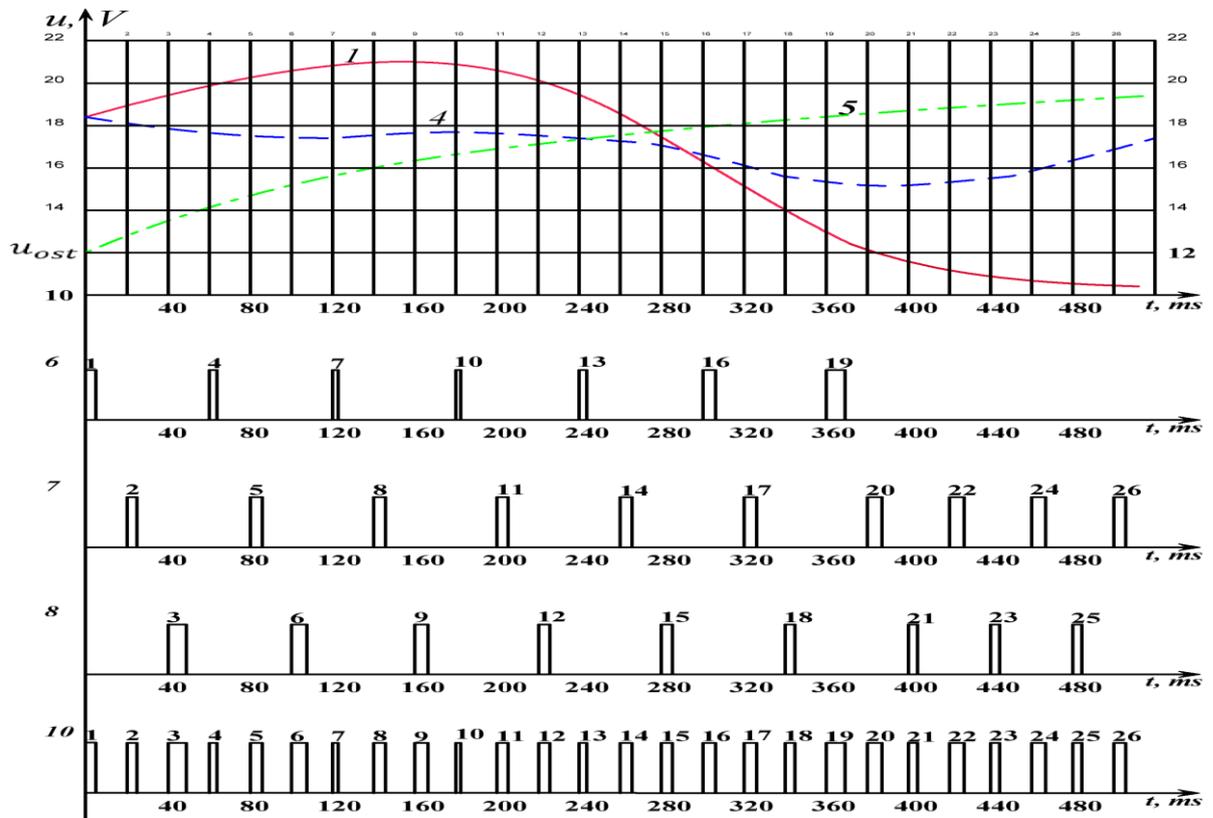


Рис.2. Временные диаграммы, поясняющие работу комбинированного комплекса

В целях дальнейшего повышения энергетической эффективности и емкости энергорезервирования комбинированного энергокомплекса была разработана усовершенствованная структурная схема комплекса (рис. 3).

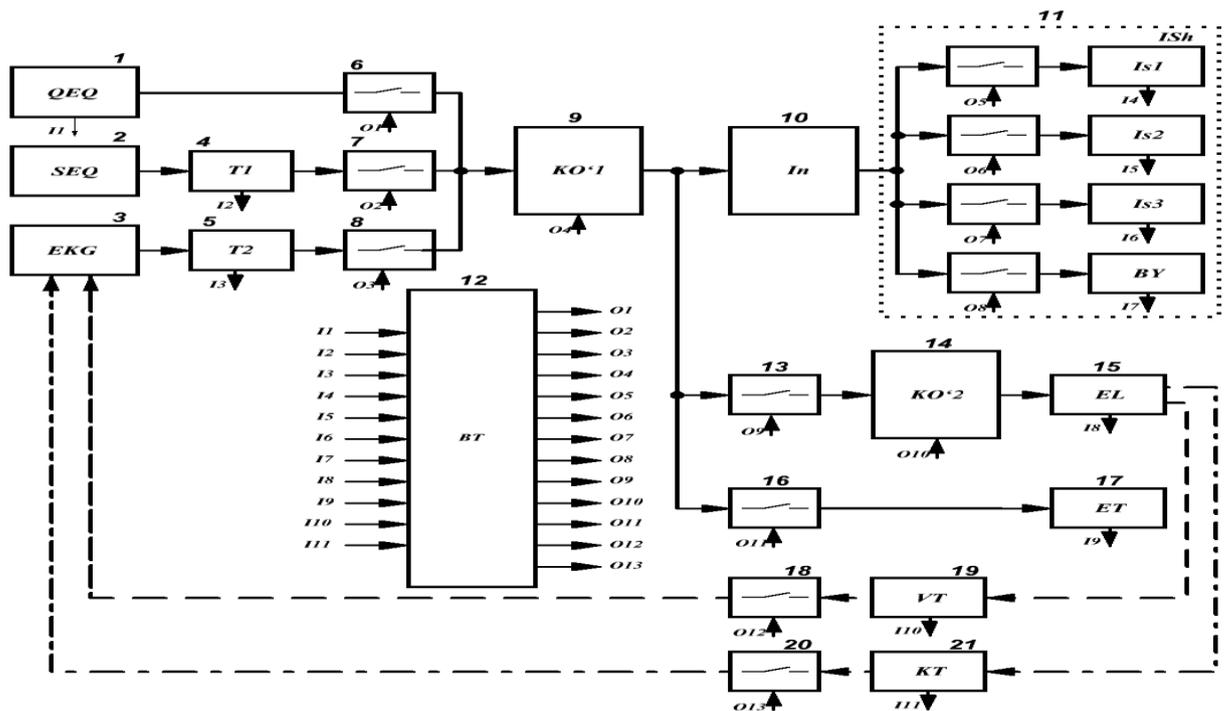


Рис.3. Усовершенствованная структурная схема комбинированного комплекса

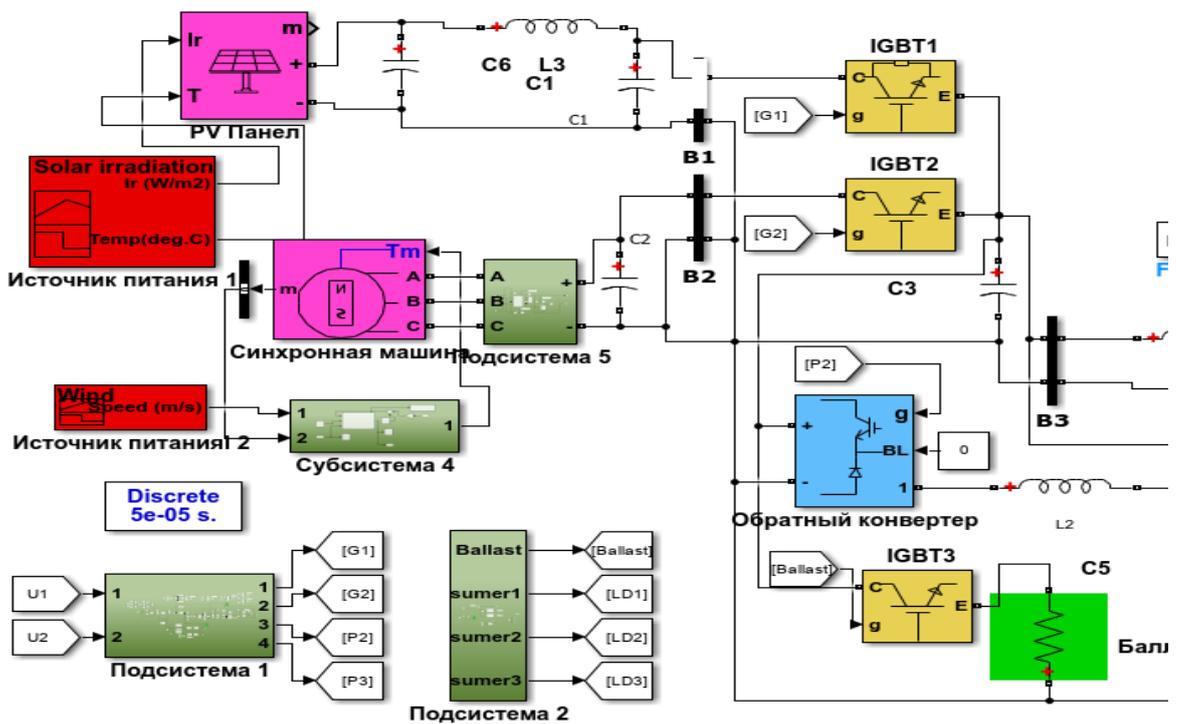
В состав усовершенствованного солнечно-ветрового энергетического комплекса входят: 1-солнечная электростанция; 2-ветроэлектростанция; 3-электрохимический генератор; 4 и 5 - выпрямители; 6, 7, 8, 13 и 16-управляемые ключи; 9, 14 – DC-DC - преобразователи; 10-инвертор; 11-шкаф потребителей; 12-система управления; 15-электролизер; 17-накопитель электрической энергии; 18, 20- газовые клапаны; 19- накопитель водорода; 21-накопитель кислорода.

Введение в состав комплекса электролизера, накопителей водорода и кислорода, электрохимического генератора резко увеличивает его возможности по хранению электроэнергии и уровень снабжения электроэнергией потребителей.

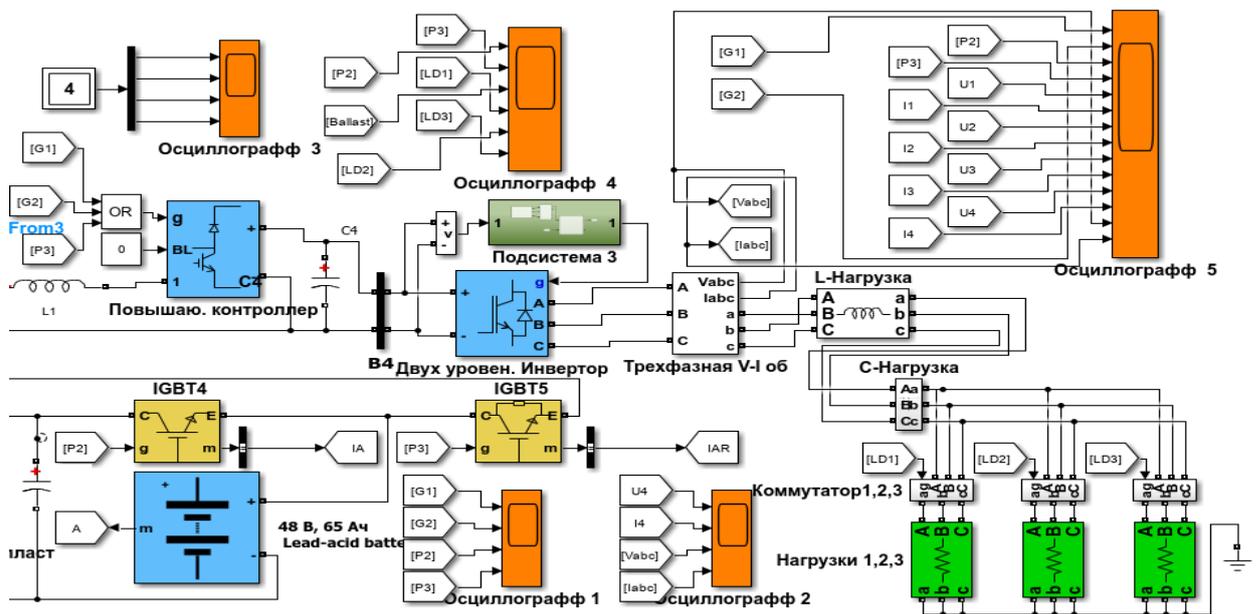
В третьей главе диссертации под названием «Разработка имитационной модели комбинированного энергетического устройства на основе ветровой и солнечной фотоэлектрической установок» разработаны алгоритм работы и имитационная модель комбинированного энергетического устройства в программной среде MATLAB SIMULINK, которая позволяет рассчитывать параметры работы ветровой и солнечной фотоэлектрической установок и комбинированного комплекса.

Имитационная модель комбинированного комплекса в отделе Specialized Power Systems раздела Simscape пакета Simulink вычислительной среды MATLAB представлена на рис. 4 (а – начальная часть модели, в – завершающая часть модели).

Имитационная модель состоит из 16 солнечных панелей мощностью 260 В, ветровой турбины, синхронной машины на постоянных магнитах, повышающего и понижающего преобразователей, блока управления, управляемых ключей, аккумулятора, инвертора и нагрузок.



а – начальная часть модели



б – завершающая часть модели

Рис.4. Имитационная модель комбинированного энергетического комплекса на базе солнечных фото- и ветроэлектростанций

Рассмотрим работу комбинированного энергокомплекса в реальных условиях за одни сутки с использованием имитационной модели.

В самом начале работы присутствуют только импульсы P3, т. е. оба источника не работают, как видно из рисунка 5. Отметим, что комплекс работает нормально, поскольку нагрузки питаются от аккумуляторной батареи.

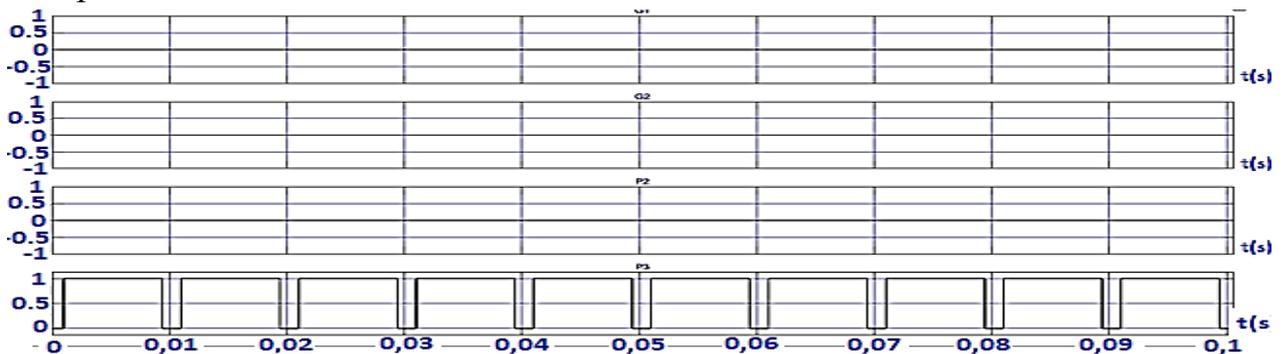


Рис.5. Осциллограммы импульсов в интервале времени от 0 до 0,1 секунды работы комплекса в расширенном виде

Это состояние длится до 4-й секунды. С 4-й секунды начинает работать первый источник, поэтому отбор энергии из аккумуляторной батареи, то есть генерация импульсов P3, прекращается, и на первый источник возлагается

подача энергии потребительским нагрузкам (рис. 6, G1-импульсы).

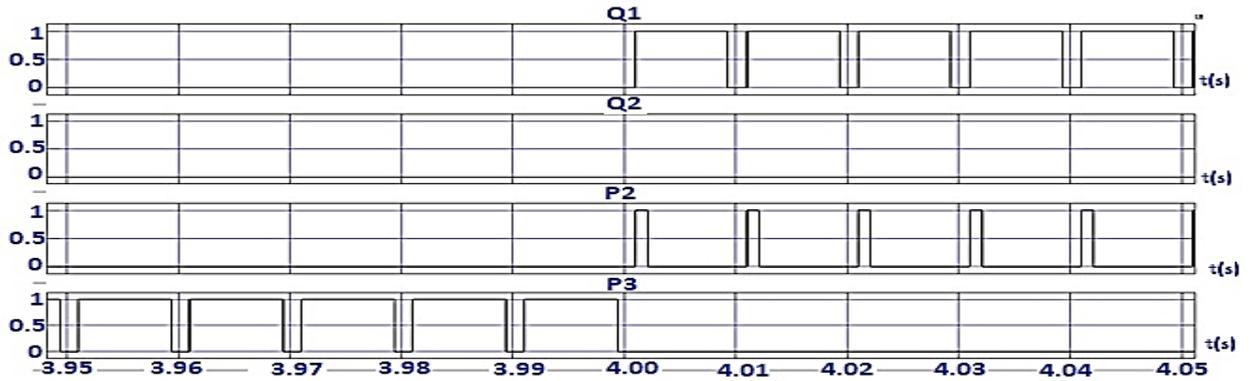


Рис.6. Осциллограммы импульсов в интервале времени от 3.95 до 4.05 секунды работы комплекса в расширенном виде

Кроме того, из-за недостаточного уровня заряда аккумулятора начинается процесс его зарядки (P2-импульсы).

На 7,5 секунде (рис. 7) начинает работать и второй источник. В результате задача энергоснабжения нагрузок выполняется поочередно двумя источниками (импульсы G1 и G2).

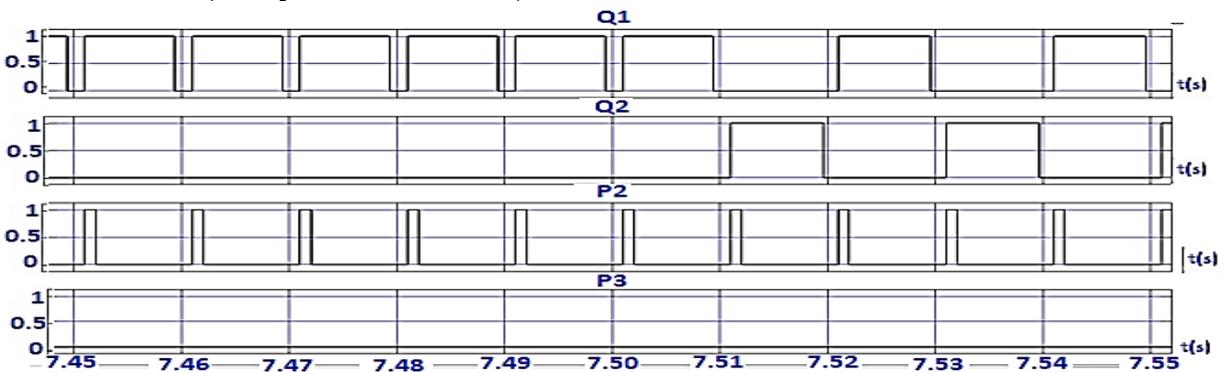


Рис. 7. Осциллограммы импульсов в интервале времени от 7.45 до 7.55 секунды работы комплекса в расширенном виде

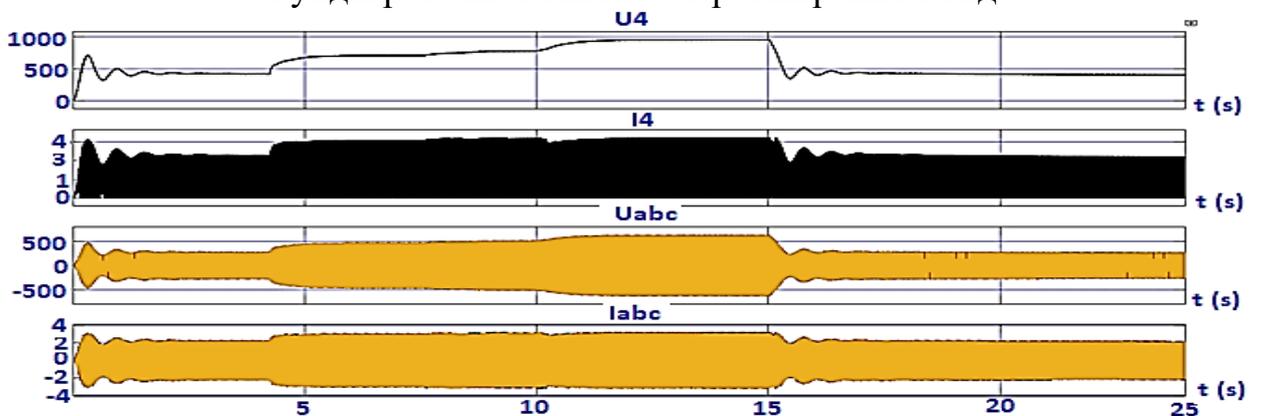


Рис.8. Осциллограммы напряжений и токов на входе (U_4 , I_4) и выходе (V_{abc} , I_{abc}) инвертора

Напряжение на выходе инвертора V_{abc} представляет собой трехфазное напряжение, модулированное двумя уровнями, его амплитуда составляет 250 V до 4-й секунды, 500 V до 10-й секунды, 650 V между 10-й и 15-й секундами, а затем возвращается к своему начальному значению 250 V.

В четвертой главе диссертации под названием «Разработка опытного образца комбинированного энергетического комплекса, проведение экспериментальных исследований и анализ результатов» разработан опытный образец комбинированного энергетического комплекса, состоящий из ветровой и солнечной фотоэлектрической установок, проведены исследования и проанализированы полученные результаты.

В качестве экспериментальной площадки была выбрана теплица на полигоне Научно-исследовательского института садоводства, виноградарства и виноделия имени академика Махмуда Мирзаева Агентства развития садоводства и тепличного хозяйства Министерства сельского хозяйства, расположенной в Ташкентском районе Ташкентской области. Её площадь составляет 1 гектар, на ней круглый год выращивают сезонные культуры.

Была изучена потребность теплицы в электроэнергии. Определено, что мощность комплекса будет составлять 5000 W, из них 4000 W будет поступать от солнечной электростанции и 1000 W от ветроэлектростанции (табл. 1).

Таблица 1
Электроэнергопотребляющие устройства теплицы.

№	Имя устройства	Мощность, W	Количество	Суммарная мощность, W	Рабочее время, час	Количество электроэнергии, необходимое за сутки, Wh	Категория
1.	Лампочки для освещения	30	10	300	6	1 800	1
2.	Средство видеонаблюдения	100	1	100	24	2 400	1
3.	Вентиляторы	250	2	500	4	2 000	3
4.	Холодильник	200	1	200	7	1 400	1
5.	Водяной насос (для наполнения резервуара воды)	1 500	1	1 500	8	12 000	2
6.	Интернет-модем	30	1	30	24	720	1
7.	Печь для приготовления пищи	2 000	1	2 000	3	6 000	3
8.	Водяной насос (для системы капельного орошения)	370	1	370	12	4 440	1
ВСЕГО				5 000		30 760	

Использовалась ветротурбина типа BG-Z-1000 мощностью 1 kW производства фирмы BEIGOOD Wind And Solar Power в Китае. Ветрогенератор был установлен на высоте 12 м над уровнем земли и к нему прикреплен асинхронный генератор (рис. 14).

Технические характеристики ветроустановки мощностью 1 kW представлены в таблице 2.

Таблица 2
Технические характеристики ветряной турбины

№	Модель	BG-Z-1000
1.	Мощность	1000 W
2.	Максимальной мощность	1050 W
3.	Напряжение	12 V
4.	Начальная скорость ветра	1,5 m/s
5.	Средняя скорость ветра	7 m/s
6.	Максимальная скорость ветра	40 m/s
7.	Количество лопастей	5
8.	Длина лопастей	1,2 m
9.	Длина турбины	580 mm
10.	Материал стальной	Nylin
11.	Тип генератора	Трехфазный магнитный генератор AS
12.	Магнитный стальной материал	NdFeB
13.	Управление системой	Электромагнит
14.	Срок службы	20 лет
15.	Рабочая температура	-40,0° C ... +50,0° C

Использовались поликристаллические солнечные панели POLY-260W производства фирмы Green Solar, имеющиеся в балансе института. Их количество, исходя из суточного потребления электроэнергии теплицей, составило 16 штук.

Использовались китайский инвертор типа MUST MT06100-6000W 48 V и аккумуляторные батареи типа Sunpal Power 6-GFM(G)-100 Ah.

Место установки комбинированного энергокомплекса показано на рисунке 9.



Рис.9. Место установки комбинированного энергокомплекса

Исследования проводились в мае 2023 года. Во время исследований нагрузка была разделена на три категории (табл. 1). К первой категории относятся лампы освещения, устройство видеонаблюдения, интернет-модем, холодильник и насос капельного орошения. Ко второй категории относится

насос резервуара для хранения воды, а к третьей категории - вентиляторы и кухонное оборудование.

В ходе эксперимента каждый час измерялись токи и напряжения, мощности, через них определялись вырабатываемой солнечными панелями и ветровой электростанцией мощности, а также значения мощностей, потребляемых нагрузками.

Графики суммарных мощностей, вырабатываемых комплексом в жаркое время года и потребляемых нагрузками, представлены на рисунке 10.

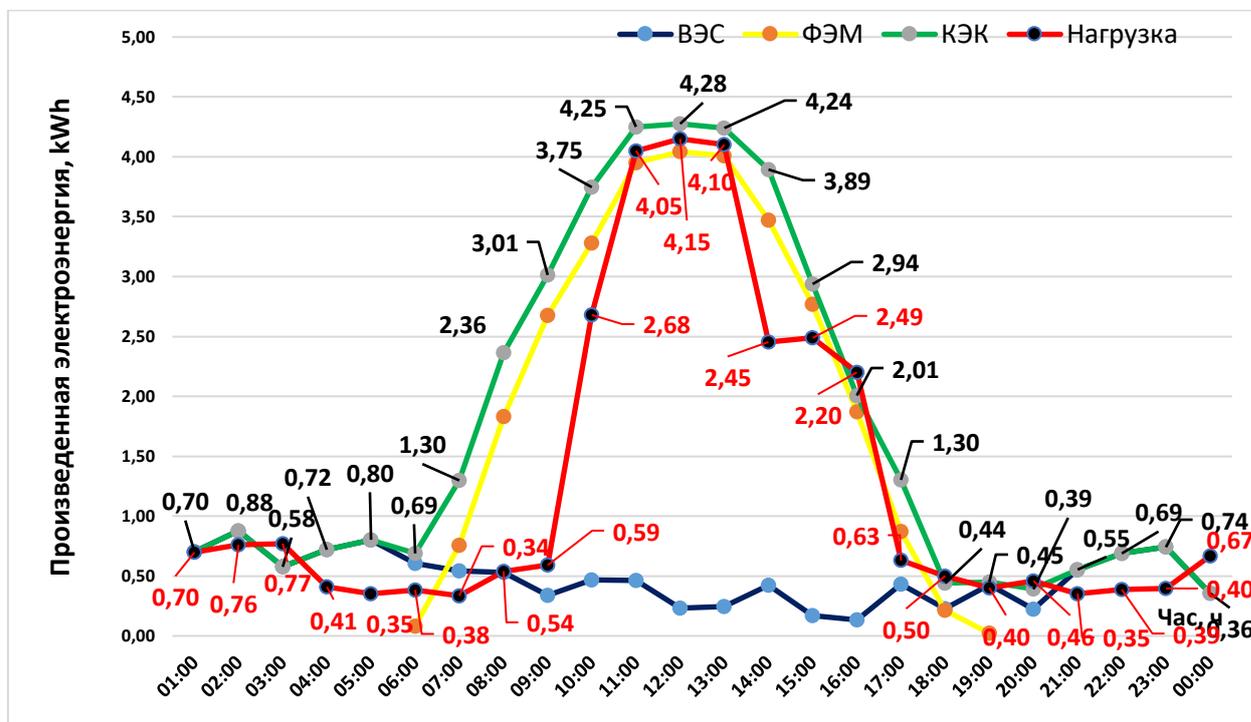


Рис.10. Графики мощностей, вырабатываемых комбинированным комплексом в жаркое время года и потребляемой нагрузками

Как видно из графика, представленного на рисунке 10, удалось обеспечить бесперебойное и надежное электроснабжение теплицы в течение трех сезонов в солнечные и ветреные дни. При этом воду, собранную в водоемах с помощью солнечной энергии в течение светлого времени, можно использовать не только для орошения днем, но и для орошения вечером и ночью с использованием энергии ветрогенератора.

Графики суммарной энергии, мощностей, вырабатываемых комбинированным комплексом в прохладное время года и потребляемых нагрузками, представлены на рисунке 11.

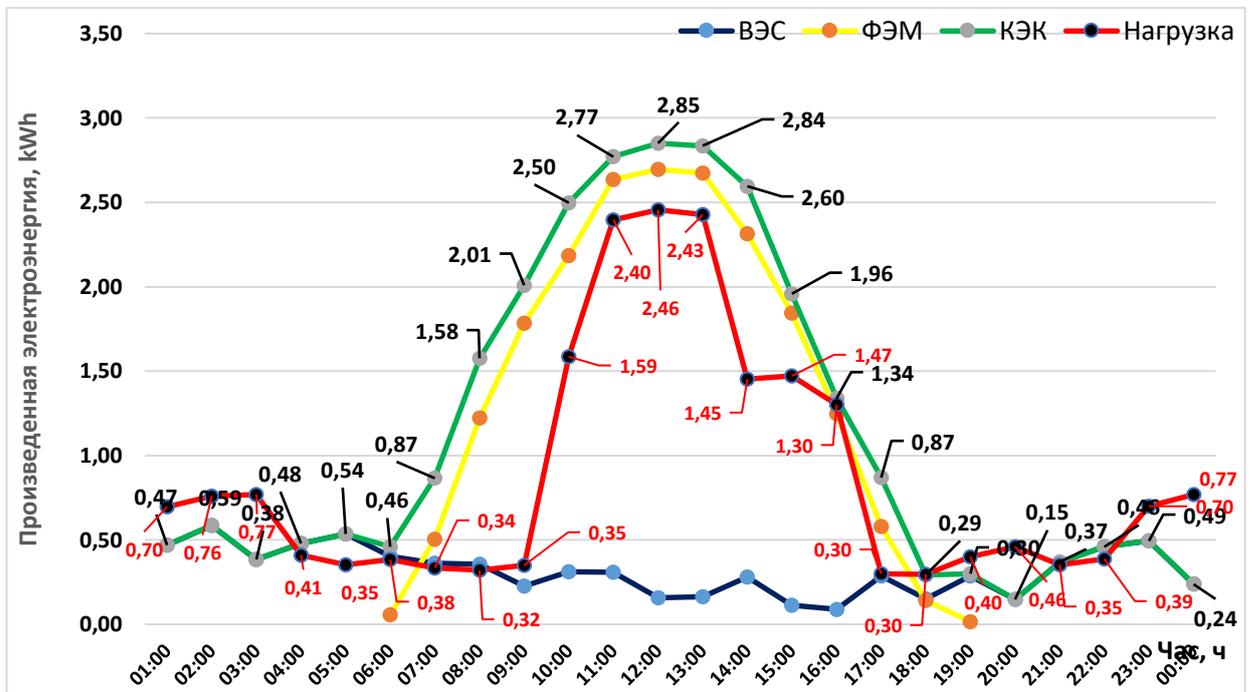


Рис.11. Графики мощностей, вырабатываемых комбинированным комплексом в прохладное время года и потребляемой нагрузками

Прохладный сезон — март, апрель и октябрь. В холодное время года недостаток энергии, которую можно получить с помощью солнечных батарей, удалось покрыть с помощью ветрогенератора за счет увеличения ветропотенциала. За этот период количество электроэнергии, произведенной солнечными батареями, составило 15,41 kWh, а количество электроэнергии, произведенной ветрогенератором — 5,73 kWh.

Графики суммарной энергии, мощностей, вырабатываемых комбинированным комплексом в холодное время года и потребляемых нагрузками, представлены на рисунке 12.

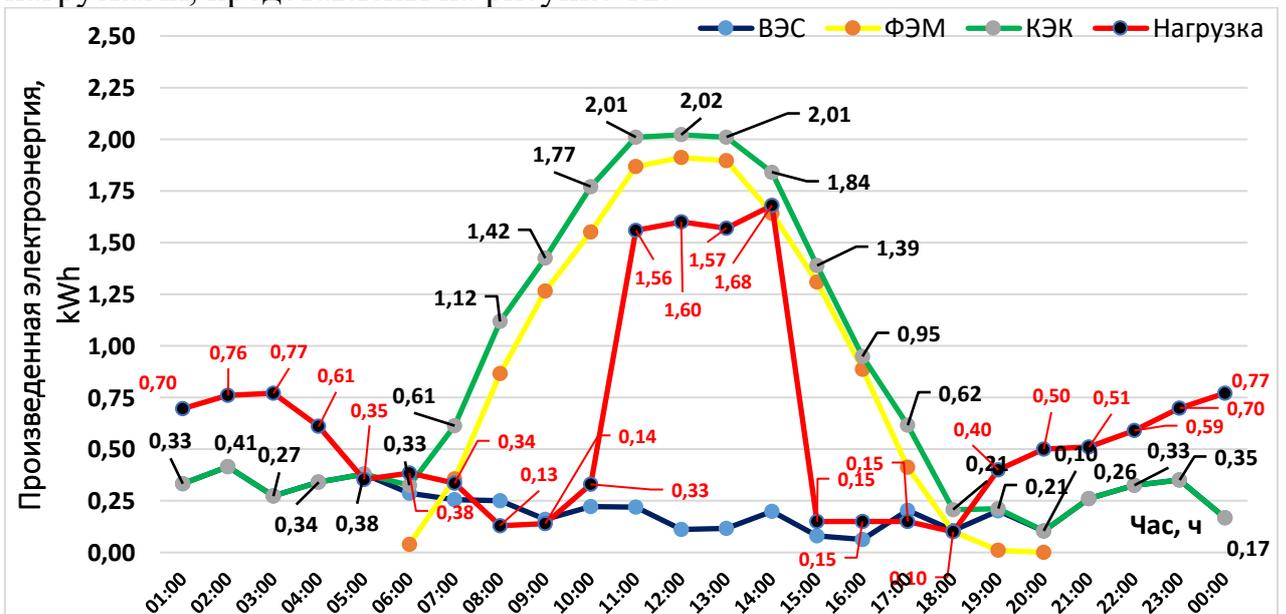


Рис.12. Графики мощностей, вырабатываемых комбинированным комплексом в холодное время года и потребляемой нагрузками

Определим коэффициент полезной работы комбинированного энергокомплекса. Максимальная мощность комбинированного устройства составила 5000 Вт, а полученная в экспериментальных исследованиях мощность — 4436 Вт. Коэффициент полезной мощности определяем по следующей формуле:

$$\eta = \frac{P_{\text{эксперимент}}}{P_{\text{максимал}}} = \frac{4436}{5000} = 0,887.$$

КПД комбинированного энергокомплекса составил 0,887 или 88,7%.

Рассчитана экономическая эффективность комбинированной энергокомплекса, а затраты на приобретение, установку и эксплуатацию солнечных батарей и ветрогенератора приведены в таблице 4.

Таблица 4

Затраты на приобретение, установку и эксплуатацию солнечных батарей и ветрогенератора

№	Наименование	Количество	Расходы, сум
1.	Панель солнечная	8	13258975,2
2.	Монтаж, наладка	0,3	3977703,43
3.	Инвертор	1	2904528,9
4.	Контроллер управления	1	1633804,29
5.	Аккумуляторная батарея	2	8008159,24
6.	Ветрогенератор	1	10854400
7.	Выпрямитель	1	2170880
8.	Монтаж ветрогенератора	1	6512640
9.	Капитальные затраты		49321091,1
10.	Зарплата	0,4	144000000
11.	Дополнительные месячные расходы	120	6000000
12.	Эксплуатационные затраты		150000000
	Всего		199 321 091
	Производимая ЭЭ, кВт*ч	40000	
	Себестоимость 1 кВт ЭЭ		4983,03

Холодное время года актуально для теплицы. За счет уменьшения капельного орошения посевов в теплице в этот сезон снижается и потребление электроэнергии (рис. 12). Его среднесуточное потребление составляет 14,94 kWh.

Для расчета энергоэффективности комбинированного устройства использовалась программа MATLAB Simulink. Энергоэффективность комбинированного устройства составила 18,7%.

ВЫВОДЫ

В результате исследований, проведенных по теме «Разработка комбинированного энергетического комплекса на основе ветровой и солнечной фотоэлектрической станций для условий Узбекистана», были сформулированы следующие выводы:

1. Разработана структурная схема энергосистемы на основе возобновляемых источников энергии. В результате удалось добиться повышения энергоэффективности на 18,7% за счет применения выпрямителей, аккумуляторов, инверторов, управляемых ключей и повышающих широтно-импульсных преобразователей.

2. Разработана усовершенствованная структурная схема комбинированной электростанции на основе ветровых и солнечных фотоэлектрических установок. В результате за счет разделения потребителей на первичные, вторичные и вспомогательные категории и увеличения объема резервируемой энергии было достигнуто непрерывное энергоснабжение потребителей.

3. Создан алгоритм работы комбинированного энергетического комплекса на основе ветровой и солнечной фотоэлектрической установок. В результате удалось разработать имитационную модель комбинированного энергетического комплекса.

4. Разработана имитационная модель комбинированного энергокомплекса на основе ветровой и солнечной фотоэлектрической станций в среде программирования MATLAB SIMULINK. В результате удалось рассчитать рабочие параметры устройства (ток, напряжение, мощность и частота).

5. Разработан экспериментальный образец комбинированного энергетического комплекса, состоящего из ветровой и солнечной фотоэлектрической установок. В результате экспериментальные исследования были проведены в теплице НИИ садоводства, виноградарства и виноделия имени академика М.Мирзаева.

6. Комбинированный энергетический комплекс, состоящий из солнечной фотоэлектрической установки мощностью 4 kW и ветроэнергетической установки мощностью 1 kW и разработанный на основе результатов научных исследований, введен в эксплуатацию в «Научно-исследовательском институте садоводства, виноградарства и виноделия имени академика М. Мирзаева» в Ташкентском районе Ташкентской области. В результате использования комбинированного энергетического комплекса НИИ достиг экономической эффективности в сумме 28 687 220 сумов в год.

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE AND INNOVATION OF
THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN SCIENTIFIC COUNCIL FOR
AWARDING SCIENTISTS PhD DEGREES 03/27.02.2020.T.106.02
FERGANA POLYTECHNIC INSTITUTE**

FERGANA POLYTECHNIC INSTITUTE

YUSUPOV DILSHODBEK TURDALIYEVICH

**DEVELOPMENT OF A COMBINED ENERGY COMPLEX BASED ON
WIND AND SOLAR POWER PLANTS FOR THE CONDITIONS OF
UZBEKISTAN**

05.05.06 – Power plants based on renewable energy

**THE ABSTRACT OF THE DISSERTATION
OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

The topic of dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences was registered at the Higher Attestation Commission under Ministers of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under № B2024.4.PhD / T4702.

The dissertation has been prepared at Fergana Polytechnic Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three (Uzbek, Russian, English (resume)) languages on the website (www.ferpi.uz) and the Information and Educational portal "ZiyoNet" (www.ziyo.net.uz).

Scientific adviser:

Zaxidov Romen Abdullayevich
doctor of technical sciences, academician

Official opponents:

Mamadaliyeva Lola Kamildjanovna
doctor of technical sciences, professor

Aliev Raimjon Usmonovich
doctor of technical sciences, professor

Lead organization:

Namangan Institute of Engineering and Technology

Dissertation defense will take place "22" 03 2025 year at 10⁰⁰ hours at the meeting of the Scientific Council. PhD 03/27.02.2020.T.106.02 at the Fergana Polytechnic Institute. (Address: 86, Fergana street, Fergana, 150107, Administrative building of Ferghana Politechnic Institute, Conference Hall. Tel.: (+998) 73-241-12-06; fax (+99873)241-12-06, e-mail: ilmiy-kengash@ferpi.uz, small meeting room).

The dissertation is possible to review in information resource center at Fergana Polytechnic Institute (registration under № 22). Address: 86 Fergana st., Fergana, 150107. Administrative building of Ferghana Politechnic Institute, Conference Hall. Tel.: (+998) 73-241-12-06, fax (+99873) 241-12-06,

The abstract of the dissertation sent out on "10" 03 2025.
(Registr record No. 1 on "10" 03 2025).



S.F. Ergashev

Chairman of the Scientific Council for
awarding of Scientific degrees,
DSc, professor

M.O. Uzbekov

Scientific Secretary of the Scientific
Council on awarding Scientific degrees,
PhD, docent

M.S. Payzullaxanov

Chairman of Scientific Seminar under
Scientific Council on awarding scientific
degrees, DSc, senior researcher

INTRODUCTION (PhD dissertation abstract)

The purpose of the study research is to develop a combined energy device based on wind and solar photovoltaic systems.

Research objectives:

development of a block diagram of a power system serving integrated renewable energy complexes

development of an improved structural diagram of the power system, which is a combination of wind and solar photovoltaic installations;

development of an algorithm for the operation of a combined energy complex based on wind and solar photovoltaic installations;

development of a simulation model of a combined wind and solar photovoltaic power plant using the MATLAB SIMULINK program;

development of an experimental design of a combined energy complex and carrying out experimental studies and analysis of the results obtained;

Scientific novelty of research:

a block diagram of an electrical power system based on renewable energy sources has been developed (IAP 07561), which allows increasing energy efficiency through rectifiers, energy storage, inverter, controlled switches and pulse-width voltage converters;

an improved design diagram of a combined solar-wind energy device (FAP 02110) has been proposed, which allows for an uninterrupted supply of electricity to consumers and additional accumulated increased energy by dividing it into primary, secondary and auxiliary categories;

a simulation model has been developed to calculate the operational parameters of a combined wind-solar photovoltaic power plant in terms of power, voltage and current;

for the first time, an experimental prototype of a combined energy plant was developed, consisting of a 4 kW solar photovoltaic plant and a 1 kW wind power plant, providing continuous power supply;

Implementation of research results. Based on the scientific results obtained for the development of a combined energy complex based on wind and solar photovoltaic installations for the conditions of Uzbekistan:

a combined energy complex (FAP 02110) with the ability to provide uninterrupted electricity by dividing consumers into three types of categories and increasing the capacity of energy reserves has been introduced into the power supply of a greenhouse located at the “Research Institute of Horticulture, Viticulture and Winemaking named after Academician M.Mirzaev” in the Tashkent district of the Tashkent region (Ministry of Energy Reference No. 02-13-4478 dated July 27, 2023). As a result, it allowed to reduce the annual consumption of electricity from the centralized power grid of the research institute by 99.42 kWh.;

A new scheme of an electric power system based on renewable energy sources (IAP 75061) was introduced into the development of a prototype of a combined energy complex at ASMO SOLAR GOLD LLC in Margilan, Fergana region (Reference No. 02-69 of ASMO SOLAR GOLD LLC dated October 10, 2024). As a result, the energy efficiency of the combined device increased by 18.7%.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (часть I; part I)

- [1] Zakhidov R.A., Tajiyev U.A., Kiseleva E.I., Yusupov Dm.T, Yusupov Dsh.T., Saliev G.S., Gorobtsov S.I. On the Possibility of Sustainable Energy and Water Supply of Low-Rise Residential Buildings Located in Areas with an Arid Climate using Combined Wind and Solar Photovoltaic Power Complexes of Low Power // Applied Solar Energy, 2022, Vol. 58, No. 1, pp. 159–164.
- [2] Захидов Р.А., Таджиев У.А., Киселева Е.И., Юсупов Дш.Т., Махаммадиев Ф.М. Энергоресурсные, экологические, социальные аспекты перехода Узбекистана на низкоуглеродное развитие // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари илмий-техника журнали, Тошкент 2022 у. , махсус сон (№82), 59-71 б. (05.00.00; №21).
- [3] Юсупов Д.Т. Анализ показателей качества электрической энергии, вырабатываемой комбинированным энергокомплексом ветра и солнца // ФарПИ илмий-техника журнали, 2023 у., 4-сон. 108-112-б. (05.00.00; №20).
- [4] Yusupov D.T., Yusupov T.A. Innovatsiyon qurilma yordamida nominal quvvati 9 kVt bo'lgan fotoelektrostansiyaning chiqish parametrlarini o'lchash va tahlil qilish // FarPI ilmiy-texnika jurnali, 2020 у., 1-son. 241-247-b. (05.00.00; №20).
- [5] Yusupov D.T., Yusupova F.T. MATLAB dasturi asosida quyosh fotoelektrik modulining matematik modelini ishlab chiqish // FarPI ilmiy-texnika jurnali, 2021 у., 1-son. Том 25, 219-224-b, (05.00.00; №20).
- [6] Yusupov D.T, Yusupova F.T. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi elektroenergetik tizim. Ixtiro patent. IAP 07561. Ro'yxatdan o'tkazilgan sana 30.11.2023 у. Rasmiy axborotnoma, 2023 у. 12-son. 73-b.
- [7] Zaxidov R.A., Tadjiev O'.A., Yusupov Dsh.T., Yusupov Dm.T. Kombinatsiyalangan quyosh-shamol energiya qurilmasi. Foydali modelga patent. FAP 02110. Ro'yxatdan o'tkazilgan sana 25.02.2022 у. Rasmiy axborotnoma, 2022 у. 10-son.151-152-b.

II bo'lim (часть II; part II)

- [8] Юсупов Д.Т., Юсупова Ф.Т. Исследование шума и помех при работе маломощных фотоэлектрических систем параллельно с локальной электросетью // II международная научная конференция «Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики». Азарбайжан, 12 ноября 2020 г., с. 294-297.

- [9] Yusupov D.T. Mahalliy elektr tarmog'iga parallel ulangan 9 kW li fotoelektrostansiyada ishlab chiqarilayotgan elektr energiyaning standart talablariga mosligini tekshirish // Fan va ta'limni rivojlantirishda yoshlarning o'rni mavzusidagi Respublika ilmiy va ilmiy-texnik anjuman to'plami. Toshkent sh., 2020 yil 30 oktyabr, 87-89-b.
- [10] Yusupov D.T. Kombinatsiyalashgan quyosh shamol stansiyani MATLAB dasturi asosida matematik modelini ishlab chiqish // "Texnik jihatdan tartibga solish, metrologiya va standartlashtirishning ishlab chiqarishdagi o'rni va vazifalari" respublika ilmiy-amaliy anjuman to'plami. 2024 yil 17-18 may, 591-594-b.
- [11] Юсупов Д.Т., Юсупова Ф.Т. Анализ гармонических составляющих в локальной сети при параллельном подключении к ней маломощной солнечной фотоэлектрической станции // III Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ». Россия, г.Кемерово, 12 ноября 2020 г., с. 245-247.
- [12] Захидов Р.А., Юсупов Д.Т. Разработка маломощного ветро – солнечного фотоэлектрического энергокомплекса // VI Всероссийская научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: теория и практика». Россия, г. Кемерово 8 декабря 2021 г., с 151-152.
- [13] Yusupov D.T., Rajabov J.B. Kombinatsiyalashgan energiya majmuasi ishlab chiqarayotgan elektr energiya sifatini tahlili // "Muqobil energiya manbalaridan samarali foydalanish muammolari va yechimlari" mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjuman to'plami. Farg'ona sh., 2023-yil 7 noyabr, 262-265-b.

Avtoreferatning o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi nusxalari
Farg‘ona politexnika instituti “Scientific technical journal” jurnali
tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi.

(23. 01. 2025 yil)