

MUQOBIL ENERGETIKA

ISSN - 2181-2284



2025

Том 19 Номер 3



АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА
ALTERNATIVE ENERGY

MUQOBIL ENERGETIKA

ILMIY-TEXNIK JURNALI

2021-yildan chop etila boshlagan

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ALTERNATIVE ENERGY

SCIENTIFIC - TECHNICAL JOURNAL

QARSHI-2025



BOSH MUHARRIR

G'ulom Uzoqov

t.f.d., prof., Qarshi davlat texnika universiteti

e-mail: uzoqov66@mail.ru

Bosh muharrir o'rinbosari

Jobir Axadov

t.f.d., k.i.x., Qayta tiklanuvchi energiya manbalari milliy ilmiy-tadqiqot instituti

e-mail: j.axadov@nires.uz

Mas'ul kotib

Xayrulla Davlonov

PhD, dots., Qarshi davlat texnika universiteti

e-mail: davlanov80@mail.ru

TAHRIR HAY'ATI

Tahrir hay'ati a'zolari

akad. Zohidov R.A. (O'zR FA EMI)
t.f.d., akad. Allayev Q.R. (ToshDTU)
t.f.d., prof. Uzoqov G'.N. (QarDTU)
f-m.f.d., prof. Nematov Sh.Q. (QarDTU)
Aslanov Sh.Ch. (Sho'rtan GKM" MChJ)
Xayrullayev K.I. ("Muborak IEM" AJ)
t.f.d., prof. Avezova N.R. (FPI)
t.f.d., k.i.x. Axatov J.S. (O'zR FA FTI)
t.f.d., k.i.x. Komilov A.G'. (QTEMMITI)
t.f.d., k.i.x. Axadov J.Z. (QTEMMITI)
t.f.d., prof. Mirzayev Sh.M. (BuxDU)
t.f.d., prof. Xayriddinov B.E. (QarDU)
t.f.d., prof. Urishev B. (QarDTU)
t.f.d., prof. Imomov Sh.J. (BuxDTU)
t.f.d., prof. Ishnazarov O.X. (O'zR FA EMI)
t.f.d., prof. Toyirov O.Z. (ToshDTU)
t.f.d., prof. Yuldoshev I.A. (ToshDTU)
t.f.d., prof. Xudayarov M.B. (ToshDTU)
t.f.d., prof. Sadullayev N.N. (BuxDTU)
t.f.d., prof. Raxmonqulov A.A. (QarDTU)
t.f.n., prof. Fayziyev T.A. (QarDTU)
t.f.n., prof. Sattarov B.N. (QarDTU)
t.f.n., prof. Vardiyashvili A.A. (QarDU)
t.f.f.d., dots. Davlonov X.A. (QarDTU)
t.f.f.d. dots. Shog'ochqorov S. (ToshDTU)
t.f.f.d., dots. Xujakulov S.M. (QarDTU)
t.f.f.d., dots. Safarov A.B. (QarDTU)
f-m.f.n., prof. Sa'dullayev A.B. (QarDTU)
Toshmamatov B.M. (QarDTU)

Xalqaro tahrir hay'ati a'zolari

t.f.d., prof. Xarchenko V.V. (Rossiya)
t.f.d., prof. Sednin V.A. (Belarus)
t.f.d., prof. Elistratov V.V. (Rossiya)
t.f.d., prof. Butuzov V.A. (Rossiya)
t.f.d., prof. Gnatyuk V.I. (Rossiya)
t.f.d., prof. Vinogradov A.V. (Rossiya)
t.f.d., prof. Xramtsov P.P. (Belarus)
f-m.f.d., prof. Zaginaylov V.I. (Rossiya)
t.f.d., prof. Mohd Jul Hakim Virzal (Malayziya)
t.f.d., prof. Midilli A. (Turkiya)
PhD, prof. Firat C. (Turkiya)
i.f.n., dots. Gibaddulin A.A. (Rossiya)
t.f.n., dots. Chervinskiy V.L. (Belarus)
f-m.f.n., dots. Novik A.V. (Belarus)
t.f.n., dots. Sednin A.V. (Belarus)
i.f.n., dots. Morkovkin D.E. (Rossiya)
t.f.d., dots. Mextieva A. (Ozarbayjon)
t.f.n., dots. Bovtrikova E.V. (Rossiya)
t.f.n., dots. Sa'dullozoda Sh.S. (Tojikiston)
t.f.n., dots. Abdullozoda R.T. (Tojikiston)
t.f.n., dots. Gita Devi (Oman)
PhD, dots. Ospanov E.A. (Qozog'iston)

Muqobil energetika – muqobil energetika sohasida erishilgan ilmiy yutuqlar, ilmiy innovatsion ishlanmalar va tadqiqot natijalari yoritilgan ilmiy va tahliliy maqolalar, qisqa xabarlar chop etiladigan ilmiy jurnal. Jurnal ruknlari doirasida o'tkaziladigan xalqaro kongresslar, simpoziumlar va konferensiyalar materiallari jamlangan maxsus son chop etilishi ham rejalashtirilgan.

Tahririyat manzili: Qarshi davlat texnika universiteti

180100, O'zbekiston, Qarshi sh. Mustaqillik, 225 uy.

Telefon: (8375) 221-09-23, faks: (8375) 224-13-95, E-mail: kstu@kstu.uz





ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Гулом Узаков

д.т.н., проф., Каршинский государственный технический университет

e-mail: uzoqov66@mail.ru

Заместитель главного редактора

Жобир Ахадов

д.т.н., с.н.с., Национальный научно-исследовательский институт возобновляемых

источников энергии

e-mail: j.axadov@nires.uz

Ответственный секретарь

Хайрулла Давлонов

PhD, доц. Каршинский государственный технический университет

e-mail: davlonov@mail.ru

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Члены редакционной коллегии

д.т.н., акад. Захидов Р.А. (АН РУз., ИПЭ)
д.т.н., акад. Аллаев К.Р. (ТашГТУ)
д.т.н., проф. Узаков Г.Н. (КарГТУ)
д.ф-м.н., проф. Нематов Ш.К. (КарГТУ)
Асланов Ш.Ч. («Шуртанский ГК» ООО)
Хайруллаев К.И. («Мубарекская ТЭЦ» ОА)
д.т.н., проф. Авезова Н.Р. (ФерПИ)
д.т.н., с.н.с. Ахатов Ж.С. (ФТИ АН РУз)
д.т.н., с.н.с. Комилов А.Г. (ННИИВИЭ)

д.т.н., с.н.с. Ахадов Ж.З. (ННИИВИЭ)
д.т.н., проф. Мирзаев Ш.М. (БГУ)
д.т.н., проф. Хайриддинов Б.Э. (КарГУ)
д.т.н., проф. Уришев Б. (КарГТУ)
д.т.н., проф. Имомов Ш.Ж. (БухГТУ)
д.т.н., проф. Ишназаров О.Х. (ИПЭ)
д.т.н., проф. Тоиров О.З. (ТашГТУ)
д.т.н., проф. Юлдошев И.А. (ТашГТУ)
д.т.н., проф. Худаяров М.Б. (ТашГТУ)
д.т.н., проф. Садуллаев А.Н. (БухГТУ)
д.т.н., проф. Рахманкулов А.А. (КарГТУ)
к.т.н., проф. Файзиев Т.А. (КарГТУ)
к.т.н., проф. Сатгаров Б.Н. (КарГТУ)
к.т.н., проф. Вардияшвили А.А. (КГУ)
PhD, доц. Давлонов Х.А. (КарГТУ)
PhD, доц. Шогучкаров С.К. (ТашГТУ)
PhD, доц. Худжакулов С.М. (КарГТУ)
PhD, доц. Сафаров А.Б. (КарГТУ)
к.ф-м.н., проф. Саъдуллаев А.Б. (КарГТУ)
Тошмаматов Б.М. (КарГТУ)

Члены международной редакционной коллегии

д.т.н., проф. Харченко В.В. (Россия)
д.т.н., проф. Седнин В.А. (Беларусь)
д.т.н., проф. Елистратов В.В. (Россия)
д.т.н., проф. Бутузов В.А. (Россия)
д.т.н., проф. Гнатюк В.И. (Россия)
д.т.н., проф. Виноградов А.В. (Россия)
д.ф-м.н., проф. Храмцов П.П. (Беларусь)
д.т.н., проф. Загинайлов В.И. (Россия)
д.т.н., проф. Мохд Джул Хаким Вирзал (Малайзия)
д.т.н., проф. Мидилли А. (Турция)
PhD, проф. Фират К. (Турция)
к.э.н., доц. Гибаддулин А.А. (Россия)
к.т.н., доц. Червинский В.Л. (Беларусь)
к.ф-м.н., доц. Новик А.В. (Беларусь)
к.т.н., доц. Седнин А.В. (Беларусь)
к.э.н., доц. Морковкин Д.Е. (Россия)
д.т.н., доц. Мехтиева А. (Азербайджан)
к.т.н., доц. Бовтрикова Е.Б. (Россия)
к.т.н., доц. Саъдуллозода Ш.С. (Таджикистан)
к.т.н., доц. Абдуллозода Р.Т. (Таджикистан)
к.т.н., доц. Гита Деви (Оман)
д.ф.т.н., доц. Оспанов Е.А. (Казахстан)

Альтернативная энергетика - научный журнал, в котором публикуются научные и аналитические статьи, короткие сообщения, освещающие научные достижения в области альтернативной энергетики, инновационные разработки и результаты исследований. Также планируется издание специального выпуска, в котором в рамках рубрик журнала будут опубликованы материалы международных конгрессов, симпозиумов и конференций.

Адрес редакции: Каршинский государственный технический университет
180100, Узбекистан, г.Карши, проспект Мустакиллик, дом 225.

Телефон: (8375) 221-09-23, факс: (8375) 224-13-95, E-mail: kstu@kstu.uz





EDITOR-IN-CHIEF

Gulom Uzakov

DSc, Prof., Karshi State Technical University

e-mail: uzoqov66@mail.ru

Deputy Editor-in-Chief

Jobir Akhadov

DSc, s.r., National Research Institute of Renewable Energy Sources

e-mail: j.axadov@nires.uz

Coordinating Editor

Khayrulla Davlonov

PhD, doc., Karshi State Technical University

e-mail: davlonov@80@mail.ru

EDITORIAL BOARD

Members of the editorial board

DSc, acad. Zakhidov R.A. (ASUZ., IEP)
DSc, acad. Allaev K.R. (TSTU)
DSc, prof. Uzakov G.N. (KSTU)
DSc, prof. Nematov Sh.K. (KSTU)
Aslanov Sh.Ch. ("Shurtan GChC" LLC)
Khairullaev K.I. ("Mubarak TPP" JSP)
DSc, prof. Avezova N.R. (TSTU)
DSc, s.r. Akhatov J.S. (PTI ASUZ)
DSc, s.r. Komilov A.G. (NSRIRES)

DSc, s.r. Akhadov J.Z. (NSRIRES)
DSc, prof. Mirzaev Sh.M. (BSU)
DSc, prof. Khairiddinov B.E. (KSU)
DSc, prof. Urishev B. (KSTU)
DSc, prof. Imomov Sh.J. (BSTU)
DSc, prof. Ishnazarov O.Kh. (IEP)
DSc, prof. Toirov O.Z. (TSTU)
DSc, prof. Yuldoshev I.A. (TSTU)
DSc, prof. Khudayarov M.B. (TSTU)
DSc, prof. Sadullaev N.N. (BSTU)
DSc, prof. Rakhmankulov A.A. (KSTU)
c.t.s., prof. Faiziev T.A. (KSTU)
c.t.s., prof. Sattarov B.N. (KSTU)
c.t.s., prof. Vardiyashvili A.A. (KSU)
PhD, doc. Davlonov Kh.A. (KSTU)
PhD, doc. Shogucharov S.K. (TSTU)
PhD, doc. Khuzhakulov S.M. (KSTU)
PhD, doc. Safarov A.B. (KSTU)
c.p-m.s., prof. Sa'dullaev A.B. (KSTU)
Toshmamatov B.M. (KSTU)

Members of the international editorial board

DSc, prof. Kharchenko V.V. (Russia)
DSc, prof. Sednin V.A. (Belarus)
DSc, prof. Elistratov V.V. (Russia)
DSc, prof. Butuzov V.A. (Russia)
DSc, prof. Gnatyuk V.I. (Russia)
DSc, prof. Vinogradov A.V. (Russia)
DPMS, prof. Khramtsov P.P. (Belarus)
DSc, prof. Zaginailov V.I. (Russia)
DSc, prof. Mohd Dzul Hakim Bin Wirzal (Malaysia)
DSc, prof. Midilli A. (Turkey)
PhD, prof. Firat C. (Turkey)
c.e.s., doc. Gibaddulin A.A. (Russia)
c.t.s., doc. Chervinski V.L., (Belarus)
c.p-m.s., doc. Novik A.V. (Belarus)
c.t.s., doc. Sednin A.V. (Belarus)
c.e.s., doc. Morkovkin D.E. (Russia)
c.t.s., doc. Mextieva A. (Azerbaijan)
c.t.s., doc. Bovtrikova E.V. (Russia)
c.t.s., doc. Sa'dullozoda Sh.S. (Tajikistan)
c.t.s., doc. Abdullozoda R.T. (Tajikistan)
PhD, doc. Gita Devi (Oman)
PhD, doc. Ospanov E.A. (Kazakhstan)

Alternative Energy is a scientific journal that publishes scientific and analytical articles, short reports covering scientific achievements in the field of alternative energy, innovative developments and research results. It is also planned to publish a special issue, where the materials of international congresses, symposiums and conferences will be published within the framework of the journal.

Editorial office address: Karshi State Technical University

180100, Uzbekistan, Karshi, Independence av.-225.

Tel: (8375) 221-09-23, fax: (8375) 224-13-95, e-mail: kstu@kstu.uz





MUQOBIL ENERGETIKA	АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА	ALTERNATIVE ENERGY
<p>Ilmiy-texnik jurnal 2021-yilda tashkil etilgan. Oliy Attestatsiya Komissiyasi Rayosatining 2024-yil 25-dekabrda 365/4-sonli qarori bilan 05.00.00-Texnika fanlari (05.05.00) isxtisosliklari bo'yicha OAK dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarni chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.</p>	<p>Научно-технический журнал основан в 2021 году. Постановлением Президиума Высшей аттестационной комиссии от 25 декабря 2024 года №365/4 журнал включен в список научных изданий, рекомендованных ВАК к публикации основных научных результатов диссертаций по специальностям 05.00.00-Технические науки (05.05.00).</p>	<p>The scientific-technical journal was established in 2021. By the Resolution of the Presidium of the Higher Attestation Commission dated December 25, 2024 No. 365/4, the journal is included in the list of scientific publications recommended by the Higher Attestation Commission for the publication of the main scientific results of dissertations in the specialties 05.00.00-Technical Sciences (05.05.00).</p>
<p>Ilmiy-texnik jurnalga 2021-yil 4-aprelda asos solingan bo'lib, u 2021-yil iyul oyidan boshlab chiqarilgan. Muassis: Qarshi davlat texnika universiteti. Manzil: 180100, Qarshi shahri. Mustaqillik shoh ko'chasi, 225. Telefon: 0375 221-09-23 Sayt: http://aenergy.qmii.uz e-mail: aenergy@mail.ru</p> <p>Nashr indeksi - 4074 ISSN 2181-2284</p> <p>19-sonli nashr. Terishga topshirilgan sana: 22.09.2025-y. Nashrga ruxsat berilgan sana: 24.09.2025-y. Chop etilgan sana: 30.09.2025-y.</p> <p>Bichimi 60x84 1/8. Times garniturası. Shartli bosma tabog'i 6,26. Nashr bosma tabog'i 6,25. Adadi 100. Buyurtma №106</p> <p>QarDTU "INTELLEKT" nashriyoti MIUda chop etildi. Tahririyat: Texnik muharrir: Tog'ayev I.</p>	<p>Научно-технический журнал основан 4 апреля 2021 года, издается с июля 2021 года. Учредитель: Каршинский государственный технический университет. Адрес: 180100, г. Карши, проспект Мустакиллик, 225. Телефон: 0375 221-09-23 Сайт: http://aenergy.qmii.uz e-mail: aenergy@mail.ru</p> <p>Индекс издания-4074 ISSN 2181-2284</p> <p>Выпуск 19. Дата предоставления в набор: 22.09.2025 г. Дата разрешения на публикацию: 24.09.2025 г. Дата публикации: 30.09.2025 г.</p> <p>Размер 60x84 1/8. Таймс гарнитура. 6.26. Условных печатных листов. 6.25. Учетно-издательских листов. Тираж 100. Заказ №106</p> <p>Напечатан в издательстве «ИНТЕЛЛЕКТ» при КГТУ. Редактор: Технический редактор: Тогаев И.</p>	<p>The scientific and technical journal was founded on April 4, 2021, published since July 2021. Founder: Karshi State Technical University. Address: 180100, Karshi, Independence av. 225. Phone: 0375 221-09-23 Site: http://aenergy.qmii.uz e-mail: aenergy@mail.ru</p> <p>Publication index - 4074 ISSN 2181-2284</p> <p>Issue 19. Date submitted for dialing: 22.09.2025-y. The date of publication is: 24.09.2025-y. Date of publication: 30.09.2025-y.</p> <p>Size 60x84 1/8. The Times. Conventional printing plate 6.26. Edition printing plate 6.25. Circulation 100. Order №106</p> <p>KSTU was published by the "INTELLECT" publishing house at the CPH. Editor: Technical Editor: Togaev I.</p>
<p>Muqobil energetika- quyidagi yuqori reyting va tegishli saytlarimiz tomonidan indekslanadi.</p> <p>Альтернативная энергетика- индексируется следующими топ-рейтингами и связанными с нами сайтами.</p> <p>Alternative energy is indexed by the following top ranking and our related sites.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="853 1675 1141 1758"> </div> <div data-bbox="1149 1675 1420 1758"> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="869 1765 1029 1848"> </div> <div data-bbox="1037 1765 1412 1848"> </div> </div>	

Muqobil energetika ilmiy-texnik jurnalining 2025-yil 3-soniga 2025-yil 16-19-iyun kunlari Qarshi davlat texnika universitetida bo'lib o'tgan "Energetika kompleksining dolzarb muammolari: ishlab chiqarish, uzatish va ekologiya" II Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning saralangan materiallari ham kiritilgan.





MUNDARIJA

Abduraxmanov K.P., Tohirov U.X., Tabiiy konveksiyali va yuqori samaradorlikka ega bo'lgan havo isitgichli bilvosita turdagi quyosh quritish qurilmasida olmani quritish.....	9-17
Nosirov M.U., Sobirov Y.B. , Berdiyev G. Quyosh panellari samaradorligini oshirish uchun samarali nishab burchakni optimallashtirish: Parkent tumani hududi misolida.....	18-25
Azamov I.R., Xudoberganov M.O. Quyosh kollektorlari va issiqlik akkumulyatorlariga ega integratsiyalashgan energiya tizimlari tahlili.....	26-32
Gayibov T.Sh., Toshev T.U. Elektr energetika tizimi bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr stansiyasi elementlarining tarkibini optimallashtirish masalasining matematik modeli va uni yechish algoritmi.....	33-40
Toshmamatov B.M., Norboyev Z.X. Aktiv quyosh isitish tizimiga ega chiqindi reaktori issiqlik rejimini tajribaviy tadqiqot qilish.....	41-46
Uzoqov G'.N., Raxmatov D.T. Yassi quyosh havo kollektorli piroliz qurilmasi yordamida chiqindilardan piro yoqilg'ilarni olish uchun kichik hajmli texnologiyani ishlab chiqish	47-55
Mamatqulova S.G', Norboyev Z.X. Rekuperativ issiqlik almashtirgichli piroliz bioenergetik qurilmasining trubali reaktorining issiqlik balansini tahlili.....	56-61
Uzoqov G'.N., Butuzov V.A., Mamedov R.A. Qayta tiklanadigan energiya manbalari asosidagi kogeneratsion energetik tizimlarning zamonaviy tahlili.....	62-78
Urishev B., Quvatov U., Urishova D. Nasos stansiyalar ichki bosimli quvurlarining optimal parametrlarini aniqlash.....	79-85
Juraboyev N.I., Akhatov J.S. Yashirin issiqlikni saqlash tizimlari uchun kapsulalangan fazaviy o'tuvchi materialning issiqlik-fizikaviy xususiyatlarini modellashtirish.....	86-92
Mugutskiy I.E., Nimatov S.J., Hafizov X.I. Ko'p modal ma'lumotlardan foydalangan holda uchuvchisiz havo tizimi orqali elektr qurilmalaridagi nosozliklarni aniqlash.....	93-99
Sa'dullayev A.B., Nabiyeva I.I., Boboqulov Z.A. Elektr yoritish tarmoqlarining energiya tejamkorlik va samaradorlik xususiyatlari.....	100-105
Raxmonov I.U., Nimatov K.B., Reaktiv quvvatni noaniq mantiq orqali avtomatik rostdash usulini modellashtirish	106-111
Raxmankulov A.A., Xaydarov T.Z., Maxmanov E.B. Uglerod materialidan uglerod nanotrubkalarini tozalash va ajratib olish.....	112-116
Xudayarov M.B., Abduxalimov J.A., Sayimov D.E., Karimov K.Sh. Past kuchlanishli elektr tarmoqlarida elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarining elektr energiya isroflariga ta'sirini baholash va tahlil etishga oid tadqiqotlar sharhi.....	117-124
Safarov X.S.S., Mamatkulov A.N. Sinxron generatorlarning qo'zg'atishini avtomatik rostdash tizimlarini raqamli optimallashtirishning zamonaviy yo'nalishlari.....	125-130
Davlonov X.A., Ismoilov Sh.G'. Issiqlik nasosiga asoslangan kombinatsiyalangan suvni distillash texnologiyasi.....	131-140
Norboyev A.E., Imomnazarov A.B., Ibragimov I.I. Dastlabki ma'lumotlarning noaniqligi sharoitida elektr energiyasi tizimlarini optimallashtirish algoritmlarini takomillashtirishda matritsalaridan foydalanish.....	141-148
Pirmatov N.B., Bekishev A.Y., Kurbanov N.A., Imomnazarov A.B. Muqobil gibrid energiya manbalari asosida ishlovchi energetik qurilmaning ish rejimlarini matematik modellashtirish va quvvat taqsimotini optimallashtirish masalalari tahlili.....	149-156
Uzoqov G'.N., Ergashev Sh.H., Fatilloev S.Z. Issiqlik quvuri va biomassa-tuproq tizimida issiqlikni utilitatsiya qilishning issiqlik-texnik hisobi.....	157-166
To'rayev A.F., Paizullakhanov M.S., Utkirjon Sh.B., Sharipov M. Turli stexiometrik tarkib bilan sintez qilingan kobalt ferrit qotishmalarining XRF tahlili.....	167-173
Uzboyev M.D., Davlonov X.A., Toshmamatov B.M. Suv-ko'mir yoqilg'isini tayyorlash texnologiyasi va uning takomillashtirish usullari tahlili.....	174-179
Esanov T.B. Elektr transport vositalarini zaryadlash stansiyalarida energiya oqimini optimallashtirishning matematik tahlili.....	180-186
Gayibov T.Sh., Fayziyev M.M., Zayniyeva O.E., Murodov B.X. Elektr energetika tizimlarida akkumulyator batareyalarini optimal o'rnatilish joylarini aniqlash	187-193
Yunusov B.X., Mamadiyev B.R. Aralash sovitish va qo'shimcha ejetor yordamida turbina kondensatori samaradorligini oshirish.....	194-198
Yusupaliyev R.M., Jumanov Sh., Musashayxova N.A., Rajabov E. Ko'mir yoqiladigan issiqlik elektr stansiyalarda tutun gazlarini oltingugurt oksidlaridan tozalash zaruriyati.....	199-203
Bobojanov M.K., Mustayev R.A., Matkarimov S.K. Fotoelektrik stansiya integratsiyalangan tarmoqlarda elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlarini yaxshilash.....	204-210
Eshmurodov Z.O., Sayfiyev S.E. Qishloq xo'jaligi sug'orish ishlarida quyosh energiyasidan foydalanish.....	211-219





СОДЕРЖАНИЕ

Абдурахманов К.П., Тахиров У.Х. Сушка яблок в солнечной сушильной установке непрямого типа естественной конвекции и высокоэффективным воздухомогревателем.....	9-17
Носиров М.У., Собиров Ю.Б., Бердиев Г. Оптимизация эффективного угла наклона для повышения эффективности солнечных панелей: на примере Паркентского района.....	18-25
Азамов И.Р., Худоберганов М.О. Интегрированных энергосистем с солнечными коллекторами и накопителями тепла.....	26-32
Гайбов Т.Ш., Тошев Т.У. Математическая модель задачи оптимизации состава элементов фотоэлектрической станции, работающей параллельно с электроэнергетической системой и алгоритм ее решения.....	33-40
Томаматов Б.М., Норбоев З.Х. Экспериментальное исследование теплового режима свалочного о реактора с активной солнечной системой нагрева.....	41-46
Узаков Г. Н., Рахматов Д. Т. Разработка малогабаритной технологии получения пиротоплива из отходов с использованием плоского солнечного воздушного коллектора и пиролизной установки	47-55
Маматкулова С. Г., Норбоев З.Х. Анализ теплового баланса трубчатого реактора пиролизной биоэнергетической установки с рекуперативным теплообменником.....	56-61
Узаков Г. Н., Бутузов В.А., Мамедов Р.А. Современный анализ когенерационных энергетических систем на основе возобновляемых источников энергии.....	62-78
Уришев Б., Куватов У., Уришова Д. Определение оптимальных параметров внутростанционных напорных трубопроводов насосных станций.....	79-85
Журабов Н.И., Ахатов Ж.С. Моделирование тепловых характеристик инкапсулированного рсм для применения в системах аккумуляции скрытого тепла.....	86-92
Мугуцкий И.Е., Ниматов С. Ж., Хафизов Х.И. Обнаружение неисправностей в электроустановках беспилотными летательными аппаратами с использованием мультимодальных данных.....	93-99
Саъдуллаев А.Б., Набиева И.И., Бобакулов З.А. Особенности энергосбережения и эффективности сетей электроосвещения.....	100-105
Рахмонов И.У., Ниматов К.Б. Моделирование метода автоматического регулирования реактивной мощности с использованием нечеткой логики.....	106-111
Рахманкулов А.А., Хайдаров Т.З., Махманов Э.Б. Очистка и изъятие углеродных нанотрубок из углеродного материала.....	112-116
Худаяров М.Б., Абдухалимов Ж.А., Сайимов Д.Э., Каримов К.Ш. Обзор исследований по оценке и анализу влияния показателей качества электрической энергии на потери электроэнергии в низковольтных электрических сетях.....	117-124
Сафаров Х.С.С., Маматкулов А.Н. Современные направления численной оптимизации систем автоматический регулирования возбуждения синхронных генераторов.....	125-130
Давлонов Х., Исмоилов Ш. Комбинированная технология опреснения воды на основе теплового насоса.....	131-140
Норбоев А.Э., Имомназаров А.Б., Ибрагимов И.И. Использование матриц при совершенствовании алгоритмов оптимизации электроэнергии в условиях неопределенности исходных данных.....	141-148
Пирматов Н.Б., Бекишев А.Э., Курбанов Н.А., Имомназаров А.Б. Математическое моделирование режимов работы энергетической установки на основе альтернативных гибридных источников энергии и анализ проблем оптимизации распределения мощности.....	149-156
Узаков Г.Н., Эргашев Ш.Х., Фатиллоев С.З. Теплотехнический расчет утилизации тепла в системе теплопровод – биомасса – почва.....	157-166
Гураев А.Ф., Паизуллаханов М.С., Шаропов У.Б., Шарипов М. Рентгенофлуоресцентный анализ сплавов кобальт-феррита, синтезированных с различным стехиометрическим составом.....	167-173
Узбоев М.Д., Давлонов Х.А., Тошмаматов Б.М. Анализ технологии приготовления водоугольного топлива и методов ее совершенствования.....	174-179
Эсанов Т.Б. Математический анализ оптимизации энергетических потоков на зарядных станциях электротранспортных средств.....	180-186
Гайбов Т.Ш., Файзиев М.М., Зайниева О.Э., Муродов Б.Х. Определение оптимальных мест установки аккумуляторных батарей в системах электроэнергетики.....	187-193
Юнусов Б.Х., Мамадиев Б.Р. Повышение эффективности турбинного конденсатора с использованием смешивающего охлаждения и дополнительного эжектора.....	194-198
Юсупалиев Р.М., Джуманов Ш., Мусашайхова Н.А., Раджабов Э. необходимость очистки дымовых газов от оксидов серы на угольных ТЭЦ.....	199-203
Бободжанов М.К., Мустаев Р.А., Маткаримов С.К. Повышение показателей качества электроэнергии в сетях, интегрированных с фотоэлектрическими станциями.....	204-210
Эшмуродов З.О., Сайфиев С.Э. Использование солнечной энергии в поливных работ сельского хозяйства	211-219





CONTENT

Abdurakhmanov K.P., Takhirov U. Kh. Apple drying in indirect solar dryer with high efficiency air heater and natural convection.....	9-17
Nosirov M.U., Sobirov Y.B. , Berdiyrov G. Optimizing the effective tilt angle to increase the efficiency of solar panels: on the example of the Parkent distric.....	18-25
Azamov I.R., Khudoberganov M.O. Integrated energy systems with solar collectors and thermal energy storage: design and performance analysis.....	26-32
Gayibov T.Sh., Toshev T.U. Mathematical model of the optimization problem for the composition of elements of a photovoltaic power plant operating in parallel with the electric power system, and the algorithm for its solution.....	33-40
Toshmamatov B.M., Norboev Z.X. Experimental study of the heat regime of a waste reactor with an active solar heating system.....	41-46
Uzakov G.N., Rakhmatov D.T. International with scientific and practical symposium materials science and technology.....	47-55
Mamatkulova S.G., Norboev Z.X. Analysis of the thermal balance of a tubular reactor of a pyrolysis bioenergy plant with a recuperative heat exchanger.....	56-61
Uzakov G.N., Butuzov V.A., Mamedov R.A. Modern analysis of cogeneration energy systems based on renewable energy sources.....	62-78
Urishev B., Kuvatov U., Urishova D. Determination of optimal parameters of instation pressure pipelines of pumping stations.....	79-85
Juraboyev N.I., Akhatov J.S. Thermal performance simulation of encapsulated pcm for latent heat storage applications.....	86-92
Mugutskiy I.E., Nimatov S.J., Hafizov X.I. Fault detection in electrical installations by unmanned aerial systems using multimodal data.....	93-99
Sa'dullaev A.B., Nabieva I.I., Bobakulov Z.A. Features of energy saving and efficiency of electric lighting networks.....	100-105
Rakhmonov I.U., Nimatov K.B. Modeling the method of automatic reactive power control using fuzzy logic.....	106-111
Rakhmankulov A.A., Khaydarov T.Z., Makhmanov E.B. Cleaning and separation of carbon nanotubes from carbon material.....	112-116
Khudayarov M.B., Abdukhalimov J.A., Sayimov D.E., Karimov K.Sh. A review of studies on the evaluation and analysis of the impact of power quality indicators on energy losses in low-voltage electrical networks...	117-124
Safarov Kh., S., Mamatkulov A.N. Modern trends in numerical optimization of automatic excitation control systems for synchronous generators.....	125-130
Davlonov Kh.A., Ismoilov Sh.G. Combined water desalination technology based on a heat pump.....	131-140
Norboyev A.E., Imomnazarov A.B., Ibragimov I.I. Using matrices to improve energy optimization algorithms under conditions of initial data uncertainty.....	141-148
Pirmatov N.B., Bekishev A.E., Kurbanov N.A., Imomnazarov A.B. Mathematical modeling of operating modes of a power plant based on alternative hybrid energy sources and analysis of power distribution optimization problems.....	149-156
Uzakov G.N., Ergashev Sh.H., Fatilloev S.Z. Thermal engineering analysis of heat utilization in the heat pipe – biomass–soil system.....	157-166
Turaev A.F., Paizullakhanov M.S., Sharopov U.B., Sharipov M. X-Ray fluorescence analysis of cobalt ferrite alloys synthesized with different stoichiometric compositions.....	167-173
Uzboev M.D., Davlonov Kh.A., Toshmamatov B.M., Analysis of the technology for the preparation of coal–water fuel and methods for its improvement.....	174-179
Esanov T.B. Mathematical analysis of energy flow optimization in electric vehicle charging stations.....	180-186
Gayibov T.Sh., Fayziev M.M., Zaynieva O.E., Murodov B.X. Determination of optimal locations for installation of battery accumulators in electric power systems.....	187-193
Yunusov B.Kh., Mamadiyev B.R. Improving turbine condenser efficiency through mixed cooling and additional ejector systems.....	194-198
Yusupaliev R.M., Jumanov Sh., Musashaykhova N.A., Rajabov E. The need to clean the flue gases from sulfur oxides in coal-burned thermal power stations.....	199-203
Bobojanov M.K., Mustaev R.K., Matkarimov S.K. Improving power quality indicators in networks integrated with photovoltaic power stations.....	204-210
Eshmurodov Z.O., Sayfiyev S.E. The use of solar energy in irrigation agriculture.....	211-219





УО‘К 621.311.1

ELEKTR ENERGETIKA TIZIMI BILAN PARALLEL ISHLOVCHI QUYOSH FOTOELEKTR STANSIYASI ELEMENTLARINING TARKIBINI OPTIMALLASHTIRISH MASALASINING MATEMATIK MODEL VA UNI YECHISH ALGORITMI

Gayibov Tulkin Shernazarovich¹-t.f.d., professor,

<https://orcid.org/0000-0003-3619-2844> e-mail: tulgayibov@gmail.com

Toshev Tajiddin Ungboevich²-dotsent.

<https://orcid.org/0000-0001-9260-5151> e-mail: tojiddin20.02.85@gmail.com

¹Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent sh., O‘zbekiston

²Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O‘zbekiston,

Annotatsiya: Kirish. Hozirgi inson faoliyatining barcha sohalarida elektr iste'molining yuqori suratlarda oshib borishi, uglevodorod yoqilg'isi zaxirasining cheklanganligi, shuningdek, energetikaning ekologik muammolarini dolzarbligi sharoiti qayta tiklanuvchan energiya resurslari, birinchi navbatda, quyosh energiyasida ishlovchi elektr stansiyalarini qurish va ishlatishni yanada samarali usullarini ishlab chiqish va joriy etishni talab etadi.

Materiallar va usullar. Bunday turdagi energiya resurslari asosida ishlovchi elektr stansiyalariga ega bo'lgan elektr energetika tizimi bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr tizimlarni loyihalashtirish, jumladan, asosiy jihozlarning optimal tarkibini tanlashni ko'zda tutadi. Hozirgi davrda ushbu masalani yechishning bir qator usullari mavjud bo'lishiga qaramasdan, ularni barcha cheklovchi va ta'sir etuvchi faktorlarni e'tiborga olish, optimallashtirishning aniqligini oshirish orqali takomillashtirish dolzarb masala hisoblanadi.

Natijalar. Ushbu ishda tarkibida quyosh stansiyalari hamda akkumulyator batareyalari mavjud bo'lgan tizimlarda jihozlarning optimal tarkibini barcha faktorlarni e'tiborga olib tanlash masalasining samarali matematik modeli va uni yechish algoritmi taklif etilgan. Taklif etilgan model va optimallashtirish algoritmining samaradorligini tadqiqi natijalari keltirilgan.

Xulosa. Amalga oshirilgan hisoblash tajribalarining natijalari asosida tizimda jihozlarning optimal tarkibini tanlashning taklif etilgan model va algoritmi yaxshi hisoblash sifatleri va yuqori hisoblash aniqligiga ega ekanligi aniqlangan.

Kalit so'zlar: optimallashtirish, matematik model, algoritmi, elektr energetika tizimi bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr tizim, fotoelektr stansiyasi, quyosh moduli, kapital xarajat, ishlatish xarajatlari.

Дата поступления: 16.06.2025. После обработки: 10.08.2025 Принято печать: 24.09.2025

For citation: Gayibov T.Sh., Toshev T.U. Mathematical model of the optimization problem for the composition of elements of a photovoltaic power plant operating in parallel with the electric power system, and the algorithm for its solution. Alternative energy. 2025. 3(19). pp. 33-40.

УДК 621.311.1

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ЭЛЕМЕНТОВ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ, РАБОТАЮЩЕЙ ПАРАЛЛЕЛЬНО С ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ И АЛГОРИТМ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Гайибов Тулкин Шерназарович¹-д.т.н., проф.,

<https://orcid.org/0000-0003-3619-2844> e-mail: tulgayibov@gmail.com

Тошев Тажиддин Унгбоевич²-доц.

<https://orcid.org/0000-0001-9260-5151> e-mail: tojiddin20.02.85@gmail.com





¹Ташкентский государственный технический университет, г.Ташкент, Узбекистан

²Карши государственный технический университет, Карши, Узбекистан

Введение. В современных условиях стремительного роста потребления электроэнергии во всех сферах человеческой деятельности, ограниченности запасов углеводородного топлива, а также актуальности экологических проблем энергетике возникает необходимость разработки и внедрения более эффективных методов строительства и эксплуатации электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии, в первую очередь на солнечной энергии.

Материалы и методы. Проектирование солнечных фотоэлектрических систем, работающих параллельно с электроэнергетической системой, имеющей электростанцию на основе таких видов энергетических ресурсов, предполагает выбор оптимального состава основных установок. Несмотря на существование ряда методов решения данной задачи, ее совершенствование за счет учета всех ограничивающих и влияющих факторов, а также повышения точности оптимизации остаётся актуальной проблемой.

Результаты. В работе предложена эффективная математическая модель и алгоритм ее решения для задачи выбора оптимального состава оборудования в системах, включающих солнечные электростанции и аккумуляторные батареи, с учетом всех факторов. Приведены результаты исследования эффективности предложенной модели и алгоритма оптимизации.

Заключение. На основе результатов проведенных вычислительных экспериментов установлено, что предложенные модель и алгоритм выбора оптимального состава оборудования в системе обладают хорошими вычислительными характеристиками и высокой точностью расчетов.

Ключевые слова: оптимизация, математическая модель, алгоритм, фотоэлектрическая система, работающая параллельно с электрической энергосистемой, фотоэлектрическая станция, солнечный модуль, капитальные затраты, эксплуатационные расходы.

UDC 621.311.1

MATHEMATICAL MODEL OF THE OPTIMIZATION PROBLEM FOR THE COMPOSITION OF ELEMENTS OF A PHOTOVOLTAIC POWER PLANT OPERATING IN PARALLEL WITH THE ELECTRIC POWER SYSTEM, AND THE ALGORITHM FOR ITS SOLUTION

Gayibov Tulkin Shernazarovich¹-DSc, Professor,

<https://orcid.org/0000-0003-3619-2844> e-mail: tulgayibov@gmail.com

Toshev Tajiddin Ungboevich²-docent.

<https://orcid.org/0000-0001-9260-5151> e-mail: tojiddin20.02.85@gmail.com

¹Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

²Karshi State Technical University, Karshi, Uzbekistan

Introduction. The rapid increase in electricity consumption across all areas of human activity, the limited reserves of hydrocarbon fuels, and the relevance of environmental issues in the energy sector necessitate the development and implementation of more efficient methods for constructing and operating power plants based on renewable energy sources, primarily solar energy.

Materials and Methods. The design of solar photovoltaic systems operating in parallel with an electric power system that includes power plants based on such energy resources requires the selection of an optimal configuration of key equipment. Although several methods exist for solving





this problem, its improvement by taking into account all limiting and influencing factors and by increasing the accuracy of optimization remains an urgent task.

Results. This study proposes an effective mathematical model and solution algorithm for selecting the optimal equipment configuration in systems that include solar power plants and battery storage, considering all factors. The results of the investigation into the effectiveness of the proposed model and optimization algorithm are presented.

Conclusion. Based on the results of computational experiments, it has been established that the proposed model and algorithm for selecting the optimal equipment configuration in the system demonstrate good computational performance and high calculation accuracy.

Keywords: optimization, mathematical model, algorithm, photovoltaic system operating in parallel with the electric power grid, photovoltaic plant, solar module, capital costs, operational expenses.

Kirish

Hozirgi davrda butun Jahonda, shu jumladan, O'zbekiston Respublikasida fotoelektr stansiyalarini rivojlantirish va elektr energetika tizimi (EET)ga joriy etish bo'yicha ishlar yuqori suratlarda olib borilmoqda. Bunday tadbirlarning muhimligi, birinchi navbatda, elektr energiya iste'molchilarining zaxirasi yuqori suratlarda kamayib borayotgan uglevodorod yoqilg'isiga bog'liqlik darajasini kamaytirish hamda tobora muhim tus olayotgan ekologik muammolarni hal etish zarurligi bilan bog'liq. EETga elektr energiyaning bunday manbalarini joriy etish ularni loyihalash va taraqqiy ettirishning mos progressiv usullarini yaratish va foydalanishni talab etadi.

Fotoelektr stansiyalarni loyihalashda hal etiluvchi asosiy masalalardan biri ularning elementlarini optimal tarkibini tanlash hisoblanadi. Bunday masalani yechish natijasida quyosh panellari, akkumulyator batareyalari va boshqa boshqarish, qayd etish, bog'lash kabi vazifalarni bajaruvchi jihozlarni tiplari va sonlari aniqlanadi. Hozirgi davrda har xil ishlab chiqaruvchilar tomonidan bunday jihozlarning, umumiy holatda, xususiy parametrlari, sifati, ishonchliliga va iqtisodiy ko'rsatkichlari, me'yoriy xizmat ko'rsatish davri kabilar bilan farq qiluvchi turli tiplari yaratilib, taklif etilmoqda. Bunday sharoitlarda elementlarning tarkibini sarflanuvchi umumiy kapital xarajatlar yoki ishlatish davrining bir kuni bo'yicha ma'lumotlar asosida tanlash optimal natijani bermasligi mumkin. Shu sababi ushbu masalani hal etish tizimning bir (yoki bir necha) yil yoki yilning turli davrlaridagi xarakterli kunlar bo'yicha ma'lumotlardan foydalanish asosida amalga oshirilishi zarur.

Hozirgi davrda ko'rilayotgan tipdagi masalani matematik modellashtirish va uni yechish algoritmi bo'yicha bir qator ishlanmalar mavjud [1-11]. Bu ishlar, shubhasiz, ushbu masalani yechishning nazariyasi va usullarini taraqqiy ettirishda katta hissa qo'shishgan. Shu bilan bir qatorda bu model va algoritmlardan ushbu ishda ko'rilayotgan masalalarni hal etishda bevosita foydalanilish muayyan qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.

[1] da qayta tiklanuvchan energiya manbalari asosidagi gibridd energetik tizimlarning konfiguratsiyasini optimallashtirish masalalari ko'rib o'tilgan. Unda ko'rilayotgan masalaga oid adabiyotlarning sharhi keltirilib, qayta tiklanuvchan energiya manbalari asosidagi stansiyalarni integratsiyalash bo'yicha xarakterli sxemalar, masalani modellashtirish va uni yechish bo'yicha asosiy yondashuvlar qayd etilgan. [2] da esa Nigeriyaning qishloq hududlarida joylashgan uchta sog'liqni saqlash klinikalarini elektr energiyasi bilan ta'minlash bo'yicha quyosh, shamol va dizel stansiyalaridan tashkil topuvchi avtonom gibridd energetik tizim konfiguratsiyasini baholash natijalari berilgan. Saudiya Arabistonining muayyan tumanida quyosh, shamol, dizel stansiyalari va akkumulyator batareyasidan tashkil topgan tizimda optimal konfiguratsiyani tanlash bo'yicha shu kabi ish natijalari [3] da keltirilgan. Biroq, ushbu ishlarda konkret matematik modellar va optimallashtirish algoritmlari keltirilmagan. [4] da shamol va vodorod qurilmalari asosidagi avtonom gibridd EETning optimal konfiguratsiyasini aniqlash masalasi ko'rib chiqilgan. Shamol, akkumulyator va vodorod qurilmalarining modellari berilgan. Ikkita tizim uchun genetik va zarrachalar galasi (Particle swarm optimization) algoritmlari yordamida optimallashtirish natijalari keltirilgan. Biroq unda quyosh fotoelektr stansiyasining optimal konfiguratsiyasini tanlash masalasi ko'rilgan. Ishlanma [5] akkumulyator batareyasiga ega bo'lgan quyosh-shamol qurilmasining

optimal konfiguratsiyasini aniqlash masalalariga bag'ishlangan. Unda foydalanilgan matematik model va masalani ikkita sun'iy intellekt usullari – genetik va zarrachalar galasi algoritmlari yordamida yechish natijalarini solishtirish asosida, ulardan birinchisi samarali algoritm sifatida belgilangan. Ushbu ishda optimallashtiriluvchi parametrlar bo'lib qurilmalarning quvvatlari sanaladi. Shu sababli bu model va algoritmlarni ushbu maqolada ko'rilayotgan masalani yechishda bevosita foydalanish mumkin emas. [6] da yagona EETga ulangan quyosh va shamol qurilmalari asosidagi tizimning optimal o'lchamlarini tanlash masalasini matematik modeli va uni yechish algoritmi keltirilgan. Biroq bu model va algoritmdan qayta tiklanuvchan energiya manbalariga ega bo'lgan avtonom tizimlarning elementlarini tanlashda foydalanish mumkin emas. [7] da akkumulyator batareyasiga ega bo'lgan shamol qurilmasining ish rejimlarini optimal rejalashtirish natijalari berilgan bo'lib, unda foydalanilgan matematik model va hisoblash algoritmi yetarli tarzda bayon etilmagan.

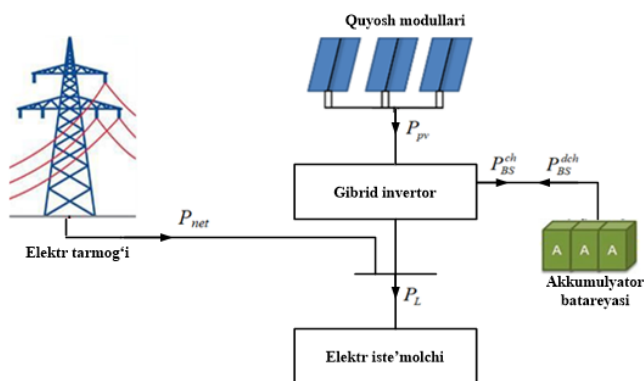
Ko'rilayotgan masalani samarali yechish bo'yicha muhim natijalar [8] da keltirilgan. Unda quyosh, shamol stansiyalari va akkumulyator batareyasidan iborat bo'lgan avtonom energetika tizimi elementlarining optimal konfiguratsiyasini tanlash masalasining matematik modeli va uni yechish algoritmi taklif etilgan. U masalani ikkita bosqichda yechishni ko'zda tutadi. Birinchi bosqichda tizim elementlarining turli konfiguratsiyalari tanlanadi. Bu yerda maqsad funksiyasi sifatida elektr ta'minoti ishonchligining buzilish ehtimolligi funksiyasi qabul qilingan. Ikkinchi bosqichda esa, elektr ta'minotining ishonchligi bo'yicha chegaraviy shartni e'tiborga olgan holda optimal konfiguratsiya tanlanadi. Ushbu model va algoritmning boshqa mavjud usullardagiga nisbatan samarali ekanligiga qaramasdan uni hisoblashlarni bitta bosqichga keltirish orqali takomillashtirish maqsadga muvofiqdir.

Yuqoridagi holatlarni e'tiborga olib, hozirgi qayta tiklanuvchan energiya manbalari bazasidagi stansiyalar, akkumulyator batareyalari va boshqa – boshqarish, qayd etish, bog'lash qurilmalarining yuqori suratlardagi taraqqiyoti hamda ularning xarakteristikalarini mos tarzda o'zgarishi sharoitida ularning tarkibini optimallashtirish samarali usullarini ishlab chiqish hamda mavjud model va algoritmlarni yanada takomillashtirish muhim masalalardan biri hisoblanadi. Ushbu ishda elektr energetika tizimi bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr stansiyasi va akkumulyator batareyalarini o'z ichiga oluvchi tizim elementlarining optimal konfiguratsiyasini tanlash masalasining samarali matematik modeli va uni yechish algoritmi taklif etilgan.

Usullar va materiallar

Masalani matematik modellashtirish

Elektr energetika tizimi (EET) bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr stansiyasini loyihalashtirishda uni tashkil etuvchi elementlar (jihazlar) tarkibini optimallashtirish masalasi matematik jihatdan [15] ko'rib o'tilgan avtonom tarzda ishlovchi quyosh fotoelektr stansiyasi jihozlarning tarkibini optimallashtirish masalasidan keskin farq qiladi. Masala quyosh fotoelektr stansiyasidagi jihozlarning optimal tarkibini ular bilan bog'liq xarajatlar hamda EETdan olinuvchi elektr energiyani qoplash xarajatlarining yig'indisi minimal bo'lish shartidan kelib chiqib aniqlashdan iborat. EET bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr tizimining prinsipial sxemasi 1-rasmda tasvirlangan.



1-rasm. Elektr energetika tizimi bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr tizimining prinsipial sxemasi.

Fig. 1. Schematic diagram of a solar photovoltaic system operating in parallel with the electric power system.



Ushbu holatda, yuqoridagi holatlardan farqli ravishda, maqsad funksiyasi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$3 = 3_{pv} + 3_{BS} + 3_{inv} + 3_{wr} + 3_{ee} = (1 + k_{pv.O\&M}) \cdot c_{pv1} \cdot n_{pv} + (c_{BS1} + c_{BS1.rep.}) \cdot n_{BS} + (1 + k_{inv.O\&M}) \cdot c_{inv1} \cdot n_{inv} + 3_{wr} + \sum_{t=1}^T c_{ee}^{(t)} \cdot P_{net}^{(t)} \rightarrow \min \quad (1)$$

bu yerda 3_{ee} – meyorlangan xizmat ko‘rsatish davri davomida elektr tarmog‘idan olinuvchi elektr energiyasining umumiy narxi; $c_{ee}^{(t)}$, $P_{net}^{(t)}$ - ko‘rilayotgan davrning t - vaqt intervalida tarmoqdan olinuvchi elektr energiyasining solishtirma narxi va quvvati.

Quyosh fotoelektr stansiyasi elektr tarmog‘i bilan parallel ishlagan holat uchun jihozlarning tarkibini optimallashtirish masalasida har bir vaqt intervali uchun aktiv quvvat balansini hisobga oluvchi tenglik ko‘rinishidagi chegaraviy shart quyidagicha ifodalanadi:

$$\eta_{inv} \cdot P_{pv}^{(t)} + \eta_{inv} \cdot P_{BS}^{dch(t)} + P_{net}^{(t)} = P_L^{(t)} + \eta_{inv} \cdot P_{BS}^{ch(t)}, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (2)$$

Ushbu holatda hosil bo‘luvchi matematik modelga muvofiq optimallashtirish masalasini yechishda optimallashtiriluvchi (rostlanuvchan) parametrlar bo‘lib ketma-ket ulangan quyosh modullari va akkumulyator batareyalaridan tashkil topgan parallel ulanuvchi shoxobchalar sonlari $n_{pv.par}$ va $n_{BS.par}$, har bir vaqt intervalida akkumulyator batareyasining optimal zaryadlanish va razryadlanish quvvatlari $P_{BS}^{ch(t)}$, $P_{BS}^{dch(t)}$, $t = 1, 2, \dots, T$, har bir vaqt intervalida tarmoqdan olinuvchi quvvatlar $P_{net}^{(t)}$, $t = 1, 2, \dots, T$ hisoblanadi. Ular asosida bog‘liq bo‘lgan parametrlar – quyosh modullari va akkumulyator batareyalarining umumiy soni n_{pv} va n_{BS} , parallel ulanuvchi inverterlar soni n_{inv} , jihozlarning har bir turi uchun boshlang‘ich kapital va ishlatish xarajatlari, elektr tarmog‘idan olinuvchi elektr energiyasining umumiy narxi hamda qabul qilingan meyoriy xizmat ko‘rsatish davriga to‘g‘ri keluvchi keltirilgan xarajatlar 3 hisoblanadi.

Hosil bo‘luvchi matematik modeldan foydalanish asosidagi hisoblash algoritmiga muvofiq jarayon quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

- quyosh modullari, inverterlar va akkumulyator batareyalarining xar xil mumkin bo‘lgan tiplari va ularning o‘zaro moslashgan majmualarini tanlash;
- hosil qilingan majmualardan birini tanlash va unga muvofiq tanlangan tipdagi invertorga kirish kuchlanishi $U_{inv.in.}$, bitta quyosh modulining salt ishlash kuchlanishi $U_{pv.oc}$, bitta akkumulyatorning kuchlanishi U_{BS} hamda quyosh modullari va akkumulyator batareyasining bittadan shoxobchasida ketma-ket ulanuvchi modullar va akkumulyatorlar sonini aniqlash;
- maqsad funksiyasi (1) dagi noma’lumlarining koeffitsiyentlarini hisoblash;
- (2) hamda boshqa tenglik va tengsizlik ko‘rinishidagi chegaraviy shartlarda noma’lumlarining koeffitsiyentlarini hisoblash;
- hosil bo‘lgan masalani chiziqli dasturlash usullari yordamda yechish orqali quyosh panellari va akkumulyator batareyasi sxemasida parallel ulanuvchi modulli va akkumulyatorli

shoxobchalar sonlari $n_{pv.par}$, $n_{BS.par}$, akkumulyator batareyasining har bir vaqt intervalidagi zaryadlanish va razryadlanish quvvatlari $P_{BS}^{ch(t)}$, $P_{BS}^{dch(t)}$, $t = 1, 2, \dots, T$ hamda har bir vaqt intervalida tarmoqdan olinuvchi quvvatlar $P_{net}^{(t)}$, $t = 1, 2, \dots, T$ ni aniqlash;

- quyosh modullari va batareyadagi akkumulyatorlarning umumiy sonlari n_{pv} va n_{BS} , parallel ulanuvchi inverterlar soni n_{inv} , jihozlarning har bir turi uchun boshlang‘ich kapital va ishlatish xarajatlari, elektr tarmog‘idan olinuvchi elektr energiyasining umumiy narxi 3 hamda qabul qilingan me’yoriy xizmat ko‘rsatish davriga to‘g‘ri keluvchi keltirilgan xarajatlar 3 ni hisoblash;

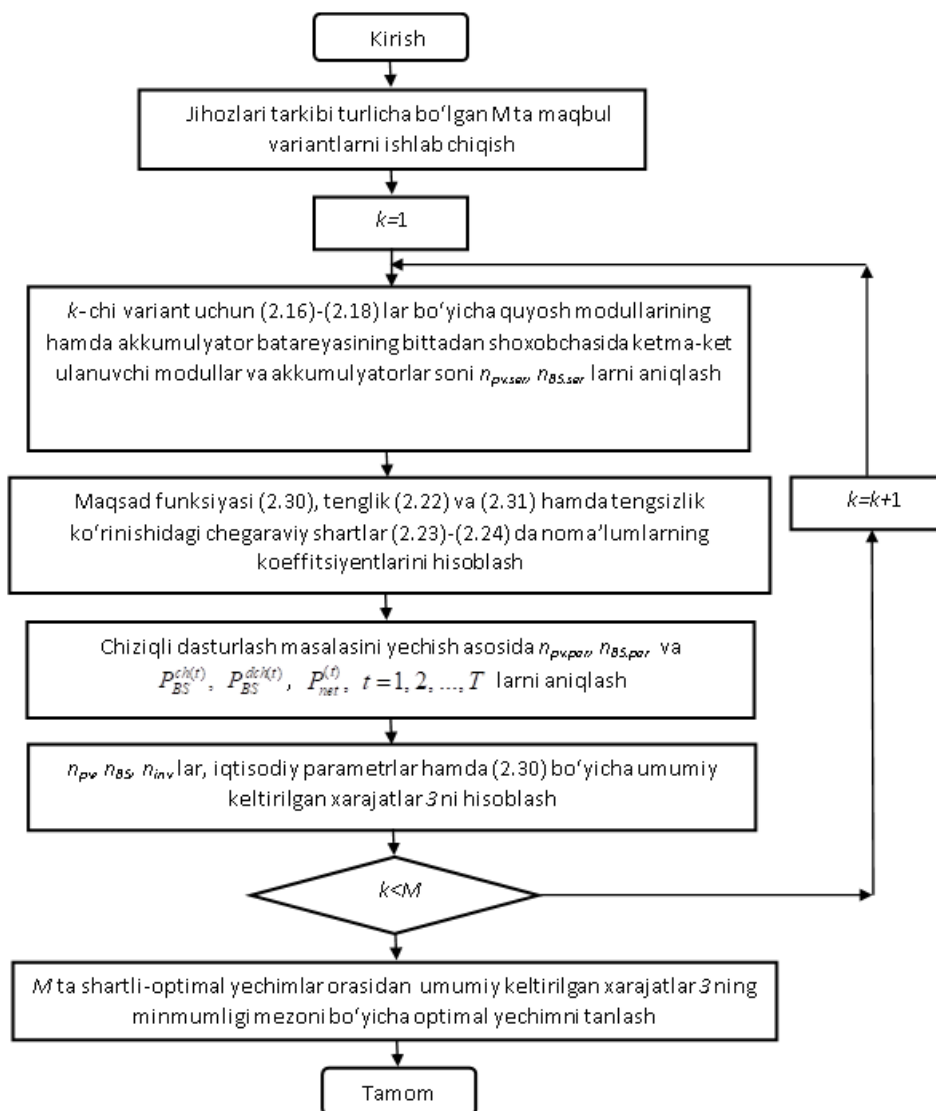
- qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan jihozlar tiplarining 1- punktda ishlab chiqilgan majmualarining barchasi ko‘rib chiqilganligini tekshirish va bu shart bajarilmagan taqdirda 1-punktga o‘tib, navbatdagi tanlangan majmua uchun hisoblashlarni takrorlash;

- tanlangan barcha majmualar bo‘yicha olingan natijalar asosida 3 ning minimalligi sharti bo‘yicha optimal tarkibli majmuani tanlash.

Optimallashtirish algoritmi

Ushbu algoritmnining yiriklashtirilgan blok sxemasi 2- rasmda tasvirlangan.

Algoritmdan foydalanish asosida optimallashtirishda sutkalik yuklama va quyosh radiatsiyasining solishtirma quvvati grafiklariga mos holda turli xil yechimlar hosil bo‘ladi. Shu sababli, keltirilgan me‘yoriy ishlatish davri uchun yagona optimal yechimni hosil qilish yilning har bir mavsumini xarakterli sutkalari uchun ushbu algoritm bo‘yicha optimallashtirish natijalaridan foydalanish asosida amalga oshiriladi. Bunda avvalo, yilning har bir mavsumi i ni xarakterli sutkalari uchun yuklama va quyosh radiatsiyasining solishtirma quvvat grafiklari bo‘yicha jihozlarning optimal tarkibini tanlash masalalarini yechish orqali 4 ta shartli-optimal yechimlar hamda ularga mos me‘yoriy ishlatish davriga keltirilgan umumiy xarajatlar $3_{0,i}$, ya‘ni $3_{0,qish}$, $3_{0,bahor}$, $3_{0,yoz}$, $3_{0,kuz}$ lar hosil qilinadi. Yakuniy optimal yechimni aniqlash ular orasidan eng optimalini tanlashdan iborat bo‘ladi.



2-rasm. Elektr energetika tizimi bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr tizimi jihozlarning tarkibini optimallashtirish algoritmining yiriklashtirilgan blok-sxemasi.

Fig. 2. Generalized block diagram of the optimization algorithm for the composition of equipment in a solar photovoltaic system operating in parallel with the electric power system.

Muhokama

Buning uchun har bir i mavsum uchun hosil bo‘lgan optimal yechimlarda, ya‘ni jihozlarning optimal tarkibida, alohida boshqa j mavsumlarning xarakterli sutkalari yuklama grafiklarini optimal qoplash masalalari yechiladi. Natijada mos mavsumlarda elektr tarmog‘idan olinuvchi qo‘shimcha elektr energiyasi miqdorlari w_{ij} va ularning narxlarini $3_{ee,ij}$ aniqlanadi. Hosil bo‘lgan qo‘shimcha elektr



energiya sarfining narxlarini $Z_{ee,ij}$ lar bo'yicha mos matritsa shakllantiriladi. So'ngra har bir mavsum uchun mos $Z_{0,i}$, ya'ni $Z_{0,qish}$, $Z_{0,bahor}$, $Z_{0,yoz}$, $Z_{0,kuz}$ larga matritsaning mos qatorlaridagi qo'shimcha elektr energiyasi iste'moli bilan bog'liq xarajatlar $Z_{ee,ij}$ ni qo'shish asosida har bir mavsum uchun keltirilgan umumiy xarajatlar Z_i lar, ya'ni Z_{qish} , Z_{bahor} , Z_{yoz} , Z_{kuz} lar aniqlanadi:

$$Z_i = Z_{0,i} + \sum_j Z_{ee,ij}, \quad i=qish, bahor, yoz, kuz; \quad j=qish, bahor, yoz, kuz. \quad (3)$$

Alohida mavsumlar uchun hosil bo'lgan keltirilgan umumiy xarajatlarning eng kichigiga mos keluvchi shartli optimal yechim masalaning yakuniy (absolyut) optimal yechimi sifatida qabul qilinadi. [12-15] da taklif etilgan matematik modellar va ular asosida optimallashtirish algoritmlari samarali foydalanish mumkin.

Xulosalar

Elektr energetika tizimi bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr stansiyalari elementlarining optimal tarkibini tanlash bo'yicha olib borilgan tadqiqot ishi bo'yicha quyidagi xulosalar qilindi.

Elektr energetika tizimi bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr stansiyasi jihozlarining tarkibini optimallashtirish masalasining matematik modeli ishlab chiqildi.

Elektr energetika tizimi bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr stansiyasi jihozlarining optimal tarkibini tanlashning alohida mavsumlarning xarakterli sutkalaridagi yuklama va quyosh radiatsiyasining solishtirma quvvat grafiklaridan foydalanish orqali aniqlangan shartli-optimal tarkiblarni boshqa mavsumlarning xarakterli sutkalari yuklama grafiklarini qoplash orqali solishtirishga asoslangan algoritmi taklif etildi.

Taklif etilgan matematik model va optimallashtirish algoritmi elektr energetika tizimi bilan parallel ishlovchi quyosh fotoelektr stansiyalarni loyihalashda ularning elementlarini optimal tarkibini tanlashda samarali foydalanilishi mumkin.

Adabiyotlar ro'yxati

- [1]. Zhang, Junli & Wei, Huashuai. (2022). A review on configuration optimization of hybrid energy system based on renewable energy. *Frontiers in Energy Research*. 10. 10.3389/fenrg.2022.977925.
- [2]. Lanre Olatomiwa. Optimal configuration assessments of hybrid renewable power supply for rural healthcare facilities. *Energy Reports*, Volume 2, 2016. Pages 141-146. ISSN 2352-4847. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2016.06.001>.
- [3]. Mas'ud A.A., Al-Garni H.Z. Optimum Configuration of a Renewable Energy System Using Multi-Year Parameters and Advanced Battery Storage Modules: A Case Study in Northern Saudi Arabia. *Sustainability*. 2021; 13(9):5123. <https://doi.org/10.3390/su13095123>.
- [4]. Wang, Zekun & Jia, Yan & Yang, Yingjian & Cai, Chang & Chen, Yinpeng. (2021). Optimal Configuration of an Off-Grid Hybrid Wind-Hydrogen Energy System: Comparison of Two Systems. *Energy Engineering*. 118. 1641-1658. 10.32604/EE.2021.017464.
- [5]. SUN, Qian et al. Optimal Configuration of Standalone Wind-Solar-Storage Complementary Generation System Based on the GA-PSO Algorithm. *Journal of Power Technologies*, [S.l.], v. 99, n. 4, p. 231-236, dec. 2019. ISSN 2083-4195.
- [6]. Ghayoor, Farzad; Swanson, Andrew G.; Sibanda, Hudson. Optimal sizing for a grid-connected hybrid renewable energy system: A case study of the residential sector in Durban, South Africa. *J. energy South. Afr.*, Cape Town, v. 32, n. 4, p. 11-27, Nov. 2021.
- [7]. Jing Yuan Liu, Xu Yang, Jin Gang Guo, Da Wang, Hai Zhao, Yue Lan, "Double-Layer Optimal Configuration Method of Hybrid Energy Storage System Based on Chaotic Ant Colony Algorithm", *Advances in Multimedia*, vol. 2022, Article ID 6993143, 10 pages, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6993143>.
- [8]. Freire-Gormaly, M., & Bilton, AM. "Optimization of Renewable Energy Power Systems for Remote Communities." *Proceedings of the ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. Volume 2A: 41st Design Automation Conference. Boston, Massachusetts, USA. August 2-5, 2015. V02AT03A030. ASME. <https://doi.org/10.1115/DETC2015-47509>



- [9]. Tristar, “TriStar MPPT Maximum Power Point Tracker,” 2014.
- [10]. Christoph Kost, Shivenes Shammugam, Verena Fluri, Dominik Peper, Aschkhan Davoodi Memar, Thomas Schelegl. “Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies,” 2021.
- [11]. Christoph Kost, Shivenes Shammugam, Verena Julch, Huyen-Tran Nguyen, Thomas Schelegl. “Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies,” 2018.
- [12]. Гайи́бов Т. Выбор оптимальных параметров солнечных фотоэлектрических станций и аккумуляторов в распределительных электрических сетях./ Сборник материалов международной онлайн конференции «Тенденции развития современной физики полупроводников: проблемы, достижения и перспективы». НИИ Физика полупроводников и микроэлектроники при Национальном университете Узбекистан. 2020. С. 237-242. www.e-science.uz.
- [13]. Gayibov T.Sh., Fayziyev M.M., Toshev T.U. Tarkibida qayta tiklanuvchan energiya manbalarida ishlovchi elektr stansiyalari mavjud bo'lgan elektr energetika tizimlarining rejimlarini optimallashtirish. Innovatsion texnologiyalar jurnali. 2022. Maxsus son. 26-29 b.
- [14]. Tulkin Gayibov and Elnur Abdullaev. Optimization of daily operation mode of photovoltaic systems of enterprises. E3S Web of Conferences 264, 04063 (2021). CONMECHYDRO – 2021.
- [15]. Gayibov T.Sh., Toshev T.U. Quyosh fotoelektr stansiyalari elementlarining optimal tarkibini tanlash masalasining matematik modeli va uni yechish algoritmi. Innovatsion texnologiyalar jurnali. 2023. 2-son. 13-21 b.

