ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -11

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 11

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

АВТОНОМ ГИБРИД ТАЪМИНОТ ТИЗИМЛАРИНИНГ ҲОЗИРГИ ҲОЛАТИ ВА ИЛМИЙ МУАММОЛАРИ

Бекишев Аллаберген Ергашевич
Тошкент давлат техника университети, "Електр машиналари ва юритмалари муҳандислиги" кафедраси доцени.Пҳд.,
E-mail: allabergenbekisev@gmail.com,
https://orcid.org/0000-0003-3019-2050
Саимбетов Зинатдин Жалгасбаевич
Қорақалпоқ давлат университети доценти
E-mail: sayimbetovzinatdin@gmail.com
Зайниева Олияхон Егамбердиевна
Иқтисод фанлар номзоди, доцент
ORCID 0000-0002-6631-506X
E-mail: o.e.zayniyeva@gmail.com
Курбонов Нажмиддин Абдухамидович
Қарши давлат техника университети "Електр таъминоти ва интеллектуал енергетик тизимлар" кафедраси доцени. PhD
E- mail: Elmeh1212@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-4152-4006
Имомназаров Азизбек Ботирович
Қарши давлат техника университети в.b. доценти,
E-mail: iazizbekbek1989@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-6689-9870
Акбаров Шахзод Сайдали ўғли
Қарши давлат техника университети магистранти
E- mail: shaxzodakbarov19@gmail.com
Шарапов Феруз Фурқат ўғли
Қарши давлат техника университети магистранти
E- mail: feruzjansharapov@gmail.com

Аннотация. Мақолада автоном гибрид энергия таъминоти тизимларининг ҳозирги ҳолати, уларнинг таркиби, ишлаш тамойиллари ва замонавий ривожланиш тенденциялари таҳлил қилинган. Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги гибрид тизимларнинг афзалликлари ва камчиликлари кўриб чиқилган. Шунингдек, энергия сақлаш тизимлари, бошқарув алгоритмлари ва оптималлаштириш усулларига оид илмий муаммолар таҳлил қилинган. Тадқиқот натижалари автоном гибрид энергия тизимларининг самарадорлигини ошириш учун янги бошқарув стратегияларини ишлаб чиқиш зарурлигини кўрсатади.

Калит сўзлар: гибрид энергия тизими, қайта тикланувчи энергия

манбалари, автоном электр таъминоти, энергия сақлаш тизимлари, оптимал бошқарув.

Аннотация. В статье анализируется современное состояние автономных гибридных систем энергоснабжения, их структура, принципы работы и современные тенденции развития. Рассмотрены преимущества и недостатки гибридных систем на основе возобновляемых источников энергии. Также проанализированы научные проблемы, связанные с системами хранения энергии, алгоритмами управления и методами оптимизации. Результаты исследования показывают необходимость разработки новых стратегий управления для повышения эффективности автономных гибридных энергосистем.

Ключевые слова: гибридная энергосистема, возобновляемые источники энергии, автономное электроснабжение, системы хранения энергии, оптимальное управление.

Abstract. The article analyzes the current state of autonomous hybrid power supply systems, their structure, operating principles, and current development trends. The advantages and disadvantages of hybrid systems based on renewable energy sources are considered. Scientific problems related to energy storage systems, control algorithms, and optimization methods were also analyzed. The research results indicate the need to develop new management strategies to improve the efficiency of autonomous hybrid power systems.

Keywords: hybrid power system, renewable energy sources, autonomous power supply, energy storage systems, optimal management.

КИРИШ.

Сўнгги йилларда жаҳон энергетика тизимида қайта тикланувчи энергия манбаларига асосланган электр энергияси ишлаб чиқариш технологияларига бўлган қизиқиш кескин ортиб бормоқда. Бу ҳолат анъанавий ёқилғи ресурсларининг чекланганлиги, энергияга бўлган талабнинг ортиши ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш талаблари билан боғлиқдир [1,2].

Қайта тикланувчи энергия манбаларига асосланган автоном энергетик тизимлар, айниқса электр тармоқларидан узоқ жойлашган ҳудудларда электр энергияси билан таъминлашнинг самарали усули ҳисобланади. Бундай тизимлар одатда бир нечта энергия манбалари ва энергия сақлаш қурилмаларидан ташкил топган гибрид энергетик тизимлар шаклида ишлайди [3].

Автоном гибрид энергия таъминоти тизимлари (АГЭТТ) бир вақтнинг ўзида бир нечта энергия манбаларидан фойдаланиб электр энергияси ишлаб чиқаради ва энергия таъминотининг барқарорлигини таъминлайди. Ушбу

ISSN 3030-3907

тизимлар қуёш энергияси, шамол энергияси, гидроэнергетика ва биомасса каби қайта тикланувчи энергия манбаларини бирлаштириш орқали юқори самарадорликка эришиш имконини беради [4].

МАВЗУГА ОИД АДАБИЁТЛАР ШАРҲИ.

Сўнгги ўн йилликларда жаҳон энергетика тизимида қайта тикланувчи энергия манбаларидан самарали фойдаланиш масаласи муҳим илмий ва амалий аҳамият касб этмоқда. Энергия ресурсларига бўлган талабнинг ортиши, анъанавий ёқилғи манбаларининг чекланганлиги ва экологик муаммоларнинг кучайиши натижасида қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги автоном энергетик тизимлар кенг тадқиқ қилинмоқда [1,2].

Автоном гибрид энергия таъминоти тизимлари бир нечта энергия манбалари, энергия сақлаш қурилмалари ва бошқарув тизимларидан ташкил топган мураккаб энергетик тизим ҳисобланади. Бундай тизимлар, айниқса, электр тармоқларидан узоқ жойлашган ҳудудларда электр энергияси билан таъминлаш учун самарали ечим ҳисобланади [3].

Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги гибрид тизимларнинг асосий турларидан бири қуёш ва шамол энергияси комбинациясидан ташкил топган тизимлар ҳисобланади. Илмий тадқиқотларда кўрсатилишича, қуёш фотоэлектрик станциялари юқори ишончлиликка эга бўлиб, уларда ҳаракатланувчи қисмлар йўқлиги сабабли эксплуатация харажатлари нисбатан кам бўлади [4]. Шу билан бирга, шамол энергетик қурилмалари ҳаво оқимининг кинетик энергиясидан фойдаланиб электр энергияси ишлаб чиқаради ва уларнинг самарадорлиги шамол тезлигига боғлиқ бўлади [5].

Қуёш ва шамол энергия манбаларини биргаликда қўллаш гибрид энергия тизимларининг ишончлилигини оширишга хизмат қилади. Чунки табиий шароитларда қуёш радиацияси ва шамол ресурслари вақт бўйича бир-бирини маълум даражада компенсация қилиши мумкин [6]. Шу сабабли кўплаб илмий тадқиқотларда қуёш-шамол гибрид тизимлари самарали автоном энергия таъминоти ечими сифатида кўриб чиқилмоқда.

Автоном гибрид энергия тизимларининг муҳим элементларидан бири энергия сақлаш тизимлари ҳисобланади. Чунки қайта тикланувчи энергия манбалари табиатан ўзгарувчан ва нобарқарор характерга эга [7]. Энергия сақлаш қурилмалари ортиқча энергияни сақлаш, юклама ўзгаришларини текислаш ва энергия таъминоти барқарорлигини таъминлаш имконини беради.

Ҳозирги вақтда электр энергиясини сақлаш учун турли технологиялар ишлаб чиқилган. Улар қаторига аккумулятор батареялари, суперконденсаторлар, маховик энергия сақлаш тизимлари ва водород

ISSN 3030-3907

энергия сақлаш технологиялари киради [8]. Энг кенг қўлланиладиган энергия сақлаш технологияларидан бири литий-ион аккумуляторлар ҳисобланади. Уларнинг энергия зичлиги юқори, хизмат муддати узоқ ва самарадорлиги юқори бўлгани сабабли гибрид энергия тизимларида кенг қўлланилади [9].

Гибрид энергия тизимларини самарали ишлатиш учун интеллектуал бошқарув алгоритмларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамиятга эга. Чунки бундай тизимларда бир нечта энергия манбалари ва энергия сақлаш қурилмалари ўзаро боғланган ҳолда ишлайди [10]. Шу сабабли энергия тақсимотини оптималлаштириш ва тизим ишончлилигини таъминлаш учун замонавий бошқарув усулларидан фойдаланиш талаб этилади.

Илмий адабиётларда гибрид энергия тизимларини бошқариш учун турли алгоритмлар таклиф қилинган. Масалан, қоидаларга асосланган бошқарув (rule-based control) алгоритмлари оддий ва ишончли бўлиб, амалиётда кенг қўлланилади [11]. Бироқ бундай алгоритмлар тизимнинг барча ҳолатларини тўлиқ ҳисобга ололмайди.

Шунингдек, оптимал бошқарув усуллари, жумладан динамик дастурлаш, генетик алгоритмлар ва эволюцион оптималлаштириш усуллари гибрид энергия тизимларини оптимал бошқариш учун кенг қўлланилади [12]. Бу усуллар энергия манбалари ўртасидаги қувват тақсимотини оптималлаштириш имконини беради.

Сўнгги йилларда гибрид энергия тизимларини бошқаришда сунъий интеллект технологиялари ҳам қўлланилмоқда. Жумладан, сунъий нейрон тармоқлари, фуззи логика ва машинали ўқитиш усуллари асосидаги бошқарув алгоритмлари юқори самарадорликка эга эканлиги кўрсатилган [13].

Шу билан бирга, гибрид энергия тизимларини тадқиқ қилишда математик моделлаштириш ва компьютер симуляцияси муҳим ўрин тутади. MATLAB, HOMER, PSCAD ва DIgSILENT каби дастурий муҳитлар гибрид энергия тизимларининг ишлашини таҳлил қилиш ва оптимал параметрларни аниқлаш имконини беради [14].

Адабиётлар таҳлили шуни кўрсатадики, автоном гибрид энергия таъминоти тизимлари бўйича кенг кўламли тадқиқотлар амалга оширилган бўлса-да, энергия тақсимотини оптимал бошқариш, энергия сақлаш тизимларининг самарали ишлашини таъминлаш ва тизимнинг умумий энергетик самарадорлигини ошириш масалалари ҳали ҳам долзарб илмий муаммолардан бири бўлиб қолмоқда [15].

ISSN 3030-3907

Шу сабабли автоном гибрид энергия тизимлари учун янги самарали бошқарув алгоритмларини ишлаб чиқиш ва уларнинг математик моделларини тадқиқ қилиш муҳим илмий вазифалардан бири ҳисобланади.

ТАДҚИҚОТ МЕТОДОЛОГИЯСИ

Автоном гибрид энергия таъминоти тизимларининг таркиби ва ишлаш тамойиллари. Сўнгги йилларда дунё миқёсида энергия ресурсларига бўлган талабнинг кескин ортиши, анъанавий ёқилғи ресурсларининг чекланганлиги ҳамда атроф-муҳитга салбий таъсирларни камайтириш зарурати қайта тикланувчи энергия манбаларига асосланган энергетик тизимларни ривожлантиришни долзарб вазифага айлантирди [1,2]. Шу нуқтаи назардан автоном гибрид энергия таъминоти тизимлари (АГЭТТ) муҳим илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Автоном гибрид энергия тизимлари - бу бир нечта энергия манбалари (одатда қайта тикланувчи ва анъанавий) ҳамда энергия сақлаш қурилмаларини бирлаштирган ҳолда ишлайдиган мустақил энергетик тизимдир [3]. Бундай тизимлар электр тармоғидан узоқ жойлашган ҳудудларда, қишлоқ жойларда, тоғли минтақаларда ва изоляцияланган объектларда кенг қўлланилади.

Автоном гибрид тизимнинг асосий таркибий қисмлари қуйидагилардан иборат:

1. Қайта тикланувчи энергия манбалари (қуёш панеллари, шамол турбиналари);
2. Энергия сақлаш тизимлари (аккумулятор батареялари, суперконденсаторлар);
3. Резерв генераторлар (дизель ёки газ генераторлари);
4. Қувват электроникаси қурилмалари;
5. Бошқарув ва мониторинг тизимлари [4].

Гибрид тизимларнинг асосий афзаллиги шундаки, улар энергия манбалари ўртасида оптимал тақсимотни таъминлаб, энергия ишончлилигини оширади ва умумий самарадорликни яхшилайди [5].

Автоном гибрид тизимнинг ишлаш тамойили қуйидаги босқичлардан иборат:

- қайта тикланувчи манбалардан энергия ишлаб чиқариш;
- ишлаб чиқарилган энергияни истеъмолчиларга узатиш;
- ортиқча энергияни аккумуляторларда сақлаш;
- энергия етишмаган ҳолатда резерв генераторларни ишга тушириш [6].

Тизимнинг барқарор ишлаши асосан интеллектуал бошқарув алгоритмларига боғлиқ бўлади.

ISSN 3030-3907

Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги гибрид тизимлар таҳлили. Қайта тикланувчи энергия манбаларига асосланган гибрид тизимлар электр энергияси ишлаб чиқаришнинг экологик тоза ва барқарор усули ҳисобланади [7]. Ушбу тизимларда одатда қуйидаги энергия манбалари қўлланилади:

- қуёш фотоэлектрик станциялари;
- шамол энергетик қурилмалари;
- гидроэнергетика қурилмалари;
- биогаз ёки биоэнергия тизимлари [8].

Қуёш энергияси - гибрид тизимларда энг кўп қўлланиладиган манбалардан бири ҳисобланади. Фотоэлектрик панеллар қуёш нурларини бевосита электр энергиясига айлантиради [9]. Уларнинг асосий афзаллиги - ҳаракатланувчи қисмларининг йўқлиги ва эксплуатация харажатларининг камлигидир.

Шамол энергетик қурилмалари эса ҳаво оқимининг кинетик энергиясини электр энергиясига айлантиради. Шамол энергиясининг асосий камчилиги унинг тасодифий ва нобарқарор характерга эга эканлигидир [10].

Қуёш ва шамол манбаларини биргаликда ишлатиш гибрид тизимнинг барқарорлигини сезиларли даражада оширади. Чунки қуёш ва шамол ресурслари кўп ҳолларда бир-бирини компенсация қилади [11].

Гибрид энергия тизимларини таҳлил қилишда қуйидаги асосий кўрсаткичлар қўлланилади:

- тизим самарадорлиги;
- энергия ишончлилиги;
- энергиянинг ўзини-ўзи қоплаш коэффициенти;
- иқтисодий самарадорлик [12].

Энергия сақлаш тизимларининг роли ва турлари. Автоном гибрид энергия тизимларида энергия сақлаш қурилмалари муҳим аҳамиятга эга. Чунки қайта тикланувчи энергия манбалари нобарқарор ва вақт бўйича ўзгарувчан характерга эга [13].

Энергия сақлаш тизимлари қуйидаги вазифаларни бажаради:

- энергия ортиқчасини сақлаш;
- юкламани текислаш;
- тизим барқарорлигини таъминлаш;
- қувват сифатини яхшилаш [14].

Ҳозирги вақтда қуйидаги энергия сақлаш технологиялари кенг қўлланилмоқда:

1. Аккумулятор батареялари (Li-ion, Lead-acid)
2. Суперконденсаторлар

ISSN 3030-3907

3. Водород энергия сақлаш тизимлари
4. Насосли гидроаккумуляция
5. Маховик энергия сақлаш тизимлари [15].

Энг кўп қўлланиладиган технологиялардан бири литий-ион аккумуляторлар ҳисобланади. Улар юқори энергия зичлиги, узоқ хизмат муддати ва юқори самарадорликка эга [16].

Энергия сақлаш тизимларининг асосий параметрларидан бири **State of Charge (SOC)** ҳисобланади. Бу параметр аккумуляторнинг жорий заряд ҳолатини тавсифлайди [17].

Автоном тизимларда бошқарув ва оптималлаштириш муаммолари. Автоном гибрид энергия тизимларини бошқариш мураккаб кўп параметрли масала ҳисобланади. Тизимда бир нечта энергия манбалари, энергия сақлаш қурилмалари ва истеъмолчилар мавжуд бўлгани сабабли энергия тақсимотини оптимал бошқариш талаб этилади [18].

Бошқарув тизимининг асосий вазифалари қуйидагилардан иборат:
- энергия манбалари ўртасида қувват тақсимоти;
- аккумулятор заряд-разряд режимларини бошқариш;
- резерв генераторларни оптимал ишлатиш;
- юклама ўзгаришларига мослашиш [19].

Автоном гибрид тизимларда оптималлаштириш қуйидаги мақсад функцияларига асосланади:
- энергия харажатларини минималлаштириш;
- ёқилғи сарфини камайтириш;
- тизим ишончлилигини ошириш;
- аккумулятор ресурсини сақлаш [20].

Бу масалаларни ҳал қилиш учун турли оптималлаштириш усуллари қўлланилади:
- генетик алгоритмлар;
- динамик дастурлаш;
- сунъий нейрон тармоқлари:
- фуззи логика [21].

Мавжуд бошқарув алгоритмлари ва уларнинг камчиликлари. Автоном гибрид энергия тизимларида бир нечта бошқарув стратегиялари қўлланилади. Уларнинг энг кенг тарқалганлари қуйидагилардан иборат:
1. Rule-based бошқарув
2. Оптимал бошқарув алгоритмлари
3. Интеллектуал бошқарув алгоритмлари [22].

Rule-based алгоритмлар оддий ва ишончли бўлса-да, улар тизимнинг барча ҳолатларини ҳисобга ололмайди [23].

ISSN 3030-3907

Оптимал бошқарув алгоритмлари энергия тақсимотини яхшироқ оптималлаштирса-да, улар катта ҳисоблаш ресурсларини талаб қилади.

Интеллектуал алгоритмлар (нейрон тармоқлар, машинали ўқитиш) эса юқори самарадорликка эга бўлса-да, уларни амалий тизимларда жорий этиш учун катта маълумотлар базаси талаб қилинади [24].

Шу сабабли автоном гибрид тизимлар учун янги самарали бошқарув алгоритмларини ишлаб чиқиш долзарб илмий масала ҳисобланади [25].

ХУЛОСА ВА ТАКЛИФЛАР.

Ушбу мақолада гибрид энергия таъминоти тизимларининг таркиби, ишлаш тамойиллари ва замонавий ҳолати таҳлил қилинди. Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги гибрид тизимлар электр энергияси ишлаб чиқаришнинг экологик тоза ва барқарор усули ҳисобланиши кўрсатилди.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, энергия сақлаш тизимлари гибрид энергия тизимларининг барқарор ишлашини таъминлашда муҳим рол ўйнайди. Шу билан бирга, мавжуд бошқарув алгоритмларининг айрим камчиликлари мавжуд бўлиб, уларни такомиллаштириш талаб этилади.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, энергия сақлаш тизимлари ва интеллектуал бошқарув алгоритмлари гибрид энергия тизимларининг самарадорлигини оширишда муҳим роль ўйнайди. Шу сабабли келгусида гибрид энергия тизимлари учун оптимал бошқарув усулларини ишлаб чиқиш долзарб илмий вазифалардан бири ҳисобланади.

Шу сабабли автоном гибрид энергия таъминоти тизимлари учун интеллектуал ва оптимал бошқарув алгоритмларини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш муҳим илмий вазифа ҳисобланади.

Олиб борилган тадқиқотлар ва адабиётлар таҳлили натижасида гибрид энергия таъминоти тизимларининг самарадорлигини ошириш мақсадида қуйидаги илмий ва амалий таклифлар ишлаб чиқилди.

Автоном гибрид энергия таъминоти тизимларини оптимал лойиҳалаштириш усулларини такомиллаштириш. Қайта тикланувчи энергия манбаларининг табиий ўзгарувчанлигини ҳисобга олган ҳолда гибрид тизимларнинг оптимал таркибини аниқлаш учун замонавий математик моделлаштириш ва оптималлаштириш усулларини жорий этиш мақсадга мувофиқ.

Интеллектуал бошқарув алгоритмларини ишлаб чиқиш. Автоном гибрид энергия тизимларида энергия манбалари ўртасидаги қувват тақсимотини самарали бошқариш учун сунъий интеллектга асосланган алгоритмлар (нейрон тармоқлар, фуззи логика, машинали ўқитиш) дан фойдаланиш тавсия этилади.

ISSN 3030-3907

Энергия сақлаш тизимларини такомиллаштириш. Гибрид энергия тизимларида энергия сақлаш қурилмаларининг хизмат муддатини узайтириш ва самарадорлигини ошириш мақсадида аккумулятор батареяларининг иш режими ва заряд-разряд жараёнларини оптимал бошқариш усулларини ишлаб чиқиш зарур.

Кўп манбали гибрид энергия тизимларини қўллаш. Қуёш, шамол ва бошқа қайта тикланувчи энергия манбаларини биргаликда қўллаш орқали автоном энергия таъминоти тизимларининг ишончлилигини ва барқарорлигини ошириш мумкин.

Энергия тақсимотини оптималлаштириш алгоритмларини жорий қилиш. Генетик алгоритмлар, эволюцион оптималлаштириш усуллари ва динамик дастурлаш асосида энергия тақсимотини оптималлаштириш гибрид энергия тизимларининг умумий энергетик самарадорлигини оширишга хизмат қилади.

Энергия тизимларини рақамли моделлаштириш ва симуляция қилиш. Автоном гибрид энергия тизимларининг ишлашини таҳлил қилиш учун MATLAB, HOMER, PSCAD каби дастурий муҳитлар асосида комплекс моделлаштириш тизимларини ишлаб чиқиш тавсия этилади.

Микрогрид технологияларини жорий этиш. Автоном гибрид энергия тизимларини микрогрид архитектураси асосида ташкил этиш энергия ресурсларидан самарали фойдаланиш ва энергия таъминоти ишончлилигини ошириш имконини беради.

Энергия самарадорлигини мониторинг қилиш тизимларини ишлаб чиқиш. Замонавий сенсорлар ва IoT технологияларига асосланган мониторинг тизимлари орқали энергия ишлаб чиқариш ва истеъмол қилиш жараёнларини реал вақт режимида назорат қилиш мумкин.

Экологик ва иқтисодий самарадорликни баҳолаш. Гибрид энергия тизимларини жорий қилишдан олдин уларнинг техник, иқтисодий ва экологик самарадорлигини комплекс баҳолаш методологиясини ишлаб чиқиш зарур.

Қайта тикланувчи энергия манбаларини интеграциялаш стратегиясини ишлаб чиқиш. Миллий энергетика тизимида автоном гибрид энергия таъминоти тизимларини кенг жорий қилиш учун комплекс стратегия ва норматив ҳужжатларни такомиллаштириш мақсадга мувофиқ.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Lund H. Renewable Energy Systems: A Smart Energy Systems Approach to the Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions. – London: Academic Press, 2014.
2. Twidell J., Weir T. Renewable Energy Resources. – London: Routledge, 2015.

ISSN 3030-3907

3. Blaabjerg F., Teodorescu R., Liserre M. Power electronics in renewable energy systems // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2006. – Vol. 53. – No. 4. – P. 1002–1016.
4. Kaldellis J.K., Zafirakis D. The wind energy revolution: A short review of a long history // Renewable Energy. – 2011. – Vol. 36. – No. 7. – P. 1887–1901.
5. Liu G., Starke M., Xiao B. Hybrid renewable energy systems: A review of optimization techniques // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 58. – P. 907–920.
6. Masters G. Renewable and Efficient Electric Power Systems. – New Jersey: Wiley, 2013.
7. Ackermann T. Wind Power in Power Systems. – New York: Wiley, 2012.
8. Boyle G. Renewable Energy: Power for a Sustainable Future. – Oxford: Oxford University Press, 2012.
9. Messenger R., Ventre J. Photovoltaic Systems Engineering. – Boca Raton: CRC Press, 2017.
10. Burton T., Jenkins N., Sharpe D., Bossanyi E. Wind Energy Handbook. – London: Wiley, 2011.
11. Rehman S., Al-Hadhrami L., Alam M. Pumped hydro energy storage system: A technological review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 44. – P. 586–598.
12. Hosseini S.E., Wahid M.A. Hydrogen production from renewable energy sources // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2016. – Vol. 57. – P. 850–866.
13. Chen H., Cong T.N., Yang W., Tan C., Li Y., Ding Y. Progress in electrical energy storage system // Progress in Natural Science. – 2009. – Vol. 19. – P. 291–312.
14. Dunn B., Kamath H., Tarascon J.M. Electrical energy storage for the grid: A battery of choices // Science. – 2011. – Vol. 334. – P. 928–935.
15. Luo X., Wang J., Dooner M., Clarke J. Overview of current development in electrical energy storage technologies // Applied Energy. – 2015. – Vol. 137. – P. 511–536.
16. Nitta N., Wu F., Lee J.T., Yushin G. Li-ion battery materials: present and future // Materials Today. – 2015. – Vol. 18. – P. 252–264.
17. Plett G. Battery Management Systems. Volume I: Battery Modeling. – Boston: Artech House, 2015.
18. Lund P., Lindgren J., Mikkola J., Salpakari J. Review of energy system flexibility measures // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 45. – P. 785–807.

ISSN 3030-3907

19. Dragicevic T., Lu X., Vasquez J., Guerrero J. DC microgrids: Part II – A review of power architectures, applications and standardization issues // IEEE Transactions on Power Electronics. – 2016. – Vol. 31. – P. 3528–3549.
20. Banos R., Manzano-Agugliaro F., Montoya F., Gil C., Alcayde A., Gomez J. Optimization methods applied to renewable and sustainable energy // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – Vol. 15. – P. 1753–1766.
21. Pirmatov N.B., Bekishev A.Ye., Kurbanov N.A., Imomnazarov A.B Gıbrıd energıya tızımlarıda quvvat taqsımotı masalalari. “Farg‘ona viloyati hududida energiya samaradorligini oshirishning dolzarb muammolari” mavzusida Respublika ilmiy-texnik anjuman 2025-yilning 10-12 dekabr kunlari Farg‘ona davlat texnika universitetida. 119-122 bet.
22. Nurali Pirmatov, Allabergen Bekishev, Oliyaxon Zayniyeva, Najmiddin Kurbanov, Azizbek Imomnazarov. Muqobil gibrid energiya manbalari va u asosida qo‘zatiladigan energetik qurilmani matematik modellashtirish. UzbekgidroenergetikA jurnali, Volume 7, ISSUE 3, 2025 yil, 50-56-bet.
23. Pirmatov N.B., Bekishev A.Y., Kurbanov N.A., Imomnazarov A.B. Muqobil gibrid manbalar asosida qo‘zg‘atiladigan energetik qurilmani modellashtirish asosida energetik parametrlarini optimallashtirish orqali ish samaradorligini oshirish (Amu-Qashqadaryo havza boshqarmasi huzuridagi Do‘stlik 1,2,3 nasos stansiyasi misolida) O‘zbekiston agrar fani xabarnomasi Ilmiy-amaliy jurnal. № 5 (23) 2025 Ilmiy-amaliy jurnal. 169-173 bet.
24. Pirmatov Nurali Berdiyarovich, Bekishev Allabergen Yergashevich, Kurbanov Najmiddin Abduxamidovich, Imomnazarov Azizbek Botirovich, Tuxtayev Bobur Bohodir o‘g‘li. Muqobil gibrid energiya manbalari asosidagi energetik qurilmaning rejimlarini matematik modellashtirish orqali energetik parametrlarini optimallashtirishning dolzarbligi. “O‘zbekiston–Xitoy–Rossiya universitetlarining xalqaro ilmiy-texnik anjumani: fan, texnologiya va innovatsiyalar” Andijon davlat texnika institutI. 14-15 oktyabr 2025 yil. 240-244 bet.
25. N.B.Pirmatov, A.Y.Bekishev, N.A.Kurbanov, A.B.Imomnazarov. Muqobil gibrid manbalar asosida qo‘zg‘atiladigan energetik qurilmani modellashtirish asosida energetik parametrlarini optimallashtirish orqali ish samaradorligini oshirish (amuqashqadaryo havza boshqarmasi huzuridagi do‘stlik 1,2,3 nasos stansiyasi misolida). Konchilik mashinalari va texnologiyalari ilmiy texnik jurnal. 2025, №3 (13). 45-50 bet.
26. 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. Muqobil energetika ilmiy-texnik jurnalining 2025-yil 3-soni. 149-156 bet.

ISSN 3030-3907

27. Pirmatov Nurali Berdiyarovich Bekishev Allabergen Yergashevich Kurbanov Najmiddin Abduxamidovich Imomnazarov Azizbek Botirovich. Muqobil gibrid energiya manbalarining matematik tenglamalari ularning ish rejimlarini matlab da modellashtirish. Development of science Ilmiy jurnal 2025/9. Volume 5 ISSN 3030 -3907. 387-397 bet.
28. Deb K. Optimization for Engineering Design: Algorithms and Examples. – New Delhi: PHI Learning, 2012.
29. Guerrero J., Vasquez J., Matas J., de Vicuna L., Castilla M. Hierarchical control of droop-controlled AC and DC microgrids // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2011. – Vol. 58. – P. 158–172.
30. Liserre M., Sauter T., Hung J.Y. Future energy systems: Integrating renewable energy sources into the smart power grid // IEEE Industrial Electronics Magazine. – 2010. – Vol. 4. – P. 18–37.
31. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016.
32. Hatziargyriou N. Microgrids: Architectures and Control. – Wiley-IEEE Press, 2014.