

QAYTA TIKLANUVCHI ELEKTR MANBALARINI ELEKTR TARMOQLARIGA INTEGRATSIYA QILISH UCHUN YANGI INVERTOR TEXNOLOGIYALARI VA BOSHQARISH USULLARINI LOYIHALASH VA BAHOLASH

Majidov Salim Sodiqovich

Vobkent tuman 2-son texnikumi maxsus fan o'qituvchisi

Buxoro davlat texnika universiteti mustaqil izlanuvchisi

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada qayta tiklanuvchi elektr manbalarini elektr tarmoqlariga integratsiya qilishda qo'llanilayotgan zamonaviy inverter texnologiyalari va ularni boshqarish usullarini loyihalash hamda baholash masalalari yoritiladi. Energetika tizimlarida quyosh va shamol manbalarining ulushi ortib borayotgan sharoitda tarmoq barqarorligini ta'minlash, energiya sifatini oshirish va samarali boshqaruvni tashkil etishning muhim jihatlari ilmiy asosda tahlil qilinadi. Shuningdek, inverterlarning ishlash prinsipi, texnik imkoniyatlari, raqamli boshqaruv algoritmlari va ularning amaliy samaradorligi ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar: qayta tiklanuvchi energiya, inverter, elektr tarmog'i, integratsiya, boshqaruv usullari, energiya sifati, fotovoltaiik tizimlar, shamol energetikasi, raqamli boshqaruv.

KIRISH

Qayta tiklanadigan energiyaning keng integratsiyalashuvi, elektr energiyasiga bo'lgan talabning ortishi va elektr tarmoqlarida avariyaaviy uchishlarning tusatdan paydo bo'lishi tufayli butun dunyo bo'ylab elektr energetika tizimlarining transformatsiyasi sezilarli o'zgarishlarni boshdan kechirmoqda. Bu o'zgarishlar elektr tizimlarida kelgusi o'n-yigirma yilliklarda qayta tiklanadigan energiyaning katta qismini tashkil etishi bilan yaqqol namoyon bo'lmoqda. Ushbu o'zgarishlar, birinchi navbatda, inertsiya va qisqa tutashuv darajalarining pasayishi tufayli tizim barqarorligi va boshqaruvi nuqtai nazaridan yangi muammolarni keltirib chiqardi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish bugungi kunda global energetika tizimining ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortishi, sanoatning rivojlanishi va an'anaviy yoqilg'i resurslarining cheklanganligi energiya ta'minotida muqobil manbalarga o'tishni taqozo etmoqda. Shu nuqtai nazardan quyosh va shamol energiyasini elektr tarmoqlariga samarali integratsiya qilish masalasi dolzarb ahamiyat kasb etadi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini elektr tarmoqlariga ulash jarayonida asosiy texnik elementlardan biri inverter hisoblanadi. Inverterlar doimiy tokni o'zgaruvchan tokka aylantirish, kuchlanish va chastotani barqarorlashtirish, energiya oqimini boshqarish hamda tarmoq bilan sinxron ishlashni

ta'minlaydi. Zamonaviy inverter texnologiyalari nafaqat energiyani uzatish, balki tarmoq barqarorligini saqlash, yo'qotishlarni kamaytirish va energiya sifatini oshirishga ham xizmat qiladi.

Fotovoltaik tizimlarda qo'llaniladigan inverterlar yuqori samaradorlik, tezkor boshqaruv va moslashuvchanlik bilan ajralib turadi. Ularning asosiy vazifasi quyosh panellaridan olingan energiyani elektr tarmog'iga mos parametrlar bilan uzatishdan iborat. Bunda maksimal quvvat nuqtasini kuzatish texnologiyasi muhim o'rin tutadi. Ushbu texnologiya energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi va tizimning umumiy ishlashini optimallashtiradi.

Shamol energetikasida inverterlar generator tomonidan ishlab chiqarilgan o'zgaruvchan parametrli elektr energiyasini tarmoqqa moslashtiradi. Shamol tezligining o'zgaruvchanligi sababli inverterlar yuqori darajada moslashuvchan boshqaruv algoritmlariga ega bo'lishi lozim. Bu esa energiya oqimining barqarorligini ta'minlash va tizimdagi nosozliklarning oldini olish imkonini beradi.

Zamonaviy inverter texnologiyalarini loyihalashda yarimo'tkazgich elementlar, raqamli boshqaruv tizimlari va sun'iy intellekt asosidagi algoritmlardan keng foydalanilmoqda. Bunday yondashuv energiya samaradorligini oshirish, tarmoq yuklamalarini muvozanatlashtirish va avariya holatlarni tez aniqlash imkonini yaratadi. Raqamli boshqaruv tizimlari yordamida inverterlar real vaqt rejimida ishlaydi va energiya taqsimotini optimallashtiradi.

Inverterlarni boshqarish usullari orasida vektorli boshqaruv, impuls-kenglik modulyatsiyasi, adaptiv boshqaruv va prognozlashga asoslangan algoritmlar alohida ahamiyatga ega. Ushbu usullar energiya oqimining barqarorligini ta'minlash, kuchlanish va chastota tebranishlarini kamaytirish hamda elektr tarmoqlarining samarali ishlashini qo'llab-quvvatlaydi.

Elektr tarmoqlariga qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilish jarayonida energiya sifati muhim ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Inverterlar orqali harmonik buzilishlarni kamaytirish, kuchlanish darajasini barqarorlashtirish va quvvat koeffitsiyentini yaxshilash mumkin. Bu esa iste'molchilar uchun ishonchli va sifatli energiya ta'minotini ta'minlaydi.

Bundan tashqari, inverter texnologiyalarini baholashda ularning samaradorligi, ishonchliligi, iqtisodiy ko'rsatkichlari va xizmat muddati muhim omillar hisoblanadi. Texnik-iqtisodiy tahlil asosida optimal inverter modellarini tanlash energiya tizimlarining uzoq muddatli barqaror ishlashini ta'minlaydi.

Zamonaviy energetika tizimida aqlli tarmoqlar konsepsiyasi keng joriy etilmoqda. Bunda inverterlar energiya ishlab chiqarish va iste'mol jarayonlarini avtomatik boshqarish, energiya oqimini nazorat qilish va tizimning samaradorligini oshirishda muhim rol o'ynaydi. Aqlli boshqaruv texnologiyalari energiya resurslaridan oqilona foydalanish imkonini yaratadi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilishda yuzaga keladigan muammolar ham mavjud. Tarmoq barqarorligining buzilishi, energiya ishlab chiqarishning mavsumiyliigi, texnik infratuzilmaning yetarli darajada rivojlanmaganligi shular jumlasidandir. Ushbu muammolarni hal etishda innovatsion inverter texnologiyalarini joriy etish muhim ahamiyatga ega.

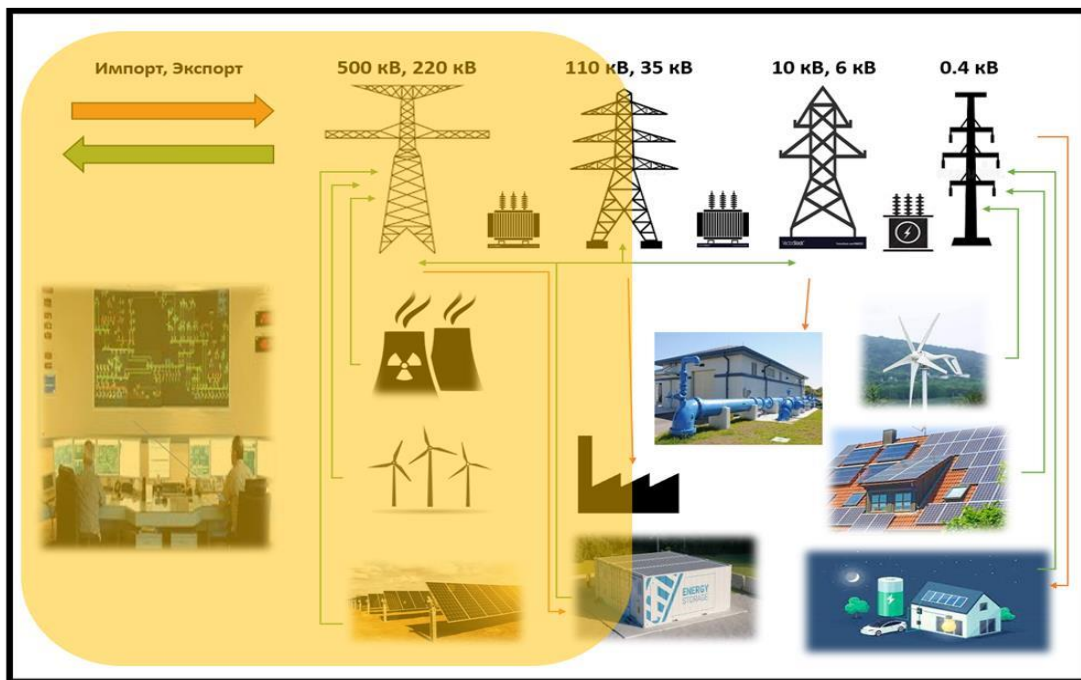
Bir qator mamlakatlar ananaviy yoqilg'iga asoslangan energiya manbalariga bo'lgan qaramligini kamaytirish va shamol, quyosh, geotermal, gidro, okean va biomassani o'z ichiga olgan qayta tiklanadigan energiya manbalari (QTEM) integratsiyasini kuchaytirish bo'yicha maqsadlar qo'ydi. Yevropa Ittifoqi 2025-yilga kelib 25%, 2040-yilga kelib 30% va 2050-yilga kelib 40% ga bosqichma-bosqich o'sish bilan QTEM integratsiyasining aniq maqsadlarini belgilab qo'ydi. Bu maqsadlar barcha a'zo davlatlarni qamrab oldi, ularning har biri o'z siyosati va maqsadlarini ishlab chiqdi. Misol uchun, Italiya 2040-yilga borib energiya iste'molidagi QTEM ulushini 40% ga yetkazishni maqsad qilgan, Germaniya va Angliya esa elektr energiyasi iste'molini 65% va 40% ulushini aynan QTEM yordamida ta'minlashni maqsad qilgan.

Ushbu ulkan maqsadlarga erishish uchun keng ko'lamli texnologiyalar, tizim konfiguratsiyasi va yuqori kuchlanishli o'zgarmas tok tarmoqlari (HVDC- high voltage direct current), mikrotarmoqlar, raqamli elektr stantsiyalari va podstantsiyalari kabi elementlarni o'z ichiga olgan elektr tarmoqlarining real modellarini ishlab chiqish juda muhim deb topildi [11;12]. Ushbu modellar mahalliy ob-havo sharoiti, energiya resurslarning mavjudligi va mavsumiy elektr va issiqlik energiyasi talabining o'zgarishini hisobga oladigan turli xil kelajakdagi stsenariylarni hisobga olishi kerak. SHvetsiya, Buyuk Britaniya, AQSH, Kanada, Xitoy, Yaponiya, Koreya, Germaniya, Hindiston, Saudiya Arabistoni va Birlashgan Arab Amirliklari kabi mintaqalar va mamlakatlarda ko'plab tadqiqotlar o'tkazildi, bu davlatlarning ko'pchiligi to'liq QTEM integratsiyasini maqsad qilgan.

Ushbu tadqiqotlar soni ortib borayotganligi sababli, ishlab chiqarishni kengaytirishni rejalashtirish va QTEM loyihalashda yordam berish uchun turli xil vositalar va usullar taklif qilindi. Biroq, ushbu tadqiqotlarning aksariyati elektr tarmog'ining rolini hisobga olmagan holda qayta tiklanadigan manbalarga e'tibor qaratadi. Aslida, tarmoq ham, resurslar ham zamonaviy elektr tizimining stsenariylarini belgilash uchun ajralmas hisoblanadi va mavjud usullar va yondashuvlarning ko'pligi tufayli oqilona qarorlar qabul qilish uchun optimallashtirish usullari talab qilinadi [20]. Bundan tashqari, optimallashtirish metodologiyasi qayta tiklanadigan elektr stantsiyalarining hajmini har xil misollarda, xarajat va daromadni hisobga olgan holda qo'llaniladi. Ushbu umumiy ko'rinish qayta tiklanadigan energiya ishlab chiqarishning turli texnologiyalarini birlashtirishning afzalliklarini ko'rsatadi, boshqalari esa yuqori xarajat bilan boshqariladiganlikni ta'minlaydi, lekin keng

tarqalgan qayta tiklanadigan integratsiya uchun bu juda zarur.

1-rasmda zamonaviy elektr tarmoqlarining tarkibiy tuzulishi keltirilgan. Jahonda zamonaviy elektr tarmoqlari va tizimlari ishonchli, samarali va barqaror elektr ta'minotiga bo'lgan ortib borayotgan talablarni qondirish uchun yillar davomida sezilarli darajada rivojlandi. Bu tizimlar ilg'or texnologiyalar, keng infratuzilma va ekologik barqarorlikka katta e'tibor qaratilishi bilan ajralib turadi. Rivojlangan mamlakatlarda zamonaviy energiya tizimlarining asosiy xususiyatlari va tarkibiy qismlari quyidagilardan iborat.



1-rasm. Zamonaviy elektr tarmoqlarining tarkibiy tuzulishi

- Takomillashtirilgan tarmoq infratuzilmasi: Germaniyada da yaxshi tashkil etilgan va o'zaro bog'langan elektr tarmoqlari mavjud. Bu tarmoqlar elektr energiyasini elektr stantsiyalaridan taqsimlovchi nimstantsiyalarga yetkazuvchi yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalaridan hamda barcha elektr energiyasi iste'molchilariga quvvat yetkazib beruvchi past kuchlanishli taqsimlash tarmoqlaridan iborat.

- Turli energiya manbalari: Hindiston zamonaviy elektr tizimi odatda energiya manbalarini, jumladan, qazib olinadigan yoqilg'ilarni (tabiiy gaz, ko'mir), atom energiyasini va qayta tiklanadigan energiyani (quyosh, shamol, gidro va geotermal) o'z ichiga oladi. Qayta tiklanadigan energiya manbalariga bo'lgan ishonch tobora ortib borayotganligi sababli, asosiy e'tibor toza va barqarorroq manbalarga qaratilmoqda .

- "Smart-Grid" texnologiyasi: Koreya respublikasida tarmoqning chidamliligini oshirish, energiya samaradorligini oshirish va qayta tiklanadigan energiya manbalarini yaxshiroq integratsiyalashuvini ta'minlash uchun aqlli tarmoq texnologiyasiga sarmoya kiritmoqda. Quvvat taqsimotini kuzatish va optimallashtirish uchun aqlli

hisoblagichlar, sensorlar va boshqaruv tizimlari qo'llaniladi. Tarmoqning yuqori ishonchliligi: Angliya elektr tarmog'ining ishonchliligiga katta e'tibor beradi va elektr ta'minotidagi uzilishlarni minimallashtirish uchun infratuzilmaga sarmoya kiritadi. Bu muammolarni tezda aniqlash va ularga javob berish uchun muntazam texnik xizmat ko'rsatish, tarmoq zaxiralari va murakkab monitoring tizimlarini o'z ichiga oladi.

- Energiyani saqlash bo'yicha yechimlar: AQSHda akkumulyatsion batareyalar va boshqa energiya saqlash texnologiyalari zamonaviy elektr tarmoqlari va tizimlariga integratsiya qilinmoqda, chunki pik bo'lmagan soatlarda hosil bo'lgan ortiqcha energiyani saqlash va eng yuqori talab paytida uni chiqarish, tarmoqning moslashuvchanligini oshirish.

- Energiya samaradorligi bo'yicha chora-tadbirlar: energiya sarfini kamaytirish uchun energiya samaradorligi dasturlari Xitoy davlatida keng tarqalgan. Ular energiya tejaydigan qurilmalar, yorug'lik va energiya tejamkor qurilishni talab qiladigan qurilish me'yorlari uchun imtiyozlarni o'z ichiga olishi mumkin.

- Atrof-muhitning barqarorligi: Yevropadaa elektr tizimlarining atrof-muhitga ta'sirini kamaytirishga ustuvor ahamiyat berishadi. Bu issiqxona gazlari chiqindilarini kamaytirish, havo va suv ifloslanishini minimallashtirish va toza energiya manbalariga o'tishni o'z ichiga oladi.

- Markazlashtirilmagan energiya ishlab chiqarish: Yaponiya uylarining tom qismida quyosh panellari, kichik o'lchamli shamol turbinalari va mahalliy energiya ishlab chiqarishni qo'llab-quvvatlovchi siyosat orqali markazlashtirilmagan (taqsimlangan generatsiya manbalarini) energiya ishlab chiqarishni rag'batlantiradi, markazlashtirilgan elektr stantsiyalariga qaramlikni kamaytiradi.

- O'zaro bog'lanish va transchegaraviy tarmoqlar: Yevropa davlatlari ko'pincha qo'shni davlatlar bilan elektr tarmoqlari o'rtasida o'zaro aloqalarni yaratish uchun hamkorlik qiladilar. Bu tarmoq barqarorligini oshiradi va elektr energiyasi almashinuviga imkon beradi, ayniqsa, bir mamlakatda energiya ortiqchaligi yoki taqchilligi ko'zatilganda.

- Normativ nazorat: Kanada davlati elektr energetika sanoati samarali va adolatli ishlashini ta'minlash uchun mustahkam me'yoriy-huquqiy bazalar mavjud. Ushbu qoidalar narxlashdan tortib atrof-muhit standartlarigacha bo'lgan hamma narsani o'z ichiga oladi.

- Ilmiy tadqiqot va ishlanmalar: AQSHda davom etayotgan tadqiqot va ishlanmalar energiya texnologiyalarini takomillashtirish, tarmoq boshqaruvini takomillashtirish va barqaror energiya kelajagi uchun innovatsion yechimlarni o'rganishga qaratilgan.

- Elektr transport vositalari infratuzilmasi: Xitoy elektr transportiga o'tishni qo'llabquvvatlash uchun elektr transport vositalari (EV-electric vehicle) infratuzilmasiga, jumladan, zaryadlash stantsiyalariga sarmoya kiritmoqda.

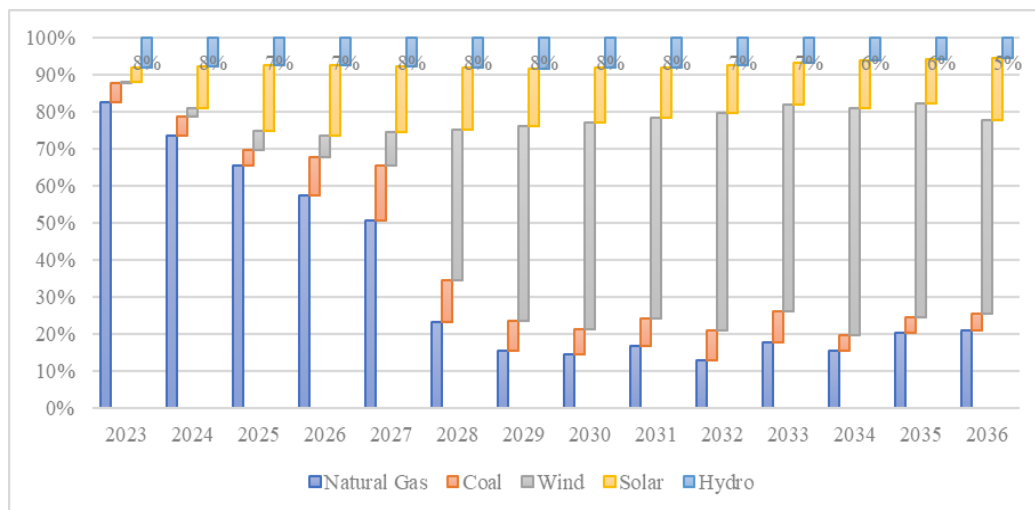
- Chidamlilik va tabiiy ofatlarga tayyorlik: Zamonaviy elektr tizimlari tabiiy ofatlar va boshqa favqulodda vaziyatlarga bardosh berishga mo'ljallangan. Bunga zaxira quvvat tizimlari, falokatlarni tiklash rejalari va tarmoqni mustahkamlash choralari kiradi.

Rivojlangan mamlakatlardagi zamonaviy elektr tizimlari ishonchlilik, barqarorlik va texnologik innovatsiyalarga e'tibor qaratishlari bilan ajralib turadi. Ular o'zgaruvchan energiya landshaftiga moslashish va atrof-muhitga ta'sirni minimallashtirish bilan izchil va toza elektr ta'minotini ta'minlashga qaratilgan. Ushbu tizimlar iqtisodiy rivojlanishni qo'llab-quvvatlash va aholining hayot sifatini yaxshilashda hal qiluvchi rol o'ynaydi.

Oxirgi atrof-muhit, ekologiya siyosati akademik, sanoat yo'nalishlarida davlatlar o'rtasida kelajakdagi energiya tizimlarida qayta tiklanadigan energiya manbalarining muhim mavjudligini hisobga olgan holda strategiyalarni ishlab chiqish uchun hamkorlikni kuchaytirishdi. Energiya barqarorligini ta'minlash, iste'mol talabning mavsumiy o'zgarishlarini bartaraf etish va asosan QTEMga asoslangan energiya tarmoqlarida iqtisodiy barqarorlikni saqlashga chorladi [29]. Turli kattalikdagi generatsiyalar, ishlab chiqarish texnologiyalari va tarmoq konfiguratsiyasini o'z ichiga olgan variantlarni o'rganish uchun turli energiya stsenariylarini ko'rib chiqdi. Ushbu stsenariylar tadqiqot diqqat markazida bo'lib, optimallashtirishga asoslangan algoritmlar yordamida miqdoriy jihatdan baholandi. Yevropa mamlakatlarining sinov elektr tarmoqlari topologiyalari QTEM mavjudligi va energiya talabiga oid haqiqiy ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. Bir qator QTEM texnologiyalari turli vaqt oralig'ida tarmoq integratsiyasini osonlashtirish uchun ko'rib chiqildi va eng istiqbolli stsenariyda qayta tiklanadigan manbalarga 100% gacha bo'lgan ishonchni kengaytirdi.

Optimallashtirish algoritmi uchta alohida stsenariyda qo'llanildi, bu esa quyosh fotovoltaik va shamol energiyasi birlamchi qayta tiklanadigan manbani tashkil qilishi mumkin bo'lsada, ularning moslashuvchanlikdagi cheklavlari elektr taminotida juda yuqori ulushlarga erishishga to'sqinlik qilishini ko'rsatdi. Ushbu muammoni bartaraf etish uchun quyosh issiqlik va nasosli gidrotexnologiyalar, generatsiyalarning eng yuqori darajalariga erishishda muhim komponentlar sifatida paydo bo'ldi. Ushbu texnologiyalar qayta tiklanadigan energiyaning yuqori ulushi uchun zarur bo'lgan asosiy moslashuvchanlikni taklif qildi, garchi qimmatroq bo'lsa ham, uzluksiz elektr taminotini taminlab bera oldi.

O'zbekistonda optimal energiya tannarxiga erishish uchun qayta tiklanadigan energiya manbalarining mamlakat energetika tarkibidagi hissasini oshirish zarur. Quydagi 3-rasmda optimal energiya tannarxiga erishish va resurslardan unumli foydalanish uchun taklif etilgan generatsiyalar ko'rsatib o'tilgan.



3-rasm. Taklif qilingan energoresurslar [35].

Noananaviy energiya shamol, quyosh va gidroenergetika oʻrtacha 2026 yilga kelib energiya ning 12% va 2030 yilga kelib 30% qismini tashkil etishi rejalashtirildi [35]. SHamol energiyasidan quyosh energiyasiga nisbatan kattaroq qiymatga egaligi va uning elektr tizimlarida qoʻshgan hissassi oʻrtacha 2026 yilga kelib 6% va 2030 yilga kelib 25%ni tashkil etadi. Issiqlik elektr stantsiyalaridan foydalanishni qisqartirish zarur deb topildi.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, qayta tiklanuvchi elektr manbalarini elektr tarmoqlariga integratsiya qilishda yangi inverter texnologiyalari va boshqarish usullarini loyihalash hamda baholash energetika tizimining barqaror rivojlanishida muhim omil hisoblanadi. Zamonaviy texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan inverterlar energiya samaradorligini oshiradi, tarmoq barqarorligini taʼminlaydi va ekologik toza energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlarini kengaytiradi. Shu bois ushbu yoʻnalishda ilmiy tadqiqotlar va amaliy ishlanmalarni kengaytirish dolzarb vazifa boʻlib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR ROʻYXATI:

1. 2020-2030 yillarda Oʻzbekiston Respublikasini elektr energiyasi bilan taʼminlash kontsepsiyasi 2020 y, 4-b.
2. Oʻzbekiston energetika vazirligi maʼlumotlari <https://minenergy.uz/uz> (01.05.2023).
3. Oʻzbekiston “Milliy elektr tarmoqlari” AJ maʼlumotlari <https://www.uzbekistonmet.uz/uz> (05.04.2023).
4. Oʻzbekiston “Hududiy elektr tarmoqlari” AJ maʼlumotlari https://www.het.uz/oz/pages/view/general_info (09.06.2023).
5. <https://www.elektro-expo.ru/ru/articles/transformatornaya-podstanciya/> (10.09.2023).

6. Гулиян Геворг Борисович. "Распределенные сети: современные технологии и основы проектирования. " Прикладная информатика, №. 6, 2007, pp. 52-73.
7. А.Л. Кислицын «Трансформаторы», Учебное пособие по курсу «Электромеханика», Ульяновск 2001.
8. Лебедев И. А. Электрический счётчик // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907.
9. Jihua Xie, Chang Chen, Huan Long, "A Loss Reduction Optimization Method for Distribution Network Based on Combined Power Loss Reduction Strategy", Complexity, vol. 2021, Article ID 9475754, 13 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9475754>.
10. Ziyo.net