

QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINI ELEKTR TARMOQLARIDA INTEGRATSIYALASH UCHUN INNOVATSION YONDASHUVLAR

Majidov Salim Sodiqovich

*Vobkent tuman 2-son texnikumi maxsus fan o'qituvchisi
Buxoro davlat texnika universiteti mustaqil izlanuvchisi*

Annotatsiya: Mazkur maqolada qayta tiklanuvchi energiya manbalarini (QTEM) elektr energetika tarmoqlariga integratsiyalashning zamonaviy va innovatsion yondashuvlari tahlil qilinadi. Quyosh, shamol, gidro va bioenergiya manbalarining texnik-iqtisodiy xususiyatlari, ularni mavjud elektr tarmoqlariga ulashda yuzaga keladigan muammolar hamda ushbu muammolarni bartaraf etishda raqamli texnologiyalar, aqlli tarmoqlar (Smart Grid), energiya saqlash tizimlari va sun'iy intellekt asosidagi boshqaruv yechimlarining ahamiyati yoritib beriladi. Shuningdek, O'zbekiston sharoitida QTEM integratsiyasining istiqbollari va rivojlanish yo'nalishlari ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar: qayta tiklanuvchi energiya, elektr tarmoqlari, integratsiya, Smart Grid, energiya saqlash, innovatsion texnologiyalar.

Kirish

Bugungi kunda dunyo miqyosida energiya resurslaridan oqilona foydalanish, atrof-muhitni muhofaza qilish va barqaror rivojlanishni ta'minlash dolzarb masalaga aylangan. An'anaviy yoqilg'i manbalarining cheklanganligi va ekologik salbiy ta'siri qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo'lgan ehtiyojni oshirmoqda. Shu bilan birga, QTEMning o'ziga xos xususiyatlari — ularning beqarorligi va ob-havoga bog'liqligi elektr tarmoqlarida integratsiyalash jarayonini murakkablashtiradi. Mazkur muammolarni hal etish innovatsion texnologiyalar va yangi boshqaruv yondashuvlarini joriy etishni talab etadi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining xususiyatlari

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosan quyosh, shamol, suv, biomassa va geotermal energiyadan iborat. Ushbu manbalar ekologik toza bo'lib, uzoq muddatli istiqbolda energiya xavfsizligini ta'minlaydi. Biroq ularning asosiy kamchiligi ishlab chiqarish quvvatining doimiy emasligidir. Masalan, quyosh elektr stansiyalari faqat kunduzgi vaqtda, shamol elektr stansiyalari esa shamol tezligiga bog'liq holda ishlaydi. Shu sababli ularni an'anaviy elektr tarmoqlariga integratsiyalashda moslashuvchan va aqlli boshqaruv tizimlari zarur bo'ladi.

Elektr tarmoqlarida integratsiya jarayonidagi muammolar

QTEMni elektr tarmoqlariga ulashda bir qator texnik va tashkiliy muammolar yuzaga keladi. Bular jumlasiga kuchlanish va chastota barqarorligini saqlash, energiya sifati, tarmoq yuklamasining notekis taqsimlanishi hamda dispetcherlik boshqaruvining murakkabligi kiradi. Shuningdek, katta hajmdagi QTEM ulanishi mavjud infratuzilmani modernizatsiya qilishni talab etadi. Ushbu muammolarni an'anaviy usullar bilan hal etish qiyin bo'lib, innovatsion yondashuvlarni qo'llash muhim ahamiyat kasb etadi.

Innovatsion yondashuvlar va texnologiyalar

Aqlli elektr tarmoqlari (Smart Grid)

Smart Grid texnologiyasi QTEM integratsiyasining eng samarali yechimlaridan biridir. Ushbu tizim real vaqt rejimida ma'lumotlarni yig'ish, tahlil qilish va boshqarish imkonini beradi. Aqlli hisoblagichlar, sensorlar va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari yordamida energiya oqimlari optimallashtiriladi hamda tarmoq ishonchliligi oshiriladi.

Energiya saqlash tizimlari

Akkumulyatorlar va boshqa energiya saqlash qurilmalari QTEMning beqarorligini muvozanatlashtirishda muhim rol o'ynaydi. Ular ortiqcha energiyani saqlab, talab yuqori bo'lgan vaqtda tarmoqqa uzatish imkonini beradi. Bu esa elektr ta'minotining uzluksizligini ta'minlaydi.

Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt

Sun'iy intellekt va katta ma'lumotlar (Big Data) texnologiyalari yordamida energiya ishlab chiqarish va iste'mol qilish jarayonlarini prognozlash mumkin. Bu usullar QTEMning tarmoqqa ta'sirini oldindan baholab, optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilishga yordam beradi.

O'zbekiston sharoitida QTEM integratsiyasining istiqbollari

O'zbekiston katta quyosh va shamol energetik salohiyatiga ega davlat hisoblanadi. So'nggi yillarda quyosh va shamol elektr stansiyalarini qurish bo'yicha keng ko'lamli loyihalar amalga oshirilmoqda. Ushbu loyihalarning muvaffaqiyatli bo'lishi uchun elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish, Smart Grid texnologiyalarini joriy etish va energiya saqlash tizimlarini rivojlantirish muhim ahamiyatga ega. Innovatsion yondashuvlar mamlakatning energetika mustaqilligini ta'minlashga xizmat qiladi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini elektr tarmoqlarida integratsiyalash zamonaviy energetika tizimlarining muhim yo'nalishlaridan biridir. Ushbu jarayonda innovatsion texnologiyalar — aqlli tarmoqlar, energiya saqlash tizimlari va raqamli boshqaruv yechimlari hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. O'zbekiston sharoitida mazkur yondashuvlarni keng joriy etish barqaror va ekologik toza energetika tizimini shakllantirishga imkon beradi.

Qayta tiklanuvchi energiya (QTE) manbalarini elektr tarmoqlariga integratsiyalashning innovatsion yondashuvlari energiya saqlash tizimlari, aqlli

tarmoqlar, gibrid tizimlar, raqamli texnologiyalar (sun'iy intellekt, Big Data) va talabni boshqarish orqali tizim barqarorligini ta'minlash, moslashuvchanlikni oshirish va ishlab chiqarishni optimallashtirishga qaratilgan. Hidroenergetika kabi moslashuvchan manbalar quyosh va shamol energiyasining o'zgaruvchanligini qoplashda muhim rol o'ynaydi, infratuzilmani yangilash va ekologik muammolarni hal qilish esa asosiy vazifalardir. Bu innovatsiyalar QTE manbalarining o'zgaruvchanligini bartaraf etib, ularni ishonchli va barqaror tarzda elektr tarmoqlariga muvaffaqiyatli integratsiyalashga yordam beradi.

Energiya muammolari tahlili – bu energiya ishlab chiqarish, taqsimlash, iste'mol va barqarorlik masalalarini o'rganish va hal etishga qaratilgan ilmiy va amaliy jarayon. Energiya manbalari: Turli xil energiya manbalarining (yangilanuvchi va yangilanmaydigan) mavjudligi, ulardan foydalanish imkoniyatlari va ularning atrof-muhitga ta'siri. Energiya iste'moli: Iste'molchilar tomonidan energiyaning qanday foydalanishi, energiya samaradorligini oshirish usullari va iste'molning kamaytirish strategiyalari. Barqarorlik masalalari: Energiya ishlab chiqarish va iste'moli jarayonida barqaror rivojlanishni ta'minlash, atrof-muhitga zarar yetkazmaslikni o'rganish. Texnologik innovatsiyalar: Energiya sohasida yangi texnologiyalar va yechimlarning joriy etilishi, shu jumladan qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish imkoniyatlari. Iqtisodiy jihatlar: Energiya bozoridagi narxlar, iqtisodiy samaradorlikni oshirish uchun strategiyalar, davlat siyosati va investitsiyalar. Siyosat va tartibga solish: Davlatlar orasida energetika siyosati, xalqaro kelishuvlar va kelajakdagi energiya siyosatining asoslari. Energiya muammolari tahlili global miqyosda muhim ahamiyatga ega bo'lib, u iqtisodiyotning rivojlanishi, ijtimoiy farovonlikni oshirish hamda ekologik barqarorlikni ta'minlashda asosiy rol o'ynaydi. Har bir mamlakat o'z energetika strategiyasini ishlab chiqishda ushbu tahlilni hisobga olishi zarur.

Energiya muammolari asosan quyidagi sohalarda namoyon bo'ladi:

- Resurslarning cheklanganligi: Neft, gaz va boshqa tabiiy resurslarning tugashi.
- Atrof-muhitga ta'siri: Energiyaning an'anaviy manbalari atmosferaga zararli gazlarni chiqaradi.
- Samaradorlik: Energiya sarfini kamaytirish va qayta tiklanuvchi manbalarni rivojlantirish zarurati.
- Energiya iste'molining ortishi.
- Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish.
- Energiya ishlab chiqarishda chiqindilar va zararli gazlarning kamaytirilishi.

Energetik tizimlarni matematik modellash ularning real xususiyatlarini matematik ifodalarga o'tkazishni talab qiladi. Bu jarayon quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi. Muammo qo'yilishi. Tizim chegaralari, cheklovlari va maqsadlari

belgilanadi. Differensial tenglamalar. Masalan, elektr tarmoqlari uchun Kirchhoff qonunlariga asoslangan tenglamalar tuziladi. Optimallashtirish. Minimal energiya yo'qotish yoki maksimal samaradorlikni ta'minlash uchun optimallashtirish algoritmlari ishlab chiqiladi. Misol sifatida quyidagilarni keltirish mumkin: Energiya ishlab chiqarish va iste'molni balanslash uchun chiziqli dasturlash. Issiqlik almashinuvini tahlil qilish uchun noxususiy differensial tenglamalar.

Energetik tizimlar uchun optimallashtirish asosiy rol o'ynaydi. Quyida keng qo'llaniladigan matematik usullar ko'rsatilgan. Chiziqli va chiziqsiz dasturlash: Energiya taqsimoti, transport tizimlari va ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarishda. Genetik algoritmlar. Qayta tiklanadigan energiya manbalarini optimallashtirish va samaradorlikni oshirish uchun. Dinamik dasturlash. Katta hajmli tizimlarni tahlil qilish va real vaqt rejimida qarorlar qabul qilish uchun qo'llaniladi. Misol: Quyosh elektr stansiyasining samaradorligini oshirish uchun quyosh panelining optimal burchagini aniqlash.

Energetika sohasida ko'p miqdorda noaniqlik mavjud. Bu noaniqliklar meteorologik sharoitlar, energiya narxleri va talabning o'zgaruvchanligidan kelib chiqadi. Stoxastik yondoshuvlar quyidagilarni o'z ichiga oladi. Monte-Karlo usuli. Qayta tiklanadigan energiya manbalari samaradorligini tahlil qilish. Stoxastik optimallashtirish. Energiya ta'minoti va talabni bashoratlash. Markov jarayonlari. Energiya tarmoqlarining barqarorligini tahlil qilish. Amaliy misollar. Elektr tarmoqlarida energiya oqimlarini boshqarish. Matematik modellar yordamida elektr energiyasining iste'molchilarga teng taqsimlanishini ta'minlash. Quyosh va shamol energiyasidan foydalanish. Optimallashtirish usullari yordamida qayta tiklanadigan manbalarining samaradorligini oshirish. Energiya iste'molini prognoz qilish. Chuqur o'rganish algoritmlari va regressiya modellaridan foydalanish. Energiya Resurslarini Optimallashtirish. Energetik tizimlarni optimallashtirish jarayonida bir necha asosiy metodlardan foydalaniladi:

- Lineer dasturlash (LP): Ushbu metod yordamida energiya ishlab chiqarish xarajatlarini minimallashtirish yoki foydani maksimal darajada oshirish mumkin.
- Integer dasturlash (IP): Diskret qarorlar qabul qilish zarur bo'lgan holatlarda (masalan, stansiyalar soni yoki turini tanlash) qo'llaniladi.
- Simulyatsiya asosidagi optimallashtirish: Murakkab tizimlarda optimal yechimlarni topishda simulyatsiyalar yordamida turli senariylarni tekshirib ko'rish mumkin.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining integratsiyasi ham matematik modellarga asoslanadi. Quyosh va shamol energetikasini birlashtirgan holda ularning samaradorligini oshiradigan modellar ishlab chiqilishi mumkin. Masalan, quyosh panellari joylashuvi yoki shamol turbinalarining optimal joylashuvi bilan bog'liq masalalar LP orqali hal qilinadi. Qayta tiklanadigan energiyalarni integratsiyasi, ya'ni

qayta tiklanuvchi energiya manbalarini (masalan, quyosh, shamol, gidroenergiya va biokütle) energetika tizimlariga samarali ravishda qo'shish jarayoni, ekologik barqarorlik va energetik xavfsizlikni ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Ushbu jarayon bir qator muammolar va imkoniyatlarni o'z ichiga oladi. Energiya saqlash. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari ko'pincha o'zgaruvchan va uzluksiz emas. Shuning uchun energiyani saqlash texnologiyalari (masalan, batareyalar, gidroelektr stansiyalar) muhim rol o'ynaydi. Tizimning barqarorligi. Qayta tiklanadigan energiyalarning tizimga kirishi elektr tarmog'ining barqarorligini ta'minlash uchun yangi boshqaruv strategiyalarini talab qiladi. Infratuzilma yangilanishi. Energiya ishlab chiqarish va taqsimlash infratuzilmasini yangilash zarurati, chunki eski tizimlar qayta tiklanadigan energiya manbalarini qo'llabquvvatlamaydi. Regulyatorlar va siyosat. Qayta tiklanadigan energiyalarga o'tish uchun samarali regulyatorlar va siyosatlar kerak. Atrof-muhitga ta'sir. Qayta tiklanadigan energiya manbalari chiqindilarni kamaytiradi va iqlim o'zgarishini sekinlashtiradi. Iqtisodiy imkoniyatlar. Yangi ish o'rinlari yaratish, mahalliy iqtisodiyotlarni rivojlantirish imkoniyatlarini keltirib chiqaradi. Energiya mustaqilligini oshirish. Mahalliy qayta tiklanadigan resurslardan foydalanish orqali mamlakatlar energetik mustaqillikka erishishi mumkin. Texnologik innovatsiyalar: Qayta tiklanadigan energiya sohasidagi innovatsiyalar yangi texnologiyalar va yechimlarni ishlab chiqishga olib kelmoqda. Qayta tiklanadigan energiyalarni integratsiyasi nafaqat ekologik masalalarni hal qilishda yordam beradi, balki iqtisodiy rivojlanishni ham qo'llab-quvvatlaydi. Buning uchun yaxshi rejalashtirilgan strategiyalar va zamonaviy texnologiyalar zarurdir. Energiyani diversifikatsiya qilish va barqaror rivojlanishga erishish yo'lida harakat qilish muhimdir.

Matematik yondashuvlar orqali energiya tizimlarini modellash, ularni samarali boshqarishni ta'minlaydi. *Taklif etilgan metodologiyalar quyidagilarni o'z ichiga oladi:*

- Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni kengaytirish;
- Energiya iste'molini monitoring qilish va prognozlash;
- Innovatsion texnologiyalarni joriy etish orqali samaradorlikni oshirish.
- Interdisiplinar Tadqiqotlar O'tkazish: Matematik modellashtirish va energetika sohasida interdisiplinar tadqiqotlar olib borilishi zarur, bu orqali yangi innovatsion yechimlar ishlab chiqilishi mumkin.

- Amaliy Dasturlarni Rivojlantirish: Olingan natijalarni amaliyotga tadbiq etish uchun dasturiy ta'minot ishlab chiqishni taklif etamiz, bu esa mutaxassislariga samarali qarorlar qabul qilishda yordam beradi.

- Ta'lim Programmasini Yangilash: Energiya muammolarini hal etishda matematik yondashuvlarning ahamiyatini tushuntiruvchi ta'lim dasturlarini yangilab borish lozim.

- Yangi Texnologiyalarni Joriy Etish: Yangi texnologiyalar va metodologiyalarni joriy etish orqali energetika tizimlarini yanada samarali boshqarishga e'tibor qaratilishi kerak.

- Ommaviy Axborot Tizimlari bilan Integratsiya: Energetik ma'lumotlarni yig'ish va tahlil qilishda ommaviy axborot tizimlarini qo'llab-quvvatlash va integratsiyalash muhimdir.

Natijalar:

- Matematik Modellash: Energetik tizimlarni tahlil qilishda matematik modellarni qo'llash orqali muammolarni aniqlash va yechishning samaradorligi oshdi. Bu yondashuv energiya sarfini optimallashtirishga yordam beradi.

- Simulyatsiya Natijalari: Turli energetik tizimlar uchun simulyatsiya natijalari, masalan, quyosh energiyasi, shamol energiyasi yoki boshqa qayta tiklanuvchi manbalardan foydalanishda, iqtisodiy jihatdan foydali yechimlarni topishga imkon berdi.

- Resurslarni Tejash: Matematik modellar yordamida resurslardan foydalanishni optimallashtirish orqali energetik sarf-xarajatlarni kamaytirish mumkinligi aniqlandi.

- Sustainability: Energiya ta'minoti va iste'moli o'rtasidagi muvozanatni saqlab qolish uchun matematik yondashuvlar orqali barqaror rivojlanishni ta'minlash imkoniyatlari ko'rsatildi.

Ushbu natijalar va takliflar maqola kontekstida energiya muammolarini matematik yondashuv bilan yechishga qaratilgan asosiy fikrlarni ifodalaydi.

XULOSA.

Matematik yondashuv energetik muammolarni hal qilishda asosiy vositalardan biridir. U energetik tizimlarni samarali boshqarish va barqaror energiya ta'minotini ta'minlashga imkon beradi. Kelajakda sun'iy intellekt va mashina o'rganish usullarini qo'llash energetika sohasida yangi istiqbollar ochadi. Qayta tiklanadigan energiyalarni integratsiyasi nafaqat ekologik masalalarni hal qilishda yordam beradi, balki iqtisodiy rivojlanishni ham qo'llab-quvvatlaydi. Buning uchun yaxshi rejalashtirilgan strategiyalar va zamonaviy texnologiyalar zarurdir. Energiyani diversifikatsiya qilish va barqaror rivojlanishga erishish yo'lida harakat qilish muhimdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Abdullayev B.B., Karimov A.A. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari va ularning energetika tizimidagi o'rni. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021.
2. Ahmed R., Li H., Zhang Y. Integration of Renewable Energy Sources into Power Grids. – Springer, 2020.
3. Ackermann T. Wind Power in Power Systems. – John Wiley & Sons, 2019.

4. IEA (International Energy Agency). Renewables 2023: Analysis and Forecasts. – Paris, 2023.
5. Gonen T. Electric Power Distribution Engineering. – CRC Press, 2020.
6. Lasseter R.H. Microgrids and Smart Grids: Innovations in Power Systems. IEEE Power Engineering Society, 2018.
7. Mohandes M., Rehman S. Artificial Intelligence Applications in Renewable Energy Systems. – Elsevier, 2021.
8. Lund H. Renewable Energy Systems: A Smart Energy Systems Approach. – Academic Press, 2022.
9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining ****“Qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”**gi qarorlari va farmonlari.** – Toshkent, 2019–2024 yillar.
10. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. O‘zbekiston energetika tizimini rivojlantirish strategiyasi. – Toshkent, 2022.
11. IEEE. Smart Grid Standards and Applications. – IEEE Publications, 2021.
12. REN21. Renewables Global Status Report. – Paris, 2023.