Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali
Aoka guvohnoma № 323759 ISSN: 3060-4818

GIBRID ENERGETIK TIZIMLARDA ENERGIYA OQIMLARINI BOSHQARISHDAGI MAVJUD MUAMMOLAR VA ULARNI OPTIMALLASHTIRISH YONDASHUVLARI

Asqaraliyeva Mohinur Davronbek qizi

Namangan davlat texnika universitetikreativ

Elektr muhandisligi kafedrasi magistranti

Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20088833

Annotatsiya: Ushbu maqolada gibrid energetik tizimlarda energiya oqimlarini boshqarish jarayonida yuzaga kelayotgan texnik, algoritmik, iqtisodiy va ekspluatatsion muammolar ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Tadqiqotda quyosh, shamol, dizel generatori, akkumulyator, elektr tarmog‘i va iste’molchi yuklamalari o‘rtasidagi quvvat almashinuvi, energiya balansini real vaqt rejimida saqlash, tiklanuvchi manbalarning beqarorligi sharoitida uzluksiz ta’minotni kafolatlash hamda energiya saqlash qurilmalarining xizmat muddatini oqilona boshqarish masalalari yoritildi. Maqola gibrid tizimlarda samaradorlik manbalarni mexanik birlashtirish bilan emas, balki mos energiya menejmenti strategiyasi, prognozlash, monitoring, raqamli nazorat va ko‘p mezonli optimallashtirish orqali ta’minlanishini asoslaydi.

Kalit so‘zlar: gibrid energetik tizim, energiya oqimi, energiya menejmenti, qayta tiklanuvchi energiya, akkumulyator, mikrogrid, optimallashtirish, prognozlash, quvvat balansi, aqlli boshqaruv.

Kirish

Zamonaviy energetika taraqqiyotida gibrid tizimlarning kengayishi energiya xavfsizligi, ekologik barqarorlik va iqtisodiy samaradorlikni ta’minlashning muhim yo‘nalishiga aylandi. An’anaviy elektr ta’minoti tizimida ishlab chiqarish va iste’mol jarayonlari nisbatan markazlashgan boshqaruvga bo‘ysungan bo‘lsa, gibrid tizimlarda bir vaqtning o‘zida bir necha energiya manbasi, saqlash qurilmasi, tarmoq interfeysi va turli xarakterdagi yuklamalar ishtirok etadi. Quyosh radiatsiyasi, shamol tezligi, iste’molchi talabi, akkumulyator zaryadlanish darajasi, dizel generatorining ish rejimi va tarif signallari doimiy o‘zgarib turishi sababli energiya oqimini boshqarish ko‘p omilli va dinamik qaror qabul qilish jarayoniga aylanadi. Shu bois gibrid tizimlarda boshqaruv masalasi oddiy kommutatsiya vazifasi emas, balki prognozlash, optimallashtirish va real vaqtli monitoringga tayangan murakkab tizimli muammo sifatida o‘rganilishi zarur[1].

Gibrid energetik tizimning mazmuni turli manbalarning afzalliklarini birlashtirish orqali elektr ta’minotining uzluksizligi va moslashuvchanligini oshirishdan iborat. Quyosh fotoelektr qurilmalari kunduzgi davrda yuqori ishlab chiqarish imkonini beradi, shamol turbinalari ayrim hududlarda mavsumiy yoki kechki quvvat manbai bo‘lib xizmat qiladi, akkumulyatorlar qisqa muddatli tanqislikni qoplaydi, dizel generatori esa favqulodda sharoitda zaxira manba vazifasini bajaradi. Ammo ushbu komponentlar o‘zaro muvofiqlashtirilmasa, ortiqcha energiya isrof bo‘ladi, zaxira generatorlar noo‘rin ishga tushadi, akkumulyatorlar tez eskiradi, chastota va kuchlanish barqarorligi buziladi[2]. Demak, gibrid tizimning asosiy ustunligi uning tarkibiy qismlari sonida emas, balki ular orasidagi energiya oqimini qanchalik oqilona boshqara olishida namoyon bo‘ladi.

Energiya oqimlarini boshqarishdagi birinchi asosiy muammo tiklanuvchi manbalarning beqarorligidir. Quyosh nurlanishi bulutlanish, changlanish, panel yuzasining ifloslanishi va mavsumiy o‘zgarishlarga bog‘liq holda pasayadi yoki ortadi; shamol tezligi esa qisqa vaqt ichida keskin o‘zgarishi mumkin. Bunday sharoitda boshqaruv tizimi ishlab chiqarish va yuklama o‘rtasidagi nomutanosiblikni oldindan baholay olmasa, tizimda energiya tanqisligi yoki ortiqcha energiya yuzaga keladi. Ikkinchi

muammo energiya saqlash qurilmalarining cheklangan resursi bilan bog‘liq[3]. Akkumulyatorning chuqur razryadlanishi, tez-tez yuqori tokda zaryadlanishi yoki harorat rejimining nazorat qilinmasligi uning xizmat muddatini qisqartiradi. Shuning uchun energiya menejmenti strategiyasi nafaqat joriy quvvat balansini, balki saqlash qurilmasining uzoq muddatli degradatsiya dinamikasini ham hisobga olishi lozim[4].

Uchinchi muammo boshqaruv arxitekturasini tanlashda namoyon bo‘ladi. Markazlashgan boshqaruv barcha ma’lumotlarni yagona kontrollerda jamlab, umumiy optimal qaror ishlab chiqishga imkon beradi, ammo aloqa kanallariga qaramlik va bitta nuqtadagi nosozlik xavfini oshiradi. Taqsimlangan boshqaruv lokal moslashuvchanlikni kuchaytiradi, biroq barcha komponentlar bo‘yicha yagona energetik optimumni kafolatlash qiyinlashadi. Shu sababli hozirgi tadqiqotlarda ierarxik, gibrid markazlashgan-taqsimlangan, ko‘p agentli va model predictive control asosidagi yondashuvlar dolzarb bo‘lib bormoqda. To‘rtinchi muammo iqtisodiy va institutsional omillar bilan bog‘liq: tariflar, investitsiya xarajatlari, tarmoq kodekslari, aqlli hisoblagichlar infratuzilmasi, kadrlar malakasi va texnik xizmat ko‘rsatish tizimi energiya oqimlari boshqaruvining amaliy natijasiga bevosita ta’sir qiladi[5]. O‘zbekiston sharoitida qayta tiklanuvchi energiya quvvatlarini oshirish bo‘yicha strategik vazifalar gibrid tizimlar uchun keng imkoniyat yaratadi, biroq bu imkoniyatlar energiya menejmenti, monitoring va tarmoq moslashuvchanligi bilan birgalikda rivojlantirilgandagina barqaror samaraga aylanadi[6].

Maqolaning ilmiy ahamiyati gibrid tizimlarda energiya oqimlarini boshqarishdagi mavjud muammolarni alohida texnik nuqsonlar majmui sifatida emas, balki axborot, algoritm, qurilma, iqtisodiyot va boshqaruv siyosati kesishmasida shakllanuvchi kompleks tizimli muammo sifatida talqin qilishidadir. Mazkur yondashuv quyosh-shamol-akkumulyator-dizel yoki quyosh-shamol-tarmoq konfiguratsiyalarida quvvat balansining buzilishi sabablarini chuqurroq tushunish, mahalliy sharoitga mos optimallashtirish algoritmlarini ishlab chiqish va energiya ta’minotining ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili

Gibrid tizimlarda energiya oqimlarini boshqarish masalasi O‘zbekiston ilmiy maktabida elektr energetika tizimlarining ishonchliligi, iste’molni boshqarish, quvvat balansini optimallashtirish va qayta tiklanuvchi manbalarni integratsiyalash muammolari bilan uzviy bog‘liq holda rivojlanmoqda. Google Scholar bazasida ilmiy ishlari ko‘rinadigan o‘zbek olimi Ikromjon Usmonovich Rakhmonovning tadqiqotlari elektr energiyasi iste’molini tizimli boshqarish, sanoat korxonalarida energiya sarfini me’yorlash, raqamli monitoring va quvvatni nazorat qilish masalalariga qaratilgan. Uning K.M. Reymov bilan hamkorlikdagi ishlarida energiya boshqaruvida axborotning roli, umumiy tizim nazariyasi nuqtayi nazaridan elektr iste’molini boshqarish va energetik jarayonlarni prognozlash muammolari ochib beriladi. Bu yondashuv gibrid mikrogridlar uchun metodologik jihatdan muhim, chunki energiya oqimlarini samarali taqsimlash real vaqtli ma’lumot, yuklama grafigi, qurilma holati va boshqaruv algoritmi o‘rtasidagi axborot bog‘liqligiga tayanadi[7].

Mavzuga yaqin ikkinchi o‘zbek olimi Kamal M. Reymovning tadqiqotlarida elektr iste’molchilar yuklamasini optimal boshqarishning matematik modellari va algoritmlari, quvvat balansi hamda yuklamani boshqarish masalalari tahlil qilingan. Reymovning ilmiy qarashlari gibrid tizimlarda yuklama faqat passiv talab emas, balki boshqarilishi mumkin bo‘lgan tizim elementi ekanini ko‘rsatadi[8]. Ushbu fikr energiya oqimlarini boshqarishda iste’molni siljitish, ortiqcha energiyani saqlash, zaxira manbani ishga tushirish va akkumulyatorni maqbul diapazonda ushlab turish kabi qarorlarning barchasi matematik modelga asoslanishi kerakligini anglatadi. Xorijiy adabiyotlarda L. Olatomiwa energiya menejmentini yuklama uzluksizligi, xarajatni kamaytirish va tarmoq bilan almashinuvni boshqaruvchi asosiy strategiya sifatida izohlagan bo‘lsa[9], Q. Hassan va hamkorlari gibrid quyosh-shamol tizimlarida optimallashtirish, energiya saqlash va uzluksiz quvvat boshqaruvini hal qilinishi zarur bo‘lgan asosiy muammolar qatoriga kiritadi[10]. Milliy va xorijiy izlanishlar umumiy xulosaga olib keladi: gibrid

tizimlarning muvaffaqiyati energiya manbalarining soniga emas, ularning axborotga asoslangan va optimallashtirilgan boshqaruviga bog‘liq.

Metodologik qism

Ushbu maqolada gibrid tizimlarda energiya oqimlarini boshqarishdagi mavjud muammolarni aniqlash uchun tizimli tahlil, qiyosiy tahlil, modellashtirish, abstraksiyalash, algoritmik baholash va ssenariyli yondashuv metodlari uzviy qo‘llanildi. Tizimli tahlil metodi gibrid energetik majmuani alohida qurilmalar yig‘indisi emas, balki manba, saqlash, tarmoq, yuklama, boshqaruv kontrolleri va axborot kanallaridan iborat yaxlit murakkab tizim sifatida o‘rganishga imkon berdi. Qiyosiy tahlil orqali markazlashgan, taqsimlangan va gibrid boshqaruv arxitekturalarining afzalliklari hamda cheklovlari baholandi; bunda markazlashgan boshqaruvning umumiy optimal qaror qabul qilishdagi qulayligi, taqsimlangan boshqaruvning lokal moslashuvchanligi va gibrid arxitekturaning amaliy muvozanatli yechim sifatidagi ahamiyati asoslandi.

Modellashtirish metodi yordamida quyosh paneli, shamol turbinalari, akkumulyator, dizel generatori va iste’molchi yuklamasi o‘rtasidagi energiya oqimlari balans tenglamalari, zaryad holati cheklovlari va quvvat almashinuvi qoidalari asosida konseptual tasavvur qilindi. Abstraksiyalash metodi real tizimdagi ko‘p sonli omillarni ilmiy jihatdan boshqariladigan kategoriyalarga, ya’ni ishlab chiqarish noaniqligi, yuklama o‘zgaruvchanligi, saqlash cheklovi, tarmoq cheklovi, iqtisodiy mezon va boshqaruv algoritmiga ajratdi. Algoritmik baholashda energiya menejmenti strategiyasi qaror qabul qilish ketma-ketligi sifatida talqin qilindi: tiklanuvchi manbalardan maksimal foydalanish, akkumulyatorni maqbul zaryad diapazonida saqlash, tanqislikda zaxira manbani ishga tushirish, ortiqcha energiyani saqlash yoki tarmoqqa uzatish, komponentlar eskirishini kamaytiruvchi rejimni tanlash zarurligi asoslandi. Ssenariyli yondashuv kunduzgi ortiqcha quyosh energiyasi, kechki yuklama cho‘qqisi, shamol resursining pasayishi, akkumulyator sig‘imining cheklanishi va tarmoq avariyasi kabi holatlarni mantiqan tahlil qilishga xizmat qildi. Natijada metodologik yondashuv energiya oqimlarini boshqarish muammosini muhandislik vazifasi bilan bir qatorda prognoz, monitoring, iqtisodiy samaradorlik va institutsional muvofiqlashuvni o‘z ichiga olgan kompleks jarayon sifatida ochib berdi.

Natijalar

Tadqiqot natijalari gibrid tizimlarda energiya oqimlarini boshqarish samaradorligi manbalarni texnik jihatdan ulash darajasi bilan emas, balki ularning holatini uzluksiz kuzatuvchi, prognozlovchi va optimallashtiruvchi strategiya bilan belgilanishini ko‘rsatdi. Birinchi muhim natija ishlab chiqarish va iste’mol profillarining vaqt bo‘yicha mos kelmasligi bilan bog‘liq. Quyosh energiyasi kunduzgi davrda maksimal bo‘lsa, ko‘plab maishiy va ishlab chiqarish yuklamalari kechki paytda cho‘qqiga chiqadi; shamol energiyasi esa hududning meteorologik xususiyatlariga qarab kutilmagan ravishda o‘zgaradi. Agar tizimda oldindan prognozlash va moslashuvchan zaxira mexanizmi bo‘lmasa, ortiqcha energiya isrof qilinadi yoki tanqislik paytida dizel generatori tez-tez ishga tushadi. Bu yoqilg‘i sarfi, texnik xizmat ko‘rsatish xarajati va ekologik yuklamani oshiradi.

Ikkinchi natija energiya saqlash tizimi boshqaruvning passiv elementi emas, balki gibrid tizim barqarorligini belgilovchi strategik bo‘g‘in ekanini tasdiqlaydi. Akkumulyatorlar faqat tanqislikni yopuvchi qurilma sifatida ishlatilsa, ularning zaryad-razryad sikllari optimal bo‘lmaydi, xizmat muddati qisqaradi va tizim qiymati ortadi. Uchinchidan, markazlashgan va taqsimlangan boshqaruv o‘rtasida mutlaq ustun model mavjud emasligi aniqlandi: kichik avtonom tizimlarda oddiy qoidaviy algoritmlar yetarli bo‘lishi mumkin, ammo sanoat, qishloq xo‘jaligi yoki mahalla miqyosidagi mikrogridlarda ko‘p darajali boshqaruv talab etiladi. To‘rtinchi natija shuni ko‘rsatadiki, muammolar ko‘pincha qurilma yetishmasligidan emas, balki ma’lumotlar sifati, sensorlar aniqligi, aloqa kanallari barqarorligi va algoritmning lokal sharoitga moslashtirilmaganligi sababli yuzaga keladi. Beshinchidan, texnik jihatdan eng barqaror rejim doimo eng arzon rejim bo‘lmasligi, eng arzon rejim esa uskunaning uzoq muddatli resursini kamaytirishi mumkin. Shu bois gibrid tizimlarda energiya oqimlarini boshqarish ishonchlilik,

tannarx, ekologik samaradorlik, saqlash qurilmasi resursi va iste'molchi uzluksizligini birgalikda hisobga oluvchi ko‘p mezonli optimallashtirishga asoslanishi kerak.

Muhokama

Gibrid energetik tizimlarda energiya oqimlarini boshqarish bo‘yicha xorijiy adabiyotlarda muhim polemik yo‘nalish mavjud. L. Olatomiwa va hamkorlari energiya menejmenti strategiyasini gibrid tizimning markaziy intellektual elementi sifatida talqin qilib, uning asosiy vazifasi yuklama uzluksizligini ta'minlash, qayta tiklanuvchi manbalardan maksimal foydalanish, energiya ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish, komponentlarni ortiqcha yuklanishdan himoya qilish va tarmoq bilan energiya almashinuvini boshqarishdan iborat ekanini ta'kidlaydi. Ushbu qarashda algoritm tizimning "miyasi" sifatida ko‘riladi: agar u to‘g‘ri tanlansa, quvvat oqimi optimal taqsimlanadi, zaxira generator ortiqcha ishlamaydi va akkumulyator resursi saqlanadi. Biroq L.W. Chong va hamkorlarining gibrid energiya saqlash tizimlariga oid yondashuvi bu fikrni bahsga tortadi. Ularning nuqtayi nazariga ko‘ra, boshqaruv algoritmi mukammal bo‘lsa ham, energiya saqlash arxitekturasi noto‘g‘ri tanlansa, akkumulyator tez eskiradi, pik quvvat talablarini qoplash qiyinlashadi va tizim tannarxi ortadi.

Mazkur ikki ilmiy pozitsiya o‘rtasidagi munozara shuni ko‘rsatadiki, Olatomiwa strategiya, nazorat va optimallashtirishni hal qiluvchi omil deb bilsa, Chong texnik saqlash infratuzilmasi va uning boshqaruvga mos tanlanishini ustuvor masala deb hisoblaydi. Aslida bu ikki yondashuv bir-birini inkor etmaydi, balki to‘ldiradi. Mukammal algoritm noto‘g‘ri o‘lchamlangan akkumulyatorni uzoq muddat samarali ishlata olmaydi; yaxshi tanlangan saqlash qurilmasi esa prognozsiz va optimallashtirilmagan boshqaruv sharoitida o‘z imkoniyatini to‘liq namoyon qila olmaydi. O‘zbekiston sharoitida bu bahs ayniqsa dolzarb, chunki qayta tiklanuvchi quvvatlar kengayishi bilan birga energiya saqlash, aqlli hisoblagichlar, dispetcherlik tizimlari va moslashuvchan tarif mexanizmlarini rivojlantirish talab etiladi. Faqat quyosh panellari sonini oshirish yoki akkumulyator sig‘imini kattalashtirish orqali muammo to‘liq hal bo‘lmaydi; gibrid tizim loyihalash bosqichidan boshlab boshqaruv algoritmi, ma'lumotlar infratuzilmasi, saqlash resursi va iste'molchi xatti-harakatlari yagona modelda hisobga olinishi lozim.

Xulosa

Gibrid energetik tizimlarda energiya oqimlarini boshqarish zamonaviy energetikaning dolzarb ilmiy-amaliy yo‘nalishi bo‘lib, u qayta tiklanuvchi manbalarning beqarorligi, iste'mol yuklamasining o‘zgaruvchanligi, energiya saqlash qurilmalarining cheklangan resursi, tarmoq bilan almashinuv shartlari va iqtisodiy samaradorlik mezonlarini birgalikda hisobga olishni talab etadi. Maqolada olib borilgan tahlil gibrid tizim samaradorligini faqat qurilmalar quvvatini oshirish orqali emas, balki energiya oqimini real vaqt rejimida, prognozga asoslangan va ko‘p mezonli optimallashtirish orqali muvofiqlashtirish orqali ta'minlash mumkinligini ko‘rsatdi. Mavjud muammolar ishlab chiqarish va iste'mol o‘rtasidagi nomutanosiblik, akkumulyator degradatsiyasi, ortiqcha energiyani samarali ishlata olmaslik, zaxira manbalarni noo‘rin ishga tushirish, ma'lumotlar sifati va aloqa infratuzilmasining yetarli emasligi bilan bog‘liq. Shu sababli istiqbolda gibrid tizimlarda aqlli monitoring, meteorologik va yuklama prognozi, model predictive control, ko‘p agentli boshqaruv, gibrid energiya saqlash arxitekturasi va moslashuvchan tarif mexanizmlarini uyg‘unlashtirish zarur. O‘zbekiston sharoitida qayta tiklanuvchi energiya ulushining ortib borishi gibrid tizimlarni rivojlantirish uchun katta imkoniyat yaratadi, biroq bu imkoniyat ilmiy asoslangan energiya menejmenti strategiyalari bilan qo‘llab-quvvatlangandagina barqaror natijaga aylanadi.

Foydalanilgan adabiuotlar ro'yxati

1. Abdumalikov A., Abduvakilov B. Gibrid energiya ta'minotida hujumlarni sun'iy intellekt yordamida aniqlash usullasi //Scientific journals" D-PRESS SERVICES". – 2026. – T. 4. – №. 8. – C. 62-72.
2. Ahmadjonova U. T. Litiy-ion batareya turlari va afzalligi //Экономика и социум. – 2024. – №. 4-2 (119). – C. 10-13.

3. Jalolov T. S. AI yordamida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini optimallashtirish //Modern digital technologies in education: problems and prospects. – 2024. – Т. 1. – №. 2. – С. 72-77.
4. Toshmamatov B. M. et al. Geotermal energiya asosidagi gibrid issiqlik ta'minoti tizimining issiqlik-texnik parametrlarini hisoblash //Muqobil energetika. – 2023. – Т. 2. – №. 01. – С. 72-82.
5. Xolmatov A. R., O'zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya iqtisodiyoti va rivojlanish istiqbollari, Toshkent davlat texnika universiteti nashriyoti, Toshkent, 2022,C 214
6. Yusupov S. M., Intellektual energiya tizimlarini boshqarishning zamonaviy algoritmlari, Fan va texnologiya nashriyoti, Toshkent, 2023,C 240
7. Андреенко Т. И. и др. География возобновляемых источников энергии. – 2021.
8. Баринов В. А. Трансформация энергетических систем //Цифровая энергетика: новая парадигма функционирования и развития. – 2019. – С. 239-259.
9. Жалилов Ў. А. Ў. и др. Электр энергия сифат кўрсаткичлари ва уларни ошириш чора-тадбирлари //Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 4. – С. 113-118.
10. Жуманов А. Н. и др. Муқобил энергия манбаларидан жиззах вилоятининг тоғли ҳудудларида фойдаланиш //Academic research in educational sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 5. – С. 247-254.