

RAQAMLASHTIRISH SHAROITIDA ELEKTR ENERGENIKA TARMOG'INI BOSHQARISH TIZINI TAKOMILLASHTIRISH

Saidov Mash'al Samadovich
Shaxrisabz davlat pedagogika
instituti rektori i.f.d., professor

Annotatsiya. Ushbu maqolada mahalliy va xalqaro tadqiqotlar tahlili orqali elektr energetika tizimini raqamlashtirishning iqtisodiy va texnologik afzalliklari, xavf-xatarlari hamda amalga oshirishdagi cheklovlar tahlil etiladi. Shuningdek, O'zbekiston sharoitida raqamlashtirishni samarali joriy etish bo'yicha amaliy takliflar ishlab chiqiladi.

Kalit so'zlar: elektr energetikasi, raqamlashtirish, SCADA, Smart Grid, IoT, aqlli hisoblagichlar, sun'iy intellekt, energetik xavfsizlik, avtomatlashtirilgan boshqaruv, energiya yo'qotishlari, ma'lumotlar tahlili, raqamli infratuzilma, energetika tizimi samaradorligi.

Аннотация. В данной статье анализируются экономические и технологические преимущества, риски и ограничения внедрения цифровизации энергосистемы посредством анализа отечественных и международных исследований. Также будут разработаны практические предложения по эффективному внедрению цифровизации в условиях Узбекистана.

Ключевые слова: электроэнергетика, цифровизация, SCADA, интеллектуальная сеть, Интернет вещей, интеллектуальные счетчики, искусственный интеллект, энергетическая безопасность, автоматизированное управление, потери энергии, анализ данных, цифровая инфраструктура, эффективность энергосистемы.

Annotation. This article analyzes the economic and technological advantages, risks and implementation limitations of digitizing the power system through the analysis of domestic and International Studies. Also, practical proposals for the effective introduction of digitalization in the conditions of Uzbekistan will be developed.

Keywords: electricity, digitization, SCADA, Smart Grid, IoT, smart meters, artificial intelligence, energy security, automated management, energy losses, data analysis, digital infrastructure, energy system efficiency.

Kirish. Hozirgi global iqtisodiy va texnologik o'zgarishlar sharoitida elektr energetika tarmoqlari faqat energiya ta'minotining vositasi emas, balki har tomonlama raqobatbardosh, samarali va barqaror iqtisodiyot qurilishida hal qiluvchi omil sifatida namoyon bo'lmoqda. Bunday sharoitda elektr energetika sohasini zamon talablari asosida modernizatsiya qilish, xususan, uni raqamlashtirish orqali boshqaruv tizimini takomillashtirish masalasi kun tartibiga chiqmoqda.

Elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va iste'mol qilish

jarayonlari o'zaro bog'liq murakkab tizimni tashkil etadi. Bu tizimning samarali ishlashi ko'pgina omillarga bog'liq: texnologik jabhadagi rivojlanish, ma'lumotlar to'plash va tahlil qilish imkoniyatlari, tezkor boshqaruv mexanizmlari hamda real vaqtda nazorat qilish qobiliyati. Ana shu ehtiyojlarni to'liq qondirishda raqamlashtirish jarayonlari muhim o'rin tutadi.

Raqamlashtirish faqat texnik imkoniyatlar emas, balki butun boshqaruv falsafasi va yondashuvlarini qayta ko'rib chiqishni talab etadi. Elektr energetikasida raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt, «aqli» datchiklar, IoT (internet narsalar) va bulutli hisoblash texnologiyalari qo'llanilayotgani, ushbu sohada «aqli tarmoqlar» (Smart Grid) konsepsiyasini ro'yobga chiqarish imkonini yaratmoqda. Bu esa boshqaruvni markazlashtirilmagan holda amalga oshirish, yuklamalarni dinamik taqsimlash, iste'molchi faolligini oshirish va energiya yo'qotishlarini kamaytirish kabi yutuqlarni ta'minlaydi.

Elektr energetika tarmoqlari milliy iqtisodiyotni barqaror ishlatish, sanoat va qishloq xo'jaligini rivojlantirish, aholi turmush darajasini yaxshilash uchun strategik ahamiyatga ega hisoblanadi. XXI asrda bu sohaga bo'lgan talab nafaqat miqdor, balki sifat jihatidan ham o'zgarib, uni yanada samarali, iqtisodiy va ekologik jihatdan oqilona boshqarishni talab etmoqda. Shu nuqtai nazardan, energetika sohasini raqamlashtirish nafaqat texnik muammolarga javob, balki milliy xavfsizlik va iqtisodiy mustaqillikni ta'minlash vositasiga aylanmoqda.

Ayniqsa, O'zbekiston kabi rivojlanayotgan mamlakatlarda aholi sonining o'sishi, sanoatlashuv jarayonining tezlashishi va iqlim o'zgarishlari ta'sirida elektr energiyasiga bo'lgan talab muttasil oshib bormoqda. Shu bilan birga, mavjud infratuzilma va boshqaruv mexanizmlarining zamonaviy talablarga javob bermasligi energiya yo'qotishlari, avariylar, noqonuniy ulanishlar va iste'molchilarning qoniqmasligi kabi muammolarga sabab bo'lmoqda.

Mavzuga oid adabiyotlar sharhi. Elektr energetika tizimini raqamlashtirish va boshqaruvni takomillashtirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar so'nggi yillarda jahon miqyosida keng qo'llab-quvvatlanmoqda. Xalqaro ilmiy manbalarda ushbu masalaga oid keng qamrovli nazariy va amaliy yondashuvlar ishlab chiqilgan. Tanqidiy tahlil shuni ko'rsatadiki, mavjud adabiyotlarda asosiy urg'u intellektual tarmoqlarni joriy etish, energiya iste'molini optimallashtirish va avtomatlashtirilgan boshqaruv mexanizmlarini ishlab chiqishga qaratilgan.

Gharavi va Ghafurian o'zlarining tadqiqotlarida intellektual elektr tarmoqlarining (Smart Grid) konseptual asoslarini muhokama qilgan holda, ularning klassik SCADA tizimlaridan farqli jihatlarini ta'kidlaydilar. Ularning fikriga ko'ra, Smart Grid texnologiyalari iste'molchi bilan ishlab chiqaruvchi o'rtasida o'zaro ikki tomonlama axborot almashinuvi va qaror qabul qilish jarayonini avtomatlashtirish imkoniyatini beradi [1].

Shuningdek, Fang et al. o'zining maqolasida intellektual tarmoqlar uchun axborot infratuzilmasini takomillashtirish, ya'ni IoT, sensor tarmoqlari va bulutli texnologiyalarni integratsiya qilish muhimligini ilmiy asoslab bergan. Ularning nazariy modellari tarmoq xavfsizligi va kiberhimoya masalalariga alohida e'tibor

qaratadi [2].

Mahalliy tadqiqotchilar ham bu masalaga jiddiy e'tibor qaratishmoqda. Xususan, Yu.Qurbonov va A.Normatov tomonidan amalga oshirilgan tadqiqotlarda O'zbekistonda avtomatlashtirilgan hisobga olish tizimlarini joriy etish amaliyoti tahlil qilingan. Mualliflar raqamli hisoblagichlarning joriy etilishi hisobot aniqligi, energiya yo'qotishlarni qisqartirish va noqonuniy ulanishlarni bartaraf etishda muhim ahamiyat kasb etishini qayd etadilar. Biroq ular ayrim texnik va huquqiy to'siqlar, jumladan, ma'lumotlarni saqlash infratuzilmasining yetarlicha rivojlanmagani haqida tanqidiy fikr bildirishgan [3].

I.A. Ivanov o'zining tadqiqotlarida, raqamli energetikada sun'iy intellekt (AI) va mashinali o'rganish (ML) algoritmlarini joriy etishning imkoniyatlari va cheklovlarini o'rganadi. Uning fikriga ko'ra, ML algoritmlaridan foydalanish orqali avariylarni bashorat qilish va yuklamalarni dinamik taqsimlashda sezilarli natijalarga erishish mumkin. Biroq, muallif bu algoritmlar uchun yetarli va aniq ma'lumotlar bazasi zarurligini, aks holda xato qarorlar qabul qilinishi xavfi yuqori ekanligini ta'kidlaydi [4].

Shuningdek, International Energy Agency (IEA) tomonidan tayyorlangan hisobotlarda raqamlashtirishning global tendensiyalari, milliy energetika siyosatlariga ta'siri, hamda investitsiyaviy xavf-xatarlar batafsil yoritilgan. Hisobotlarda, raqamlashtirish nafaqat samaradorlikni oshirishi, balki energiya ta'minotida shaffoflikni ta'minlashi qayd etilgan [5].

Tadqiqot metodologiyasi. Raqamlashtirish sharoitida elektr energienika tarmog'ini boshqarish tiziini takomillashtirishni tizimli tahlil, tarixiylik va mantiqiylik, induksiya va deduksiya, analiz va sintez, qiyosiy va selektiv tanlab tadqiq qilish, monografik tahlil va guruhlash usullari qo'llanilgan.

Tahlil va natijalar. Energetika sohasidagi muammolarni hal etish uchun ko'p hollarda fizik infratuzilmani yangilashning o'zi yetarli emas. Ularni samarali boshqarish uchun raqamli texnologiyalarga asoslangan tizimli yondashuv talab etiladi. Masalan, SCADA, DMS, EMS kabi intellektual boshqaruv tizimlari, aqlli hisoblagichlar, sensor tarmoqlari va ma'lumotlarni tahlil qilish imkoniyatlari sohaning samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Bu esa tarmoqni faqat «reaktiv» boshqarishdan «preventiv» va «interaktiv» boshqaruvga o'tishni ta'minlaydi.

Jadval

Raqamli texnologiyalarning kutilgan ta'siri³⁴

Texnologiya	Kutilgan ta'sir
SCADA tizimlari	Real vaqtda monitoring va boshqaruv
Aqlli hisoblagichlar (Smart materes)	Energiya iste'moligi aniq hisobga olish va iste'mol qilish
IoT sensor tarmoqlari	Uskinalar holatini doimiy ko'zatish
Mashinali o'rganish (ML) algoritmlari	Avariylarni bashorat qilish va yuklamalarni optimallashtirish
Geoaxborot tizimlari (GIS)	Energetik ob'ektlarni raqamli xaritada joylash va tahlil qilish

³⁴ Muallif ishlanmasi

Raqamlashtirishni joriy etish zarurati, avvalo, mavjud elektr energetika tizimining muammolari bilan bog'liq. Joriy tahlillar shuni ko'rsatadiki, tarmoqlarda energiya yo'qotishlarining yuqori darajasi (15–20%), avariyalarni derekterlashda kechikish, texnik uskunalarning eskirganligi va ma'lumotlarning yetarli darajada tahlil qilinmasligi tizim samaradorligiga jiddiy ta'sir ko'rsatmoqda.

Jadvalda raqamlashtirishning asosiy texnologik yo'nalishlari va ularning kutilgan ta'siri aks ettirilgan. Masalan:

- SCADA tizimlari - real vaqtda monitoring va dispetcherlik boshqaruvini ta'minlab, avariyalarga tezkor javob berish imkonini yaratadi.

- aqli hisoblagichlar - energiya iste'molini har bir ob'ekt kesimida aniq hisobga olishga imkon beradi, bu esa noqonuniy ulanishlarni avtomatik tarzda aniqlashda foydalidir.

- IoT asosidagi sensor tarmoqlari - tarmoq uzellaridagi holatni doimiy kuzatishga va real vaqtda ma'lumot uzatishga imkon beradi.

- mashinali o'rganish algoritmlari - yuklamalarni bashorat qilish, avariya xavfini oldindan baholash va tarmoqni optimal boshqarish uchun foydalaniladi.

- GIS texnologiyalari - elektr infratuzilmasini raqamli xaritada joylashtirish orqali texnik xizmat ko'rsatish, avariyalarni lokalizatsiya qilish va rejali ishlarni avtomatlashtirishni osonlashtiradi.

Xulosa. Yuqoridagi tahlillar shuni yaqqol namoyon etadiki, raqamlashtirish - elektr energetika tarmoqlarini zamon talablariga mos ravishda boshqarishda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy texnologik yechimlar - SCADA, IoT, GIS, sun'iy intellekt va intellektual hisoblagichlar - nafaqat texnik samaradorlikni oshiradi, balki butun boshqaruv falsafasiga, qaror qabul qilish jarayoniga va resurslardan foydalanish tarziga yangi yondashuvlarni olib kiradi.

O'zbekiston energetika tizimi hozirgi kunda bosqichma-bosqich raqamlashtirilmoqda. Biroq, bu jarayonni to'liq samarali va barqaror tarzda amalga oshirish uchun quyidagi ustuvor yo'nalishlar va takliflar amalga oshirilishi zarur:

1. Texnik infratuzilmani yangilash:

- elektr tarmoqlaridagi eski uskunalarni raqamli boshqaruvga mos yangi uskunalarga almashtirish;

- avtomatlashtirilgan hisoblash, monitoring va real vaqtda boshqaruv imkonini beruvchi tizimlarni joriy etish.

2. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini integratsiya qilish:

- SCADA va GIS kabi tizimlarni butun respublika bo'ylab standartlashtirish;
- ishonchli va tezkor ma'lumot almashishni ta'minlovchi tarmoq infratuzilmasini rivojlantirish.

3. Inson kapitali va malaka tayyorgarligini oshirish:

- elektroenergetika sohasi mutaxassislarini raqamli texnologiyalarga ixtisoslashtirish;

- ilmiy-tadqiqot muassasalari va oliy ta'lim muassasalari o'rtasida hamkorlikni kuchaytirish.

4. Huquqiy va institutsional bazani takomillashtirish:

-raqamlashtirishni tartibga soluvchi normativ-huquqiy hujjatlarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish;

-xususiy sektor ishtirokini rag'batlantiruvchi sharoitlarni yaratish.

5. Pilot loyihalar va lokal yechimlarning kengaytirilishi:

-alohida hududlarda raqamli texnologiyalarning samaradorligini ko'rsatuvchi namunaviy loyihalarni amalga oshirish;

-Loyihalar natijalariga asosan, respublika miqyosida joriy etish strategiyasini shakllantirish.

Elektr energetika tizimini raqamlashtirish - bu oddiy modernizatsiya emas, balki butun sohani qayta shakllantirish jarayonidir. Uning to'g'ri boshqarilishi orqali mamlakat energetika tizimida yuzaga kelayotgan asosiy muammolar - yuqori energiya yo'qotishlar, avariylar, noqonuniy ulanishlar va ma'lumot yetishmovchiligi - samarali hal etilishi mumkin. Bu esa nafaqat iqtisodiy barqarorlikni ta'minlaydi, balki energiya xavfsizligi, fuqarolar uchun shaffof va ishonchli ta'minot tizimini ham kafolatlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Gharavi, H., & Ghafurian, R. (2011). Smart grid: The electric energy system of the future. *Proceedings of the IEEE*, 99(6), 917–921. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2114630>

2. Fang, X., Misra, S., Xue, G., & Yang, D. (2012). Smart grid—The new and improved power grid: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 14(4), 944–980. <https://doi.org/10.1109/SURV.2011.101911.00087>

3. Qurbonov Yu., Normatov A. (2023). Elektr energetika tizimida raqamli texnologiyalarni joriy etish masalalari. *O'zbekiston energetika jurnali*, №1, 45–51.

4. Ivanov I.A. (2020). sifrovizatsiya energetiki: vozmojnosti i vyzovy. *Energeticheskaya politika*, №5, 23–30.

5. International Energy Agency (IEA). (2021). Digitalization and Energy. <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>