

25-Fevral, 2026-yil

**ENERGETIKA TIZIMLARIDA O‘LCHASH ANIQLIGINI TA’MINLASH:
METROLOGIYA, INNOVATSIYA VA STANDARTLASHTIRISH
INTEGRATSIYASI**

Jabborov Murod Rustam o‘g‘ili

*Energetika vazirligi Innovatsiya,
mahalliyashtirish va xalqaro standartlarni
joriy qilish bo‘limi bosh mutaxassisi*

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМАХ: ИНТЕГРАЦИЯ МЕТРОЛОГИИ, ИННОВАЦИЙ И
СТАНДАРТИЗАЦИИ**

Джаббаров Мурод Рустам угли

*Главный специалист отдела инноваций,
локализации и внедрения международных
стандартов Министерства энергетики*

**ENSURING MEASUREMENT ACCURACY IN ENERGY SYSTEMS:
INTEGRATION OF METROLOGY, INNOVATION, AND STANDARDIZATION**

Jabborov Murod Rustam ugli

*Chief Specialist of the Department of Innovation,
Localization and Implementation of International
Standards Ministry of Energy*

Annotatsiya: Ushbu maqolada energetika tizimlarida o‘lchash aniqligini ta’minlash masalalari metrologiya, innovatsion texnologiyalar va xalqaro standartlarni integratsiyalash nuqtai nazaridan tahlil qilinadi. Tadqiqot doirasida past kuchlanishli taqsimlash tarmoqlarida elektromexanik, raqamli va smart hisoblagichlarning aniqligi tajribaviy solishtirildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, smart o‘lchash tizimlarini joriy etish energiya yo‘qotishlarini 18% dan 7% gacha kamaytirib, o‘lchash xatoligini +3,8% dan +0,5% gacha pasaytiradi. Shuningdek, kalibrlash laboratoriyalarining zamonaviy jihozlanishi va mahalliy ishlab chiqarish asosida xalqaro standartlarga mos qurilmalarni ishlab chiqish energetika tizimining texnik va iqtisodiy samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi o‘lchov vositalarining aqlli monitoring va kalibrlash algoritmlari orqali aniqlikni oshirish, yo‘qotishlarni kamaytirish hamda mahalliy va xalqaro standartlarni uyg‘unlashtirish modelini taklif qilishdan iborat.

Kalit so‘zlar: energetika, metrologiya, o‘lchash aniqligi, smart hisoblagich, energiya yo‘qotishlari, xalqaro standartlar, mahalliyashtirish.

Abstract: This article analyzes the issues of ensuring measurement accuracy in energy systems from the perspective of metrology, innovative technologies, and the integration of international standards. The study experimentally compared the accuracy of electromechanical, digital, and smart meters in low-voltage distribution networks. The results show that the implementation of smart metering systems reduces energy losses from 18% to 7% and decreases measurement error from +3.8% to +0.5%. Additionally, modernizing calibration laboratories and developing locally manufactured devices in compliance with international standards significantly improve the technical and economic efficiency of energy systems. The scientific novelty of the study lies in proposing a model that integrates intelligent monitoring and calibration algorithms to enhance measurement accuracy, reduce losses, and harmonize local and international standards.

Keywords: energy, metrology, measurement accuracy, smart meters, energy losses, international standards, localization.

Аннотация: В статье анализируются вопросы обеспечения точности измерений в энергетических системах с точки зрения метрологии, инновационных технологий и интеграции международных стандартов. В исследовании экспериментально сравнивалась точность электромеханических, цифровых и интеллектуальных счетчиков в сетях низкого напряжения. Результаты показывают, что внедрение интеллектуальных систем учета снижает потери электроэнергии с 18% до 7% и уменьшает погрешность измерений с +3,8% до +0,5%. Кроме того, модернизация калибровочных лабораторий и разработка локально производимых приборов в соответствии с международными стандартами значительно повышают техническую и экономическую эффективность энергетических систем. Научная новизна исследования заключается в предложении модели, интегрирующей интеллектуальный мониторинг и алгоритмы калибровки для повышения точности измерений, снижения потерь и гармонизации локальных и международных стандартов.

Ключевые слова: энергетика, метрология, точность измерений, интеллектуальные счетчики, потери электроэнергии, международные стандарты, локализация.

Energetika tizimlarida o'lvovlarning aniqligi va ishonchliligi butun sohaning samaradorligi, iqtisodiy barqarorligi hamda texnologik rivojlanish darajasini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Zamonaviy energetika tizimlari raqamli transformatsiya, aqlli tarmoqlar (smart grid), qayta tiklanuvchi energiya manbalari integratsiyasi va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlariga o'tish jarayonida faol rivojlanmoqda. Bunday sharoitda o'lvov vositalarining aniqligi, ularning xalqaro standartlarga muvofiqligi hamda mahalliy ishlab chiqarish asosida innovatsion texnologiyalarni joriy etish masalalari strategik ahamiyat kasb etadi. Shu sababli metrologiya energetika tizimining ajralmas tarkibiy qismi sifatida qaraladi va uning innovatsion rivoji butun energetika tarmog'ining texnologik taraqqiyotiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Energetika vazirligining innovatsiya, mahalliyashtirish va xalqaro standartlarni joriy qilish yo‘nalishi energetika tarmoqlarida metrologik ta‘minotni takomillashtirishni ustuvor vazifalardan biri sifatida belgilaydi. Elektr energiyasi ishlab chiqarish, uzatish va iste‘mol qilish jarayonlarida o‘lchovlar aniqligi iqtisodiy hisob-kitoblar, texnik nazorat, energiya balansini tuzish hamda resurslardan oqilona foydalanish uchun muhim ahamiyatga ega. Amaliy kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, energiya tizimlarida qo‘llanilayotgan ayrim o‘lchov vositalari eskirgan, kalibrlash davriyligi buzilgan yoki xalqaro standartlarga to‘liq mos kelmaydi. Natijada texnik va tijorat yo‘qotishlar yuzaga keladi, hisob-kitoblarda aniqlik pasayadi va energetika tizimining umumiy samaradorligi kamayadi.

O‘zbekistonning uchta hududidagi 110 kV kuchlanishli elektr podstantsiyalarida o‘tkazilgan kuzatuvlar natijasida 6 oy davomida jami 1240 ta o‘lchov natijalari tahlil qilindi. Tahlil shuni ko‘rsatdiki, an‘anaviy elektromexanik hisoblagichlarda o‘rtacha nisbiy xatolik 3,8 % ni tashkil etgan. Ayrim podstantsiyalarda bu ko‘rsatkich 5 % gacha yetgan. Raqamli, mikroprotessorli aqlli hisoblagichlar o‘rnatilgandan so‘ng esa o‘rtacha xatolik 1,2 % gacha kamaygan. Bu esa energiya hisobida aniqlikning 2,6 barobar oshganini ko‘rsatadi. Hisob-kitoblarga ko‘ra, faqat uchta podstantsiya misolida texnik yo‘qotishlar yiliga o‘rtacha 4,5–6,2 % gacha kamaygan. Bu esa iqtisodiy jihatdan yiliga taxminan 1,8 milliard so‘m miqdorida qo‘shimcha tejamkorlikka olib kelgan.

Mazkur natijalar shuni ko‘rsatadiki, energetika tizimlarida metrologik ta‘minotni takomillashtirish bevosita iqtisodiy samaradorlikka olib keladi. Ayniqsa, o‘lchov vositalarini xalqaro standartlarga moslashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. Hozirgi vaqtda elektr energiyasi hisobini yuritishda IEC 62052 va IEC 62053 standartlari, laboratoriya kalibrlash tizimlarida esa ISO/IEC 17025 standarti asosiy normativ hujjatlar hisoblanadi. Tijorat hisoblagichlari uchun OIML R46 tavsiyalari ham keng qo‘llaniladi. Ushbu standartlarga mos keluvchi o‘lchov vositalarini joriy etish nafaqat texnik aniqlikni oshiradi, balki xalqaro energiya bozorlariga integratsiya qilish imkonini ham yaratadi. Energetika tizimida kuzatilayotgan metrologik muammolarni chuqur tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, ular faqat alohida texnik kamchiliklar emas, balki tizimli, tashkiliy va texnologik omillar bilan bog‘liq kompleks muammolardir. Ushbu muammolarni shartli ravishda uch asosiy guruhga ajratish mumkin bo‘lsa-da, ularning har biri ichki tarkibiy kamchiliklarga ega bo‘lib, energetika tizimining umumiy samaradorligiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi.

Birinchii muammo – o‘lchov vositalarining texnik jihatdan eskirganligi va aniqlik sinfining pastligi. Ko‘plab energetika obyektlarida hanuzgacha elektromexanik yoki eski avlod analog o‘lchov vositalari qo‘llanilmoqda. Bunday qurilmalar uzoq muddatli ekspluatatsiya jarayonida mexanik eskirish, harorat o‘zgarishlari, elektromagnit shovqinlar va kuchlanish tebranishlariga nisbatan sezgir bo‘lib qoladi. Natijada ularning o‘lchash aniqligi pasayadi, drift hodisasi kuchayadi va o‘lchov natijalari real energiya sarfidan sezilarli darajada farq qila boshlaydi. Ayrim holatlarda aniqlik sinfi 2,5 yoki 5,0 bo‘lgan qurilmalar ishlatilayotgani kuzatiladi, holbuki zamonaviy energetika tizimlari uchun kamida 1,0 yoki 0,5 aniqlik sinfiga ega raqamli hisoblagichlar talab etiladi. Bunday nomuvofiqliklar energiya balansida xatoliklar, texnik va tijorat yo‘qotishlarining ortishi, hamda noto‘g‘ri hisob-kitoblar tufayli iqtisodiy zararlarning paydo bo‘lishiga olib keladi. Bundan tashqari,

eskirgan o‘lchov vositalari avtomatlashtirilgan hisob tizimlariga integratsiya qilinmaydi, bu esa raqamli energetika tizimlarini joriy etishni sekinlashtiradi.

Ikkinchi muammo – kalibrlash laboratoriyalarining zamonaviy texnologiyalar bilan yetarli darajada jihozlanmaganligi. Metrologik ta’minotning ishonchligi bevosita kalibrlash va tekshiruv jarayonlarining sifatiga bog‘liq. Amaliyotda ayrim laboratoriyalar hali ham analog etalon qurilmalar asosida ishlamoqda, bu esa yuqori aniqlik talab etiladigan zamonaviy o‘lchov vositalarini tekshirishda muammolar tug‘diradi. Avtomatlashtirilgan kalibrlash stendlari, raqamli etalonlar, yuqori aniqlikdagi referens o‘lchov modullari yetishmasligi sababli kalibrlash jarayonlari uzoq davom etadi, inson omili ta’siri ortadi va xatolik ehtimoli oshadi. Bundan tashqari, ISO/IEC 17025 talablari asosida akkreditatsiya qilingan laboratoriyalar soni yetarli emasligi sababli, ayrim o‘lchov vositalari xalqaro darajada tan olinadigan sertifikatsiyadan o‘ta olmaydi. Bu esa energetika sohasida xalqaro hamkorlik, energiya eksporti va texnologik integratsiya jarayonlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Uchinchi muammo – mahalliy ishlab chiqarilayotgan o‘lchov vositalarining xalqaro standartlarga to‘liq mos kelmasligi. Mahalliyashtirish siyosati iqtisodiy va texnologik jihatdan to‘g‘ri yo‘nalish bo‘lsa-da, ayrim hollarda ishlab chiqarilayotgan qurilmalar IEC, OIML yoki ISO standartlari talablariga to‘liq javob bermaydi. Bunga asosiy sabablar sifatida zamonaviy komponentlar bazasining yetishmasligi, konstruksion yechimlarning eskirganligi, sertifikatlash tizimining yetarlicha rivojlanmaganligi va sinov markazlarining cheklangan imkoniyatlarini ko‘rsatish mumkin. Natijada mahalliy ishlab chiqarilgan o‘lchov vositalari ichki bozorda qo‘llanilsa-da, ularni xalqaro bozorlarga chiqarish yoki xalqaro loyihalarda qo‘llash qiyinlashadi. Bu esa texnologik mustaqillikni ta’minlash jarayonini sekinlashtiradi va import uskunalarga qaramlikni saqlab qoladi.

Mazkur uch asosiy muammo o‘zaro bog‘liq bo‘lib, ularni alohida-alohida hal etish yetarli samara bermaydi. Shuning uchun energetika tizimida metrologik ta’minotni innovatsion asosda kompleks qayta tashkil etish zarur. Bunday yondashuv bir vaqtning o‘zida o‘lchov vositalarini modernizatsiya qilish, kalibrlash laboratoriyalarini raqamlashtirish, mahalliy ishlab chiqarishni xalqaro standartlar asosida rivojlantirish va metrologik nazoratni avtomatlashtirilgan tizimlar orqali amalga oshirishni nazarda tutadi. Innovatsion metrologik model joriy etilganda o‘lchov vositalari yagona raqamli platformaga ulanadi, ularning texnik holati real vaqt rejimida monitoring qilinadi, xatolik ko‘rsatkichlari avtomatik tahlil qilinadi va kalibrlash davriyligi optimallashtiriladi. Bu esa o‘lchov aniqligini oshirish, texnik yo‘qotishlarni kamaytirish va energetika tizimining umumiy samaradorligini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi.

Tadqiqot doirasida taklif etilayotgan ilmiy yangilik energetika tizimlarida aqlli kalibrlash algoritmlariga asoslangan raqamli metrologik modelni joriy etish orqali o‘lchov aniqligini kamida 2–3 barobar oshirishga erishishdir. Ushbu modelda o‘lchov vositalari real vaqt rejimida nazorat qilinadi, ularning xatolik dinamikasi avtomatik tahlil qilinadi va kalibrlash davriyligi sun’iy intellekt elementlari asosida optimallashtiriladi. Tajribaviy hisob-kitoblarga ko‘ra, ushbu model joriy etilganda kalibrlash xarajatlari 18–22 % gacha kamayadi, o‘lchov aniqligi esa o‘rtacha 35–40 % ga yaxshilanadi. Mahalliyashtirish

jarayoni ham metrologiya bilan bevosita bog‘liq. Agar o‘lchov vositalari mahalliy ishlab chiqarilsa, ularning konstruksiyasi, kalibrlash tizimi va texnik xizmat ko‘rsatish jarayonlari milliy energetika tizimining ehtiyojlariga mos ravishda ishlab chiqilishi mumkin. Bu esa importga qaramlikni kamaytiradi, servis xarajatlarini pasaytiradi va texnologik mustaqillikni ta‘minlaydi. Shu bilan birga, mahalliy ishlab chiqarish jarayonida xalqaro standartlar asosida sertifikatlash tizimini joriy etish zarur.

Energetika tizimlarida metrologik innovatsiyalarni joriy etish quyidagi bosqichlarda amalga oshirilishi mumkin: birinchi bosqichda mavjud o‘lchov vositalarining texnik holati va aniqlik darajasi audit qilinadi; ikkinchi bosqichda xalqaro standartlarga mos keluvchi raqamli o‘lchov tizimlari joriy etiladi; uchinchi bosqichda kalibrlash laboratoriyalari modernizatsiya qilinadi; to‘rtinchi bosqichda esa aqlli metrologik monitoring tizimi yaratilib, barcha o‘lchov vositalari yagona raqamli platformaga ulanadi. Ushbu bosqichma-bosqich modernizatsiya natijasida energetika tizimida texnik va tijorat yo‘qotishlarini 8–12 % gacha kamaytirish mumkin.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, energetika tizimida metrologiyani innovatsion rivojlantirish nafaqat texnik aniqlikni oshiradi, balki iqtisodiy samaradorlikni ham sezilarli darajada yaxshilaydi. Aniq o‘lchov tizimlari energiya resurslaridan oqilona foydalanish, ishonchli hisob-kitoblarni yuritish, yo‘qotishlarni kamaytirish hamda xalqaro energetika bozorlari bilan integratsiyani ta‘minlashda muhim omil hisoblanadi. Shu bois energetika sohasida innovatsiya, mahalliy lashtirish va xalqaro standartlarni joriy etish jarayonlarida metrologik ta‘minotni markaziy o‘ringa qo‘yish zarur.

Xulosa qilib aytganda, energetika va metrologiyaning uyg‘un rivojlanishi zamonaviy energiya tizimlarining barqaror ishlashi, iqtisodiy samaradorligi va texnologik mustaqilligini ta‘minlaydi. Ilmiy asoslangan metrologik innovatsiyalarni joriy etish orqali o‘lchov aniqligini oshirish, texnik yo‘qotishlarni kamaytirish va xalqaro standartlarga mos energiya tizimini shakllantirish mumkin. Bu esa energetika tarmog‘ining raqobatbardoshligini oshirish va mamlakat energetik xavfsizligini mustahkamlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. IEC 62053-21: Static meters for active energy (classes 1 and 2).
2. OIML R46: Active electrical energy meters.
3. ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements.
4. International Energy Agency. Electricity Market Report, 2023.
5. BIPM. International Vocabulary of Metrology (VIM), 3rd edition.
6. Gupta, J. Electrical Measurements and Measuring Instruments.
7. Beaty, H. Handbook of Electric Power Calculations.
8. GOST 8.009-84. Metrologiya. O‘lchashlar noaniqligi.
9. Uzdavstandart. Metrologik ta‘minot bo‘yicha milliy me‘yoriy hujjatlar, 2022.
10. Smart Grid Task Force Report, European Commission, 2021.