

ZAMONAVIY AQLLI ENERGIYA BOSHQARUV YECHIMLARI ASOSIDA SANOATDA RESURS VA ENERGIYA TEJASH

Sotiboldiyev Abduraxmon Yuldashevich

Olmalik davlat texnika instituti

Elektrotexnika va elektromexanika kafedrası assistenti

Yo'ldoshov Ozodbek Nodirovich

Olmalik davlat texnika instituti, 15-23 EE guruhi talabasi

Annotatsiya

Sanoat jahon yakuniy energiya iste'molining katta qismini tashkil etadi, shu sababli energiya narxining oshishi va dekarbonizatsiya talablari sharoitida aqlli energiya boshqaruv tizimlari (EMS) muhim ahamiyat kasb etadi. Maqolada buyumlar interneti (IoT) datchiklari, aqlli hisoblagichlar, SCADA/EMS platformalari va sun'iy intellekt (AI/ML) analitikasiga asoslangan aqlli energiya boshqaruvining qatlamli arxitekturasida hamda asosiy texnologiyalari tahlil qilingan. ISO 50001 standarti doirasida energiya monitoringi, elektr yuritmalarni chastota o'zgartirgich bilan boshqarish, yoritishni optimallashtirish, quvvat koeffitsiyentini kompensatsiyalash, issiqlikni qayta utilizatsiya va talabni boshqarish (demand response) choralari ko'rib chiqilgan. Adabiyot ma'lumotlari asosida choralarning energiya tejash salohiyati baholangan. Natijalar kompleks aqlli EMS sanoat korxonalarida sezilarli energiya va resurs tejankorligini ta'minlashini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: energiya boshqaruvi, EMS, ISO 50001, IoT, sun'iy intellekt, energiya samaradorligi, talabni boshqarish, sanoat.

Аннотация

Промышленность составляет значительную долю мирового конечного потребления энергии, поэтому в условиях роста цен на энергию и требований декарбонизации возрастает роль интеллектуальных систем управления энергией (EMS). В статье проанализированы слоистая архитектура и ключевые технологии интеллектуального управления энергией на основе датчиков Интернета вещей (IoT),

интеллектуальных счётчиков, платформ SCADA/EMS и аналитики искусственного интеллекта (AI/ML). Результаты показывают, что комплексная интеллектуальная EMS обеспечивает существенную экономию энергии и ресурсов на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: управление энергией, EMS, ISO 50001, IoT, искусственный интеллект, энергоэффективность, управление спросом, промышленность.

Abstract

Industry accounts for a large share of global final energy consumption, so amid rising energy prices and decarbonization requirements the role of intelligent energy management systems (EMS) is increasing. This paper analyses the layered architecture and key technologies of intelligent energy management based on Internet-of-Things (IoT) sensors, smart meters, SCADA/EMS platforms and artificial-intelligence (AI/ML) analytics. Within the framework of the ISO 50001 standard, measures such as energy monitoring, variable-frequency-drive control of electric motors, lighting optimization, power-factor correction, waste-heat recovery and demand response are considered. The energy-saving potential of these measures is assessed on the basis of the literature. The results show that a comprehensive intelligent EMS provides substantial energy and resource savings at industrial enterprises.

Keywords: energy management, EMS, ISO 50001, IoT, artificial intelligence, energy efficiency, demand response, industry.

1. Kirish

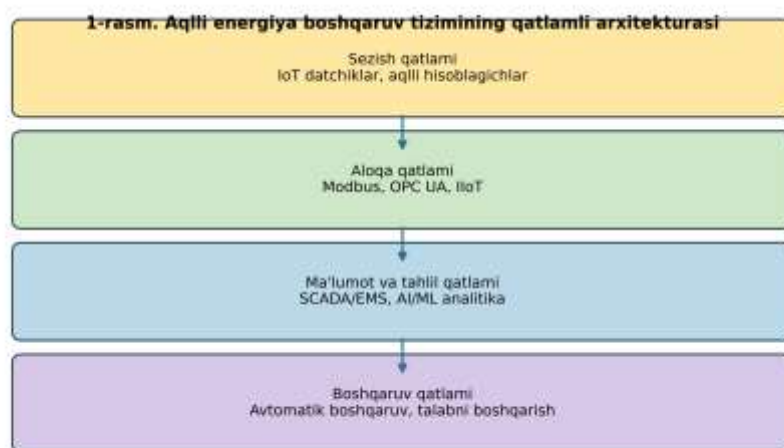
Sanoat jahon yakuniy energiya iste'molining eng yirik ulushlaridan birini tashkil etadi va sezilarli darajada elektr energiyasi hamda issiqlik talab qiladi. Energiya resurslari narxining o'sishi, ta'minot xavfsizligi va dekarbonizatsiya talablari korxonalarni energiyadan foydalanishni optimallashtirishga undamoqda. An'anaviy, alohida-alohida amalga oshiriladigan tejamkorlik choralari ko'pincha cheklangan natija beradi, chunki ular yagona ma'lumotlar va boshqaruv tizimiga birlashtirilmagan bo'ladi.

Raqamlashtirish va Industriya 4.0 texnologiyalari aqlli energiya boshqaruv tizimlarini (EMS) yaratish imkonini berdi. Bunday tizimlar IoT datchiklari va aqlli hisoblagichlar orqali real vaqtda ma'lumot yig'adi, ularni tahlil qiladi va energiya iste'molini avtomatik optimallashtiradi. ISO 50001 xalqaro standarti esa energiya boshqaruvini doimiy takomillashtirish (Reja–Bajar–Tekshir–Harakat) tsikli asosida tashkil etishni belgilaydi.

Ushbu maqolaning maqsadi — sanoatda resurs va energiya tejashning zamonaviy aqlli yechimlarini, ularning arxitekturasini va asosiy texnologiyalarini tahlil qilish hamda turli choralarning energiya tejash salohiyatini baholashdir.

2. Materiallar va usullar

Tadqiqot tizimli adabiyot tahlili va aqlli EMS texnologiyalarini umumlashtirishga asoslangan. Aqlli energiya boshqaruv tizimi to'rtta o'zaro bog'liq qatlamdan iborat funksional arxitektura sifatida ifodalanadi (1-rasm): sezish qatlami (IoT datchiklar, aqlli hisoblagichlar), aloqa qatlami (Modbus, OPC UA va boshqa IIoT protokollari), ma'lumotlar va tahlil qatlami (SCADA/EMS platformalari, sun'iy intellekt va mashinali o'rganish analitikasi) hamda boshqaruv qatlami (avtomatlashtirilgan boshqaruv va talabni boshqarish).



1-rasm. Aqlli energiya boshqaruv tizimining qatlamli arxitekturasini

Choralarning energiya tejash salohiyati adabiyot manbalaridan sintez qilingan indikativ qiymatlar asosida baholandi; bu qiymatlar choralarni nisbiy taqqoslash uchun xizmat qiladi va aniq sharoitlarda farqlanishi mumkin.

3. Natijalar

3.1. Asosiy texnologiyalar va choralar

Aqlli energiya boshqaruvining asosiy texnologik choralari va ularning vazifalari 1-jadvalda keltirilgan. Ushbu choralar birgalikda qo'llanilganda eng katta samaraga erishiladi.

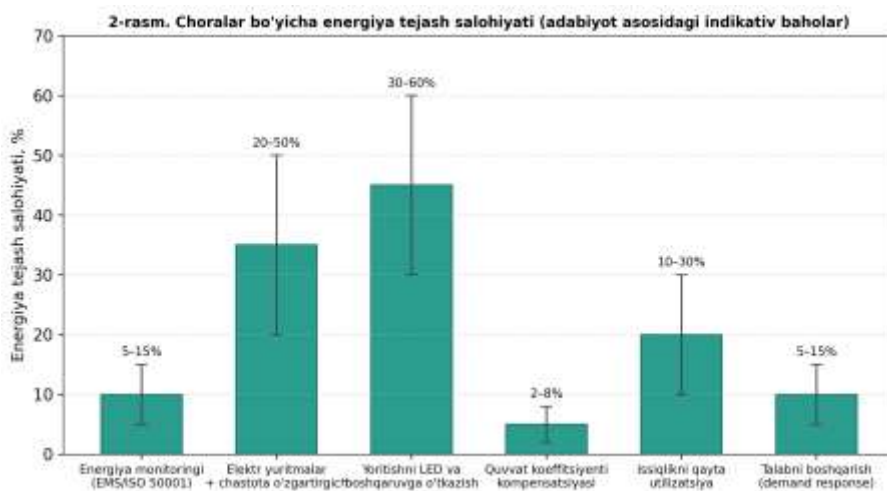
1-jadval. Aqlli energiya boshqaruvining asosiy texnologiyalari

Texnologiya / chora	Vazifasi
Energiya monitoringi (EMS, ISO 50001)	Iste'molni real vaqtda o'lchash, tahlil qilish va isrofgarchilikni aniqlash
IoT datchiklar va aqlli hisoblagichlar	Quvvat, harorat, bosim va boshqa parametrlarni uzluksiz to'plash
Chastota o'zgartirgichli yuritma (VFD)	Elektr motorlar tezligini yukka moslab boshqarish va energiya tejash
Yoritishni optimallashtirish	LED va avtomatik (datchikli) boshqaruvga o'tkazish
Quvvat ko'effitsiyentini kompensatsiya	Reaktiv quvvatni kamaytirib, tarmoq yo'qotishlarini pasaytirish
Issiqlikni qayta utilizatsiya	Chiqindi issiqlikdan qayta foydalanish (rekuperatsiya)

Texnologiya / chora	Vazifasi
Talabni boshqarish (demand response)	Yuklarni siljitish va pik iste'molni kamaytirish
AI/ML analitika va raqamli egizak	Bashoratli boshqaruv, anomaliyalarni aniqlash va optimallashtirish

3.2. Choralarining energiya tejash salohiyati

Adabiyot ma'lumotlari asosida sintez qilingan baholar turli choralarning energiya tejash salohiyatini ko'rsatadi (2-rasm). Eng yuqori solishtirma samara yoritishni LED va boshqaruvga o'tkazish hamda elektr yuritmalarni chastota o'zgartirgich bilan boshqarishda kuzatiladi; energiya monitoringi va talabni boshqarish esa nisbatan kichikroq, biroq barqaror va kam xarajatli natija beradi.



2-rasm. Choralar bo'yicha energiya tejash salohiyati (adabiyot asosidagi indikativ baholar)

4. Muhokama

Alohida choralar cheklangan natija bersa-da, ularni yagona aqlli EMS doirasida birlashtirish kumulativ va barqaror samara beradi. ISO 50001 standarti energiya

boshqaruvini doimiy takomillashtirish tsikli sifatida tashkil etib, erishilgan natijalarni mustahkamlashga yordam beradi. Sun'iy intellekt va raqamli egizak texnologiyalari iste'molni bashorat qilish, anomalialarni erta aniqlash va boshqaruvni optimallashtirish imkonini berib, tizim samaradorligini yanada oshiradi.

Joriy etishdagi asosiy to'siqlar — boshlang'ich investitsiyalar, mavjud uskunalar bilan integratsiya, ma'lumotlar sifati va kiberxavfsizlik hamda malakali kadrlar tanqisligi. Biroq energiya narxining oshishi va davlat qo'llab-quvvatlash choralari bu investitsiyalarning qoplanish muddatini qisqartiradi.

O'zbekiston sanoati uchun aqlli EMS ayniqsa dolzarb: energiya resurslarini tejash, ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish va ekologik yukni pasaytirishga xizmat qiladi. Mavjud SCADA tizimlariga energiya monitoringi va analitika modullarini qo'shish katta kapital xarajatlarsiz tezkor natija beradi.

5. Xulosa

Maqolada sanoatda resurs va energiya tejashning zamonaviy aqlli yechimlari tahlil qilindi. Aqlli energiya boshqaruv tizimining qatlamli arxitekturasini (sezish, aloqa, tahlil va boshqaruv) hamda asosiy texnologik choralari ko'rib chiqildi. Adabiyot ma'lumotlari asosidagi baholar har bir choraning energiya tejash salohiyatini, kompleks yondashuv esa eng katta samarani ta'minlashini ko'rsatdi. ISO 50001 standartiga va sun'iy intellekt analitikasiga tayangan aqlli EMS O'zbekiston sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish va resurslarni tejashning istiqbolli yo'nalishi hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use. International Organization for Standardization, 2018.
2. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2023. – IEA, Paris, 2023.
3. Kiangala K.S., Wang Z. An Industry 4.0 approach to develop auto parameter configuration of a bottling process in a small to medium scale industry using PLC and SCADA // Procedia Manufacturing. – 2019. – Vol. 35. – P. 725–730.

4. Boyer S.A. SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. 4th ed. – ISA (International Society of Automation), 2009.
5. Beaudin M., Zareipour H. Home energy management systems: A review of modelling and complexity // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – Vol. 45. – P. 318–335.
6. Toirov, Olimjon, et al. "Simulation model of an asynchronous generator integrated with a power supply system at different wind speeds." AIP Conference Proceedings. Vol. 3331. No. 1. AIP Publishing LLC, 2025.
7. Pirmatov, Nurali, et al. "Device for breathless excitation of the exciter of an autonomous synchronous generator by a hybrid circuit of renewable sources." AIP Conference Proceedings. Vol. 3331. No. 1. AIP Publishing LLC, 2025.
8. Raykhonov, Shuhrat, et al. "Results of experimental research of the device for useful utilization of heat of internal combustion engine of diesel power plant of drilling equipment." AIP Conference Proceedings. Vol. 3331. No. 1. AIP Publishing LLC, 2025.
9. Yuldashevich, S. A. "KONSENTRLANGAN QUYOSH ELEKTR STANSIYALARI: ZAMONAVIY ENERGIYA YECHIMI, UNING ISTIQBOL VA KAMCHILIKLARI." Образование наука и инновационные идеи в мире 70.8 (2025): 455-461.
10. Муминов, Махмуджон Умурзакович, and Абдурахмон Юлдашевич Сотиболдиев. "Разработка бесщёточного мини гидро-солнечного синхронного генератора." Universum: технические науки 1-3 (94) (2022): 43-45.