

UDK:621

CAVADOVA M.M., ALMURADLI Ə.X.

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
alialmuradli@gmail.com

SMART ENERJİ SİSTEMLƏRİNİN TƏTBİQİNDƏ MÖVCUD PROBLEMLƏR VƏ MƏHDUDİYYƏTLƏR

Giriş. Müasir dövrdə global enerji tələbatının sürətlə artması, iqlim dəyişikliyi ilə bağlı risklərin dərinləşməsi və bərpa olunan enerji mənbələrinin enerji balansında payının yüksəlməsi enerji sistemlərinin idarə olunmasına yeni yanaşmaların tətbiqini zəruri etmişdir. Bu kontekstdə smart enerji sistemləri enerji istehsalı, ötürülməsi, paylanması və istehlakının rəqəmsal texnologiyalar əsasında optimallaşdırılmasını təmin edən innovativ model kimi çıxış edir. Ağıllı şəbəkələr, avtomatlaşdırılmış idarəetmə mexanizmləri, real vaxt rejimində məlumatların toplanması və təhlili enerji səmərəliliyinin artırılmasına, itkilərin azaldılmasına və enerji təhlükəsizliyinin gücləndirilməsinə xidmət edir.

Lakin smart enerji sistemlərinin nəzəri üstünlüklərinə baxmayaraq, onların praktik tətbiqi bir sıra mürəkkəb problemlər və məhdudiyətlərlə müşayiət olunur. Xüsusilə yüksək maliyyə tələbləri, mövcud enerji infrastrukturunun texnoloji baxımdan köhnəlməsi, informasiya-kommunikasiya texnologiyalarının enerji sektoruna tam inteqrasiyasında yaranan çətinliklər bu sistemlərin geniş miqyasda tətbiqini ləngidir. Bununla yanaşı, hüquqi-normativ bazanın yetərinə formalaşmaması və institusional mexanizmlərin qeyri-effektivliyi də prosesə mənfi təsir göstərir.

Digər tərəfdən, smart enerji sistemləri böyük həcmdə məlumatların toplanmasını və emalını tələb etdiyindən kibernetik təhlükəsizlik və məlumatların məxfiliyi məsələləri ön plana çıxır. İxtisaslı kadrların potensialının məhdudluğu, istehlakçıların yeni texnologiyalara adaptasiya səviyyəsinin aşağı olması və ictimai maarifləndirmənin yetərsizliyi də tətbiq prosesində əlavə risklər yaradır. Bu baxımdan, smart

enerji sistemlərinin tətbiqində mövcud problemlərin və məhdudiyətlərin elmi əsaslarla təhlili, onların aradan qaldırılması üçün kompleks yanaşmaların formalaşdırılması aktual tədqiqat mövzusu kimi çıxış edir.

Təhlil. Smart enerji sistemlərinin tətbiqi prosesi çoxşaxəli və kompleks xarakter daşıyır və bu prosesdə texnoloji, iqtisadi, institusional və sosial amillər qarşılıqlı şəkildə təsir göstərir. Təhlil göstərir ki, problemlərin əksəriyyəti yalnız texniki məhdudiyətlərlə deyil, eyni zamanda idarəetmə və siyasət səviyyəsindəki çatışmazlıqlarla bağlıdır [1,s.312].

İlk növbədə, iqtisadi amillər smart enerji sistemlərinin tətbiqində əsas məhdudlaşdırıcı faktor kimi çıxış edir. Ağıllı sayğacların, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin, sensor şəbəkələrinin və məlumat mərkəzlərinin qurulması yüksək ilkin investisiya tələb edir. Bu xərclər qısamüddətli dövrdə enerji şirkətləri və dövlət büdcəsi üçün maliyyə yükü yaradır. Xüsusilə inkişaf etməkdə olan ölkələrdə investisiyaların geri dönüş müddətinin uzun olması özəl sektorun marağını zəiflədir və layihələrin gecikməsinə səbəb olur [2,s.9].

Texnoloji baxımdan aparılan təhlil göstərir ki, mövcud enerji infrastrukturunu çox zaman smart sistemlərin tələblərinə cavab vermir. Ənənəvi elektrik şəbəkələri mərkəzləşdirilmiş struktura malik olduğundan, paylanmış enerji istehsalı və ikiistiqamətli enerji axınlarının idarə olunmasında çətinliklər yaranır. Bərpa olunan enerji mənbələrinin (külək, günəş) dəyişkən xarakteri isə şəbəkənin sabitliyini təmin etmək üçün əlavə texniki həllər tələb edir. Standartların və interoperabellik mexanizmlərinin yetərinə inkişaf etməməsi müxtəlif texnoloji platformaların bir-

gə fəaliyyətini məhdudlaşdırır [3,s.228].

Digər mühüm aspekt kiber təhlükəsizlik riskləri ilə bağlıdır. Smart enerji sistemləri böyük həcmdə real vaxt məlumatlarının ötürülməsinə əsaslandığından, kiberhücumlar enerji təchizatında ciddi fasilələrə və iqtisadi itkilərə səbəb ola bilər. Təhlil göstərir ki, bir çox ölkələrdə enerji sektorunda kiber təhlükəsizlik strategiyaları yetərincə sistemli deyil və bu sahədə normativ tələblər texnoloji inkişaf tempindən geri qalır. Bu isə həm istehlakçıların, həm də operatorların etimadını azaldır.

İnstitusional və hüquqi müstəvidə aparılan təhlil smart enerji təşəbbüslərinin qarşısında tənzimləyici maneələrin mövcudluğunu üzə çıxarır. Tarif siyasətinin çevik olması, innovativ texnologiyaların stimullaşdırılmasına yönəlmiş mexanizmlərin zəifliyi və dövlət–özəl sektor əməkdaşlığının məhdudluğu tətbiq prosesini ləngidir. Eyni zamanda, normativ sənədlərdə smart enerji anlayışının və onun komponentlərinin dəqiq tərif olunmaması praktik icrada qeyri-müəyyənlik yaradır [4,s.8].

Sosial aspektdən baxıldıqda, istehlakçı davranışı və insan kapitalı əsas rol oynayır. İstehlakçıların smart texnologiyalardan istifadə bacarıqlarının aşağı olması və enerji istehlakına dair məlumatlılığın yetərsizliyi sistemlərin potensial üstünlüklərinin tam reallaşmasına mane olur. Bundan əlavə, ixtisaslı mühəndis və İKT mütəxəssislərinin çatışmazlığı smart enerji layihələrinin planlaşdırılması və istismarı mərhələsində effektivliyi azaldır [5,s.9].

Ümumilikdə aparılan təhlil göstərir ki, smart enerji sistemlərinin tətbiqində mövcud problemlər bir-biri ilə sıx bağlıdır və onların həlli yalnız texnoloji yeniliklərlə məhdudlaşmamalıdır. Effektiv nəticə əldə etmək üçün iqtisadi stimulların yaradılması, normativ-hüquqi bazanın təkmilləşdirilməsi, kiber təhlükəsizlik mexanizmlərinin gücləndirilməsi və insan kapitalına investisiyaların artırılması zəruri şərt kimi çıxış edir.

Cədvəl 1-də smart enerji sistemlərinin tətbiqi prosesində üzə çıxan əsas problemlər və məhdudiyyətlər sistemli şəkildə qruplaşdırılmışdır.

Təhlildən göründüyü kimi, iqtisadi kateqoriya üzrə əsas maneə yüksək ilkin investisiya xərcləridir. Ağıllı sayğacların, sensor şəbəkələrinin və rəqəmsal idarəetmə platformalarının qurulması böyük maliyyə resursları tələb etdiyindən, bir çox hallarda layihələrin icrası gecikir və ya məhdud miqyasda həyata keçirilir.

Texnoloji problemlər əsasən mövcud enerji infrastrukturunun köhnəlməsi ilə bağlıdır. Ənənəvi elektrik şəbəkələri smart enerji sistemlərinin tələb etdiyi çevik, ikiistiqamətli enerji və məlumat axınlarını dəstəkləmədiyindən inteqrasiya prosesində texniki çətinliklər yaranır. Bununla yanaşı, müxtəlif texnoloji həllər arasında standartların və uyğunluğun zəif olması interoperabellik problemlərini gücləndirir və sistemlərin vahid platforma kimi fəaliyyət göstərməsini çətinləşdirir [6, s.340].

Cədvəl 1-də qeyd olunan təhlükəsizlik problemləri smart enerji sistemlərinin rəqəmsallaşma səviyyəsinin artması ilə daha da aktuallaşır. Real vaxt rejimində məlumat mübadiləsi və uzaqdan idarəetmə mexanizmləri kiberhücum risklərini artırır ki, bu da enerji təchizatının davamlılığına və istehlakçı etimadına mənfi təsir göstərir. Hüquqi və institusional məhdudiyyətlər isə əsasən tənzimləyici çərçivənin yetərincə inkişaf etməməsi ilə bağlıdır. Konkret normativ mexanizmlərin olmaması və dövlət–özəl sektor əməkdaşlığının zəifliyi innovativ layihələrin geniş tətbiqini ləngidir [7, s.9].

Sosial və insan resursları ilə bağlı göstəricilər də cədvəldə mühüm yer tutur. İxtisaslı kadr çatışmazlığı smart enerji sistemlərinin effektiv planlaşdırılması və istismarı üçün ciddi məhdudiyyət yaradır. Eyni zamanda, istehlakçıların rəqəmsal savadlılıq səviyyəsinin aşağı olması və yeni texnologiyalara adaptasiyanın zəifliyi smart sistemlərin potensial üstünlüklərindən tam istifadə edilməsinə mane olur. Ümumilikdə cədvəl 1 də göstərir ki, smart enerji sistemlərinin tətbiqində problemlər qarşılıqlı əlaqəlidir və onların aradan qaldırılması kompleks, çoxsəviyyəli yanaşma tələb edir.

*Smart enerji sistemlərinin tətbiqində mövcud problemlər
və məhdudiyyətlərin sistemləşdirilmiş təhlili*

Problem kateqoriyası	Əsas problemlər	Məhdudiyyətlərin mahiyyəti	Təsir nəticələri
İqtisadi	Yüksək ilkin investisiya xərcləri	Ağıllı sayğaclar, sensorlar, İKT infrastrukturunu üçün böyük maliyyə tələb olunur	Layihələrin gecikməsi, özəl sektor marağının azalması
Texnoloji	Köhnə enerji infrastrukturunu	Ənənəvi şəbəkələrin smart texnologiyalarla uyğunlaşmaması	İnkişafın ləngiməsi, texniki itkilərin artması
Texniki-standart	İnteroperabellik problemləri	Fərqli istehsalçı sistemlərinin uyğun olmaması	Sistemlərin inteqrasiyasında çətinlik
Təhlükəsizlik	Kiber təhlükəsizlik riskləri	Məlumat ötürülməsi və idarəetmə sistemlərinin hücumlara açıq olması	Enerji təchizatında fasilələr, etimadın azalması
Hüquqi-normativ	Qeyri-kafi tənzimləyici baza	Smart enerji üzrə konkret qanun və standartların olmaması	İnnovasiyaların tətbiqində qeyri-müəyyənlik
İnstitusional	Dövlət-özəl əməkdaşlığının zəifliyi	Koordinasiya və stimullaşdırıcı mexanizmlərin məhdudluğu	Layihələrin miqyasının kiçik qalması
İnsan resursları	İxtisaslı kadr çatışmazlığı	Enerji və İKT sahəsində peşəkar mütəxəssislərin azlığı	Sistemlərin effektiv istismar olunmaması
Sosial	İstehlakçı adaptasiyasının aşağı səviyyəsi	Maarifləndirmənin və rəqəmsal savadlılığın zəifliyi	Smart sistemlərin potensialından tam istifadə olunmaması

Mənbə: *Smart Grid Challenges: Cybersecurity, Renewable Energy Integration and Financial Barriers*

NƏTİCƏ

Aparılan təhlil göstərir ki, smart enerji sistemlərinin tətbiqi enerji sektorunun səmərəliliyinin artırılması və davamlı inkişaf məqsədlərinə çatmaq üçün böyük potensiala malik olsa da, bu proses bir sıra obyektiv problemlər və məhdudiyyətlərlə müşayiət olunur. Xüsusilə yüksək ilkin investisiya xərcləri, mövcud enerji infrastrukturunun texnoloji baxımdan köhnəlməsi və inteqrasiya imkanlarının məhdudluğu smart enerji həllərinin geniş miqyasda tətbiqini ləngidən əsas amillər kimi çıxış edir.

Eyni zamanda, kiber təhlükəsizlik riskləri və məlumatların məxfiliyinin qorunması məsələləri rəqəmsallaşmanın dərinləşməsi

fonunda daha da aktuallaşır və enerji təchizatının etibarlılığına birbaşa təsir göstərir. Hüquqi-normativ bazanın qeyri-kafiliyi, tənzimləyici mexanizmlərin çəvik olmaması və dövlət-özəl sektor əməkdaşlığının zəif inkişaf etməsi isə institusional səviyyədə ciddi maneələr yaradır. Bununla yanaşı, ixtisaslı kadr çatışmazlığı və istehlakçıların yeni texnologiyalara adaptasiya səviyyəsinin aşağı olması smart enerji sistemlərinin potensial imkanlarının tam reallaşmasına imkan vermir.

Bu baxımdan nəticə etibarilə qeyd etmək olar ki, smart enerji sistemlərinin uğurlu tətbiqi yalnız texnoloji yeniliklərin tətbiqi ilə məhdudlaşmamalı, paralel olaraq iqtisadi stimullaşdırma mexanizmlərinin yaradılması, normativ-hüquqi bazanın təkmilləşdirilməsi,

kiber təhlükəsizlik strategiyalarının gücləndirilməsi və insan kapitalına investisiyaların artırılması ilə dəstəklənməlidir. Kompleks və sistemli yanaşma təmin edildiyi təqdirdə, smart enerji sistemləri enerji sektorunda dayanıqlı inkişafın və rəqabətqabiliyyətliliyin əsas alətlərindən birinə çevrilə bilər.

ƏDƏBİYYAT

1. Əhmədov R.M. (2019). Enerji sistemlərinin avtomatlaşdırılması və idarə olunması. Bakı: Elm və Təhsil. 312 s.
2. Əliyev A.H., & Məmmədov F.S. (2020). Azərbaycanda ağıllı enerji şəbəkələrinin formalaşma problemləri. Azərbaycan Energetika Jurnalı, 2(6), 45–53. 9 s.
3. Babayev E.N. (2021). Rəqəmsal iqtisadiyyat və enerji sektorunda transformasiya. Bakı: İqtisad Universiteti Nəşriyyatı. 228 s.
4. Həsənov K.R. (2018). Enerji təhlükəsizliyinin təmin edilməsində innovativ texnologiyaların rolu. AMEA Xəbərləri (Texniki Elmlər), 4, 67–74. 8 s.
5. Hüseynova L.A. (2022). Smart grid texnologiyalarının tətbiqində kiber təhlükəsizlik riskləri. İnformasiya Cəmiyyəti Problemləri, 1, 58–66. 9 s.
6. İbrahimov T.Ə. (2017). Elektrik enerjisi sistemlərinin müasir inkişaf istiqamətləri. Bakı: AzərEnerji Nəşr. 340 s.
7. Məmmədli S.V. (2020). Bərpa olunan enerji mənbələrinin elektrik şəbəkələrinə inteqrasiyası problemləri. Enerji və Mexanika, 3, 21–29. 9 s.
8. Qasımov R.T. (2019). Enerji sektorunda institusional islahatlar və dayanıqlı inkişaf. Bakı: Qanun Nəşriyyatı. 196 s.
9. Rzayev N.F., Əliyeva S.M. (2021). Ağıllı sayğac sistemlərinin tətbiqinin sosial-iqtisadi təsirləri. İqtisadiyyat və İdarəetmə, 2, 33–41. 9 s.
10. Səfərov V.B. (2018). Enerji infrastrukturunun modernləşdirilməsində investisiya məhdudyyətləri. Azərbaycan Maliyyə Jurnalı, 1, 52–60. 9 s.
11. Şükürov E.A. (2022). Rəqəmsal texnologiyaların enerji sektorunda tətbiqi. Bakı: ADNSU Nəşriyyatı. 254 s.

12. Zeynalov M.İ. (2020). Ağıllı enerji sistemlərinin hüquqi tənzimlənməsi problemləri. Hüquq və Cəmiyyət, 3, 77–85. 9 s.

UDK:621

Cavadova M.M., Almuradlı Ə.X.

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
alialmuradli@gmail.com

Smart enerji sistemlərinin tətbiqində mövcud problemlər və məhdudyyətlər

XÜLASƏ

Smart enerji sistemlərinin tətbiqi enerji istehsalı, paylanması və istehlakında səmərəliliyin artırılması baxımından mühüm üstünlüklər təqdim etsə də, bu proses bir sıra ciddi problemlər və məhdudyyətlərlə müşayiət olunur. İlk növbədə, yüksək ilkin investisiya xərcləri əsas maneələrdən biridir. Ağıllı sayğac, sensorlar, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri və İKT infrastrukturunu üçün tələb olunan maliyyə resursları xüsusilə inkişaf etməkdə olan ölkələrdə genişmiqyaslı tətbiqi çətinləşdirir.

Digər mühüm problem mövcud enerji infrastrukturunun köhnəlmiş olmasıdır. Ənənəvi elektrik şəbəkələri çox zaman smart texnologiyalarla tam inteqrasiya üçün uyğun deyil və bu, modernləşdirmə ehtiyacını artırır. Bu isə əlavə vaxt, xərc və texniki risklər yaradır. Bununla yanaşı, texniki standartların və interoperabelliyin yetərincə formalaşmaması müxtəlif istehsalçıların sistemləri arasında uyğunluq problemlərinə səbəb olur.

Smart enerji sistemlərinin tətbiqində kiber təhlükəsizlik və məlumatların məxfiliyi də ciddi narahatlıq doğurur. Real vaxt rejimində böyük həcmdə məlumatların toplanması və ötürülməsi kiberhücum risklərini artırır və bu, istehlakçı etimadına mənfi təsir göstərə bilər. Paralel olaraq, ixtisaslı kadr çatışmazlığı və texniki biliklərin məhdudluğu sistemlərin effektiv istismarını zəiflədir.

Nəhayət, hüquqi-normativ bazanın qeyri-kafiliyi və institusional maneələr smart

enerji təşəbbüslərinin geniş yayılmasını ləngidir. Tənzimləyici mexanizmlərin çəvik olmaması, stimullaşdırıcı siyasətlərin zəifliyi və ictimai maarifləndirmənin yetərsizliyi bu sahədə davamlı inkişafın qarşısında əngəl yaradır. Bu səbəbdən, smart enerji sistemlərinin uğurlu tətbiqi üçün texnoloji yanaşmalarla yanaşı, maliyyə, hüquqi və institusional islahatların kompleks şəkildə həyata keçirilməsi zəruridir.

Açar sözlər: Smart, enerji, rəqəmsal, texnoloji, interoperabellik, kiber, (Big Data).

UDK:621

Джавдова М.М., Алмурадлы А.Х.

Азербайджанский Университет
Архитектуры и Строительства
alialmuradli@gmail.com

Текущие проблемы и ограничения в разработке интеллектуальных энергетических систем

РЕЗЮМЕ

Хотя внедрение интеллектуальных энергетических систем предлагает значительные преимущества с точки зрения повышения эффективности производства, распределения и потребления энергии, этот процесс сопровождается рядом серьезных проблем и ограничений. Прежде всего, одним из главных препятствий являются высокие первоначальные инвестиционные затраты. Финансовые ресурсы, необходимые для интеллектуальных счетчиков, датчиков, автоматизированных систем управления и ИКТ-инфраструктуры, затрудняют крупномасштабное внедрение, особенно в развивающихся странах.

Другой важной проблемой является устаревший характер существующей энергетической инфраструктуры. Традиционные электросети часто не подходят для полной интеграции с интеллектуальными технологиями, что увеличивает потребность в модернизации. Это создает допол-

нительные временные, финансовые и технические риски. Кроме того, недостаточная разработка технических стандартов и обеспечение совместимости приводят к проблемам совместимости между системами разных производителей.

Кибербезопасность и конфиденциальность данных также являются серьезными проблемами при внедрении интеллектуальных энергетических систем. Сбор и передача больших объемов данных в режиме реального времени увеличивают риски кибератак, что может негативно сказаться на доверии потребителей. Параллельно с этим, нехватка квалифицированного персонала и ограниченные технические знания ослабляют эффективность работы систем.

Наконец, неадекватность правовой и нормативной базы и институциональные барьеры замедляют широкое внедрение инициатив в области интеллектуальной энергетики. Негибкие механизмы регулирования, слабые стимулирующие политики и недостаточная осведомленность общественности создают препятствия для устойчивого развития в этой области. Поэтому для успешной реализации систем интеллектуальной энергетики, помимо технологических подходов, необходима комплексная реализация финансовых, правовых и институциональных реформ.

Ключевые слова: Интеллектуальная, энергетика, цифровые, технологические, совместимость, кибербезопасность, (Большие данные).

Javadova M.M., Almuradli A.Kh.

Azerbaijan University of Architecture and
Construction
alialmuradli@gmail.com

Current challenges and limitations in the implementation of smart energy systems

ABSTRACT

Although the implementation of smart energy systems offers significant advantages in terms of increasing efficiency in energy production, distribution and consumption, this process is accompanied by a number of serious problems and limitations. First of all, high initial investment costs are one of the main obstacles. The financial resources required for smart meters, sensors, automated control systems and ICT infrastructure make large-scale implementation difficult, especially in developing countries.

Another important problem is the outdated nature of the existing energy infrastructure. Traditional electricity networks are often not suitable for full integration with smart technologies, which increases the need for modernization. This creates additional time, costs and technical risks. In addition, the lack of sufficient formation of technical standards and interoperability leads to compatibility problems between systems from different manufacturers.

Cybersecurity and data privacy are also serious concerns in the implementation of

smart energy systems. The collection and transmission of large amounts of data in real time increases the risks of cyberattacks, which can negatively affect consumer confidence. In parallel, the lack of qualified personnel and limited technical knowledge weaken the effective operation of systems.

Finally, the inadequacy of the legal and regulatory framework and institutional barriers slow down the widespread deployment of smart energy initiatives. Inflexible regulatory mechanisms, weak incentive policies and insufficient public awareness create obstacles to sustainable development in this area. Therefore, for the successful implementation of smart energy systems, in addition to technological approaches, a comprehensive implementation of financial, legal and institutional reforms is necessary.

Keywords: *Smart, energy, digital, technological, interoperability, cyber, (Big Data).*

Məqaləyə AzMİU-nun "Mühəndis sistemləri və qurğularının tikintisi" kafedrasının dosenti B.Q. Mehdiyev rəy vermişdir.

Redaksiyaya daxil olma/Received 03.04.2025

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 05.05.2026