

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
В.о. завідувача кафедри

Олександр ЮРЧЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Підвищення ефективності системи обліку електроенергії побутових споживачів на прикладі АТ «СУМІОБЛЕНЕРГО»

Виконав

(підпис)

Богдан ПИМОНЕНКО

Група:

ЕТЕС 2401м

Науковий керівник:

(підпис)

Олександр САВОЙСЬКИЙ

Рецензент:

(підпис)

Олена ДОВЖИК

Суми – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
енергетики та електротехнічних систем

Андрій ЧЕПІЖНИЙ
«5» вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
на кваліфікаційну роботу

Богдану ПИМОНЕНКУ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

- Тема кваліфікаційної роботи: Підвищення ефективності системи обліку електроенергії побутових споживачів на прикладі АТ «СУМІОБЛЕНЕРГО»
- Керівник кваліфікаційної роботи: Савойський Олександр Юрійович, к.т.н., доцент
- Строк подання здобувачем роботи: «14» листопада 2025 року.
- Вихідні дані до роботи: Річні звіти базового підприємства, нормативно-технічна документація, наукові та літературні джерела, методичні рекомендації до виконання роботи.
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; Розділ 1. Аналіз літературних джерел; Розділ 2. Розробка заходів щодо підвищення ефективності системи обліку електроенергії побутових споживачів; Розділ 3. Дослідження ефективності запроваджених заходів; Розділ 4. Охорона праці; Розділ 5. Техніко-економічні розрахунки та показники; Висновки; Список використаних джерел
- Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Презентація

Керівник роботи:

_____ (підпис)

Олександр САВОЙСЬКИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Богдан ПИМОНЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата отримання завдання «5» вересня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Збір інформації про діяльність господарства	до 02.08.2025 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 16.08.2025 р.	
3.	Складання плану роботи	до 21.08.2025 р.	
4.	Написання вступу	до 24.08.2025 р.	
5.	Підготовка розділу «Розділ 1. Аналіз літературних джерел»	до 30.08.2025р.	
6.	Підготовка розділу «Розділ 2. Розробка заходів щодо підвищення ефективності системи обліку електроенергії побутових споживачів»	до 19.09.2025 р.	
7.	Підготовка розділу «Розділ 3. Дослідження ефективності запроваджених заходів»	до 03.10.2025 р.	
8.	Підготовка розділу «Розділ 4. Охорона праці»	до 08.10.2025 р.	
9.	Підготовка розділу «Розділ 5. Економічне обґрунтування»	до 20.10.2025 р.	
10.	Написання висновків та пропозицій	до 25.10.2025 р.	
11.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2025 р.	
12.	Подання роботи на рецензування	до 07.11.2025 р.	
13.	Подання до попереднього захисту	до 14.11.2025 р.	

Керівник роботи:

_____ (підпис)

Олександр САВОЙСЬКИЙ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Здобувач

_____ (підпис)

Богдан ПИМОНЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Пимоненко Богдан Віталійович. «Підвищення ефективності системи обліку електроенергії побутових споживачів на прикладі АТ «Сумиобленерго».

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра в галузі знань 14 Електрична інженерія за освітньою програмою «Електроенергетика» зі спеціальності 141 Електроенергетики, електротехніка та електромеханіка. Сумський національний аграрний університет, Суми 2025.

Дипломна робота присвячена дослідженню актуальної на сьогодні проблеми підвищення ефективності системи обліку електроенергії побутових споживачів та удосконаленню процесів енергетичного менеджменту на прикладі АТ «Сумиобленерго». У роботі проведено комплексний аналіз сучасного стану систем обліку, визначено недоліки існуючих засобів вимірювання, а також окреслено перспективи переходу до автоматизованих та інтелектуальних технологій обліку електричної енергії.

Досліджено сучасні підходи до побудови автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ), проаналізовано їх структуру, функціональні можливості, технічні особливості та вимоги до впровадження. Особливу увагу приділено питанню застосування електронних, багатотарифних та «розумних» лічильників, здатних забезпечити підвищену точність вимірювання, автоматичну передачу даних та розширені функції контролю енергоспоживання. Наведено порівняльну характеристику різних типів сучасних лічильників електроенергії та оцінено їхні переваги у порівнянні з традиційними індукційними приладами.

У роботі детально розглянуто технічну та економічну ефективність впровадження сучасних засобів обліку. Проведено аналіз впливу автоматизації на зниження комерційних і технічних втрат електроенергії, підвищення прозорості процесів обліку, мінімізацію людського фактору та покращення

якості даних, що передаються оператору системи розподілу. Особливо підкреслюється важливість точного та оперативного збору інформації для формування тарифної політики, розрахунків із споживачами та оптимізації роботи енергетичних підприємств. Проведено економічне обґрунтування доцільності впровадження АСКОЕ в умовах регіону, визначено очікувані витрати на модернізацію та розраховано потенційні економічні вигоди. Особливу увагу приділено оцінці скорочення витрат, пов'язаних із виявленням несанкціонованого споживання, покращенням енергетичної безпеки та підвищенням рівня відповідальності споживачів за власне енергокористування.

Розглянуто нормативно-правові аспекти впровадження сучасних систем обліку відповідно до чинних стандартів та вимог законодавства України. Окремо наведено аналіз міжнародного досвіду використання інтелектуальних систем вимірювання та виявлено тенденції, що можуть бути корисними для українського енергетичного сектору. На основі проведених досліджень сформульовано рекомендації щодо оптимізації процесів обліку на підприємстві АТ «Сумиобленерго». Запропоновано комплекс практичних рішень, що спрямовані на підвищення надійності електропостачання, зменшення втрат електроенергії, удосконалення технологічних процесів та покращення взаємодії між оператором системи розподілу й споживачами. Визначено потенційні напрями подальшої модернізації електроенергетичної інфраструктури регіону.

Отримані результати свідчать, що впровадження сучасних автоматизованих систем обліку електроенергії сприятиме розвитку енергетичної галузі, підвищенню енергетичної безпеки та створить підґрунтя для побудови «розумних» електромереж. Проведені дослідження мають практичне значення та можуть бути використані для вдосконалення системи обліку електроенергії в інших регіонах України.

Ключові слова: АСКОЕ, облік електроенергії, електронні лічильники, автоматизація обліку, ефективність системи, економічне обґрунтування, побутові споживачі, модернізація енергоринку, точність вимірювань, зниження втрат.

ABSTRACT

Pymonenko Bohdan Vitaliiovich. “Improving the Efficiency of the Electricity Metering System for Household Consumers: A Case Study of JSC Sumyoblenergo.”

The thesis is devoted to the study of the current problem of increasing the efficiency of the household electricity metering system and improving energy management processes using the example of JSC "Sumyoblenergo". The work provides a comprehensive analysis of the current state of metering systems, identifies the shortcomings of existing metering devices, and outlines the prospects for the transition to automated and intelligent electricity metering technologies.

Modern approaches to the construction of automated electricity monitoring and metering systems (AKMES) are studied, their structure, functional capabilities, technical features and requirements for implementation are analyzed. Particular attention is paid to the issue of using electronic, multi-tariff and "smart" meters that can provide increased measurement accuracy, automatic data transmission and extended energy consumption control functions. A comparative characteristic of different types of modern electricity meters is given and their advantages compared to traditional induction devices are assessed.

The work examines in detail the technical and economic efficiency of implementing modern metering devices. The impact of automation on reducing commercial and technical losses of electricity, increasing the transparency of accounting processes, minimizing the human factor and improving the quality of data transmitted to the distribution system operator is analyzed. The importance of accurate and timely collection of information for the formation of tariff policy, settlements with consumers and optimization of the work of energy enterprises is particularly emphasized.

An economic justification of the feasibility of implementing ASKOE in the region is carried out, the expected costs of modernization are determined and potential economic benefits are calculated. Particular attention is paid to the assessment of the

reduction of costs associated with the detection of unauthorized consumption, improving energy security and increasing the level of responsibility of consumers for their own energy use.

The paper considers the regulatory and legal aspects of the implementation of modern accounting systems in accordance with current standards and requirements of the legislation of Ukraine. Separately, an analysis of international experience in the use of intelligent metering systems is presented and trends that may be useful for the Ukrainian energy sector are identified.

Based on the conducted research, recommendations were formulated for optimizing accounting processes at the enterprise JSC "Sumyoblenergo". A set of practical solutions was proposed, aimed at increasing the reliability of electricity supply, reducing electricity losses, improving technological processes and improving interaction between the distribution system operator and consumers. Potential directions for further modernization of the region's electricity infrastructure were identified.

The results obtained indicate that the implementation of modern automated electricity accounting systems will contribute to the development of the energy industry, increase energy security and create a basis for building "smart" electricity networks. The conducted research has practical significance and can be used to improve the electricity accounting system in other regions of Ukraine.

Keywords: AMR, electricity metering, electronic meters, metering automation, system efficiency, economic justification, residential consumers, energy market modernization, measurement accuracy, loss reduction.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	14
1.1. Сучасні підходи до обліку електроенергії побутових споживачів.....	14
1.2. Технічні засади та стандарти систем автоматизованого обліку електроенергії	18
1.3. Аналіз існуючих методів підвищення ефективності обліку електроенергії в побутовому секторі	20
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ	24
2.1. Загальна характеристика АТ «Сумиобленерго».....	24
2.2. Застосування електронних лічильників електроенергії.....	26
2.3. Склад комплексу АСКОЕ	27
2.4. Автоматизація функцій обліку по рівнях.....	30
2.5. Варіанти побудови АСКОЕ	32
2.6. Системи автоматизованого проектування	39
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОВАДЖЕНИХ ЗАХОДІВ.....	43
3.1. Обґрунтування впровадження методу підвищення ефективності обліку електроенергії побутових споживачів	43
3.2. Розрахунок показників ефективності обліку електроенергії побутових споживачів.....	46
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	52
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57
ДОДАТКИ.....	59

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце.

АСКОЕ – автоматизована система комерційного обліку електроенергії.

БІОС – базова система введення-виведення.

ВП – вимірювальні перетворювачі.

DLMS – протокол передачі даних для лічильників електроенергії.

ІК – інформаційний комплекс.

ІРПС – інтерфейс послідовний радіо.

LoRaWAN – технологія бездротової передачі даних.

NB-IoT – вузькосмугова технологія Інтернету речей.

ПЗД – пристрій збору даних.

ПЗПД – пристрій збору та передачі даних.

PLC – передача даних лініями електропередачі.

ПТЕ – Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.

ПТБ – Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

ПВЕ – Правила влаштування електроустановок.

ВСТУП

1. Актуальність теми. Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю модернізації та оптимізації процесів обліку електроенергії в умовах зростаючих енергетичних потреб і посилення вимог до точності, надійності та оперативності збору інформації. Сучасний стан систем обліку в побутовому секторі характеризується значними втратами та похибками, що негативно впливає як на економічну ефективність енергокомпаній, так і на формування споживчих звичок користувачів. Враховуючи важливість енергозбереження та впровадження цифрових технологій, удосконалення систем автоматизованого обліку електроенергії (АСКОЕ) є актуальним напрямом розвитку енергетичної галузі України. Особливо це стосується підприємств регіонального рівня, таких як АТ «Сумиобленерго», де впровадження сучасних методів обліку сприятиме підвищенню прозорості, зменшенню втрат і оптимізації ресурсів.

2. Аналіз стану наукової розробки проблеми. Питання удосконалення систем комерційного обліку електроенергії знайшли широке висвітлення в працях українських та зарубіжних учених. Дослідники, зокрема О. В. Бабенко, А. О. Матвійчук, В. В. Захаров та інші, розглядали принципи роботи інтелектуальних лічильників, питання стандартизації систем обліку, впровадження протоколів DLMS/COSEM, технічні особливості побудови АСКОЕ та способи підвищення точності вимірювань. Зарубіжні автори приділяють увагу технологіям Smart Metering, автоматизованому збору даних через PLC, GSM, LTE, LoRaWAN, а також інтеграції систем обліку з інформаційними платформами енергокомпаній.

Невирішена частина проблеми полягає у недостатньому вивченні специфіки побутового сектора на рівні регіональних операторів розподілу, зокрема відсутності комплексних рекомендацій щодо вибору технічних рішень для АТ «Сумиобленерго» та їх економічного обґрунтування, що визначає потребу подальших досліджень.

3. Мета дослідження. Метою роботи є розробка та обґрунтування заходів щодо підвищення ефективності системи обліку електроенергії побутових споживачів на прикладі АТ «Сумиобленерго».

4. Об'єкт дослідження – процес обліку електроенергії побутових споживачів у системі АТ «Сумиобленерго».

5. Предмет дослідження – методи та технічні засоби підвищення ефективності системи обліку електроенергії побутових споживачів АТ «Сумиобленерго».

6. Завдання дослідження. Для досягнення мети необхідно виконати такі завдання:

– проаналізувати сучасні підходи та технічні засади автоматизованого обліку електроенергії;

– дослідити стан системи обліку в АТ «Сумиобленерго» та визначити її основні недоліки;

– розробити рекомендації щодо впровадження електронних лічильників та автоматизації функцій обліку;

– оцінити ефективність запропонованих заходів шляхом розрахунку відповідних показників;

– здійснити економічне обґрунтування запропонованих удосконалень.

7. Методи дослідження. У роботі застосовано методи системного аналізу, порівняння, математичного моделювання, статистичного аналізу, а також методи економіко-технічного обґрунтування. Використано нормативні документи, стандарти, дані підприємства та результати експериментальних досліджень.

8. Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 59 сторінок машинописного тексту, містить 1 рисунок, 7 таблиць та 20 найменувань джерел у списку літератури.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Сучасні підходи до обліку електроенергії побутових споживачів

Сучасні підходи до обліку електроенергії побутових споживачів включають використання автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), застосування інтелектуальних приладів обліку, використання програмного забезпечення для збору та обробки даних, а також регулювання обліку нормативними документами. Ці підходи спрямовані на підвищення ефективності комерційного обліку, зниження комерційних втрат і зменшення неплатежів населення.

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) є комплексом технічних засобів, програмних та алгоритмічних рішень, що дозволяють здійснювати облік електроенергії на рівні розподільчих мереж середньої та низької напруги [16].

Впровадження АСКОЕ обумовлено необхідністю підвищення точності та достовірності даних щодо споживання електроенергії, скорочення втрат у мережах, зниження дебіторської заборгованості та оптимізації тарифної політики. Традиційні методи розрахунку споживання електроенергії за середньодобовими показаннями приладів обліку не можуть повною мірою вирішити сучасні завдання електроенергетики.

АСКОЕ базується на встановленні інтелектуальних вимірювальних приладів обліку електроенергії, що монтуються на межах балансової залежності між електромережевою організацією та споживачем електроенергії. Дані прилади дозволяють реєструвати споживання електроенергії із заданою частотою, диференціюючи її за тарифними зонами (піковою, напівпіковою, нічною), фіксуючи час початку та закінчення електроспоживання, а також показання реактивної енергії.

Структуру АСКОЕ наведемо на рис. 1.1.

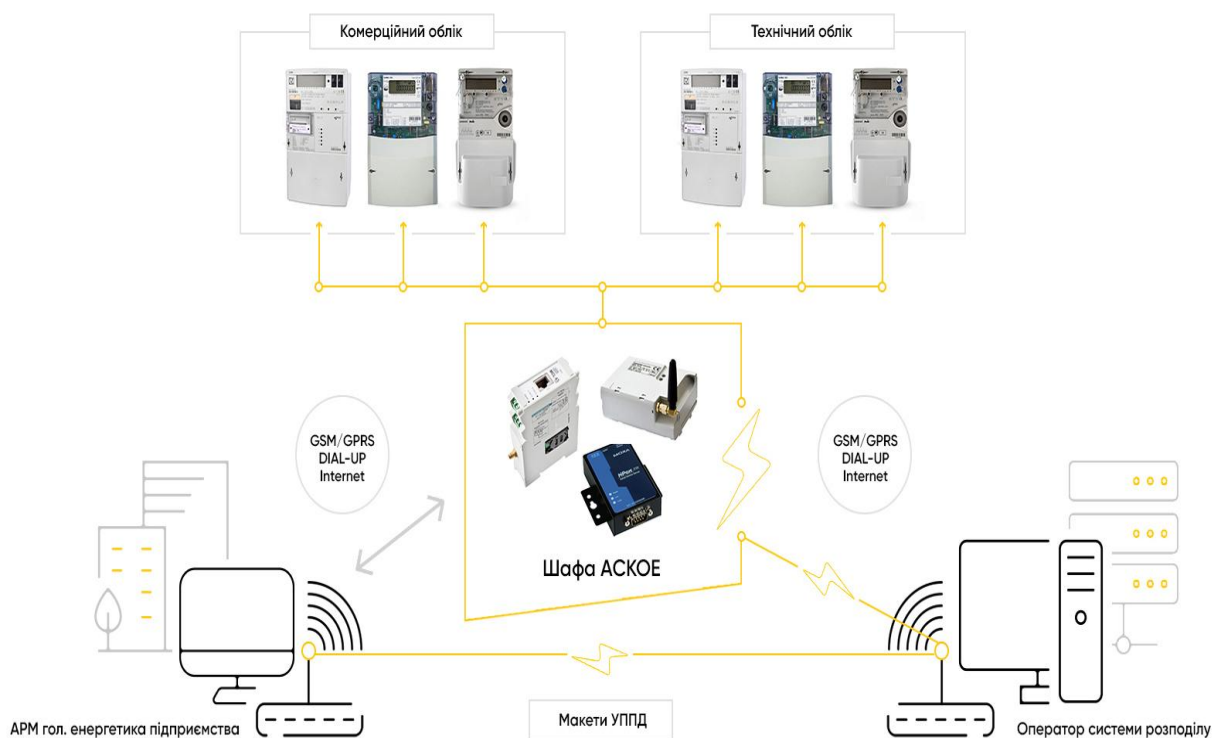


Рис. 1.1. Структура АСКОЕ

Джерело: [5]

АСКОЕ складається з наступних основних підсистем [4]:

- Вимірювальна підсистема – призначена для вимірювання електричних параметрів (напруги, струму, потужності, електроенергії та ін.) у споживачів електроенергії за допомогою лічильників та датчиків. Вимірювальна підсистема встановлюється у споживачів електроенергії.

- Складально-передавальна підсистема – призначена для збору вимірних даних від вимірювальної підсистеми, їх реєстрації та передачі в обчислювальний центр. Може використовувати дротові та бездротові канали зв'язку.

- Обчислювальний центр – призначений для зберігання, обробки та аналізу даних, що надходять від складально-передавальної підсистеми. У обчислювальному центрі провадиться розрахунок спожитої електроенергії для кожного споживача, формування рахунків за електроенергію та підготовка звітів.

- Підсистема управління базою даних – призначена для зберігання даних про всі виміри, розрахунки, звіти та іншу інформацію, що обробляється АСКОЕ.

– Підсистема збору платежів – призначена для збору платежів від споживачів за спожиту електроенергію виходячи з сформованих рахунків.

АСКОЕ дозволяє підвищити точність обліку електроенергії, скоротити витрати на зняття показань приладів обліку, сформувані оперативну звітність про споживання електроенергії, виявляти факти безоблікового споживання та технічних втрат електроенергії, підвищити ефективність розрахунків із споживачами, а також забезпечити захист комерційних інтересів енергопостачальної організації.

Всі вищеописані підсистеми АСКОЕ взаємодіють між собою із використанням сучасних інформаційних технологій для забезпечення високоточного та автоматизованого комерційного обліку електроенергії.

АСКОЕ дозволяє в автоматичному режимі з високою точністю здійснювати збирання та передачу даних про споживання електроенергії, що створює передумови для підвищення ефективності управління електромережним комплексом та стимулювання енергозбереження у споживачів.

Оптимальне управління розподільними мережами на основі даних АСКОЕ дозволяє реалізувати низку важливих переваг:

– Зниження технологічних втрат електроенергії. Аналіз даних щодо споживання електроенергії у режимі реального часу дозволяє виявити ділянки мережі з високим рівнем втрат та оперативно перерозподілити навантаження. Це сприяє зниженню втрат електроенергії під час її передачі.

– Підвищення надійності електропостачання. Оптимальний розподіл навантажень між елементами мережі та своєчасне перемикання навантаження на резервні лінії дозволяє уникнути перевантажень та знизити аварійність.

– Зниження витрат. Оптимізація режимів роботи мережі веде до економії на ремонтах та модернізації мережевої інфраструктури за рахунок ефективнішого її використання.

– Поліпшення якості електропостачання. Плавна зміна навантажень та підтримання параметрів електроенергії (напруга, частота) у допустимих межах забезпечує стабільність електропостачання споживачів.

– Підвищення пропускної спроможності мережі. За рахунок оптимізації топології мережі та перерозподілу навантажень між її елементами можна збільшити пропускну спроможність, що дозволить підключати додаткових споживачів без розширення інфраструктури.

– Зниження негативного впливу на довкілля. Ефективне використання існуючих потужностей дозволяє уникнути будівництва нових мережевих об'єктів та ліній електропередачі, що знижує рівень електромагнітних випромінювань та техногенне навантаження.

У багатоповерхових житлових будинках система АСКОЕ допомагає подолати низку повсякденних труднощів:

– Вона сприяє зменшенню витрат на загальнобудинкові потреби. Починаючи з 2017 року, мешканці держави зобов'язані сплачувати за електроенергію лише в рамках встановлених лімітів. Надлишкові суми, що виникають, покривають керуючі організації. Отже, постачальникам комунальних послуг це рішення приносить вигоду.

– Жителям більше не потрібно самотійно фіксувати та передавати дані з лічильників.

– Зменшується ризик використання електроенергії без належного обліку, що іноді практикують окремі нечесні мешканці.

Таким чином, оптимальне управління розподільчими мережами на основі даних АСКОЕ забезпечує комплексний позитивний ефект для електроенергетики та суспільства загалом.

1.2. Технічні засади та стандарти систем автоматизованого обліку електроенергії

Стандарти для АСКОЕ в Україні охоплюють широкий спектр нормативних документів, спрямованих на забезпечення точності, надійності та сумісності цих систем. Вони включають національні стандарти, такі як ДСТУ 5003.2:2008 [6], що є частиною комплексу стандартів для автоматизованих систем обліку

електроенергії (АСКОЕ) і визначає технічні вимоги до обладнання та процесів обліку. Крім того, застосовуються стандарти якості електроенергії, зокрема ДСТУ ІЕС 61000-4-30:2010 [7], який встановлює методики вимірювання та аналізу якості електропостачання, допомагаючи уникати перешкод та забезпечувати стабільність мережі.

На рівні галузі діють спеціальні стандарти та методичні рекомендації, розроблені операторами системи передачі. Наприклад, СОУ НЕК 17.220.1-33:2024 [17] від НЕК «Укренерго» детально регламентує правила проектування, встановлення та експлуатації АСКОВЕ, включаючи інтеграцію з інформаційними системами та процедури верифікації даних. Ці документи сприяють зниженню втрат електроенергії, підвищенню прозорості розрахунків із споживачами та мінімізації ризиків шахрайства.

Основними технологіями, що використовуються в АСКОВЕ, є [2]:

– Інтелектуальні електронні лічильники – прилади обліку електроенергії, що дозволяють фіксувати параметри електроспоживання (активна та реактивна енергія, потужність, тарифи) із заданою частотою (від 1 сек. до 30 хв.), а також додаткову інформацію (якість електроенергії, потужності, коефіцієнт потужності тощо). Лічильники забезпечують передачу даних каналами зв'язку в АСКОВЕ.

– Канали передачі даних АСКОВЕ. Для передачі інформації від лічильників використовуються різні технології, такі як PLC (широкосмугова передача даних лініями електропередачі), GSM (мобільний зв'язок), Ethernet (стаціонарні лінії зв'язку), радіоканали (для сільської місцевості).

– Система збирання та зберігання даних АСКОВЕ – дані з каналів передачі надходять у сервери АСКОВЕ, оснащені спеціалізованим програмним забезпеченням. Комплекс програм забезпечує отримання інформації від лічильників у режимі реального часу, її зберігання, обробку та аналіз відповідно до заданих алгоритмів.

– Сучасні ІТ-технології АСКОВЕ. Усі компоненти АСКОВЕ (лічильники, канали зв'язку, система збору даних) інтегровані на основі інформаційних мереж

із використанням стандартних протоколів передачі даних (DLMS, MEK 62056). Це дозволяє реалізувати єдиний інформаційний простір для електроенергетики.

– Системи телемеханіки – використовуються для керування розподільними мережами на основі даних, отриманих за допомогою АСКОЕ. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни параметрів мережі та здійснювати керування її режимами роботи.

В АСКОЕ використовуються такі основні алгоритми обробки даних [3]:

– Алгоритми збору та агрегації даних – дозволяють збирати інформацію від лічильників із заданою періодичністю, зводити дані за встановлені проміжки часу (добу, місяць, рік) з метою подання сумарних показників електроспоживання.

– Алгоритми валідації даних – перевіряють на достовірність і коректність дані, що надійшли від лічильників. Виявляються та виключаються некоректні значення.

– Алгоритми прив'язки даних до тарифів – дані з електроспоживання прив'язуються до діючих тарифів на електроенергію за тарифними зонами (пікова, напівпікова, нічна). Розраховується вартість електроенергії за кожною тарифною зоною.

– Алгоритми виявлення аномалій – дозволяють виявляти значні відхилення поточних показників електроспоживання порівняно з аналогічними показниками минулих періодів, що може свідчити про порушення (розкрадання електроенергії, несправність лічильників та мереж тощо).

– Алгоритми розрахунку технологічних втрат – розраховуються на основі даних про кількість поданої в мережу та сплаченої електроенергії. Дозволяють оцінити ефективність використання мережної інфраструктури.

– Прогнозні алгоритми – застосовуються для оптимізації режимів мережі та прогнозування споживання електроенергії. В основі прогнозних моделей лежать методи екстраполяції тенденцій, аналізу сезонних коливань, облік погодних параметрів та ін.

– Алгоритми оптимального управління – реалізуються за допомогою систем телемеханіки та спрямовані на оптимізацію режимів роботи розподільчих мереж на підставі даних АСКОЕ. Метою є зниження втрат електроенергії та витрат на її передачу.

Таким чином, стандарти та технічні засади систем АСКОЕ в Україні забезпечують надійну основу для точного моніторингу та управління електроспоживанням, інтегруючи національні та галузеві норми з сучасними технологіями, такими як інтелектуальні лічильники та системи телемеханіки. Використання різноманітних алгоритмів обробки даних дозволяє не лише підвищити прозорість розрахунків із споживачами, а й мінімізувати комерційні втрати та ризик шахрайства, сприяючи загальній ефективності енергетичного сектора. У перспективі подальша цифрова трансформація цих систем, з урахуванням міжнародних стандартів, відкриває можливості для оптимізації мереж та сталого енергоспоживання в Україні.

1.3. Аналіз існуючих методів підвищення ефективності обліку електроенергії в побутовому секторі

Частка побутових споживачів у сумарному споживанні електроенергії завжди була відносно невелика. Однак їхня кількість значно перевищує кількість усіх інших споживачів електроенергії. Нині через падіння промислового виробництва споживання електроенергії побутовими споживачами у відсотковому відношенні значно зросло. Розрахунки з побутовими споживачами займають велику питому вагу у роботі енергозбуту.

В останні роки розвиток інформаційних технологій та засобів зв'язку відкриває нові можливості для вдосконалення систем обліку електроенергії. Впровадження сучасних технологій передачі даних, таких як бездротові мережі, оптоволоконні лінії зв'язку та інтелектуальні вимірювальні прилади (Smart Meters), дозволяє суттєво підвищити точність, оперативність та надійність обліку електроенергії. В останні роки спостерігається активне впровадження сучасних

технологій передачі даних у системи обліку електроенергії. Ці технології дозволяють суттєво підвищити ефективність збору, обробки та аналізу даних електроспоживання.

Так, бездротові мережі використовують радіоканали для передачі даних із лічильників на центральний сервер. Найбільш поширеними технологіями є Wi-Fi, ZigBee, LoRaWAN та NB-IoT.

Оптоволоконні лінії зв'язку забезпечують високу швидкість та надійність передачі даних, але вимагають значних інвестицій у прокладку кабельної інфраструктури.

Стільникові мережі (2G/3G/4G/5G) дозволяють здійснювати збір даних із лічильників, розташованих у віддалених районах, де відсутня інша інфраструктура зв'язку.

Наприклад, системи побудовані на технології LoRaWAN, використовують такі технології передачі [18]:

- Вузькосмугова передача даних (narrow-band) – дані передаються у вузькій смузі частот (приблизно 125 кГц) у діапазоні 860-928 МГц. Це забезпечує хорошу стійкість до перешкод і дальність зв'язку (до 10 км в міських умовах), але зі зниженою пропускну здатністю (до 50 Кбіт/с).

- Частотна модуляція (FSK) – для модуляції використовуються дві несучі частоти (868,1 МГц і 868,3 МГц), між якими перемикаються в залежності від даних, що передаються. Це дозволяє досягти високої завадостійкості сигналу.

- Спрединг фактор – для розширення смуги пропускання та підвищення пропускну спроможності каналу використовується технологія спредингу (розширення спектру). Сигнал модулюється на 128 можливих частотах смуги 125 кГц, тобто ефективна смуга пропускання становить 16 МГц. Це дозволяє досягти пропускну здатність до 1 Мбіт/с.

- Кодування конволюційними кодами – для підвищення перешкодостійкості даних, що передаються, використовується конволюційне кодування (наприклад, код Ріда-Соломона). Це дозволяє виявляти та виправляти помилки в прийнятих даних.

– Алгоритм ALOHA – використовується доступ із множинним доступом з контролем несучої та випадковим доступом (CSMA/CA). Пристрої випадково вибирають момент часу передачі даних, перевіряючи вільність каналу. Це дозволяє уникнути перевантажень та конфліктів на каналі зв'язку.

– Захищений режим (secured mode) – для забезпечення безпеки передачі даних використовується шифрування AES-128 та перевірка цілісності за допомогою коду автентифікації MAC (Message Authentication Code) за алгоритмом CTR. Це дозволяє запобігти несанкціонованому доступу до інформації в системі.

Таким чином, технології LoRaWAN дозволяють організувати надійну, безпечну та ефективну передачу даних радіоканалом між великою кількістю пристроїв з низьким енергоспоживанням.

Технологія LoRaWAN використовується багатьма компаніями та організаціями по всьому світу. Нижче наведено список деяких з них [20]:

– Cisco – Cisco офіційно підтримує технологію LoRaWAN та пропонує рішення для побудови мереж LoRaWAN.

– Semtech – Semtech є розробником LoRa чіпів та модулів. Багато пристроїв LoRaWAN використовують саме їх компоненти.

– Microchip – Microchip також пропонує LoRaWAN модулі та чіпсети, що використовуються у різних пристроях.

– TTN (The Things Network) – TTN надає платформу для розгортання та управління глобальною мережею LoRaWAN. Мережа TTN охоплює багато регіонів світу.

– Sensorberg – Sensorberg спеціалізується на наданні сервісів IoT та пропонує комплексні рішення для розгортання мереж LoRaWAN.

– Cisco Kinetis – мікроконтролери Kinetis від Freescale (тепер частина NXP) підтримують модуль LoRa. Вони використовують у багатьох пристроях IoT.

– Orange – оператор стільникового зв'язку Orange надає мережеву інфраструктуру та платформу для управління LoRaWAN мережами. Orange розгорнув LoRaWAN мережі у багатьох країнах по всьому світу.

– Промислові підприємства – компанії багатьох галузей, таких як енергетика, транспорт, сільське господарство та виробництво, використовують LoRaWAN рішення.

Отже, впровадження сучасних технологій передачі даних, таких як LoRaWAN, значно підвищує ефективність обліку електроенергії в побутовому секторі завдяки високій надійності, стійкості до перешкод і низькому енергоспоживанню. Компанії, такі як Cisco, Semtech та Orange, активно використовують цю технологію для створення безпечних і масштабованих мереж, що дозволяє збирати дані з віддалених лічильників та оптимізувати управління енергоспоживанням. Загалом, ці методи відкривають нові можливості для покращення точності та оперативності обліку, сприяючи сталому розвитку енергетичної інфраструктури.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

2.1. Загальна характеристика АТ «Сумиобленерго»

АТ «Сумиобленерго» є ключовим гравцем у енергетичному секторі Сумщини, гарантуючи надійне та захищене постачання електроенергії як для домашніх, так і для промислових користувачів регіону. Компанія функціонує в повній відповідності до норм українського законодавства та галузевих норм, зосереджуючись на гарантіях стабільності постачання та зручності для абонентів.

Фірма активно інтегрує інноваційні рішення для спостереження та автоматизації операцій, що сприяє вдосконаленню сервісу та безперервності енергозабезпечення. З метою спрощення взаємодії з клієнтами функціонує «Особистий кабінет», у якому доступно передавати дані лічильників, контролювати стан рахунку чи реєструвати онлайн-заявлення.

До складу АТ «Сумиобленерго» входять:

- Філія «Конотопський район електричних мереж»;
- Філія «Охтирський район електричних мереж»;
- Філія «Роменський район електричних мереж»;
- Філія «Сумський міський район електричних мереж»;
- Філія «Сумський район електричних мереж»;
- Філія «Шосткинський район електричних мереж».

У житлових селищах АТ «Сумиобленерго» є своя інфраструктура, тобто магазини, школи, дитячий садок та інші об'єкти комунально-побутового призначення. Дані об'єкти, як споживачі електроенергії, належать до різних тарифних груп за розрахунками за спожиту електроенергію.

На даний момент підприємство не має автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії. Збирання показань електрولیчильників

проводиться вручну. Облік споживаної електроенергії здійснюється електролічильниками типу «НІК» 2102 1-фаз, «Gross» 1ф 5(50)А DDS-UA Eco КОМПЛ.

Аналіз стану обліку електроенергії на АТ «Сумиобленерго» виявив низку істотних недоліків у тому числі:

- низький клас точності вимірювальних трансформаторів струму та напруги у високовольтній мережі, неможливість їх перевірки та визначення метрологічних характеристик за умов експлуатації;

- низький клас точності приладів обліку електричної та теплової енергії та їх недостатня експлуатаційна надійність;

- неможливість вимірювання комерційних значень потужності електроенергії у задані інтервали часу;

- архаїчність організації обліку з ручним зніманням показань приладів обліку за календарний місяць, що призводить до неодноразовості зняття показань лічильників і, як наслідок, неможливість отримання достатньо точного балансу щодо вироблення та споживання електроенергії;

- недосконалість існуючих нормативних документів, що визначають організаційні та технічні аспекти обліку;

- відсутність автоматизованого обміну інформацією між первинним обліком енергії та фінансово-розрахунковими системами на всіх рівнях;

- недостатня надійність, а в ряді випадків відсутність необхідних каналів зв'язку для передачі інформації (зокрема, між енергооб'єктами та центрами обробки інформації), низька швидкість каналів зв'язку.

Існуюче положення організації обліку електроенергії не дозволяє ефективно боротися з розкраданнями електроенергії, обсяг яких зростає.

Можна виділити такі шляхи усунення недоліків існуючої організації обліку електроенергії:

1. Удосконалення приладів обліку електроенергії;

2. Створення автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії

– АСКОЕ;

3. Проведення відповідних організаційних заходів.

Усі виділені шляхи усунення недоліків існуючих організацій обліку електроенергії докладно розглянемо нижче.

2.2. Застосування електронних лічильників електроенергії

Основним приладом обліку електроенергії дотепер були індукційні лічильники електроенергії класу точності 2,5. Ці прилади мають масу недоліків і часто не задовольняють сучасні вимоги до обліку електроенергії, особливо при обліку великих потоків енергії.

Підвищення точності вимірювання потужності та енергії вимагає врахування особливостей енергетичних процесів за наявності навантажень, що погіршують форму кривої напруги та створюють коливання напруги. Точність виміру потужності та енергії споживаним навантаженням у системі електропостачання, визначається як класом точності приладу, так і структурою вимірювального приладу, тобто залежить від того, наскільки пристрій враховує спотворюючі властивості навантажень. Електронні лічильники електроенергії дозволяють більш точно враховувати електроенергію, що має значні відхилення від норм якості, що дуже важливо при підвищеній точності вимірювань.

Сучасні системи обліку споживання електроенергії потребують двох типів вимірювальних приладів: лічильника електроенергії та вимірювача потужності або ж пристрою, що виконує обидві функції. Реалізація такої системи обліку з урахуванням старих вимірювальних приладів пов'язана з труднощами. Електронні лічильники мають широкі можливості щодо вимірювання активної та реактивної потужності та електроенергії, крім того мають широкий набір додаткових функцій. Важливою перевагою електронних лічильників є використання багатотарифної системи розрахунків за електроенергію. Електронні лічильники надійні та довговічні. Класи точності лічильників 02; 0,5.

Однак, слід згадати основний недолік подібних приладів – дорожнечу. Тому в даний час доцільне застосування електронних лічильників при вимірі

значних потоків енергії, де їх застосування виправдовує себе, їх високою точністю і надійністю.

2.3. Склад комплексу АСКОЕ

Організація оптового та роздрібного ринків енергії та потужності зумовлює необхідність підвищення точності та достовірності обліку електроенергії шляхом створення галузевої ієрархічної системи АСКОЕ та її інтеграції з банківськими системами для контролю та прискорення платежів на оптовому та роздрібному ринках енергії та потужності.

Сучасний стан технічних засобів обліку електроенергії та оснащення енергосистем засобами обчислювальної техніки створюють передумови для створення АСКОЕ, що забезпечує видачу необхідної комерційної інформації в реальному масштабі часу на всі рівні управління та банки, що їх обслуговують.

Системи АСКОЕ, що автоматизують контроль та облік потоків енергії та потужності в енергосистемі, базуються на отриманні інформації від електролічильників, її зборі, обробці та зберіганні на об'єктах за допомогою спеціалізованих мікропроцесорних контролерів з подальшою передачею від них даних каналами зв'язку в центри обробки інформації та дозволяють:

1) забезпечити легітимною та достовірною інформацією комерційні розрахунки на оптовому ринку перетоків енергії та потужності між суб'єктами, а також комерційні розрахунки із суб'єктами роздрібних ринків енергії та потужності з використанням економічно обґрунтованих тарифів (диференційованих, багатоставкових, блокових);

2) здійснювати точний, у єдиних часових фазах облік та контроль балансів енергії та потужності по об'єктах енергосистеми (електростанціям та підстанціям), по вузлах;

3) проводити більш точний облік та прогнозування вироблення та втрат електроенергії в енергосистемі, а також питомих витрат палива та інших техніко-економічних показань на структурних підрозділах енергосистеми;

4) здійснювати контроль та управління режимами енергоспоживання, у тому числі контроль договірних величин споживання електроенергії та потужності великими промисловими підприємствами на підставі комерційних, метрологічних забезпечених даних та управління їх навантаженням;

5) забезпечити автоматизацію розрахунків за відпущену електроенергію з різними групами споживачів, проведення розрахунків із банківськими структурами, а також здійснювати в реальному часі рух платежів та контроль за їх проходженням міжмашинним об'єктом;

6) формувати достовірні та точні дані для виробничої та статистичної звітності про корисно відпущену та реалізовану електроенергію, а також аналізу режимів електроспоживання по об'єктах, вузлах, районах, енергосистемах;

7) створити інформаційну базу для підвищення ефективності використання паливо-енергетичних ресурсів, енергозбереження та раціонального використання енергії в енергосистемах та у споживачів.

В основу систем АСКОЕ закладаються такі основні положення:

1) вихідною інформацією для систем повинні бути дані, одержувані від датчиків енергії;

2) системи, які встановлюються на об'єктах, повинні створюватися як розрахункові (комерційні), які використовують для розрахункового та технічного обліку одні й ті ж комплекси технічних засобів;

3) збір, обробка, зберігання та видача інформації про енергію та потужність на об'єктах повинні здійснюватися за допомогою метрологічно атестованих, захищених від несанкціонованого доступу та сертифікованих для комерційних розрахунків пристроїв та систем;

4) системи збору та передачі інформації (СЗПІ) АСКОЕ повинні по можливості поєднуватися із СЗПІ автоматизованих систем диспетчерського управління об'єднання;

5) інформація про електроенергію та потужність, що утворюється та циркулює в системах АСКОЕ всіх рівнів, повинна бути прив'язана до єдиного астрономічного часу її утворення.

Основним рівнем на якому здійснюється збір та обробка інформації про енергію та потужність від усіх об'єктів АСКОЕ незалежно від їх приналежності, є рівень енергосистеми, який у свою чергу має свою ієрархію:

- 1) рівень підприємств електричних мереж та енергозбутів;
- 2) рівень районів електричних мереж та ділянок енергозбутів (цей рівень створюється з урахуванням доцільності);
- 3) рівень об'єктів АСКОЕ – електростанцій та підстанцій, а також споживачів електроенергії (промислових та прирівняних до них підприємств, сільськогосподарських, комунально-побутових та інших споживачів).

До складу технічних засобів АСКОЕ входять:

1. індукційні та електронні прилади обліку активної й реактивної електроенергії, які можуть бути оснащені додатковими або вбудованими електронними лічильниками та імпульсними датчиками;
2. інформаційно-вимірювальні комплекси, а також пристрої збирання й передачі інформації, що забезпечують фіксацію, оброблення, накопичення, зберігання та передачу через засоби зв'язку до відповідних центрів даних відомостей про споживання електроенергії та потужності в контрольованих точках об'єктів АСКОЕ;
3. апаратні засоби, що забезпечують передачу інформації від інформаційно-вимірювальних комплексів до центрів обробки даних, включно з каналами зв'язку, модемами, пристроями комутації сигналів та іншими допоміжними елементами;
4. обчислювальна техніка, призначена для роботи на об'єктах АСКОЕ та в центрах обробки інформації, а також для міжмашинного обміну даними між різними рівнями системи.

Як основні обчислювальні засоби для обробки інформації АСКОЕ на великих електростанціях і підстанціях, а також у центрах обробки відомостей про енергію та навантаження на підприємствах електричних мереж і в енергосистемі загалом використовуються спеціалізовані робочі станції або персональні ЕОМ стандартних конфігурацій, які здатні працювати цілодобово.

У Додатку А наведено функціональну схему АСКОЕ.

2.4. Автоматизація функцій обліку по рівнях

Структурну схему побудови АСКОЕ АТ «Сумиобленерго» наведемо у Додатку Б.

За основу АСКОЕ прийнято вимірювально-обчислювальний комплекс на базі пристрою збору та передачі даних (ПЗПД) типу «УСПД164-01Б». Система має трирівневу структуру.

Нижній рівень:

Включає багатофункціональні мікропроцесорні лічильники ITRON EM620 СТ 1(10)А, що забезпечують облік електроенергії окремих споживачів. Крім обліку активної та реактивної енергії обох напрямків за встановленими тарифами та зонами, лічильники дозволяють зберігати дані в енергозалежній пам'яті з подальшим переглядом на індикаторі облікової активної та реактивної енергії прямого та зворотного напрямку:

- Усього від скидання показань;
- За поточний та попередній рік;
- За поточний та попередній місяць;
- За поточну та попередню добу.

Другий рівень:

Пристрій збору та передачі даних (ПЗПД) на базі «УСПД164-01Б». ПЗПД має забезпечити збирання інформації з лічильників, розрахунок та архівування вимірної електроенергії в енергозалежній пам'яті з прив'язкою до календарного часу, передачу цієї інформації на третій рівень системи (сервер опитування ПЗПД).

Верхній рівень:

АРМ диспетчера АТ «Сумиобленерго».

АСКОЕ забезпечує автоматичний збір, обробку та реєстрацію інформації про витрату електроенергії на найбільш енергоємних об'єктах споживання, реєстрацію параметрів електроспоживання, формування звітних документів.

Крім того, дана система призначена для використання як комерційна розрахункова система на оптовому ринку електроенергії та потужності.

У структурній схемі АСКОЕ використані такі елементи:

Багатофункціональні лічильники електричної енергії типу ITRON EM620 CT 1(10)A, перетворювачі інтерфейсу RS-485/232, пристрій збору та передачі даних типу УСПД164-01Б, модеми для виділених та комутованих ліній, радіомодеми та сервер на базі комп'ютера типу IBM PC.

Вимірювання електроенергії виконують інтегруванням часу потужності проєктованого приєднання (об'єкта обліку) за допомогою лічильника електроенергії типу ITRON EM620 CT 1(10)A.

Результати вимірювання електроенергії та потужності виводяться на дисплей лічильника ITRON EM620 CT 1(10)A у цифровому вигляді. Від лічильників електроенергії, оснащених цифровим інтерфейсом RS-485, інформація каналами зв'язку передається на ПЗПД УСПД164-01Б.

ПЗПД проводить збір, накопичення, обробку та зберігання первинних даних про електроенергію та потужність на об'єкті, а також передає накопичені дані по комунікаційних каналах на АРМ АТ «Сумиобленерго». АСКОЕ містить 26 вимірювальних каналів.

2.5. Варіанти побудови АСКОЕ

Електролічильники. Типи електролічильників, що використовуються, мають бути включені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки України та мати чинні повірочні свідоцтва.

Технічні характеристики й метрологічні параметри розрахункових електролічильників повинні відповідати вимогам СОУ-Н ЕЕ 11.315:2008 (МВУ031/08-2007).

У точках обліку, де можливий двосторонній перетік електроенергії (споживання–віддача), лічильники мають забезпечувати вимірювання в обох напрямках.

Розрахункові електролічильники, що працюють на основі спеціалізованих мікропроцесорів, повинні відповідати таким ключовим вимогам:

- здійснювати вимірювання електроенергії з наростаючим підсумком та визначати середню потужність у півгодинних інтервалах;
- мати можливість зберігання профілю навантаження з інтервалом 30 хвилин протягом не менше одного місяця;
- бути оснащеними цифровим інтерфейсом (RS-485, ІРПС, RS-232);
- містити вбудовані календар і годинник (із точністю не гіршою ± 2 с/добу та можливістю автоматичного коригування);
- мати енергонезалежну пам'ять для зберігання параметрів налаштування й останніх показників активної та реактивної енергії у разі зникнення живлення;
- вести «журнал подій», у якому фіксуються перерви роботи, кількість та дати сеансів зв'язку з лічильником і дії, що спричинили зміну даних;
- мати надійний захист від несанкціонованого втручання та коригування параметрів;
- володіти функціями автоматичної діагностики.

Для технічного обліку допускається використання електролічильників з імпульсним вихідним сигналом.

Лічильники повинні забезпечувати працездатність за температури навколишнього повітря від -40°C до $+75^{\circ}\text{C}$.

Середнє напрацювання на відмову - не менше 35000 годин.

На підставі вищевказаних вимог вибираємо електронні лічильники електроенергії типу ITRON EM620 CT 1(10)A, що вимірюють активну та реактивну електроенергію прямого та зворотного напрямку в мережах змінного струму. Клас точності лічильників – 0,5. Лічильники оснащені платою послідовного інтерфейсу RS485 (шинний інтерфейс до 1,2 км) – для високо точного комерційного та технічного обліку.

Лічильник призначений для активної та реактивної електричної енергії прямого та зворотного напрямку в трьох та чотирипровідних мережах змінного струму з напругою 3 по 57,7 (100), частотою 50+/-5%Гц, номінальним і максимальним струмом відповідно до даних табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики лічильників

Умовне позначення лічильника	Робочий діапазон температур, °C	Клас точності при вимірі активної енергії	Клас точності при вимірі реактивної енергії	I _{min} , I _{max} , A
ITRON EM620 CT 1(10)A	-40...+75	0,5S	1,0	5(7,5)
ITRON EM620 CT 1(10)A	-40...+75	0,5S	2,0	1(1,5)
ITRON EM620 CT 1(10)A	-40...+75	0,5S	1,0	5(7,5)
ITRON EM620 CT 1(10)A	-40...+75	0,5S	2,0	1(1,5)

Підключення лічильника до мережі здійснюється через вимірювальні трансформатори напруги та струму. Лічильник враховує активну та реактивну енергію обох напрямків за вісьмома тарифами у дванадцяти тарифних зонах.

Лічильник забезпечує можливість програмування та перепрограмування через інтерфейс RS-485 наступних параметрів:

- Пароля першого та другого рівня доступу до даних;
- Найменування точки обліку (місця встановлення);
- Мережева адреса;
- Коефіцієнта трансформації за напругою та струмом;
- Час інтегрування потужності для побудови графіків навантажень в діапазоні 2.. 30 хвилин;
- Тарифного розкладу та розкладу святкових днів;
- Поточного часу та дати;
- Час переходу з «літнього» часу на «зимовий», «з зимового» часу на «літній» та прапор дозволу/заборони автоматичного переходу.

Лічильник має вбудований інтерфейс RS485 і підключається до будь-якого послідовного порту комп'ютера через перетворювач інтерфейсу RS232

– RS485. Обмін між комп'ютером і лічильником проводиться на швидкості 9600 Біт з використанням біта контролю непарності та одного стопового біта в кожному байті, що передається.

Крім каналу RS485, лічильник містить оптичний інтерфейс (оптопорт) для індивідуальної роботи з комп'ютером. Призначення контактів колодки електrolічильника наведено у табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Призначення контактів колодки електrolічильника

Контакт	Ланцюг	Полярність	Примітка
11	Увімкнення режиму перевірки	-	Постійна напруга -12 В
15	Загальний	+	Постійна напруга +12 В
12	RS-485 лінія А	+	Мінімум +0,25 В за відсутності обміну
16	RS-485 лінія А	-	
13	Імпульсний вихід А+	-	Відкритий емітер $U_{max} = 30V$, $I_{max} = 30mA$
15	Загальний	+	Постійна напруга +12В
17	Імпульсний вихід А-	-	Відкритий емітер $U_{max} = 30V$, $I_{max} = 30mA$
15	Загальний	+	Постійна напруга +12В
14	Імпульсний вихід R+	-	Відкритий емітер $U_{max} = 30V$, $I_{max} = 30mA$
15	Загальний	+	Постійна напруга +12В
18	Імпульсний вихід R-	-	Відкритий емітер $U_{max}=30 V$, $I_{max}=30 mA$

Пристрій збору та передачі даних (ПЗПД) має забезпечувати в автоматичному режимі такі функції:

- отримання даних від електrolічильників, що працюють на спеціалізованих мікропроцесорах і використовують цифрові інтерфейси (RS-485, RS-232, ІРПС та інші);
- приймання інформації від лічильників, у яких передбачені імпульсні телеметричні виходи;

- синхронізацію дати та часу в електролічильниках із цифровим інтерфейсом;
- узгодження та фіксацію даних, що надходять від лічильників з імпульсним виходом, відповідно до системного часу ПЗПД.
 - самодіагностику.

ПЗПД має забезпечувати в мінімальній комплектації (модифікації) приєднання до 16 електролічильників і не менше 256 електролічильників при повній комплектації, незалежно від інтерфейсу.

Електроспоживання ПЗПД з повним набором електронних модулів не повинно перевищувати 100 Вт. Охолодження ПЗПД має здійснюватися з допомогою

природної конвекції. Робочий діапазон температур -35°C до $+55^{\circ}\text{C}$.

Напрацювання на відмову не менше 35000 годин. Час відновлення працездатності установки (заміною модулів) трохи більше години.

Вибираємо пристрій збору та передачі даних марки УСПД164-01Б. Він призначений для збору інформації із зовнішніх датчиків, обробки її та передачі для подальшого використання в автоматизованих системах вимірювань, управління технологічними процесами, контролю та обліку споживання енергії та енергоносіїв.

Залежно від типу підключених датчиків УСПД164-01Б виконує такі функції:

– Вимірювання витрати та споживання кількості електроенергії з використанням лічильників зі стандартним телеметричним виходом, у тому числі з метою комерційного обліку;

– Вимірювання витрати та споживання кількості теплової енергії та витрати енергоносіїв (вода, перегріта пара, насичена пара, природний газ) з використанням витратомірів зі стандартними струмовими та імпульсними виходами витратомірних вузлів на звужуючих пристроях, у тому числі з метою комерційного обліку;

– Вимірювання та контроль параметрів режиму роботи електричних мереж та енергетичного обладнання з використанням вимірювальних перетворювачів напруги, струму, потужності, частоти та ін. уніфікований аналоговий сигнал;

– Вимірювання та контроль параметрів режиму роботи промислового обладнання з використанням датчиків типу «сухий контакт» або вимірювальних перетворювачів температури, тиску, витрати тощо в уніфікований аналоговий сигнал;

– Вимірювання та контроль будь-яких інших технологічних параметрів, що передаються з датчиків з аналоговими або числоімпульсними виходами;

– Збір даних із зовнішніх пристроїв з кодових зв'язків.

УСПД164-01Б – конфігурований, модульний, IBM PC сумісний промисловий комп'ютер, у якому модулі введення аналогових сигналів, введення дискретних і число імпульсних сигналів, комунікаційні модулі збираються у будь-яких технічно доцільних комбінаціях.

УСПД164-01Б здійснює в реальному часі збір, обробку, архівування, відображення та видачу сигналів управління за заданими користувачем алгоритмами, а також за командами телеуправління або за командами з клавіатури, що набирається оператором.

Контакти роз'ємів УСПД164-01Б та їх призначення наведено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Контакти роз'ємів УСПД164-01Б та їх призначення

№ контакту	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RS-232	DCD	RxD	TxD	DTR	GND	DSR	RTS	CTS	RI

Послідовний інтерфейс RS-485.

RS-485 призначений для підключення УСПД164-01Б до мережі передачі даних або до інших пристроїв.

Топологія мережі – загальна шина. Адреса шини дозволяє підключити не більше 255 пристроїв. Гальванічна ізоляція від ланцюгів УСПД164-01Б – 1500 В.

Межа допускається значення відносної похибки математичної обробки вимірювальної інформації, що надходить від лічильників, 0,01%. Межа абсолютної похибки, що допускається при вимірюванні поточного часу, ± 1 с на добу.

Автоматизоване робоче місце. АРМ – автоматизоване робоче місце на базі персонального комп'ютера зі спеціалізованим програмним забезпеченням.

Програмне забезпечення АСКОЕ повинно гарантувати:

- стабільне та безперебійне функціонування протягом усього строку експлуатації обладнання, а також повну сумісність та збереження всіх раніше встановлених параметрів після оновлення версій;
- автоматичне завантаження операційної системи або програм управління, а також автозбереження всіх налаштувань і даних у разі будь-яких збоїв у роботі пристрою;
- проведення автоматичного самотестування за всіма контрольованими параметрами;
- розрахунок усіх необхідних показників енергоспоживання, можливість зміни переліку та кількості врахованих параметрів під час роботи, а також коригування механізмів їх обчислення;
- ведення журналу подій, де мають фіксуватися всі входи в систему, зміни програмного забезпечення та будь-які відхилення у роботі пристрою (зникнення живлення, втрата даних від лічильників, розрив зв'язку тощо).

Засоби АСКОЕ повинні містити як апаратні (пломбування портів введення, електронні ключі блокування доступу), так і програмні механізми захисту (парольна система) для недопущення несанкціонованого доступу.

У штатному режимі взаємодія з верхнім рівнем АСКОЕ має виконуватися за запитом цієї системи — при цьому передаються будь-які дані, що зберігаються в ПЗПД та були запитані. У разі збоїв або виявлення спроб несанкціонованого втручання ПЗПД повинно автоматично переходити в режим передачі інформації на вищий рівень збору даних.

Автоматичне робоче місце забезпечується обчислювальною технікою. Програмне забезпечення для цього робочого місця встановлюємо на платформі PC під Windows 2010.

З метою захисту та збереження даних в аварійних ситуаціях АРМ диспетчер оснащений джерелом безперебійного живлення (тривалість автономної роботи від вбудованих акумуляторів – залежно від тривалості можливих перерв в електроживленні).

На підставі перерахованих вище вимог вибираємо персональний комп'ютер з наступними комплектуючими пристроями:

- Материнська плата: MB Erox EP-4BDA533 Socket478, i845D AGP Sound ATA 100 ATX Retail;
- Процесор: CPU Celeron 2000 Socket 478 128k BOX;
- ОЗУ: DDR 256 Mb (PC-2700) 166 MHz/333Mbps @ Hyundai;
- Вінчестер: HDD 60.0 Gb Seagate ST360014A (7200);
- Дисковод: FDD 1.44Mb 3.5" Samsung;
- Корпус: MidiTower Casetech AX-23 300W (P4) ATX;
- Відеокарта: 64Mb GeForce4 MX440-8X DDR;
- Звукова карта: PS радіо FM card, USB;
- CD-ROM: CD-ROM LG 52-sp;
- CD-ROM: CD-Rew LG 52x/24x/52x GCI8520B IDE OEM;
- Монітор: 17" Samsung 172V (SSN) TFT
- Клавіатура: Keyboard Win 95 Genius PS/2;
- Миша: Mouse Genius NetScroll-PS/2;
- Джерело живлення: UPS BACK CS 500EI APS.

2.6. Системи автоматизованого проектування

Програма АРМ Електроенергія є основним засобом доступу до інформації АСКОВЕ. У ньому проглядаються дані щодо облікової електроенергії, задаються

характеристики об'єктів, ліній, лічильників та ПЗПД системи, формуються звітні документи.

ПЗ АРМ розташовується на сервері, в каталозі ASKUE. Користувачі мають доступ лише до читання цього каталогу.

Файл звітів Otchet. Xls. Є самостійною програмою, яка базується на даних АСКОЕ. Програма має доступ до даних АСКОЕ у режимі «тільки читання». У ній реалізований метод отримання даних за допомогою SQL – запитів.

Механізм читання відкритий, форми доступні для оперативного редагування. На основі цього файлу програміст має можливість створювати власні вихідні форми за даними АСКОЕ. Наприклад, лист «Баланс» можна доповнити тарифами на електроенергію і вести розрахунки вже в грн., а не в кВт.год. Програма має доступ до бази даних з обмеженими правами, що не дозволяє пошкодити або навмисно спотворити дані АСКОЕ.

Крім встановленого ПЗ, АРМ забезпечується спеціалізованим ПЗ ПЗПД. Програмне забезпечення ПЗПД реалізує такі основні функції:

- Опитування первинних приладів обліку та зберігання ліченої інформації;
- Діагностику первинних приладів обліку;
- Передачу даних за запитами з автоматизованого робочого місця верхнього рівня.

Програмне забезпечення АРМ реалізує такі основні функції:

- Безперервний моніторинг поточної потужності об'єкта, що споживається;
- Контроль та облік енергоспоживання по об'єкту;
- Ведення архівів споживаної потужності об'єкта;
- Автоматичне збереження стану системи при збоях та перервах електроживлення та повне відновлення інформації при його появі;
- Подання інформації щодо енергоспоживання;
- Підключення додаткових точок обліку; генерацію та друк протоколів (форм звітності);

– Забезпечувати доступ до інформації та її реплікацію для взаємодії з підприємствами.

Канали зв'язку, що використовуються споживачами, можуть бути побудовані на основі цифрових, аналогових, супутникових, радіо або стільникових систем зв'язку.

Технічні характеристики каналів повинні забезпечувати швидкість передачі в каналі не нижче 24 кБіт/сек при коефіцієнті надійності каналу 0,9. При використанні стільникових систем зв'язку допускається робота на швидкості 9,6 кБіт/сек.

Канали зв'язку мають бути постійно підключені до АСКОЕ, забороняється їх використання для інших цілей.

При використанні виділених телефонних номерів для модемного зв'язку АСКОЕ повинні застосовуватись прямі номери від АТС.

Усі автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії повинні мати основний та резервний канали зв'язку.

Вибираємо модеми «AnCom». У модемах AnCom STX-1842+ та STX-2442+ передача та прийом модульованого сигналу забезпечується у смузі частот від 600 до 2100 Гц.

Модеми сполучаються з апаратурою обробки даних по стику С2.

Модеми апаратно підтримують протоколи корекції помилок та стиснення ITU-T V.42, V.42bis та альтернативний протокол стиснення MNPS. Управління модемами здійснюється за допомогою АТ – команд. Модеми сумісні з усіма типами комунікаційних програм, призначених до роботи з m. N Hayes-модемами. Допускається використання модемів у безперервному режимі роботи (без профілактичних вимкнень живлення).

Модеми мають оригінально вбудоване ПЗ (firmware), яке спільно зі схемотехнічними рішеннями покращує якість роботи на лініях низької якості та дозволяє говорити про фактичну адаптацію модему до вітчизняних телефонних мереж. Зовнішній модем підключається кабелем до СОМ-порту комп'ютера.

Для підключення до комп'ютера використовується кабель з роз'ємом DB-25M. Другий роз'єм кабелю повинен відповідати типу роз'єму COM-порту комп'ютера (DB-9F, DB25F).

Усі роз'єми, що забезпечують підключення зовнішнього модему до комп'ютера (RS-232C), адаптеру живлення (POWER) телефонної лінії (LINE) та додатковому телефонному апарату (PHONE), а також вимикач живлення, розміщені на задній стороні модему.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОВАДЖЕНИХ ЗАХОДІВ

3.1. Обґрунтування впровадження методу підвищення ефективності обліку електроенергії побутових споживачів

Для обґрунтування впровадження АСКОЕ у діяльність АТ «Сумиобленерго» розрахуємо похибки застосування її інформаційного комплексу (ІК).

Якщо похибка вимірювання має адитивну та мультиплікативну складові, то використовується двочленна формула відносної похибки $\delta^{ІК}$:

$$\delta^{ІК} = \pm [c+d (|W_H / W| - 1)], \quad (3.1)$$

де c і d – відносні похибки (у %), обчислені відповідно наприкінці та на початку діапазону вимірів. Числа c і d обираються з ряду (округляються до найближчого значення) $A \cdot 10^n$, $A = 1; 1.5; 1.6; 2; 2.5; 3; 4; 5; 6$, $n=1; 0; -1; -2; \dots$;

W_H – нормуюче значення енергії (межа виміру, номінальне значення чи ін.);

W – значення енергії, що вимірюється.

Оскільки ІК АСКОЕ – це ланцюг різних вимірювальних перетворювачів (ВП), то визначення $\delta^{ІК}$ необхідно оцінити з урахуванням похибок цих ланок. Структурна схема ІК АСКОЕ для випадку приєднання електричного лічильника ІТRON EM620 СТ 1(10)А через два вимірювальні трансформатори струму і три трансформатори напруги застосовується в мережах з параметрами струму і напруги, що перевищують параметри електричного лічильника для прямого включення.

У випадку результуюча середньоквадратичного відхилення (СКВ) похибки ІК дорівнює:

$$\sigma_{ІК} = K \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^m \sigma_{i\text{дод}}^2}, \quad (3.2)$$

де $\sigma_i = \delta_i / K_i$ – СКВ основної похибки ІК,

δ_i – межі основної похибки, що допускається,

K_i – квантильний коефіцієнт, що визначається законом розподілу та довірчою ймовірністю,

$\sigma_{\text{дод}}$ – додаткові похибки від факторів, що впливають (температура, тиск, вологість та ін.);

K – квантильний коефіцієнт, який визначається довірчою ймовірністю оцінки похибки.

Оскільки нормальний закон розподілу невідомий, її приймають рівномірною. У цьому випадку $K_i = k = 1,73$.

Аналіз ланок ІК показує, що похибка вимірювання визначається, в основному, похибками вимірювальних трансформаторів і лічильників, так як вихідний сигнал цифрових лічильників не спотворюється в процесі його передачі.

Розрахуємо похибки ІК для кількох випадків використання різних за точністю вимірювальних трансформаторів току та напруги. Класи точності вимірювальних трансформаторів лежать у межах 0,2; 0,5; 1; 3; 5. Класи точності індукційних лічильників 2,5, лічильників ITRON EM620 СТ 1(10)А – 0,2.

У трансформаторів слід враховувати не тільки похибку коефіцієнта трансформації, а й кутову похибку, оскільки зрушення фаз трансформаторів, впливає на вимірювану лічильником енергію (потужність).

Обираємо класи точності вимірювальних трансформаторів 0,2 (перший випадок) та 0,5 (другий випадок), клас точності лічильників 0,2 (ITRON EM620 СТ 1(10)А) та 2,5 (індукційного), відношення значень кінця та початку діапазону

вимірювань енергії (струму): $\frac{W_{\text{max}}}{W} = \frac{I_{\text{max}}}{I_{\text{min}}} = 5$.

Напруга вимірюється в одній точці діапазону напруг. При цьому відносні похибки трансформаторів струму, наведені відповідно до початку і кінця діапазону вимірювань, становлять $\delta_{\text{тн}} = 0,2\%$ (1-й випадок), $\delta_{\text{тн}} = 0,5\%$ (2-й випадок) і $\delta_{\text{тт}} = 0,04\%$ (1-й випадок), $\delta_{\text{тт}} = 0,1\%$ (2-й випадок).

Так як працюють два інформаційних трансформаторів току і три інформаційних трансформаторів напруги у кожному ІК, то СКВ ІК для кінця і початку діапазону розраховується за формулою:

$$\sigma_{\text{ІКн}} = \frac{1}{k} \sqrt{2(\delta_{\text{ТТ}})^2 + 3\delta_{\text{ТН}}^2 + 5\delta_{\text{ФК}}^2 + \delta_{\text{ЛЧ}}^2}, \quad (3.3)$$

Отримуємо у першому випадку:

$$\sigma_{\text{К}} = \frac{1}{1,73} \sqrt{(20,04^2 + 3 * 0,2^2 + 5 * 0,01^2 + 0,04^2)} = 0,21\%$$

$$\sigma_{\text{П}} = \frac{1}{1,73} \sqrt{(2 * 0,2^2 + 3 * 0,2^2 + 5 * 0,05^2 + 0,2^2)} = 0,29\%$$

у другому випадку:

$$\sigma_{\text{К}} = \frac{1}{1,73} \sqrt{(2 * 0,1^2 + 3 * 0,5^2 + 5 * 0,02^2 + 0,04^2)} = 0,51\%$$

Для довірчої ймовірності похибки $P = 0,95$, квантильної коефіцієнт $K = 1,95$. Помноживши СКВ ІК для початку $\delta_{\text{н}}$ і кінця $\delta_{\text{к}}$ діапазону на цей коефіцієнт, отримаємо для початку і кінця діапазону в першому та другому випадках:

$$1) \sigma_{\text{ІКк}} = K \cdot \delta_{\text{к}} = 1,95 * 0,21 = 0,41\%; \sigma_{\text{ІКп}} = K \cdot \delta_{\text{п}} = 1,95 * 0,29 = 0,57\%;$$

$$2) \sigma_{\text{ІКк}} = 1,95 * 0,51 = 1,0\%; \sigma_{\text{ІКп}} = 1,95 * 0,67 = 1,3\%.$$

Отже, впровадження АСКОЕ дозволяє зменшити втрати від неточностей обліку, підвищити прозорість розрахунків із споживачами та оптимізувати енергетичні ресурси, що є критичним для сталого функціонування електромереж. Метод АСКОЕ рекомендується до впровадження як ефективний засіб модернізації обліку електроенергії, особливо в умовах зростання обсягів побутового споживання.

3.2. Розрахунок показників ефективності обліку електроенергії побутових споживачів.

Показники безвідмовності – це оцінки часу роботи системи до настання відмови, яке також називається наробіткою до відмови. Особливе значення для системи мають показники метрологічної надійності, які враховують лише метрологічні відмови системи.

Показники довговічності – оцінка терміну служби або ресурсу, ремонтпридатності – пристосованість системи до ремонту, показники збереження – властивість системи зберігатися під час її зберігання та транспортування.

Найчастіше в паспортних даних на пристрій зазначають наробітку на відмову. Оскільки базова та розроблена АСКОЕ суттєво відрізняються в частині початкового збору інформації, то порівнюємо наробітку до відмови індукційного лічильника в комплекті з пристроєм збору даних (ПЗД) та ЕЛ ITRON EM620 ST 1(10)A в комплекті з ПЗПД. Для базової АСКОЕ наробітка на відмову $T_1 = 5000$ год. Для модифікованої АСКОЕ $T_2 = 10000$ год. Таким чином, модифікована система АСКОЕ в два рази надійніша.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Умови праці на робочому місці визначаються сукупністю різних виробничих факторів. Згідно з ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 «Система стандартів безпеки праці» [8], усі такі фактори поділяють на небезпечні та шкідливі.

Небезпечний виробничий фактор – це чинник, дія якого може спричинити травму або раптове різке погіршення стану здоров'я. Шкідливий виробничий фактор – це чинник, що здатний призвести до погіршення працездатності, розвитку захворювань чи професійних недуг.

Усі небезпечні та шкідливі фактори класифікуються на чотири основні групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Під час експлуатації електрообладнання першочерговим завданням є попередження ураження електричним струмом персоналу, який виконує обслуговування.

Основні джерела травмування в електроустановках можна об'єднати в такі групи [13]:

- доторкання до струмопровідних частин, що перебувають під напругою, через порушення правил безпеки, недоліки конструкції або помилки під час монтажу обладнання;
- контакт із неструмоведучими елементами, які опинилися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції чи короткого замикання;
- подання напруги на ділянку, де проводяться роботи персоналом;
- відсутність належних засобів захисту.

Негативний вплив електричного струму на людину проявляється у формі електротравм. За статистикою, електротравми становлять близько 10% усіх нещасних випадків у машинобудуванні. У приміщеннях, які відносять до особливо небезпечних щодо ураження струмом, цей показник майже утричі вищий.

Порівняно з іншими видами виробничого травматизму, травми в електроустановках мають низку специфічних особливостей [12]:

- Людський організм не має природних механізмів для визначення наявності напруги на відстані, тому захисна реакція виникає лише після безпосереднього потрапляння під дію електричного струму.
- Струм, що проходить через тіло, впливає не лише на місця контакту та шлях його протікання. Він також викликає рефлекторні порушення в роботі окремих систем організму - серцево-судинної, нервової, дихальної.
- Небезпека отримання травми існує не тільки під час доторкання або наближення до струмоведучих частин електроустановки, але й без прямого контакту — наприклад, через ураження напругою або дію електричної дуги.

Електричний струм, проходячи крізь тіло людини, чинить чотири основні види впливу: **термічний, електролітичний, механічний та біологічний**. Термічний вплив проявляється у вигляді опіків, перегрівання внутрішніх тканин і серйозних функціональних порушень.

Електролітичний вплив полягає у розкладанні органічних рідин, включно з кров'ю, що змінює їх фізико-хімічні властивості. Механічна дія може спричиняти розриви тканин і переломи кісток. Біологічна дія пов'язана з подразненням та збудженням живих тканин, а також зі зміною природних біоелектричних процесів у тілі людини [14].

З фізіологічної точки зору вплив електричного струму є зовнішнім (екзогенним), тобто зумовленим дією факторів навколишнього середовища. Реакції організму можуть варіюватися від легкого подразнення чи незначних судом до важких уражень і навіть смертельного наслідку. Як і інші фізичні подразники, електричний струм чинить не лише локальну дію на тканини, але й викликає рефлекторні реакції, пов'язані з відповіддю нервової системи.

Електротравма - це порушення структури та функцій тканин і органів, що супроводжується як місцевими, так і загальними реакціями

організму, що виникає внаслідок порушень у роботі електрообладнання чи електричних мереж [20].

Усі електротравми умовно поділяють на такі категорії:

- місцеві електротравми - локальні пошкодження тканин та органів, які виникають під дією електричного струму або електричної дуги;
- загальні електротравми (електричні удари) - ураження, що охоплюють весь організм і спричиняють порушення роботи життєво важливих систем;
- змішані електротравми, у яких поєднуються ознаки місцевих та загальних уражень.

Наслідки дії електричного струму на людину залежать від низки чинників, які можна згрупувати таким чином:

- електричні фактори - вид та частота струму, величина напруги й сила струму;
- неелектричні фактори - опір тіла, траєкторія проходження струму крізь організм, тривалість впливу;
- умови навколишнього середовища.

Під час роботи проєктованого електродвигуна на працівника можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- електричні іскри та дуги;
- частини устаткування, що рухаються;
- частини обладнання, що нагріваються до високих температур;
- небезпечні та шкідливі матеріали, що використовуються у конструкції обладнання, а також небезпечні та шкідливі речовини, що виділяються при його експлуатації;
- шум та ультразвук;
- вібрація;
- електромагнітні поля, теплові, оптичні та рентгенівські випромінювання;
- можливість виникнення пожеж.

Джерелом електромагнітних полів частотою промислової мережі є струмоведучі елементи працюючих електроустановок. Тривала дія таких полів на організм людини може негативно позначатися на роботі нервової та серцево-судинної систем, що проявляється підвищеною втомлюваністю, зниженням

продуктивності, болями в ділянці серця, коливанням артеріального тиску та зміною частоти пульсу.

Рівень небезпеки впливу електромагнітного поля визначають за кількістю енергії, яку поглинає тіло людини. При роботі потужних високовольтних електроустановок магнітна складова поля зазвичай становить 20–25 А/м, тому для оцінки ризику достатньо орієнтуватися на параметр електричної напруженості. Якщо напруженість поля не перевищує 5 кВ/м, перебування персоналу на робочому місці допускається протягом усього 8-годинного робочого дня.

Окремо слід розглянути питання пожежної небезпеки електроустановок. За статистичними даними, причини пожеж у таких установках розподіляються так:

- короткі замикання у мережах, пристроях та машинах спричиняють приблизно 43,3% пожеж;
- займання горючих матеріалів поблизу електрообладнання внаслідок перегріву поверхонь - 33,2%;
- струмові перевантаження -12,3%;
- перегрів з'єднань струмопровідних частин через збільшення перехідного опору - 4,6%;
- дія електричної дуги або іскріння при розриві електричного кола - 3,3%;
- нагрівання конструкцій під час появи на них напруги — ще 3,3%.

Також можуть проявлятися додаткові виробничі фактори, що залежать від специфіки виробництва, у якому використовується електроустановка.

Оскільки установка є постійним місцем роботи, необхідно забезпечити належні санітарні та гігієнічні умови.

Під час роботи на повній потужності виникають вібрації, які можуть призводити до професійних захворювань. Тривала дія вібрації може бути причиною хвороби. Це проявляється у стійких порушеннях фізіологічних

функцій організму та обумовлено переважно впливом вібрації на центральну нервову систему.

Розташування та з'єднання частин обладнання мають бути виконані з урахуванням зручності та безпеки спостереження за обладнанням.

Основні нормативні документи з електробезпеки [15]:

- «Правила улаштування електроустановок» (ПВЕ);
- «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів» (ПТЕ);
- «Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів» (ПТБ).

– Згідно з вимогами ПВЕ, електричні мережі поділяються на два типи: мережі напругою до 1000 В та мережі напругою понад 1000 В.

– Також ПВЕ встановлюють класифікацію приміщень за ступенем ризику ураження електричним струмом. Усі приміщення поділяються на три категорії:

– приміщення без підвищеної небезпеки - у них відсутні будь-які фактори, що збільшують ризик ураження (наприклад, сухі, прохолодні, не запилені, з ізолювальним покриттям підлоги, без надмірного обладнання);

– приміщення з підвищеною небезпекою - характеризуються наявністю хоча б одного фактора, що підвищує небезпеку;

– особливо небезпечні приміщення - мають два чи більше факторів підвищеної небезпеки.

– За станом виробничого середовища приміщення поділяють на такі групи:

– нормальні - сухі приміщення, у яких немає ознак запиленості, високих температур або агресивних хімічних впливів;

– сухі - відносна вологість повітря не перевищує 60%;

– вологі - вологість підтримується в межах 60–75%;

– сирі - протягом тривалого часу вологість перевищує 75%, але не досягає 100%.

- особливо сирі - відносна вологість близько 100% (стіни, стеля, предмети вкриті вологою);
- жаркі – температура повітря протягом тривалого часу перевищує +30 °С;
- запилені - пил, що виділяється в приміщенні, осідає на проводках і проникає всередину машин, апаратів; приміщення можуть бути з струмопровідним або нетокопровідним пилом;
- з хімічно активним середовищем - у приміщенні постійно або протягом тривалого часу виділяється пара або накопичуються відкладення, які руйнівню діють на ізоляцію та струмопровідні частини обладнання.

Технічні засоби безпечної експлуатації електроустановок за нормальних режимів роботи:

Електрична ізоляція - це шар діелектрика або конструкція, виконана з діелектрика, яким покривається поверхня струмопровідних частин або якими струмопровідні частини відокремлюються один від одного. Стан ізоляції характеризується її електричною міцністю, діелектричними втратами та електричним опором. Ізоляція запобігає протіканню через неї струмів завдяки великому опору.

Блокуванням називається автоматичний пристрій, за допомогою якого запобігають неправильним, небезпечним для людини діям. Робочими елементами блокування можуть бути механічні пристрої, клямки, фігурні вирізи (механічне блокування), блок-контакти, що впливають на розрив електричного ланцюга (електричне блокування), а також електромагнітні блокування.

Причинами виникнення пожеж на підстанції можуть бути: грозові розряди, неполадки обладнання, порушення правил протипожежної безпеки.

При виникненні пожежної небезпеки на підстанції порушується електропостачання електроприймачів, що приносить великі втрати сільському господарству. Всі будівельні конструкції застосовані на підстанції є негорючими – металевими та залізобетонними.

Для запобігання пожежам на підстанції передбачається встановлення протипожежного щита, комплектація якого наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Комплектація протипожежного щита

№ п/п	Найменування	Одиниці виміру	Кількість	Місце зберігання
1.	Вогнегасник ОУ-5	шт	2	щит
2.	Багор	шт	2	те ж
3.	Лопата	шт	2	--«--
4.	Кирка	шт	2	--«--
5.	Лом	шт	1	--«--
6.	Відро	шт	2	--«--
7.	Ящик з піском	шт	2	біля трансф.

При виникненні пожежі на споживчій трансформаторній підстанції напругою 10/0,4 кВ закритого типу необхідно:

- відключити підстанцію від електричної мережі вищої та нижчої напруги;
- викликати пожежників;
- провести вимкнення електричного обладнання і заземлення, щоб на пошкоджену ділянку не попадала напруга;
- приступити до гасіння пожежі за допомогою вуглекислотних вогнегасників та піску;
- допустити пожежників до гасіння пожежі, перед цим показавши, що об'єкт відключений і електрообладнання заземлене.

Пожежу на трансформаторній підстанції гасять вуглекислотними вогнегасниками та піском.

Таким чином, забезпечення охорони праці вимагає інтеграції санітарно-гігієнічних умов, регулярного моніторингу вібрації, електромагнітних полів та інших факторів, а також комплектації протипожежних засобів (вогнегасники, багри, лопати тощо) для оперативного реагування на надзвичайні ситуації, такі як пожежа на трансформаторній підстанції. Це сприяє підвищенню безпеки, зниженню ризику травматизму та підтримці ефективної експлуатації електрообладнання, підтверджуючи необхідність суворого дотримання нормативів для сталого функціонування виробничих процесів.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

У цьому розділі проведемо порівняння вартості впровадження та експлуатації у АТ «Сумиобленерго» базової системи АСКОЕ та розробленої. Собівартість АСКОЕ складається з вартості обладнання та кабелів. Відмінність систем полягає у використанні лічильників електроенергії різного типу та іншому способі з'єднання (послідовний замість паралельного). Порівняння вартості наведемо у табл. 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 – Вартість базової АСКОЕ

Найменування	Кількість	Вартість за одиницю, тис. грн.	Сумарна вартість, тис. грн.
Електролічильник «НІК» 2102	26	2	52
ПЗД	1	70	70
Модем	1	5	5
Кабель, м	520	0,04	2,080
Разом			129

Таблиця 5.2 – Вартість розробленої АСКОЕ

Найменування	Кількість	Вартість за одиницю, тис. грн.	Сумарна вартість, тис. грн.
Електролічильник ITRON EM620 CT 1(10)A	26	4	104
ПЗПД	1	40	40
Модем AnCom	1	4	4
Кабель, м	13	0,04	1,040
Разом			149

Згідно з даними таблиць 5.1 та 5.2, загальна вартість базової системи становить 129 тис. грн., тоді як розроблена система оцінюється у 149 тис. грн., що на 20 тис. грн. більше. Ця різниця переважно обумовлена використанням більш дорогих електролічильників ITRON EM620 CT 1(10)A (104 тис. грн. проти 52 тис. грн. за САЗУ), які забезпечують підвищену точність та функціональність, однак компенсується зниженням витрат на програмно-апаратний комплекс

(ПЗПД замість ПЗД, 40 тис. грн. проти 70 тис. грн.) та модем (4 тис. грн. проти 5 тис. грн.).

Ключовим фактором економії в розробленій системі є зменшення довжини кабелю з 520 м до 13 м, що відображає перехід від паралельного до послідовного способу з'єднання. Такий підхід не лише знижує матеріальні витрати (на 1,04 тис. грн.), але й спрощує монтаж та експлуатацію, зменшуючи ймовірність помилок та витрати на обслуговування. Незважаючи на загальну більшу вартість, розроблена система демонструє потенціал для довгострокової ефективності завдяки покращеній надійності та зниженню експлуатаційних витрат, що робить її більш привабливою для впровадження в умовах обмежених ресурсів.

Відношення показників економічності енергоспоживання визначимо за допомогою формули:

$$\frac{E_{розроб}}{E_{баз}} = \frac{W_2 * \Delta_2^2}{W_1 * \Delta_1^2} = \frac{W_2^3 * \delta_2^2}{W_1^3 * \delta_1^2} = \frac{P_2^3 * \delta_2^2}{P_1^3 * \delta_1^2}, \quad (5.1)$$

Де $E_{розроб}$, $E_{баз}$ – показники економічності енергоспоживання модифікованої та базової АСКОЕ;

W_2 і W_1 – енергоспоживання розробленої та базової АСКОЕ;

P_2 та P_1 – споживані потужності розробленої та базової АСКОЕ;

δ_2, δ_1 – відносні похибки розробленої та базової АСКОЕ;

Δ_2 та Δ_1 – абсолютні похибки розробленої та базової АСКОЕ.

Обмежимося порівнянням показників економічності енергоспоживання частини АСКОЕ, яка відповідає за початковий етап збирання інформації. У цій частині було здійснено заміну лічильників (індукційних «НІК» 2102 на електронні ITRON EM620 СТ 1(10)А). Для них $P_2 = 10\text{ВА}$, $P_1 = 8\text{ВА}$, $\delta_2 = 0,2$, $\delta_1 = 2,5$. Підставляючи ці значення формулу, отримуємо:

$$\frac{E_{розроб}}{E_{баз}} = \frac{10^3 * 0,2^2}{8^3 * 2,5^2} = \frac{40}{3200} = \frac{1}{80}$$

Розрахунки показують, що відношення економічності енергоспоживання модифікованої та базової АСКОЕ дорівнює 1/80, що свідчить про 80-кратну

перевагу модифікованої системи за критерієм економічності енергоспоживання. Такий результат обумовлений кубічною залежністю від потужності та квадратичною – від похибки, де домінуючим фактором є суттєве зниження відносної похибки електронних лічильників. Це підтверджує доцільність впровадження розробленої системи для оптимізації енергетичних витрат у процесі збирання даних, сприяючи підвищенню загальної ефективності АСКОЕ в умовах експлуатації.

Показники якості модифікованої та базової АСКОЕ наведено у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Показники якості модифікованої та базової АСКОЕ

Базова	Розроблена
Відносна похибка виміру	
2,5%	0,2%
Час одного виміру	
30хв	30с
Собівартість	
129 тис. грн	149 тис. грн
Економічність енергоспоживання:	

Аналіз показників якості модифікованої та базової систем АСКОЕ, представлених у табл. 5.3, свідчить про суттєві покращення у розробленій версії, що забезпечують вищу ефективність та надійність. Зокрема, відносна похибка виміру знизилася з 2,5% до 0,2%, що значно підвищує точність збирання даних і зменшує ймовірність помилок у процесі моніторингу енергоспоживання. Час одного виміру скоротився з 30 хвилин до 30 секунд, що дозволяє здійснювати більш часті та оперативні спостереження, сприяючи швидшому реагуванню на зміни в системі та оптимізації експлуатаційних процесів. Крім того, економічність енергоспоживання модифікованої системи в 80 разів перевищує базову, що підтверджує її перевагу за критерієм енергетичної ефективності, незважаючи на зростання собівартості з 129 тис. грн. до 149 тис. грн. Цей приріст витрат обумовлений використанням більш досконалого обладнання, однак він

компенсується довгостроковими вигодами, такими як зниження експлуатаційних витрат та підвищення загальної продуктивності системи.

Таким чином, впровадження розробленої АСКОВ є доцільним для АТ «Сумиобленерго», оскільки забезпечує баланс між якістю, швидкістю та економією ресурсів, сприяючи модернізації інфраструктури енергетичного моніторингу.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного аналізу літературних джерел можна констатувати, що сучасні підходи до обліку електроенергії побутових споживачів базуються на впровадженні автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), які інтегрують інтелектуальні прилади обліку, сучасні інформаційні технології та нормативно-правове регулювання. Використання АСКОЕ дозволяє значно підвищити точність і достовірність даних щодо споживання електроенергії, зменшити комерційні втрати, скоротити дебіторську заборгованість та оптимізувати тарифну політику. Структурна організація АСКОЕ включає вимірювальну, складально-передавальну підсистему, обчислювальний центр, підсистему управління базою даних і збору платежів, що взаємодіють через сучасні інформаційні мережі, забезпечуючи автоматизований та високоточний облік електроенергії.

Технічні засади та стандарти, що регламентують функціонування АСКОЕ в Україні, забезпечують надійність, сумісність та якість систем обліку. Вони охоплюють як національні стандарти (наприклад, ДСТУ 5003.2:2008, ДСТУ ІЕС 61000-4-30:2010), так і галузеві нормативи (СОУ НЕК 17.220.1-33:2024), що регламентують проектування, встановлення, експлуатацію і верифікацію систем. Застосування інтелектуальних лічильників, різноманітних каналів передачі даних (PLC, GSM, Ethernet, радіоканали), а також систем телемеханіки сприяє оперативному контролю та управлінню розподільчими мережами, що дозволяє підвищувати якість електропостачання, знижувати технологічні втрати та покращувати економічні показники.

Аналіз сучасних методів підвищення ефективності обліку електроенергії в побутовому секторі свідчить про активне впровадження інноваційних технологій передачі даних, зокрема бездротових мереж (Wi-Fi, ZigBee, LoRaWAN, NB-IoT), оптоволоконних ліній та стільникових мереж (2G-5G). Особливої уваги заслуговує технологія LoRaWAN, яка завдяки вузькосмуговій передачі, високій завадостійкості, низькому енергоспоживанню та надійним

алгоритмам кодування і доступу, забезпечує ефективну та безпечну комунікацію між великою кількістю пристроїв у різних умовах експлуатації. Впровадження LoRaWAN підтримується провідними світовими компаніями (Cisco, Semtech, Orange та ін.), що сприяє розвитку масштабованих і безпечних мереж для збору даних з віддалених лічильників.

У результаті проведеного аналізу та розробки заходів щодо підвищення ефективності системи обліку електроенергії побутових споживачів АТ «Сумиобленерго» встановлено, що існуюча організація обліку характеризується низькою точністю, архаїчністю методів зняття показань та відсутністю автоматизації, що призводить до значних втрат енергії та ускладнює контроль за споживанням. Запропоноване впровадження сучасних електронних лічильників типу ITRON EM620 CT 1(10)A з високим класом точності (0,5), оснащених цифровими інтерфейсами RS-485 та оптичними портами, дозволяє забезпечити більш точний, багатотарифний облік активної та реактивної електроенергії в обох напрямках, а також ведення детального журналу подій і автоматичну діагностику, що суттєво підвищує надійність і прозорість обліку.

Розробка та впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) на базі пристрою збору та передачі даних УСПД164-01Б зі структурою, що включає три рівні: багатофункціональні лічильники, ПЗПД та автоматизоване робоче місце диспетчера, забезпечує централізований збір, обробку, архівування та передачу інформації про споживання електроенергії з урахуванням часової прив'язки та синхронізації даних. Впровадження АСКОЕ сприяє підвищенню точності комерційних розрахунків, оперативному контролю режимів споживання, зниженню втрат електроенергії, а також інтеграції з фінансово-розрахунковими системами та банківськими структурами.

Використання сучасних каналів зв'язку, зокрема модемів «AnCom», що підтримують протоколи корекції помилок та стиснення даних, забезпечує надійну та безперервну передачу інформації між рівнями системи, що є критично важливим для стабільної роботи АСКОЕ. Програмне забезпечення

автоматизованого робочого місця забезпечує безвідмовну роботу, захист від несанкціонованого доступу, ведення журналів подій, а також гнучкість у налаштуванні параметрів обліку та формуванні звітної документації.

У результаті проведеного економічного обґрунтування впровадження розробленої автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) в АТ «Сумиобленерго» встановлено, що загальна вартість системи становить 149 тис. грн., що на 20 тис. грн. перевищує вартість базової системи (129 тис. грн.), переважно через використання більш досконалих електронних лічильників ITRON EM620 CT 1(10)A та скорочення витрат на програмно-апаратний комплекс і кабельну мережу завдяки послідовному способу з'єднання. Однак розрахунки показують, що економічність енергоспоживання модифікованої системи у 80 разів перевищує базову, що обумовлено суттєвим зниженням відносної похибки вимірювань (з 2,5% до 0,2%) та підвищенням швидкості обробки даних (з 30 хвилин до 30 секунд на одне вимірювання). Ці покращення забезпечують довгострокову ефективність, компенсуючи початкові витрати через зниження експлуатаційних витрат, підвищення точності комерційних розрахунків та оптимізацію енергетичних ресурсів.

Таким чином, незважаючи на вищу собівартість, впровадження розробленої АСКОЕ є економічно вигідним рішенням для модернізації системи обліку електроенергії, сприяючи сталому розвитку підприємства та підвищенню його конкурентоспроможності в умовах зростаючого енергоспоживання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 5003.2:2008 Автоматизовані системи обліку електричної енергії. Терміни та визначення понять. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=55923]
2. ДСТУ ІЕС 61000-4-30:2010 Електромагнітна сумісність. Методи випробування та вимірювання. Вимірювання показників якості електричної енергії. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=55159]
3. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів.
4. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В 2.5-23:2010. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 131 с.
5. СОУ НЕК 17.220.1-33:2024 Методичні рекомендації щодо проектування автоматизованих систем обліку та контролю показників якості електроенергії. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=109999]
6. Правила улаштування електроустановок. 2-ге вид., переробл. і допов. Харків: Форт, 2009. 736 с.
7. Бабенко О. В., Матвійчук А. О., Захаров В. В. Автоматизована система комерційного обліку електроенергії // Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки. Вінниця, 2022. URL: [https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2022/schedConf/presentations]
8. Кругол М. М., Лазуренко О. П. Підвищення енергоефективності схем електропостачання в системах власних потреб теплових електростанцій // Матеріали ІХ міжнар. наук.-практ. студентської конф. Харків, 2015. С. 141–142.
9. Автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) URL: [https://grandtesla.com.ua/service/askoe]
10. АСКОЕ – один із ключів до ефективного енергоменеджменту вашого підприємства. URL: [https://kness.energy/news/14138/]

11. АСКОЕ. URL: [<https://energyline.com.ua/uk/askue-2/>]
12. АСКОЕ: що це таке і як з її допомогою економити на електроенергії? URL: [<http://artroom.od.ua/askoe-shho-tse-take-i-yak-z-yiyi-dopomogoyu-ekonomiti-na-elektroenergiyi/>]
13. Система комерційного обліку електроенергії АСКОЕ. URL: [<https://voltenergo.com.ua/uk/poslugi/avtomatizovani-sistemi-obliku-energoresursiv-luzod-askoe-astoe/sistemakomertsijnogo-obliku-elektroenergiyi-askoe-askue/>]
14. Технічний облік електроенергії на базі технології LoRaWAN. URL: [<https://ia.ua/uk/resheniya/sistimi-rozpodilu-elektroenerhiyi/sistema-texnichnogo-obliku-elektroenergi%D1%97-askoe/>]
15. Як працює технологія LoRa та як її застосовують у розумних містах. URL: [<https://jooby.eu/uk/blog/yak-pracyuye-tehnologiya-lora-ta-yak-yiyi-zastosovuyut-u-rozumnih-mistah/>]
16. Aitken M. Power quality and smart metering integration: review and perspectives // *Energy Reports*. 2021. Vol. 7. P. 367–375.
17. Gungor V., Hancke G. Industrial wireless sensor networks: Applications, challenges, and standards // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2019. Vol. 66(5). P. 4258–4270.
18. LoRa Alliance. LoRaWAN® 1.1 Specification. 2020. URL: [https://lora-alliance.org/resource_hub/lorawan-specification-v1-1/]
19. IEC 62056-21:2020 Electricity metering – Data exchange for meter reading – Direct local data exchange. International Electrotechnical Commission, Geneva, 2020.
20. European Commission. Smart Metering Deployment in the European Union. 2023. URL: [<https://energy.ec.europa.eu/>].

ДОДАТКИ