

# КЛАСИФІКАЦІЯ ДАНИХ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

## CLASSIFICATION OF ELECTRICITY ACCOUNT DATA

*Коцар О. В., канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0002-7958-2335,*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Україна, 03056, Київ, пр-т Перемоги, 37, корп. 22, e-mail: kovpers@ukr.net*

<https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.02.042>

**Анотація.** Управління даними обліку електроенергії передбачає послідовне перетворення результатів вимірювань на дані комерційного обліку, зокрема агреговані, їхню верифікацію та валідацію у встановленому порядку з метою інформаційного забезпечення розрахунків за електричну енергію та завдань управління попитом. Комплексне забезпечення точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних комерційного обліку потребує системного підходу, який ґрунтується на класифікації даних обліку, зокрема, за належністю, походженням, станом оброблення, ступенем автоматизації тощо. Досліджено порядок та стадії формування даних обліку електроенергії, визначено і систематизовано класифікаційні ознаки та розроблено систему класифікації даних обліку електричної енергії. Результати досліджень застосовано під час формування ознак якості (достовірності) даних обліку, а також розроблення (вдосконалення) методів верифікації та валідації даних обліку, зокрема в умовах лібералізації ринку електричної енергії України.

**Ключові слова:** АСКОЕ, дані обліку, достовірність, класифікація, ринок електричної енергії.

**Annotation.** Electricity metering data management understands the consistent conversion of measurement results into commercial metering data, in particular, aggregated, verified and validated in accordance with the established procedure for the purpose of providing information support for electricity payment and demand side management tasks. Comprehensive assurance of the precision, completeness, integrity, authenticity and relevance of commercial metering data requires a system approach based on the metering data classification, in particular, the identification of classification characteristics and the development of a structured classification system for the metering data aiming formation of attributes of the metering data reliability as well as developing new methods of metering data verification and validation at the different levels of distributed Smart Metering System. In practice, it is worth justifying the expediency of classifying metering data by the one or another of the characteristics for solving specific tasks. In particular, the basis for the verification of commercial metering data could be put the possibility of determining them through the application of formalized and approved in an established manner processing algorithms and procedures. Proposed metering data classification allows assess the degree of trust in the metering data and on the basis of authenticity assign this data a status «reliable», «unreliable» or to allocate separate warnings concerning the reliability of the data. Classification of data by the status of in-house verification may be useful, for example, for documenting the results of metering data phased preparation for further application, in particular, for calculating electricity costs. Results of the research were applied during the formation of the attributes of the metering data quality (authenticity), as well as the metering data verification and validation methods development (improvement) in electricity market of Ukraine.

**Key words:** AMI, smart meter, smart metering system, metering data, authenticity, classification, electricity market.

### Вступ

Ключовим аспектом лібералізації ринку електричної енергії [1] є реалізація прав споживачів на гарантований своєчасний доступ до об'єктивних і достовірних даних обліку електроенергії, цін на неї та вартості обслуговування з метою здійснення прозорих розрахунків за спожиту електроенергію, формування стимулів для підвищення ефективності енерговикористання та адаптивного управління попитом і утворення надійного зворотного зв'язку про результати інвестицій в енергоефективність та зміну поведінки [2]. Ефективність використання електричної енергії, а також системність та цілісність процесів, які відбуваються на ринку електричної енергії, багато в чому визначаються якістю даних обліку електроенергії. З огляду на це невід'ємною умовою енергоефективної поведінки і результативного управління попитом є точність, повнота, цілісність і достовірність даних обліку, а також своєчасне надання таких даних всім зацікавленим гравцям ринку. Комплексне забезпечення точності,

повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних обліку потребує системного підходу, основаного на класифікації даних обліку, зокрема, за належністю, походженням, станом оброблення, ступенем автоматизації тощо.

### Мета і завдання досліджень

Мета досліджень – визначити класифікаційні ознаки і розробити систему класифікації даних обліку з метою подальшого використання результатів розроблення під час формування ознак якості (достовірності) даних обліку, а також вдосконалення використовуваних та створення нових методів верифікації та валідації даних обліку, зокрема в умовах лібералізації ринку електричної енергії України.

Для досягнення поставленої мети в статті поставлено і розв'язано такі завдання:

– досліджено порядок формування даних обліку на оптовому і роздрібному ринках електричної енергії України;

- проаналізовано системи класифікації даних обліку електроенергії;
- на підставі результатів досліджень та виконаного аналізу визначено та систематизовано класифікаційні ознаки даних обліку електроенергії;
- розроблено систему класифікації даних обліку електроенергії за визначеними класифікаційними ознаками;
- сформульовано принципи застосування запропонованої системи класифікації даних обліку, зокрема, під час формування ознак якості (достовірності) даних обліку, а також вдосконалення відомих та розроблення нових методів верифікації та валідації даних обліку.

### Матеріал досліджень

В Україні нараховується близько 20,7 млн лічильників комерційного обліку електроенергії, зокрема, близько 18,6 млн однофазних і близько 2,1 млн трифазних [3]. На відміну від багатьох держав – членів Європейського Союзу (ЄС), у яких у період до 2020 р. не менше ніж 80 % споживачів має бути охоплено smart metering system [2], а в окремих країнах, зокрема в Швеції, Італії, Мальті, вже сьогодні комерційний облік електроенергії загалом здійснюється за допомогою smart meter, в Україні багатофункціональними електронними лічильниками електроенергії (smart meter) та автоматизованими системами комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) охоплено переважно точки комерційного обліку в трифазних електричних мережах, зокрема, близько 100 % точок комерційного обліку на оптовому ринку електричної енергії, переважна частина точок комерційного обліку постачання електроенергії промисловим споживачам на роздрібному ринку, а також майже у всіх областях України реалізовано пілотні проекти з розгортання smart metering system у сферах комунальних послуг та побуту. В інших точках комерційного обліку, зокрема, для комерційного обліку електроенергії в побуті, застосовують переважно звичайні електронні або індукційні лічильники, які функціонують автономно.

Багатофункціональні електронні лічильники електричної енергії, на відміну від звичайних лічильників, не лише реалізують вимірювання та облік електроенергії, а й обробляють *результати вимірювань* і визначають параметри обліку, що разом утворюють *первинні дані обліку*, які зберігають у первинній базі даних (ПБД) лічильника. Крім того, за допомогою інтегрованих годинників здійснюють відлік календарного часу та формують інтервали часу; зберігають дані параметризації лічильника, зокрема, границі тарифних зон, значення інтервалів

інтеграції профілю навантаження тощо; фіксують та зберігають у ПБД дані про події, які можуть впливати на результати обліку електроенергії, зокрема, коригування показів інтегрованого годинника, зникнення напруги живлення лічильника або струму в фазах, відчинення кришки вимірювального пристрою лічильника, вплив на лічильник магнітного поля тощо (журнал подій), та забезпечують доступ до ПБД через цифрові комунікаційні інтерфейси.

*Первинні дані обліку* надалі стають основою для формування приведених до точок вимірювань та обліку електричної енергії *результуючих даних обліку*, зокрема *комерційного*, а також для їхнього агрегування, верифікування, валідування тощо, оскільки *результати вимірювань* і параметри обліку електроенергії практично неможливо змінити в ПБД після того, як завершено їх формування лічильником. Тут і далі під *точкою вимірювань* треба розуміти фізичну точку електричної мережі, в якій безпосередньо здійснюються вимірювання електричної енергії (де кола струму лічильника або первинну обмотку трансформатора струму приєднано до електричної мережі). Під *точкою обліку* необхідно розуміти фізичну точку електричної мережі, до якої приводять результати обліку електричної енергії, зокрема, помноживши *результати вимірювань* на коефіцієнти трансформації за напругою і струмом та алгебраїчно додавши до них втрати електроенергії на ділянці електричної мережі між *точкою обліку* і відповідною їй *точкою вимірювань*. Під час комерційного обліку електроенергії *точки обліку* зазвичай розташовано на межі балансової належності електричних мереж суб'єктів ринку електричної енергії.

Під час функціонування АСКОЕ (advanced metering infrastructure /AMI/, smart metering system) *первинні дані обліку* регулярно зчитуються цифровими комунікаційними інтерфейсами з ПБД багатофункціональних електронних лічильників електричної енергії (надалі – засобів вимірювань) і завантажуються до баз даних (БД) АСКОЕ верхніх рівнів [4], зокрема, пристроїв збирання та передавання даних (ПЗПД), серверів АСКОЕ та автоматизованих робочих місць (АРМ) у вигляді *необроблених даних обліку*, що можна розглядати як «копію» первинних даних обліку поза межами ПБД, де їх було безпосередньо сформовано, за винятком, можливо, форматів подання числових значень. *Необроблені дані обліку* «зручніші» для подальшого оброблення з метою визначення *результуючих даних обліку*, зокрема, *комерційного*, їх агрегування, верифікування, валідування тощо, оскільки «доступніші». Разом з тим, саме через більшу доступність *необроблені дані обліку* менш захищені від несанкціонованого доступу, зокрема, вірогідних руйнівних

впливів (нависних чи ненависних) порівняно із *первинними даними обліку*. Тому ступінь довіри до *необроблених даних обліку* об'єктивно нижчий, ніж до *первинних даних обліку*, і їх необхідно розглядати переважно як операційні дані.

На оптовому ринку електричної енергії (ОРЕ) України розрахунки в повному обсязі здійснюються на підставі даних, що формуються АСКОЕ суб'єктів ОРЕ, які об'єднано в єдину розподілену АСКОЕ ОРЕ України [5]. На роздрібному ринку електричної енергії відповідно до Правил користування електричною енергією (ПКЕЕ) [6] АСКОЕ, зокрема, засоби диференційованого обліку електроенергії та локальне устаткування збирання та оброблення даних (ЛУЗОД), впроваджують на об'єктах (крім багатоквартирних житлових будинків та населених пунктів) з приєднаною потужністю електроустановок 150 кВт і більше та середньомісячним обсягом споживання за попередні 12 розрахункових періодів для діючих електроустановок або заявленим обсягом споживання електричної енергії для нових електроустановок 50 тис. кВт·год і більше. В умовах лібералізації ринку електричної енергії кожний кінцевий споживач, зокрема побутовий, стає потенційним ринковим гравцем. А тому питання вдосконалення процедур верифікації і валідації з метою надійного забезпечення точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних обліку належить розглядати як одні з першорядних.

Верифікацію даних комерційного обліку потрібно починати з аналізу властивостей даних, що верифікуються, та побудови структурованої системи класифікації даних обліку (див. рисунок). Класифікацію даних обліку необхідно починати з визначення ознаки їхньої відповідності елементам електричної мережі – їхньої належності.

1. За *належністю* дані обліку можна класифікувати як:

- *дані точки вимірювання*, що відповідають фізичній точці електричної мережі, в якій встановлено (інстальовано) засіб вимірювань (обліку) і в якій безпосередньо здійснюють вимірювання та облік електроенергії;

- *дані точки обліку*, що відповідають фізичній точці електричної мережі, до якої приводять результати обліку електроенергії;

*Примітка.* Одній *точці обліку (вимірювання)* відповідають декілька *каналів обліку*. Під *каналом обліку* розуміють сукупність засобів вимірювань (обліку) електроенергії, засобів зв'язку та інших технічних засобів, призначених для формування даних обліку (створення сигналу вимірвальної інформації) щодо одного *виду енергії*, що перетікає в одному *напрямку*.

- *дані групи обліку*, які одержано алгебраїчним підсумовуванням даних з *каналів обліку* за визначеним *видом енергії* зі знаком «+» або знаком «-».

*Канал обліку* є базовою логічною одиницею АСКОЕ, для якої здійснюють вимірювання електроенергії та формування даних обліку. *Канал обліку* асоціюється з одним напрямом вимірювання (обліку) *активної, реактивної* (зокрема, за *квадрантами*) або *повної енергії*. Кожному *каналу обліку* АСКОЕ ставлять у відповідність *вимірвальний канал* або *групу обліку*. На підставі такої відповідності *канали обліку* АСКОЕ ОРЕ України поділено на категорії (табл. 1).

Надалі під даними обліку розумітимемо дані, які відповідають певному *каналу обліку*.

2. Отже, за *видом енергії*, що вимірюється (обліковується), дані обліку можна класифікувати так:

- дані обліку *активної енергії*;
- дані обліку *реактивної енергії* (інтегрованої в часі реактивної потужності), зокрема:
  - *індуктивної* складової;
  - *ємнісної* складової;
- дані обліку *повної енергії*.

3. За *напрямом перетікання вимірюваної (облікуваної) енергії* дані обліку можна класифікувати так:

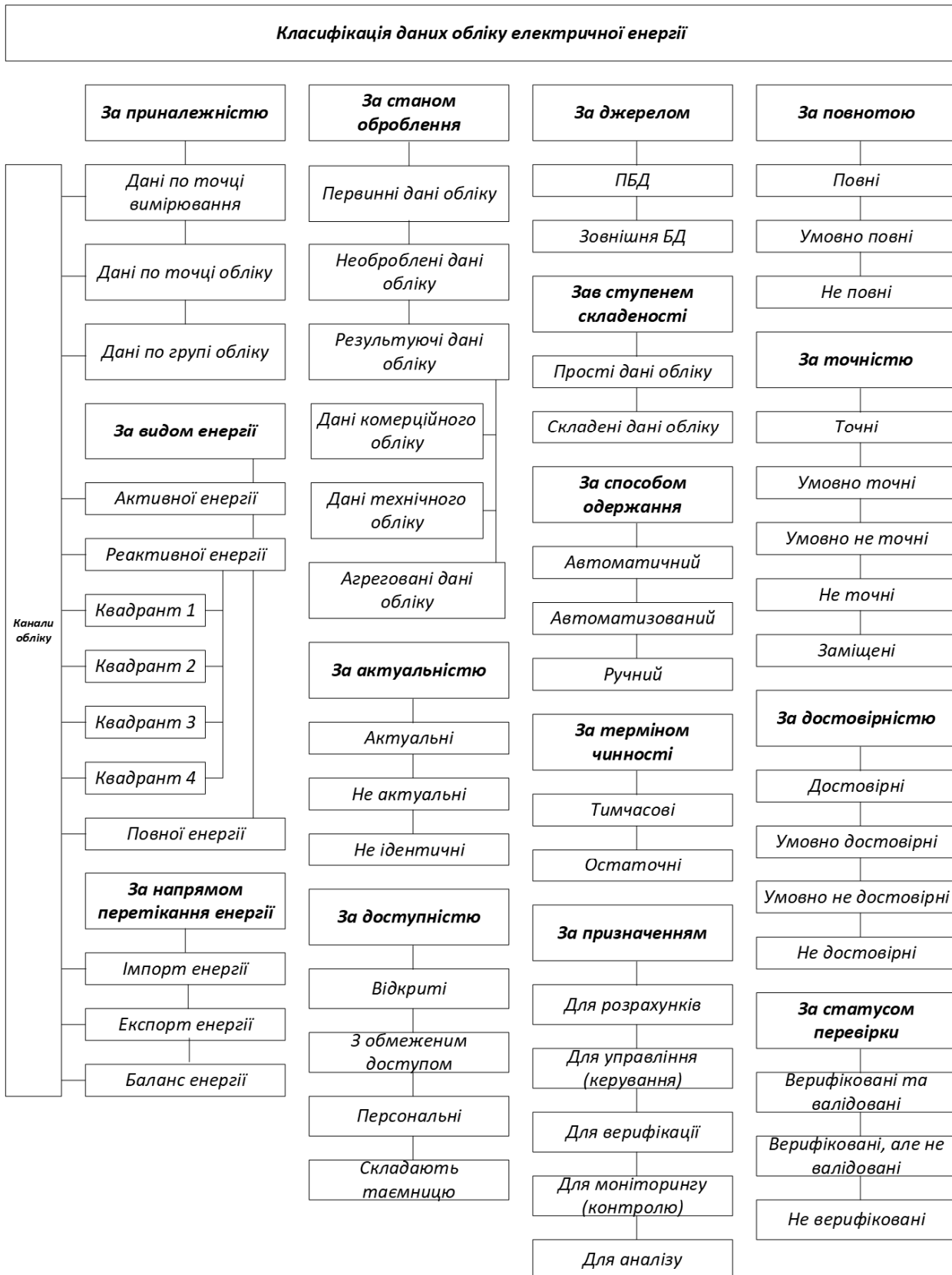
- дані обліку електроенергії – *імпорт (приймання, споживання)*;
- дані обліку електроенергії – *експорт (віддавання, постачання)*;
- дані обліку електроенергії – *баланс (сальдо перетікання енергії = імпорт – експорт)*.

4. Однією із найважливіших ознак класифікації даних обліку є стан їхнього оброблення. За *станом оброблення* дані обліку можна класифікувати так:

- *первинні дані обліку*, які сформовані за результатами вимірювань і зберігаються в ПБД засобу вимірювань, де їх «механічно» захищено від вірогідних руйнівних впливів, зокрема видалення, модифікування, спотворення тощо;

- *необроблені дані обліку*, що можна розглядати як копію *первинних даних обліку* поза межами засобу вимірювань, де їх було безпосередньо сформовано, наприклад, *первинні дані обліку*, які зчитано із ПБД засобу вимірювань і завантажено до БД сервера АСКОЕ;

- *результуючі дані обліку*, приведені до первинної електричної мережі множенням *необроблених даних обліку* на коефіцієнти трансформації за напругою та струмом, які також містять, зокрема, заміщені та/або відновлені дані, втрачені з різних причин.



Класифікація даних обліку електричної енергії

Electricity metering data classification

Таблиця 1

## Категорії каналів обліку АСКОЕ ОРЕ України

Table 1

## The metering channels categories of Smart Metering System in Wholesale Electricity Market of Ukraine

ID	Ім'я	Опис
0	Категорія за замовчуванням	Категорія за замовчуванням
1	$W_{P+}$	Активна енергія – імпорт (приймання, споживання)
2	$W_{P-}$	Активна енергія – експорт (віддавання, постачання)
3 <sup>1</sup>	$W_{Q+}$	Реактивна енергія – імпорт (приймання, споживання)
4 <sup>1</sup>	$W_{Q-}$	Реактивна енергія – експорт (віддавання, постачання)
5	$W_{BP}$	Баланс (сальдо перетікання = імпорт – експорт) активної енергії
6 <sup>1</sup>	$W_{Bq}$	Баланс (сальдо перетікання = імпорт – експорт) реактивної енергії
7 <sup>1</sup>	$W_{Q1}$	Реактивна енергія, квадрант 1
8 <sup>1</sup>	$W_{Q2}$	Реактивна енергія, квадрант 2
9 <sup>1</sup>	$W_{Q3}$	Реактивна енергія, квадрант 3
10 <sup>1</sup>	$W_{Q4}$	Реактивна енергія, квадрант 4

*Примітка.* Приведення даних обліку до первинної електричної мережі може здійснюватися безпосередньо в багатофункціональному електронному лічильнику електроенергії (залежно від його функціональних можливостей) множенням *результатів вимірювань* на коефіцієнти трансформації за напругою та струмом, які завантажуються до ПБД лічильника під час його параметризування. У такому разі в лічильнику, що функціонує, формуються *первинні дані обліку*, які приведено до *точки вимірювання* первинної електричної мережі. Приведені до первинної електричної мережі будуть і відповідні *необроблені дані обліку*. Проте в Україні з низки причин приведення даних обліку до первинної електричної мережі здійснюється переважно на верхніх рівнях АСКОЕ;

– *дані комерційного обліку*, приведені до *точки комерційного обліку* (зазвичай до межі балансової належності електричних мереж), зокрема алгебраїчним додаванням втрат електроенергії на ділянці електричної мережі між *точкою комерційного обліку* і відповідною їй *точкою вимірювання, результуючі дані обліку*, на підставі яких здійснюються розрахунки за електричну енергію;

– *агреговані дані обліку*, зокрема, *комерційного*, отримані алгебраїчним підсумовуванням *результуючих даних (комерційного) обліку з каналів обліку* за визначеним *видом енергії* зі знаком «+» або знаком «-».

Основою прямої верифікації *результуючих даних обліку*, зокрема *комерційного*, є можливість

отримати їх безпосередньо з *первинних даних обліку*, послідовно застосовуючи під час їхнього оброблення належно визначені, формалізовані, узгоджені й затверджені у встановлений спосіб процедури. Тому надійне зберігання і забезпечення оперативного (своєчасного) дистанційного доступу до *первинних даних обліку* належить розглядати як невід'ємну умову підвищення ефективності енерговикористання та управління попитом і здійснення прозорих розрахунків за електричну енергію. Оскільки забезпечення оперативного дистанційного доступу в автоматизований спосіб до *первинних даних обліку*, які зберігаються у ПБД засобів вимірювань, зважаючи на сучасний стан АСКОЕ в Україні, зокрема, в частині їхньої інформаційної взаємодії, сьогодні в загальному випадку практично не реалізовано, це визначено одним із пріоритетів розвитку АСКОЕ в умовах лібералізації ринку електричної енергії [3].

5. За *джерелом* дані обліку можна класифікувати так:

– дані, які зчитано безпосередньо із ПБД засобу вимірювань;

– дані, які зчитано з будь-яких інших БД, окрім ПБД.

Дані обліку, які зчитано безпосередньо із ПБД засобу вимірювань з використанням захищених каналів передавання даних та криптографічних протоколів, безумовно, заслуговують на вищий ступінь довіри порівняно з даними, які одержано з інших БД, де вони менш захищені від несанкціонованого доступу та вірогідних руйнівних впливів. В цьому контексті треба зауважити, що дані обліку, зазвичай, не становлять державну або комерційну таємницю. Відповідно до [7] *дані комерційного обліку* належать до даних із обмеженим доступом, а *дані комерцій-*

<sup>1</sup> В ОРЕ України не ведеться облік реактивної енергії, але в АСКОЕ ОРЕ зарезервовано категорії 3, 4, 6–10 для випадків, якщо такий облік здійснюватиметься у майбутньому.

ного обліку побутових користувачів електричної енергії – до персональних даних. Тому надійність, а відповідно й вартість систем захисту, зокрема, БД та інших відкритих комунікацій, які використовують для передавання даних обліку, визначається вірогідними збитками від несанкціонованого доступу до цих даних.

6. За ступенем складеності дані обліку можна класифікувати так:

– *прості дані обліку*, які відповідають одній фізичній точці обліку і які зчитано безпосередньо з ПБД єдиного засобу вимірювань;

– *складені дані обліку*, які відповідають одній фізичній точці вимірювань/обліку і які утворено складанням декількох *даних обліку*, зокрема *простих*, зчитаних безпосередньо із ПБД більше ніж одного засобу вимірювань, наприклад, із ПБД засобу вимірювань, що встановлено на деякому приєднанні електричної мережі, та з ПБД засобу вимірювань, встановленого на обхідному вимикачі (ОВ), який застосовано для обліку електроенергії на цьому приєднанні протягом певного інтервалу часу в межах розрахункового періоду.

7. За способом одержання дані обліку можна класифікувати так:

– *дані автоматичного завантаження*, що сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних безпосередньо засобами вимірювань в автоматичний спосіб, та зчитано/передано/прийнято засобами АСКОЕ лише в автоматичний спосіб без участі оператора, окрім можливого ініціювання оператором процесу обміну інформацією;

– *дані автоматизованого (напівавтоматичного) завантаження*, що сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних безпосередньо засобами вимірювань в автоматичний спосіб, та зчитано/передано/прийнято засобами АСКОЕ в автоматизований спосіб із застосуванням спеціалізованого ІТ-інструментарію, наприклад, шляхом зчитування оператором *первинних даних обліку* з ПБД засобу вимірювань на мобільний термінал (ноутбук, накопичувач тощо) із подальшим завантаженням зчитаних даних до бази *необроблених даних обліку* з мобільного терміналу (ноутбука, накопичувача тощо), причому роль оператора зводиться лише до ініціювання процесів обміну інформацією засобами ІТ-інструментарію;

– *дані ручного завантаження*, які містять не лише *результати вимірювань* або не містять *результатів вимірювань* і які сформовано в автоматичний/автоматизований/ручний спосіб, зокрема, за допомогою заміщення/обчислення/відновлення/ручного завантаження даних тощо.

Необхідність класифікації даних обліку за способом їхнього одержання пов'язана із необхідністю визначення їхнього пріоритету, зокрема, ступеня довіри до них, і ранжування даних обліку за цією ознакою з метою подальшої їхньої верифікації та валідації. Найвищий пріоритет у *даних автоматичного завантаження*, які формують і завантажують/передають/приймають без участі оператора, і тому вони заслуговують на найвищий ступінь довіри. Найнижчий ступінь довіри, зазвичай, до *даних ручного завантаження*, які формують/визначають/обчислюють і завантажують/передають/приймають за безпосередньої участі оператора. Втім, під час визначення пріоритету даних обліку можуть враховуватися й інші аргументи.

8. За терміном чинності дані обліку можна класифікувати так:

– *тимчасові* (не остаточні) *дані обліку*, які згодом буде замінено *остаточними даними обліку*;

– *остаточні дані обліку*, які надалі не можна замінити.

Необхідність класифікації даних обліку за терміном їхньої чинності пов'язана, зокрема, із часовими регламентами ринку електричної енергії. Якщо терміни надання даних обліку або виконання розрахунків на ринку спливають, а дані обліку недоступні (наприклад, вимкнено засіб вимірювань, відмовив канал зчитування даних тощо), а наявність або втрату власне даних обліку, зокрема *первинних*, не ідентифіковано, оператор даних надає *тимчасові дані обліку*, щоб уможливити проведення розрахунків за електричну енергію відповідно до регламентів ринку. Після відновлення доступу до раніше не доступних даних обліку або підтвердження факту втрати *первинних даних обліку* (наприклад, через вихід з ладу засобу вимірювань, руйнацію ПБД внаслідок параметрування, жорсткого коригування часу тощо) і визначення *результуючих даних обліку* розрахунково або в інший належно встановлений спосіб *тимчасові дані обліку* заміщують *остаточними даними обліку* і виконують повторні розрахунки за електричну енергію. Статусу «остаточні» також набувають дані обліку, якими заміщують *дані автоматичного або автоматизованого (напівавтоматичного) завантаження*, визнані *недостовірними* у встановлений спосіб. Відповідальність за правомірність визнання даних *недостовірними* і їхнього заміщення покладається на оператора.

9. За повнотою дані обліку можна класифікувати на:

– *повні*, які містять повну інформацію для вибраного інтервалу обліку електроенергії і яким не відповідають ознаки, що формуються засобом вимірювань і можуть свідчити про ймовірність руйнівного впливу на результати обліку;

– *умовно повні*, які містять повну інформацію для вибраного інтервалу обліку електроенергії, але яким відповідають ознаки, що формує засіб вимірювань, і які можуть свідчити про вірогідний руйнівний вплив на результати обліку;

– *неповні*, які містять неповну інформацію для вибраного інтервалу обліку електроенергії.

За ознакою повноти доцільно класифікувати тільки дані обліку, які сформовано за *результатами вимірювань*, оскільки формувати неповними дані заміщення немає жодного сенсу.

10. За *точністю* дані обліку можна класифікувати на:

– *точні*, які сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних засобом вимірювань з чинним терміном перевірки, клас точності якого відповідає чинним нормативним вимогам;

– *умовно точні*, які сформовано лише на основі *результатів вимірювань*, виконаних засобом вимірювань, клас точності якого відповідає чинним нормативним вимогам, але термін перевірки вже перевищено;

– *умовно не точні*, які сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних засобом вимірювань, клас точності якого не відповідає чинним нормативним вимогам;

– *неточні*, які сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних засобом вимірювань, похибка якого перевищує допустимі межі для цього засобу вимірювань, що доведено у встановлений спосіб, наприклад, під час перевірки засобу вимірювань або оцінки відповідності його вимогам технічних регламентів;

– *заміщені дані обліку*, які сформовано не лише на підставі *результатів вимірювань*, зокрема, але не виключно, заміщенням/обчисленням/відновленням/ручним завантаженням даних тощо.

11. За *актуальністю* дані обліку можна класифікувати на:

– *актуальні дані обліку*, які відповідають заданому інтервалу обліку (ознака ідентичності) та які доставлено в центр оброблення даних у визначені терміни, що дає змогу приймати на підставі результатів оброблення цих даних своєчасні та ефективні рішення (ознака оперативності);

– *неактуальні дані обліку*, які відповідають заданому інтервалу обліку (ознака ідентичності), але які доставлено в центри оброблення даних у терміни, що не дають змоги приймати на підставі результатів оброблення цих даних своєчасні рішення (ознака неоперативності);

– *неідентичні дані обліку*, які не відповідають заданому інтервалу обліку, що не дає змоги приймати на підставі результатів оброблення цих даних правильні рішення.

*Примітка.* Дані обліку за певний інтервал часу можуть бути визнані *неідентичними*, наприклад, якщо під час контролю синхронності вимірювань визначено, що похибка прив'язки шкали часу (ШЧ) засобу вимірювань до національної шкали часу (НШЧ) перевищує нормовану величину.

12. За *достовірністю* дані обліку можна класифікувати так:

– *достовірні дані обліку*, достовірність яких підтверджено у встановлений спосіб за допомогою верифікації та валідації цих даних за належно визначеними процедурами;

– *умовно достовірні дані обліку*, щодо достовірності яких є обгрунтовані сумніви, але достовірність яких неможливо довести (тимчасово або остаточно) їх верифікацією і валідацією у встановлений формалізований спосіб;

– *умовно не достовірні дані обліку*, достовірність яких підтверджено результатами їхньої верифікації у встановлений спосіб, але які неможливо валідувати для конкретного застосування;

– *недостовірні (помилкові) дані обліку*, в яких виявлено помилки під час верифікації цих даних у встановлений спосіб.

Дані обліку можна класифікувати і за іншими ознаками, зокрема:

– за *статусом перевірки*, наприклад, *верифіковані та валідовані; верифіковані, але не валідовані; не верифіковані*;

– за *доступністю*: *відкриті дані, дані з обмеженим доступом, персональні дані* [7] тощо;

– за *сферою застосування*: *дані комерційного обліку і дані технічного (технологічного) обліку* [8];

– за *функціональним призначенням*: дані обліку, призначені для розрахунків за електричну енергію (*дані комерційного обліку*); дані обліку, призначені для моніторингу, наприклад, для контролю технологічних процесів електричної мережі [8], для контролю витрачання електроенергії всередині об'єктів обліку або енергомоніторингу в межах системи енергетичного менеджменту та діяльності з підвищення рівня енергетичної ефективності (тут і надалі в цьому пункті – *дані технічного обліку*); дані обліку, призначені для управління (керування), зокрема, попитом споживачів тощо.

На практиці варто обгрунтувати доцільність класифікування даних обліку за тими чи іншими ознаками для виконання конкретних завдань. Наприклад, класифікування даних обліку за ознакою *достовірності* дає змогу присвоїти цим даним статус «*достовірні*», «*недостовірні*» або виділити окремі застереження щодо достовірності даних, що відповідає практичним аспектам їхнього подальшого застосування. На протигагу класифікуванню даних

за статусом їхньої перевірки, що дає змогу визначити лише формальну ознаку цих даних, ознака «дані верифіковано» свідчить лише про те, що ці дані успішно пройшли формалізовану, більш або менш деталізовану процедуру верифікації, і нічого не говорить про ступінь їхньої наближеності до істинних даних. Втім, класифікування даних за статусом їхньої перевірки може бути корисним, наприклад, для документування результатів поетапної підготовки даних обліку для подальшого застосування, зокрема, для розрахунків за електричну енергію.

Сьогодні в ОРЕ АСКОЕ України агреговані дані обліку, які надходять до інформаційно-обчислювального комплексу (ІОК) Головного оператора Системи комерційного обліку ОРЕ України (надалі – Головний оператор), проходять верифікацію у встановленому порядку [9]. Верифікація здійснюється в непрямий спосіб засобами автоматизованої інформаційної системи «Використання даних, отриманих з автоматизованих систем комерційного обліку електричної енергії суб'єктів ОРЕ» (АІС ВДКО) і полягає у первинній перевірці даних на внутрішню збалансованість та перехресній перевірці на їхню узгодженість із даними, які надходять від суміжних за територіальною ознакою суб'єктів ОРЕ в межах спільних точок перетікання електричної енергії. В разі виявлення невідповідностей суб'єкт, що надав недостовірні дані, зобов'язаний у встановлені [9] терміни виправити дані, повторно узгодити їх із суміжними за територіальною ознакою суб'єктами ОРЕ і надати Головному оператору для остаточної верифікації. В разі повторного виявлення невідповідностей Головний оператор здійснює заміщення недостовірних даних за правилами, визначеними [9], і надає кінцеві результати оператору системи розрахунків.

Джерелом заміщення даних АСКОЕ є дані макета 30817, який формує Національна енергетична компанія (НЕК) «Укренерго». Якщо суб'єкт ОРЕ взагалі не надав Головному оператору дані комерційного обліку або повторно надав недостовірні дані, для розрахунку платежів цього суб'єкта застосовують дані макета з урахуванням небалансу ОРЕ, що виникає, зокрема, внаслідок заміщення даних макета даними АСКОЕ щодо інших суб'єктів, що виявилось вагомим стимулом для підвищення зацікавленості суб'єктів ОРЕ в забезпеченні достовірності даних АСКОЕ. З іншого боку, сьогодні Головний оператор оперує лише агрегованими даними обліку і здійснює їхню верифікацію тільки в непрямий спосіб. Єдина вагова причина – відсутність оперативного доступу Головного оператора до первинних даних обліку з метою верифікації даних комерційного обліку в прямий спосіб.

Ефективність верифікації була б значно вищою, якби суб'єкти були б зобов'язані верифікувати власні дані самостійно за такою самою процедурою [9] перед наданням цих даних Головному оператору. В такому разі Головний оператор ідентифікував би надання суб'єктами незбалансованих даних як ненадання даних, що приводило б до застосування для розрахунку платежів для цих суб'єктів даних макета 30817. Інший дієвий шлях підвищення ефективності верифікації даних комерційного обліку та забезпечення їхньої достовірності полягає, зокрема, в забезпеченні оперативного (своєчасного) прозорого дистанційного доступу Головного оператора та зацікавлених суб'єктів ринку до первинних даних обліку, що цілком відповідає [2].

На роздрібному ринку електропередавальні компанії – постачальники за регульованим тарифом (ПРТ) зазвичай мають безпосередній доступ до ПБД багатифункціональних електронних лічильників електроенергії відповідно до технічних рекомендацій [6], що дає їм можливість верифікувати дані в прямий спосіб, зокрема, за допомогою порівняння отриманих даних з первинними даними обліку, аналізу вмісту журналів подій лічильника, контролю правильності його приєднання до електричної мережі дистанційним зняттям векторних діаграм, оцінювання точності прив'язки ШЧ інтегрованого годинника до НШЧ тощо. Разом з тим, на роздрібному ринку існує проблема забезпечення надійності функціонування ЛУЗОД/АСКОЕ споживачів через незацікавленість останніх: ЛУЗОД/АСКОЕ впроваджуються і повинні підтримуватися в робочому стані за рахунок споживачів; упровадження ЛУЗОД/АСКОЕ не скасовує процедуру подання споживачами даних комерційного обліку до енергозбутових підрозділів у традиційний спосіб на паперових носіях; відповідальність за стан засобів комерційного обліку в електроустановках споживачів і надання даних комерційного обліку цілком покладено на споживачів [6]. Цю саму норму перенесено до Кодексу комерційного обліку [7], що не сприятиме підвищенню зацікавленості споживачів у надійній автоматизації обліку електроенергії.

Під час побудови АСКОЕ ОРЕ України в межах реалізації уніфікованого протоколу передавання даних вимірювань (УППДВ), уніфікованої бази даних (УБД) Головного оператора і попереднього уніфікованого реєстру даних обліку (УРД) розроблено і запроваджено систему ознак та, відповідно, кодів якості (достовірності) даних обліку [10, 11]. Зокрема, зазначеними кодами якості ідентифікується джерело даних обліку (ПБД приладу обліку або зовнішня БД), спосіб одержання даних обліку (автоматичний, автоматизований/напів-



автоматичний, завантаження вручну з можливістю подальшої заміни або без можливості подальшої заміни – тобто *остаточні дані обліку*), ступінь повноти даних обліку (*повні* або *неповні*), ознака виконання над даними обліку обчислювальних операцій поза межами засобу вимірювань, де їх безпосередньо сформовано (*дані обчислень*), а також ознака *агрегованих (групових)* даних обліку, одержаних алгебраїчним підсумовуванням даних обліку в точках обліку та в інших групах обліку [10, 11]. Розроблена система ознак достовірності даних обліку дає змогу Головному оператору оцінювати ступінь ймовірного впливу на *дані комерційного обліку*, зокрема *агреговані*, які надають суб'єкти для здійснення розрахунків у ОРЕ України. В разі негативних результатів верифікації *даних комерційного обліку*, які надав суб'єкт ОРЕ [9], Головний оператор, на підставі кодів достовірності даних, може визначати доцільність і напрями подальшої поглибленої перевірки наданих даних, зокрема, на підставі *первинних даних обліку*, на основі яких сформовано *дані комерційного обліку*, які надав суб'єкт, маючи на меті одержання безпомилкових даних обліку та підвищення відповідальності суб'єктів за надання недостовірних даних обліку.

У Кодексі комерційного обліку запропоновано інші підходи до верифікації даних комерційного обліку. Зокрема, запропоновано визначати відповідність вимірвальних комплексів встановленим вимогам (*відповідає* або *не відповідає*), тип лічильника, з якого надано дані обліку (*основний, дублювальний, верифікаційний*), спосіб збирання інформації (*автоматичний, електронний* – аналог напівавтоматичного, *візуальний, інформацію надав споживач*) та ознаки якості даних (*повнота і точність* або *відсутність даних*) [7]. Варто зазначити, що вимога щодо визначення відповідності вимірвальних комплексів встановленим вимогам видається недоцільною, оскільки вимірвальні комплекси можуть застосовуватися для комерційного обліку електроенергії лише за умови повної відповідності їх вимогам чинних нормативних документів і Кодексу комерційного обліку [7]. Ідентифікація джерела даних обліку як *основного, дублювального* або *верифікаційного* лічильника підвищує обізнаність адміністратора комерційного обліку (АКО), чим сприяє зростанню ступеня впорядкованості інформації щодо обліку, але не може бути основою верифікації даних обліку, оскільки не дає змоги оцінити достовірність даних – два однакові за технологією виготовлення і метрологічними характеристиками засоби вимірювань під час вимірювання тієї самої стабільної вимірюваної величини нададуть покази, які в загальному випадку відрізнятимуться

один від одного. У такому разі визначити «правильніший» результат вимірювання неможливо, а тому ця ознака з погляду верифікації даних обліку є суто інформаційною. Ознака способу збирання даних в *автоматичний, електронний* або *візуальний* спосіб дає змогу оцінити ступінь ймовірного впливу на дані обліку, що надаються. Проте виділення ознаки даних, які «*зібрав споживач*», в єдину окрему ознаку видається необгрунтованим, оскільки споживач так само може зчитувати дані в *автоматичний, електронний* або *візуальний* спосіб, і не зрозуміло, з яких причин спосіб отримання даних обліку споживачем ігнорується в запропонованій системі ознак якості даних обліку. Також викликають застереження запропоновані у [7] способи визначення *точності* даних обліку. З погляду метрології під точністю вимірювання розуміють таку характеристику якості вимірювань, що характеризує ступінь наближеності результатів вимірювань до істинного значення вимірюваної величини [12]. Ступінь такої наближеності із заданою довірчою вірогідністю можна визначити лише під час оцінювання відповідності засобу вимірвальної техніки вимогам технічних регламентів або його перевірки. Під час робочих вимірювань можна оперувати лише класами точності (або границями довірчих інтервалів, визначених індивідуально) засобів вимірювань, які застосовують для обліку електричної енергії, та визначеними на їхній основі границями довірчих інтервалів основної та додаткових похибок вимірювання електричної енергії вимірвальними комплексами. За таких умов абсолютно не зрозуміло, як відповідно до запропонованої системи ознак достовірності визначити *точність* даних обліку, наприклад, якщо дані сформовано засобом вимірювання нормованого класу точності, але з терміном перевірки, який вже пройшов.

Одним із головних завдань у межах комплексного забезпечення точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних обліку є вироблення системного підходу до формування ознак якості (достовірності) даних обліку на основі структурованої системи їхньої класифікації та застосування таких ознак під час верифікації та валідації *даних комерційного обліку*. В основу системи ознак варто покласти систему кодів якості (достовірності) даних обліку, яку успішно застосовано в АСКОЕ ОРЕ України протягом понад півтора десятиліття [10, 11], розширивши її додатковими ознаками. Зокрема, запропоновану в [10, 11] систему кодування якості (достовірності) даних обліку варто доповнити ознаками *належності* та ступенем *складеності* даних обліку, а також *точності* (але за іншими принципами!), *ідентичності*, *статусу перевірки*, *достовірності*, *доступності*.

Розширена в такий спосіб система кодування якості (достовірності) даних обліку забезпечить АКО, постачальникам послуг комерційного обліку (ППКО) та зацікавленим сторонам широкі можливості щодо ідентифікації джерел даних обліку, способів їхнього отримання, підтвердження відповідності даних обліку

встановленим вимогам та визначення придатності їх для конкретного застосування, а також оцінювання ступеня ймовірного впливу на дані обліку та ранжування їх за пріоритетами. Запропоновану розширену систему кодування ознак якості (достовірності) даних обліку наведено в табл. 2.

Таблиця 2

## Розширена система кодування якості (достовірності) даних обліку

Table 2

## An expanded system of encoding the quality (authenticity) of metering data

Ознака	Опис
<b>MsP</b>	Дані точки вимірювань
<b>MtP</b>	Дані точки обліку
<b>G</b>	Агреговані дані обліку для групи обліку
<b>U</b>	Дані обліку зчитано безпосередньо з ПБД засобу вимірювань
<b>B</b>	Дані обліку зчитано з БД, окрім ПБД засобу вимірювань
<b>A</b>	Дані обліку одержано автоматичним зчитуванням з ПБД засобу вимірювань засобами АСКОЕ
<b>a</b>	Дані обліку одержано автоматизованим зчитуванням з ПБД засобу вимірювань із застосуванням оператором спеціалізованого ІТ-інструментарію
<b>m</b>	Тимчасові дані обліку завантажено до БД вручну з можливістю їхнього подальшого замінення
<b>M</b>	Остаточні дані обліку завантажено до БД вручну без можливості подальшого замінення
<b>Pr</b>	Первинні дані обліку
<b>uP</b>	Необроблені дані обліку
<b>F</b>	Результуючі дані обліку
<b>Sp</b>	Складені дані обліку (дані точки вимірювань/обліку, які зчитано з ПБД більше ніж одного засобу вимірювань і складено в єдине значення/масив значень)
<b>C</b>	Над даними обліку виконано обчислювальні операції поза межами засобу вимірювань, де їх безпосередньо сформовано
<b>Cl</b>	Дані обліку повні
<b>cCl</b>	Дані обліку умовно повні
<b>N</b>	Дані обліку неповні
<b>Pc</b>	Дані обліку точні
<b>cPc</b>	Дані обліку умовно точні
<b>cnPc</b>	Дані обліку умовно не точні
<b>nPc</b>	Дані обліку неточні
<b>R</b>	Заміщені дані обліку
<b>Au</b>	Дані обліку достовірні
<b>cAu</b>	Дані обліку умовно достовірні
<b>cnAu</b>	Дані обліку умовно не достовірні
<b>nAu</b>	Дані обліку недостовірні
<b>W</b>	Дані обліку верифіковано та валідовано для конкретного застосування
<b>V</b>	Дані обліку верифіковано, але не валідовано для конкретного застосування
<b>O</b>	Відкриті дані обліку
<b>L</b>	Дані обліку з обмеженим доступом
<b>P</b>	Персональні дані обліку
<b>S</b>	Дані обліку, які становлять таємницю, зокрема державну, що визначено у встановлений спосіб

## Висновки

За результатами опрацювання та аналізу результатів багаторічного досвіду побудови та застосування АСКОЕ на оптовому і роздрібному ринках електричної енергії України можна стверджувати, що ситуація, яка склалася сьогодні, не сприяє забезпеченню достовірності обліку електроенергії, зокрема комерційного. Недостовірні результати обліку призведуть до формування неправильних цінових сигналів, що знизить або зведе нанівець

ефективність процесів енергозбереження та управління попитом. Врешті-решт, це стане перешкодою на шляху підвищення енергоефективності та зниження шкідливого впливу на довкілля в умовах лібералізації ринку електричної енергії України.

Забезпечення точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних обліку електроенергії потребує невідкладної реалізації комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на упорядкування процесів формування даних обліку, зокрема комерційного, їхньої верифікації та валідації

з метою визначення їхньої придатності для подальшого застосування, зокрема, під час розрахунків за електричну енергію, формування інформаційного забезпечення завдань управління попитом, енергомоніторингу, підвищення рівня енергетичної ефективності тощо. Розроблена структурована система класифікації даних обліку електричної енергії дасть змогу забезпечити надійне виконання зазначених завдань, що сприятиме прозорості розрахунків, досягненню високого рівня енергетичної ефективності та мінімізації негативного впливу на навколишнє природне середовище, зокрема, на лібералізованому ринку електричної енергії України.

### Конфлікт інтересів

Жодних фінансових або інших можливих конфліктів стосовно роботи немає.

### Список літератури

1. Про ринок електричної енергії [Електронний ресурс] // Верховна Рада України; Закон від 13.04.2017 р. № 2019-VIII. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.
2. Directive 2009/72/EU concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC // Official Journal of the European Union, 14.08.2009 -L 211/55-93.
3. Коцар О. В. Розвиток АСКОВЕ в умовах лібералізації ринку електричної енергії України // Технічна електродинаміка, 2018. – № 4 – С. 110–117.
4. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку України // Затв. спільним наказом Мінпалівернерго, НКРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду та Держкомпромполітики України від 17 квітня 2000 року № 32/28/28/276/75/54.
5. Інструкція про порядок комерційного обліку електричної енергії. Додаток 10 до Договору між Членами Оптового ринку електричної енергії // Затв. Радою оптового ринку електричної енергії України, протокол від 09 червня 1998 року № 8 (зі змінами і доповненнями).
6. Правила користування електричною енергією // Затв. Постановою НКРЕ від 31 липня 1996 року № 28 у редакції Постанови НКРЕ від 17 жовтня 2005 року № 910 із змінами і доповненнями.
7. Кодекс комерційного обліку електричної енергії // Затверджено постановою НКРЕКП від 14.03.2018 р. № 311. – 83 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nerc.gov.ua/?id=31799>.
8. Правила улаштування електроустановок // Видання офіційне. Міненергоугілля України. – Х.: Форт, 2017. – 760 с.
9. Порядок перевірки даних, отриманих від автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії суб'єктів ОРЕ // Погоджено постановами НКРЕ від 16.06.2011 р. № 1042 та від 17.11.2011 р. № 2195. – 9 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.er.energy.gov.ua/doc.php?c=1228>.

10. Коцарь О. В. Формирование кодов качества данных коммерческого учета электрической энергии в АСКВЭ / О. В. Коцарь, В. В. Мазан // Энерг. и электрификация, 2004. – № 5. – С. 11–15.

11. Інструкція про порядок формування кодів якості даних комерційного обліку / Розроб.: О. В. Коцар – керівн. розроб., Ю. О. Расько // Затв. ТОВ «УНВК-ЕТУ» 31 травня 2012 року. – 32 с.

12. ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення // Держстандарт України, видання офіційне, 1994. – 68 с.

### References

1. Verkhovna Rada of Ukraine (2017), “About Electricity Market. Law of Ukraine from April 13, 2017 No.2019-VIII”, available at <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2019-19> (accessed 7 May 2018) (In Ukrainian).
2. Directive 2009/72/EU concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC (2009), Official Journal of the European Union, L 211/55 – 93.
3. Kotsar O. V. (2018), “The Development of Smart Systems for Control, Metering and Energy Management in Liberalized Electricity Market of Ukraine”, Journal of Technical Electrodynamics, No. 4, pp. 110 – 117 (In Ukrainian).
4. The Concept of Building of Automated Electricity Metering Systems in the Conditions of the Energy Market in Ukraine, Approved by joint order of Minpalyvernergo, NERC, SAEE, Derzhstandart, Derzhbud ma Derzhcomprompolitich Ukraine from April 17, 2000, # 32/28/28/276/75/54. (In Ukrainian).
5. Instruction on the Order of Commercial Metering of Electric Energy. Annex 10 to the Agreement between the Members of the Wholesale Electricity Market, Approved by Council of Wholesale Electricity Market of Ukraine, Protocol from June 09, 1998, No.8 (with changes and additions). (In Ukrainian).
6. The Rules of Electricity Usage, Approved by NERC decree from July 31, 1996, No. 28 in the edition of NERC decree from October 17, 2005, No.910 with changes and additions. (In Ukrainian).
7. Codex of Commercial Electricity Metering, Approved by NERC decree from March 14, 2018, No. 311, 83 p., available at <http://www.nerc.gov.ua/?id=31799> (accessed 7 May 2018). (In Ukrainian).
8. The Rules of Electrical Installations Arrangement, Official publication. Ministry of Energy and Coal of Ukraine, Kharkiv, Fort, 2017, 760 p. (In Ukrainian).
9. The Procedure for Checking the Data is Received from Automated Systems of Commercial Electricity Metering of Wholesale Electricity Market Players, Agreed by NERC decrees from June 16, 2011, No.1042 and November 17, 2011, No. 2195, 9 p. available at <http://www.er.gov.ua/doc.php?c=1228> (accessed 7 May 2018). (In Ukrainian).
10. Kotsar O. V. and Mazan V. V. (2004), “The formation of data quality codes for commercial electricity metering in the smart metering systems”, Journal of Energetics and Electrification, No 5, pp. 11–15. (In Russian).
11. The Instruction on the Procedure for the Formation of codes of quality Commercial Metering Data Quality Codes, Developers: O. V. Kotsar – Chief developer, Y. O. Rasko, Approved by UNVC-ETU Ltd. in May 31, 2012, 32 p. (In Ukrainian).
12. Derzhstandart of Ukraine, official publication (1994), DSTU 2681-94 Metrology. Terms and definitions, 68 p. (In Ukrainian).