

# КЛАСИФІКАЦІЯ ДАНИХ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

## CLASSIFICATION OF ELECTRICITY ACCOUNT DATA

*Коцар О.В., канд.техн.наук, доцент*

*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](mailto:kovpers@ukr.net))*

*Oleg Kotsar,*

*National Technical University of Ukraine*

*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

### Анотація

Управління даними обліку електроенергії передбачає послідовне перетворення результатів вимірювань в 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 вимагає системного підходу, який базується на класифікації даних обліку, зокрема, за приналежністю, походженням, станом оброблення, ступенем автоматизації тощо. В статті 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.

### Abstract

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.

### Ключові слова

АСКОЕ, дані обліку, достовірність, класифікація, ринок електричної енергії

### Keywords

Smart Meter, Smart Metering System, Data, Authenticity, Classification, Electricity Market

## 1. 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 проведення 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, що протікають на ринку електричної енергії, багато в чому визначаються якістю даних обліку електроенергії. А відтак, невід'ємною умовою енергоефективної поведінки і результативного управління попитом є точність, повнота, цілісність і

достовірність даних обліку, а також своєчасне надання таких даних всім заінтересованим гравцям ринку. Комплексне забезпечення точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних обліку вимагає системного підходу, який базується на класифікації даних обліку, зокрема, за приналежністю, походженням, станом оброблення, ступенем автоматизації тощо.

## 2. Мета і завдання досліджень

Метою досліджень є визначення класифікаційних ознак і розроблення системи класифікації даних обліку з метою подальшого використання результатів розробки під час формування ознак якості (достовірності) даних обліку, а також вдосконалення існуючих та розроблення 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 існуючі 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 розробленої системи класифікації даних обліку, зокрема, під час формування ознак якості (достовірності) даних обліку, а також вдосконалення існуючих та розроблення нових методів верифікації та валідації даних обліку.

## 3. 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), де в період до 2020 року не менше 80% споживачів має бути охоплено smart metering system [2], а в окремих країнах, зокрема, в Швеції, Італії, Мальті вже сьогодні комерційний облік електроенергії в цілому 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 в 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 в 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 в 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 цифровими комунікаційними інтерфейсами.

*Первинні дані обліку* в подальшому є 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 не можливо змінити в ПБД після завершення їхнього формування лічильником. Тут і далі під *точкою вимірювань* слід 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* слід розуміти фізичну точку електричної мережі, до якої приводять результати обліку електричної енергії, зокрема, шляхом множення *результатів вимірювань* на коефіцієнти трансформації за напругою і струмом та алгебраїчного додавання до них втрат 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.

В процесі функціонування АСКОЕ (advanced metering infrastructure /AMI/, smart metering system) *первинні дані обліку* регулярно зчитуються цифровими комунікаційними інтерфейсами з ПБД багатофункціональних електронних лічильників електричної енергії (в подальшому – 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*, які можна розглядати, як

«копію» первинних даних обліку поза межами ПБД, де їх було безпосередньо сформовано, за виключенням, можливо, форматів представлення числових значень. *Необроблені дані обліку* є «зручнішими» для подальшого оброблення з метою визначення *результуючих даних обліку*, зокрема, *комерційного*, їхнього агрегування, верифікування, валідування тощо, оскільки є «доступнішими». Разом з тим, саме через більшу доступність *необроблені дані обліку* менше захищено від несанкціонованого доступу, зокрема, вірогідних руйнівних впливів (навмисних чи не навмисних) порівняно з *первинними даними обліку*. А відтак, ступінь довіри до *необроблених даних обліку* об'єктивно є нижчою, ніж до *первинних даних обліку*, і їх слід розглядати переважно, як операційні дані.

В 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 (ЛВЗОД), 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 слід розглядати, як одні з першорядних.

Верифікацію даних комерційного обліку слід починати з аналізу властивостей даних, що верифікуються, та побудови структурованої системи класифікації даних обліку (рис. 1). Класифікацію даних обліку слід починати з визначення ознаки їхньої відповідності елементам електричної мережі – їхньої приналежності.

1. За *приналежністю* дані обліку можна класифікувати, як:

- *дані по точці вимірювання*, що відповідають фізичній точці електричної мережі, в якій встановлено (інстальовано) засіб вимірювань (обліку), і в якій безпосередньо здійснюється вимірювання та облік електроенергії;
- *дані по точці обліку*, що відповідають фізичній точці електричної мережі, до якої приводяться 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 вимірювальної інформації) по одному *виду енергії*, що перетікає в одному *напрямку*.

- *дані по групі обліку*, які одержано шляхом алгебраїчного підсумовування даних по *каналах обліку* за визначеним *видом енергії* зі знаком «+» або знаком «-».

*Канал обліку* є базовою логічною одиницею АСКОЕ, для якої здійснюється вимірювання електроенергії і формування даних обліку. *Канал обліку* асоціюється з одним напрямом вимірювання (обліку) *активної, реактивної* (зокрема, за *квадрантами*) або *повної енергії*. Кожному *каналу обліку* АСКОЕ ставиться у відповідність *вимірювальний канал* або *група обліку*. На підставі такої відповідності *канали обліку* АСКОЕ ОРЕ України поділяються на категорії (табл. 1):



Рисунок 1. Класифікація даних обліку електричної енергії  
 Fig.1 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 умовчанням	Категорія за умовчанням
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	$W_{Br}$	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

В подальшому під даними обліку будемо розуміти дані, які відповідають певному каналу обліку.

2. Таким чином, за *видом енергії*, що вимірюється (обліковується), дані обліку можна класифікувати, як:

- 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 енергії*, що вимірюється (обліковується), дані обліку можна класифікувати, як:

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

4. Однією з найважливіших ознак класифікації даних обліку є стан їхнього оброблення. За *станом оброблення* дані обліку можна класифікувати, як:

- *первинні дані обліку*, які сформовано 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*, які можна розглядати, як копію *первинних даних обліку* поза межами засобу вимірювань, де їх було безпосередньо сформовано, наприклад, *первинні дані обліку*, які зчитано з ПБД засобу вимірювань і завантажено до БД сервера АСКОЕ;
- *результуючі дані обліку*, приведені до первинної електричної мережі шляхом множення *необроблених даних обліку* на коефіцієнти трансформації за напругою та струмом, а також містять, зокрема, заміщені та/або відновлені дані, які було з різних причин втрачено;

*Примітка.* Приведення даних обліку до первинної електричної мережі може відбуватися безпосередньо в багатофункціональному електронному лічильнику електроенергії (залежно від його функціональних можливостей) шляхом множення *результатів вимірювань* на коефіцієнти трансформації за напругою та струмом, які завантажуються до ПБД лічильника під час його параметризування. В цьому випадку в процесі функціонування в лічильнику формуються *первинні дані обліку*, які приведено до *точки вимірювання* первинної електричної мережі. Приведеними 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, шляхом алгебраїчного додавання втрат електроенергії на ділянці

<sup>1</sup>В ОРЕ України не здійснюється облік реактивної енергії, але в АСКОЕ ОРЕ зарезервовані категорії 3,4,6-10 для випадків, якщо такий облік буде здійснюватись в майбутньому.

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 шляхом алгебраїчного підсумовування *результуючих даних (комерційного) обліку по каналах обліку* за визначеним *видом енергії* зі знаком «+» або знаком «-».

Основою прямої верифікації *результуючих даних обліку*, зокрема, *комерційного*, є можливість їхнього отримання безпосередньо з *первинних даних обліку* шляхом послідовного застосування під час їхнього оброблення належним чином визначених, формалізованих, узгоджених і затверджених у встановлений спосіб процедур. Тому надійне зберігання і забезпечення оперативного (своєчасного) дистанційного доступу до *первинних даних обліку* слід розглядати, як невід'ємну умову підвищення ефективності енерговикористання і управління попитом та здійснення прозорих розрахунків за електричну енергію. Оскільки забезпечення оперативного дистанційного доступу в автоматизований спосіб до *первинних даних обліку*, які зберігаються в ПБД засобів вимірювань, зважаючи на сучасний стан АСКОВ в Україні, зокрема, в частині їхньої інформаційної взаємодії, сьогодні в загальному випадку практично не реалізовано, це визначено, як один з пріоритетів розвитку АСКОВ в умовах лібералізації ринку електричної енергії [3].

5. За *джерелом* дані обліку можна класифікувати, як:

- дані, які зчитано безпосередньо з ПБД засобу вимірювань;
- дані, які зчитано з будь-яких інших БД, окрім ПБД.

Дані обліку, які зчитано безпосередньо з 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 їх менше захищено від несанкціонованого доступу та вірогідних руйнівних впливів. В цьому контексті треба зауважити, що дані обліку, зазвичай, не складають державну або комерційну таємницю. Відповідно до [7] *дані комерційного обліку* відносяться до даних з обмеженим доступом, а *дані комерційного обліку* побутових користувачів електричної енергії відносяться до персональних даних. Тому надійність, а відповідно й вартість систем захисту, зокрема, БД та інших відкритих комунікацій, які використовуються для передавання даних обліку, визначається вірогідними збитками від несанкціонованого доступу до цих даних.

6. За *ступенем складеності* дані обліку може бути класифіковано, як:

- *прості дані обліку*, що відповідають одній фізичній точці обліку і які зчитано безпосередньо з ПБД єдиного засобу вимірювань;
- *складені дані обліку*, що відповідають одній фізичній *точці вимірювань/обліку*, і які утворено шляхом складання декількох *даних обліку*, зокрема *простих*, зчитаних безпосередньо з ПБД більше, ніж одного засобу вимірювань, наприклад, з ПБД засобу вимірювань, що встановлено на деякому приєднанні електричної мережі, та з ПБД засобу вимірювань, що встановлено на обхідному вимикачі (ОВ), який було застосовано для обліку електроенергії по цьому приєднанню протягом певного інтервалу часу в межах розрахункового періоду.

7. За *способом одержання* дані обліку можна класифікувати, як:

- *дані автоматичного завантаження*, що сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних безпосередньо засобами вимірювань в автоматичний спосіб, та зчитано/передано/прийнято засобами АСКОВ виключно в автоматичний спосіб без участі оператора окрім можливого ініціювання оператором процесу обміну інформацією;
- *дані автоматизованого (напіваавтоматичного) завантаження*, що сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних безпосередньо засобами вимірювань в автоматичний спосіб, та зчитано/передано/прийнято засобами АСКОВ 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 наступним завантаженням зчитаних даних до бази *необроблених даних обліку* з мобільного терміналу (ноутбуку, накопичувачу тощо), причому роль оператора зводиться виключно 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, шляхом заміщення/обчислення/відновлення/ручного завантаження даних тощо.

Необхідність класифікації даних обліку за способом їхнього одержання пов'язана із необхідністю визначення їхнього пріоритету, зокрема, ступеню довіри до них, і ранжування даних обліку за цією ознакою з метою подальшої їхньої верифікації та валідації. Найвищий пріоритет мають дані *автоматичного завантаження*, які формуються і завантажуються/передаються/приймаються без участі оператора, і тому заслуговують на найвищий ступінь довіри. На найнижчий ступінь довіри, зазвичай, заслуговують дані *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, як:

- *тимчасові* (не остаточні) дані обліку, які в подальшому буде заміщено *остаточними даними обліку*;
- *остаточні дані обліку*, які в подальшому не може бути заміщено.

Необхідність класифікації даних обліку за терміном їхньої чинності пов'язана, зокрема, з часовими регламентами ринку електричної енергії. Якщо терміни надання даних обліку або проведення розрахунків на ринку спливають і при цьому дані обліку недоступні (наприклад, вимкнено засіб вимірювань, відмова каналу зчитування даних тощо), а наявність або втрату власне даних обліку, зокрема *первинних*, не ідентифіковано, оператор даних надає *тимчасові дані обліку* з метою забезпечення можливості проведення розрахунків за електричну енергію відповідно до регламентів ринку. Після відновлення доступу до раніше недоступних даних обліку, або підтвердження факту втрати *первинних даних обліку* (наприклад, внаслідок виходу з ладу засобу вимірювань, руйнації ПБД внаслідок параметрування, жорсткого коригування часу тощо) і визначення *результуючих даних обліку* розрахунковим шляхом або в інший належним чином 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* (напіваавтоматичного) *завантаження*, визнані *не достовірними* у встановлений спосіб. Відповідальність за правомірність визнання даних *не достовірними* і їхнього заміщення покладається на оператора.

9. За *повнотою* дані обліку можна класифікувати, як:

- *повні*, які містять повну інформацію для обраного 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 обраного інтервалу обліку електроенергії, але яким відповідають ознаки, що формуються засобом вимірювань і можуть свідчити про вірогідний руйнівний вплив на результати обліку;
- *не повні*, які містять не повну інформацію для обраного інтервалу обліку електроенергії.

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

10. За *точністю* дані обліку можна класифікувати, як:

- *точні*, які сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних засобом вимірювань з чинним терміном повірки, клас точності якого відповідає чинним нормативним вимогам;
- *умовно точні*, які сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних засобом вимірювань, клас точності якого відповідає чинним нормативним вимогам, але з простроченим терміном повірки;
- *умовно не точні*, які сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних засобом вимірювань, клас точності якого не відповідає чинним нормативним вимогам;
- *не точні*, які сформовано виключно на основі *результатів вимірювань*, виконаних засобом вимірювань, похибка якого перевищує допустимі границі для цього засобу вимірювань, що було доведено у встановлений спосіб, наприклад, під час повірки засобу вимірювань або оцінки відповідності його вимогам технічних регламентів;

- *заміщені дані обліку*, які сформовано не лише на підставі *результатів вимірювань*, зокрема, але не виключно, шляхом заміщення/обчислення/відновлення/ручного завантаження даних тощо.

11. За *актуальністю* дані обліку можна класифікувати, як:

- *актуальні дані обліку*, які відповідають завданому інтервалу обліку (ознака ідентичності), і які доставлено в центр обробки даних у визначені терміни, що дозволяє приймати на підставі результатів оброблення цих даних своєчасні та ефективні рішення (ознака оперативності);
- *не актуальні дані обліку*, які відповідають завданому інтервалу обліку (ознака ідентичності), але які доставлено в центри обробки даних у терміни, що не дозволяють приймати на підставі результатів оброблення цих даних своєчасні рішення (ознака не оперативності);
- *не ідентичні дані обліку*, які не відповідають завданому інтервалу обліку, що не дозволяє приймати на підставі результатів оброблення цих даних вірні рішення.

*Примітка.* Дані обліку за певний інтервал часу може бути визнано *не ідентичними*, наприклад, якщо під час контролю синхронності вимірювань було 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, як:

- *достовірні дані обліку*, достовірність яких підтверджено у встановлений спосіб шляхом верифікації та валідації цих даних за належним чином встановленими процедурами;
- *умовно достовірні дані обліку*, щодо достовірності яких наявні обґрунтовані сумніви, але не достовірність яких не можливо довести (тимчасово або остаточно) шляхом їхньої верифікації і валідації у встановлений формалізований спосіб;
- *умовно не достовірні дані обліку*, достовірність яких підтверджено результатами їхньої верифікації у встановлений спосіб, але їх не може бути валідовано для конкретного застосування;
- *не достовірні (помилкові) дані обліку*, в яких виявлено помилки під час верифікації цих даних у встановлений спосіб.

Дані обліку може бути класифіковано 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, які призначено для розрахунків за електричну енергію (*дані комерційного обліку*); дані обліку, які призначено для моніторингу, наприклад, для контролю технологічних процесів електричної мережі [8], для контролю розходу електроенергії всередині об'єктів обліку або енергомоніторингу в рамках системи енергетичного менеджменту та діяльності з підвищення рівня енергетичної ефективності (тут і надалі в цьому пункті – *дані технічного обліку*); дані обліку, які призначено для управління (керування), зокрема, попитом споживачів тощо.

На практиці варто обґрунтувати доцільність класифікування даних обліку за тими чи іншими ознаками для розв'язання конкретних завдань. Наприклад, класифікування даних обліку за ознакою *достовірності* дозволяє привласнити цим даним статус «*достовірні*», «*не достовірні*» або виділити окремі застереження щодо достовірності даних, що відповідає практичним аспектам їхнього подальшого застосування. На протилежність класифікуванню даних за *статусом їхньої перевірки*, що дозволяє відзначити лише формальну ознаку цих даних: ознака «*дані верифіковано*» свідчить лише про те, що ці дані успішно пройшли формалізовану, більше або менше 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 АСКОВЕ України агреговані дані обліку, які надходять до інформаційно-обчислювального комплексу (ІОК) Головного оператора Системи комерційного обліку ОРЕ України (в



подальшому – Головний оператор), піддаються верифікації 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) шляхом первинної перевірки даних на внутрішню збалансованість та перехресної перевірки 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 макету 30817, що формується Національною енергетичною компанією (НЕК) «Укренерго». В разі, якщо суб'єкт ОРЕ взагалі не надав Головному оператору дані комерційного обліку, або повторно надав недостовірні дані, для розрахунку платежів цього суб'єкта застосовуються дані макету з врахуванням небалансу ОРЕ, що виникає, зокрема, внаслідок заміщення даних макету даними АСКОЕ по інших суб'єктах, що виявилось вагомим стимулом для підвищення заінтересованості суб'єктів ОРЕ в забезпеченні достовірності даних АСКОЕ. З іншого боку, сьогодні Головний оператор оперує лише *агрегованими даними обліку* і здійснює їхню верифікацію виключно в непрямий спосіб. Єдина вагома 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 ж самою процедурою [9] перед наданням цих даних Головному оператору. В такому разі надання суб'єктами незбалансованих даних ідентифікувалося б Головним оператором, як не надання даних, що тягнуло б за собою застосування для розрахунку платежів по цих суб'єктах даних макету 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 заінтересованих 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 багатofункціональних електронних лічильників електроенергії відповідно до технічних рекомендацій [6], що дає їм можливість верифікувати дані в прямий спосіб, зокрема, шляхом порівняння отриманих даних з *первинними даними обліку*, аналізу вмісту журналів подій лічильника, контролю вірності його приєднання до електричної мережі шляхом дистанційного зняття векторних діаграм, оцінювання точності прив'язки ШЧ інтегрованого годинника до НШЧ тощо. Разом з тим, на роздрібному ринку спостерігається проблема забезпечення надійності функціонування ЛУЗОД/АСКОЕ споживачів з причини незаінтересованості останніх: ЛУЗОД/АСКОЕ впроваджуються і повинні підтримуватися в робочому стані за рахунок споживачів; впровадження ЛУЗОД/АСКОЕ не усуває процедуру подання споживачами *даних комерційного обліку* до енергозбутових підрозділів в традиційний спосіб на паперових носіях; відповідальність за стан засобів комерційного обліку в електроустановках споживачів і надання *даних комерційного обліку* покладено цілком на споживачів [6]. Цю ж норму перенесено до Кодексу комерційного обліку [7], що не сприятиме підвищенню заінтересованості споживачів в надійній автоматизації обліку електроенергії.

Під час побудови АСКОЕ ОРЕ України в рамках реалізації уніфікованого протоколу передавання даних вимірювань (УППДВ), уніфікованої бази даних (УБД) Головного оператора і попереднього уніфікованого реєстру даних обліку (УРД) було 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 /напівавтоматичний/, завантаження вручну з можливістю подальшої заміни або без можливості подальшої заміни – тобто, остаточні дані обліку*), ступінь повноти даних обліку (*повні або не повні*), ознака виконання над даними обліку обчислювальних операцій поза межами засобу вимірювань, де їх було безпосередньо сформовано (*дані обчислень*), а також ознака *агрегованих (групових)* даних обліку, одержаних шляхом алгебраїчного підсумовування даних обліку по точках обліку та інших групах обліку [10, 11]. Розроблена система ознак достовірності даних обліку дозволяє Головному оператору оцінювати ступінь ймовірного впливу на *дані комерційного обліку*, зокрема *агреговані*, які надаються суб'єктами для проведення розрахунків в ОРЕ України. В разі негативних результатів верифікації *даних комерційного обліку*, які надано суб'єктом 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 базі яких було сформовано надані суб'єктом *дані комерційного обліку*, маючи на меті одержання безпомилкових даних обліку та посилення відповідальності суб'єктів за надання недостовірних даних обліку.

В Кодексі комерційного обліку запропоновано інші підходи до верифікації даних комерційного обліку. Зокрема, пропонується визначати відповідність вимірювальних комплексів встановленим вимогам (*відповідає або не відповідає*), тип лічильника, з якого надано дані обліку (*основний, дублюючий, верифікаційний*), спосіб збирання інформації (*автоматичний, електронний – аналог напівавтоматичного, візуальний, інформацію надано споживачем*) та ознаки якості даних (*повнота і точність або відсутність даних*) [7]. Варто зазначити, що вимога щодо визначення відповідності вимірювальних комплексів встановленим вимогам бачиться недоцільною, оскільки вимірювальні комплекси можуть застосовуватися для комерційного обліку електроенергії виключно за умови повної відповідності їх вимогам чинних нормативних документів і Кодексу комерційного обліку [7]. Ідентифікація джерела даних обліку, як *основного, дублюючого або верифікаційного*

лічильника покращує обізнаність адміністратора комерційного обліку (АКО), чим сприяє підвищенню ступеню впорядкованості інформації щодо обліку, але не може бути основою верифікації даних обліку, оскільки не дозволяє оцінити достовірність даних – два однакових за технологією виготовлення і метрологічними характеристиками засобу вимірювань під час вимірювання однієї і тієї ж самої стабільної вимірюваної величини нададуть покази, які в загальному випадку відрізнятимуться один від одного. Визначити при цьому «правильніший» результат вимірювання неможливо, а тому ця ознака з точки зору верифікації даних обліку носить виключно інформаційний характер. Ознака способу збирання даних в *автоматичний, електронний* або *візуальний* спосіб дозволяє оцінити ступінь ймовірного впливу на дані обліку, що надаються. Проте, винесення ознаки даних, які «*зібрано споживачем*», в єдину окрему ознаку бачиться необґрунтованим, 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 викликає застереження запропоновані у [7] способи визначення *точності* даних обліку. З точки зору метрології під точністю вимірювання розуміється така характеристика якості вимірювань, яка характеризує ступінь наближеності результатів вимірювань до істинного значення вимірюваної величини [12]. Ступінь такої наближеності із заданою довірчою вірогідністю можна визначити лише під час оцінки відповідності засобу вимірювальної 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 застосовуються для обліку електричної енергії, і визначеними на їхній основі границями довірчих інтервалів основної і додаткових похибок вимірювання електричної енергії вимірювальними комплексами. За таких умов абсолютно незрозуміло, як відповідно до запропонованої системи ознак достовірності визначати *точність* даних обліку, наприклад, якщо дані сформовано засобом вимірювання нормованого класу точності, але з простроченим терміном перевірки.

Одним із головних завдань в рамках комплексного забезпечення точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних обліку є виробіток системного підходу щодо формування ознак якості (достовірності) даних обліку на базі структурованої системи їхньої класифікації та застосування таких ознак під час верифікації та валідації *даних комерційного обліку*. В основу системи ознак варто покласти існуючу 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 *приналежності* 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 заінтересованим 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 ступіню 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

<i>Ознака</i>	<i>Опис</i>
<b>MsP</b>	Дані по <i>точці</i> вимірювань
<b>MtP</b>	Дані по <i>точці</i> обліку
<b>G</b>	<i>Агреговані</i> дані обліку по <i>групі</i> 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 шляхом <i>автоматичного</i> зчитування з ПБД засобу вимірювань засобами АСКОЕ
<b>a</b>	Дані обліку одержано шляхом <i>автоматизованого</i> зчитування з ПБД засобу вимірювань із застосуванням оператором спеціалізованого ІТ-інструментарію
<b>m</b>	Тимчасові дані обліку завантажено до БД <i>вручну</i> з можливістю їхнього подальшого замінення
<b>M</b>	Остаточні дані обліку завантажено до БД <i>вручну</i> без можливості подальшого замінення
<b>Pr</b>	<i>Первинні</i> дані обліку
<b>uP</b>	<i>Необроблені</i> дані обліку
<b>F</b>	<i>Результуючі</i> дані обліку
<b>Sp</b>	<i>Складені</i> дані обліку (дані по <i>точці</i> вимірювань/обліку, які зчитано з ПБД більше, ніж одного засобу вимірювань, і складено в єдине значення/масив значень)
<b>C</b>	Над даними обліку було виконано <i>обчислювальні операції</i> поза межами засобу вимірювань, де їх було безпосередньо сформовано
<b>CI</b>	Дані обліку <i>повні</i>
<b>cCI</b>	Дані обліку <i>умовно повні</i>
<b>N</b>	Дані обліку <i>не повні</i>
<b>Pc</b>	Дані обліку <i>точні</i>
<b>cPc</b>	Дані обліку <i>умовно точні</i>
<b>cnPc</b>	Дані обліку <i>умовно не точні</i>
<b>nPc</b>	Дані обліку <i>не точні</i>
<b>R</b>	<i>Заміщені</i> дані обліку
<b>Au</b>	Дані обліку <i>достовірні</i>
<b>cAu</b>	Дані обліку <i>умовно достовірні</i>

<b>сnAu</b>	Дані обліку умовно не достовірні
<b>nAu</b>	Дані обліку не достовірні
<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 складають таємницю, зокрема державну, що визначено у встановлений спосіб

#### 4. 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 невірних цінових сигналів, що в свою чергу знизить або зведе нанівець ефективність процесів енергозбереження та управління попитом. Врешті решт це стане перешкодою на шляху підвищення енергоефективності та скороченню шкідливого впливу на довкілля в умовах лібералізації ринку електричної енергії України.

Забезпечення точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних обліку електроенергії вимагає невідкладної реалізації комплексу організаційно-технічних заходів, спрямованих на упорядкування процесів формування даних обліку, зокрема комерційного, їхньої верифікації і 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 дозволить забезпечити надійне розв'язання зазначених завдань, що сприятиме прозорості розрахунків, досягненню високого рівня енергетичної ефективності та мінімізації негативного впливу на оточуюче природне середовище, зокрема, в лібералізованому ринку електричної енергії України.

#### Конфлікт інтересів

Жодних фінансових або інших можливих конфліктів, що стосується роботи, немає.

#### Література

1. Про ринок електричної енергії [електронний ресурс] // Верховна Рада України; Закон від 13.04.2017 № 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 АСКОЕ 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 Мінпаливенерго, 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 (із 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. Міненерговугілля 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 до ресурсу: <http://www.er.energy.gov.ua/doc.php?c=1228>.
10. Коцарь О.В., Мазан В.В. Формирование кодов качества данных коммерческого учета электрической энергии в АСКУЭ // 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. Law of Ukraine, Apr. 13, 2017, no.2019-VIII “About Electricity Market”, (In Ukrainian) [On-line]. Available: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>, Accessed: May 7, 2017.
- [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*, L211/55 – 93. [On-line]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=celex%3A32009L0072>.
- [3] O. Kotsar, “The Development of Smart Systems for Control, Metering and Energy Management in Liberalized Electricity Market of Ukraine”, (in Ukrainian), *Journ. Techn. Electrodyn.*, no.4, p.110-117, 2018.
- [4] Joint order Minpalyvenergo, NERC, SAEE, Derzhstandart, Derzhbud and Derzhcomprompolitic of Ukraine from April 17, 2000, no.32/28/28/276/75/54, (in Ukrainian), “The Concept of Building of Automated Electricity Metering Systems in the Conditions of the Energy Market in Ukraine”, 2000.
- [5] Council of Wholesale Electr. Market of Ukraine, Protocol from June 09, 1998, no.8, “Instruction on the Order of Commercial Metering of Electric Energy”, Annex 10 to the Agreement between the Members of the Wholesale Electricity Market, (in Ukrainian), 1998.
- [6] The Rules of Electricity Usage, Approv. NERC decree from July 31, 1996, no.28 in the edit. NERC decree from Oct.17, 2005.
- [7] Codex of Commercial Electricity Metering, Appr. NERC decree from March 14, 2018, no.311, (in Ukrainian). [On-line]. Available: <http://www.nerc.gov.ua/?id=31799>. Acc. May 7, 2018.
- [8] Ministry of Energy and Coal of Ukraine. The Rules of Electrical Installations Arrangement (in Ukrainian). Official publication: Fort, Kharkiv, Ukraine, 2017.
- [9] The Procedure for Checking the Data is Received from Automated Systems of Commercial Electricity Metering of Wholesale Electricity Market Players, (in Ukrainian). [On-line]. Available: <http://www.er.gov.ua/doc.php?c=1228>. Acc. May 7, 2018.
- [10] O. Kotsar, V. Mazan, “The formation of data quality codes for commercial electricity metering in the smart metering systems”, *Journ. Energetics and Electrification*, (in Russian), no.5, p.11-15, 2004.
- [11] O. Kotsar, Y. Rasko, “The Instruction on the Procedure for the Formation of codes of quality Commercial Metering Data Quality Codes”, (in Ukrainian). Appr. UNVC-ETU Ltd, May 31, 2012,
- [12] Derzhstandart of Ukraine. DSTU 2681-94 Metrology. Terms and definitions, (in Ukrainian), 1994.