

SMART GRID СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ SMART GRID SYSTEM AND TECHNOLOGY

УДК 621.311.153

О.В. Коцар, канд. техн. наук, доц. ORCID 0000-0002-7958-2335
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

SMART-СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ, ОБЛІКУ ТА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ

У статті висвітлено тривалий шлях розвитку АСКОЕ, в тому числі процеси їх створення, вдосконалення і застосування для контролю, обліку і управління режимами електроспоживання. Доведено, що головним завданням АСКОЕ є управління енергоспоживанням з метою підвищення рівня енергоефективності та запобігання шкідливому впливу на навколишнє середовище. Обґрунтовано безпосередній зв'язок АСКОЕ зі Smart Grid-технологіями. Показано вагомий внесок фахівців Інституту енергозбереження та енергоменеджменту КПІ ім. Ігоря Сікорського в процеси впровадження сучасних Smart-систем вимірювання, обліку та управління енерговикористанням, зокрема, на етапах становлення і лібералізації ринку електричної енергії України.

Ключові слова: АСКОЕ, дані обліку, електроенергія, лічильник електроенергії, облік, ринок електричної енергії, Smart Grid, Smart Meter, Smart Metering System.

Прийняття Закону України «Про ринок електричної енергії» [1] спрямовано на подальшу лібералізацію ринку електричної енергії України, що має на меті, зокрема, забезпечення недискримінаційного доступу споживачів до електроенергетичних ресурсів на конкурентних засадах, стимулювання гравців ринку до енергоефективної поведінки та мінімізацію негативного впливу на довкілля, переважно, через широке застосування розосередженої генерації на базі альтернативних і відновлювальних джерел енергії, раціональне використання енергетичних ресурсів, енергозаміщення, а також узгоджене управління попитом відповідно до пропозицій ринку в реальному часі. «Ключовим аспектом є забезпечення гарантованого доступу споживачів до об'єктивних і прозорих даних стосовно споживання енергії, пов'язаних із ним цін та вартості обслуговування таким чином, щоб вони могли запросити на основі таких даних конкурентні пропозиції. З іншого боку, споживачі також повинні мати право на належне інформування з достатньою частотою про їхнє енергоспоживання та енерговитрати, що створить стимули для заощадження енергії, оскільки надасть надійний зворотній зв'язок щодо результатів інвестицій в енергоефективність та зміну поведінки» [2].

Проблемами автоматизації обліку електроенергії в Радянському Союзі одними з перших почали займатися фахівці Київського політехнічного інституту (КПІ). Група молодих науковців, очолювана Артуром Веніаміновичем Праховником, під керівництвом завідуючого кафедрою електропостачання професора Василя Миколайовича Винославського ще наприкінці 60-х років минулого століття започаткувала розробки в галузі енергозбереження та управління електроспоживанням з використанням локальних пристроїв, на базі яких в подальшому почали створювати перші автоматизовані системи обліку електроенергії (АСОЕ). Саме науковцями КПІ було обґрунтовано, що головною метою створення АСОЕ є ефективне використання електричної потужності (електроенергії) через формування інформаційного забезпечення завдань управління режимами електроспоживання споживачів, і закладено методологічний базис застосування АСОЕ для управління енерговикористанням [3]. Згодом АСОЕ дістали подальшого розвитку і стали підкласом більш широкого класу автоматизованих систем контролю, обліку та управління енерговикористанням (АСКОЕ). Термін АСКОЕ також часто застосовується у вузькому сенсі – автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії. З тих пір КПІ беззаперечно вважається провідною навчальною і науковою установою СРСР, а згодом й незалежної України, в сфері енергозбереження, енергоефективності, автоматизації обліку електроенергії та управління енерговикористанням. До речі, саме в Інституті енергозбереження та енергоменеджменту (ІЕЕ) НТУУ «КПІ» в 1997 році вперше в Україні було розпочато підготовку, а згодом і перепідготовку та підвищення кваліфікації фахівців за новою спеціальністю – «Енергетичний менеджмент».

АСКОЕ, які розроблено і впроваджено фахівцями КПІ протягом понад чотирьох десятиліть на численних електроенергетичних і промислових підприємствах України та за її межами, надійно

забезпечують формування інформаційного забезпечення комерційних розрахунків за електричну енергію, контролю параметрів режимів виробітку та споживання електроенергії, моніторингу результатів реалізації енергозберігаючих заходів та впровадження енергоефективних технологій, а також завдань управління попитом, зокрема, в умовах функціонування і розвитку ринку електричної енергії України.

За результатами багаторічних досліджень в ІЕЕ НТУУ «КПІ» в 1997 році було розроблено Концепцію побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку України. В 2000 році вийшла в світ друга редакція зазначеної Концепції, яку було затверджено спільним наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоенергозбереження, Держстандарту, Держбуду, Держпромполітики [4]. З тих пір Концепція [4] залишається майже єдиним чинним цілісним нормативним документом, який визначає концептуальні положення побудови АСОЕ в умовах функціонування ринку електричної енергії України та містить базові технічні вимоги до автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії на об'єктах енергетики, промисловості, побуту та сфери послуг.

Відповідно до положень Концепції [4] фахівцями ІЕЕ НТУУ «КПІ» було створено Систему збору, обробки та обміну даними комерційного обліку електричної енергії в Оптовому ринку [5], яка забезпечила інтеграцію в єдину автоматизовану систему комерційного обліку Оптового ринку електричної енергії (ОРЕ) України АСКОЕ суб'єктів ОРЕ та інформаційно-обчислювальний комплекс (ІОК) Головного оператора на принципах уніфікації інформаційної взаємодії, а також розроблено технічні вимоги і попередні проектні рішення щодо створення Системи точного часу та підсистеми забезпечення синхронності вимірювань (СТЧіСВ) [6] з метою забезпечення одночасності вимірювань та прив'язки результатів диференційованого обліку електричної енергії до національної шкали часу.

В розвиток положень Концепції [4] та Загальних технічних вимог [5, 6] з метою уніфікації функціональних вимог до АСКОЕ суб'єктів ОРЕ в 2006 році ІЕЕ НТУУ «КПІ» було розроблено стандарт ОРЕ: «Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії суб'єктів ОРЕ. Загальні вимоги» [7]. В 2010 році, коли АСКОЕ суб'єктів ОРЕ було переважно побудовано і впроваджено в постійну (промислову) експлуатацію, з метою забезпечення повноти та достовірності даних комерційного обліку, які формувалися АСКОЕ суб'єктів ОРЕ, на замовлення Головного оператора фахівцями ІЕЕ НТУУ «КПІ» було розроблено автоматизовану інформаційну систему «Використання даних, отриманих з автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії суб'єктів ОРЕ» (АІС ВДКО) [8]. Дані комерційного обліку, які надходять від АСКОЕ суб'єктів ОРЕ до ІОК Головного оператора, верифікуються АІС ВДКО та валідуються Головним оператором на підставі затвердженого у встановлений спосіб Порядку перевірки даних [9], що сприяє підвищенню достовірності та прозорості розрахунків в ОРЕ України.

З метою забезпечення ефективного застосування АСКОЕ ОРЕ в умовах подальшої лібералізації ринку електричної енергії України в 2011 році на замовлення ДП «Енергоринок» ІЕЕ НТУУ «КПІ» було розроблено Концепцію ІОК Головного оператора Системи комерційного обліку Оптового ринку електроенергії України [10], якою визначено напрями подальшого розвитку АСКОЕ ОРЕ України, зокрема, завдання Головного оператора щодо забезпечення надійного функціонування АСКОЕ ОРЕ, точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних комерційного обліку електроенергії під час функціонування діючої і запровадження перспективних моделей ринку електричної енергії України та на перехідних етапах. Положення Концепції [10] було реалізовано під час розробки фахівцями ІЕЕ НТУУ «КПІ» низки нормативних документів ОРЕ, а також враховано в Кодексі комерційного обліку електричної енергії [11].

Під час створення АСКОЕ фахівцями ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського невідмінно застосовуються передові технічні рішення і новітні технології. Зокрема, під час побудови Системи збору, обробки та обміну даними комерційного обліку електричної енергії в Оптовому ринку [5] вперше розроблено та впроваджено в ОРЕ України уніфікований протокол передавання даних вимірювань (УППДВ), уніфіковану базу даних (УБД) та уніфікований реєстр даних (УРД) Головного оператора, а також розроблено систему ознак та кодування якості (достовірності) даних обліку, що дозволило забезпечити уніфікацію даних комерційного обліку електроенергії на всіх етапах їхнього передавання, приймання, оброблення, зберігання, верифікування та валідування в інтегрованій АСКОЕ ОРЕ України.

Велика увага приділяється підвищенню надійності АСКОЕ, в першу чергу з метою забезпечення точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних комерційного обліку, а також забезпечення функціонування АСКОЕ відповідно до регламентів ринку електричної енергії. Під час розробки АСКОЕ електропередавальних компаній – постачальників за регульованим тарифом (ПРТ) фахівцями КПІ ім. Ігоря Сікорського чи не вперше застосовано кластерні рішення, якими передбачено побудову головного сервера АСКОЕ на базі двовузлового відмовостійкого кластера і RAID-масиву та виділення центрального вузла АСКОЕ в окрему підмережу, відокремлену від загальної мережі компанії міжмережевими екранами з метою забезпечення безпеки даних комерційного обліку, їхньої цілісності та захисту від несанкціонованих впливів.

Ще у 80-х роках минулого століття в розподілених АСКОЕ підприємств електричних мереж та електроенергетичних систем, які впроваджувалися фахівцями КПП, застосовано передавання даних обліку на великі відстані лініями електропередачі (ЛЕП) із застосуванням каналів високочастотного (ВЧ) зв'язку. З широким розгортанням мереж стільникового зв'язку з'явилася можливість не лише використовувати технології GSM/GPRS, 3G, 4G LTE, а й дистанційно керувати роботою АСКОЕ, зокрема, з метою підвищення їхньої надійності, відновлення функціонування АСКОЕ та розширення їхніх функціональних можливостей, зокрема, забезпечення дистанційного доступу до первинних даних обліку з метою надійної верифікації та валідації даних комерційного обліку електроенергії. Сучасні АСКОЕ, які створено і впроваджено фахівцями КПП ім. Ігоря Сікорського, функціонують в автоматичному або автоматизованому режимі (за вибором оператора), метрологічно забезпечені, повною мірою відповідають чинним нормативним вимогам і забезпечують формування інформаційного забезпечення завдань розрахунків за електричну енергію, управління попитом, енергомоніторингу тощо.

Сьогодні фахівцями ІЕЕ КПП ім. Ігоря Сікорського проводяться наукові дослідження і практичні впровадження та закладається методологічний базис для широкого розгортання та ефективного застосування Smart-систем вимірювання, обліку та управління енерговикористанням, зокрема, в умовах подальшої лібералізації ринку електричної енергії України, маючи на меті в першу чергу підвищення рівня енергоефективності та скорочення шкідливого впливу на довкілля. Власне концепція Smart Grid передбачає розвиток електроенергетичних систем за трьома головними напрямками:

- вдосконалення інфраструктури;
- інформатизацію електричної мережі (накладання на електричну мережу цифрового шару);
- модернізація бізнес-процесів, що робить «розумну» мережу рентабельною.

Розвиток АСКОЕ в рамках концепції Smart Grid і перехід до широкого розгортання Smart-систем відбувається саме за цими напрямками.

Передавання даних обліку останнім часом все частіше відбувається з використанням PLC-технологій (power line communication). Протягом короткого часу Smart-системи на базі PLC «пройшли» чималий шлях від використання технології S-FSK (spread-frequency shift keying) до технологій OFDM (orthogonal frequency-division multiplexing), що дозволило суттєво підвищити швидкість та надійність передавання даних електричними мережами. Сьогодні стандарти PRIME та G3-PLC на базі OFDM активно конкурують в Smart-системах, пропонуючи потенційним користувачам нові якості. Зокрема, стандарт PRIME (Powerline Intelligent Metering Evolution) забезпечує найвищу на сьогодні швидкість передавання даних (до 128 Кбіт/сек) і розглядається в якості базового стандарту передавання даних Smart-мережами. Стандарт G3-PLC характеризується майже вчетверо нижчою швидкістю передавання даних (до 35 Кбіт/сек), але має чимало інших переваг, зокрема, сумісність з IPv6, можливість передавання даних гальванійно розв'язаними сегментами електричної мережі та подовження сегменту мережі передавання даних без проміжних посилювачів, а також сумісність зі стандартом S-FSK. Останнє забезпечує одночасне функціонування в єдиному сегменті електричної мережі Smart-систем на базі G3-PLC та S-FSK. З метою підвищення надійності передавання даних в сучасних Smart-системах застосовують резервування комунікацій, використовуючи для передавання даних PLC-технології, радіозв'язок (з використанням чарункових мереж) і технології стільникового зв'язку.

Застосування PLC-технологій відкрило шляхи до запровадження спліт-рішень під час розгортання Smart-систем. Поділ лічильника електричної енергії на вимірювальну та інформаційну частини дозволяє суттєво підвищити точність обліку електроенергії через можливість інсталяції вимірювальної частини безпосередньо в точці комерційного обліку, а інформаційної частини – у споживача.

Комплексне забезпечення точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних комерційного обліку електричної енергії може бути реалізовано через впровадження низки організаційно-технічних засобів, зокрема, шляхом:

- забезпечення прозорості та об'єктивності формування даних комерційного обліку, зокрема, поетапне усунення заінтересованих сторін – виробників, трейдерів, електропостачальників і кінцевих споживачів від процедури формування даних комерційного обліку;

- повної автоматизації і формалізації процедури формування даних комерційного обліку засобами Smart-систем, що передбачає в цілком автоматичному режимі: вимірювання та облік електричної енергії, оброблення результатів вимірювань та визначення параметрів обліку, формування та підтримку цілісності БД обліку, забезпечення їхнього захисту та конфіденційності, безпечне передавання та дистанційне зчитування даних обліку, їхню візуалізацію в зручному для користувача вигляді, документування тощо;

- забезпечення гарантованого оперативного (своєчасного) недискримінаційного автоматизованого доступу всіх заінтересованих сторін до даних комерційного обліку, а також до первинних даних обліку та інших даних, необхідних, зокрема, з метою верифікації і валідації даних комерційного обліку та управління енерговикористанням, відповідно до регламентів ринку електричної енергії;

- побудови комплексної системи захисту та безпеки засобів і даних комерційного обліку на всіх рівнях розподіленої АСКОЕ ринку електричної енергії України. В основу концепції комплексного

забезпечення точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних комерційного обліку має бути покладено принцип простежуваності результатів обліку на всіх етапах їхнього формування (зокрема, вимірювання, оброблення, зберігання, передавання, агрегування, відображення, документування тощо);

• запровадження обов'язкової для всіх гравців ринку процедури багаторівневої верифікації і валідації даних обліку на всіх етапах їхнього формування. Головною умовою надійної верифікації та валідації даних обліку є забезпечення можливості їхнього визначення на підставі первинних даних обліку шляхом відповідного послідовного застосування на кожній стадії обробки належним чином визначених, узгоджених, формалізованих і затверджених у встановлений спосіб процедур.

Належне функціонування центральної інформаційно-комунікаційної платформи Datahub відповідно до Кодексу комерційного обліку [11] безпосередньо залежатиме від точності, повноти, цілісності, достовірності та актуальності даних обліку, зокрема необроблених, що має бути забезпечено комплексною системою захисту і безпеки даних обліку та реалізацією процедур їхньої надійної верифікації і валідації, забезпечення недискримінаційного оперативного (своєчасного) автоматизованого доступу заінтересованих сторін до даних обліку на всіх етапах їхнього формування. Це сприятиме ефективному управлінню попиту та прозорим розрахункам на ринку, що врешті решт має призвести до підвищення рівня ефективності енерговикористання та зменшення шкідливого впливу на довкілля.

Smart-лічильники електричної енергії дедалі стають головним засобом комунікацій електроенергетичних компаній та кінцевих споживачів. Сьогодні надважливого значення набувають функції Smart-систем з оперативного (своєчасного) інформування користувачів щодо поточних та інтегральних значень параметрів режимів електроспоживання, ринкових цін і тарифів на електричну енергію, показників (індикаторів) енергоефективності тощо. В умовах подальшої лібералізації ринку однією з найзатребуваніших функцій Smart-систем є прогнозування навантаження з метою забезпечення ефективного функціонування гравців ринку, зокрема споживачів, в сегментах ринку «на добу наперед», внутрішньодобовому та балансуєчому ринках.

Розгортання сучасних Smart-систем має бути предметом усесторонньої оцінки доцільності та аналізу очікуваних результатів. Рекомендації Європейської Комісії і Ради 2012/148/EU від 9 березня 2012 року [12] містять мінімальні вимоги щодо функціональності Smart-систем, а також методологію проведення аналізу довгострокових витрат та вигод (cost-benefit analysis /CBA/) під час розгортання Smart-систем, наголошуючи, що рішення щодо розгортання Smart-систем має бути предметом всебічної оцінки та аналізу, зокрема, місцевих (локальних) умов; економічної, енергетичної та інших видів ефективності; чутливості до зовнішніх та соціальних впливів тощо. Рішенню щодо широкого розгортання Smart-систем має передувати детальне вивчення набутого досвіду, зокрема, результатів впровадження пілотних проєктів та найкращих практик.

В рамках імплементації положень третього енергетичного пакету сучасні Smart-системи розглядаються не лише, як технічний засіб обліку електроенергії та контролю електроспоживання, а в першу чергу, як потужний інструмент адресного впливу на енергетичну поведінку кінцевих споживачів з метою зниження рівня енергоспоживання, підвищення ефективності використання електричної енергії та скорочення шкідливого впливу на довкілля. В цьому відношенні національним урядам, у співпраці з бізнесом, громадянськими асоціаціями та іншими заінтересованими сторонами пропонується виявляти і поширювати приклади ефективної практики застосування Smart-аплікацій щодо обліку електроенергії та вживати відповідних заходів з підвищення рівня суспільного усвідомлення, як невід'ємної умови для більш широких дій за підсумками впровадження Smart-технологій. Очікується, що створення набору рекомендованих функціональних вимог дозволить країнам синхронно досягати оптимального рівня економічної ефективності в своїх планах щодо розгортання Smart-систем [2].

Список використаної літератури

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 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC // Official Journal of the European Union, 14.08.2009. – L211/55-93.
3. Праховник А.В., Калинчик В.П., Волошко А.В., Коцарь О.В. Системы учета электроэнергии в условиях функционирования Smart Grid технологий // Энерг. та електрифікація, 2012. – № 1 – С. 51 – 58.
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. Загальні технічні вимоги до Автоматизованої системи комерційного обліку Оптового ринку електричної енергії України. Ч.І. Система збору, обробки та обміну даними комерційного обліку електричної енергії в Оптовому ринку. Додаток 7.4 до Договору між Членами Оптового ринку

електричної енергії України // Затв. Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол від 09 січня 2003 року № 7 (із змінами і доповненнями).

6. Загальні технічні вимоги до Автоматизованої системи комерційного обліку Оптового ринку електричної енергії України. Ч.ІІ. Система точного часу та підсистема забезпечення синхронності вимірювань Автоматизованої системи комерційного обліку Оптового ринку електроенергії України. Додаток 7.4 до Договору між Членами Оптового ринку електричної енергії // Затв. Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол від 24 вересня 2004 року № 12.

7. Автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії суб'єктів ОРЕ. Загальні вимоги. Стандарт ОРЕ // Затв. Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол від 27 січня 2006 року № 15.

8. Коцар О.В., Расько Ю.О. Формування інформаційного забезпечення комерційних розрахунків в ОРЕ України // Енергетика: економіка, технології, екологія, 2014. – № 3 – С. 38 – 45.

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. Концепція Інформаційно-обчислювального комплексу Головного оператора Системи комерційного обліку Оптового ринку електроенергії України / Розроб.: А.В. Праховник – керівн. розроб., О.В. Коцар, Ю.О.Расько // Затв. ДП «Енергоринок» 10 листопада 2011 року – 68 с.

11. Кодекс комерційного обліку електричної енергії // Затверджено постановою НКРЕКП від 20.11.2017 р. – 66 с – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://nerc.gov.ua/web/printable.php?news=6928&lang=UA>.

12. Commission Recommendation 2012/148/EU of 9 March 2012 on preparations for the roll-out of smart metering systems // Official Journal of the European Union, 13.03.2012. – L73/9-22.

**О. Kotsar, Cand.Sc.(Eng.), Conf.Assoc.Prof., ORCID 0000-0002-7958-2335,
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute”**

SMART SYSTEMS FOR MEASURING, METERING AND ENERGY MANAGEMENT

The article summarizes the long way of creation, improvement and application in Soviet Union and Ukraine the automated systems for control, metering and load management. It has been proved that the main task of such automated systems is to manage of energy usage in order to increase the level of energy efficiency and prevent harmful effects on the environment. The direct relation of such automated systems with Smart Grid technologies is substantiated. The significant contribution of IEE Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute scientists in the processes of implementing the modern Smart Metering Systems, in particular, at the stages of formation and liberalization of Ukrainian electricity market is shown.

Key words: : automated system, metering data, electricity, electricity meter, metering, electricity market, Smart Grid, Smart Meter, Smart Metering System.

References

1. Pro rynek elektrychnoyi enerhiyi [elektronnyy resurs] // Verkhovna Rada Ukrayiny; Zakon vid 13.04.2017 № 2019-VIII – Rezhym dostupu: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.

2. Directive 2009/72/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC // Official Journal of the European Union, 14.08.2009. – L211/55-93.

3. Prakhovnyk A.V., Kalynchuk V.P., Voloshko A.V., Kotsar O.V. Systemy obliku elektroenerhiyi v umovakh funktsionuvannya Smart Grid tekhnolohiy // Enerh. ta elektryfikatsiya, 2012. –№ 1 – S.51 – 58.

4. Kontsepsiya pobudovy avtomatyzovanykh system obliku elektroenerhiyi v umovakh enerhorynku Ukrayiny // Zatv. spil'nym nakazom Minpalivenerho, NKRE, Derzhkommerhozberezhennya, Derzhstandartu, Derzhbudu ta Derzhkomprompolityky Ukrayiny vid 17 kvitnya 2000 roku № 32/28/28/276/75/54.

5. Zahal'ni tekhnichni vymohy do Avtomatyzovanoyi systemy komertsiyonoho obliku Optovoho rynku elektrychnoyi enerhiyi Ukrainy. CH.I. Systema zboru, obrobky ta obminu danymy komertsiyonoho obliku elektrychnoyi enerhiyi v Optovomu rynku. Dodatok 7.4 do Dohovoru mizh chlenamy Optovoho rynku elektrychnoyi enerhiyi Ukrainy // Zatv. Radoyu Optovoho rynku elektrychnoyi enerhiyi Ukrainy, protokol vid 09 sichnya 2003 roku № 7 (z zminamy ta dopovnennyamy).

6. Zahal'ni tekhnichni vymohy do Avtomatyzovanoyi systemy komertsiyonoho obliku Optovoho rynku elektrychnoyi enerhiyi Ukrainy. CH.II. Systema tochnoho chasu ta pidsystema zabezpechennya synkhronnosti vymiryuvan' Avtomatyzovanoyi systemy komertsiyonoho obliku Optovoho rynku elektroenerhiyi Ukrainy. Dodatok 7.4 do Dohovoru mizh Chlenamy Optovoho rynku elektrychnoyi enerhiyi // Zatv. Radoyu Optovoho rynku elektrychnoyi enerhiyi Ukrainy, protokol vid 24 veresnya 2004 roku № 12.

7. Avtomatyzovani systemy komertsiyonoho obliku elektroenerhiyi sub'yektiv ORE. Zahal'ni vymohy. Standart ORE // Zatv. Radoyu Optovoho rynku elektrychnoyi enerhiyi Ukrainy, protokol vid 27 sichnya 2006 roku № 15.

8. Kotsar O.V., Ras'ko YU.O. Formuvannya informatsiyonoho zabezpechennya komertsiyonikh rozrakhunkiv v ORE Ukrainy // Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohiyi, ekolohiya, 2014. – № 3 – S. 38 – 45.

9. Poryadok perevirky danykh, otrymanykh vid avtomatyzovanykh system komertsiyonoho obliku elektroenerhiyi sub'yektiv ORE // Pohodzheno postanovamy NKRE vid 16.06.2011 r. № 1042 ta vid 17.11.2011 r. № 2195 – 9 s - [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: <http://www.er.energy.gov.ua/doc.php?c=1228>.

10. Kontseptsiya Informatsiyno-obchyslyval'noho kompleksu Holovnoho operatora Systemy komertsiyonoho obliku Optovoho rynku elektroenerhiyi Ukrainy / Rozrobka: A.V. Prakhovnyk – kerivn. rozrobka., O.V. Kotsar, YU.O.Ras'ko // Zatv. DP «Enerhorynok» 10 lystopada 2011 roku – 68 s.

11. Kodeks komertsiyonoho obliku elektrychnoyi enerhiyi // Zatverdzheno postanovoyu NKREKP vid 20.11.2017 r. – 66 s – [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: <http://nerc.gov.ua/web/printable.php?news=6928&lang=UA>.

12. Commission Recommendation 2012/148/EU of 9 March 2012 on preparations for the roll-out of smart metering systems // Official Journal of the European Union, 13.03.2012. – L73/9-22.

О.В. Коцарь, канд. техн. наук, доц. **ORCID** 0000-0002-7958-2335

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

SMART-СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ, УЧЕТА И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЕМ

В статье кратко освещен длительный путь развития АСКУЭ, в том числе процессы их создания, совершенствования и применения для контроля, учета и управления режимами электропотребления. Доказано, что главной задачей АСКУЭ является управление энергопотреблением с целью повышения уровня энергоэффективности и предотвращения вредного воздействия на окружающую среду. Обоснована непосредственная связь АСКУЭ со Smart Grid-технологиям. Показан весомый вклад специалистов Института энергосбережения и энергоменеджмента КПИ им. Игоря Сикорского в процессы внедрения современных Smart-систем измерения, учета и управления энергоиспользованием, в частности, на этапах становления и либерализации рынка электрической энергии Украины.

Ключевые слова: АСКУЭ, данные учета, электроэнергия, счетчик электроэнергии, учет, рынок электрической энергии, Smart Grid, Smart Meter, Smart Metering System.

Надійшла 17.04.2018

Received 17.04.2018