

МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОГО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ НА ОСНОВІ ПОБУДОВИ SMART GRID

Олійник Даниїла Іллівна,
доктор економічних наук, професор

Проаналізовано міжнародний досвід високотехнологічного економічного розвитку формування інтелектуальних енергетичних мереж (*Smart Grid*) на основі впровадження та застосування глобальних відкритих стандартів функціональної сумісності та параметрів якості електроенергії. Обґрунтовано проблемні завдання, вирішення яких сприятиме національній і міжнародній безпеці на глобальному рівні у процесі мережевої взаємодії пірингового виробництва, що відображає основні контури егалітарного суспільства. Показано, що вирішення цих завдань забезпечить формування й реалізацію цифрового порядку денного, релевантного масштабному розгортанню цифрової інфраструктури (інфраструктури доступу, сервісної та ресурсної), формування цифрового суспільства, цифрової економіки та цифрової індустрії, а також створення умов для впровадження експотенційних технологій мережевого сегментування.

Ключові слова: електроенергія, інфраструктура, інтелектуальна мережа, Інтернет речей, мережеві технології, стандартизація, цифрові активи.

Oliinyk Danyila

INTERNATIONAL EXPERIENCE OF HIGH TECHNOLOGICAL ECONOMIC DEVELOPMENT BASED ON CONSTRUCTION SMART GRID

Analysis of international experience in high-tech economic development of the formation of intelligent power networks (*Smart Grid*) through the introduction and application of global open standards interoperability and quality parameters of electricity. Proved problematic tasks that contribute to national and international security at the global level in the networking peering production, reflecting the basic outlines of an egalitarian society. It is shown that these tasks will ensure the formation and implementation of the digital agenda, relevant large-scale deployment of digital infrastructure (access infrastructure, service and resource) form a digital society, digital economy and digital industry, and creating the conditions for implementing network segmentation technologies.

Keywords: electricity, infrastructure, intelligent networks, Internet of Things, network technologies, standardization, digital assets.

Сьогодні світ живе в епоху третьої промислової (цифрової) революції, яка поступово трансформується в четверту промислову революцію, або «Індустрію 4.0», і характеризується злиттям технологій, розмиванням кордонів між фізичними, цифровими та біологічними сферами буття на основі впровадження у виробничі процеси «кіберфізичних систем». Передбачається, що ці системи будуть об'єднуватися в одну мережу,

зв'язуватися одна з одною в режимі реального часу та зможуть вибудовувати виробництво без участі людини. Таким чином, якщо автоматизація виробництва, що почалася в середині ХХ ст., мала вузьку спеціалізацію, за якої системи управління розроблялися для кожної сфери виробництва та підприємства окремо і не масштабувалися, то в основу нової технологічної революції закладено розвиток *глобальних промислових мереж*.

Їхніми ключовими драйверами є хмарні технології, розвиток способів збирання великих обсягів даних та їхнього аналізу, краудсорсинг, шерінгова економіка та біотехнології. До тенденцій, які змінюватимуть географічний ландшафт у найближчому майбутньому, віднесено електрифікацію, децентралізацію та цифровізацію. На основі інноваційних технологій ці тенденції окреслюють майбутню архітектуру пріоритетних інфраструктурних проектів і охоплюють такі основні технології, які впливають на систему електропостачання, як-от: генерація та зберігання енергії, інтелектуальні лічильники, інтелектуальні прилади, електричні транспортні засоби.

За висновками Світового економічного форуму — *WEF (World Economic Forum)*, упровадження інноваційних технологій у країнах, які входять в Організацію економічного співробітництва та розвитку — *OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)*, протягом найближчих десяти років сприятимуть залученню понад 2,4 трлн дол. США для суспільних потреб та промисловості лише за рахунок підвищення ефективності роботи всієї енергетичної системи, оптимізації розподілу капіталу та створення нових послуг для споживачів [21]. Упровадження мережевих технологій дасть можливість споживачам зайняти провідне місце в системі електропостачання. При проектуванні узгоджених цінових сигналів та ринку споживачі виконуватимуть функцію виробника (*producer + consumer*) [10] і матимуть можливість виробляти власну електроенергію, зберігати, споживати у найбільш зручний час, реалізовувати її залишки. Обмін (управління) енергією можливий лише тоді, коли цифрові активи об'єднані в цифрову мережу на основі Інтернету речей [12].

Водночас Міжнародна електротехнічна комісія — *IEC (International Electrotechnical Commission)* у Білій книзі «IoT 2020: Розумна і безпечна платформа» акцентує увагу на особливій ролі стандартизації *IoT (Internet of Things)* щодо забезпечення сумісності єдиної екосистеми та визначення основних вимог зі стандартизації для потреб державних органів, приватного сектору та споживачів. З метою прийняття єдиних керівних принципів майбутнього *IoT* організації із розробки стандартів — *SDO (Standards Developing Organization)*, консорціуми й ін. покликані взаємодіяти та завершити розгортання мережі *5G* до 2018 р. на основі поєднання горизонтальної (стандарти *ISO, IEC, ITU, IEEE*; Інтернет-стандарти *IETF*; загальні стандарти

обслуговування *M2M*; веб-стандарти *W3C*) та вертикальної (предметно-орієнтовані, або геополітичні стандарти) стандартизації.

Стандартизовані вимоги стосуються насамперед таких технічних характеристик: нового протоколу транспортного рівня (*5G* та наступних поколінь супутникового зв'язку¹); стійкості й динамічної композиції системи; технології контекстуалізації даних і їхньої семантичної сумісності; цифрової пам'яті пристроїв; чутливості метаданих; основи визначення місця розташування технологій; датчиків конфіденційності даних; шаблонів для ідентифікації керування пристроями.

Особлива роль у нормативному регулюванні цих процесів відводиться саме узгодженості взаємозв'язків та подоланні відмінностей у технічних параметрах побудови спільної «інтелектуальної мережі» (*Smart Grid*), яка розглядається як основа майбутньої «розумної комунальної інфраструктури». Її технологічною платформою є відкрита інтегрована інфраструктура, у складі якої функціонують узгоджені інформаційна та енергетична інфраструктури. Формування глобальних *Smart Grid* дозволяє підключити кожен компонент, що бере участь у виробничому процесі, й розрахувати кількість енергії, витраченої на виробництво. Гіперконвергентність у зазначеному контексті означає об'єднання фізично розділених ресурсів або інтеграцію всіх апаратних компонентів (серверів, систем зберігання даних та мереж) у єдиний віртуальний пул за рахунок використання підходів програмно визначених середовищ.

Інтеграція різних елементів у єдину систему покликана вирішити одне з основних завдань, яке полягає в трансформації економіки в цифрову економіку, економіку знань, націлену на великомасштабні інновації, підвищення продуктивності праці та поліпшення якості життя. Досвід застосування цифрових технологій споживачами — *DCE (Digital Customer Experience)* нагадує простий процес купівлі продукції в режимі онлайн і широко використовується в багатьох країнах. При цьому варто зазначити, що цифровізація виступає універсальним чинником розвитку економіки та суспільства.

¹ На Всесвітній конференції з радіозв'язку — *WRC (World Radiocommunication Conference)*, організованій *ITU-R* у 2015 р., розглядалося питання про надання нових радіочастот для системи супутникового зв'язку наземних станцій.

Однак найбільш помітними в цьому контексті є тенденції до формування цифрової інфраструктури та нових можливостей підключення до неї за допомогою електронних засобів зв'язку, розширення форм співпраці, інновацій в управлінні даними, бази даних Інтернету речей – *IoT*, редизайну промисловості, відкритості інноваційних програм та послуг для всіх систем. Глобальні зміни проявляються й у тому, що світ стає дедалі більш «підключеним», що практично все починає з'єднуватися з усім на світі. Зміни відбуваються настільки стрімко, що ніхто з достатньою ґрунтовністю не може стверджувати, як буде розвиватись у майбутньому світова економіка, оскільки, згідно з дослідженнями М. Гілберта та П. Лопес, значна частина технологічної пам'яті *DCE* (у 2007 р. – 94 %) уже перебуває в цифровому форматі [20].

У цьому контексті прогресивна інфраструктура вимірювання – *AMI (Advanced Metering Infrastructure)* є фундаментальною вимогою з модернізації енергетичних мереж та підключення споживачів до *Smart Grid* на основі інтеграції сучасних технологій, що формують інтелектуальну взаємодію між споживачами й операторами системи. На сучасному етапі розвитку мереж *AMI* формується з набору інтелектуальних лічильників, модулів зв'язку, локальної обчислювальної мережі – *LAN (Local Area Network)*, концентрування даних – *DC (Data Concentrator)*, глобальної мережі – *WAN (Wide Area Network)*, систем збирання даних та управління ними і об'єднує кілька систем, що пов'язані з бізнес-процесами. Завдяки цим складникам єдиної системи можна реалізувати централізоване й дистанційне зчитування показників лічильників, дистанційне управління приладами, автоматичне поповнення балансу, встановлення граничного контролю навантаження, зміни робочих параметрів та всього життєвого циклу системи. З'єднуючись із національною платіжною системою та системою управління, ці складники також формують дані для управління енергоспоживанням на модулі інтерфейсу споживачів – *CIU (Customer Interface Units)*. Слід підкреслити, що в нових бізнес-моделях у майбутній промисловій мережі домінуватимуть інтелектуальні мережі та децентралізовані реєстри цифрових даних на основі *цифрових енергетичних активів*.

У світовій практиці розглядаються різні можливості формування гнучких систем поєднання цифрових енергетичних активів електрогенерації, енергопостачання та електроспоживання на змінному струмі – *AC (Alternating Current)*

з лініями і компонентами на постійному струмі – *DC (Direct Current)*. Прикладами концептуальних підходів можуть слугувати такі проекти, як «Суперлінії» (*Supernode*) (РФ), що передбачають прокладання паралельно з існуючими *AC*-лініями дублюючих *DC*-ліній, супермережі *Supergrid* – об'єднання в загальну мережу традиційних та альтернативних джерел енергії (АДЕ) у ЄС, цифрові мережі *Digital Grid* – сегментування енергосистеми на незалежні та несинхронізовані одні з одними фрагменти, що з'єднуються вставками постійного струму (Японія, США).

Останнім часом для підвищення пропускної здатності електропередавальних мереж почали застосовувати технології, що визначаються умовами стабільності напруги та фази, а не фізичними обмеженнями. Ці технології отримали назву адаптивні системи електропередачі змінного струму – *FACTS (Flexible Alternating Current Transmission Systems)*. Вони дозволяють не тільки збільшити пропускну здатність системи електропередачі, але й розширити можливості її адаптації та регулювання. Такі проекти – перші кроки в поступовому переході від ліній електропередач змінного струму *FACTS* до інтелектуальних мереж постійного струму – *DCSG (Direct Current Smart Grid)* для підвищення енергоефективності та забезпечення стабільності внаслідок відсутності потреби в пристроях векторного та скалярного регулювання (компенсації) реактивної потужності. Як свідчить досвід США, ЄС, Великобританії, Росії, Китаю, Японії та інших розвинених країн, така «розумна» енергосистема відіграє визначальне значення для високотехнологічного економічного розвитку і вимагає відповідного взаємоз'єднання мереж на глобальному рівні.

Розвинені країни світу, як-от США, Китай, Корея, уже сьогодні завершують побудову міжконтинентальних цифрових мереж. Так, відбувається розгортання першої міжконтинентальної тестової мережі п'ятого покоління (*5G*) між Німеччиною (*Deutsche Telekom*) та Південною Кореєю (*SK Telecom*) [3]. Особливістю цієї мережі є використання технології *слайсингу (network slicing)* – мережевого сегментування, що дозволяє налаштовувати необхідну функціональну сумісність та параметри обслуговування будь-коли та будь-де і нині виступає спільною платформою між Сходом і Заходом. Це дає змогу здійснювати мережеві функції віртуалізації – *NFV (Network Functions Virtualization)* та надавати абонентам послуги з гарантованим рівнем якості в програмно

конфігурованих мережах — *SDN (Software-Defined Networking)*, розподілених у хмарних структурах, та з підтримкою мережевого сегментування у визначених частотних діапазонах.

Інший приклад міжнародних взаємозв'язків: Китай підписав угоду про співпрацю щодо реалізації ініціативи «Один пояс, один шлях» з понад 30 країнами щодо співпраці в будівництві демонстраційної інфраструктури інтеграції промислового та фінансового секторів.

Проекти та ініціативи, як-от «Новий Шовковий шлях» та інші [16], відіграватимуть важливу роль у створенні основи для інвестування в транспортну інфраструктуру, енергетику тощо та є історично безпрецедентним шансом для України стати важливим гравцем у світовій цифровій економіці

Розглянемо докладніше сучасні моделі електроенергетики окремих країн.

Концептуальна модель електроенергетики США. Трансформація ринкових підходів у сфері енергетики та формування нової моделі ведення бізнесу комунальними підприємствами, що відбулися в США, сприяли створенню більш екологічно чистих енергоресурсів, розвитку здатності своєчасно реагувати на динаміку ринку енергоресурсів, визначати потреби й умови відповідно до стратегії фонду чистої енергії — *CEF (Clean Energy Fund)* за рахунок залучення розподілених енергоресурсів і створення мікромереж (енергетичних кооперативів). Про це красномовно свідчить досвід реформування електроенергетики штату Нью-Йорк на основі пілотного проекту *National Grid*, який реалізується в рамках стратегії «Реформування енерговідведення». Повноваження, видані Нью-Йоркською державною службою з енергетичних досліджень та розвитку — *NYSERDA (New York State Energy Research and Development Authority)*, та формування *CEF* були спрямовані на підтримку й реалізацію інноваційних програм для отримання системи пільг — *SBC (System Benefits Charge)*, у т. ч. стандартів з енергоефективності — *EEPS (Energy Efficiency Portfolio Standard)*, стандартів з альтернативних джерел енергії — *RPS (Renewable Portfolio Standard)* і програм із розвитку технологій і ринку — *T & MD (Technology & Market Development)*.

Рамкова дорожня карта сумісності стандартів *Smart Grid (Release 2.0 та Version 1.0)* і спеціальні

публікації *1108R2 і 1108* Національного інституту стандартів і технологій — *NIST (National Institute of Standards and Technology)* [24] нині слугують основними довідковими документами для протоколів і стандартів сумісності не тільки у США, але й на міжнародному рівні, та рекомендовані як дорожня карта для комунальних підприємств і постачальників як *загальне керівництво* для підтримки сумісності систем і пристроїв у системі.

З метою координації заінтересованих сторін у розробці стандартів сумісності *Smart Grid* і встановлення вимог щодо основних комунікаційних протоколів та інших спільних специфікацій, а також формування рамкової програми та дорожньої карти *NIST* ініціював створення інтелектуальної *платформи сумісності розумних мереж SGIP (Smart Grid Interoperability Panel)* відповідно до підписаного Меморандуму про взаєморозуміння та угоди про співпрацю.

На основі нових тенденцій в електроенергетиці, розвитку телекомунікацій і *Smart Grid* була опублікована «Біла книга» щодо надійності *Smart Grid* й оцінки електромагнітних явищ [13] та сформована концепція управління попитом — *DR (Demand Response)*, що дозволяє учасникам ринку електроенергії отримати індивідуальний економічний ефект (плата за надання послуг) за рахунок зниження обсягів вироблення дорогої електроенергії малоефективними генеруючими потужностями. Так, у м. Нью-Йорку за рахунок *DR* було заплановано в години пікового попиту на електроенергію на короткострокову перспективу досягти зниження навантаження на 22 МВт та здійснити виплати учасникам проекту від 215 до 988 дол. США/кВт. Унаслідок реалізації проекту впродовж 1999–2015 рр. було зекономлено 6,901 ГВт/год електроенергії та 12,1 *MMBTU*² теплової енергії вичерпаного палива, мешканці Нью-Йорка сформували за цей період 7,9 млрд дол. США накопичувальних рахунків за електроенергію, а кожний вкладений долар приніс 3 дол. США економії. Основна частина цінних ефектів була отримана за рахунок активної поведінки споживачів в інтелектуальній системі управління попитом на електроенергію; зменшення втрат при її передачі й розподілі; збільшення пропускної здатності ліній у магистральних і розподільчих мережах; зміни режимів генерації, надійності та якості електропостачання.

² *BTU (British thermal unit)* — одиниця вимірювання теплової енергії в англійській системі мір.

Як зазначається в звіті Управління фінансової звітності США – *GAO (U.S. Government Accountability Office)*, «існуюче нормативно-правове середовище фокусується на відповідності вимогам безпеки» [11]. Реалізація цього плану вимагає колективної відповідальності уряду, промисловості, науковців, громадськості, споживачів та інших зацікавлених сторін, а також власників активів та операторів електромереж. Наприклад, у США для управління процесами функціональної сумісності мереж та забезпечення безпеки систем управління в рамках державно-приватного партнерства створена робоча група систем управління енергетичним сектором – *ESCSWG (Energy Sector Control Systems Working Group)*, яка відповідно до закону США про енергетичну політику 2005 р. розробила керівні принципи роботи стандартизованої енергетичної системи із забезпечення функціональної сумісності та протидії кібернебезпеці *Smart Grid (NISTIR7628)* [15; 22].

Європейська концептуальна модель *Smart Grids* в електроенергетиці подібна до моделі США, але в ній ураховано деякі специфічні вимоги щодо різних рівнів децентралізації, узгодження існуючих ринкових моделей європейських країн із формування загальноєвропейської моделі ринку. В оновленій енергетичній стратегії та дорожній карті ЄС до 2050 р. наголошується на необхідності відновлення балансу енергії на користь управління попитом на електроенергію, розширення прав і можливостей споживачів та економічного зростання споживання енергії. З метою реалізації поставлених цілей була створена консультативна цільова група з розумних мереж – *SGTF (Smart Grids Task Force)*, яка консулює Європейську комісію з розробки та впровадження інтелектуальних мереж і сформована з чотирьох груп експертів (*SGTF – EGS*) [18], котрі опікуються питаннями: стандартизації та сумісності інтелектуальних мереж; конфіденційності та безпеки; регулювання та рекомендацій із розгортання *Smart Grids* і промислової політики.

Провідними специфічними вимогами до побудови *Smart Grid* у ЄС згідно з планом заходів із безпеки інфраструктури, що розроблений Європейською агенцією мереж та інформаційної безпеки – *ENISA (European Network and Information Security Agency)*, є інтеграція розподілених енергетичних ресурсів – *DER (Distributed Energy Resources)* та концепція гнучкості (розроблена *SGCG/SP*). Перший набір стандартів для рамкової моделі архітектури *Smart Grids* – *SGAM*

(*Smart Grids Architecture Model*) був наданий робочою групою з безпеки системи фінансів – *FSSWG (Finance System Security Working Group)*. Він визначає функціональну класифікацію необхідних та існуючих даних і застосовується переважно як методологія відображення й документування випадків використання *Smart Grids*. Архітектурний підхід до формування моделі *SGAM* передбачає застосування технологічної нейтральності як базового принципу формування *Smart Grids* у ЄС.

Концептуальна модель ЄС розглядається насамперед як топ-модель середовища, а також як з'єднувальна ланка між різними моделями з різних точок зору еталонної архітектури і є тривимірною щодо функціональної сумісності ієрархічних рівнів, управління енергетичною системою *Smart Grid* (бізнесу, функцій, інформації, комунікацій та компонентів, тобто зон, що охоплюють: процеси, поле, станцію, експлуатацію підприємств і ринку) і доменів (генерація, виробництво, передача, розподіл, *DER* та споживачі). У Німеччині, наприклад, рамки для встановлення взаємодії між операціями в мережі та операціями на ринку, розроблені Німецькою асоціацією з енергетики та водного господарства – *BDEW (German Association of Energy and Water Industries)*, отримали назву «світлофор» – *TLC (Traffic Light Concept)*, оскільки, за принципом роботи світлофора, формують три різні стани, або рівні («зелений», «жовтий», «червоний») взаємодії мережі й операцій на ринку, які подають сигнал мережевим операторам про поточний і прогнозний стан мережі.

Для взаємоз'єднання між різними моделями застосовують кодекси європейської енергетичної мережі – *ENCs (European Electricity Network Codes)*, які призначені для прикордонної торгівлі у Європейській мережі системних операторів передачі електроенергії – *ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity)* та у Європейській мережі системних операторів постачання природного газу – *ENTSO-G (European Network of Transmission System Operators for Gas)*. *ENCs* стосуються відповідної енергетичної транспортної інфраструктури й охоплюють мережеві з'єднання, ринки та системи функціонування. Вони поділяються на 4 класи: кодекси підключення (генерація, з'єднання, попит, мережі *HVDC*); кодекси ринку (обсяг розподілу та перезавантаження, розподіл пропускну здатності, балансування електроенергії); кодекси операційних систем (безпека, планування, навантаження, частота, управління,

резерви й аварійне відновлення) та кодекси регулювання прозорості, що впроваджуються відповідно до Регламентів (ЄС) 713/2009 [9], 714/2009 [8], 715/2009 [7].

В Україні національний стандарт – Кодекс ustalеної практики [1] – розроблено як зразок для використання під час оцінювання відповідності процесів і систем встановленим вимогам. Він також використовується відповідно до Угоди про технічні бар'єри в торгівлі СОТ як на урядовому, так і регіональному рівнях. Однак нині у вітчизняній електроенергетичній галузі відсутні такі нормативні документи, як кодекси ustalеної практики в електроенергетиці, у т. ч. з оцінювання відповідності процесів і систем з точки зору формування еталонної архітектури та єдиних стандартизованих правил управління енергетичною системою, що унеможливує взаємодію учасників енергетичного ринку.

У європейській гармонізованій рольовій моделі ринку електроенергії зазначені принципи визначені в *ENTSO-E*, *EFET* і *ebIX (ENTSO-E)* на основі чітких стандартизованих правил для всіх учасників ринку та операторів розподільчих систем – *DSOs (Distribution system operators)* [19]. У технічній еталонній архітектурі – *SGRA (Smart Grid Reference Architecture)* урахується еволюція формування поточної мережі та нові вимоги до розробки нових додатків та інтеграції нових технологій, зокрема інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ). Вимоги до нової архітектури мережі, компоненти якої повинні взаємодіяти, базуються на існуючій моделі (наприклад, *NIST 2009*), архітектурі категорій сумісності *GridWise (GWAC2008)*, стандартах архітектури (*TOGAF, ArchiMate 2010*) тощо та узгоджуються з еталонною архітектурою – *RA (Reference Architecture)* [25] щодо загального процесу стандартизації *Smart Grids*. З метою моніторингу і контролю показників електроенергії (струму, напруги, потужності й опору) в трифазній системі використовують концепцію логічних вузлів – *LN (Logical Nodes)*, яка базується на показниках загальної потужності (*TotVA*), сумарної реактивної потужності (*TotVAR*)³ та сумарної активної потужності (*TOTW*).

Для подальшого розгортання *Smart Grid* у Європі та вироблення єдиної методології була створена координаційна група *SG-CG Esos*, якою підготовлено технічний звіт, де було відображено

³ В Україні реактивна потужність не регламентована в нормативно-правових актах.

концептуальну модель розвитку ринку, еталонну архітектуру, функціональну взаємодію, розширений набір узгоджених стандартів, стійких процесів та інформаційної безпеки й конфіденційних даних, які базуються на принципах розподілу електричної енергії та управлінні інформацією. Таким чином, у ЄС нині концептуально змодельовано майбутню функціональну європейську еталонну архітектуру *Smart Grid*, яка передбачає взаємозв'язок і взаємодію стандартних інтерфейсів відповідно до європейського ринку електроенергії та енергетичної системи в цілому і може бути масштабована для підтримки забезпечення життєдіяльності інших регіонів.

Окрім того, Європейська комісія завершила нині розробку нової моделі енергетичної системи *METIS*. За допомогою цієї математичної моделі можна аналізувати енергетичні системи, імітувати роботу енергосистем і ринків електроенергії, газу та теплової енергії на погодинній основі, а також враховувати такі чинники невизначеності, як зміна погоди, що особливо важливо для планування інтеграції більшої кількості поновлюваних джерел енергії.

Модель *METIS* також може бути використана для аналізу сценаріїв *ENTSO-E* на основі четвертого (4G) та п'ятого (5G) поколінь мобільних мереж не лише з новими смугами радіочастотного спектру, вищою спектральною ефективністю та вищою піковою пропускну здатністю, але й цільовими послугами та новими бізнес-моделями, які охоплюють вимоги щодо щільності міського інформаційного суспільства (ємність і технічні характеристики інфраструктури), реальних і віртуальних офісів (попит і рівень попиту на споживання електроенергії) та широкосмугового доступу. При цьому електронна (цифрова) передача даних аналізу ціноутворення електроенергії – *CBA (Cost/Benefit Analysis)* здійснюється безпосередньо в *Smart Grid*, а для фінансового обліку цифрових активів зберігання електроенергії запроваджено, окрім тих, що вже існують, новий клас нематеріальних (цифрових) активів з її передавання, розподілу, постачання й генерації.

На жаль, в Україні нині існують суттєві розбіжності в системі ключових стандартів бухгалтерського обліку у цифровій сфері та застосовуються принципово різні підходи до регламентації фінансової звітності суб'єктів господарювання, зокрема положення Директиви 2013/34/ЄС [2] щодо обліку нематеріальних активів.

Це унеможливило розміщення фінансової інформації щодо цифрових активів в енергетичній хмарі (*Energy Cloud*) для забезпечення двостороннього потоку інформації в інтелектуальній мережів архітектурі.

Досвід побудови інноваційної бізнес-моделі в електроенергетиці Великої Британії та побудови *Smart Grid* найбільш системно представлений у стандартизованих підходах щодо формування моделі «розумного міста» (*Smart City*). Відмінною рисою моделі *Smart City*, яка, як планується, дозволить зміцнити становище країни після Брекзиту, є формування стійкості цілісної системи на основі промислового розвитку, що забезпечуватиметься впровадженням інноваційних енергетичних технологій і розробок у сфері штучного інтелекту – *AI (Artificial Intelligence)*, мереж *5G* та робототехніки. На їхній розвиток у 2017 р. заплановано виділити 4,7 млрд фунтів стерлінгів та додатково 556 млн фунтів стерлінгів – для розвитку енергетики на півночі країни [5]. До питань, які потребують нагального вирішення, віднесені, зокрема, цифрові мережеві інфраструктури комунальних послуг, електроенергії, води, відходів, навколишнього природного середовища, мобільності й транспорту, будівельної інфраструктури, інформаційні та комунікаційні інфраструктури тощо. Для використання ресурсного потенціалу спільнот (громад) розроблені як нові стандартизовані автоматичні комунікаційні процеси для основних інтерфейсів, так і методи стандартизації між системами та інфраструктурою в межах розрахункової області.

Отже, у Великій Британії нині сформовані: концептуальна модель та функціональна архітектура інфраструктури *Smart City* – *SCIAM (Smart City Infrastructure Architecture Model)* для опису взаємодії складних систем і забезпечення безперервного надання комунальних послуг на основі стандартних підходів. Пріоритет надано послугам підключення електроенергії – *ECS (Energy Connection Services)*, які управляються на системному рівні та придатні для використання в усьому світі.

Стратегічні уніфіковані стандарти *Smart City*, розроблені на основі технічної сумісності розумних мереж [14] Британським інститутом стандартів – *BSI (British Standards Institution)*, Нідерландським інститутом стандартів – *NEN (Netherlands Standardization Institute)* та Асоціацією німецьких інженерів – *VDI (Verein Deutscher Ingenieure)*,

закладені в основу взаємодії між різними системами в різних галузях і розглядаються як еталонна візуальна *3D* модель відкритих систем *OSI (ISO/IEC 7498-1)*, яка складається із семи сфер – від фізичного рівня до рівня додатків. У предметній області ця еталонна модель може бути розширена, перевірена та протестована на основі уніфікованих стандартів бази даних *Perinorm* [14], що згруповані на основі міжнародної класифікації стандартів *ISO – ICS (International Classification for Standards)*⁴ і представлені нині на трьох рівнях: *технічні стандарти*, *стандарти процесів* і *стратегічні стандарти*. У подальшому Асоціація електричних, електронних та інформаційних технологій – *VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik und Informationstechnik)* формує модель *Smart City*, де за базову конструкцію прийнята модель *Smart Grid* з використанням більш широкого контексту *Smart City* із запровадженням понять «чистої енергії» та коду інтелектуальної енергії – *SEC (Smart Energy Code)*, який є необхідною ліцензійною умовою для постачальників енергії та операторів *Smart Grid*.

У **Російській Федерації** також активно ведуться роботи із формування інтелектуальної електроенергетичної системи нового покоління з активно-адаптивною мережею, що заснована на мультиагентному принципі управління для забезпечення надійного, якісного та ефективного енергопостачання споживачів за рахунок гнучкої взаємодії всіх її суб'єктів (генерації, електричних мереж і споживачів) на основі єдиної інтелектуальної ієрархічної системи управління та новітніх технологій (надпровідності, акумуляування електроенергії, цифрових підстанцій тощо) [4].

З 2017 р. в Єдиній енергетичній системі Росії (ЄЕС) упроваджено концепцію цінозалежного споживання в енергетиці, яка заснована на використанні регульовальної спроможності споживачів електроенергії та потужності (споживачі з керованим навантаженням), та запроваджено механізм економічного управління попитом, що включений до складу інструментів регулювання балансу ЄЕС Росії [6] після запровадження фінансово-економічної відповідальності за невиконання зобов'язань. Концепція *EnergyNet РФ*, яка реалізується в межах довгострокової

⁴ *W3C (World Wide Web Consortium)* – Консорціум Всесвітньої Мережі, організація, що розробляє Інтернет-стандарти та дає рекомендації щодо їх упровадження, маючи на меті повну інтернаціоналізацію Мережі та забезпечення доступу до неї людям з обмеженими можливостями (протоколи *HTTP*, *HTML*, структури даних *XML* тощо).

Національної технологічної ініціативи щодо створення умов для забезпечення лідерства на нових високотехнологічних ринках на найближчі 20 років, включає побудову й розгортання *Smart Grid*⁵.

У *Kumaï* технології *DR* розвиваються в межах проектів із побудови функціонально сумісної *Smart Grid* до 2020 р. На нинішньому етапі реалізується проект з використання системи *Auto DR* [23] згідно з укладеним договором між компанією *Honeywell* та системним оператором Китаю – Державною електромережевою корпорацією для Тяньцзіньської зони економічного і технічного розвитку.

У стратегічному енергетичному плані *Японії* [17] підтверджено також базову точку власної енергетичної безпеки (*3E + S*) щодо реформи енергетичної структури попиту та пропозиції з управління попитом, суть якої полягає в реалізації низької вартості енергопостачання за рахунок підвищення економічної ефективності та збереження навколишнього середовища.

⁵ На засіданні Ради при Президентів РФ з модернізації економіки та інноваційного розвитку 28.09.2016 р. оприлюднено Перспективну модель роздрібного ринку електроенергії з розподіленою генерацією та Концепцію *EnergyNet* у рамках Національної технологічної ініціативи (НТІ) при Президенті РФ. Міненерго РФ представить дорожню карту НТІ «Енерджінет», що спрямована на розвиток технологій у сфері інтелектуальної енергетики.

Як свідчить міжнародний досвід високотехнологічного розвитку, *Smart Grid* відведено центральне місце у підвищенні енергоефективності, надійності та безпеки, переходу до альтернативних джерел енергії, скорочення викидів парникових газів тощо, що вимагає відповідного взаємоз'єднання мереж на глобальному рівні. Для вирішення цих проблем ЄС розпочав підготовку до прийняття нового четвертого зимового енергетичного пакету (*Winter energy package*), пріоритетним напрямком якого є створення єдиної архітектури ринку електроенергії, у т. ч. зі східними партнерами, на основі децентралізації генерації та споживання електроенергії. В основу нової енергетичної політики Європи щодо децентралізації енергетичного ринку покладено створення енергокооперативів, метою яких є реалізація різних локальних проектів у сфері АДЕ. При цьому споживачі, які виробляють електроенергію з АДЕ для власних потреб, мають можливість реалізувати до 10 МВт, усі інші – до 500 МВт.

Для України питання досягнення більшої незалежності від традиційних джерел енергії є надзвичайно актуальним. На вітчизняному ринку АДЕ вже нині працюють понад 200 енергетичних компаній, однак перехід до нової енергетичної політики вимагає перш за все формування еталонної концептуальної моделі розвитку інтелектуальної мережі майбутнього та прийняття відповідної нормативно-правової бази, зокрема закону про ринок електричної енергії.

Список використаних джерел

1. Кодекс усталеної практики : ДСТУ ISO/IEC Guide 60:2007 (ISO/IEC Guide 60:2004, IDT). – [Чинний від 2008 – 01 – 01]. – К. : Держстандарт України, 2007. – 25 с. – (Національні стандарти України).
2. Директива 2013/34/ЄС Європейського парламенту та Ради про щорічну фінансову звітність, консолідовану фінансову звітність та пов'язані з ними звіти певних типів компаній [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://vobu.ua/ukr/documents/item/dyrektyva-2013-34-es>
3. Заработала «первая в мире» межконтинентальная сеть 5G [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.cnews.ru/news/top/2017-02-21_ericssondt_i_sk_zapustili_pervuyu_v_mire_mezhkontinentalnuyu
4. Интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ntc-power.ru/ies-aas/>
5. ИИ, роботы и 5G: новая промышленная стратегия Соединенного Королевства [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://hightech.fm/2017/01/24/industrial_strategy
6. О внесении изменений в Правила оптового рынка электрической энергии и мощности : постановление Правительства РФ от 20.07.2016 № 699 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_202226/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b
7. Регламент (ЄС) № 715/2009 Європейського парламенту та Ради від 13 липня 2009 року про умови доступу до мереж транспортування природного газу та яким скасовується Регламент (ЄС) № 1775/2005 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://www.google.com.ua/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=\(%D0%84C\)+713/2009&](https://www.google.com.ua/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=(%D0%84C)+713/2009&)
8. Регламент (ЄС) № 714/2009 Європейського парламенту та Ради від 13 липня 2009 року про умови доступу до мережі для трансграничного обміну електроенергією та скасування Регламенту (ЄС) № 1228/2003 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009R0714>

9. Регламент (ЄС) № 713/2009 Європейського парламенту та Ради від 13 липня 2009 року щодо створення Агентства з взаємодії регуляторів енергетики [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009R0713>
10. Тоффлер Элвін. Третя волна / [пер. с англ. К.Ю. Бурмистрова и др.]. – М. : АСТ Москва, 2009. – 795 с.
11. Annual Report Additional Opportunities to Reduce Fragmentation, Overlap, and Duplication and Achieve Other Financial Benefits. 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.gao.gov/products/GAO-16-375SP>
12. IoT 2020: Smart and secure IoT platform [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.iec.ch/white-paper/pdf/iecWP-IoT2020-LR.pdf>
13. Evaluation of the Electromagnetic Phenomena Issues on Smart Grid Reliability [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.sgip.org/wp-content/uploads/SGIP_WP_Evaluation_of_the_Electromagnetic_Phenomena_Issues_on_Smart_Grid_Reliability_FINAL_2-21-2017.pdf
14. Mapping Smart City Standards Based on a data flow model [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.bsigroup.com/LocalFiles/en-GB/smart-cities/resources/BSI-smart-cities-report-Mapping-Smart-City-Standards-UK-EN.pdf>
15. NISTIR7628. Guidelines for Smart Grid Cyber Security [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/smartgrid/nistir-7628_total.pdf
16. Rethink Institute Washington D.C., Vladimir Fedorenko: The new Silk Road Initiatives in Central Asia [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.rethinkinstitute.org/the-new-silk-road-initiatives-in-central-asia>
17. Strategic Energy Plan [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/pdf/4th_strategic_energy_plan.pdf
18. Smart Grids and Meters [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters>
19. SG-CG/M490/Methodology & New Applications Annex B Concepts, Elements and Tools for the Smart Grid Methodology Version 1.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/xpert_group3_methodology.pdf
20. The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://science.sciencemag.org/content/332/6025/60>
21. The Future of Electricity: New Technologies Transforming the Grid Edge [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-electricity-new-technologies-transforming-the-grid-edge>
22. The Energy Policy Act of 2005 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.holophane.com/TaxDeduction/default.asp>
23. US – China Collaboration in Public-Private Partnerships – ChinaFAQs [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.chinafaqs.org/issue/us-china-public-private-partnerships>
24. GridWise® Interoperability Context Setting Framework [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.gridwiseac.org/pdfs/interopframework_v1_1.pdf
25. CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group Smart Grid Reference Architecture [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/xpert_group1_reference_architecture.pdf

References

1. Kodeks ustalenoj praktyky: DSTU ISO/IEC Guide 60:2007 (ISO/IEC Guide 60:2004, IDT), chynnyi vid 2008-01-01 [Code of Good Practice: DSTU ISO/IEC Guide 60:2007 (ISO/IEC Guide 60:2004, IDT, from 2008-01-01)]. (2007). Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
2. Dyrektyva 2013/34/Yes Yevropeiskoho parlamentu ta Rady pro shchorichnu finansovu zvitnist, konsolidovanu finansovu zvitnist ta poviazani z nymy zvityy typiv kompanii [Directive 2013/34/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the annual financial statements, consolidated financial statements and related reports of certain types of undertakings, amending Directive 2006/43/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Council Directives 78/660/EEC and 83/349/EEC. Text with EEA relevance]. (n. d.). *vobu.ua*. Retrieved from <http://vobu.ua/ukr/documents/item/dyrektyva-2013-34-es> [in Ukrainian].
3. Zarabotala «pervaya v mire» mezhkontinentalnaya set 5G [The «first in the world» intercontinental network 5G]. (n. d.). *cnews.ru*. Retrieved from http://www.cnews.ru/news/top/2017-02-21_ericssondt_i_sk_zapustili_pervuyu_v_mire_mezhkontinentalnuyu [in Russian].
4. Intellektualnaya elektroenergeticheskaya sistema s aktivno-adaptivnoi setiyu [Intelligent electric power system with an actively adaptive network]. (n. d.). *ntc-power.ru*. Retrieved from <http://www.ntc-power.ru/ies-aas/> [in Russian].
5. II, roboty 5G: novaya promyshlennaya strategiya Soedinennogo Korolevstva [AI, robots and 5G: the new industrial strategy of the United Kingdom]. (n. d.). *hightech.fm*. Retrieved from https://hightech.fm/2017/01/24/industrial_strategy [in Russian].

6. O vnesenii izmeneniy v Pravila optovogo rynku elektricheskoi energii i moshchnosti: postanovlenije Pravitelstva RF ot 20.07.2016 No 699 [On Amendments to the Rules for the Wholesale Electricity and Capacity Market. Resolution of the Government of the Russian Federation of July 20 No. 699]. (n. d.). *consultant.ru*. Retrieved from http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_202226/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b [in Russian].
7. Regulation (EC) 715/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 on conditions for access to the natural gas transmission networks and repealing Regulation (EC) No 1775/2005 (Text with EEA relevance). (n. d.). *google.com.ua*. Retrieved from [https://www.google.com.ua/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=\(%D0%84C\)+713/2009&](https://www.google.com.ua/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=(%D0%84C)+713/2009&) [in Ukrainian].
8. Regulation (EC) No 714/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 on conditions for access to the network for cross-border exchanges in electricity and repealing Regulation (EC) No 1228/2003 (Text with EEA relevance). (n. d.). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009R0714> [in Ukrainian].
9. Regulation (EC) 713/2009 of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 establishing an Agency for the Cooperation of Energy Regulators (Text with EEA relevance). (n. d.). *eur-lex.europa.eu*. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32009R0713> [in Ukrainian].
10. Toffler, Elvin. (2009). *Tretya volna [The Third Wave]*. (K. U. Burmistrov and al., Transl.). Moscow: AST Moskva [in Russian].
11. Annual Report Additional Opportunities to Reduce Fragmentation, Overlap, and Duplication and Achieve Other Financial Benefits. (2016). *gao.gov*. Retrieved from <http://www.gao.gov/products/GAO-16-375SP> [in English].
12. IoT 2020: Smart and secure IoT platform. (n. d.). *iec.ch*. Retrieved from <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-IoT2020-LR.pdf> [in English].
13. Evaluation of the Electromagnetic Phenomena Issues on Smart Grid Reliability. (n. d.). *sgip.org*. Retrieved from http://www.sgip.org/wp-content/uploads/SGIP_WP_Evaluation_of_the_Electromagnetic_Phenomena_Issues_on_Smart_Grid_Reliability_FINAL_2-21-2017.pdf [in English].
14. Mapping Smart City Standards Based on a data flow model. (n. d.). *bsigroup.com*. Retrieved from <http://www.bsigroup.com/LocalFiles/en-GB/smart-cities/resources/BSI-smart-cities-report-Mapping-Smart-City-Standards-UK-EN.pdf> [in English].
15. NISTIR7628 Guidelines for Smart Grid Cyber Security. (n. d.). *nist.gov*. Retrieved from https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/smartgrid/nistir-7628_total.pdf [in English].
16. Fedorenko, V. The news Silk Road Initiatives in Central Asia. *Rethink Institute Washington D.C.* (n. d.). *rethinkinstitute.org*. Retrieved from <http://www.rethinkinstitute.org/the-new-silk-road-initiatives-in-central-asia> [in English].
17. Strategic Energy Plan. (n. d.). *enecho.meti.go.jp*. Retrieved from http://www.enecho.meti.go.jp/en/category/others/basic_plan/pdf/4th_strategic_energy_plan.pdf [in English].
18. Smart Grids and Meters. (n. d.). *ec.europa.eu*. Retrieved from <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters> [in English].
19. SG-CG/M490/Methodology & New Applications Annex B Concepts, Elements and Tools for the Smart Grid Methodology Version 1.0. (n. d.). *ec.europa.eu*. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/xpert_group3_methodology [in English].
20. The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information. (n. d.). *science.sciencemag.org*. Retrieved from <http://science.sciencemag.org/content/332/6025/60> [in English].
21. The Future of Electricity: New Technologies Transforming the Grid Edge. (n. d.). *weforum.org*. Retrieved from <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-electricity-new-technologies-transforming-the-grid-edge> [in English].
22. The Energy Policy Act of 2005. (n. d.). *holophane.com*. Retrieved from <http://www.holophane.com/TaxDeduction/default.asp> [in English].
23. US – China Collaboration in Public-Private Partnerships – ChinaFAQs. (n. d.). *chinafaqs.org*. Retrieved from <http://www.chinafaqs.org/issue/us-china-public-private-partnerships> [in English].
24. GridWise® Interoperability Context Setting Framework. (n. d.). *gridwiseac.org*. Retrieved from http://www.gridwiseac.org/pdfs/interopframework_v1_1.pdf [in English].
25. CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group Smart Grid Reference Architecture. (n. d.). *ec.europa.eu*. Retrieved from https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/xpert_group1_reference_architecture.pdf [in English].