

SMART GRID СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

SMART GRID SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

УДК 621.311:681.3

DOI 10.20535/1813-5420.4.2022.273386

О.В. Кириленко, академік НАН України ORCID 0000-0003-3610-7670

Інститут електродинаміки НАН України,

І.В. Блінов, д-р. техн. наук ORCID 0000-0001-8010-5301

Інститут електродинаміки НАН України,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

С.П. Денисюк, д-р. техн. наук, проф. ORCID 0000-0002-6299-3680

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

Є.А. Зайцев, д-р. техн. наук ORCID 0000-0003-3303-471X

Інститут електродинаміки НАН України,

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

В.І. Васильченко, експерт з комерційного обліку електроенергії та вимірювань

НЕК «Укренерго»

ВПРОВАДЖЕННЯ БАЗОВИХ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ SMART GRID В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН СПРАВ

Розглянуто основні складові базової моделі архітектури Smart Grid згідно стандарту IEC TR 63097:2017 «Smart Grid Roadmap». Визначено перелік та проаналізовано стан впровадження базових та особливо важливих міжнародних стандартів, які мають значний вплив на застосування Smart Grid. Виділено групу стандартів, які описують основні принципи застосування систем Smart Grid, що є об'єднуючими та дозволяють усунути невідповідності між іншими існуючими стандартами, забезпечити їх узгодження. Обґрунтовано розроблення стратегії та створення дорожньої карти для прийняття сучасних європейських та міжнародних стандартів в Україні в галузі Smart Grid. Наведено перелік актуальних напрямків і функціональних системи, що необхідні для реалізації складових концепції Smart Grid і потребують детального аналізу для встановлення рівнів пріоритету під час впровадження в Україні відповідних сучасних європейських та міжнародних стандартів.

Бібл. 20, рис. 1., табл. 5.

Ключові слова: електроенергетична система, Smart Grid, Міжнародна електротехнічна комісія, стандартизація

В останні роки важливою частиною політики ЄС в галузі енергетики є комплекс заходів, що об'єднаний терміном Енергетичний перехід (англ. Energy Transition) [1-3] – це перехід провідних країн до сталого характеру розвитку економіки шляхом впровадження відновлювальної енергетики, підвищення енергоефективності, де кінцевою метою є відмова від використання вугілля та інших невідновлюваних енергоресурсів. Енергетичний перехід означає суттєву зміну у енергетичній політиці, зокрема, переорієнтацію політики від попиту до пропозиції та заміщення традиційної централізованої генерації розосередженою генерацією, а також уникнення зайвого виробництва та споживання енергії за рахунок енергозберігаючих заходів, зростання енергоефективності, інтелектуалізації електричних мереж [4].

Продовжуючи слідування основному курсу на впровадження «зеленої» енергетики, у грудні 2019 р. Європейська рада схвалила «Європейську зелену угоду» (European Green Deal) – масштабну довгострокову стратегію соціально-економічного розвитку, розроблену новим складом Європейської комісії. Де поставлено амбітну мету досягнення кліматичної нейтральності до 2050 р. задля поліпшення якості життя громадян ЄС, підвищення стійкості до зовнішніх шоків та конкурентоспроможності всього Союзу. Також у 2019 р. Єврокомісія затвердила Четвертий енергетичний пакет «Чиста енергія для усіх європейців» (Clean energy for all Europeans package) [5], що містить директивні документи, які визначають обов'язкові вимоги до організації внутрішніх та загальноєвропейських ринків енергії.

Прийняття в Євросоюзі вказаних документів має безпосередній вплив на перегляд та уточнення пріоритетів в сучасній енергетичній політиці України. Швидкий розвиток світової та вітчизняної електроенергетики внаслідок інтелектуалізації та інформатизації цієї галузі, обумовлює особливу актуальність задач створення нормативної бази, яка відповідає сучасним вимогам щодо інтеграції

електричних та інформаційних технологій для розвитку електроенергетики згідно з концепцією Smart Grid, основною метою якої є підвищення рівня моніторингу та керування всією енергетичною системою.

Процес розвитку нормативно-технічної бази України в галузі електроенергетики має включати імплементацію в правове поле України усіх вимог міжнародних європейських мережевих кодексів, впровадження відповідних міжнародних стандартів CENELEC та IEC в якості національних державних стандартів або їх актуалізацію до поточної версії, скасування застарілих державних стандартів України, що

суперечать чинним європейським стандартам, а також розробку державних стандартів та галузевих настанов, сфера застосування яких не охоплюється міжнародними стандартами та кодексами.

Основним завданням в сфері стандартизації на базі концепції Smart Grid є забезпечення дотримання єдиних вимог щодо інформаційного обміну та комунікацій на всіх ієрархічних рівнях енергосистеми та ринку електричної енергії [6]. Безпечне, надійне та економічне енергопостачання тісно пов'язано зі швидкою, ефективною та надійною комунікаційною інфраструктурою енергосистеми, тому проектування та побудова комунікаційних мереж потребує такої ж високої надійності, як і системи електропостачання.

Відсутність гармонізованих стандартів для побудови елементів інфраструктури та обладнання електроенергетичної сфери є однією з вагомих причин наявності технічних бар'єрів в торгівлі між енергетичними ринками країн Європи та України, що обмежує перспективи взаємовигідного співробітництва між ними [7]. У тому числі це стосується реалізації масштабних інвестиційних проектів з розвитку інтелектуальної складової енергетики на основі концепції Smart Grid [8]. Слід зазначити, що в Україні впроваджено різними методами не більше 40% стандартів в галузі Smart Grid, що не дозволяє на сьогодні в повній мірі забезпечити впровадження всіх передбачених архітектурою Smart Grid її функціональних систем та всіх переваг від застосування цієї концепції. Для вирішення задачі впровадження стандартів, що залишилися, необхідний системний підхід, який дозволить отримати бажаний результат за найкоротший термін при мінімальних фінансових витратах.

Не зважаючи на прогрес в галузі розвитку нормативно-технічної бази і стандартизації України в цілому, ситуація із прийняттям сучасних стандартів в сфері електроенергетики є незадовільною, оскільки обсяг гармонізованих в Україні стандартів, виданих Європейським комітетом стандартизації в електротехніці (CENELEC) та Міжнародною електротехнічною комісією (IEC) є вкрай недостатнім.

Для сприяння впровадженню передових технологій, зокрема і в енергетичній галузі, Кабінет міністрів України підготував проєкт «Концепції впровадження "розумних мереж" в Україні до 2030 року», де відзначено, що в Україні процес розвитку необхідної нормативно-технічної бази має спиратися на такі основні принципи як застосування існуючого набору технологій і заходів, визначених Європейським комітетом з електротехнічної стандартизації (CENELEC) для кожного компонента енергетичного сектора, а саме: генерації; магістральних і розподільних мереж; системи управління розподіленою генерацією; системи інтелектуального комерційного обліку; ринку генерації і енергетичних послуг; застосування наявного пакету міжнародних стандартів, включаючи телекомунікаційні та інформаційні протоколи, що розроблені IEC і сприяють реалізації технологій "розумних" мереж та ринків електричної енергії.

Все це обумовлює актуальність та важливість завдання, що сьогодні стоїть в електроенергетичній сфері України, щодо реалізації заходів з розроблення стратегії та створення дорожньої карти для прийняття сучасних європейських та міжнародних стандартів в сфері електроенергетики та електротехніки, важливою складовою якого є визначення пріоритетних стандартів, які потребують впровадження в Україні та є базовими для забезпечення впровадження технологій Smart Grid. Це дозволить прискорити процеси стандартизації в електроенергетиці та електротехніці України у відповідності з сучасними світовими тенденціями та забезпечить виконання зобов'язань України в рамках співпраці з Європейським Союзом, ефективно впроваджувати міжнародні інвестиційні проекти для практичної реалізації завдань, визначених Енергетичною стратегією України до 2035 року.

Метою статті є огляд складових базової моделі архітектури Smart Grid згідно Дорожньої карти Міжнародної електротехнічної комісії, її окремих елементів, визначення груп базових стандартів, які мають значний вплив на імплементацію Smart Grid технологій, потребують першочергового впровадження в Україні і розглядаються як основа для побудови сучасних інтелектуальних мереж.

На сьогодні в Україні впроваджено не більше 40% стандартів в галузі Smart Grid, що не дозволяє в повній мірі забезпечити впровадження та належне функціонування зазначеної концепції. Безсистемне впровадження стандартів може зайняти тривалий період та мати недопустимі наслідки, насамперед через застосування застарілих державних стандартів України, що суперечать чинним європейським стандартам. Тому для забезпечення нормативно-технічної підтримки практичної реалізації концепції Smart Grid в електроенергетичних системах та на ринку електричної енергії України необхідно провести аналіз концептуальної моделі архітектури Smart Grid, яка розглядає повний ланцюг перетворення енергії від генерації до споживання, та визначити основні функціональні системи в складі її архітектури.

Сьогодні основним нормативним документом, який узагальнює стандарти в галузі інтелектуалізації електроенергетики є стандарт IEC TR 63097:2017 «Smart Grid Roadmap» (Дорожня карта Smart Grid) [9].

Цей стандарт містить посилання на понад 450 інших стандартів та їх серій. Визначення пріоритетних напрямків та нормативних вимог щодо впровадження Smart Grid технологій в енергетичних системах України потребує аналізу концептуальної моделі архітектури інтелектуальних мереж та ролі кожного із стандартів в цій моделі. Сучасний погляд на модель архітектури Smart Grid також можна знайти в звіті координаційної групи CENELEC, а саме Smart Grid Coordination Group Document for the M/490 Mandate Smart Grids Methodology & New Applications [10, 11]. Важливо, що сучасні публікації щодо моделей та архітектури інтелектуальних мереж в Україні не висвітлюють в достатній мірі питання стандартизації інформаційного обміну в межах концепції Smart Grid та не дозволяють отримати комплексне уявлення про необхідні кроки щодо впровадження цих технологій, зокрема і в частині прийняття відповідних міжнародних та європейських стандартів.

Забезпечення планування впровадження міжнародних та європейських стандартів з електроенергетики базується на основних технологіях та підходах зі стандартизації для інтелектуалізації електроенергетичних систем, які представлені в міжнародних стандартах IEC TR 63097:2017 та багаточастинному стандарті IEC SRD 62913 «Generic Smart Grid Requirements» (Загальні вимоги до інтелектуальних мереж)[12]. Карта стандартів IEC в сфері Smart Grid спрямована на стандартизацію інфраструктури обліку електроенергії, зв'язку і комунікацій, автоматизації розподілу електроенергії, обладнання розподілених джерел енергії, систем управління розподілом, управління попитом на електроенергію, систем енергетичного менеджменту, електротранспорту, керованих (гнучких) систем передачі змінного струму, систем передачі електроенергії постійним струмом, автоматизацію підстанцій, систем накопичення електроенергії, «розумних» будинків. При цьому виділено цілий ряд наскрізних завдань стандартизації, що грають сполучну роль на горизонтальному рівні в таких сферах, як електромагнітна сумісність, якість електричної енергії, моделі і обмін даними, інформаційно-комунікаційні технології, аутентифікація, авторизація, синхронізація часу, системи обліку, кібербезпека та функціональна безпека. На рис. 1 наведено один із варіантів відображення базової моделі архітектури Smart Grid у вигляді тривимірної структури.

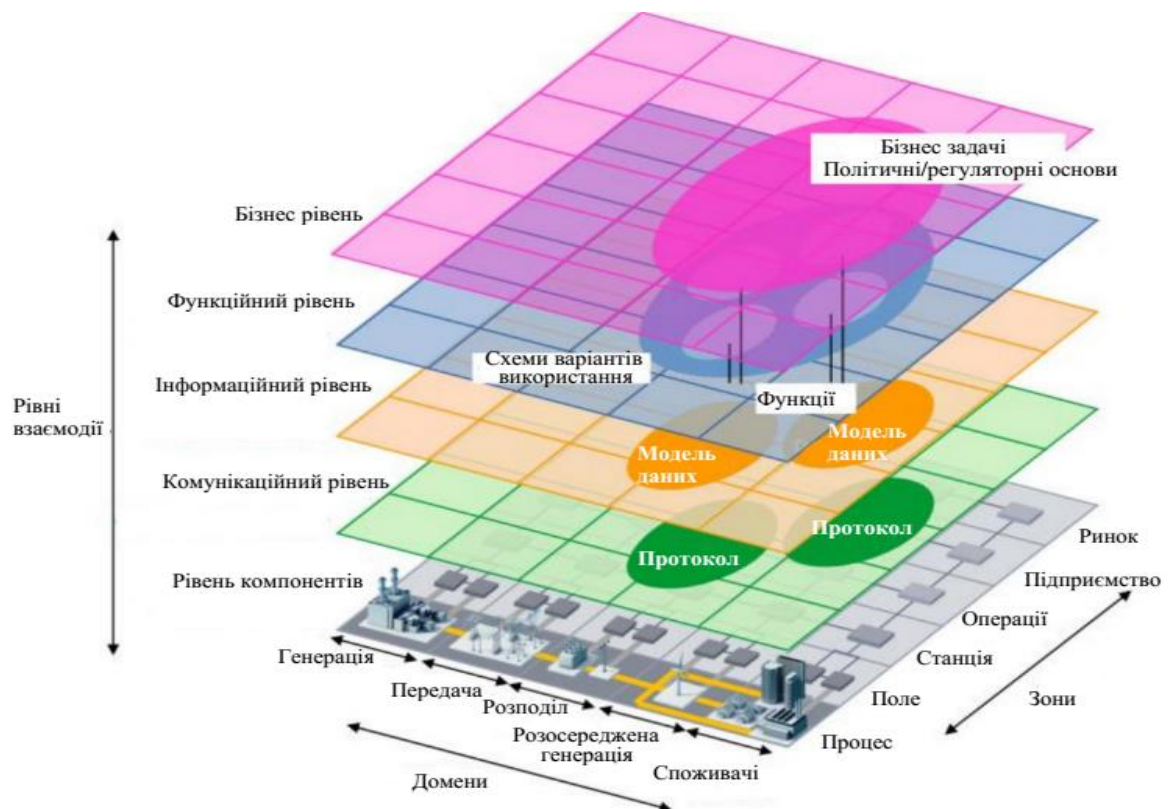


Рисунок 1. Базова модель архітектури Smart Grid

За допомогою цієї моделі така категорія, як типова схема використання (use case) в межах структури Smart Grid, може бути деталізована шляхом її візуального відображення на відповідних рівнях моделі. Це дає можливість перевірити, чи підтримують кожну конкретну схему використання існуючі стандарти Smart Grid, або є потреба в їх уточненні або доповненні. В моделі усі частини ланцюга перетворення електричної енергії відображені у вигляді фізичних доменів (сфер) та зон, опис яких наведено відповідно в табл.1 та табл.2.

Особлива увага в базовій моделі архітектури Smart Grid приділяється класифікації-рівнів взаємодії, які поділяються на: бізнес рівень, функційний рівень, інформаційний, комунікаційний та рівень компонентів. Бізнес рівень базової моделі архітектури Smart Grid може використовуватися для відображення регуляторних та економічних (ринкових) структур, а також бізнес-моделей. На цьому рівні відображаються можливості бізнесу, сценарії дій та бізнес процеси. Прикладом такого рівня є побудова рольових моделей ринку електричної енергії [13-16]. Функційний рівень описує системні сценарії дій, функції та сервіси, зокрема і їх взаємовідношення з точки зору архітектури.

Таблиця 1– Класифікація доменів в базовій моделі архітектури Smart Grid

Домен	Опис
Генерація	Містить структуру потужних об'єктів генерування електричної енергії традиційної системи електропостачання, наприклад, вугільні, атомні та гідро- електростанції.
Передача	Інфраструктура, що забезпечує передавання електроенергії.
Розподіл	Інфраструктура, що забезпечує розподіл електроенергії до кінцевих споживачів.
Розосереджена генерація	Містить розподілені електричні ресурси, безпосередньо підключені до розподільчої мережі загального призначення, які використовують технології генерування та споживання електроенергії малої потужності. Управління такими розподіленим ресурсами може здійснюватися Операторами систем передачі і розподілу, а також стороною, відповідальною за баланс.
Споживачі	Містить структури як кінцевих споживачів електроенергії, так і локальних її виробників. Також до цього домену відносять ті об'єкти генерації, що використовують сонячні панелі, накопичувачі електроенергії, мікротурбіни.

Таблиця 2 – Класифікація зон в базовій моделі архітектури Smart Grid.

Зона	Опис
Процес	Містить перетворення енергії (електричної, сонячної, теплової, гідро-, вітру) та фізичні об'єкти (наприклад, генератори, трансформатори, роз'єднувачі, повітряні лінії, кабелі, різноманітні сенсори, що є частиною зазначеного перетворення або безпосередньо пов'язані з ним).
Поле	Містить обладнання для захисту, управління та моніторингу процесів, що мають місце в енергетичній системі, тобто захисні реле, комплексні контролери, різні типи інтелектуальних електронних пристроїв для збору та використання даних від енергетичної системи про поточний стан процесу.
Станція	Представляє рівень об'єднання об'єктів рівня «Поле» в просторі, наприклад, концентрацію отриманих даних, функціональну агрегацію, автоматизацію в підстанціях, локальні системи SCADA.
Операції	Організація операцій управління енергосистемою у відповідному домені, наприклад, системи управління розподілом енергії (DMS), системи управління енергією (EMS) в системах її генерації і розподілу, системи управління Microgrid, системи управління віртуальними електростанціями
Підприємство	Містить комерційні та організаційні процеси, служби, а також інфраструктуру підприємств (комунальне обслуговування служби надання послуг, енерготрейдери), тобто управління активами, логістика, управління трудовою діяльністю, тренінг персоналу, менеджмент взаємодії зі споживачами, виставлення рахунків та закупівля необхідних ресурсів
Ринок	Відображає ринкові операції, що мають місце впродовж всього миттєвого циклу перетворення енергії, а також продажу її споживачам.

Функції відображаються незалежно від учасників та конкретної фізичної реалізації їх застосувань в системах і компонентах. Функції отримуються шляхом відокремлення функціональності сценарію дій, що є незалежним від їх виконавців. Інформаційний рівень описує інформацію, що використовується і бере участь в обміні між функціями, сервісами та компонентами. Ці інформаційні об'єкти та моделі даних відображають загальну семантику для функцій і сервісів для забезпечення сумісності під час обміну інформацією через канали комунікації. Значення комунікаційного рівня полягає в описі протоколів та механізмів взаємного обміну інформацією між компонентами в контексті схем варіантів використання, функцій чи послуг та пов'язаних з ними інформаційних об'єктів або моделей даних. Рівень компонентів акцентується на фізичному розподілі всіх складових частин системи, які пов'язані з функціонуванням інтелектуальної мережі.

Слід відзначити, що певна група стандартів згідно IEC/TR 63097:2017 становить основний пакет, що є необхідними для майже всіх компонентів архітектури Smart Grid. В межах документа ці стандарти

вважаються базовими пріоритетними. Подальше їх просування та розвиток буде ключовим завданням для ІЕС у підтримці практичній побудови інтелектуальних мереж. В Дорожній карті визначена група базових стандартів (Core Standards), які мають значний вплив на будь-яке застосування Smart Grid і розглядаються як основа для побудови сучасних і майбутніх інтелектуальних мереж, дану групу наведено в табл.3.

Таблиця 3. Базові стандарти Smart Grid

Базовий стандарт або серія стандартів	Область основного застосування стандарту
ІЕС 61970/ ІЕС 61968	Загальна інформаційна модель. Системи регулювання генерації, системи регулювання енергії (EMS); системи регулювання розподілу енергії (DMS); автоматизація розподілу енергії (DA); автоматизація в підстанціях (SA); розосереджені енергоресурси (DER); інфраструктура засобів вимірювання (AMI); управління попитом (DR); зберігання енергії
ІЕС 62325	Загальна інформаційна модель, обмін інформацією на енергетичному ринку. Системи регулювання генерації, системи регулювання енергії; системи регулювання розподілу енергії; розосереджені енергоресурси; інфраструктура вимірювання; управління попитом; внутрішні бізнес-операції, пов'язані з вимірюванням; зберігання електроенергії.
ІЕС 61850	Автоматизація енергетичних об'єктів, комунікація в гідроенергетиці; комунікація між розосередженими енергоресурсами. Управління генерацією, системи регулювання енергії; управління розподілом енергії; автоматизація розподілу енергії; автоматизація в підстанціях; розосереджені енергоресурси, зберігання електроенергії; електротранспорт.
ІЕС 62056	Специфікація для системи обліку енергії (COSEM). Системи регулювання розподілу енергії; розосереджені енергоресурси; інфраструктура вимірювання; управління попитом; розумний дім; зберігання електроенергії; електротранспорт. Обмін даними для зняття показників лічильників, управління тарифами і навантаженням.
ІЕС 62351	Безпека для всіх систем

На рис. 2 наведено діаграму, що показує рівень впровадження в Україні базових стандартів Smart Grid за відповідними серіями. Всього до базових стандартів Smart Grid відносять 154 стандарти, з яких станом на 10.01.2022 р. діючих в ІЕС є 142 стандарти, в Україні не впровадженими є 56 стандартів, із впроваджених 34 стандарти потребують актуалізацію із оновленими версіями стандартів ІЕС. Таким чином чинним в Україні є 72% міжнародних стандартів. Зазначені багаточастинні стандарти ІЕС 62351, ІЕС 61850, ІЕС 62325, ІЕС 61968, ІЕС 61970, ІЕС 61508 [17-20] визначені, як першочергові, оскільки їх впровадження та перегляд дозволить завершити процес впровадження в Україні міжнародних стандартів цих серій, а наявність досвіду їх впровадження є основою ефективного їх використання. Також необхідним є започаткування впровадження багаточастинного стандарту ІЕС 62056, що дозволить сформулювати вимоги до протоколів обміну даними із приладів обліку електроенергії в Україні у відповідності з міжнародними вимогами.

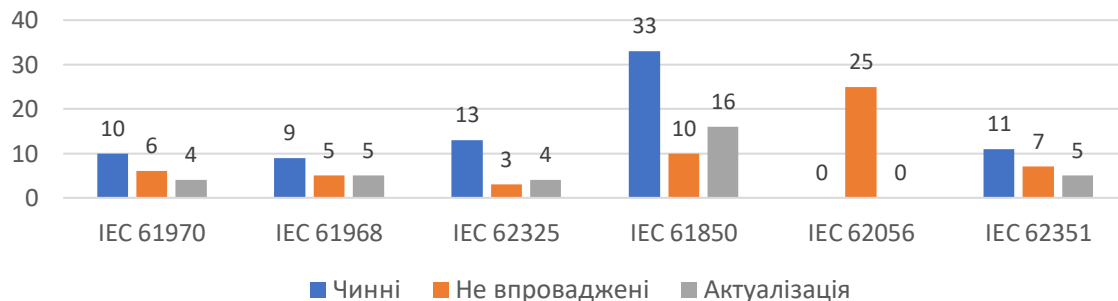


Рисунок 2. Кількість впроваджених та чинних в Україні стандартів за відповідними серіями, що відносяться до базових стандартів стандартів Smart Grid.

Додатково до групи базових стандартів Дорожня карта також виділяє групу «особливо важливих стандартів» для Smart Grid (табл. 4).

Таблиця 4. Група «особо важливих стандартів» Smart Grid згідно з Дорожньою картою ІЕС

Стандарт або серія стандартів	Область основного застосування стандарту
ІЕС / TR 62357	Базова Архітектура енергетичних об'єктів - SOA Системи регулювання енергії; системи регулювання розподілу енергії; системи управління розосередженими енергоресурсами, ринкові та торговельні системи, управління попитом, системи внутрішніх бізнес-операцій, пов'язаних з вимірюванням.
ІЕС 60870-5	Дистанційне управління. Системи регулювання генерації, системи регулювання енергії; системи регулювання розподілу енергії; автоматизація розподілу енергії; автоматизація в підстанціях.
ІЕС 60870-6	Комунікація між внутрішніми центрами керування за протоколом TASE.2. Системи регулювання генерації, системи регулювання енергії; системи регулювання розподілу енергії.
ІЕС / TR 61334	Специфікація протоколу DLMS передачі даних по розподільним лініям Інфраструктура засобів вимірювання
ІЕС 61400-25	Комунікація між об'єктами вітроенергетики. Системи управління розосередженими енергоресурсами (об'єктами вітроенергетики); системи регулювання енергії; системи регулювання розподілу енергії.
ІЕС 61851	Комунікації в галузі електротранспорту. Електротранспорт. Системи управління житлом та будівлею.
ІЕС 62443	Безпечність систем промислової автоматизації та керування
ISO/IEC 15118	Дорожній транспорт. Інтерфейс зв'язку між транспортним засобом та мережею.
ISO/IEC TR 27019	Інформаційні технології – Методи захисту – Інструкції з управління інформаційною безпекою на основі ISO/IEC 27002 для систем управління процесами, специфічних для енергетичної галузі.

На рис. 3. наведено діаграму, що показує рівень впровадження в Україні групи «особо важливих» стандартів Smart Grid за відповідними серіями. Всього до «особо важливих» стандартів Smart Grid відносять 76 стандартів, з яких станом на 10.01.2022 р. діючих в ІЕС є 74 стандарти, в Україні не впроваджені є 35 стандартів, із впроваджених 4 стандарти потребують актуалізації із оновленими версіями стандартів ІЕС. В цілому чинними в Україні є 68% стандартів.

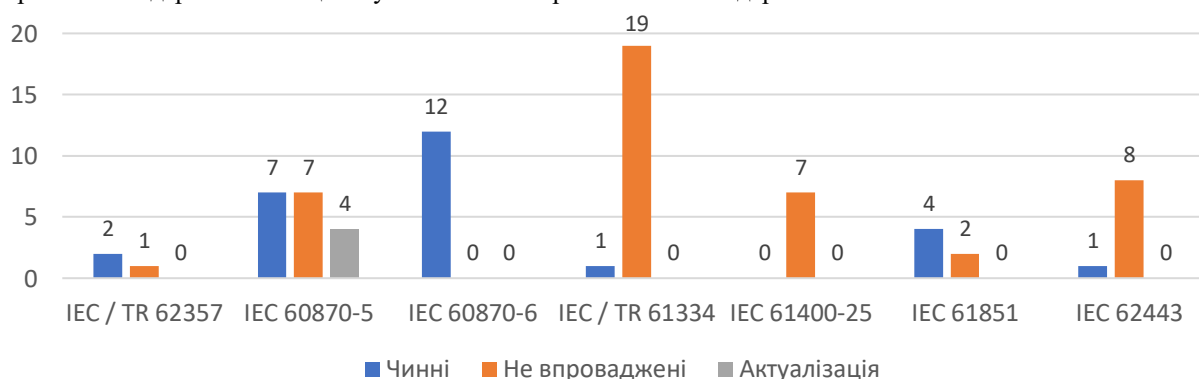


Рисунок 3. Кількість впроваджених та чинних в Україні стандартів за відповідними серіями, що відносяться до «особливо важливих» стандартів Smart Grid.

Зазначені стандарти серій ІЕС/TR 62357, ІЕС 60870-5 визначені, як першочергові, оскільки їх впровадження та перегляд дозволить завершити процес впровадження в Україні міжнародних стандартів цих серій, а наявність досвіду їх впровадження є основою ефективного їх використання. Загальна кількість цих стандартів складає 17, необхідне впровадження 8, перегляд 4. Також необхідним є започаткування впровадження стандартів серії ІЕС/TR 61334 та продовження впровадження стандартів серії ІЕС 62051-54/58-59, що дозволить сформулювати вимоги до розподільчої автоматики з використанням систем зв'язку по розподільчих мережах та електричних вимірювань в Україні у відповідності з міжнародними вимогами.

Окремо необхідно виділити групу стандартів, які описують основні принципи застосування систем

Smart Grid та деякі суміжні до них стандарти (табл.5).

Таблиця 5. – Стандарти, які описують основні принципи застосування систем Smart Grid

№	Назва оригінальна
1.	IEC TR 62559-1:2019 Use case methodology - Part 1: Concept and processes in standardization
2.	IEC 62559-2:2015 ED1 Use case methodology - Part 2: Definition of the templates for use cases, actor list and requirements list
3.	IEC 62559-3:2017 Use case methodology - Part 3: Definition of use case template artefacts into an XML serialized format
4.	IEC SRD 62559-4:2020 ED1 Use case methodology - Part 4: Best practices in use case development for IEC standardization processes and some examples for application outside standardization
5.	IEC SRD 62913-1:2019 Generic Smart Grid Requirements – Part 1: Specific application of Method and Tools for defining Generic Smart Grid Requirements
6.	IEC SRD 62913-2-1:2019 Generic smart grid requirements - Part 2-1: Grid related domains
7.	IEC SRD 62913-2-2:2019 Generic smart grid requirements - Part 2-2: Market related domain
8.	IEC SRD 62913-2-3:2019 Generic smart grid requirements - Part 2-3: Resources connected to the grid domains
9.	IEC TS 62913-2-5 ED1 Generic Smart Grid Requirements - Part 2-5: Domains - Support Functions related domains, these include Metering Management and Asset Management
10.	IEC 61360-1:2017 Standard data element types with associated classification scheme - Part 1: Definitions - Principles and methods.
11.	IEC 61360-2:2012 Standard data element types with associated classification scheme for electric components - Part 2: EXPRESS dictionary schema.
12.	IEC TR 61360-3:1995 Standard data element types with associated classification scheme for electric components - Part 3: Maintenance and validation procedures.
13.	IEC 61360-4:2005 Standard data element types with associated classification scheme for electric components - Part 4: IEC reference collection of standard data element types and component classes
14.	IEC 61360-5:2004 Standard data element types with associated classification scheme for electric components - Part 5: Extensions to the EXPRESS dictionary schema.
15.	IEC 61360-6:2016 Standard data element types with associated classification scheme for electric components - Part 6: IEC Common Data Dictionary (IEC CDD) quality guidelines.
16.	IEC TR 62559-1:2019 Use case methodology - Part 1: Concept and processes in standardization.
17.	IEC 62559-2:2015 Use case methodology - Part 2: Definition of the templates for use cases, actor list and requirements list.
18.	IEC 62559-3:2017 Use case methodology - Part 3: Definition of use case template artefacts into an XML serialized format.
19.	IEC SRD 62559-4:2020 Use case methodology - Part 4: Best practices in use case development for IEC standardization processes and some examples for application outside standardization.

Ця група стандартів є об'єднуючою та дозволяє усунути невідповідності між існуючими стандартами, прогалинами в них та збігами, забезпечити процес стандартизації, який до цього не був реалізований з багатьох причин (включаючи історичну, організаційну, технологічну зрілість), забезпечити узгодження стандартів, що описують Smart Grid системи з іншими стандартами. Такі стандарти насамперед є основою майбутнього системного підходу до використання існуючих та створення нових стандартів в галузі Smart Grid систем, а також забезпечення узгодженості задля використання баз даних IEC та прийнятих IEC шаблонів, щодо взаємодії доменів архітектури Smart Grid. При цьому, важливим є формулювання термінів електротехнічних понять українською мовою без порушення традицій офіційної термінології, а також ці терміни повинні мати однозначні міжнародні аналоги серед термінів, зафіксованих в багаточастинному міжнародному електротехнічному словнику та профільних стандартах IEC (IEC 60050) [21].

Окремо слід відзначити стандарти серії 62913-1:2019 «Загальні вимоги до інтелектуальних мереж», зокрема в частині керування електроенергетичними системами та ринками електричної енергії в Україні для розвитку електроенергетичної системи України згідно концепції Smart Grid.

Впровадження стандартів серії IEC SRD 62913, дозволить забезпечити «загальне та багаторазове використання» системи інтелектуальних мереж у відповідності до прийнятих «прикладів використання», що дозволить забезпечити подальший розвиток діяльності зі стандартизації в сфері інтелектуальних мереж. Також, використання стандартів цієї серії дозволить забезпечити узагальнення вимог до взаємодії основних учасників ринку електричної енергії, які слід враховувати для подальшої діяльності зі забезпечення проведення стандартизації (як правило в частині забезпечення інформаційного обміну,

комунікаційних послуги та конкретних не функціональних вимог: рівень продуктивності, специфікація безпеки тощо).

Для досягнення послідовного та однорідного опису загальних вимог для різних областей, які складають середовище інтелектуальних мереж, необхідним є прийняття розроблених та впроваджених ІЕС серії стандартів ІЕС SRD 62913, що присвячені питанням комплексного формування загальних вимог до інтелектуальних мереж.

Для визначення пріоритетів впровадження стандартів дорожньої карти в Україні доцільним є використання рівня інтеграції наведених в таблицях 3 та 4 стандартів до напрямків стандартизації в сфері Smart Grid, а також вирішення задач у кожній із функціональних систем Smart Grid з урахуванням особливостей технологічного та організаційного функціонування електроенергетичної галузі України. Зокрема до актуальних напрямків і функціональних системи, що необхідні для реалізації складових концепції Smart Grid відносяться: система управління генерацією (Generation Management System); гнучкі системи передачі змінного струму (FACTS for grids); система енергетичного менеджменту (Energy Management system); система запобігання системним аваріям в енергосистемі (Blackout Prevention System); вдосконала система управління розподілом (Advanced Distribution Management System); система автоматизації розподілу (Distribution Automation System); система автоматизації роботи підстанцій (Substation Automation System); система управління розосередженими енергетичними ресурсами (Distributed Energy Resources Operation System); удосконала інфраструктура обліку енергії (Advanced Metering Infrastructure); система управління ринками (Market places system); реагування на попит / управління навантаженням (Demand Response / Load Management); система накопичення електричної енергії (Electrical Energy Storage System). Повний перелік стандартів, що є необхідними до впровадження по кожному із цих напрямків виходить за межі цієї публікації.

Висновки. На основі виконаного аналізу обґрунтована необхідність розроблення стратегії та дорожньої карти з впровадження міжнародних та європейських стандартів в галузі Smart Grid на державному рівні, яка має передбачати комплексний підхід під час прийняття нових, актуалізації або скасування вже існуючих стандартів, необхідних для повного впровадження усіх елементів концепції Smart Grid. Визначено перелік основних стандартів в галузі Smart Grid, впровадження яких є першочерговим, та наведено перелік актуальних напрямків і функціональних системи, що необхідні для реалізації складових концепції Smart Grid і потребують детального аналізу для встановлення рівнів пріоритету під час впровадження в Україні кожного з стандартів в рамках цієї концепції з урахуванням взаємних зв'язків стандартів між собою, а також ролі, яку вони відіграють для розвитку електроенергетичної галузі України.

Список використаної літератури

1. Денисюк С.П. Енергетичний перехід – вимоги до якісних змін у розвитку енергетики. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. № 1. С.7–28.
2. Key Facts about the Energy Transition in Germany. Berlin Energy Transition Dialogue 2019. Berlin, Germany. Energiewende. New Horizons. 12 p.
3. Hauff J., Bode A., Neumann D., Haslauer F. Global Energy Transitions. World Energy Council. 2014. 32 p.
4. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими. Під заг. Ред. Акад. НАН України Кириленко О.В.. К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. 400 с.
5. Clean Energy For All Europeans. Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee, The Committee Of The Regions And The European Investment Bank. Brussels, 30.11.2016 COM (2016).
6. Блінов І.В. Проблеми функціонування та розвитку ринку електричної енергії України. (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 3 лютого 2021 р.). *Вісник НАН України*. 2021. № 3. С. 20-28. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2019.54.005>.
7. Танкевич С.Є., Блінов І.В., Кириленко В.В. Україна та світ: нормативне забезпечення інтелектуальних електроенергетичних систем за концепцією Smart Grid. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2014. № 4 (89). С. 38 – 44.
8. Кириленко О.В., Блінов І.В., Танкевич С.Є. Smart Grid та організація інформаційного обміну в електроенергетичних системах. *Технічна електродинаміка*. 2012. № 3. С. 47 – 48.
9. IEC/TR 63097:2017 Smart grid standardization roadmap. 2017. 315 p.
10. SGCG/M490/G_Smart Grid Set of Standards 25 Version 3.1. CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group. 2014. P. 259.
11. The conceptual model and its relation to market models for Smart Grids. SG-CG/M490/J_ General Market Model Development // CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group. 2014. P.25
12. IEC SRD 62913 Generic smart grid requirements. Parts 1 and 2. . URL: <https://webstore.iec.ch/>
13. The harmonised electricity market role model. Version: 2017-01 Approved. ENTSO-E AISBL. Brussels. 2017. P. 27.

14. Blinov I., Tankevych S. The harmonized role model of electricity market in Ukraine. In: 2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems, IEPSS 2016 Conference Proceedings (2016).
15. Блінов І.В., Парус С.В., Шкарупило В.В. Структура та моделі інформаційної взаємодії учасників ринку електричної енергії. Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа», 2021, 114 с. DOI: <https://doi.org/10.36074/stmivvyree-monograph.2021>
16. Baranov G., Komisarenko O., Zaitsev I.O., Chernytska I. SMART technologies for transport tests networks, exploitation and repair tools. In Proc. of the International Conference Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS). 25-27, March 2021, Pichanur (India), 2021. pp. 621-625. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICAIS50930.2021.9396055>.
17. IEC 62351 Cyber Security Series for the Smart Grid. URL: <https://syc-se.iec.ch/deliveries/cybersecurity-guidelines/security-standards-and-best-practices/iec-62351/>
18. IEC 61850 Communication networks and systems in substations. IEC
19. IEC 61968 Application Integration at Electric Utilities System Interfaces for Distribution Management.
20. IEC 61508 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems. Parts 1 to 7. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/22273>
21. IEC 60050 Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary. URL: <https://www.electropedia.org/>
22. Денисюк С. П., Стшелецькі Р. Формування складових інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами. *Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал*. 2019. № 3 (57). С. 7–22.

O. Kyrylenko, ORCID 0000-0003-3610-7670

Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine

I. Blinov, ORCID 0000-0001-8010-5301

Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

S. Denysiuk, ORCID 0000-0002-6299-3680

National Technical University of Ukraine "I. Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Ie. Zaitsev, ORCID 0000-0003-3303-471X

Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine

Taras Shevchenko National University of Kyiv

V. Vasylchenko, NPC "UkrenergO"

IMPLEMENTATION OF BASIC INTERNATIONAL SMART GRID STANDARDS IN UKRAINE: CURRENT STATE

In this paper, the main components of the basic model of the Smart Grid architecture according to the standard IEC TR 63097:2017 "Smart Grid Roadmap" are considered. The list of basic and particularly important international standards, which have a significant impact on the application of Smart Grid, has been identified and analyzed. A group of standards describing the basic principles of Smart Grid systems application is selected. These groups are unifying and allow to eliminate contradictions between other existing standards, to ensure their consistency. The development of a strategy and the creation of a road map for the adoption of modern European and international standards in Ukraine in the field of Smart Grid substantiated. A list of relevant directions and functional systems necessary for the implementation of the components of the Smart Grid concept is given. These directions require a detailed analysis to establish priority levels during the implementation of relevant modern European and international standards in Ukraine, taking into account the specifics of the Ukrainian electricity market. References 20, figures 1, table 5.

Keywords: *electric power system, Smart Grid, International Electrotechnical Commission, standardization*

1. Denysiuk S.P. Energy transition – requirements for qualitative changes in energy development. *Energy: economy, technologies, ecology*. 2019. No. 1. P.7–28.
2. Key Facts about the Energy Transition in Germany. Berlin Energy Transition Dialogue 2019. Berlin, Germany. Energiewende. New Horizons. 12 p.
3. Hauff J., Bode A., Neumann D., Haslauer F. Global Energy Transitions. World Energy Council. 2014. 32 p.
4. Intelligent electrical networks: elements and modes. Under general Ed. Acad. National Academy of Sciences of Ukraine O. V. Kyrylenko: Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2016. 400 p.
5. Clean energy for all europeans. communication from the commission to the european parliament, The Council, The european economic and social committee, the committee of the regions and the european investment bank. Brussels, 30.11.2016 COM (2016).

6. Blinov I.V. Problems of functioning and development of the electric energy market of Ukraine. (based on the materials of the scientific report at the meeting of the Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine on February 3, 2021). *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2021. No. 3. P. 20-28. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2019.54.005>.

7. Tankevich S.E., Blinov I.V., Kyrylenko V.V. Ukraine and the world: regulatory support for intelligent electric power systems based on the Smart Grid concept. *Standardization, certification, quality*. 2014. No. 4 (89). P. 38-44.

8. Kirylenko O.V., Blinov I.V., Tankevich S.E. Smart Grid and the organization of information exchange in electric power systems. *Technical electrodynamics*. 2012. No. 3. P. 47-48.

9. IEC/TR 63097:2017 Smart grid standardization roadmap. 2017. 315 p.

10. SGCG/M490/G_Smart Grid Set of Standards 25 Version 3.1. CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group. 2014. P. 259.

11. The conceptual model and its relation to market models for Smart Grids. SG-CG/M490/J_ General Market Model Development // CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group. 2014. P.25

12. IEC SRD 62913 Generic smart grid requirements. Parts 1 and 2. URL: <https://webstore.iec.ch/>

13. The harmonized electricity market role model. Version: 2017-01 Approved. ENTSO-E AISBL. Brussels. 2017. P. 27.

14. Blinov I., Tankevych S. The harmonized role model of electricity market in Ukraine. In: 2016 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems, IEPS 2016 Conference Proceedings (2016).

15. Blinov I.V., Parus E.V., Shkarupilo V.V. The structure and models of information interaction of participants in the electricity market. Vinnytsia: NGO "European Scientific Platform", 2021, 114 p. DOI: <https://doi.org/10.36074/stmivvyree-monograph.2021>

16. Baranov G., Komisarenko O., Zaitsev I.O., Chernytska I. SMART technologies for transport test networks, exploitation and repair tools. In Proc. of the International Conference Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS). 25-27, March 2021, Pichanur (India), 2021. pp. 621-625. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICAIS50930.2021.9396055>.

17. IEC 62351 Cyber Security Series for the Smart Grid. URL: <https://sec-se.iec.ch/deliveries/cybersecurity-guidelines/security-standards-and-best-practices/iec-62351/>

18. IEC 61850 Communication networks and systems in substations. IEC

19. IEC 61968 Application Integration at Electric Utilities System Interfaces for Distribution Management.

20. IEC 61508 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems. Parts 1 to 7. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/22273>

21. IEC 60050 Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary. URL: <https://www.electropedia.org/>

22. Denysyuk S.P., Stsheletskyi R. Formation of components of an intelligent platform for managing energy systems and networks. *Energy: economy, technology, ecology: scientific journal*. 2019. No. 3 (57). P. 7–22.

Надійшла 12.11.2022

Received 12.11.2022