Цифрова трансформація в електроенергетиці: світові тенденції, особливості реалізації в ОЕС України та заходи щодо впровадження сучасних європейських та міжнародних стандартів у сфері розвитку «розумних мереж»

Національна академія наук України
Інститут електродинаміки

Ігор БЛІНОВ
Сергій ДЕНИСЮК

Цифрова трансформація – нові можливості

Важливою частиною політики Європейського Союзу у галузі електроенергетики є комплекс заходів, що об’єднаний терміном «енергетичний перехід» (**англ. Energy Transition**).

Реалізація цих заходів передбачає перехід до нової функціональної архітектури електроенергетичних систем в ЄС та відповідно ОЕС України, розвиток розумних мереж, технологій зберігання енергії, а також появу активних (розумних) споживачів.

Основні тренди «енергетичного переходу» сформульовані в рамках «концепції 3D»: Decarbonization, Decentralization, Digitalization).

Decarbonization («декарбонізація») розглядається як перехід до екологічно чистої «безвуглецевої» економіки та енергетики.

Decentralization («децентралізація») – перехід до територіально розосередженої електроенергетики з великою кількістю різнорівневих виробників і споживачів.

Digitalization («діджиталізація» – цифровізація) передбачає перехід до широкомасштабного застосування в енергетиці сучасних багатофункціональних програмних комплексів на основі інформаційних моделей та цифрових керованих пристроїв, підключених до інформаційної мережі Інтернет на всіх рівнях енергосистеми, від виробництва до обладнання кінцевих споживачів.

Цифрова трансформація – нові можливості

Цифровізація – діджиталізація (digitalization) – це нові бізнес-можливості від оцифровування (діджитизації), використання цифрових технологій для зміни бізнес-процесу та підвищення ефективності та прибутку; це процес переходу до «цифрового бізнесу», де оптимальність досягається завдяки обчисленню, цифровому зв'язку та автоматизованому менеджменту.

Цифрова трансформація (digital transformation) – зміна звичних бізнес-моделей завдяки цифровим технологіям та забезпечення нових можливостей щодо отримання додаткової вартості у нових чи існуючих сегментах ринку послуг чи виробництва (надання нових можливостей для отримання доходу та створення вартості). Узагальнено цифрова трансформація може бути визначена як нове використання цифрових технологій для прискорення впровадження нових бізнес-стратегії.

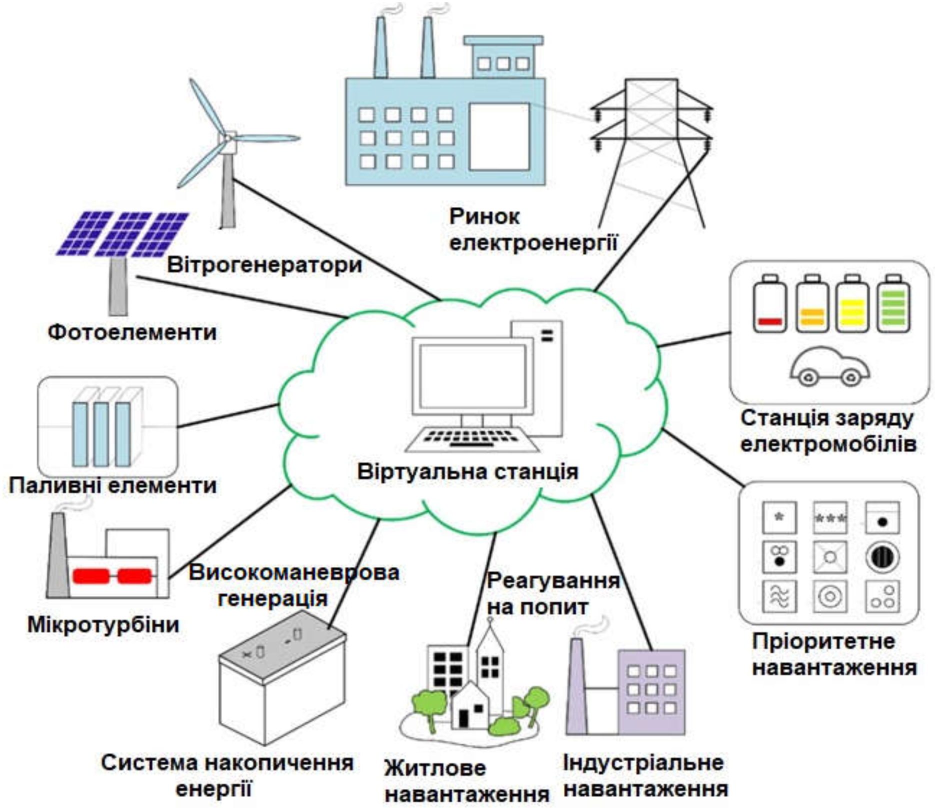
Цифрова трансформація на сьогодні є актуальною проблемою в електроенергетичному секторі, вирішення якої дає можливість компаніям створювати нові бізнес-моделі та розробляти стійкі стратегії виробництва (відпуску) і постачання енергії.

Цифрова трансформація – нові можливості

Цифрова трансформація відкриває нові можливості для випереджаючого розвитку мережевої інфраструктури нашої країни зі збільшенням прибутковості бізнесу електромережевих та локальних електрогенеруючих компанії:

- зростання вигоди учасників ринку електричної енергії та надання на ринку нових послуг;
- розвиток ринку допоміжних послуг та послуг зі зберігання електроенергії;
- прогнозування та управління даними тощо.

Головний ефект цифрової трансформації в енергетиці – це зміна ланцюжків створення доданої вартості під час відпуску електричної енергії або надання послуг на ринку.



Прикладами реалізації цифрової трансформації є запровадження нових систем керування в електроенергетичних системах, створення балансуючих груп учасників ринку електричної енергії та віртуальних електростанцій, послуг операторів систем зберігання електроенергії.

Цифрова трансформація та енергетичний перехід

Європейською технологічною та інноваційною платформою інтелектуальних мереж для енергетичного переходу (European Technology and Innovation Platform for Smart Networks for Energy Transition, ETIP SNET)) у 2018 р. був розроблений базовий документ **ETIP-SNET Vision 2050** здійснення енергетичного переходу в ЄС. Планується, що у 2050 році інтегровані енергетичні системи складатимуться з чотирьох взаємопов'язаних і взаємозалежних рівнів, які стимулюватимуть економічне зростання та глобальну конкурентоспроможність для Європи:

1) ринковий рівень – дозволяє обмінюватися між гравцями ринку (генераторами, роздрібними продавцями, агрегаторами, споживачами, операторами мереж, менеджерами з конверсії та зберігання);

2) комунікаційний рівень – підтримує вертикальну та горизонтальну інтеграцію енергетичних систем та передачу інформації з ринком;

3) рівень фізичної системи – складається з автоматизованих енергетичних інфраструктур (генерація, перетворення електроенергії, зберігання та мережі), розроблених для задоволення потреб громадян;

4) рівень цифрової інфраструктури – підтримує мережеві операції для управління інтегрованими енергетичними системами з більш високим рівнем автоматизації, бачення та підзвітності.

23 липня 2021 року **Європейська комісія прийняла Дорожню карту Плану дій з цифровізації енергетики,** в якому окреслено, як різні політичні та фінансові інструменти ЄС працюватимуть разом, щоб використовувати переваги цифрових рішень в енергетичному секторі, мінімізуючи при цьому їх ризики та вплив на навколишнє середовище. План дій слід розглядати в контексті цілей Європейської зеленої угоди, а також участі в програмі «Європа, пристосована до цифрової ери».

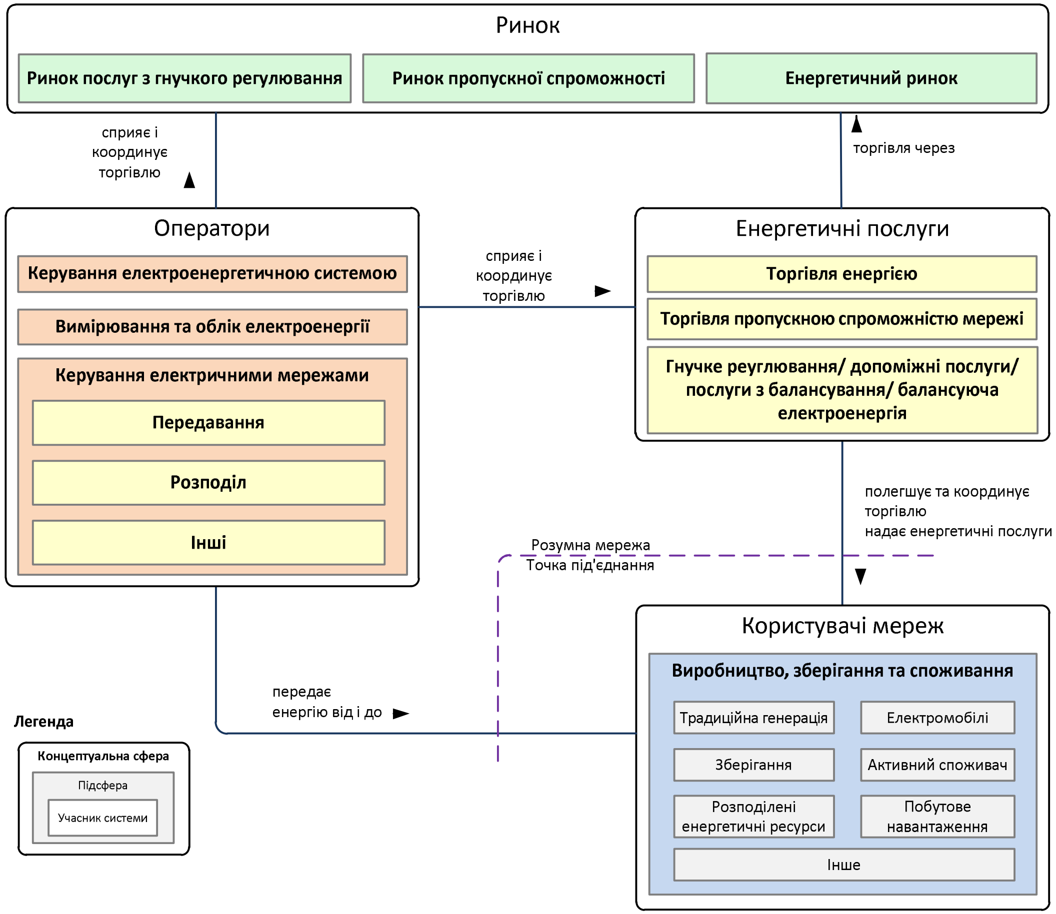
Подвійний зелений і цифровий перехід *вимагає кращого функціонування, розумної, інтегрованої та чистішої енергетичної системи, гарантуючи при цьому доступну енергію та справедливий перехід для всіх.*

Цифрова трансформація та Smart Grid

Загальний огляд моделі архітектури Smart Grid наведено в звіті координаційної групи CENELEC, а саме Smart Grid Coordination Group Document for the M/490 Mandate Smart Grids Methodology & New Applications.

В першу чергу в контексті розвитку Smart Grid мова йде про інтеграцією новітніх інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ) в сучасні автоматизовані системи керування, що розширює можливості таких систем за рахунок використання інтегрованої безпечної, надійної і високопродуктивної комунікаційної мережі. Високопродуктивний зв'язок між всіма компонентами системи є основною метою систем за концепцією Smart Grid.
Зв’язок має бути заснований на спільних даних, загальних протоколах та єдиній концепції мережі.

Європейська концептуальна модель Smart Grid



Проблеми, які стримують темпи «енергетичного переходу»

- Недостатність балансуючих потужностей.
- Пошкодження та руйнування енергетичної інфраструктури
- Низька гнучкість системи.
- Спрацьованість та технічна застарілість електроенергетичного та електротехнічного обладнання.
- Незбалансованість структури генеруючих потужностей,
- нестача ресурсів для регулювання потужності та частоти.
- Застарілість систем регулювання частоти та потужності.
- Недостатня пропускна спроможність ряду перетинів.
- Недостатні обсяги засобів регулювання напруги та компенсації реактивної потужності .
- Недостатній рівень оснащенності засобами ТМ, РЗА, діагностики та контрольно-вимірювальної апаратури.
- Недосконалість систем диспетчерського керування.

Актуальність планування змін у структурі потужностей генерації в ОЕС України та відновлення електричних мереж

Заходи перетворення енергетики на інтелектуальну екологічно безпечну систему

Поступовий перехід до низьковуглецевого розвитку визначено в **енергетичній стратегії України до 2035 року** «**Безпека, Енергоефективність, Конкурентоспроможність**», що схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. В результаті реалізації завдань, передбачених Енергетичною стратегією, до 2035 р. планувалось, зокрема досягнути зниження енергоємності ВВП більш ніж у два рази та збільшити використання відновлюваних джерел енергії до рівня 25% від обсягів загального первинного постачання енергії.

Крім того в Україні у 2018 році була затверджена “**Стратегія низьковуглецевого розвитку**”, мета якої полягає у визначенні стратегічних напрямів переходу економіки України на траєкторію низьковуглецевого зростання на засадах сталого розвитку відповідно до національних пріоритетів.

В січні 2020 року Міненергодовкілля України оприлюднило проект **Концепції «зеленого» енергетичного переходу України** до 2050 року, де для електроенергетичної галузі України задекларовані паралельні процеси модернізації, скорочення викидів парникових газів та поступового скорочення вугільної генерації.

Задля забезпечення переходу в Україні від традиційної системи електропостачання до принципово нової моделі побудови системи електропостачання на основі технології «розумних мереж» (Smart Grid) за поданням Міненерго у жовтні 2022 року Урядом схвалено Концепцію впровадження «розумних мереж» в Україні до 2035 року та затверджено деталізований план заходів з її реалізації.

Окремі заходи Концепції впровадження «розумних мереж»:

1. Запровадження використання сучасної термінології у сфері впровадження “розумних мереж” відповідно до європейських практик (“розумні мережі”, цифрові підстанції, “розумний облік” електроенергії, самовідновлювані мережі тощо)

3. Визначення та запровадження методологічних положень статистичного спостереження з метою отримання статистичних даних щодо розвитку “розумних мереж” України з урахуванням міжнародних практик

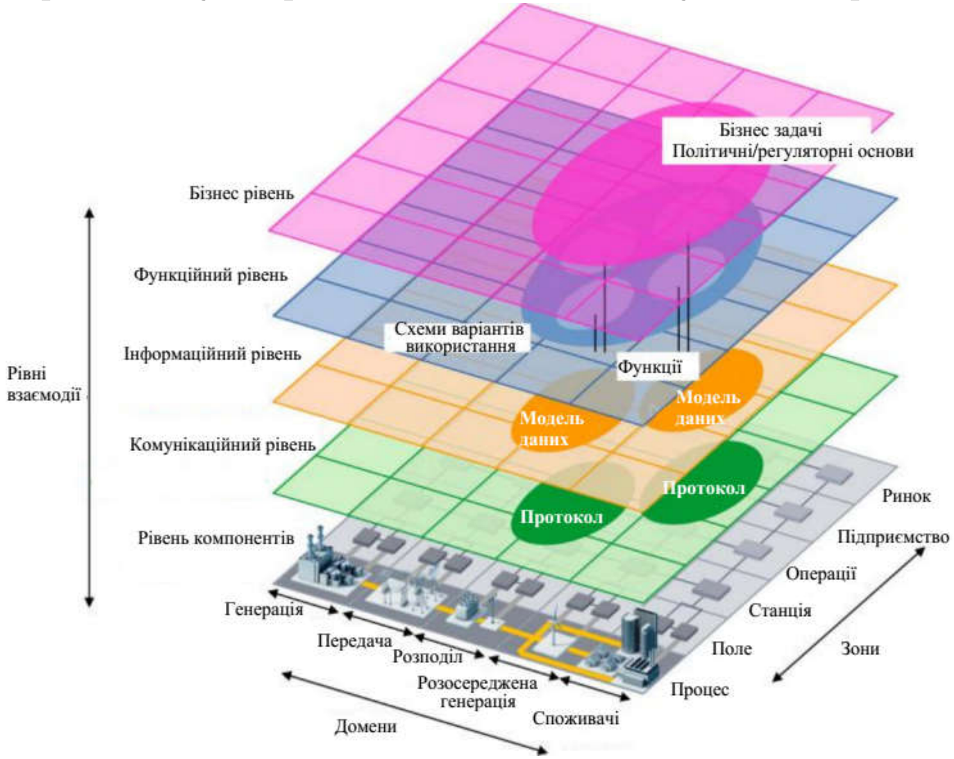
4. Розроблення дорожніх карт розвитку “розумних мереж” для підприємств електроенергетики України за напрямами виробників електричної енергії, оператора системи передачі, операторів систем розподілу, інших галузей національної економіки, де можуть бути застосовані технології “розумних мереж”

5. Розроблення і затвердження плану заходів щодо впровадження сучасних європейських та міжнародних стандартів у сфері розвитку “розумних мереж” для розвитку електроенергетичної системи України

11. Забезпечення прийняття міжнародного стандарту IEC TR 63097:2017 “Smart grid standardization roadmap” як національного стандарту

Стандартизація в сфері "розумних мереж" в Україні до 2035 року

В «Концепції впровадження "розумних мереж" в Україні до 2035 року» відзначено, що для успішного впровадження "розумних мереж" необхідно використовувати успішний світовий і європейський досвід впровадження "розумних мереж", а також розроблені та апробовані стандарти і рекомендації, зокрема Міжнародної електротехнічної комісії, Міжнародної організації із стандартизації, Міжнародного союзу електрозв'язку, Європейського комітету з електротехнічної стандартизації.



Базова модель архітектури Smart Grid

Основним завданням в сфері стандартизації на базі концепції «розумних мереж» є забезпечення дотримання єдиних вимог щодо інформаційного обміну та комунікацій на всіх ієрархічних рівнях енергосистеми та ринку електричної енергії.

IEC TR 63097:2017 Smart grid standardization roadmap (Дорожня карта зі стандартизації).

+ IEC SRD 62913 «Generic Smart Grid Requirements» (Загальні вимоги до інтелектуальних мереж).

+ IEC TS 62898-2:2018 Microgrids (Мікромережі).

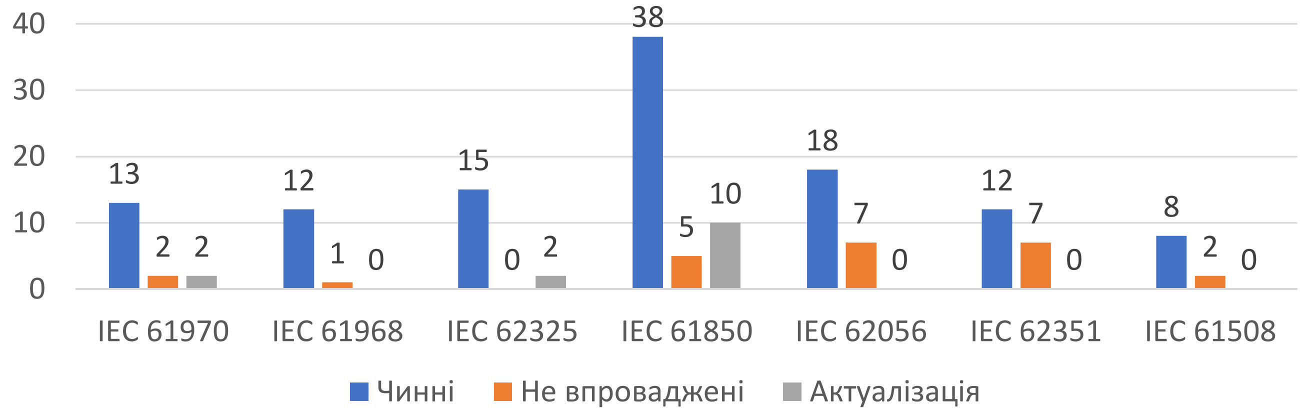
Основні функціональні системи «розумної мережі» в відповідності до концепції Smart Grid

Сьогодні в електроенергетичній галузі України актуальними є реалізація 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, що потребують впровадження в Україні та є базовими для забезпечення впровадження технологій Smart Grid.

- **система управління генерацією** (Generation Management System);
- **гнучкі системи передачі змінного струму** (FACTS for grids);
- **система енергетичного менеджменту** (Energy Management system);
- **система запобігання аваріям** (Blackout Prevention System);
- **система управління розподілом** (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);
- **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).
- інші системи згідно **IEC TR 63097:2017**

Основні стандарти SMART GRID

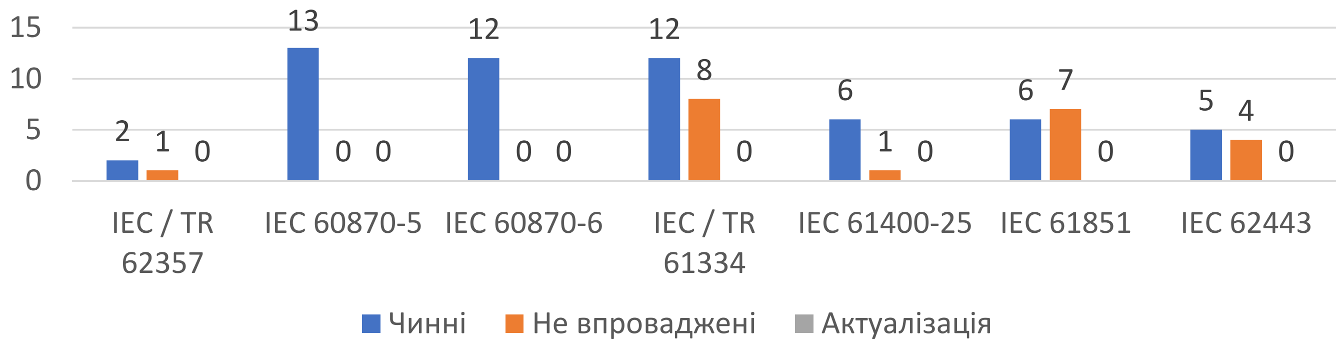
Базові стандарти (core standards) Smart Grid та рівень їх впровадження



серія стандартів	Область основного застосування стандарту
IEC 61970/ IEC 61968	Загальна інформаційна модель. Системи регулювання генерації, EMS; DMS; автоматизація розподілу енергії; автоматизація в підстанціях (SA); розосереджені енергоресурси (DER); інфраструктура засобів вимірювання (AMI); управління попитом (DR); зберігання енергії
IEC 62325	Загальна інформаційна модель, обмін інформацією на енергетичному ринку.
IEC 61850	Автоматизація електроенергетичних об’єктів.
IEC 62056	Специфікація для системи обліку енергії (COSEM)|. Обмін даними для зняття показників лічильників, управління тарифами і навантаженням.
IEC 62351	Безпека для всіх систем

Основні стандарти SMART GRID

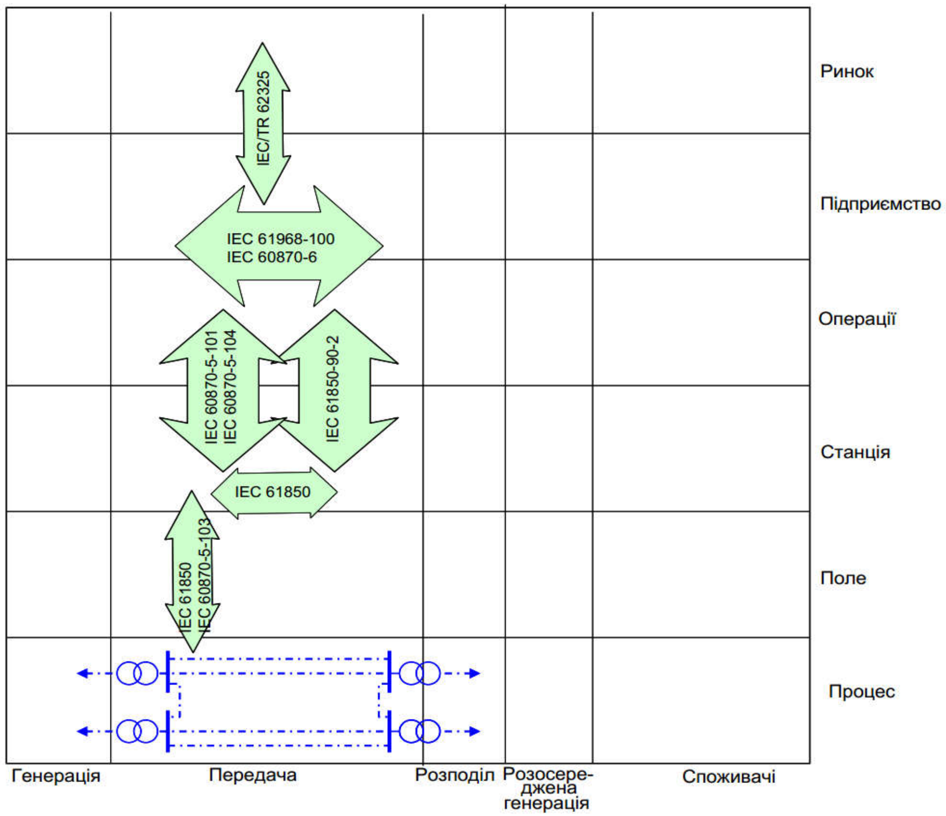
«Особливо важливі стандарти» Smart Grid



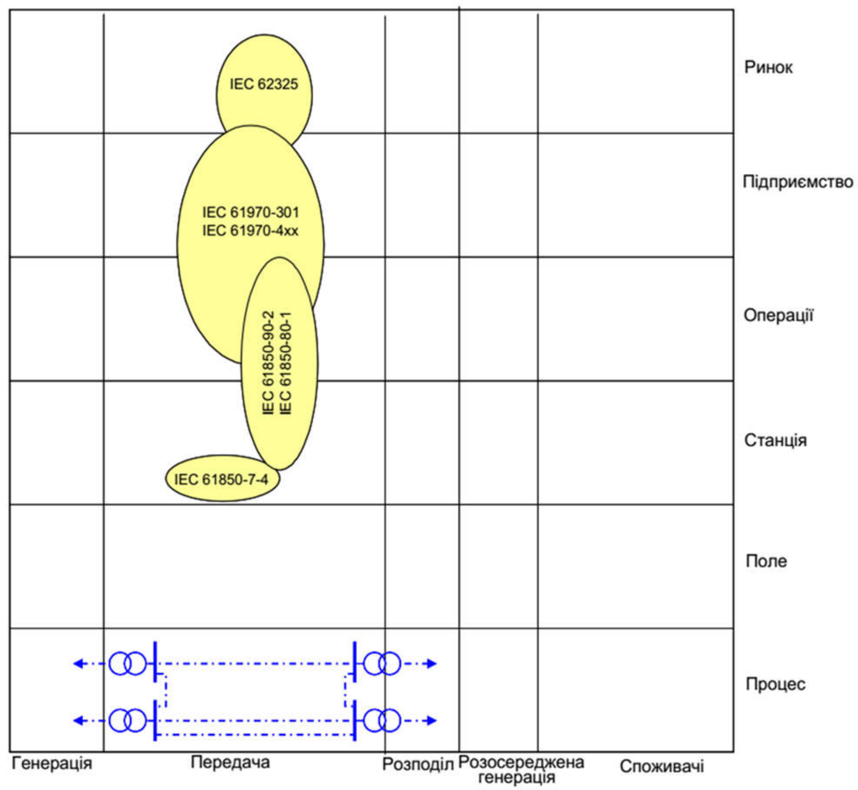
Багаточастинний стандарт	Область основного застосування стандарту
IEC / TR 62357	Базова Архітектура енергетичних об'єктів. Системи регулювання енергії; системи регулювання розподілу енергії; системи управління розосередженими енергоресурсами, ринкові та торговельні системи, управління попитом.
IEC 60870-5	Дістанційне управління.
IEC 60870-6	Комунікація між внутрішніми центрами керування за протоколом TASE.2.
IEC / TR 61334	Специфікація протоколу DLMS передачі даних по розподільним лініям Інфраструктура засобів вимірювання
IEC61400-25	Комунікація між об'єктами вітроенергетики.
IEC 61851	Комунікації в галузі електротранспорту. Електротранспорт. Системи управління житлом та будівлею.
IEC 62443	Безпечність систем промислової автоматизації та керування
ISO/IEC 15118	Дорожній транспорт.
ISO/IEC TR 27019	Інформаційні технології – Методи захисту – Інструкції з управління інформаційною

«Концепція впровадження "розумних мереж" в Україні до 2035 року»

Система енергетичного менеджменту EMS / SCADA



Комунікаційний рівень



Інформаційний рівень

Система енергетичного менеджменту EMS / SCADA

Прошарок	Стандарт	Назва та коментарі
Інформація	IEC 61970-1 IEC 61970-2 IEC 61970-301 IEC 61970-401 IEC 61970-453 IEC 61970-501	*Інтерфейс прикладних програм у системах електроенергетичного менеджменту (EMS-API)*
Інформація	IEC 61970-452	*Інтерфейс прикладних програм у системах електроенергетичного менеджменту (EMS-API) - Частина 452: Профілі CIM для моделі мереж статичної передачі*
Інформація	IEC 61970-456	*Інтерфейс прикладних програм у системах електроенергетичного менеджменту (EMS-API) - Частина 456: Визначені профілі стану системи енергопостачання*
Комунікаційні	IEC 62325 series	*Інфраструктура комунікацій на енергетичному ринку*
Комунікаційні	IEC 60870-5-101 IEC 60870-5-104 IEC 60870-6	*Пристрої та системи телемеханіки.*
Інформація, комунікація	IEC 61850 серія	*Комунікаційні мережі та системи для автоматизації електроенергетичних підприємств* Див. Систему автоматизації підстанції в пункті 5.9.7.
Інформація	IEC 62361 серія	*Керування енергетичними системами та пов'язаний з ним інформаційний обмін* *Довгострокова сумісність* Гармонізація кодів якості
Загальні положення	IEC TR 62357-1	*Керування енергетичними системами та пов'язаний з ним інформаційний обмін* *Частина 1: Довідкова архітектура* Довідкова архітектура обміну інформацією в системі енергопостачання
Комунікаційні	IEC 62351 серія	*Керування енергетичними системами та пов'язаний з ним інформаційний обмін* *Безпека даних та комунікацій*

Прошарок	Стандарт	Назва та коментарі
Інформація, комунікація	IEC 61850 серія	*Комунікаційні мережі та системи для автоматизації електроенергетичних підприємств* Див. Систему автоматизації підстанції в пункті 5.9.7.
Інформація	IEC 61970-458 [a]	*Інтерфейс прикладних програм у системах електроенергетичного менеджменту (EMS-API)* *Частина 458: Розширення Загальної інформаційної моделі (CIM) для генерації*
Communication / Комунікаційні	IEC 61970-502-8 [a]	*Інтерфейс прикладних програм у системах електроенергетичного менеджменту (EMS-API)* *Частина 502-8: Профіль Веб-послуг для абстрактних послуг 61970-4*
Information / Інформація	IEC 61970-552	*Інтерфейс прикладних програм у системах електроенергетичного менеджменту (EMS-API)* *Частина 552: XML Формат моделі обміну CIM*
Комунікаційні	IEC 62351 серія	*Керування енергетичними системами та пов'язаний з ним інформаційний обмін* *Безпека даних та комунікацій* Аспекти кібербезпеки (див. пункт 5.10.4).
Комунікаційні	IEC 62325 серія	*Структура комунікацій ринку електроенергії*

«Концепція впровадження "розумних мереж" в Україні до 2035 року»

Значна кількість міжнародних стандартів (IEC) в галузі Smart Grid мають європейські відповідники, що впроваджені в Україні відповідно до наказу № 285 ДП «УкрНДНЦ» від 28 грудня 2022 року, разом із іншими європейськими стандартами в цій галузі. Зокрема у цьому Наказі визначено, що в Україні прийнято 20268 європейських нормативних документів CEN/CENELEC як національні нормативні документи методом підтвердження з наданням чинності з 31 грудня 2023 року. Зазначений метод прийняття не передбачає переклад стандартів на українську мову, а також не передбачає долучення робочого перекладу до впровадженого мовою оригіналу Європейського стандарту. Відповідно необхідним є виконання аналізу стандартів, що впроваджені в Україні, задля визначення переліків впроваджених стандартів, що потребують перекладу на українську мову або прийняття стандартів із долученням його робочого перекладу.

IEC 60870 Пристрої та системи телемеханіки ----- EN/IEC 60870 Обладнання та системи телеконтролю

Заходи щодо впровадження сучасних європейських та міжнародних стандартів у сфері розвитку "розумних мереж" на період до 2035 року

Основним завданням в сфері стандартизації на базі концепції «розумних мереж» є забезпечення дотримання єдиних вимог щодо інформаційного обміну та комунікацій на всіх ієрархічних рівнях енергосистеми та ринку електричної енергії.

Метою плану заходів з впровадження міжнародних та європейських стандартів для розвитку ОЕС України згідно концепції Smart Grid є нормативно-технічне забезпечення сталого розвитку української енергетики в напрямку підвищення ефективності роботи системи електропостачання, покращенню умов інтеграції ВДЕ та розподіленої генерації, розвиток ОЕС України в умовах синхронної роботи з ENTSO-E та інтеграції ринку електричної енергії з ринками країн ЄС.

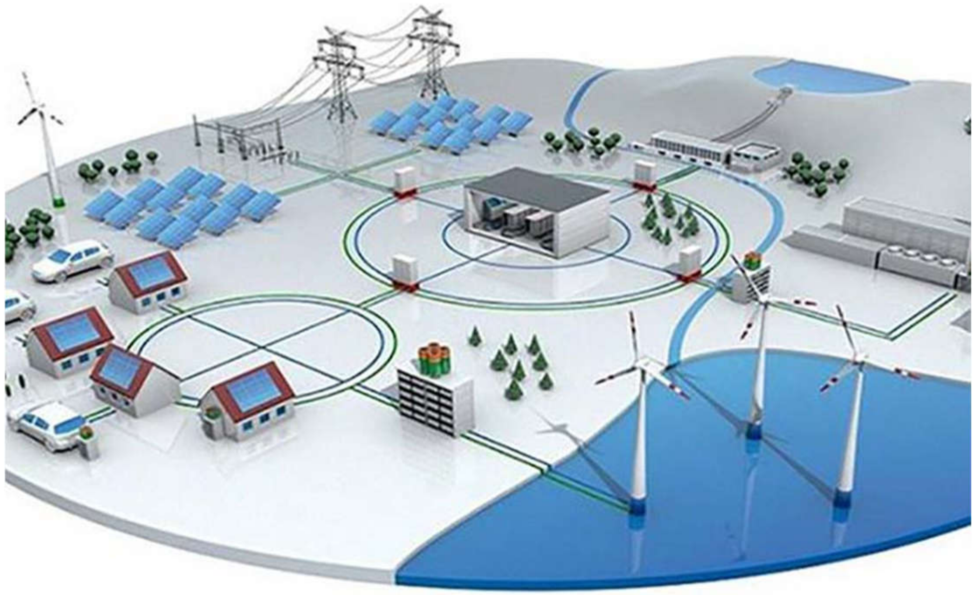
«Концепція впровадження "розумних мереж" в Україні до 2035 року»

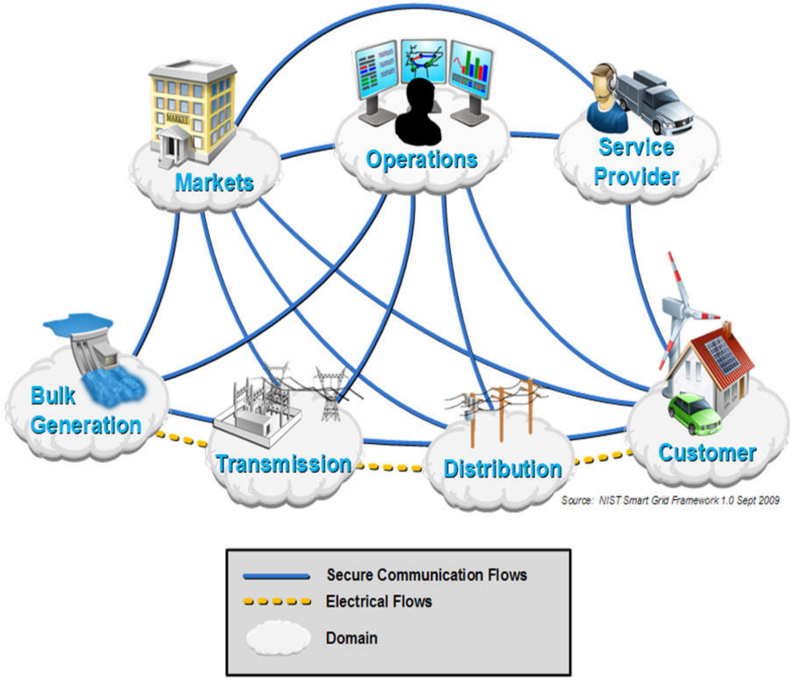
Основними напрямами реалізації Плану є:

- розроблення групи спеціалізованих національних словників в галузі електроенергетики, шляхом перекладу виданого IEC багаточастинного електротехнічного словнику IEC 60050 «International Electrotechnical Vocabulary (IEV)» в частині стандартів, що охоплюють поняття «розумних мереж»;
- впровадження базових (core standards) та пріоритетних стандартів, які є необхідними для функціонування більшості компонентів архітектури Smart Grid та дозволяють реалізувати основу задля побудови сучасних інтелектуальних мереж;
- впровадження стандартів для забезпечення функціонування наступних функціональних систем SmartGrid**,** які є найбільш актуальними для розвитку електроенергетичної системи України, представлені в Плані заходів щодо реалізації Концепції впровадження “розумних мереж” в Україні до 2035 року;
- Розробка покажчика чинних стандартів в галузі «розумних мереж».
- Визначення технічного комітету стандартизації для впровадження серій стандартів розроблюваних SyC Smart Cities «Розумні міста».
- Вжиття заходів щодо розвитку системи стандартизації в галузі електроенергетики та Smart Grid, узгодженість діяльності в відповідній сфері технічних комітетів стандартизації з Міненерго, Оператором системи передачі та Операторами системи розподілу тощо.
- Розробка стандартів організації Оператора системи передачі з організації інформаційного обміну в межах окремих систем Smart Grid у відповідності до вимог сучасних європейських та міжнародних стандартів
- Забезпечення належного представлення роботи Національного електротехнічного комітету України в Міжнародній електротехнічній комісії

КЛЮЧОВІ ЕЛЕМЕНТИ КОНЦЕПЦІЇ SMART GRID

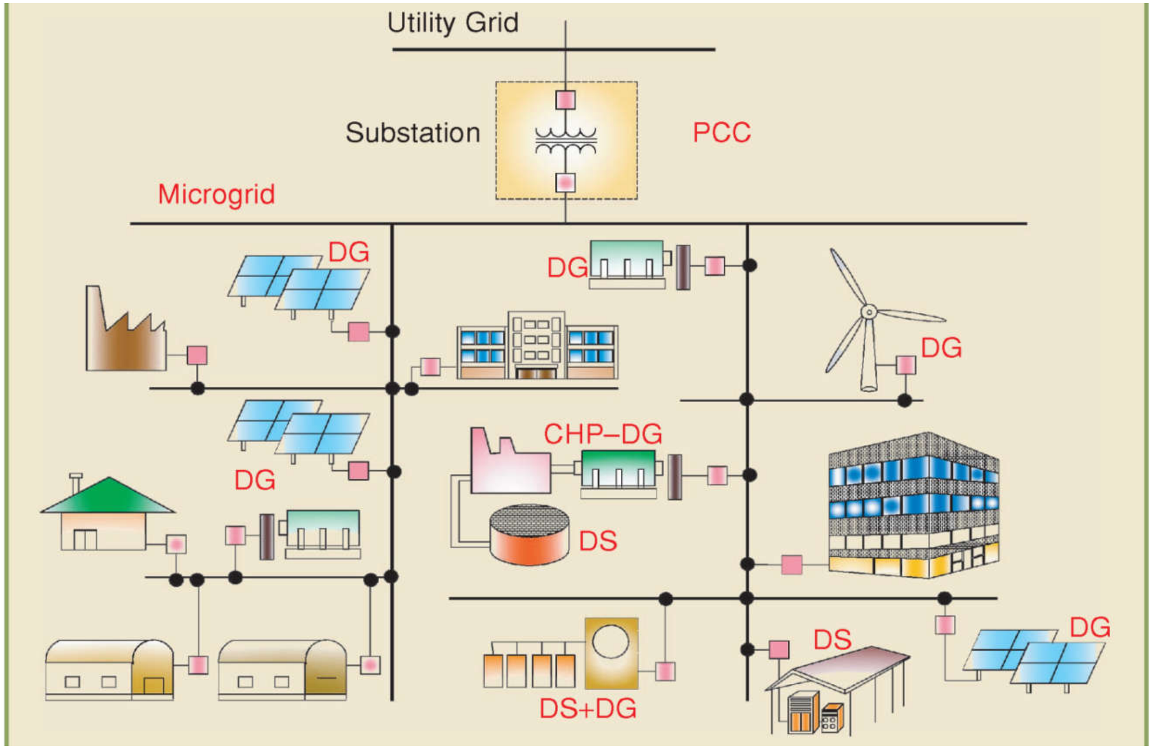
«Розумна» електроенергетична система – орієнтована вирішення проблем оптимізації загальної ефективності та балансу низки взаємопов'язаних енергетичних технологій та процесів, як електричних, так і неелектричних. Досягається завдяки динамічному управлінню попитом і пропозицією; посиленому моніторингу електричних, теплових і паливних складових; контролю та оптимізації обладнання, приладів та послуг; кращій інтеграції розподіленої енергії, а також мінімізації витрат як для постачальників, так і для споживачів.





Узагальнена структура Microgrid

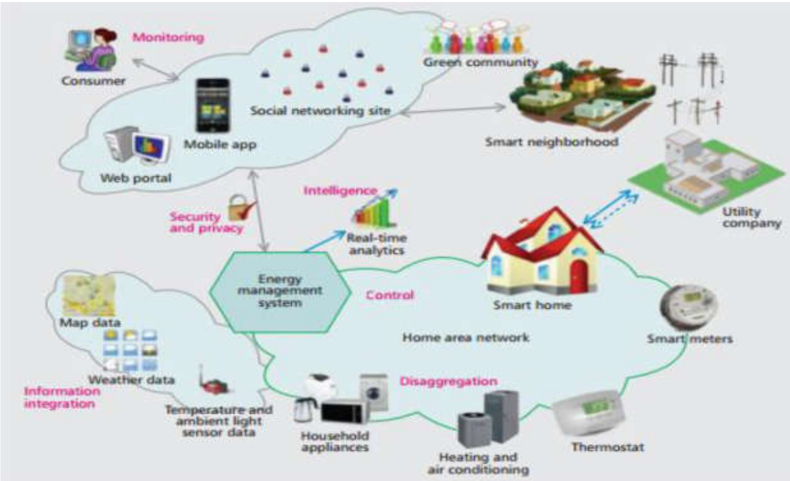
Microgrid - група взаємопов'язаних навантажень та розосереджених енергетичних ресурсів у рамках встановлених електричних межах, що діє як єдиний керований об'єкт мережі та може підключатися або відключатися від мережі, щоб забезпечити їй можливість працювати як у підключеному, так і в острівному режимі.



IEC TS 62898-2:2018 Microgrids

КЛЮЧОВІ ЕЛЕМЕНТИ КОНЦЕПЦІЇ SMART GRID

«Розумна мережа» - є зв’язуючою ланкою між мережею вищого рівня та Microgrid. Вона автоматично відслідковує потоки енергії та відповідно адаптується до змін у попиті та пропозиції. У поєднанні з інтелектуальними системами вимірювання, розумні мережі охоплюють споживачів і постачальників, надаючи інформацію про споживання в реальному часі. За допомогою розумних лічильників споживачі можуть адаптувати – у часі та обсязі – своє споживання енергії до різних цін на енергію протягом дня, заощаджуючи кошти за електроенергію, споживаючи більше енергії в більш низькі цінові періоди



«Розумні» мережеві системи.

- СПОСТЕРЕЖУВАНІСТЬ ТА КОНТРОЛЬОВАНІСТЬ - точне та вчасне визначення стану електричної мережі за допомогою передових технологій моніторингу, контролю та вимірювання.
- АНАЛІЗ СИТУАЦІЇ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ – контроль та своєчасне прийняття рішень в залежності від стану елементів та параметрів процесу.
- САМОАДАПТАЦІЯ ТА САМОВІДНОВЛЕННЯ - оцінювання ситуації та визначення шляхів запобігання виникненню перебоїв в живленні та аварійних ситуацій, локалізація несправностей.
- ІНТЕГРАЦІЯ ВІДНОВЛЕНИХ ДЖЕРЕЛ В МЕРЕЖЕВІ СТРУКТУРИ – забезпечення умов підключення відновлюваних джерел до мережі, в тому числі через з мікромережі та підтримка ефективного та безпечного виконання послуг з доставки енергії для споживачів.

Цифрова трансформація та Smart Grid: нові можливості

Сьогодні основна увага зосереджена на забезпеченні функціонування інфраструктури, і, відповідно, концепція Smart Grid в центрі уваги досліджень і застосувань для енергетичної інфраструктури.

Базуючись на концепції Smart Grid цифрова трансформація електроенергетичної системи розглядається як ширша концепція із значними соціальними компонентами, а не лише технологічними інноваціями.
Головною метою є створення гнучкого відкритого ринку електричної енергії з рівною можливістю участі кожного учасника.

По відношенню до концепції Smart Grid, процес цифрової трансформації міститиме низку нових факторів:
– залучення нових агентів та нові бізнес-моделі, які можуть виникнути в результаті такої участі;
– більша увага до об'єднання технологічних сфер, а потім, відповідно, до конвергенції інтелектуальних мереж та інтелектуальних міст;
– нові концепції та технології, які з'являються на різних фізичних рівнях завдяки розширеній ролі, яку відіграють сучасні інформаційні технології в новій цифровій енергетичній системі.

Цифрова трансформація відкриває нові можливості для випереджаючого розвитку мережевої інфраструктури нашої країни *зі збільшенням прибутковості бізнесу електромережевих та локальних генеруючих компанії, а також* ***формує цілу низку нових наукових та науково-практичних задач****, дає можливості для вирішення найбільших проблем, з якими стикається енергетика, зокрема, можливості покращити енергетичну безпеку та екологічну стійкість.*

Національна академія наук України
Інститут
електродинаміки

Дякую за увагу!

Заступник директора інституту з наукової роботи
д-р техн. Наук, проф. ІГОР БЛІНОВ
тел. (044) 366-24-43
blinovihor@gmail.com