

**Волошинов С.А.**

*Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон*

## **СТВОРЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ ЗАСОБАМИ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ**

**Вступ.** Україна офіційно приєдналася до європейської енергетичної системи ENTSO-E 16 березня 2022 року, що дозволило синхронізувати українські та європейські електромережі. Таким чином Україна стала частиною "енергетичного Євросоюзу", що підвищило її енергетичну безпеку, дозволило отримувати електроенергію з ЄС у разі пошкодження інфраструктури та відкрило можливість надалі для експорту української електроенергії до Європи.

Важливою частиною політики Європейського Союзу у галузі електроенергетики є комплекс заходів, що об'єднаний терміном «енергетичний перехід». 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»: декарбонізація, децентралізація, діджиталізація.

**Основна частина.** Саме цифровізація передбачає перехід до широкого 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, перетворення, передачі до обладнання кінцевих споживачів.

Цифрова трансформація – це зміна звичних технологічних процесів завдяки цифровим технологіям та 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 технологічні ланцюжки та розробляти стійкі стратегії виробництва і постачання енергії, а також відкриває нові можливості для випереджаючого розвитку мережевої інфраструктури нашої країни зі збільшенням прибутковості бізнесу електромережевих та локальних електрогенеруючих компаній. 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.

Інтеграція цифрових технологій в сучасні автоматизовані системи керування 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 «розумна мережа» (Smart Grid). «Розумна»

електроенергетична система орієнтована на вирішення проблем з 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.

«Розумна мережа» є зв'язуючою ланкою. 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 [1].

Сучасна науково-технічна спільнота дедалі активніше звертається до інтелектуалізації процесів технічного моніторингу систем та мереж, зокрема через використання цифрових двійників як перспективного засобу діагностики електромереж та обладнання.

Цифрові двійники – це віртуальні відображення фізичних об'єктів, побудовані на основі математичних моделей і даних з реальних сенсорів, які дозволяють у реальному часі відтворювати, моделювати та прогнозувати поведінку об'єкта [2].

Цифровий двійник складається з трьох ключових компонентів:

- 1) Фізичний об'єкт (сонячна електростанція, трансформатор).
- 2) Віртуальна модель, яка описує фізичні та функціональні характеристики.
- 3) Канал двостороннього обміну даними для синхронізації станів у реальному часі.

Існують такі типи цифрових двійників:

- Двійники компонентів;
- Двійники процесів;
- Двійники систем;
- Двійники енергомереж [3].

Цифрові двійники є ключовим елементом енергетичної цифрової трансформації, що дозволяє адаптуватися системі на зміни, прогнозувати ризики та скорочувати витрати. Їхнє широке впровадження можливе лише за умови поєднання експертної інженерної практики, інфраструктури автоматизації та сучасних цифрових технологій.

**Висновки.** Цифрова трансформація електроенергетики відкриває нові можливості для випереджаючого розвитку мережевої інфраструктури, 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.

Цифрові інструменти дозволяють створювати адаптивні, стійкі, автономні та високоефективні енергетичні комплекси. Практичний досвід підприємств,

свідчить про реальну доцільність інтеграції «розумних мереж», цифрових двійників, SCADA-систем, IoT та штучного інтелекту в сучасну енергетику, що дозволяють скоротити витрати на технічне обслуговування до 30% та підвищити ефективність до 20% [4].

### Список використаної літератури

1. Smart Grids European Technology Platform [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.smartgrids.eu> (дата звернення 20.10.2025).
2. Тао, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital Twin in industry: State-of-the-art. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(4), 2405–2415. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2873186>
3. Bosch. Digital Twin Technology in Industry 4.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bosch.com/stories/digital-twin-technology/> (дата звернення: 20.10.2025).
4. Siemens Energy. Digital twins in power industry: White Paper. – Munich: Siemens AG, 2023. – 27 p.