

УДК 621.35

Левченко Н.М.<sup>1</sup>, Севастьянов Р.В.<sup>2</sup>, Жаворонков І.С.<sup>3</sup>, Чеботар М.О.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> д.держ.упр., проф. кафедри бізнесу та управління, НУ «Запорізька політехніка» м. Запоріжжя, Україна

<sup>2</sup> к.е.н., доц. кафедри бізнесу та управління, НУ «Запорізька політехніка»

<sup>3</sup> здобувач вищої освіти, НУ «Запорізька політехніка», співзасновник та керівник проекту ENERCORE, Україна

<sup>4</sup> співзасновник та головний розробник проекту ENERCORE, Україна

### **ENERCORE — ІННОВАЦІЙНА СИСТЕМА МАХОВИКОВОГО ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ З МАГНІТНОЮ ЛЕВІТАЦІЄЮ**

Проект EnerCore, розроблений у відповідь на глобальні виклики енергетичної трансформації, набуває особливої актуальності в контексті зростання частки відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова генерація, які, попри свої екологічні переваги, характеризуються високим рівнем нестабільності та залежності від погодних умов. Така ситуація вимагає не лише модернізації існуючих інфраструктур електропостачання, а й впровадження абсолютно нових технологій накопичення енергії, здатних ефективно зберігати надлишкову енергію в періоди пікової генерації та оперативно повертати її в мережу в моменти підвищеного попиту. Саме на ці потреби відповідає технологічна концепція, закладена в основу ініціативи EnerCore, яка передбачає створення нового покоління маховикових накопичувачів енергії з використанням інноваційної технології магнітної левітації.

Особливістю цієї розробки є комплексне поєднання ряду передових технологій: використання безконтактного підвісу роторів на основі магнітної левітації, що практично повністю усуває механічне тертя між обертовими елементами, дозволяє значно зменшити втрати енергії у стані холостого ходу, а також істотно подовжує строк експлуатації обладнання. До цього додається використання вакуумного середовища з метою усунення опору повітря та зниження загального енергоспоживання системи. Високоточна система стабілізаційних підвісок забезпечує стійкість ротора навіть на надвисоких швидкостях обертання, що дозволяє досягти високої щільності накопичення

енергії. Імпульсне електромагнітне керування за допомогою вмонтованих котушок у статорі гарантує точність, надійність та високу реактивність у регулюванні режимів заряджання та розряджання накопичувача.

Важливою складовою комплексу є програмне забезпечення, яке не лише відповідає за керування технічними аспектами функціонування накопичувачів, але й виконує роль «розумного мозку» системи, здійснюючи аналіз поточних режимів споживання та генерації енергії в режимі реального часу. Завдяки алгоритмам інтелектуального балансування та інтеграції засобів штучного інтелекту, система здатна самостійно адаптувати параметри своєї роботи до змін навантаження, прогнозувати пікові періоди споживання, мінімізувати втрати та забезпечувати ефективний обмін енергією з мережею. Такий рівень автономності дозволяє не лише знизити витрати на експлуатацію, але й уникнути перевантажень, коливань напруги та інших ризиків, що характерні для сучасних енергетичних систем, особливо в умовах децентралізованої генерації.

Проект EnerCore має чітко сформульовану стратегію технологічного розвитку, яка охоплює весь життєвий цикл продукту — від формування концептуального дизайну та проведення лабораторних досліджень до виготовлення прототипів, організації випробувальних стендів, розгортання серійного виробництва та виходу на глобальні ринки. Ключовим етапом на початковому етапі реалізації є створення функціонального прототипу, який дозволяє перевірити працездатність системи в умовах, максимально наближених до реальних, а також здійснити глибоку техніко-економічну оцінку ефективності розробки. На основі результатів випробувань буде здійснено оптимізацію конструкції, добір найкращих матеріалів і компонентів, а також розроблено фінальний варіант продукту, що відповідатиме найвищим стандартам якості, надійності та безпеки.

Виробнича інфраструктура EnerCore вибудовується як міжнародна мережа високотехнологічних об'єктів, кожен із яких виконує конкретні функції в межах єдиного ланцюга створення доданої вартості. Головні науково-дослідницькі, виробничі та адміністративні центри розташовуються в Німеччині — країні з розвиненою інноваційною екосистемою, високим рівнем технологічної культури та доступом до професійних інженерних кадрів. Паралельно з цим, допоміжні виробничі потужності, орієнтовані на виготовлення комплектувальних, попередню збірку та логістичну підтримку, розгортаються в Україні та Китаї — державах із потужною промисловою базою, конкурентною вартістю ресурсів і зручним розташуванням щодо ключових торговельних шляхів. Така географічна структура забезпечує гнучкість, економічну ефективність і стабільність функціонування проєкту.

Інфраструктура проєкту EnerCore (табл. 1) охоплює всі основні елементи, необхідні для повного циклу виробництва, випробувань,

зберігання, досліджень та адміністративного управління. Вона розроблена таким чином, щоб забезпечити ефективну взаємодію між виробничими та інженерними підрозділами, а також створити комфортні умови для персоналу.

Таблиця 1 - Інфраструктура проєкту EnerCore

| Об'єкт                   | Призначення                      |
|--------------------------|----------------------------------|
| Цех нижньої платформи    | Складання основних елементів     |
| Цех намотки маховиків    | Виготовлення маховиків           |
| Випробувальний центр     | Тестування готової продукції     |
| Офіс із зоною відпочинку | Адміністративна діяльність       |
| Склади                   | Зберігання сировини та продукції |
| Лабораторія тестування   | Технологічні дослідження         |

Логістика проєкту організована з урахуванням міжнародного масштабу виробництва та розподілу об'єктів у трьох країнах — Німеччині, Україні та Китаї. Основна частина перевезень сировини, компонентів та готової продукції по Європі здійснюється залізничним транспортом за участі компанії DB Cargo, що дозволяє ефективно й економічно транспортувати великі обсяги вантажу. Для важкої техніки та обладнання використовується автотранспорт від логістичних операторів DSV та DHL Freight. Також налагоджено міжнародну логістику для експорту продукції до США та країн Азії — через морські порти з урахуванням необхідних митних процедур і спеціальних умов транспортування.

З фінансової точки зору, стартова модель проєкту передбачає залучення інвестиційного капіталу на загальну суму близько 1,87 мільйона євро на перший рік, які розподіляються між основними статтями бюджету: заробітна плата основного персоналу (що включає 19 висококваліфікованих фахівців — інженерів, техніків, науковців, операторів і менеджерів), закупівля сировини й матеріалів, оренда офісних і виробничих приміщень, логістичні витрати, просування продукту на ринку, амортизація обладнання, створення резервного фонду та страхування ризиків. Передбачено механізми індексації та коригування бюджету з урахуванням інфляційних процесів, валютних коливань і можливих надзвичайних ситуацій. У центрі фінансової

політики — не лише економічна ефективність, а й забезпечення стабільного функціонування та довготривалого розвитку ініціативи.

Важливим напрямом розвитку проєкту є людський капітал. EnerCore інвестує в системну підготовку персоналу, підвищення кваліфікації, залучення експертів із провідних наукових шкіл, формування корпоративної культури, орієнтованої на сталий розвиток, відкритість до інновацій та міждисциплінарну взаємодію. Внутрішні нормативні процедури передбачають впровадження політик якості, безпеки, охорони довкілля, а також розбудову структур управління знаннями та проєктами.

Для виходу на міжнародні ринки передбачено здійснення повного циклу сертифікації обладнання відповідно до міжнародних стандартів (зокрема CE, ISO 9001, ISO 14001), що відкриває доступ до європейських, азійських та американських ринків. Крім того, ведеться робота з реєстрації патентів та торговельних марок, формування портфелю інтелектуальної власності, що забезпечує конкурентні переваги та захист розробок від несанкціонованого використання. Просування продукту здійснюється через B2B-комунікаційні канали, у тому числі LinkedIn, YouTube, Twitter/X, Reddit, WeChat, галузеві конференції, інвестиційні форуми та виставки. Контент-стратегія включає технічні кейси, демонстраційні відео, інфографіку, інтерв'ю з розробниками, що підвищує рівень довіри потенційних клієнтів та інвесторів до продукту.

Особливу увагу команда EnerCore приділяє інтеграції елементів штучного інтелекту в процеси управління накопичувачами. Використання машинного навчання дає змогу створити адаптивні моделі прогнозування споживання та генерації енергії, що базуються на великих масивах історичних і поточних даних. У довгостроковій перспективі це дозволить створити систему, здатну до самооптимізації, автономного прийняття рішень і вдосконалення алгоритмів у процесі експлуатації без втручання людини. Таким чином, технологія стає не просто інструментом зберігання енергії, а інтелектуальним учасником енергосистеми нового покоління.

У своїй сукупності, EnerCore виступає як інноваційна платформа, що акумулює інженерну майстерність, наукову новизну, бізнес-стратегію та глобальну кооперацію задля створення продукту, який здатен змінити правила гри в секторі зберігання енергії. Його впровадження дозволить не лише підвищити надійність та ефективність електричних мереж, а й закладе основу для нової епохи сталого енергоспоживання, де інновації, екологічна відповідальність та економічна доцільність виступають як взаємопов'язані та взаємодіючі чинники. У результаті реалізації цього амбітного задуму можна очікувати зміцнення енергетичної безпеки, розвиток нових стандартів якості та сталого розвитку, а також зміцнення технологічного суверенітету в глобальному масштабі.