

# ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

## ENERGY EFFICIENCY AND ENERGY SAVING

УДК 621.31

DOI 10.20535/1813-5420.1.2024.297508

О.В. Кириленко<sup>1</sup>, академік НАН України, ORCID 0000-0003-3610-7670

С.П. Денисюк<sup>2</sup>, д-р техн. наук, проф., ORCID 0000-0002-6299-3680

І.В. Блінов<sup>1,2</sup>, д-р. техн. наук, проф., ORCID 0000-0001-8010-5301

<sup>1</sup>Інститут електродинаміки НАН України

<sup>2</sup>Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

### ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ: НОВІ ПРІОРИТЕТИ XXI СТОЛІТТЯ

*Розглянуто розвиток методології менеджменту, поняття енергоменеджменту у сучасних умовах трансформації енергетичного сектору згідно вимог безвуглецевої економіки. Розкрито нові якісні риси, нові сфери застосування енергетичного менеджменту та систем енергетичного менеджменту (СЕМ) при здійсненні енергетичного переходу та реалізації концепції Smart Grid. Встановлено, що сучасний енергетичний менеджмент – це проактивна, організована та систематична координація закупівлі, перетворення, розподілу та використання енергії для задоволення вимог, беручи до уваги екологічні та економічні цілі. На відміну від формування СЕМ згідно серії стандартів ISO 50000, сьогодні набуває актуальності побудова СЕМ, яка забезпечує системну (комплексну) оптимізацію параметрів, структури та режимів різноманітних технічних об'єктів за сукупністю технічних, економічних та екологічних критеріїв.*

*Показано, що СЕМ – це набагато більше, ніж просте технічне рішення для моніторингу параметрів та стану енергетичних систем. Завдяки всебічним прогнозам попиту на енергію та пропозиції ця система виводить управління енергією на абсолютно новий рівень, дозволяючи операторам об'єкту (підприємств, будівель і інтелектуальних мереж та систем) визначати стратегічний напрямок управління енергією, здійснювати його реалізацію та досягати цілей як енергоефективності, так і енергетичної доступності та екологічності (соціальності) прийнятності. Охарактеризовано складові СЕМ для Smart Grid, зокрема: моніторинг (фактичне виробництво енергії, фактичний попит на енергію, стан заряду накопичувача для зберігання енергії, невизначеність ціни); прогноз (виробництво енергії, попит на енергію, мобільне зберігання даних, невизначеність); керування якістю електроенергії (мінімізація втрат, показники якості електроенергії, надійність / комфортність); планування / диспетчеризація / вартість (операційні витрати, зменшення викидів ПГ, максимізація прибутку).*

*Запропоновано, що перспективним напрямком є розгляд СЕМ як системи інформаційно-комунікаційних технологій, яка на системному рівні поєднується з силовими енергетичними процесами, що використовуються операторами електроенергетичних систем та мереж для моніторингу, контролю та оптимізації продуктивності виробництва, передачі та споживання енергетичних ресурсів у системах різного ієрархічного рівня (як ОЕС України, так регіональних та локальних системах, на конкретних енергетичних об'єктах чи окремих енерготехнологіях тощо). На основі аналізу перспективних сфер застосування СЕМ на об'єктах енергетичного сектору визначено сучасні сфери науково-технічних досліджень при побудові систем енергоменеджменту для енергетичних, електроенергетичних та електротехнічних систем, які доцільно здійснювати в Україні.*

**Ключові слова:** енергетична трансформація, менеджмент, енергоменеджмент, системи енергетичного менеджменту, Smart Grid.

#### Вступ

На сьогодні формування безвуглецевої енергетики характеризується наступними ознаками енергетичної трансформації [1, 2]:

1) перехід до більш гнучкої архітектури енергетичних систем за рахунок зростання частки джерел розосередженої генерації (ДРГ), у тому числі й відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), в енергобалансі, розвитку інтелектуальних мереж [3] і систем (Smart Grid) у взаємозв'язку з вдосконаленням технологій та ринку систем накопичення енергії (СНЕ), появи активних споживачів (prosumer та prosumage);

2) перехід до нового пакету технологій: генерація електроенергії на базі ВДЕ, застосування пристроїв силової електроніки, СНЕ, водневої енергетики, цифрових платформ (Cloud-технології) та великих даних (Big Data), Інтернету речей (Internet of Things), фінансових технологій з розширеними можливостями, зокрема, блокчейн;

3) перехід до нових бізнес-моделей електроенергетики: від традиційного ланцюжка формування доданої вартості «генерація – трейдинг – передача – збут» до моделі «Інтернету енергії» (Internet of Energy) та надання послуг у sms-середовищі, а також перехід до розвитку нових сервісів типу «Energy as a Service» для систем «виробник – споживач» енергії;

4) трансформація системи регулювання ринку електроенергетики [4], зокрема, перехід від підтримки ВДЕ і конкуренції на ринку електроенергії до пріоритету підтримки споживача, перехід до «гнучкого» ринку, інтеграції локальних рішень, а також від постачання енергії до створення енергетичних хабів.

Доступна та чиста енергія (Affordable and Clean Energy) значиться серед сімнадцяти Цілей сталого розвитку (Sustainable Development Goals) Програми розвитку ООН.

Сучасний розвиток енергетичного сектору можемо охарактеризувати як поетапну реалізацію концепції 3D (Decarbonization, Decentralization, Digitalization), складові якої передбачають [1, 2, 5]:

**Декарбонізація (Decarbonization)** – відмова від традиційних джерел енергії (виплоного палива: нафти, кам'яного вугілля, природного газу, торфу та ін.) та перехід на ВДЕ, нові технології накопичення енергії; створення нових ринків для ВДЕ-генерації та нових способів збереження надлишку електроенергії;

**Децентралізація (Decentralization)** – нарощування частки ДРГ (включаючи ВДЕ, накопичувачі енергії тощо), які утворюють локальні кластери виробництва / споживання та підключені до загальної мережі чи працюють автономно, а також впровадження нових додатків спрямованих на розширення меж та динаміки розвитку енергетичної системи;

**Діджиталізація (Digitalization)** – перехід до реалізації концепції Smart Grid електричних мереж, створення та впровадження нових бізнес-моделей, сервісів та ринків на основі цифрових технологій; використання нових методів керування, що орієнтовані на покращення постачання від ВДЕ-генерації, зменшення впливу мережових обмежень, знижуючи необхідність посилення мережі та полегшуючи умови участі такої генерації на ринку, посилення гнучкості електроенергетичної системи.

При переході від енергетичних систем, заснованих на виплоному паливі, до інтелектуальних і стійких енергетичних систем можемо виділити дві сторони процесів [6]:

– цифровий перехід (Digital Transition) – інструменти та рішення: штучний інтелект (Artificial Intelligence, AI), великі дані, Інтернет речей, інтелектуальні датчики, онлайн-платформи, багатофункціональні пристрої, машинне навчання, цифрові близнюки;

– енергетичний перехід (Energy Transition) – інструменти та рішення: вітрова та сонячна енергетика, «зелений» водень, теплові насоси, енергозбереження, заходи з енергоефективності.

Складові інтелектуальних та стійких енергетичних систем близького майбутнього:

– революція із застосуванням ВДЕ: гнучкі енергетичні системи, децентралізоване виробництво електроенергії, покращення керування ВДЕ та мережевою інфраструктурою.

– енергозбереження та ефективність: ефективне керування, кращі будівлі, вдосконалені промислові процеси, чистіший і розумніший транспорт та мобільність, сталі високоефективне сільське господарство.

Це все поєднується ефективним керуванням як силовими, так і інформаційними процесами. На сьогодні технологічний прогрес у розвитку технологій генерації, передачі та споживання електроенергії окремих об'єктів обумовлює визначення як перспективного напрямку побудову багатофункціональних систем керування, які отримали назву енергетичного менеджменту.

Проведений аналіз підтверджує, що формування сучасних інтелектуальних енергетичних та електроенергетичних систем різноманітного призначення базується на такому важливому елементі як керування – менеджменті, який в сучасних умовах набуває нових рис, складових та сфер застосування. У нашій країні на сьогодні такий підхід реалізується в рамках «Концепції впровадження «розумних мереж» в Україні до 2035 року», схваленої розпорядженням КМУ від 14 жовтня 2022 р. № 908-р.

Тенденції розвитку теорії енергоменеджменту та власне особливості застосування енергоменеджменту, зокрема, формування системи енергетичного менеджменту (СЕМ) [Energy Management System (EMS)] в енергетичних та електроенергетичних системах розглядаються в статті.

## **1. Загальна характеристика методології менеджменту**

**Менеджмент** (англ. Management – управління, система управління) – це сукупність сучасних технологій, принципів, методів, засобів та форм діяльності, спрямованих на підвищення ефективності роботи різних об'єктів, зокрема, підприємств чи електроенергетичних систем [7–10]. Надалі будемо використовувати як аналог терміну менеджмент два визначення:

– управління – менеджмент загальних систем (підприємства, організації, установи із залученням людини);

– керування – менеджмент технічних систем (енергетичних, електроенергетичних та електротехнічних).

Менеджмент представляється як процес, завершальною або результативною точкою якого є конкретний результат у вигляді отриманої продукції та досягнутих результатів. Менеджмент є системою, що складається з окремих частин, елементів, структура яких спрямована на обробку ресурсів, які входять до її складу, та їх трансформація в кінцевий результат.

Концепцію менеджменту варто комплексно розглядати як теоретичну платформу управління [7]. Можемо виділити наступні підходи до менеджменту: процесний, функціональний, системний, ситуаційний, холістичний.

**Процесний підхід** трактує управління як серію безпосередніх взаємопов'язаних дій. Ці дії, кожна з яких сама по собі вже є процесом, значною мірою визначають успіх діяльності організації. Вони дістали назву «управлінські функції». Процесний підхід базується на визначенні функцій менеджменту, які розглядаються як взаємопов'язані. Управління сприймається як процес, як серія безперервних взаємозалежних дій. Ці дії, кожна з яких також є процесом, називають управлінськими функціями. Сума всіх функцій і є процесом управління. Процес управління містить функції планування, організування, мотивації, контролювання та регулювання [7, 8].

**Функція планування** передбачає рішення про те, якими мають бути цілі об'єкта (організації, підприємства) і що слід зробити, щоб досягти їх. Передусім треба відповісти на такі питання: стан справ, бажані результати, шляхи досягнення їх. Планування – це один з способів, за допомогою якого керівництво спрямовує зусилля всіх членів колективу на досягнення його загальних цілей.

**Функція організування.** Організувати – означає створити деяку структуру з метою досягнення певної мети. Сюди входить розподіл функцій між елементами об'єкта (системи), делегування завдань і повноважень. Функція організування забезпечує організованість, дисципліну, відповідальність за покладені функціональні обов'язки на рівні підприємства як об'єкта.

**Функція мотивування.** Керівник має завжди пам'ятати, що навіть прекрасно складений план, найдосконаліша структура організації втрачають зміст, якщо працівники не виконують доручену їм роботу або виконують її неякісно, безініціативно. Функція мотивування спрямована на забезпечення виконання працівниками підприємства делегованих їм обов'язків. Для цього на об'єкті (підприємстві) мають бути створені умови для матеріальної та моральної зацікавленості працівників у виконанні робіт.

**Функція контролювання** – це процес забезпечення досягнення об'єктом своїх цілей. Існує три аспекти управлінського контролю: встановлення стандартів, зміни того, що було фактично досягнуто за відповідний період, порівняння досягнутого з очікуваним результатом. Розглянуті функції управління мають загальну характеристику: всі вони потребують прийняття рішення. Тому прийняття рішення і комунікації належать до сполучних процесів управління [8].

**Функція регулювання** – вид управлінської діяльності, спрямований на усунення відхилень, збоїв, недоліків тощо в керованій системі шляхом розроблення і впровадження керуючою системою відповідних заходів.

Особливість регулювання полягає в тому, що, на відміну від функцій планування, організування та мотивування, які удосконалюються безпосередньо в керуючій системі організації, регулювання, як і контролювання, вдосконалюється у керуючій та керованій системах.

**Системний підхід.** Система розглядається як деяка цілість, що складається із взаємозалежних частин (сукупність взаємопов'язаних елементів), кожна з яких певною мірою характеризує ціле та має розглядати об'єкт (наприклад, підприємство) зі складниками, як люди, структура, завдання, технологія, що орієнтовані на досягнення певних цілей і тісно переплетені з зовнішнім світом (кожен із яких робить свій внесок у характеристику цілого об'єкта, є системами в управлінні). Вихідним положенням системного підходу є поняття мети, наявність якої – найважливіша ознака високого рівня об'єкта, яким дана система відрізняється з інших. Системний підхід – спосіб мислення щодо організації дій чи управління, а не набір принципів для управляючих.

Типи систем: закриті – мають жорсткі фіксовані межі, її дії незалежні від навколишнього зовнішнього середовища; відкриті – характеризуються взаємодією з навколишнім (зовнішнім) середовищем та здатні адаптуватися (приспосовуватися) до нього.

**Ситуаційний підхід** ґрунтується на тому, що пріоритетність методів управління визначається ситуацією. Через те, що існує низка визначальних складників як у самому об'єкті, так і у зовнішньому середовищі, не існує єдиного «кращого» методу управління. Щодо конкретної ситуації найефективнішим є той, що найбільш повно відповідає її суті.

**Функціональний підхід.** Поставлена задача менеджменту розглядається як сукупність функцій, які необхідно виконувати для задоволення управляючої системи. Після визначення необхідних управлінських функцій розробляється декілька альтернативних варіантів і обирається кращий з них. При впровадженні функціонального підходу йдуть від зворотнього – від необхідних результатів.

**Холістичний підхід** передбачає розуміння взаємовідносин між суб'єктами як системи, де кожен

компонент впливає на ефективність всього ланцюга. Складові холистичного підходу: вища пріоритетність цілого над його складовими; активність стосовно елемента, виходячи із змісту цілого; встановлення змісту складової за рахунок вивчення її зав'язків в межах цілого; уточнення властивостей одного із елементів шляхом вивчення природи усіх інших складових; застосування заходів, що впливають на фізичну та інформаційну складові об'єкта керування.

На сьогодні постала загальноприйнятою так названа піраміда менеджменту (див. рис. 1) [9, 10]:

- **Верхній рівень** – інституційний рівень (управління вищої ланки (Top Management));
- **Середній рівень** – управлінський рівень (управління середньої ланки (Middle Management));
- **Нижній рівень** – технічний рівень (управління низової ланки (Down Management)).

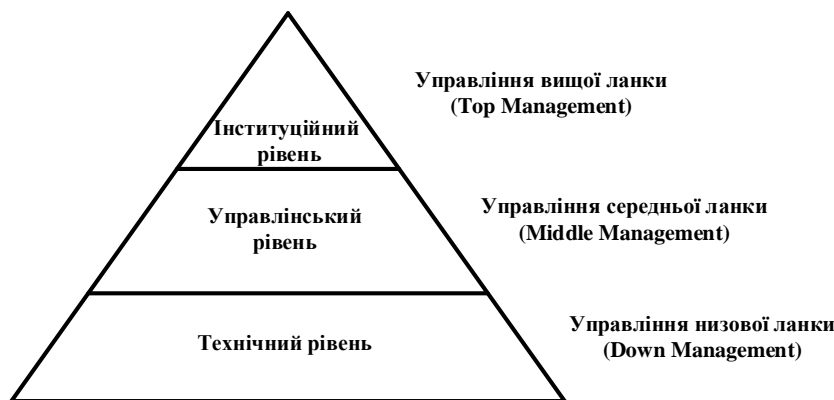


Рисунок 1 – Піраміда менеджменту

При розгляді об'єкта, як технічної системи, знайшли свій розвиток (сформувались) такі напрямки менеджменту як інженерний, технічний та технологічний [10–13].

**Інженерний менеджмент** (англ. Engineering Management) – галузь менеджменту і наукова дисципліна, яка вивчає та застосовує інженерні принципи в плануванні і оперативному управлінні в промисловості та на виробництві. Інженерний менеджмент поєднує в собі управлінську, технічну, наукову, економічну та правову складові.

**Технічний менеджмент** – це систематичні дії, які здійснюються для розгортання системи або процесу та для збалансування їх вартості, ефективності та можливості підтримки протягом життєвого циклу, метою якого є збільшення терміну експлуатації інженерних мереж і конструктивних елементів об'єкта, підвищуючи їх експлуатаційні якості за рахунок своєчасного обслуговування та профілактичних заходів, що, в свою чергу, збільшує термін їх експлуатації, а відповідно й прибутковість об'єкта.

**Технологічний менеджмент** – управління технологічними ресурсами елементів об'єкта: виявлення та комерційна оцінка технологічних можливостей; управління дослідженнями та розробками; інтеграція технології у спільну діяльність компанії; стратегічне керування інтелектуальною власністю; підтримка конкурентоспроможності, просування ринку нових продуктів; управління поточними та радикальними інноваціями; управління життєвим циклом продукту та асортиментом продукції, у тому числі управління процесами заміни застарілих технологій та обладнання; формування інноваційної культури персоналу; управління якістю продукції; управління інтелектуальною власністю тощо.

При реалізації завдань менеджменту реалізується цикл Демінга PDCA (Plan – Do – Check – Act) як чотириетапний підхід до вдосконалення (безперервного поліпшення процесів) процесів і завдань [14, 15]:

**Проектування:** формалізація стратегії, проектування бізнес-процесів, проектування організаційної структури, імітаційне моделювання та функціонально-вартісного аналізу, розробка технічного завдання на впровадження системи;

**Впровадження:** формування регламентуючої документації (алгоритмів), доведення документації до співробітників (елементів системи);

**Контроль:** контроль показників, контролінг бізнес-процесів з урахуванням даних систем;

**Аналіз:** аналіз показників, аналіз невідповідностей та його наслідків.

Реалізація циклу PDCA вимагає приділяти значну увагу особливостям визначення поняття «процедури» та «процесу»:

**Процедура** – дія чи взаємопов'язана послідовність дій для отримання вигоди або виконання зобов'язання.

**Процес** (лат. Processus – рух; англ. Process, нім. Prozess):

– послідовна зміна предметів і явищ, що відбувається закономірним порядком;

– сукупність ряду послідовних дій, спрямованих на досягнення певного результату;

– послідовна зміна станів об'єкту в часі.

Так, «**виробничий процес**» (англ. Manufacturing Process) – це систематичне та цілеспрямоване змінювання в часі й просторі кількісних та якісних характеристик засобів виробництва і робочої сили, для отримання готової продукції з вихідної сировини, згідно із заданою програмою; «**технологічний процес**» – частина виробничого процесу, сукупність технологічних операцій, які виконуються планомірно й послідовно в часі та просторі над однорідними або аналогічними предметами, у результаті яких змінюється агрегатний стан, місце розташування чи властивості предмета праці, що має закінчений за виробничим призначенням характер.

## **2. Загальне поняття енергоменеджменту: вітчизняний та закордонний досвід**

Ще у 1994 р. **Законом України «Про енергозбереження»** (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 30, ст.283) (м. Київ 1 липня 1994 року № 74/94-ВР); {Закон втратив чинність на підставі Закону № від 21.10.2021} було унормовано низку понять та визначень. Так, було визначено, що «**енергозбереження**» – це діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів [16].

Згідно Закону України «Про енергозбереження» **менеджмент з енергозбереження** – це система управління, спрямована на забезпечення раціонального використання споживачами паливно-енергетичних ресурсів (система управління, яка забезпечує роботу суб'єкта господарювання, при якій споживається тільки необхідна для виробництва кількість палива і енергії).

**Система енергетичного менеджменту** – частина загальної системи управління підприємством, яка включає в себе організаційну структуру, функції управління, обов'язки та відповідальність, процедури, процеси, ресурси для формування, впровадження, досягнення цілей політики енергозбереження.

У подальші 10 – 15 років в Україні в залежності від сфери застосування було сформована та застосовувалась низка визначень, які характеризували енергетичний менеджмент з різних сторін [14–16].

**Енергетичний менеджмент** є ефективним інструментом для підвищення конкурентоздатності підприємства, шляхом скорочення видатків на придбання енергетичних ресурсів і їх нераціональних втрат.

**Енергоменеджмент** – це система, що включає: моніторинг енергоспоживання; аналіз існуючих показників як основи для складання нових бюджетів та розрахунків; розроблення інноваційних, безвідходних, та прибуткових технологій; планування нових енергозберігаючих заходів, їх розроблення та впровадження; організацію впровадження систем енергетичного менеджменту у економіку країни.

**Енергетичний менеджмент** – це постійно діюча система керування енергоспоживанням, яка дозволяє значно оптимізувати обсяги енерговитрат, прогнозувати і контролювати процеси вироблення, транспортування та використання необхідної кількості енергоресурсів для забезпечення господарської діяльності об'єктів.

**Енергетичний менеджмент** – це управлінська і технічна діяльність персоналу об'єкту господарювання, що направлена на раціональне використання енергії, із врахуванням соціальних, технічних, економічних і екологічних аспектів з метою забезпечення ефективних шляхів реалізації енергозберігаючої стратегії суб'єкту господарювання.

**Енергетичний менеджмент** як наука розглядався за низкою напрямів, зокрема [14, 15]: організація обліку енергоносіїв і забезпечення споживачів постійної інформацією про рівень споживання; моніторинг ринку передових технологій та енергоефективного обладнання; організація енергетичного аудиту; складання енергобалансів та розробка раціональних схем виробництва, транспортування, зберігання та споживання енергоносіїв з мінімальними втратами та фінансовими витратами на всіх рівнях.

В результаті була сформована багаторівнева структура енергоменеджменту України [14, 15, 17, 18], складовими якої було визначено:

1) **Рівень державного управління енергоменеджментом (задачі)**: розробка енергетичної політики та стратегії на підставі економічної стратегії держави; складання та аналіз енергобалансів виробництва та споживання енергоресурсів; виявлення та фінансування розробок фундаментальних технологій виробництва енергії; розробка енергетичної бази та участь у законодавчій ініціативі з цінової та податкової політики;

2) **Галузевий рівень (міністерства) управління енергоефективністю**: розробка галузевих енергетичних балансів; прогнозування розвитку галузі; дослідження технологічних особливостей галузі в сфері виробництва та використання енергії; здійснення та фінансування НДДКР в енергетичній сфері для конкретної галузі; розробка та введення в дію галузевих стандартів з енергоменеджменту;

3) **Регіональний рівень управління енергоефективністю**: розробка енергетичних балансів прогнозування розвитку регіону на основі енергоаудиту; інформаційна та освітня діяльність у сфері підвищення енергоефективності; аналіз потенціалу місцевих енергоресурсів шляхів зменшення споживання енергії в бюджетній і соціальній сферах; аналіз результатів маркетингу енергоефективних

технологій і устаткування; визначення об'єктів для пілотного впровадження; оцінка результатів моніторингу та розробка програми впровадження з визначенням джерела фінансування;

4) **Рівень підприємства/організації/установи управління енергоефективністю:** збір та аналіз інформації про джерела та напрями використання енергетичних ресурсів; розробка енергетичної стратегії підприємства та планів щодо її втілення; залучення персоналу підприємства до виконання цілей енергетичної стратегії. При цьому організаційно-економічний механізм енергозбереження промислових підприємств розглядався як сукупність економічних, організаційних, мотиваційних методів і способів, які направлені на економічно обґрунтоване виявлення та максимальне використання потенціалу енергозбереження з метою мінімізації питомих витрат на виробництво продукції та зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище.

Власне, коли говорити про менеджмент як управління, то згідно піраміди управління (рис. 1) енергетичний менеджмент в Україні, в переважаючій більшості випадків, розглядався як взаємопов'язаність цілей та задач для середнього та верхнього рівня. Нижньому – технічному рівню – увага фактично не приділялася (це не стосується конкретних заходів впровадження енергоефективних технологій, матеріалів та обладнання).

**Згідно Закону України «Про енергетичну ефективність»** (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2022, № 2, ст. 8) (м. Київ 21 жовтня 2021 року № 1818-IX) окремі базові визначення у сфері енергозбереження та енергоефективності було уточнено:

**Економія енергії** – обсяг скорочення споживання енергії, який визначається шляхом зіставлення обсягів споживання, вимірених та/або розрахованих до та після впровадження енергоефективних заходів із забезпеченням нормалізації зовнішніх і внутрішніх умов, які впливають на енергоспоживання.

**Енергетична ефективність** – кількісне співвідношення між роботою, послугами, товарами або енергією на виході та витраченою енергією на вході.

**Система енергетичного менеджменту** – система управління, що визначає енергетичну політику та цілі, енергетичні завдання, плани дій та процеси для досягнення цілей та енергетичних завдань.

Згідно стандарту ДСТУ ISO 50001-2020 «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання»:

– **Енергетична ефективність, енергоефективність** – співвідношення (коефіцієнт) або інший кількісний взаємозв'язок між отриманим результатом (вихідний показник), тобто між виконаною роботою, послугами, виробленими товарами чи енергією, і вхідним показником, тобто вхідним рівнем енерговитрат.

– **Система енергетичного менеджменту, система енергоменеджменту** – набір взаємопов'язаних або взаємодійних елементів, що визначають енергетичну політику та енергетичні цілі, а також процеси і процедури для досягнення цієї політики та цих цілей.

У свою чергу, Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України на сьогодні розглядає енергетичний менеджмент як основу підвищення енергоефективності, компонент енергетичної безпеки та стабільної роботи органу, підприємства, установи [19]. Енергоменеджмент – не тільки контроль за споживанням енергії. Це система, що дозволяє моделювати і прогнозувати енергоспоживання в залежності від зовнішніх і внутрішніх умов та їх мінливості. Система енергоменеджменту позиціонується не лише як інструмент зниження витрат на енергію, але й як стратегічна ініціатива, спрямована на створення стійкої, конкурентоспроможної та відповідальної системи для будь якого об'єкту.

Більш детальні та конкретизовані визначення «енергетичного менеджменту» подають закордонні джерела, що обумовлено більш значними результатами (як в науковій, так і в технічній сферах) [20–25].

• **Енергетичний менеджмент** – це інструмент управління, що забезпечує постійне дослідження та генерацію інформації про розподіл та рівні споживання енергії, а також про оптимальне використання енергоресурсів.

• **Енергетичний менеджмент** включає планування та експлуатацію установок виробництва та споживання енергії, а також розподіл та зберігання енергії. Метою є збереження ресурсів, захист клімату та економія коштів, а користувачі, у свою чергу, мають постійний доступ до необхідної їм енергії.

• **Енергетичний менеджмент** включає, зокрема, незначні дії, такі як моніторинг щомісячних рахунків за електроенергію та оновлення до енергозберігаючих ламп. Це може означати більш масштабні вдосконалення, такі як додавання ізоляції, встановлення світловідбиваючого покриття даху або вдосконалення обладнання HVAC (опалення та охолодження) для оптимізації енергоефективності. Енергетичний менеджмент також включає більш складні дії, такі як створення фінансових прогнозів для введення в експлуатацію послуг відновлюваної енергії та внесення інших удосконалень для споживання чистої енергії та зниження витрат на енергію в найближчі роки.

• **Енергетичний менеджмент** – це процес моніторингу та контролю енергетичних активів для мінімізації споживання та максимізації ефективності та роботи. Це включає оптимізацію використання енергії для досягнення найкращих можливих результатів з економічного та екологічного боку, а також її збереження.

• **Енергетичний менеджмент** – це проактивний і систематичний моніторинг, контроль і

оптимізація споживання енергії підприємством для економії використання та зменшення витрат на енергію. Енергетичний менеджмент включає планування і експлуатацію установок виробництва та споживання енергії, а також розподіл та зберігання енергії.

• **Енергетичний менеджмент** – це проактивна, організована та систематична координація закупівлі, перетворення, розподілу та використання енергії для задоволення вимог, беручи до уваги екологічні та економічні цілі; систематична спроба оптимізувати енергоефективність для конкретних політичних, економічних і екологічних цілей за допомогою методів проектування та управління.

• **Енергетичний менеджмент** пов'язаний з плануванням, моніторингом та керуванням пов'язаними з енергією процесами з метою збереження енергетичних ресурсів та економії витрат на енергію та захисту навколишнього середовища.

• **Енергетичний менеджмент** – це використання та застосування технології, включаючи планування та функціонування як виробництва, так і споживання енергії з метою підвищення енергоефективності організації. Основними цілями енергоменеджменту є збереження ресурсів, економія бюджету та запобігання зміні клімату, а також забезпечення легкого та вкоріненого доступу для всіх до енергетичного спектру.

• **Енергоменеджмент** визначається як реалізація різноманітних оптимізаційних заходів на основі даних для зниження витрат на постачання енергії. Такого зниження витрат можна досягти шляхом оптимізації використання або навіть модернізації існуючих споживачів енергії. Іншою можливістю є додаткове отримання доходів від власних установок з виробництва електроенергії (наприклад, фотоелектричні системи на даху) або від маркетингу гнучких споживачів, таких як електромобільність або електрифіковане тепlopостачання. З цієї причини енергоменеджмент аж ніяк не є синонімом терміну енергоефективність, навіть незважаючи на те, що між цими двома сферами цілком може бути збіг.

Як приклад зазначимо, що першою комплексною СЕМ є система енергоменеджменту для промисловості (виробництва) **Enerize E3**, розроблена компанією Yokogawa (Японія) [26]. Ця система є першою, у якій вдалося візуалізувати ключові показники ефективності (Key Performance Indicators, KPI) у сфері енергозбереження.

**Enerize E3** моделює сторону енергопостачання (обладнання, що постачає енергію) та сторону споживання (обладнання, що споживає та виробниче обладнання) заводу, щоб:

- виявити відходи в енергопостачальному обладнанні та їх кількісне використання;
- підвищення обізнаності енергозбереження в енергоспоживаючих підрозділах;
- виявлення відходів і підвищення ефективності виробничої діяльності.

Компанія Yokogawa сформулила показники KPI для постійної діяльності у сфері енергозбереження як ключові показники ефективності використання енергії та запропонувала використовувати KPI для визначення точок, де можна зберегти енергію, і використовувати їх як критерії управління. **Enerize E3** базується на трьох ключових складових енергоменеджменту підприємства, кожен з яких включає важливі енергетичні KPI: розпізнавання потоку енергії; уточнення систем управління споживчими підрозділами; інтеграція потоку енергії та потоку виробництва товарів (див. рис. 2) [26].

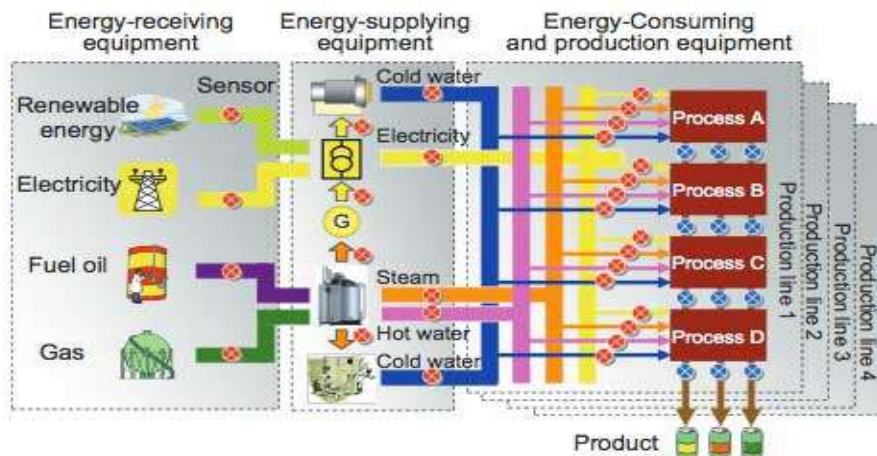


Рисунок 2 – Потоки енергії на заводах Enerize E3 (компанія Yokogawa)

### 3. Систематизація вимог до енергоменеджменту XXI століття

Можемо стверджувати, що **енергетичний менеджмент** сьогодні має розглядатися як проактивний і систематичний моніторинг, контроль і оптимізація споживання енергії об'єктом для економії використання та зменшення витрат на енергію. Він включає планування та експлуатацію установок виробництва та споживання енергії, а також розподіл та зберігання енергії. Метою є збереження ресурсів,

захист клімату та економія коштів, а користувачі мають постійний доступ до необхідної їм енергії. Тобто, *енергетичний менеджмент – це проактивна, організована та систематична координація закупівлі, перетворення, розподілу та використання енергії для задоволення вимог, беручи до уваги екологічні та економічні цілі*. На відміну від формування СЕМ згідно серії стандартів ISO 50000, сьогодні набуває актуальності побудова СЕМ, яка забезпечує системну (комплексну) оптимізацію параметрів, структури та режимів різноманітних технічних об'єктів за сукупністю технічних, економічних та екологічних критеріїв.

Сьогодні СЕМ характеризуються різноманітністю, системністю, комплексністю. Можемо виділити такі різні аспекти енергетичного менеджменту:

- за напрямками типу об'єкту управління з врахуванням, що енергоменеджмент є частиною управління об'єктом (Facility Management);
- енергетичний менеджмент у промисловості та паливно-енергетичному комплексі;
- управління енергією в логістичних операціях і на транспорті;
- енергетичний менеджмент будівель та споруд;
- енергетичний менеджмент у процесі закупівлі енергії;
- особистий енергетичний менеджмент.

Наприклад, на сьогодні знаходять застосування такі напрямки розвитку систем енергоменеджменту: HEMS – системи енергоменеджменту в будівлях, IPMS – системи енергоменеджменту для індустрії, PMS – системи енергоменеджменту в електроенергетиці, EMCS – системи керування для систем енергоменеджменту, EMPS – засоби програмного забезпечення для систем енергоменеджменту та інш. [21–25].

До переваг сучасних СЕМ різних об'єктів можемо віднести: економічні рішення, простота налаштування та обслуговування, можливість визначити ефективне електрообладнання, візуалізація енергоспоживання, можливість перегляду електричних даних і звітів про енергопостачання в реальному часі, зниження вартості енергії, менший вплив на навколишнє середовище, підвищення енергетичної безпеки тощо.

У свою чергу, є актуальними низка питань, які ще потрібно вирішити при реалізації сучасних СЕМ: розвиток енергетичної бази, пристосування до наявної енергетичної бази, операційна економія, зниження фінансових витрат, розробка договорів (алгоритмів, механізмів) на технічне обслуговування, контроль якості, зниження трудомісткості, формування нових «технічних» знань, підвищення масштабованості при централізованому обмеженні. Важливо розробити передове програмне забезпечення з гнучкою архітектурою, яке дозволить працювати з різними налаштуваннями компонентів, а також здійснювати прогнози на основі інтелектуальної оптимізації, які сприяють самооптимізованій системі.

Система енергоменеджменту – це набагато більше, ніж просте технічне рішення для моніторингу параметрів та стану енергетичних систем. Завдяки всебічним прогнозам попиту на енергію та пропозиції ця система виводить управління енергією на абсолютно новий рівень, дозволяючи операторам об'єкту (підприємств, будівель і інтелектуальних мереж та систем) визначати стратегічний напрямок управління енергією, здійснювати його реалізацію та досягати цілей як енергоефективності, так і енергетичної доступності та екологічної (соціальної) прийнятності. При цьому враховується, що складність системи, яка керує, не може бути нижче складності системи, якою вона керує (базова теорема кібернетики, сформульована Вільямом Россом Ешбі). Зазначимо, що якщо ж навпаки, то система, якою керують, буде розвиватися (мінати стани) випадковим чином, або катастрофічно спроститься.

Можемо стверджувати, що СЕМ загалом охоплює три концепції:

- **СЕМ як технологія**: технологічний продукт, часто хмарний, який використовують для збору, аналізу та реагування на споживання та витрати енергії;
- **СЕМ як стратегія**: кожна внутрішня зацікавлена сторона (підсистема ланцюга постачання / закупівель / сталого розвитку (наприклад, менеджер з енергетики або менеджер з технічного обслуговування)) отримує вигоду від різних стратегій, щоб приймати правильні рішення щодо управління енергією у своїй зоні відповідальності;
- **СЕМ як процес**: система, прийнята об'єктом для управління та виконання необхідних дій щодо своєї енергії.

Енергетичний менеджмент розглядається в системі управління не тільки підприємством (організацією, установою), а більш ширше – технічним (технологічним) об'єктом. Поняття «енергетичний менеджмент» та «система енергетичного менеджменту» наповнюється новим змістом. Менеджмент (процес, система): (1) управлінська діяльність; (2) керування об'єктом. Важливе значення має для мультиагентних систем та транзактивних систем. Стандарт ІЕС 61970 Міжнародної електротехнічної комісії визначив EMS як «комп'ютерну систему, яка містить програмну платформу, що надає основні послуги підтримки, і набір програм, що забезпечують функціональність, необхідну для ефективної роботи об'єктів виробництва та передачі електроенергії для забезпечення безпеки енергопостачання за мінімальних витрат».



Енергетичний менеджмент в сучасних інтелектуальних електроенергетичних системах (Smart Grid) [27] забезпечує підтримку стабільності між попитом і пропозицією з дотриманням усіх системних обмежень для економічної, надійної та безпечної роботи електроенергетичної системи. Він також включає оптимізацію, яка забезпечує зниження вартості виробництва електроенергії. Таким чином, СЕМ керує і зменшує до мінімуму кількість і ціну енергії, необхідні для конкретного застосування, групуючи всі систематичні процедури разом.

З точки зору побудови Smart Grid Міжнародною електротехнічною комісією в межах стандарту ІЕС 63097 «Smart Grid standardization Road Map» (Дорожня карта із стандартизації в сфері «розумних мереж») [28] визначено перелік основних систем, що відносяться до сфери Smart Grid: система управління генеруванням електроенергії; системи FACTS та HVDC для мереж; система електроенергетичного менеджменту; система запобігання відключенням; розвинена система управління розподілом; система автоматизації розподілу; система автоматизації підстанції; система управління розподіленими енергоресурсами; система управління накопиченням електроенергії; розвинена інфраструктура вимірювання; система допоміжного підрозділу, пов'язана із вимірюванням; ринкова система; система управління споживанням / навантаженням; системи автоматизації будівель; промислова система автоматизації; система E-mobility; системи мікромереж.

Наведений перелік функціональних систем Smart Grid реалізується у вигляді відповідних систем енергетичного менеджменту на основі визначених стандартів [29, 30] щодо забезпечення керування енергетичними об'єктами та процесами інформаційної взаємодії, пов'язаної із таким керуванням.

Отже, по відношенню до об'єктів енергетичного сектора, СЕМ – це система інформаційно-комунікаційних технологій, яка на системному рівні поєднується з силовими енергетичними процесами, що використовуються операторами електроенергетичних систем та мереж для моніторингу, контролю та оптимізації продуктивності виробництва, передачі та споживання енергетичних ресурсів у системах різного ієрархічного рівня (як ОЕС України, так регіональних і локальних системах, на конкретних енергетичних об'єктах чи окремих енерготехнологіях тощо) [31].

EMS координує роботу з іншими системами, такими як розширена інфраструктура вимірювання (AMI), планування технічного обслуговування, керування відключеннями, керування розподілом електроенергії та системами прогнозування погоди, щоб зібрати велику кількість даних у реальному часі. Зібрані дані точно обробляються для генерації відповідних керуючих сигналів для досягнення заздалегідь визначених економічних або технічних цілей. Однак це ієрархічне прийняття рішень, включаючи щоденне, погодинне планування та / чи планування в режимі реального часу. Система енергоменеджменту – це система, яка використовується операторами електричних мереж для моніторингу, контролю та оптимізації роботи системи передачі та генерації, з метою економії загальних експлуатаційних витрат.

Широко застосовувана а електроенергетиці система SCADA (система диспетчерського керування та збору даних – Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA), хоча і дозволяє переглядати дані в реальному часі, однак інструменти аналізу у ній мають обмеження [32]. У свою чергу, СЕМ містить набір інструментів, які допоможуть проаналізувати енергетичні дані більш комплексно (наприклад, за допомогою СЕМ є можливість застосовувати тарифи для перетворення енергії у витрати або викиди CO<sub>2</sub> для розширеного звітування).

Сьогодні енергетичний менеджмент – це планування (система енергетичного менеджменту), перевірка (реагування на попит – алгоритм великих даних), дія (ефективна робота), повторна перевірка (моніторинг). У свою чергу, енергетичний менеджмент можемо розділити як енергоменеджмент для міста, будівлі, промислової мікромережі тощо, де СЕМ передбачає функції: вимірювання, ідентифікації, розвитку, впровадження, навчання, оцінювання.

Безперервний цикл стратегії енергоменеджменту (цикл PDCA) сьогодні набуває нових обрисів, зважаючи на нові вимоги щодо можливостей енергозбереження, забезпечення фінансових стимулів, керування енергозберігаючими і енергоефективними проектами та комплексне відстеження результатів [33, 34]. Сучасний контур взаємодії може бути представлений складовими (див. рис. 3) [34]: Оцініть, де Ви зараз; Купуйте екологічно чисту (зелену) енергію; Розумно керуйте своєю енергією; Усуньте відходи; Зменшіть попит; Генеруйте власну енергію.

Можемо стверджувати, що енергоменеджмент постійно розвивається з появою нових технологій і передового досвіду (див. рис. 4) [35]. Згідно рис. 4 енергетичний менеджмент на сьогодні має включати: мережі (Smart, мікромережі, децентралізовані); інтеграція відновлюваної енергетики; блокчейн; моніторинг, цілепокладання та звітність (Monitoring, Targeting & Reporting, MT&R); декарбонізація; Smart технології (освітлення, лічильники, мережі, будівлі); рішення для керування попитом (Demand Side Management, DSM); цифровізація; рішення для зберігання енергії; рекуперация тепла; економіка модернізації; повторне введення в експлуатацію; розосереджені енергетичні ресурси (Distributed Energy Resources, DERs); гнучкість на стороні попиту (Demand Side Flexibility, DSF); стратегічний енергетичний менеджмент (StEM); системи енергетичного менеджменту.



Рисунок 3 – Сучасний контур взаємодії в рамках системи енергетичного менеджменту

Можливі типи систем енергетичного менеджменту: система енергоменеджменту громади (CEMS); система енергоменеджменту виробництва (FEMS); система енергоменеджменту будівлі (BEMS); домашня система енергоменеджменту (HEMS); системи енергетичного менеджменту ВДЕ (паливний елемент (FC), фотовольтаїка (PV)); система енергоменеджменту електричного автомобіля (PHEV), систем заряджання електромобілів. Як приклад зазначимо, що критеріями успішної системи енергоменеджменту в промисловості є: ефективна політика, довгострокова стратегія, розподіл витрат на енергію, моніторинг витрат на енергію, підтримка менеджменту, енергоменеджмент, критерії окупності. Інтеграція сучасних технологій генерації електроенергії в мережі розподілу електроенергії відкриває шлях для широкого розвитку мікромереж, як самопідтримуваної системи, що складається з розосереджених енергетичних ресурсів, які можуть працювати в автономному режимі під час збоїв у мережі.

Сьогодні важливим напрямком розвитку електричних мереж в Україні є запровадження мікромереж. Згідно визначення в електротехнічному словнику ІЕС 60050 (International Electrotechnical Vocabulary – IECV) [36] мікромережа – група взаємопов’язаних навантажень і розподілених енергетичних ресурсів із визначеними електричними межами, що утворюють локальну електроенергетичну систему на рівні розподільних мереж, яка діє як єдиний керований об’єкт і здатна працювати в режимі приєднання до мережі або в острівному режимі

СЕМ мікромережі – система забезпечення функціонування та керування джерелами розосередженої генерації і навантажень мікромережі [23, 24, 37]. Відповідно СЕМ мікромережі важлива для оптимального використання розосереджених енергетичних ресурсів розумним, захищеним, узгодженим і синхронізованим способом. Така СЕМ відіграє важливу роль у забезпеченні роботи мікромережі у погодніному або щохвилинному часовому масштабі задля забезпечення керування об’єктами, що входять до її складу, та забезпечення взаємодії з СЕМ операторів систем розподілу.

Дослідження з керування мікромережею на початку були зосереджені на потоках електроенергії та оптимізації процесів відбору енергії від ВДЕ. Однак у міру більшого проникнення ВДЕ постає необхідність розглядати взаємозв’язок низки мікромереж, механізми та підходи до їх контролю. Ієрархічне розподілене керування розосередженими енергетичними ресурсами, що вирішується в межах мікромережі, безумовно потребує поєднання в одне ціле моніторингу та контролю (керування).

У свою чергу, мікромережа, як локальна енергетична система, яка включає три ключові компоненти: генерація, зберігання та попит (і все це в рамках обмеженої та контрольованої мережі), потребує СЕМ як ефективного та оптимального інструменту через стохастичну природу зміни електричних навантажень та генерації ВДЕ. Крім того, система енергоменеджменту відповідає за надійну, безпечну та економічну роботу мікромережі у будь-якому стані підключення до мережі або відключення.

Це дає змогу координувати попит і постачання електроенергії, зменшуючи потребу у дорогих запасах енергії. Активно керуючи та реагуючи на коливання попиту, мікромережі можуть досягти більш збалансованого та надійного енергопостачання, не покладаючись виключно на традиційні резервні одиниці генерації електроенергії.

У інтелектуальній електроенергетичній системі (електромережі) енергоменеджмент підтримує стабільність попиту та пропозиції, дотримуючись усіх системних обмежень для економічно ефективної, надійної та безпечної роботи електричної системи [22, 32, 38]. **Система інтелектуального енергоменеджменту (СИЕМ)** є однією з передових технологій, яка використовує зв’язок, який забезпечує Інтернет речей (IoT), щоб відстежувати, вимірювати, контролювати та оптимізувати споживання енергії в будівлях або офісних комплексах. Використання інтелектуального керування енергією в мікромережах може ефективно покращити баланс між попитом і пропозицією та зменшити пікове навантаження протягом незапланованих періодів. При цьому СЕМ здатна не тільки розподіляти навантаження чи

забезпечувати обмін енергією між різними наявними генераторами (підсистемами), але й економічно забезпечувати навантаження надійним, безпечним та ефективним способом за всіх умов, необхідних для роботи електромережі. Як приклад, інтелектуальний енергоменеджмент електромобілей працює шляхом інтеграції інтелектуальних систем керування енергією для оптимізації процесу заряджання електромобілів. Ці системи можуть регулювати швидкість заряджання, контролювати графік заряджання (логістичні операції) та навіть контролювати споживання енергії окремими електромобілями.

Безумовно, сучасні системи енергетичного менеджменту базуються на використанні операцій з інтелектуальними лічильниками, зокрема із технологіями:



Рисунок 4 – Складові «розвинутого» енергоменеджменту

**AMR (Automated Meter Reading)** – дистанційне зчитування показів лічильників – передові технології, які забезпечують можливість дистанційного зчитування даних, що накопичені Smart Meter. Такі лічильники дозволяють не тільки вимірювати та обліковувати електричну енергію, а й обчислювати параметри режимів електроспоживання, зберігати обчислені значення параметрів, а також забезпечують доступ до цієї бази даних через цифрові комунікаційні інтерфейси. Завдяки застосуванню багатофункціональних електронних лічильників вимірювана електроенергія може бути розподілена за інтервалами часу (інтервалами доби, тарифними зонами, добами, місяцями тощо). Впровадження AMR суттєво скорочує терміни збору даних, підвищує достовірність обліку та дозволяє автоматизувати процес розрахунків за електроенергією.

**AMM (Advanced Meter Management)** – розвинута система керування лічильниками (система інтелектуальних вимірювань) є системою дистанційного зчитування даних обліку з розвиненими функціональними можливостями щодо надання клієнтам сервісних послуг інформаційною мережею.

Інтелектуальна незалежна Smart мережа (див. рис. 5) має низку особливостей [39]: контроль і моніторинг у режимі реального часу, підключене до мережі сховище енергії, цифрова необслуговувана підстанція, розширена система вимірювання (AMS), система енергетичного менеджменту, система менеджменту ринку, інтегрований гігабітний зв'язок на основі IP, контроль попиту (Demand respond control, DRC), генерація відновлюваної енергії.

Складові CEM для Smart Grid (CIEM) представлена на рис. 6.

Інтелектуальний енергетичний менеджмент характеризується складовими: керування навантаженням на попит (Demand Load Management, DLM), кібербезпека зв'язку, резервне дублювання SCADA, географічна інформаційна система (GIS), SCADA, база даних, менеджмент виробництва енергії, прогнозування. CIEM забезпечує та включає [38, 39]:

- керування даними: дані про споживання енергії, дані про збої в електромережі, дані про виробництво енергії;
- система диспетчерського контролю та збору (SCADA): системи генерації та передачі, лічильники та датчики енергії;
- система автоматизації та керування розподілом (Distribution Automation and Control, DAC): система розподілу, підключене навантаження;
- прогнозування: прогноз кривої попиту на енергію, прогноз виробництва енергії.

При цьому поєднання керування якістю електроенергії з системою енергоменеджменту в системах

енергоменеджменту включає:

- керування якістю електроенергії: точність, індикація якості, зменшення втрат;
- планування: межі експлуатації, зменшення викидів парникових газів, збільшення вигод і прибутків;
- прогноз: невизначеність, генерація енергії, попит на енергію;
- моніторинг: передбачуваність ціни, точність генерації енергії, Точність попиту на енергію (Accuracy of demand of energy).



Рисунок 5 – Інтелектуальна незалежна Smart система

При побудові СЕМ для Microgrid враховується особливості керування (централізоване чи децентралізоване), а самі системи розглядаються як мультиагентні.

Для формування загальних ключових КРІ в СЕМ необхідно здійснювати відповідне моделювання, зокрема [39, 40]:

- зчитування основних показників: струм, дисбаланс струму, напруга, дисбаланс напруги, потужність (активна, уявна реактивна), частота, коефіцієнт потужності;
- зчитування показників енергії: активна енергія, реактивна енергія, повна енергія;
- якість електроенергії: коефіцієнти спотворень напруги та струму, крест-фактор струму;
- прогнозування (показники алгоритму): середня квадратична помилка, середня абсолютна помилка, середньоквадратична помилка;
- діаграми: діаграма гармонік, діаграма напруги струму, діаграма потужності, діаграма прогнозованих профілів, крива навантаження, крива генерації;
- КРІ мікромереж: стабільність напруги в електромережі, загальна генерація, загальне підключене навантаження, надійність генерації, дефіцит генерації;
- фінансові ключові показники ефективності: капітальний запас, річний експлуатаційний запас, вартість технічного обслуговування, вартість генерації, вартість заміщення;
- навколишнє середовище: викиди CO<sub>2</sub>, дефіцит енергії.

#### 4. Перспективні напрямки розвитку та структури систем енергоменеджменту

**Система енергоменеджменту та оптимізації (СЕМО) (Energy Management and Optimization System, EMOS) [41].**

Сьогодні питання енергоменеджменту стали наскрізними темами, які стосуються кожного. Наприклад, на корпоративному рівні це може стосуватися управління ризиком нестабільності цін на енергопостачання, дотримання вимог щодо сталого розвитку та зростаючих потреб у звітності, а також зменшення споживання енергії при збереженні оптимальної продуктивності. Через це існує потреба в одному унікальному технологічному середовищі або системі, яку може використовувати будь-який об'єкт.

СЕМО (EMOS) може запропонувати модульний і гнучкий підхід для неоднорідних організацій з декількома вузлами, яким потрібно працювати з різними рівнями зрілості, що означає кращу та довгострокову підтримку.

СЕМО – це повна інтегрована пропозиція. Вона включає звичайні функції СЕМ, однак вони безпосередньо пов'язані з розширеними можливостями оптимізації. СЕМО пропонує глобальне рішення, яке може задовольнити потреби всіх ключових користувачів в одному семантичному середовищі. Таким чином усі ці користувачі можуть узгоджувати свої зусилля, контролювати результати та ділитися цілями.

СЕМО дає користувачам можливість виконувати конкретні дії, які є більш просунутими завдяки його вражаючим технологічним можливостям.

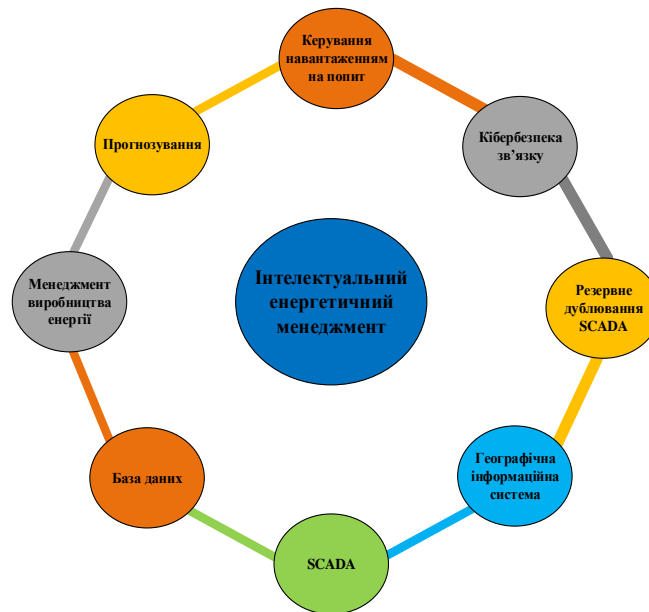


Рисунок 6 – Система енергоменеджменту для Smart Grid (CIEM)

**Інформаційна система енергоменеджменту (ICEM)** (Energy Management Information System, EMIS) – це система керування продуктивністю, яка дозволяє окремим особам і організаціям планувати, приймати рішення та вживати ефективних заходів для управління використанням енергії та витратами [42].

ICEM (EMIS) робить енергоефективність видимою для різних рівнів організації, перетворюючи дані про енергетичні та комунальні послуги в центрах обліку енергії в інформацію про енергоефективність. Це здійснюється за допомогою рівнянь ефективності, які порівнюються з енергетичними цільовими показниками організації. ICEM – це постійне вдосконалення, інтеграція, зв'язок, оптимізована продуктивність: (зростання за ступенями охоплення та значущості): центри обліку енергії (Energy Account Centers, EAC), вимірювання та вхідні дані (Metering & Inputs), збір даних та звітування (Data Capture & Reporting), системи керування: люди та процедури (People & Procedures).

**Моделі СЕМ для керування енергією в інтелектуальному співтоваристві (Smart community)** [43]:

- розвиток технологій HEMS (автоматизація та керування, Smart пристрої, датчики та Smart лічильники, метод оптимізації, зберігання енергії, система зв'язку);
- системи енергоменеджменту будівель (Building Energy Management System, BEMS): домашній енергоменеджер, сонячна фотоелектрична система, вітрові енергоустановки невеликої потужності, енергоефективне освітлення, прилади реагування на попит, накопичення енергії, фільтрація води, водонагрівач з тепловим насосом, геотермальні теплові насоси, розумний лічильник.

**Інтеграція попиту та пропозиції (ППП)** (Demand and Supply Integration, DSI) [44].

Структура системи інтеграції попиту та пропозиції ППП (DSI) розглядається як збалансування ринкової інформації щодо попиту та пропозиції і бізнес-аналітики за допомогою інтегрованих процесів управління знаннями для стратегічного управління діяльністю попиту та пропозиції з метою створення вищої цінності для клієнтів (див. рис. 7). Одночасно враховуючи застосовні ринкові зміни, що відбуваються як у вихідних, так і в зворотних напрямках, підприємства готові задіяти та використовувати операції, орієнтовані на ефективність, зберігаючи відповідний рівень продуктивності.

Як приклад комплексного підходу наведемо **систему керування енергопостачанням і попитом NEC** (NEC's Energy Supply & Demand Management System) розвинулася як платформа управління енергією, яка пов'язана з цими системами, щоб зробити можливим досягнення розширеного управління енергією [45].

Система керування енергопостачанням і попитом від **Nippon Electric Corporation** використовує моніторинг балансу постачання/попиту для оптимізації балансу між виробництвом і споживанням електроенергії. Однак це лише одна з функцій керування енергією, для досягнення якої покликана ця система. Система енергоменеджменту NEC охоплює три цикли: збір і візуалізація, аналіз і прогнозування, контроль і оптимізація.



Рисунок 7 – Концептуальна основа інтеграції попиту та пропозиції

Мета системи енергоменеджменту NEC – сприяти стабілізації та оптимізації загальної енергетичної системи, зосереджуючись на трьох основних цілях:

- 1) автоматичний збір та візуалізація різноманітних і невизначених даних реального світу на додаток до кількості виробленої та спожитої енергії;
- 2) створити план оптимального управління енергією відповідно до витрат і вимог, використовуючи аналіз великих даних для прогнозування майбутнього;
- 3) впровадження інтелектуальної системи керування енергією на основі технології накопичення електроенергії NEC.

Складові СЕМ для Smart Grid згідно концепції платформи енергоменеджменту NEC:

- моніторинг: фактичне виробництво енергії, фактичний попит на енергію, стан заряду (State of Charge, SoC) накопичувача для зберігання енергії, невизначеність ціни;
- прогноз: виробництво енергії, попит на енергію, мобільне зберігання даних, невизначеність;
- керування якістю електроенергії: мінімізація втрат, показники якості електроенергії, надійність / комфортність;
- планування / диспетчеризація / вартість: операційні витрати, зменшення викидів ПГ, максимізація прибутку.

Щодо перспективної концепції системи керування енергією Hitachi [46].

**Концепція системи керування енергією Hitachi** – внесок у створення гнучкої енергетичної інфраструктури, яка може пристосуватися до поширення відновлюваної енергії та особливостей конкретних територій. Hitachi сприяє масовому впровадженню ВДЕ, яке очікується в майбутньому, і широкому діапазону потреб відповідно до характеристик території, таких як «місцеве виробництво та місцевий тип споживання» та «острівний тип» за допомогою поєднання «базових моделей» керування енергією. Hitachi реалізує високонадійну енергетичну інфраструктуру з можливістю розширення та гнучкості за допомогою конфігурації «автономної децентралізованої» системи.

Наведемо чотири фактори «базової моделі» енергоменеджменту, що дозволяє масово використовувати ВДЕ (див. рис. 8):

**Постачання:** традиційне виробництво електроенергії, як-от тепла та відновлювана енергія (наприклад, фотоелектрична (сонячна) та вітрова);

**Попит:** домашні споживачі, великі споживачі, такі як фабрики та офіси, а також станції для зарядки електромобілів, які, як очікується, збільшаться в майбутньому;

**Зберігання:** функція для пом'якшення коливань попиту на електроенергію та вихідної потужності обладнанням для накопичення енергії, таким як зберігання електроенергії та теплової енергії;

**Керування:** вся функція оптимізації шляхом координації вищевказаних трьох факторів із керуванням стабілізацією мережі, керуванням генерацією, DSM та керуванням електропостачанням.

Складові розвинутої СЕМ наведено на рис. 9.

Знайшли своє застосування такі перспективні СЕМ як динамічна та на основі Інтернет речей [47].

**Динамічна система енергоменеджменту** (англ. Dynamic Energy Management System, DEMS) складається з високоефективних кінцевих пристроїв, оснащених розширеними засобами керування та комунікаційними можливостями, які дозволяють пристроям динамічно взаємодіяти із зовнішніми сигналами та регулювати свою продуктивність у відповідь на ці сигнали [48].

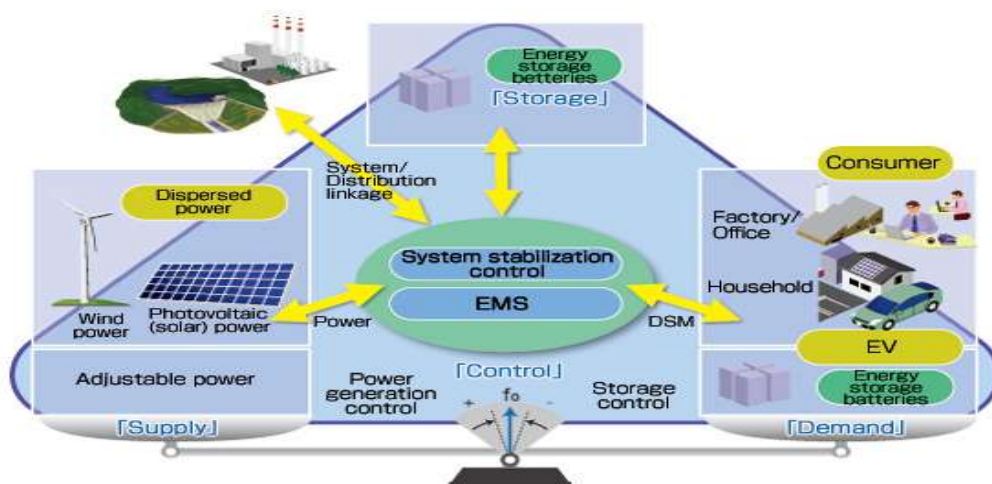
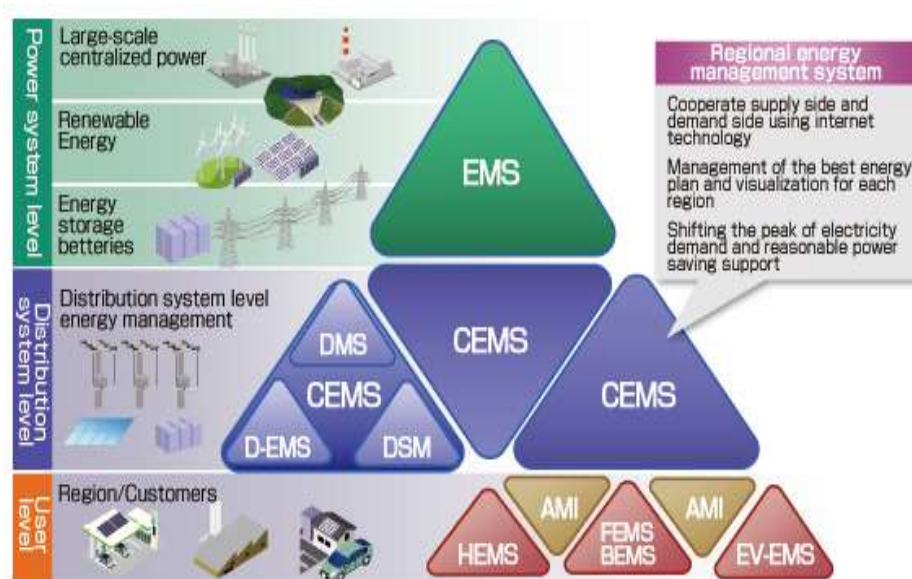


Рисунок 8 – Система енергоменеджменту з виділенням чотирьох факторів «базової моделі»

Сучасна практика керування використанням енергії: енергоефективні кінцеві пристрої (End-Use Devices); обмежені розподілені енергетичні ресурси; локальні стандартні системи управління; базовий двосторонній зв'язок. Додатковий потенціал динамічного керування енергією: Smart енергоефективні кінцеві пристрої; Smart розосереджені енергетичні ресурси; передові системи керування всіма будівлями (Advanced Whole-Building Control Systems); інтегрована комунікаційна архітектура.

**Система енергоменеджменту на основі Інтернет речей** (Internet of Things in Energy Management System, IoT EMS) [49].



Позначення: **AMI** – Advanced Metering Infrastructure; **BEMS** – Building Energy Management System; **CEMS** – Community Energy Management System; **D-EMS** – Distributed Energy Management System; **DMS** – Distribution Management System; **DSM** – Demand Side Management; **EMS** – Energy Management System; **EV-EMS** – Electric Vehicle Energy Management System; **FEMS** – Factory Energy Management System; **HEMS** – Home Energy Management System.

Рисунок 9 – Складові розвинутої системи енергоменеджменту

Системи енергоменеджменту на основі IoT використовують дані про енергоспоживання в режимі реального часу, щоб допомогти оптимізувати використання електроенергії, динамічно переключатися на економічніші та ресурсоефективніші режими, а також розробляти ефективну та стійку стратегію споживання енергії на основі спеціалізованих моделей використання. Хмарна система для CEM пропонує такі переваги: гнучка структура та швидке розгортання; безпека: включено автоматичне оновлення та обслуговування рішення; зниження витрат і економія на багатьох предметах; доступ з будь-якого

пристрою з будь-якого місця та в будь-який час; розширена співпраця; кращий контроль впливу цифрового рішення на вуглець.

Ключові моменти СЕМ на основі IoT [50]:

– програмне забезпечення для управління енергією дозволяє промисловим групам і компаніям поглибити аналіз своїх енергетичних даних; крім того, він може ідентифікувати можливі дрейфи, які можуть додатково зменшити вплив вуглецю та витрати на постійній основі;

– система СЕМ забезпечує чіткий огляд споживання як у всьому світі, так і за географічним регіоном і для кожного місця за типом енергії; прості та налаштовувані інформаційні панелі дозволяють кожній зацікавленій стороні швидко визначати свої проблеми та за потреби отримувати доступ до звітів;

– переваги СЕМ полягають головним чином у вимірюванні споживання енергії, зниженні витрат, зменшенні потреб і викидів вуглецю; вони також дозволяють групам легше поважати законодавство та залучати команди до екологічно свідомого підходу;

– СЕМ пропонує багато переваг для кожної складової об'єкта, від технічного обслуговування до управління, включаючи фінанси, IT і ланцюг постачання;

– ідеальним є хмарне програмне забезпечення для управління енергією; це забезпечує швидке розгортання, економічно ефективну масштабованість і можливість працювати будь-де та з будь-якого типу терміналу.

***Інтегрована система менеджменту (Integrated Management System, IMS) підприємства (організації, установи)***

Підприємства (організації чи установи) часто зосереджуються на індивідуальних системах управління, часто розділених, а іноді навіть таких, що конфліктують між собою. Команда з якості займається системою управління якістю, часто менеджер з охорони навколишнього середовища, охорони здоров'я та безпеки займається питаннями безпеки, здоров'я, навколишнього середовища та якості тощо.

Інтегрована система менеджменту (Integrated Management System, IMS) об'єднує всі системи та процеси організації в єдину повну структуру, що дозволяє організації працювати як єдине ціле з єдиними цілями. IMS є поєднання, як окремих складових, таких систем менеджменту як QMS, EMS, SMS, EnMS, FSMS та ISMS [51]:

***QMS – система управління якістю (QMS – Quality Management System)***

Система управління якістю (СУЯ) — це набір політик, процесів і процедур, необхідних для планування та виконання (виробництво, розробка, обслуговування) в основній сфері діяльності організації (тобто сферах, які можуть впливати на здатність організації задовольняти вимоги клієнтів). ISO 9001:2015 є прикладом системи управління якістю (ISO 9001 Системи управління якістю; AS9100 Аерокосмічна промисловість і оборона; ISO 13485 Медичні пристрої; IATF 16949 Автомобільна промисловість).

***EMS – Система управління навколишнім середовищем (EMS – Environmental Management System)***

Система управління навколишнім середовищем (EMS) визначає та постійно покращує екологічну позицію та ефективність організації (ISO 14001 Системи управління навколишнім середовищем).

***SMS – система управління безпекою (SMS – Safety Management System)***

SMS (або OHSMS) визначає та постійно покращує позицію та продуктивність організації в галузі охорони здоров'я та безпеки. Вона відповідає плану та управляється так само, як будь-який інший аспект бізнесу, наприклад, маркетингові чи інженерні функції (ISO 45001 Системи управління охороною праці та безпекою).

***EnMS – система енергетичного менеджменту (EnMS – Energy Management System)***

EnMS визначає та постійно покращує використання енергії організацією та вплив (ISO 50001 Система управління енергією).

***FSMS – Система управління безпекою харчових продуктів (FSMS – Food Safety Management System)***

Система управління безпекою харчових продуктів підтверджує, що корпорації в харчовій промисловості дотримуються певних процедур і вказівок, щоб забезпечити безпеку своїх продуктів для споживачів (сертифікація харчової безпеки FSSC 22000; ISO 22000; SQF).

***ISMS – Система управління інформаційною безпекою (ISMS – Information Security Management System)***

Система управління інформаційною безпекою визначає, як ваша організація повинна організувати та керувати своєю інформаційною безпекою (ISO 27000 Система управління безпекою в Інтернеті).

В ідеалі підприємству (організації, установі) доцільно мати IMS, яка одночасно вирішує всі визначені цілі. Однак може бути важко задовольнити потреби різних систем менеджменту, що працюють в рамках одного підприємства. Інтегровані стандарти створили спосіб інтеграції кількох відповідних систем у будь-яку організацію, незалежно від її ринку. Інтеграція кількох систем менеджменту в єдину систему (які спільно використовують документацію, політики, процедури та процеси) має сенс.



IMS може принести користь підприємству завдяки підвищенню ефективності і результативності та скороченню витрат, мінімізуючи збої у роботі підприємства [51]. Це також свідчить про відданість на підприємстві підвищенню продуктивності, задоволенню співробітників та клієнтів і постійному вдосконаленню. Завдяки IMS системи управління підприємства працюють разом, причому кожна функція об'єднана в одну мету: покращення продуктивності всієї організації. Замість розрізненості з'являється можливість скоординувати зусилля, при яких результати постають більшими, ніж сума його частин, і є не тільки більш продуктивними, але й більш ефективними. Інтегрована система надає чітке, єдине уявлення про підприємство в цілому, про те, як ці складові впливають одна на одну, і пов'язані з цим ризики. Ефективність досягається завдяки меншій кількості дублікатів, і стає легше запроваджувати нові системи в майбутньому.

Виділимо 10 переваг інтегрованих система менеджменту: покращення продуктивності; усунення надлишків, підзвітність, встановлення узгодженості, зменшення бюрократії, зниження витрат, оптимізуйте процеси та ресурси, скорочення технічного обслуговування, інтегровані аудити, полегшення прийняття рішень.

На завершення наведемо сучасні області науково-технічних досліджень при побудові систем енергоменеджменту для енергетичних, електроенергетичних та електротехнічних систем, які доцільно здійснювати в Україні:

- 1) енергоменеджмент локальних ринків, агрегаторів та віртуальних електростанцій;
- 2) рейтинг непередбачених обставин;
- 3) керування обмеженнями та перевантаженнями;
- 4) аналіз безпеки;
- 5) економічна диспетчеризація з контролем викидів;
- 6) управління попитом;
- 7) оптимальна робота розподільних мереж у режимі реального часу;
- 8) системи глобального моніторингу та контролю;
- 9) застосування методів оптимізації в енергосистемах;
- 10) оцінка та контроль стабільності напруги;
- 11) оцінка стану енергосистеми;
- 12) розробка технологій передачі високої потужності для перевантажених районів (наприклад, міських);
- 13) розробка технологій економічно ефективної експлуатації та керування енергосистемами;
- 14) рішення технічних проблем в інтеграції відновлюваної енергетики;
- 15) прогноз потужності джерел ВДЕ;
- 16) інтеграція систем накопичення енергії з системами відновлюваної енергії.
- 17) забезпечення функціонування та оптимізація роботи мікромереж;
- 18) оптимізація роботи споживачів електричної енергії на роздрібному ринку.

### **Висновки**

1. Розглянуто розвиток методології менеджменту, поняття енергоменеджмент у сучасних умовах. Розкрито нові якісні риси, нові сфери застосування енергетичного менеджменту та систем енергетичного менеджменту при здійсненні енергетичного переходу та реалізації концепції Smart Grid.

2. Показано, що системи енергетичного менеджменту мають розглядатися не лише як енергоефективного управління енергетичними процесами на підприємстві (організації, установи), де у контурі управління є фахівець – енергоменеджер. Це обумовлює необхідність систематизації використання відповідних систем енергоменеджменту для різних енергетичних об'єктів та систем, підготовки фахівців енергоменеджерів за сферами їх застосування.

3. Встановлено, що сучасний енергетичний менеджмент – це проактивна, організована та систематична координація закупівлі, перетворення, розподілу та використання енергії для задоволення вимог, беручи до уваги екологічні та економічні цілі. Охарактеризовано складові СЕМ для Smart Grid, зокрема: моніторинг (фактичне виробництво енергії, фактичний попит на енергію, стан заряду накопичувача для зберігання енергії, невизначеність ціни); прогноз (виробництво енергії, попит на енергію, мобільне зберігання даних, невизначеність); керування якістю електроенергії (мінімізація витрат, показники якості електроенергії, надійність / комфортність); планування / диспетчеризація / вартість (операційні витрати, зменшення викидів ПГ, максимізація прибутку).

4. Запропоновано, що перспективним напрямком є розгляд СЕМ як системи інформаційно-комунікаційних технологій, яка на системному рівні поєднується з силовими енергетичними процесами, що використовуються операторами електроенергетичних систем та мереж для моніторингу, контролю та оптимізації продуктивності виробництва, передачі та споживання енергетичних ресурсів у системах різного ієрархічного рівня (як ОЕС України, так регіональних та локальних системах, на конкретних енергетичних об'єктах чи окремих енерготехнологій тощо).

5. На основі аналізу перспективних сфер застосування СЕМ на об'єктах енергетичного сектора визначено сучасні області науково-технічних досліджень при побудові систем енергоменеджменту для енергетичних, електроенергетичних та електротехнічних систем, які доцільно здійснювати в Україні.

#### Список використаної літератури

1. Кириленко О.В. Заходи та засоби перетворення енергетики України на інтелектуальну екологічно безпечну систему. *Вісник Національної академії наук України*. 2022. № 3. С. 18–23.
2. Денисюк С.П. Енергетичний перехід – вимоги до якісних змін у розвитку енергетики. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. № 1. С. 7–28.
3. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими. Під заг. ред. акад. НАН України Кириленко О.В. К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. 400 с.
4. 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>.
5. Денисюк С.П., Мельничук Г.В., Чернецьук І.С., Лисий В.В. Техніко-економічні механізми розвитку локальних систем енергозабезпечення (Microgrid). *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2021. № 4. С. 7–22.
6. Кириленко О.В., Денисюк С.П., Блінов І.В. Цифрова трансформація: сучасні тенденції та завдання. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. 2023. № 65. С. 5 – 14. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2023.65.005>
7. Дергачова В.В., Кузнецова К.О., Григорова З.В. Теорія і концепція менеджменту»: методологічні аспекти дисципліни. *Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут»*. 2021. № 20. С. 64–68.
8. Лазоренко Т.В., Голуб М.О. Економічні аспекти застосування сучасних концепцій менеджменту на вітчизняних підприємствах. *Економіка та управління підприємствами*. 2019. Вип. 1 (18). С. 139–143.
9. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%B4%D0%B6%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82>
10. Інженерний менеджмент: навч. посіб. / І.І. Мельник, І.Г. Тивоненко, С.Г. Фришев [та ін.]; за ред. І.І. Мельник. Вінниця: Нова Книга. 2007. 536 с.
11. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Інженерний\\_менеджмент](https://uk.wikipedia.org/wiki/Інженерний_менеджмент)
12. [https://en.wikipedia.org/wiki/Technical\\_management](https://en.wikipedia.org/wiki/Technical_management)
13. <https://www.cronservise.com.ua/technical-management-services.html>
14. Дзядикевич Ю.В. Енергетичний менеджмент / Ю.В. Дзядикевич, М.В. Буряк, Р.І. Розум. Тернопіль: Економічна думка, 2010. 295 с.
15. Денисюк С.П. ISO 50001: цілі стандарту та перспективи його впровадження в Україні. К.: ТОВ «СІК ГРУП Україна», 2015. 208 с.
16. Ковалко М.П., Денисюк С.П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України. К.: УЕЗ. 1998. 512 с.
17. Енергоефективність у регіональному вимірі. Проблеми та перспективи. Аналітична доповідь / Шевцов А.І., Бараннік В.О., Земляний М.Г., Рязова Т.В. Регіональний філіал Національного інституту стратегічних досліджень в м. Дніпропетровську, 2014. – 78 с.
18. Дегтярьова О.О., Пудичева Г.О. Організація енергоменеджменту в системі управління енергетичним господарством. *Вісник соціально-економічних досліджень: зб. наук. пр.* 2012. № 4 (47). С. 289–295.
19. <https://saee.gov.ua/uk>
20. [https://www.ucaiug.org/Meetings/CIGRE\\_2014/USB%20Promo%20Content/NR%20Electric/Brochures/Energy%20Management%20System\(EMS\).pdf](https://www.ucaiug.org/Meetings/CIGRE_2014/USB%20Promo%20Content/NR%20Electric/Brochures/Energy%20Management%20System(EMS).pdf)
21. Денисюк С. П., Стржелецькі Р. Формування складових інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. № 3 (57). С. 7–22.
22. Rathor S.K., Saxena D. Energy management system for smart grid: An overview and key issues. *Int J Energy Res.* 2020;1–43. <https://doi.org/10.1002/er.4883>
23. Albarakati A.J, Boujoudar Y., Azeroual M., Eliysaouy L., Kotb H., Aljarbough A., Khalid Alkahtani H., Mostafa S.M., Tassaddiq A., Pupkov A. (2022), Microgrid energy management and monitoring systems: A comprehensive review. *Front. Energy Res.* 10:1097858. doi: 10.3389/fenrg.2022.1097858
24. Battula, A.R., Vuddanti, S., Salkuti, S.R. Review of Energy Management System Approaches in Microgrids. *Energies* 2021, 14, 5459. <https://doi.org/10.3390/en14175459>
25. VDI-Guideline VDI 4602, page 3, Beuth Verlag, Berlin 2007.
26. Katsutomo Tanaka, Hiroshi Watanabe, Akira Endou. Enerize E3 Factory Energy Management System – For Visualizing the Energy Key Performance Indicator and Achieving Optimal Energy Efficiency. *Yokogawa Technical Report. English Edition*. Vol.53, No 1(2010), P.23–26.
27. 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.
28. IEC/TR 63097:2017 Smart grid standardization roadmap. 2017. 315 p.

29. 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.
30. Кириленко О.В., Блінов І.В., Зайцев Є.О., Палачов С.О., Васильченко В.І. Впровадження міжнародних та європейських стандартів для розвитку ОЕС України згідно з концепцією Smart Grid. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. 2022. № 63. С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2022.63.005>
31. Saleh, Mahmoud; Esa, Yusef; Mohamed, Ahmed (8 January 2018). "Communication Based Control for DC Microgrids – IEEE Journals & Magazine". Publications and Research. doi:10.1109/TSG.2018.2791361. S2CID 67870651.
32. Kermani, M., Adelmanesh, B., Shirdare, E. et al (2021). Intelligent energy management based on SCADA system in a real Microgrid for smart building applications. *Renewable Energy*, 171: 1115-1127. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.008>
33. <https://integrated-standards.com/articles/what-is-integrated-management-system/>
34. <https://eaguk.org/energy-services/energy-management/>
35. <https://cietcanada.com/news/highlighting-energy-management-jobs-training-hot-topics/> Energy management information systems
36. IEC 60050 Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary. URL: <https://www.electropedia.org/>
37. Muhammad Fahad Zia, Elhoussin Elbouchikhi, Mohamed Benbouzid. Microgrids energy management systems: A critical review on methods, solutions, and prospects. *Applied Energy*. Volume 222, 15 July 2018, Pages 1033-1055.
38. Rathor S.K., Saxena D. Energy management system for smart grid: An overview and key issues. *Int J Energy Res*. 2020;1–43. <https://doi.org/10.1002/er.4883>
39. Laayati, O., Bouzi, M., Chebak, A. Smart Energy Management System: SCIM Diagnosis and Failure Classification and Prediction Using Energy Consumption Data. In *Digital Technologies and Applications*; Motahhir, S., Bossoufi, B., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2021; Volume 211, pp. 1377–1386.
40. Trianni, A., Cagno, E., de Donatis, A. A framework to characterize energy efficiency measures. *Appl. Energy* 2014, 118, 207–220.
41. Central Energy Management System for Smart Grids. <https://www.cgi.com/sites/default/files/cgi-central-energy-management-system-factsheet.pdf>
42. <https://www.energy.gov/femp/what-are-energy-management-information-systems>
43. Nitasha Khan, Zeeshan Shahid, Muhammad Mansoor Alam, Aznida Abu Bakar Sajak, Mazliham, Talha Ahmed Khan, Syed Safdar Ali Rizvi. Energy Management Systems Using Smart Grids: An Exhaustive Parametric Comprehensive Analysis of Existing Trends, Significance, Opportunities, and Challenges. *Hindawi International Transactions on Electrical Energy Systems*. Volume 2022, Article ID 3358795, 38 pages <https://doi.org/10.1155/2022/3358795>
44. Terry L. Esper & Alexander E. Ellinger & Theodore P. Stank & Daniel J. Flint & Mark Moon. Demand and supply integration: a conceptual framework of value creation through knowledge management. *J. of the Acad. Mark. Sci.* DOI 10.1007/s11747-009-0135-3
45. Nippon, BASF, DSM asset restructuring event. <https://www.echemi.com/cms/122893.html>
46. [https://www.hitachi.com/products/it/control\\_sys/cems/management.html](https://www.hitachi.com/products/it/control_sys/cems/management.html)
47. [https://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/10\\_559.pdf](https://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/10_559.pdf)
48. [https://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/10\\_559.pdf](https://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/10_559.pdf)
49. <https://webbylab.com/blog/how-iot-can-help-with-energy-management/>
50. Top 10 Applications of AI in the Energy Sector. <https://www.fdmgroup.com/blog/ai-in-energy-sector/>
51. <https://integrated-standards.com/articles/what-is-integrated-management-system/>

**O. Kyrylenko**<sup>1</sup>, academician of the NAS of Ukraine, ORCID 0000-0003-3610-7670

**S. Denysiuk**<sup>2</sup>, Dr. Sc. (Eng.), Prof., ORCID 0000-0002-6299-3680

**I. Blinov**<sup>1,2</sup>, Dr. Sc. (Eng.), Prof., ORCID 0000-0001-8010-5301

<sup>1</sup>**Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine**

<sup>2</sup>**National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

## **ENERGY MANAGEMENT: NEW PRIORITIES OF THE 21ST CENTURY**

*The development of management methodology and the concept of energy management in modern conditions of transforming the energy sector by the requirements of the carbon-free economy are considered. New qualitative features and new areas of application of energy management and energy management systems (EMS) in the implementation of the energy transition and implementation of the Smart Grid concept have been revealed. It has been established that modern energy management is a proactive, organized, and systematic coordination of the purchase, transformation, distribution, and use of energy to meet requirements, taking into account environmental*

and economic goals. In contrast to the formation of the EMS according to the ISO 50000 series of standards, today the construction of the EMS is becoming more relevant, which provides systemic (complex) optimization of the parameters, structure, and modes of various technical objects according to a set of technical, economic and environmental criteria.

It is shown that EMS is much more than a simple technical solution for monitoring the parameters and state of energy systems. With comprehensive forecasts of energy demand and supply, this system takes energy management to a completely new level, allowing operators of facilities (enterprises, buildings, and smart networks and systems) to determine the strategic direction of energy management, implement it, and achieve both energy efficiency and energy availability and environmental (social) acceptability. The components of EMS for Smart Grid are characterized, in particular: monitoring (actual energy production, actual energy demand, state of charge of energy storage, price uncertainty); forecast (energy production, energy demand, mobile data storage, uncertainty); power quality management (loss minimization, power quality indicators, and reliability/comfort); planning/dispatch/cost (operating costs, reduction of GHG emissions, profit maximization).

It is proposed that a promising direction is to consider the SEM as a system of information and communication technologies, which at the system level is combined with power energy processes used by operators of electric power systems and networks to monitor, control, and optimize the productivity of production, transmission, and consumption of energy resources in systems of various hierarchical levels. level (as UES of Ukraine, regional and local systems, on specific energy facilities or individual energy technologies, etc.). Based on the analysis of prospective areas of application of EMS at energy sector facilities, modern areas of scientific and technical research in the construction of energy management systems for energy, electric power, and electrotechnical systems, which are practical to carry out in Ukraine, have been determined.

**Keywords:** energy transformation, management, energy management, energy management systems, Smart Grid.

#### References

1. Kyrylenko O. Measures and Ways of Transforming Ukraine's Energy Sector into an Intelligent Environmentally Friendly System. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*. 2022. № 3. C. 18-23.
2. Denysiuk S. Energy transition – requirements for quality changes in energy sector development. *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2019. № 1. P. 7–28.
3. 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.
4. 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>
5. Denysiuk S., Melnychuk H., Cherneshchuk I., Lysyi V. Technical and economic development mechanisms of local energy supply systems (Microgrid). *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2021. № 4. P. 7–22.
6. Kyrylenko O., Denysiuk S., Blinov I. Digital transformation of the energy industry: current trends and task. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky NAN Ukrainy*. 2022. № 63. P. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2022.63.005>
7. Dergachova V., Kuznetsova K., Grigorova Z. Theory and concepts of management: methodological aspects of the course. *Economic Bulletin of NTUU «Kyiv Polytechnic Institute»*. 2021. № 20. P. 64–68.
8. Lazorenko T.V., Holub M.O. (2019) Economic aspects of modern management concepts application at domestic enterprises. *Ekonomika ta upravlinnia pidpriemstvamy*. №. 1 (18). P. 139–143.
9. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%B4%D0%B6>
11. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Інженерний\\_менеджмент](https://uk.wikipedia.org/wiki/Інженерний_менеджмент)
12. [https://en.wikipedia.org/wiki/Technical\\_management](https://en.wikipedia.org/wiki/Technical_management)
13. <https://www.cronservice.com.ua/technical-management-services.html>
14. Dziadykevych Yu.V., Buriak V.M., Rozum R.I. Energy management. Ternopil: Ekonomichna dumka, 2010. 295 p.
15. Denysiuk S.P. ISO 50001: objectives of the standard and prospects for its implementation in Ukraine. K.: SIK GROUP Ukraine LLC, 2015. 208 p.
16. Kovalko M.P., Denysiuk S.P. Energy conservation is a priority direction of the state policy of Ukraine. K.: UEZ, 1998. 512 p.
17. Energy efficiency in the regional dimension. Problems and prospects. Analytical report / Shevtsov A.I., Barannik V.O., Zemlyanyi M.G., Ryauzova T.V. // Regional branch of the National Institute of Strategic Studies in Dnipropetrovsk, 2014. – 78 p.
19. <https://sae.gov.ua/uk>
20. [https://www.ucaiug.org/Meetings/CIGRE\\_2014/USB%20Promo%20Content/NR%20Electric/Brochures/Energy%20Management%20System\(EMS\).pdf](https://www.ucaiug.org/Meetings/CIGRE_2014/USB%20Promo%20Content/NR%20Electric/Brochures/Energy%20Management%20System(EMS).pdf)
21. Denysiuk S.P., Strzelecki 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.

22. Rathor S.K., Saxena D. Energy management system for smart grid: An overview and key issues. *Int J Energy Res.* 2020;1–43. <https://doi.org/10.1002/er.4883>
23. Albarakati A.J, Boujoudar Y., Azeroual M., Eliysaouy L., Kotb H., Aljarbough A., Khalid Alkahtani H., Mostafa S.M., Tassaddiq A., Pupkov A. (2022), Microgrid energy management and monitoring systems: A comprehensive review. *Front. Energy Res.* 10:1097858. doi: 10.3389/fenrg.2022.1097858
24. Battula, A.R., Vuddanti, S., Salkuti, S.R. Review of Energy Management System Approaches in Microgrids. *Energies* 2021, 14, 5459. <https://doi.org/10.3390/en14175459>
25. VDI-Guideline VDI 4602, page 3, Beuth Verlag, Berlin 2007.
26. Katsutomo Tanaka, Hiroshi Watanabe, Akira Endou. Enerize E3 Factory Energy Management System – For Visualizing the Energy Key Performance Indicator and Achieving Optimal Energy Efficiency. *Yokogawa Technical Report. English Edition.* Vol.53, No 1(2010), P.23-26.
27. Kyrlyenko 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.
28. IEC/TR 63097:2017 Smart grid standardization roadmap. 2017. 315 p.
29. Tankevich S.E., Blinov I.V., Kyrlyenko 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.
30. Kyrlyenko O., Blinov I., Zaitsev Ie., Palachov S., Vasylychenko V. International and European standards implementation for use Smart Grid concept in IPS of Ukraine. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky NAN Ukrainy.* 2022. No 63. Pp. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2022.63.005>
31. Saleh, Mahmoud; Esa, Yusef; Mohamed, Ahmed (8 January 2018). "Communication Based Control for DC Microgrids – IEEE Journals & Magazine". Publications and Research. doi:10.1109/TSG.2018.2791361. S2CID 67870651.
32. Kermani, M., Adelmanesh, B., Shirdare, E. et al (2021). Intelligent energy management based on SCADA system in a real Microgrid for smart building applications. *Renewable Energy*, 171: 1115-1127. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.008>
33. <https://integrated-standards.com/articles/what-is-integrated-management-system/>
34. <https://eaguk.org/energy-services/energy-management/>
35. <https://cietcanada.com/news/highlighting-energy-management-jobs-training-hot-topics/> Energy management information systems
36. IEC 60050 Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary. URL: <https://www.electropedia.org/>
37. Muhammad Fahad Zia, Elhoussin Elbouchikhi, Mohamed Benbouzid. Microgrids energy management systems: A critical review on methods, solutions, and prospects. *Applied Energy.* Volume 222, 15 July 2018, Pages 1033-1055.
38. Rathor S.K., Saxena D. Energy management system for smart grid: An overview and key issues. *Int J Energy Res.* 2020;1–43. <https://doi.org/10.1002/er.4883>
39. Laayati, O., Bouzi, M., Chebak, A. Smart Energy Management System: SCIM Diagnosis and Failure Classification and Prediction Using Energy Consumption Data. In *Digital Technologies and Applications*; Motahhir, S., Bossoufi, B., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2021; Volume 211, pp. 1377–1386.
40. Trianni, A., Cagno, E., de Donatis, A. A. framework to characterize energy efficiency measures. *Appl. Energy* 2014, 118, 207–220.
41. Central Energy Management System for Smart Grids. <https://www.cgi.com/sites/default/files/cgi-central-energy-management-system-factsheet.pdf>
42. <https://www.energy.gov/femp/what-are-energy-management-information-systems>
43. Nitasha Khan, Zeeshan Shahid, Muhammad Mansoor Alam, Aznida Abu Bakar Sajak, Mazliham, Talha Ahmed Khan, Syed Safdar Ali Rizvi. Energy Management Systems Using Smart Grids: An Exhaustive Parametric Comprehensive Analysis of Existing Trends, Significance, Opportunities, and Challenges. *Hindawi International Transactions on Electrical Energy Systems.* Volume 2022, Article ID 3358795, 38 pages <https://doi.org/10.1155/2022/3358795>
44. Terry L. Esper & Alexander E. Ellinger & Theodore P. Stank & Daniel J. Flint & Mark Moon. Demand and supply integration: a conceptual framework of value creation through knowledge management. *J. of the Acad. Mark. Sci.* DOI 10.1007/s11747-009-0135-3
45. Nippon, BASF, DSM asset restructuring event. <https://www.echemi.com/cms/122893.html>
46. [https://www.hitachi.com/products/it/control\\_sys/cems/management.html](https://www.hitachi.com/products/it/control_sys/cems/management.html)
47. [https://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/10\\_559.pdf](https://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/10_559.pdf)
48. [https://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/10\\_559.pdf](https://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/10_559.pdf)
49. <https://webbylab.com/blog/how-iot-can-help-with-energy-management/>
50. Top 10 Applications of AI in the Energy Sector. <https://www.fdmgroup.com/blog/ai-in-energy-sector/>
51. <https://integrated-standards.com/articles/what-is-integrated-management-system/>

Надійшла: 18.01.2024  
Received: 18.01.2024