

УДК 621.391

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.4>

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ СПОЖИВАННЯМ ЕНЕРГІЇ

Зубенко В. О. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-8401-755X

Березюк І. А. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри автоматизації виробничих процесів
Центральноукраїнського національного технічного університету
ORCID ID: 0000-0003-1903-8204

Волков І. В. – викладач кафедри автоматизації виробничих процесів
Центральноукраїнського національного технічного університету
ORCID ID: 0000-0002-2331-1237

Інформація в енергетиці, це ключовий фактор для досягнення оптимальної ефективності та стабільності у всіх аспектах виробництва та споживання енергії. Вона не лише надає основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень, але й сприяє впровадженню інновацій, використанню відновлювальних джерел та вдосконаленню загальної продуктивності енергетичних систем. Завдяки інформаційним технологіям реалізується концепція прийняття розумних енергетичних рішень, що відповідають потребам ефективного та сталого розвитку в галузі енергетики.

В даній статті проводяться теоретичні та практичні дослідження інформаційної системи та технологій для прийняття рішення щодо керування енергоспоживанням в залежності від необхідних для господарства потужностей.

Аналіз і порівняльні дослідження відомих методів завадостійкого кодування виявили науково-технічне протиріччя між поточним станом науково-методичного апарату теорії завадостійкого кодування, можливостями застосовуваних систем корекції помилок кодів, існуючими методами та алгоритмами п завадостійкого кодування (декодування) і вимогами до властивостей, необхідних для практичних застосувань забезпечення заданого рівня помилково захищеності передачі дискретних повідомлень в телекомунікаційних системах і мережах спеціального призначення, включаючи системи управління та зв'язку.

Виявлено, що вхідні параметри об'єкта керування носять випадковий характер надходження, тому виникає необхідність у їх дослідженні. Використання методів статистичної обробки та аналізу даних дало змогу визначити імовірнісні характеристики швидкості вітру та електричних навантажень (на прикладі Кіровоградського регіону). Середня швидкість вітру становить майже 5 м/с, максимальна середньодобова потужність ВЕУ WE-10000 становить: взимку – близько 4 кВт, весною – майже 5,3 кВт, влітку та восени – приблизно 4,6 кВт.

Дослідження енергетичних потреб показало, що найбільше енергії споживає 1-ша категорія. Лише у весняний період енергетичні потреби 2-ї категорії приблизно на 10% є більшими, ніж для 1-ї категорії. У весняний, літній та осінній періоди енергетичні потреби фермерського господарства можуть бути задоволені за рахунок енергії вітру. В зимовий період ВЕУ може задовольнити енергетичні потреби 1-ї категорії приблизно на 50%, а отже необхідно використовувати електростанцію. Розроблена інформаційно-керуюча система електропостачання проводить відповідні вимірювання для збору статистичних даних та формування графіків середньодобових енергетичних навантажень фермерського господарства. Враховуючи отримані показники потужностей вітроенергетичної установки та електричної станції з двигуном внутрішнього згорання,

система застосовує розроблений алгоритм для ефективного розподілу отриманої енергії, відповідно до енергетичних потреб господарства.

Ключові слова: інформаційні системи, відновлювальні джерела енергії, вітроустановка.

Zubenko V. O., Bereziuk I. A., Volkov I. V. The use of information technologies for optimization of energy consumption management

Information technology in the energy sector is a key factor for achieving optimal efficiency and sustainability in all aspects of energy production and consumption. It not only provides a basis for making informed management decisions, but also promotes innovation, the use of renewable energy sources, and improves the overall performance of energy systems. Information technologies help to realize the concept of making smart energy decisions that meet the needs of efficient and sustainable development in the energy sector.

The theoretical and practical studies of information systems and technologies for decision-making on energy supply management depending on the capacities required for the economy are carried out in this article.

It was revealed that the input parameters of the control object are of a random nature, so there is a need to study them. The use of statistical processing and data analysis methods made it possible to determine the probabilistic characteristics of wind speed and electrical loads (on the example of the Kirovograd region). The average wind speed is almost 5 m/s, the maximum average daily power of wind turbine WE-10000 is about 4 kW in winter, almost 5.3 kW in spring, and about 4.6 kW in summer and autumn.

The study of energy needs showed that category 1 consumes the most energy. Only in the spring, the energy needs of category 2 are about 10% higher than those of category 1. In spring, summer and autumn, the energy needs of the farm can be met by wind energy. In winter, a wind turbine can meet the energy needs of category 1 by about 50%, and therefore a power plant is required. The developed information management system of electricity supply carries out relevant measurements to collect statistical data and generate graphs of average daily energy loads of the farm. Taking into account the obtained indicators of the capacities of the wind turbine and the power plant with an internal combustion engine, the system applies the developed algorithm for the efficient distribution of the received energy, in accordance with the energy needs of the farm.

Key words: information systems, renewable energy sources, wind turbine.

Постановка проблеми. Розвиток сучасної електроенергетики базується на інформаційних технологіях, що включають елементну базу й програмні продукти. Вони однаково впливають на темпи змін у різних технологіях і в електроенергетиці зокрема. Використання комп'ютерних інформаційних технологій забезпечує беззбійну генерацію електрики і її постачання споживачам, майже половина яких в Україні – населення.

Сьогодні одним із пріоритетних завдань є розробка, використання та впровадження інформаційних систем в енергетиці. Це дасть можливість ефективно оптимізувати виробництво та розподіл електроенергії, забезпечити оптимізацію витрат, прогнозувати попит, моніторити стан обладнання, впроваджувати відновлювальні джерела енергії, сприяти сталому розвитку та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Розширення використання розумних енергетичних мереж є ключовим напрямком, оскільки вони впроваджують принцип розподіленої енергогенерації. Для їх енергозабезпечення доцільним є використання альтернативних джерел енергії [1, 2]. Однак, більшість енергогенеруючих об'єктів альтернативної енергетики мають середню або невелику потужність. Тому економічно доцільно збільшувати кількість таких об'єктів у непрямій близькості до споживача та використовувати технології, які дозволяють кінцевому споживачу не лише споживати енергію, але й виробляти її та направляти надлишки до енергомережі.

Важливим напрямком досліджень є розгляд можливостей децентралізованих систем енергопостачання, таких як мікромережі та енергетичні спільноти, як перспективного шляху розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження в галузі децентралізації енергопостачання спрямовані на розвиток двох основних напрямків [4, 5].

По-перше, це мікромережі – невеликі автономні системи, що виробляють енергію на місці використання, за допомогою сонячних панелей, вітрових турбін та акумуляторів. Вони забезпечують самодостатність та ефективність у віддалених регіонах.

По-друге, енергетичні спільноти об'єднують групи споживачів та виробників для спільного виробництва та обміну електроенергією, використовуючи технології блокчейн для прозорого розподілу ресурсів.

Ці дослідження спрямовані на створення більш сталої та гнучкої системи, зменшуючи залежність від централізованих енергетичних мереж та відповідаючи на змінні потреби різних спільнот.

Сучасні розвинені країни, зокрема США, Китай, Японія та Південна Корея, вже активно ведуть розробку «розумних» (інтелектуальних) систем електропостачання майбутнього. Зростання світового населення, розвиток технологій, а також військовий стан в Україні створюють необхідність у вдосконаленні методів виробництва, розподілу та споживання енергії. Тому, розробка інформаційних систем та технологій для оптимізації управління споживанням енергії є надзвичайно актуальною темою, через необхідність вирішення специфічних викликів у галузі енергетики.

Мета статті – розробка та дослідження інформаційно-керуючої системи для ефективного енергозабезпечення фермерського господарства (мікромережі), шляхом раціонального використання енергії, спрогнозованих даних та ресурсного потенціалу регіону.

Виклад основного матеріалу. Для забезпечення енергопостачанням віддалених господарств доцільно використовувати комбінований підхід, який включає в себе традиційну енергетичну мережу, резервні енергостанції (бензинові, дизельні, газові і т.д.) та використання відновлюваних джерел енергії. Вибір конкретного відновлювального джерела залежить від його доступності в конкретній локації [5–108].

Для подальших досліджень було обрано віддалений від ліній централізованого електропостачання споживач – фермерське господарство, розташоване на території Кіровоградської області. Система енергопостачання господарства, має в своєму складі 2 джерела енергії – вітроелектричну установку (ВЕУ) та енергостанцію (ЕС) з двигуном внутрішнього згорання.

Оскільки споживач не може використовувати додаткові джерела енергії (матеріальні, територіальні фактори), то для забезпечення власних потреб необхідно раціонально використовувати енергію, яка є в наявності [6, 7].

Існуючі методи і засоби автоматизації процесу керування енергоспоживанням не дозволяють досягти мети, поставленої в роботі, тому виникла необхідність розв'язати наступні задачі:

- 1) дослідити енергетичні потреби обраного фермерського господарства;
- 2) визначити структуру інформаційної системи керування енергопотребами фермерського господарства та розробити алгоритм її роботи.

Згідно підходу [5] пропонується, електроприймачі розподілити на групи по наступним категорії (ПУЕ (п. 1.2.17) [3]):

- 1) електроприймачі, які не допускають перерв в енергопостачанні;
- 2) електроприймачі, які допускають перериви в енергопостачанні на деякий час;

3) решта електроприймачів, що не підпадають під визначення I та II категорій. Тобто, електроприймачі, які допускають перериви в енергопостачанні.

Таким чином розробляема система повинна виконувати порівняння кількості енергії, яка потрібна споживачу. При цьому пріоритет повинен надаватись споживачам I категорії.

Рішення поставлених задач проводилось в декілька етапів.

На першому етапі досліджували вхідні змінні об'єкта керування. Об'єктом керування є система енергоспоживання фермерського господарства.

Вхідними змінними є енергетичні потреби споживача (кількість енергії, що генерують енергоустановки в певний момент часу) та енергетичні можливості (потоки) джерел енергії (кількість енергії, що необхідна споживачу в певний момент часу). На даному етапі за допомогою методів статистичної обробки, теорії ймовірності та математичного аналізу були побудовані графіки навантаження енергетичних потреб та потужностей джерел енергії за сезонами року.

Результати досліджень свідчать, що найвищий рівень споживання енергії спостерігається у категорії 1, менший – у категорії 2, та найменший – у категорії 3. Середньодобові енергетичні потреби фермерського господарства складають приблизно 182 кВт·год. взимку, майже 63 кВт·год. навесні, близько 52 кВт·год. влітку та 53,1 кВт·год. восени.

Другий етап. На основі отриманих графіків був проведений аналіз можливостей задоволення енергетичних потреб споживача.

Для проведення такого аналізу були використані методи статистичного аналізу та теорії ймовірності, та спеціальні програмні пакети (MathCad, MatLab та ін.)

З цією метою були проведені дослідження роботи вітроенергетичної установки WE-10000 в Кіровоградському регіоні, та отримані залежності середньодобової потужності ВЕУ WE-10000 за сезонами року в умовах Кіровоградського регіону.

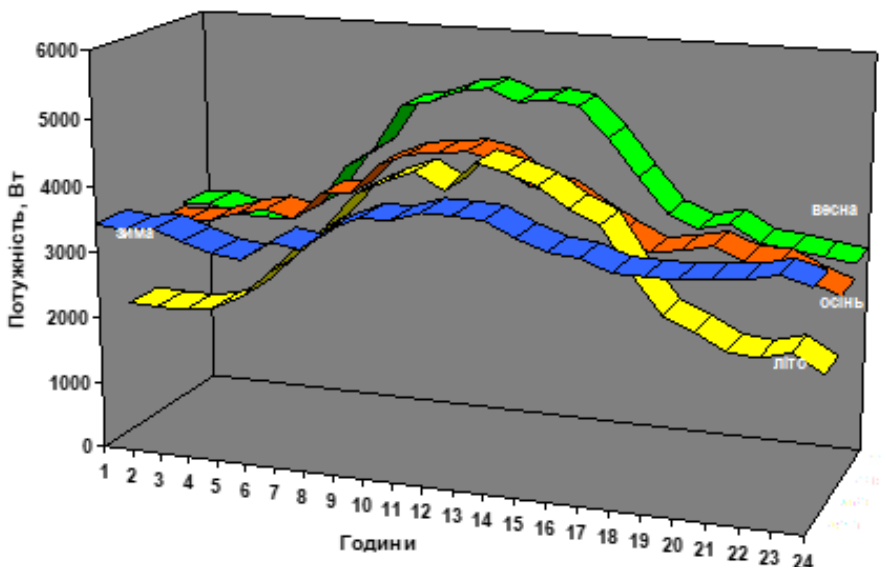


Рис. 1. Залежність потужності ВЕУ WE-10000 від швидкості вітру в Кіровоградському регіоні за сезонами року

Отримані залежності дали змогу виявити взаємозв'язок між електропостачанням та електроспоживанням фермерського господарства та побудувати відповідні графіки енергетичних потреб та енергетичних потоків (потужність ВЕУ), для всіх сезонів року. Для досягнення цієї мети було використано програмний пакет Microsoft Excel.

Аналізуючі отримані дані, можна зробити висновок, що у весняний, літній та осінній сезони енергетичні потреби с/г об'єкта можуть бути майже повністю задоволені за рахунок енергії вітру. В зимовий сезон енергії вітру недостатньо для забезпечення енергією (рис. 2).

Отримані дані спостережень та проведених розрахунків, треба обов'язково врахувати при розробці інформаційно-керуючої системи.

На третьому етапі були розроблені структурна схема системи та алгоритм її роботи.

Вихідними змінними об'єкта керування є – вибір категорії електроприймачів для яких, згідно наявних в певний момент часу енергетичних потоків, слід здійснювати енергопостачання.

Таким чином, структура розробленої системи буде мати вигляд, показаний на рис. 3.

Згідно даної структури основним джерелом енергії є ВЕУ, резервним – ЕС. Тобто спочатку використовується енергія від ВЕУ, а у разі її недостатньої кількості необхідно використовувати ЕС. Як тільки кількості енергії від ВЕУ достатньо, то ЕС вимикають. АКБ та АІ, що входять до складу СГЖ, необхідні для надання енергії належної якості (напруга 220 В, частота 50 Гц, симетричність та синусоїдальність струму і напруги тощо).

Керування роботою енергоустановками здійснюється згідно розробленого алгоритму роботи.

Система повинна виконувати перерозподіл наявної енергії до електроприймачів наступним чином:

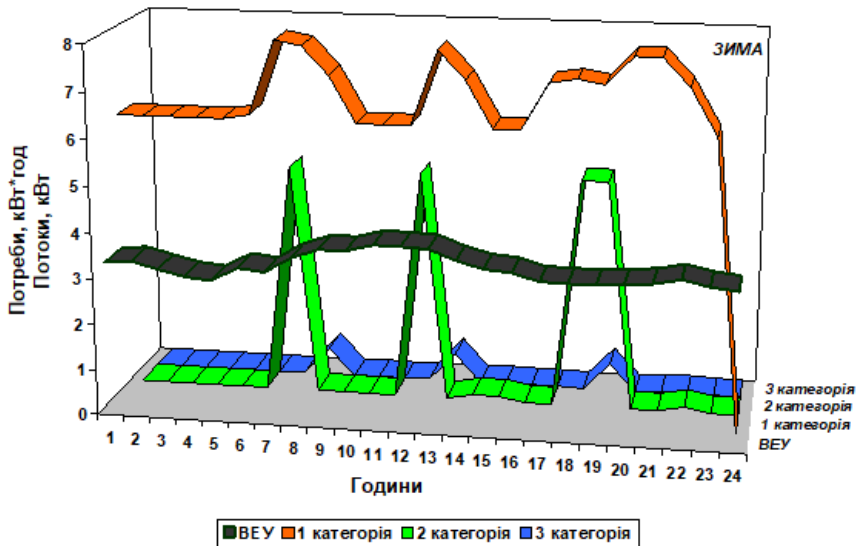


Рис. 2. Середньодобове енергопостачання та енергоспоживання зимою

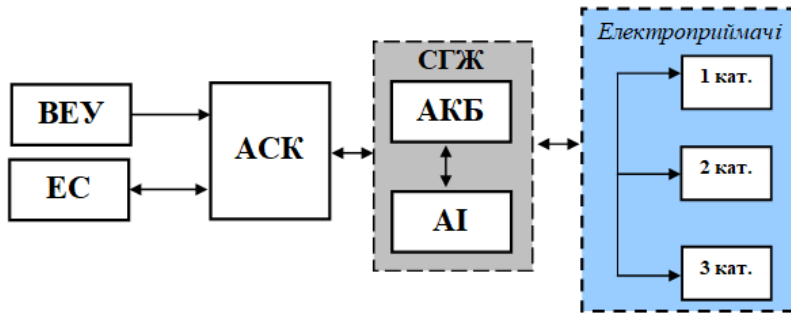


Рис. 3. Структура АСК ЕСФГ:

ВЕУ – вітроелектрична установка; ЕС – енергостанція; АСК – автоматизована система керування; СГЖ – система гарантованого живлення; АКБ – акумуляторні батареї; АІ – автономний інвертор; споживач 1 гр., 2 гр, 3 гр. – категорії електроприймачів

1. Порівняти кількість енергії, що надходить від ВЕУ та ЕС, з кількістю енергії, що необхідна споживачу.
2. Якщо енергії вистачає для забезпечення всіх електроприймачів, то здійснювати енергопостачання.
3. Якщо енергії не вистачає, то надавати енергію електроприймачам 1-ї категорії, а залишок – для електроприймачів 2-ї та 3-ї категорій.

В результаті проведеної роботи була розроблена інформаційно-керуюча система електропостачання фермерського господарства, яка розподіляє отриману електричну енергію, в залежності від потреб господарства.

Висновки. Дослідження енергетичних потреб фермерського господарства розташованого в Кіровоградському регіоні, показало, що загалом, енергетичні потреби всіх категорій електроприймачів фермерського господарства можуть бути задоволені за рахунок енергії вітру. Однак, в зимовий період, ВЕУ може задовольнити енергетичні потреби 1-ї категорії приблизно на 50%, а отже необхідно використовувати електростанцію. Все це враховує розроблена інформаційно керуюча система електропостачання. Яка проводить відповідні вимірювання для збору статистичних даних та отримання графіків середньодобових енергетичних навантажень фермерського господарства, та в залежності від отриманих потужностей вітроенергетичної установки та електричної станції з двигуном внутрішнього згорання перерозподіляє отриману енергію на енергетичні потреби господарства, згідно розробленого алгоритму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Про альтернативні джерела енергії: Закон України № 555-IV від 20.02.2003 року (із змінами, внесеними згідно із Законом № 3220-IX від 30.06.2023/ Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 2009, № 13. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». / Верховна Рада України URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf>
3. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.
4. Легеза О.Н., Жесан Р. В., Голик О. П. Аналіз каналів передачі інформації для інтелектуальних систем енергопостачання майбутнього. *Перспективні напрямки*

розвитку сучасних інформаційних систем та технологій: матеріали Всеукраїнської науково-практичної студентської конференції. Кропивницький, 2021. С. 40.

5. Енергозбереження та використання поновлюваних джерел енергії. Частина I: навчальний посібник для здобувачів освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Уклад.: О.П. Голик, Р.В. Жесан, І.В. Волков та ін. Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2020. 192 с.

6. Яснолоб І.О., Чайка Т.О., Горб О.О., Радіонова Я.В. Концептуальні засади ефективного функціонування енергетично незалежних сільських територій. *Економіка АПК*. 2019. № 3. С. 115–122.

7. Новітні енергетичні технології та їх вплив на функціонування систем енергопостачання : аналіт. доп. / О. М. Суходоля. Київ : НІСД, 2022. 36 с. URL: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.17>

8. Сучасні технології в галузі енергетичних ресурсів. URL: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=1370>

REFERENCES:

1. Pro alternatyvni dzherela enerhii: Zakon Ukrainy № 555-IV vid 20.02.2003 roku (iz zminamy, vnesenymy zghidno iz Zakonom № 3220-IX vid 30.06.2023/ *Verkhovna Rada Ukrainy. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*. 2009, № 13 [About alternative energy sources: Law of Ukraine № 555-IV 20.02.2003 (with changes introduced in accordance with Law No. 3220-IX dated 06.30.2023 – *Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*)] URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> [in Ukrainian].

2. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku “Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist” [Energy strategy of Ukraine for the period until 2035 “Security, energy efficiency, competitiveness”] / *Verkhovna Rada Ukrainy* URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf> [in Ukrainian].

3. Pravyla ulashtuvannia elektroustanovok. (2017). Vydannia ofitsiine. Minenerhovuhillia Ukrainy. Kh: Vydavnytstvo “Fort” [Rules for arranging electrical installations]. (2017). The publication is official. Ministry of Energy and Coal of Ukraine. Kh: Fort Publishing House [in Ukrainian].

4. Leheza, O.N., Zhesan, R. V., Holyk, O. P. (2021) Analiz kanaliv peredachi informatsii dlia intelektualnykh system enerhopostachannia maibutnoho [Analysis of information transmission channels for intelligent energy supply systems of the future]. Proceedings from “*Perspektyvni napriamky rozvytku suchasnykh informatsiinykh system ta tekhnolohii: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi studentskoi konferentsii*” (p. 40). Kropyvnytskyi: CNTU [in Ukrainian].

5. Holyk, O.P., Zhesan, R.V., Volkov, I.V. (2020). *Enerhozberezhennia ta vykorystannia ponovliuvanykh dzherel enerhii* [Energy conservation and use of renewable energy sources] *Chastyina I: navchalnyi posibnyk dlia zdobuvachiv osvity za spetsialnistiu 141 “Elektroenerhetyka, elektrotekhnika ta elektromekhanika”*. Kropyvnytskyi : Vydavets Lysenko V.F [in Ukrainian].

6. Yasnolob, I.O., Chaika, T.O., Horb, O.O., Radionova, Ya.V. (2019). Kontseptualni zasady efektyvnoho funktsionuvannia enerhetychno nezaleznykh silskykh terytorii. [Conceptual principles of effective functioning of energy-independent rural areas] *Ekonomika APK*. № 3 (pp. 115–122). Retrieved from <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201903115> [in Ukrainian].

7. Novitni enerhetychni tekhnolohii ta yikh vplyv na funktsionuvannia system enerhopostachannia [The latest energy technologies and their impact on the functioning of energy supply systems]. (2022). Kyiv: NISD. Retrieved from <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.17> [in Ukrainian].

8. Suchasni tekhnolohii v haluzi enerhetychnykh resursiv [Modern technologies in the field of energy resources]. Retrieved from: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=1370> [in Ukrainian].