МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Каленська Анна Юріївна

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Енергоекологічна оцінка використання різних генеруючих джерел в сільському господарстві
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Каленська А. Ю.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Гончаренко Юрій Павлович
(прізвище, ім'я, по батькові)
к.т.н., доцент кафедри електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Каленська А. Ю. Енергоекологічна оцінка використання різних генеруючих джерел в сільському господарстві. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

Метою даної роботи є визначення єдиного критерію при виборі джерела енергопостачання, що враховує економічний та екологічний ефекти на підставі аналізу структури енергозабезпечення сільгосппідприємств , вартості потужностей та собівартості електроенергії. з урахуванням питомого викиду забруднюючих речовин при виробленні енергії.

Ключові слова: відновлювані джерела , енергозабезпечення.

ABSTRACT

Kalenska A. Yu. Energy and ecological assessment of the use of various generating sources in agriculture. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics - Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

The purpose of this work is to determine a single criterion for choosing a source of energy supply, which takes into account economic and environmental effects based on an analysis of the structure of energy supply of agricultural enterprises, the cost of capacities and the cost of electricity. taking into account the specific emission of pollutants during energy production.

Keywords: renewable sources, energy supply.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ1. СВІТОВИЙ ДОСВІД І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СІЛЬСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ	6
1.1 Огляд раціонального використання енергії та скорочення споживання енергоносіїв.	6
1.2 Напрямки розвитку ВДЕ в Україні та її перспективи	14
Висновки по розділу 1	18
РОЗДІЛ 2 ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ГЕНЕРУЮЧИХ ДЖЕРЕЛ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	17
2.1 Аналіз поглядів на енергоекологічну оцінку різних джерел генерації енергії	17
2.2 Мікромережа на основі ВДЕ як інструмент різних генеруючих джерел в сільському господарстві	23
Висновки по розділу 2	30
РОЗДІЛ 3 ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ГЕНЕРУЮЧОГО КОМПЛЕКСУ МІКРОМЕРЕЖ НА ОСНОВІ ВДЕ	31
3.1 Опис пропонованого технічного рішення та його обговорення	31
3.2 Критерії відбору джерел генерації електроенергії до роботи у складі мікромережі.	36
Висновки по розділу 3	38
ВИСНОВКИ	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	41

ВСТУП

Сучасні сільгосппідприємства мають велику кількість дрібних об'єктів енергоспоживання: ферми, скотарні двори, адміністративні будівлі , об'єкти післяжнивної обробки продукції рослинництва, склади, сховища тощо. Вони розташовані на по-різному видалення від джерел енергозабезпечення. Централізоване електропостачання здійснюється від трансформаторів невеликої потужності по повітряних лініях електропередач великий протяжності. Споживання електроенергії не рівномірне перебіг діб, якість електроенергії низька, присутні великі втрати енергії в сільських мережах .

У останій час все частіше розглядається питання про децентралізоване (автономне) енергозабезпечення низки навантажень сільських територій. Децентралізоване енергопостачання можливе від різних генераторів енергії невеликої потужності з використанням місцевих та відновлюваних джерел енергії. У цьому випадку у споживача виникає завдання вибору генеруючого джерела .

Традиційно вибір джерел енергопостачання здійснюється за найпростішими економічними показниками: вартість будівництва, вартість генерації енергії, економічний ефект і термін окупності. Водночас час різні джерела генерації, особливо автономні, що працюють на відновлюваних джерелах енергії і місцевого палива, по-різному впливають на довкілля з погляду екології. Наприклад, дизель-генераторна електростанція має відносно невелику вартість, але характеризується значними викидами забруднюючих речовин. Сонячна електростанція, навпаки, не засмічує навколишню середу (не рахуючи зайнятих площ, на яких вона розташована), має велику вартість, і в ряді випадків термін окупності сонячних фотоелектричних станцій порівняємо з періодом їх експлуатації. Крім того, важливий облік впливу всіх існуючих забруднювачів, що утворюються в процесі вироблення енергії з з урахуванням ступеня їх впливу на навколишнє середовище. Цей аспект досі мало досліджений.

Метою роботи є визначення єдиного критерію при виборі джерела енергопостачання, що враховує економічний та екологічний ефекти на підставі аналізу структури енергозабезпечення сільгосппідприємств , вартості потужностей та собівартості електроенергії. з урахуванням питомого викиду забруднюючих речовин при виробленні енергії.

Об'єкт дослідження являються відновлювані джерела енергііїї у системі електропостачання сільських поселень.

Методи дослідження визначалися поставленими завданнями кваліфікаційної роботи та були засновані на аналізі відкритих джерел інформації вітчизняних та зарубіжних авторів, а також тапарату логіко-лінгвістичного моделювання.

Перелік публікацій автора за темою дослідження:

Каленська А. Ю. НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ВДЕ В УКРАЇНІ ТА ЇЇ ПЕРСПЕКТИВИ

Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «НАУКОВІ ЧИТАННЯ за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей» 29 квітня 2026 року. Житомир: Поліський національний університет, 2026.- С 195-198.

Каленська А. Ю., Стафій М. В. МІКРОМЕРЕЖА НА ОСНОВІ ВДЕ ЯК ІНСТРУМЕНТ РІЗНИХ ГЕНЕРУЮЧИХ ДЖЕРЕЛ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «НАУКОВІ ЧИТАННЯ за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей» 29 квітня 2026 року. Житомир: Поліський національний університет, 2026.- С 195-198.

РОЗДІЛ 1

СВІТОВИЙ ДОСВІД І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СІЛЬСЬКИХ ПОСЕЛЕНЬ

1.1 Огляд раціонального використання енергії та скорочення споживання енергоносіїв.

Створені для виробництва електричної енергії наприкінці 19 століття теплові електростанції до цих пір виробляють основну частку електричної енергії в усьому світі, яка складає більше 60%, гідравлічні електростанції посідають друге місце з вироблення електричної енергії (більше 20%), атомні електростанції на сьогодні виробляють близько 10% загальної кількості електроенергії [14]. На частку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), якщо не враховувати «велику» гідроенергетику, припадає менше 8%, в Україні цей показник ще нижче і становить менше 6%. Загальну світову потребу в електроенергії, отриманої за рахунок використання ВДЕ (за різними джерелами), можна забезпечити в обсязі близько 30%. У окремо взятих промислово розвинених країнах це значення вже становить від 12 до 24%. В Швеції – 24%, у Франції – 15%, у США та Китаї – 14%, у Данії та Німеччині – 12%. Але й ці, досить високі, їх показники вже не влаштовують. У 2007 році держави учасники Європейського Союзу ухвалили угоду, яке передбачає, що до 2020 році не менше 20%, а до 2040-го – 40% усієї споживаної ними електроенергії має проводитися з використанням поновлюваних, екологічно чистих джерел, насамперед вітру, сонця і води.

Китай, який швидко впроваджує альтернативну енергетику, намагається не відстати від передових країн в альтернативному розвитку. енергетики. Уряд КНР переглянув прийняту у 2007 році цільову програму щодо прискореного розвитку альтернативної енергетики. Заплановано на 10-річну програму виділити 293 млрд. доларів в якій особлива роль відведена сонячній енергетиці та енергії вітру. До 2050 року обсяг виробництва енергії з альтернативних джерел Китай планує довести до 40% у загальному енергетичному балансі

країни. Відповідно до нового плану, як відмічено у звіті китайського міністерство енергетики, потужность вітряних електростанцій в 2020 році доведено до 100 ГВт. Це великий показник, для порівняння потужність найбільшої у світі гідроелектростанції «Санься», яка добудовується знову ж в Китай, складе 22,4 ГВт (приблизно 5% всіх енергетичних потужностей країни).

Відповідно до інформаційних джерел [2, 3] ВДЕ включає не тільки сонячне випромінювання та енергію вітру, але й:

- енергію річок, морів та океанів, внутрішнього тепла Землі, води, повітря;
- енергію природного руху водних потоків та існуючих у природі градієнтів температур;
- енергію від використання всіх видів біомаси, одержуваної як відходи рослинництва та тваринництва, штучних лісонасаджень та водоростей; - енергія від утилізації відходів промислового виробництва, твердих побутових відходів та опадів стічних вод;
- енергія від прямого спалювання рослинної біомаси, термічної переробки відходів лісовий і деревообробної промисловості.

Таким чином, відмінною ознакою ВДЕ є те, що це джерела безперервно поновлюваних у біосфері Землі видів енергії, які не є наслідком цілеспрямованої діяльності людини.

Традиційні (невідновлювані) джерела енергії - це природні ресурси матеріалів Землі, які людина використовує для виробництва енергії. До таких джерел енергії можна віднести ядерне паливо, вугілля, нафта, газ.

Виробництво та використання традиційних джерел енергії пов'язані із забрудненням навколишнього середовища, при спалюванні викопних видів палива, утворюються токсичні гази і речовини, які негативно впливають на навколишню середу.

Щорічно у всьому світі зростає споживання вуглеводнів , що середньому складає 4%. За сьогоднішнього темпу споживання, за різними дослідженнями:

нафти вистачить на 20÷30 років, газу на 70÷80 років, а вугілля залишилося найбільше, його хватить на 170÷180 років.

Відповідно, скорочення споживання традиційних енергоносіїв, а також застосування новітніх технологій, які не наносять шкоди навколишнього середовищі єнай важливішми інструментами у сфері охорони навколишнього середовища. Тому, розширене застосування відновлюваних джерел енергії, сприяє істотному зниженню рівня екологічного забруднення від використання традиційних видів палива. Для цього в нашій країні вже проведено аналіз ефективності використання ВДЕ в ряді регіонів, а також підготовлено проекти планів дій по їх розвитку. Так, у Сумській області передбачається налагодити використання відходів лісопереробки для виробництва біомаси –, в Черкаській - сонячної та вітрової енергії, а також відходів сільського господарства.

До справжньому часу в незначних обсягах використовується потенціал відновлюваних джерел енергії у вітчизняній будівельній індустрії. Світовий фінансовий світ, що почався восени 2008 року криза змусив переглянути погляди з питання енергозбереження.

Енергетична криза 1970-х років дала потужний поштовх розвитку досліджень у сфері використання відновлюваних джерел. енергії у малоповерховому будівництві. У нашій країні також велися активні розробки будинків з використанням поновлюваних джерел енергії, але ці дослідження було припинено на початку 90-х років минулого століття.

В нашій країні будівництво заміського та сільського житла, в переважній більшості випадків, велося за типовими проектами, де забезпечувався мінімальний рівень комфорту та фізіологічних норм. Однак останніми роками почався новий етап в проектуванні та будівництві такого роду житла, але брак досвіду в цьому виді проектування та будівництва призводить, на початковому етапі, до багатьох проблем.

Тема заміського та сільського житла, що використовує відновлювані джерела енергії, актуальна не тільки з точки зору екологічності, а й з погляду розвитку нового напряму архітектури житлового малоповерхового будинку.

Окрім численних приватних будинків, що проектуються з використанням відновлюваних джерел енергії, у Європі активно діють програми з проектування «екологічних поселень», які підтримуються державою та регіональною владою.

В останні роки швидкими темпами розвиваються технології практичного використання фотоелектричних перетворювачів енергії, середній щорічний приріст яких становить близько 60%. Високими темпами впроваджуються й інші технології використання ВДЕ: вітроустановки – 28%, виробництво біопалив – 25%, сонячні нагрівальні установки – 17%, геотермальне теплопостачання - 13%, малі і мікро-ГЕС - 8%, при цьому традиційні галузі енергетики розвиваються, в цей же час. темпом 2÷4% в рік, в том числі «велика» гідроенергетика 2%, атомна енергетика 1,6% [4].

Більше докладно зупинимося на самому вивченому і вельми перспективному на сьогоднішній день напрямі – сонячній енергетиці, оскільки вона перебуває у найбільш розвиненому стані та відповідає вимогам безпеки, екологічності, доступності та вивченості наслідків її застосування.

Найбільшого розвитку сонячна енергетика набула в Японії 48%, Німеччини 23% і США 16%. У цих країнах прийняті закони та постанови щодо розвитку ВІЕ, а також надаються різноманітні пільги тим, хто використовує ВІЕ. Сьогодні вже понад два десятки країн використовують або почали використовувати сонячну енергію.

Сьогодні на основі сонячних модулів пропонується безліч систем на ринку енергетичних систем, які відрізняються за своєю потужністю і, отже, функціональному призначенню. Так як сонячний модуль виробляє електроенергію в денний час, а використовується вона і у вечірній період, то енергетична система повинна містити як мінімум три основні елементи: сонячний модуль, батарею для накопичення електроенергії, автоматизований пристрій керування енергетичною системою, у складі якої може бути інвертор, так як сонячний модуль виробляє тільки постійну напругу. Ціна на

енергетичні установки, залежно від потужності, може досягати десятків тисяч доларів.

Будівництво неміського та сільського житла, в нашій країні велося в переважній більшості випадків, за типовими проектами, де забезпечувався мінімальний рівні комфорту та фізіологічних норм. В останні роки почався новий етап проектування та будівництва такого роду житла, але внаслідок малого досвіду в цьому виді проектування та будівництва, виникають значні проблеми на початковому етапі.

Тема заміського та сільського житла, що використовує відновлювані джерела енергії актуальна не тільки з точки зору екологічності, а й з погляду розвитку нового напряму архітектури малоповерхового житлового будинку.

Окрім численних приватних будинків, що проектуються з використанням відновлюваних джерел енергії, у Європі активно діють програми з проектування «екологічних поселень», які підтримуються державою та регіональною владою.

В останні роки найбільш швидкими темпами розвиваються технології практичного використання фотоелектричних перетворювачів енергії, щорічний приріст яких в середньому становить близько 60%. Великими темпами використовуються інші технології ВДЕ: де вітроустановки складають 28%, виробництво біопалив – 25%, сонячні нагрівальні установки – 17%, геотермальне теплопостачання - 13%, малі і мікро-ГЕС - 8%.

Більше докладно зупинимося на самому вивченому і вельми перспективному на сьогоднішній день напрямі – сонячній енергетиці, оскільки вона розвинена найбільш та відповідає вимогам безпеки в питаннях екологічності, доступності та вивченості наслідків її застосування.

Найбільшого розвитку сонячна енергетика набула в Японії 48%, Німеччини 23% і США 16%. У цих країнах прийняті закони та постанови щодо розвитку ВІЕ, а також надаються різноманітні пільги тим, хто використовує

ВДЕ. Сьогодні вже понад два десятки країн використовують або почали використовувати сонячну енергію.

На ринку енергетичних систем на основі сонячних модулів пропонується безліч систем, що відрізняються за своєю потужністю і, отже, функціональному призначенню. Відомо, що сонячний модуль виробляє електроенергію в денний час, а використовується вона і у вечірній період, тому енергетична система повинна містити як мінімум три основні елементи: сонячний модуль, батарею для накопичення електроенергії, автоматизований пристрій який керує енергетичною системою. У складі даної системи може бути інвертор, так як сонячний модуль виробляє тільки постійну напругу.

В Європі та США поширені енергетичні системи для будинку потужністю 1÷2,5 кВт, які під'єднані до центральної енергетичної системі і не містять накопичувачів електроенергії. На початку 2000-х років Німеччина вжила заходів до стимулювання виробництва та використання сонячної енергетики. Грунтуючись на позитивному досвіді вітроенергетики, було прийнято незалежну від державного бюджету систему спеціальних закупівельних тарифів (feed-in-tariff) для виробників фотопанелей, згідно якої держава закупає електроенергії, яка виробляється фотоелектричними модулями в денний час, по ціні 0,65 євро за 1 кВт·год у власників фотоелектричних сонячних модулів, підключених через інвертори, а ввечері та вночі вже енергосистема віддає своїм споживачам (населенню) необхідну їм електроенергії за ціною 0,13 євро за 1 кВт·год.



Рисунок 1.1 - Дахи житлових будинків, збудованих за підтримки програми «100 000 сонячних дахів» у м. Фрайбург (Німеччина).

Для покупців фотоелектричних сонячних батарей модулів потужністю до 5 кВт був встановлений доступний майже безвідсотковий кредит на 10 років. Таким чином, уряд Німеччини стимулював своїх громадян встановлювати фотоелектричних сонячних модулів.

Найбільшим ринком збуту фотоелектричних перетворювачів нині є Іспанія. В 2008 завдяки активній урядовій програмі, сумарна потужність сонячних електростанцій в цією країні зростала на 2 000 кВт щодня. Станом на 2009 року третина електроенергії, яка отримується в Іспанії, припадала на фотоелектрику.

Встановлювана вартість системи потужністю 1 кВт складає приблизно 7 000 доларів, а 1,5 кВт – 10 000 доларів. Для автономного енергопостачання сільських поселень та об'єктів сільської охорони здоров'я розроблено системи PS 900, PS 2400, що виробляють змінну напругу 220 В. Потужність систем складає 900 Вт і 2 400 Вт відповідно.



Рисунок 1.2 - Сонячні модулі з успіхом вписуються в архітектуру вже існуючих будівель і споруд м. Фрайбурґ (Німеччина).

Ціна на дані системи складає 20 000÷33 500 доларів. Вилика вартість установок визначається високою ціною на сонячні модулі. При виробництві монокристалічних кремнієвих сонячних модулів витрачається таке кількість енергії і праці, яка не окупиться в перебіг всього часу їх експлуатації. В то ж час фотоелектричні перетворювачі на основі полікристалічної кремнієвої стрічки є достатньо комерційно привабливими, попри на нижчі значення к.к.д., так як в перебіг їх експлуатації вони виробляють електроенергії значно більше, ніж було витрачено на їх Виробництво. за думці більшості вчених, найбільш перспективними для наземного використання є тонкоплівкові фотоелектричні перетворювачі, низька вартість яких при масовому виробництві та за достатньої ефективності визначається зменшенням їх товщини в 100 разів. Найбільшу ефективність демонструють сонячні елементи на основі плівок напівпровідникових полікристалічних з'єднань Cu(In,Ga)Se2, CdTe товщиною лизько декількох мкм та плівок гідрогенізованого аморфного кремнію.

Зараз вартість фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії становить 1,5÷3,5 долара за 1 Вт. Ця вартість зменшуватиметься з розвитком технічного прогресу та збільшенням їх ефективності, наприклад, з 1976 року по 1996 вартість фотоелектричних перетворювачів знизилася на 80%.

Зниження вартості тонкоплівкових фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії до 1 долара за 1 Вт, яке прогнозується до 2030 року, зробить фотоелектрику конкурентноздатною з електроенергією, що виробляється на теплових електростанціях. Конкуренцію за вартістю, одержуваної електричної енергії, даному виду ВДЕ може становити лише атомна енергетика. Але, враховуючи інші несприятливі чинники атомної енергетики, конкуренції ВІЕ наразі немає.

1.2 Напрямки розвитку ВДЕ в Україні та її перспективи

Експертні оцінки вказують на те, що Україна має значний енергетичний потенціал. У 2030 році планується довести до частку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) 27% у валовому кінцевому споживанні енергії. Дану цифру

приводить Семен Драгнєв, фахівець науково-інжинірингового центру "Біомаса", який спеціалізується на складанні консалтингових послуг з отримання енергії з біогазу, біомаси, та твердих побутових відходів. На основі аналізу Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року та плану заходів з його виконання, затверджений Кабінетом Міністрів України 13 серпня 2024 року, даний фахівець визначив основні віхи з положень документа.

Відповідно до плану передбачається, що до 2030 року частка ВДЕ по секторах становитиме: в системах теплопостачання та холодопостачання – 33%; у виробництві електроенергії – 29%; у транспортному секторі – 17%.

Для досягнення цього планом передбачає імплементацію 38 заходів. Вони спрямовані на наступні цілі:

- У виробництві електричної енергії подальший розвиток ВДЕ. Фінансування складатиме $12,6 млрд., з яких на розвиток генеруючих потужностей з ВДЕ на основі використання біомаси та біогазу – $1,681 млрд.

- Подальше впровадження ВДЕ в системах теплопостачання та холодопостачання. Необхідне фінансування складатиме $6,7 млрд. З них $3,419 млрд. відводиться на розвиток теплогенеруючих потужностей з ВДЕ.

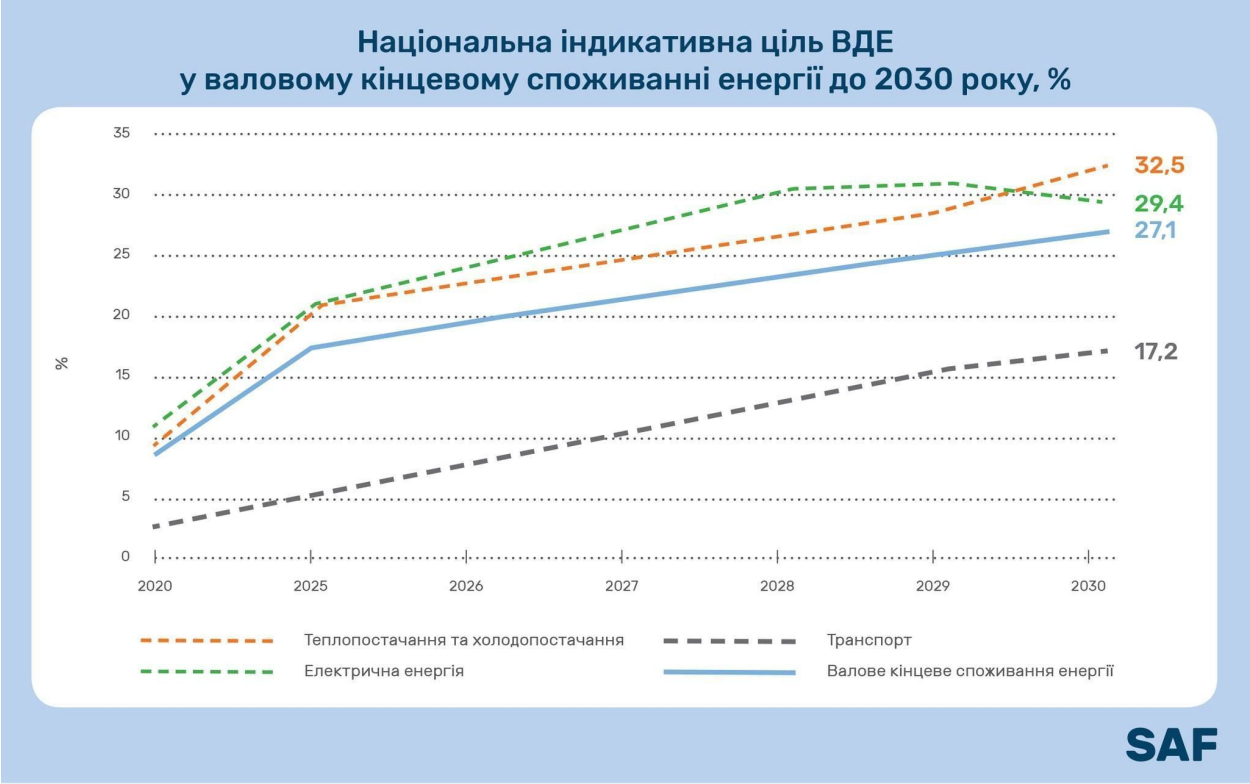
- Зростання використання обсягів енергоносіїв, отриманих з ВДЕ, у транспортному секторі. Фінансування буде в розмірі $1,25 млрд. На використання біоетанолу в транспортному секторі– $450 млн, біодизельного палива – $19 млн, біометану – $2 млн.

- Нормативне, правове та організаційне забезпечення розвитку ВДЕ.

Національна індикативна ціль ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії до 2030 року зображена в таблиці 1.1

На думку експерта, сфера біоенергетики в Україні має значний потенціал для розвитку. Це зумовлено особливостями клімату, перспективою аграрного сектору та наявністю необхідної робочої сили. Якими темпами мають розвиватися ВДЕ в Україні, щоб досягти поставленої урядом мети, Семен Драгнєв демонструє на графіку та в таблиці 1.2: Графік: saf.org.ua.

Таблиця 1.1. Національна індикативна ціль ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії до 2030 року, %



За словами фахівця, найбільший енергетичний потенціал в Україні мають сільськогосподарські залишки та енергетичні рослини.

Виробництво теплової енергії.

Згідно з Нацпланом, до 2030 року в структурі споживання відновлюваної енергії в секторі теплопостачання та холодопостачання внесок біомаси становитиме 5749 тис. тонн нафтового еквіваленту на рік (тис. т н.е./рік), а біогазу – 235 тис. т н.е./рік при загальному валовому кінцевому споживанні енергії з ВДЕ – 7400 тис. т н.е./рік. Таким чином, частка біомаси разом з біогазом становитиме у 2030 році майже 81% у цьому секторі від усіх ВДЕ.

Таблиця 1.2. Темпи розвитку ВДЕ в Україні

Внесок ВДЕ в енергоспоживання кожного сектору до валового кінцевого споживання енергії, тис. т н.е.

Напрям використання енергії з ВДЕ	2020	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Теплопостачання та холодопостачання	2869	4175	5077	5466	6035	6503	7400
Електрична енергія*	1332	1982	2457	2846	3149	3297	3365
Транспорт**	95	142	276	417	553	730	830
Валове кінцеве споживання енергії	**4296**	**6298**	**7810**	**8730**	**9737**	**10529**	**11594**

** без електричної енергії, яка споживається електротранспортом*
*** без врахування мультиплікаторів (коефіцієнтів)*

SAF

Висновки по першому розділу

Проаналізовано світовий досвід використання поновлюваних джерел енергії, та в зокрема сонячної енергетики, а також розглянуті перспективи використання поновлюваних джерел енергії в системі електропостачання сільських поселень.

РОЗДІЛ 2

ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ГЕНЕРУЮЧИХ ДЖЕРЕЛ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

2.1 Аналіз поглядів на енергоекологічну оцінку різних джерел генерації енергії

Аналізу систем енергопостачання сільськогосподарського виробництва присвячені роботи вітчизняних та зарубіжних авторів: створення демонстраційних зон системи енергопостачання високої ефективності [4], плануванню -навантаження мікромереж [5], закономірностям, тенденціям та факторам, що впливають на використання енергії у сільському господарстві [6]. Увага вчених спрямована на оптимізацію структури енергопостачання, - управління енергією в сільській місцевості [7], розглядається питання планування зв'язків між енергетичними ресурсами [8]. Питання децентралізованого енергозабезпечення розглядаються при виборі архітектури енергопостачання. Усі більше дослідницького інтересу приділяється технологіям «мікросеток» та «розумних мереж» [9]. У цих технологіях широко використовують відновлювані джерела енергії: біоенергетика [10-12], вітроенергетика [13; 14], сонячна енергетика [15-17].

Вибір джерела генерації енергії традиційно здійснюється за економічним критерієм. Так, когенераційні системи оцінюються з інвестиційних витратам і вартості біомаси [18]. Вибір між традиційними та нетрадиційними системами енергопостачання зазвичай проводиться за економічними критеріями. Одночасна оцінка варіанта енергопостачання по економічним та екологічним параметрам також привертає увагу вчених [20]. За варіант в якості оцінки використовувати енергоекологічний коефіцієнт представлено в роботах вітчизняних фахівців [21; 22]. Однак цей коефіцієнт опрацьовано тільки для світлокультури. Використання сонячної енергії значно скорочує забруднюючі викиди. Використання процесів піролізного горіння може потенційно мінімізувати проблеми з викидами [24]. Економія енергії також значно впливає скорочення викидів [25]. Оцінка економічної та екологічної стійкості

сільських територій тісно пов'язана з забруднюючими викидами [26]. Таким чином, основним джерелом викидів є вироблення електроенергії і використання транспортних засобів [27].

Аналіз споживачів енергії, режими роботи обладнання і графіки навантажень визначені за результатами енергетичних обстежень [20]. Для визначення значущості впливу всіх суттєвих забруднювачів, утворюються в процесі вироблення енергії, був використаний метод логіко-лінгвістичного моделювання Спісивціва - Дроздова на основі експертних оцінок . Це було обумовлено неможливістю точної оцінки негативного впливу аналізованих речовин на все компоненти навколишнього середовища в цілому і залежність даного впливу від багатьох факторів, які роблять нездійсненним визначення негативного впливу експериментальними методами. Вибраний спосіб дослідження ґрунтується на теорії планування експерименту, математичному апараті нечіткої логіки та регресійному аналізі [28]. Відповідно до методу в якості вихідних для моделювання були використані дані, отримані методом анкетування п'ятьох експертів. Метод включає наступну послідовність дій:

1) визначення цільового показника: залежної змінної, її розмірності, діапазону значень і зв'язку розмірних значень з лінгвістичними оцінками;

2) визначення факторного простору, в якому експерт приймає рішення з даного конкретного питання і від якого залежить цільовий показник;

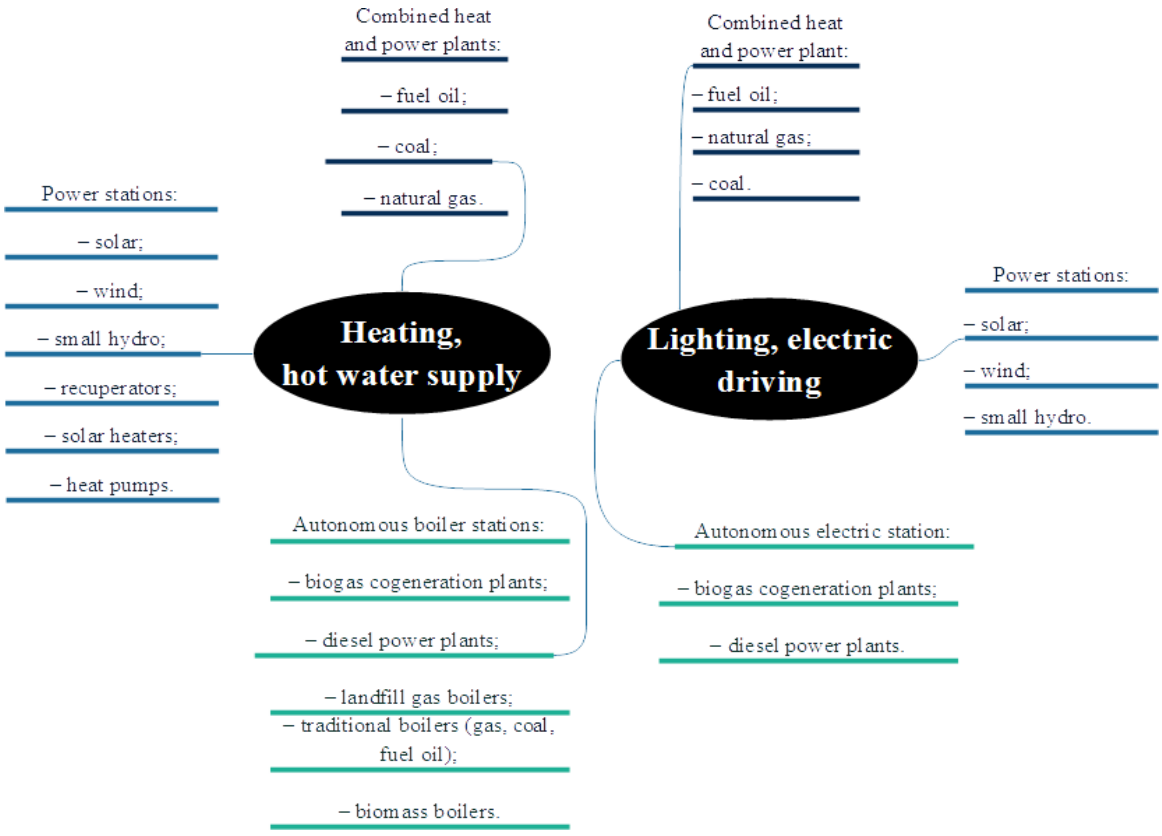
3) створення матриці продукційних правил та заповнення її експертами, що володіють відповідними знаннями та досвідом у досліджуваній предметній галузі;

4) обробка експертних оцінок та побудова цільової функції в аналітичному вигляді, відбиваючою залежність цільового показника від факторних змінних;

5) професійний аналіз цілей функції з точок зору математика та експерта з метою отримання нової інформації про явище, що вивчається.

Електроенергія в сільгосппідприємствах витрачається на освітлення, електропривод, опалення та гаряче водопостачання [20]. Опалення та гаряче водопостачання забезпечуються також від котелень, працюючих на вугіллі,

мазуті, природному газі, біопаливі. Можливе використання для отримання теплової енергії теплових насосів, геліоводонагрівачів і геліовоздухонагрівачів, рекуператорів. Автономне електропостачання можливо від сонячних електростанцій, вітроустановок, гідроелектростанцій та дизельних електростанцій (рис. 2.1).



a) b)

Рисунок 2.1 - Схема структури енергозабезпечення: а) для опалення і ГВП; b) для освітлення, електроприводів, систем управління

Генеруючі об'єкти можуть бути як традиційним (дизель-генератори, газопоршневі енергоустановки), так і відновлюваними джерелами енергії (вітроустановки, сонячні станції, мікро-ГЕС). Використання ВДЕ знижує витрата основного палива (економічний ефект) і позитивно відбивається на екологічних показниках.

Як було зазначено вище, при виборі джерела енергії враховуються економічний або екологічний критерії відбору. Економічний критерій вартість кВт·год енергії (табл.2.1). Екологічний критерій сукупний викид

забруднюючих речовин при отриманні енергії (г/кВт·год) на різних джерелах енергопостачання [1; 15] (табл. 2.2).

При виборі джерел енергопостачання пропонується використовувати коефіцієнт енергоекологічності, що представляє добуток вартості кВт·год отриманої енергії на обсяг питомих викидів забруднюючих речовин. Оптимальне значення цього коефіцієнта при виборі генеруючого джерела – найменше [1]:

$$К_{вв} = (В_б \cdot К_а + В_г) \cdot \sum\{З_р \cdot К_{шд}\} \cdot Q, \quad (2.1)$$

де $В_б$ - загальна вартість будівництва джерела генерації енергії; $К_а$ - коефіцієнт амортизації; $В_г$ - вартість генерації енергії; $З_р$ – кількість забруднюючих речовин; $К_{шд}$ - коефіцієнт шкідливого дії; Q - кількість вироблюваної енергії.

Таблиця 2.1 - Орієнтовна вартість потужностей і собівартість електроенергії

Джерело генерації енергії	Інвестиції, тисяч грн / кВт	Собівартість, грн / кВт·год
Котельня на вугіллі	120	5,4
Котельня на газі	48	3,6
Мала гідроенергетика	50	1,2-3,6
Котельня на біомасі	13,6	4,6
Геотермальна станція	150–300	3,9-18,5
Сонячна електростанція (Фотовольтаїчні)	300	9-30,0
Вітрова електростанція	82,2	2,2
Сонячна теплова станція	93–135	9,8-12,6
Котельня на дровах	32	2,7-4,9
Котельня на тріска	21	1,7-3,4
Котельня на пелетах	38	6,8–10

Наприклад, при роботі двох котельних на дровах та пелетах (табл. 2.3) найменший коефіцієнт енергоеко логічності при генерації енергії від спалювання пелет. Однак при цьому вартість кВт·г вища, а питомі викиди менші. За коефіцієнтом екологічності краще використовувати котельню на пелетах.

Таблиця 2.1- Питомий викид забруднюючих речовин (ЗР) при виробленні електричної та тепловий енергії на місцевих генеруючих джерелах енергії (г/ кВт·год)

Джерело генерації енергії	CO_2	CO	Пил	SO_2	NO_2	H_2S	Усього ЗР
Дизельна котельня	6,8	0,3-0,6	0,04	8,0-10,5	1,8-3,2	0,05	19,1
Котельня на вугіллі	9–10	0,3-1,0	0,4-1,4	6,0-12,5	3,0-7,5	6,0-9,0	37,4
Котельня на мазуті	5,4	0,1-0,5	0,2-0,7	4,2-7,5	2,4-3,0	2,5-5,4	20,2
Котельня на дровах	2,3	0,2-0,8	0,3-0,8	-	0,07	-	2,9
Котельня на пелетах	1,9	0,1-0,6	0,2-0,6	-	0,5	-	3,2
Котельня на тріска	1,3	0,1-0,5	0,5-1,3	-	0,2-1,3	-	3,4
Котельня на біогазі	3,2	-	-	-	2,0-2,7	0,06	5,6
Котельня на природному газі	1,29	-	0,05	0,02	1,9-2,4	-	3,6

Для об'єктивний оцінки важливий облік впливу всіх суттєвих забруднювачів, утворюються в процесі вироботки енергії, з обліком значимості їх впливу на навколишню середу. Значимість впливу визначалася методом логіко-лінгвістичного моделювання .

Таблиця 2.3 - Приклад застосування коефіцієнта енергоекологічності

Вид палива	Вартість кВт·год (грн.)	Питомі викиди грам / кВт·год	Коефіцієнт енергоекологічності
Дрова	5,1	12,9	65,8
Пелети	7,6	5,8	44,1

$$U_{pk} = \sum_i (x_i \times ku_i),$$

де U_{pk} – комплексні екологічні збитки від забруднення; x_i - маса i -го речовини -забруднювача, що характеризує виробництво енергії; ku_i - питомий

коефіцієнт шкоди від забруднення 1 г речовини-забруднювача; *i* – кількість значних речовин-забруднювачів.

Таким чином, для рішення завдання визначення комплексного негативного ¬впливу на навколишнє середовище необхідно визначити список значимих речовин-забруднювачів, і визначити питомий показник шкоди від 1 г речовини-забруднювача.

На підставі аналізу літературних джерел був сформований перелік негативних факторів впливу на навколишнє середовище, що включає в собі пил і 5 істотних за об'ємом утворення і впливу на довкілля речовин:

1) сірководень (H_2 S);
2) оксиди азоту (NOx);
3) діоксид сірки (SO_2);
4) зважені речовини (пил);
5) монооксид вуглецю (CO);
6) діоксид вуглецю (CO_2).

Вираз (2.2) у цьому випадку набуває вигляду:

$$U_{pk} = ku_1 x_1 + ku_2 x_2 + ku_3 x_3 + ku_4 x_4 + ku_5 x_5 + ku_6 x_6 .$$

Для виявлення значень ku_i був використаний метод логіко- лінгвістичного моделювання, що складається з формування матриці поєднань факторних змінних, заповнення матриці експертними даними і обробки даних методами регресійного аналізу [10].

У відповідно з обраним методом була сформована матриця з 32 поєднань граничних значень факторних змінних (табл. 2.4).

Граничні значення факторних перемінних мають наступний сенс: 0 – мінімальний обсяг утворення забруднюючої речовини; 1 – максимальний об'єм.

Для кожного з поєднань факторних значень даної матриці було отримано - експертне значення, причому експерт оцінював комплексну екологічну шкоду від забруднення по шкалою від 0 до 1, де 0 - мінімально можливий

збитки; 1 - максимально можливий збитки. Результати експертного оцінювання наведено в таблиці 5 (значення $Y_{експ}$).

Таблиця 2.4 - Матриця поєднань факторних значень

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	Y
1	0	0	0	0	0	0	-
2	1	0	0	0	0	1	-
3	0	1	0	0	0	1	-
4	1	1	0	0	0	0	-
5	0	0	1	0	0	1	-
-	-	-	-	-	-	-	-
30	1	0	1	1	1	0	-
31	0	1	1	1	1	0	-
32	1	1	1	1	1	1	-

За результатами регресійного -аналізу була отримана наступна формула:

$$Y=0{,}000031841x_1+0{,}001496529x_2+0{,}013723492x_3+0{,}016461823x_4+$$
$$+0{,}04094759x_5+0{,}927338725x_6.$$

Вагові коефіцієнти кожної перемінної відбивають значимість фактора з точки зору негативного впливу на довкілля. Оскільки для цілей дослідження цікавить порівняльна оцінка шкоди від забруднювачів при виробленні теплоти та електроенергії.

В результаті було отримано такий поліноміальний вираз:

$$U_{pk} =x_1+47x_2+431x_3+517x_4+1286x_5+29124x_6.$$

Отримані значення ku_i дозволяють оцінити значущість негативного впливу речовин забруднювачів на довкілля. Так, можна зробити висновок о тому, що найбільший негативний вплив на оточуюче довкілля надає сірководень (H_2 S) , а найменше - діоксид вуглецю (CO_2).

2.2 Мікромережа на основі ВДЕ як інструмент різних генеруючих джерел в сільському господарстві

Децентралізація енергопостачання є життєвою необхідністю для населення, що проживає на величезних просторах країни, і потужним стимулом для залучення цих територій у господарську діяльність.

Основою вирішення цього завдання є освоєння нових технологій екологічно чистої поновлюваної енергетики. Автономне енергопостачання – це та ніша, де використання відновлюваних джерел енергії та, зокрема, енергії Сонця, вже сьогодні економічно виправдане. Важливою умовою розвитку розподіленого виробництва енергії та енергопостачання локальних споживачів є розосереджене будівництво когенераційних електростанцій малої потужності (30 кВт – 3МВт) з використанням наявних на місцях відновлюваних енергоресурсів, заміна всіх газових котелень на когенераційні енергетичні установки, у тому числі на базі ВДЕ.

У цій галузі енергетики ще тільки складаються основні терміни і поняття, відбувається розмежування об'єктів малої енергетики за типом енергоресурсу, що виробляється, і потужності. Тим не менш, роботи в цьому напрямі розвиваються досить інтенсивно в усьому світі та в Україні, в тому числі.

Останнім часом для автономного енергопостачання віддалених споживачів почали використовувати комбіновані системи, що ґрунтуються на використанні двох і більше джерел ВДЕ. Ці джерела можуть успішно доповнювати друг друга, внаслідок чого потреба в акумулюванні та використанні резервних джерел енергопостачання знижуються. Особливо ефективними автономні системи може бути організовані за наявності вичерпної інформації про потенціал різних ВДЕ у цій території, безпосередньо на об'єкті.

Однак часто важко на одному об'єкті, особливо якщо це невеликий селянський будинок, реалізувати енергосистеми на базі всіх потенційно можливих джерел. Крім того, у більшості випадків важко збалансувати співвідношення за часом та потужністю навантаження та генерацію електроенергії, оскільки джерела генерації та споживачі нечисленні.

Значно легше всі ці проблеми усунути, якщо і кількість джерел генерації, і кількість споживачів електроенергії буде значно більшою, і вони будуть різноманітнішими. Ці умови легко реалізувати, якщо створити локальну мікромережа [4].

Мікромережа – це інтегрована енергетична система невеликої потужності з розподіленими генераторами та споживачами енергії.

У мікромережі можна реалізувати широку інтеграцію локальних безпаливних відновлюваних джерел енергії, насамперед таких, як сонячна енергія.

Коли мікромережі з'єднані з централізованою електромережею, великого впливу на роботу енергосистеми вони не можуть надати, оскільки основна частина енергії виробляється і споживається у межах мікромережі. Тут є можливість встановити ціну на електроенергію нижче за ринкову, тому що в мікромережі немає величезної інфраструктури, численного персоналу та великих витрат на енергоносії.

Локальні мікромережі є областю енергетики, що швидко розвивається. Вони мають цілу низку переваг перед традиційними способами генерування та постачання енергії.

З іншого боку, одним із стратегічних завдань сільської енергетики сьогодні є зниження енергоємності сільгоспвиробництва на основі широкого використання нових прогресивних технологій вироблення та споживання енергетичних ресурсів Перспективним шляхом вирішення проблеми є розширення масштабів використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Крім економії традиційних енергоресурсів, використання ВДЕ відкриває можливості організації енергопостачання віддалених, не з'єднаних із центральними мережами, об'єктів, насамперед сільськогосподарського призначення.

При випереджаючих темпах зростання малоповерхового будівництва на селі, його частка у новозведеному житлі в найближчі 10 років може зрости до 70%. При цьому вже сьогодні складається тенденція будувати маєтки та садиби з великими наділами землі від 0,5 га та більше. Особливістю такого будівництва є зведення об'єктів, віддалених один від одного настільки, що будівництво зовнішніх інженерних мереж, насамперед енергетичних, стає економічно недоцільним. У цій ситуації актуальною стає організація

автономного енергопостачання. Однак основні джерела відновлюваної енергії – сонце та вітер непостійні у своєму прояві, мають іноді непрогнозовані перерви в надходження енергії. Це потребує створення потужних акумулюючих систем і створення резервних джерел енергопостачання, що суттєво подорожчає створювані системи.

Існує багато варіантів мікромереж. Вони можуть працювати не лише автономно, а й паралельно з електромережею. Інновації у енергетиці та електроніці, у технологіях управління, інформатики і зв'язку створюють потужності.

Володіти мікромережею та експлуатувати її можуть власники житлових будинків, підприємства, ЗАТ, села, селища і т.д. Тут споживачі енергії в той же час можуть бути її виробниками, що експлуатують свої мікроелектростанції або накопичувачі. енергії. Інтеграція ВЕС, СЕС і інших електростанцій ВДЕ у мікромережу зустрічає значно менше бюрократичних перешкод, ніж приєднання до електромережі.

В даний час близько 90% існуючих електричних мікромереж займає площу до 1 км^2, а сумарна потужність генераторів енергії в одній такій мікромережі не перевищує 1 МВт.

Хороші перспективи для побудови мікромереж є в сільській місцевості, де доступ до місцевих первинних відновлюваних джерел енергії меншою мірою обмежений в порівнянні з урбанізованою місцевістю.

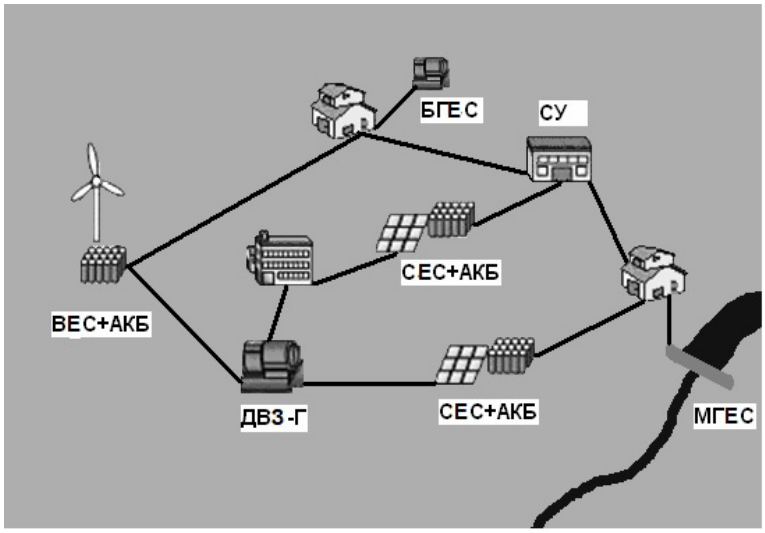


Рисунок 2.2 - Приклад локальною мікромережі:

ДВС-Г - двигун внутрішнього згоряння - генератор; АКБ -акумуляторна батарея; ВЕС – вітряна ЕС; СЕС - сонячна ЕС; МГЕС - мала гідроелектростанція (мікрогідроелектростанція); БГЕС – біогазова електростанція; СУ – система управління

Доцільність впровадження мікромереж

У мікромережі вироблена енергія в основному використовується місцевими споживачами, що забезпечує зниження втрат, пов'язаних із передачею та розподілом енергії електричними мережами.

Надійність постачання електроенергією в аварійних випадках різного роду в рамках мікромережі забезпечити значно легше, ніж у великих енергетичних системах.

Споживачі енергії в мікромережі можуть брати участь у процесі балансування потужності шляхом регулювання своїх навантажень, генеруючи, накопичуючи та віддаючи електроенергію у мікромережу.

Мережеві інвертори сонячних та вітряних електростанцій можуть виконувати функцію компенсації реактивної енергії та підтримувати коефіцієнт потужності мікромережі на високому рівні, що ще раз дозволяє знизити втрати, пов'язані з передачею електроенергії.

Вибір генераторів енергії мікромережі

Проблема вибору первинних джерел та генераторів енергії мікромережі та визначення оптимального співвідношення їх потужностей вирішується на основі аналізу наступних технічних та економічних показників:

- добові, тижневі, місячні і річні графіки споживання енергії;
- ресурси місцевих поновлюваних та викопних джерел енергії;
- вартість виробництва енергії за технологіями, що вибираються;
- необхідні ємності накопичувачів енергії;
- вартість накопичення та регенерування енергії;
- динамічні властивості генераторів енергії;
- динамічні властивості накопичувачів енергії та ін.

Накопичувачі електроенергії

Функції накопичувачів електроенергії в мікромережах та в енергосистемі:

- резервування електростанцій ВДЕ;
- інтегрування в мережа енергії електростанцій ВДЕ;
- балансування потужності;
- вирівнювання навантаження;
- пікове генерування енергії;
- покращення якості енергії;
- стабільність безперебійної передачі електроенергії

Застосовувані технології накопичення електроенергії:

- гідроакумуляційні електростанції (ГАЕ);
- накопичувач енергії на стиснутим повітрі (НЕСП);
- накопичувачі енергії на маховиках (НЕМ);
- надпровідні індуктивні накопичувачі енергії (НПІН);
- суперконденсатори;
- електрохімічні акумуляторні батареї (свинцево-кислотні, нікель-кадмієві, нікель-метал-гідридні, літій-іонні);
- сірчано-натрієві батареї (NaS - батареї);
- потокові батареї (ПБ);
- водневі накопичувачі енергії (ВНЕ).

Основні параметри та галузі застосування накопичувачів електроенергії викладені в таблицях 2.5-2.7

Таблиця 2.5. Порівняння основних параметрів НЕ.

Тип накопичувача	Типова потужність, МВт	Типова накопичена енергія, МВт * год	Типовий час розряду
Електрохімічні АКБ	0,001-0,5	1–100	1-8 год.
НЕМ	0,5 – 1	0,1-100	<5 хв.
ГАЕ	100–4000	500-15 000	4-12 год.
НЕСП	25–3000	200-10 000	1-20 год.
NaS-батареї	1	1	1 год.
НПІН	0,01-10	0,01-1	1 - 30 хв.
Суперконденсатори	< 0,25	0,010	<1 хв.

ПБ	0,1-10	1–100	10 год.
ВНЕ	10	Без обмежень	> 5 год.

Таблиця 2.4 - Цілі застосування і технології накопичувачів в електроенергетиці

Ціль застосування	**Застосовувані технології накопичувачів**
Поліпшення якості енергії	Суперконденсатори, НПІН, НЕМ, електрохімічні АКБ
Балансування потужності в мережі, вирівнювання навантаження	ГАЕ, НЕСП, ПБ, NaS- акумулятори
Інтегрування в мережа електростанцій ВДЕ	НЕМ, ПБ, NaS- акумулятори
Резервування електростанцій ВДЕ	ГАЕ, НПІН, ПБ, NaS- акумулятори
Пікове генерування енергії	ГАЕ, НПІН, НЕМ, ПБ, NaS- акумулятори
Стабільність передачі електроенергії	НПІН, ПБ, NaS- акумулятори

Таблиця 2.5 - Параметри довготривалих і короткочасних НЕ

Найменування параметра	Технологія накопичення енергії						
	Довготривалі накопичувачі електроенергії				Короткочасні накопичувачі електроенергії		
	ГАЕ	Батареї	НЕСП	Паливні елементи	НЕМ	Супер-конденсатори	НПІН
Потужність (МВт)	100–3000	< 100	100-3000	< 50	< 10	< 10	< 100
Енергія (МВт * год)	<10000	< 500	50-5000	-	< 5	< 3	< 1000
ККД циклу	80 %	50-90 %	75 %	20-36 %	90%	90%	95%
Термін служби	40 років	10^3–10^4 циклів	30 років	10^4 годин	10^6 циклів	10^6 циклів	10^6 циклів
Ціна (Є/кВт*год)	35–70	70–4000	10–70	-	-	-	-
Ціна (Є/кВт)	-	-	-	-	140-350	70–4000	200-500

Функції системи управління

Основні функції системи управління:

- в автономному режимі підтримує баланс потужностей у мікромережі; комутує генератори та накопичувачі енергії; керує потужністю регульованих джерел енергії;

- підтримує стабільність напруги у мікромережі;

- підтримує частоту напруги мікромережі; забезпечує збір інформації, необхідною споживачам для «розумного» управління навантаженнями.

Виключно автономну мікромережу доцільно створювати у регіонах із великим потенціалом ВДЕ. У цьому випадку необхідна ємність накопичувачів

теплової та електричної енергії має розраховуватися з урахуванням тривалості можливих інтервалів відсутності надходження енергії. Система теплової енергії може бути резервовано котлом і невеликим запасом палива, що на практиці часто має місце у кожному будинку у сільській місцевості.

Висновки по другому розділу

Впровадження в практику мікромереж видається перспективним, оскільки з їх допомогою створюються сприятливі умови для широкого використання ВІЕ, а виробникам та споживачам енергії забезпечується можливість впливати на процес оптимізації. роботи мікромережі з метою зменшення вартості енергії та підвищення надійності енергопостачання.

Ефективність їх роботи в основному визначається оптимальним вибором первинних джерел та технологій виробництва енергії, накопичувачів енергії та ефективною роботою системи управління.

РОЗДІЛ 3

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ГЕНЕРУЮЧОГО КОМПЛЕКСУ МІКРОМЕРЕЖ НА ОСНОВІ ВДЕ

Як було уже зазначено, що величезне значення для вирішення задачі сталого енергопостачання сільгоспвиробників має використання технології мікромереж, яке формуються переважно на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) щодо новою форми реалізації концепції розподіленої енергетики.

3.1 Опис пропонованого технічного рішення та його обговорення

Найбільш перспективними для побудови мікромереж є сільські території, де доступ до відновлюваних джерел енергії меншою мірою обмежений порівняно з урбанізованою місцевістю і де, як правило, є й інші місцеві енергоресурси.

На першому етапі роботи зі створення мікромережі необхідно відповісти на такі питання:

1. Скільки великий ця система має (може) бути?

2. Скільки ця система буде коштувати?

3. Чи дасть система прибуток у найближчому майбутньому?

Відповіді ці питання дозволяють зрозуміти, наскільки аналізована мікромережа буде прийнятною для інвестування.

Конфігурація мікромережі в першу чергу визначається такими факторами, як:

1) склад споживачів та їх категорійність;

2) наявність споживачів, які потребують безперебійного живлення;

3) потенціал різних видів ВДЕ на території мікромережі, насамперед у місцях дислокації об'єктів-споживачів (тоді зручно керуватиме роботою генеруючого джерела).

В окремих випадках, при виявленні в якомусь місці особливо сприятливих метеокліматичних умов та високого енергетичного потенціалу ВДЕ джерело

генерації може бути розміщений і на окремому майданчику, бути самостійним суб'єктом мікромережі та мати власного власника.

Для всіх споживачів складаються графіки навантажень (добові, сезонні, місячні, річні), а для джерел генерації будуються графіки вироблення всіх джерел з урахуванням потенціалу ВДЕ у місцях їх дислокації (при цьому місця для їхнього розміщення вибираються з урахуванням забезпечення максимальної потужності).

Методом суперпозиції графіків споживання та графіків вироблення електроенергії для різних складів джерел генерації визначається таке їх поєднання, яке максимально забезпечить покриття навантажень всіх споживачів при мінімальних потужностях акумулювання та резервування і, природно, при мінімальних капітальних і експлуатаційних витрат.

У разі можливості організувати роботу мікромережі паралельно з централізованою мережею потреба в акумулюванні та резервуванні може бути мінімізована. При цьому робота з мережею може бути організована за декількома узгодженими схемами: у першому випадку, для покриття пікових навантажень мікромережа приймає електроенергію з мережі та по відношенню до неї є регулярним споживачем; у другий випадок обмін електроенергією з мережею здійснюється у двох напрямах, тобто. мікромережа покриває свій дефіцит відбором енергії з мережі, а за наявності надмірної потужності передає електроенергію у мережу. При цьому основний обсяг виробленої та споживаної електроенергії реалізується в межах мікромережі, тому підключення останньої до централізованої мережі великого впливу на неї не вплине.

Важливе значення для ефективного функціонування мікромережі має грамотно організована система управління, яка винна виконувати такі функції:

- в автономному режимі підтримувати баланс потужностей; комутувати генератори і накопичувачі енергії;

- керувати потужністю регульованих джерел енергії;

- підтримувати стабільність напруги та частоту мікромережі;

- забезпечувати збирання інформації, необхідною споживачам для «розумного» управління навантаженнями і і т.д.

Автономну мікромережу доцільно створювати у разі неможливості приєднання до централізованої мережі у регіонах із великими ресурсами ВДЕ. При цьому потужність накопичувачів енергії має бути розрахована з урахуванням тривалості ймовірних інтервалів часу без вітру і сонячної радіації. А ось можливість організувати роботу мікромережі паралельно із централізованою мережею обернеться значною вигодою, оскільки знизить рівень капітальних витрат та експлуатаційних витрат.

Таким чином, при розробці проектів створення мікромережі в заданому районі передбачається вирішення завдань на двох рівнях.

Перший рівень передбачає розгляд питань, що належать до мікромережі загалом (вищий рівень).

На цьому рівні розглядаються такі питання, як:

1. Розробка принципової схеми мікромережі, що включає розробку структури розміщення споживачів, генераторів, систем акумулювання та резервних джерел живлення.

2. Визначення категорії споживачів електроенергії, їх споживання (добове, сезонне, річне), ступінь необхідності забезпечення безперебійного енергопостачання та оцінки наслідків порушення режимів подачі енергетичного ресурсу.

3. Оцінка потенціалу ВДЕ у різних точках території, що підпадає під дію мікромережі, у тому числі потенціалу ВДЕ у точках дислокації споживачів.

4. Розробка принципової схеми прив'язки джерел генерації, їх тип, вид використовуваного поновлюваного ресурсу.

5. Розробка можливих режимів функціонування мікромережі за умови надійного енергозабезпечення споживачів.

6. Оцінка можливості розвитку мікромережі з погляду включення нових споживачів та нових джерел генерації.

Необхідно враховувати, що в складі мікромережі споживачі енергії в той же час можуть бути її виробниками, що експлуатують свої мікроелектростації або накопичувачі енергії. Інтеграція до мікромережі вітрових електростанцій (ВЕС), сонячних станцій (СЕС) і інших джерел генерації на основі ВДЕ зустрічає значно менше бюрократичних перешкод, ніж приєднання їх до централізованих мереж.

7. Оцінка прийнятної форми власності мікромережі та її організаційна структура (слід враховувати ту обставину, що володіти мікромережею та експлуатувати її можуть власники житлових будинків (товариство власників житла), підприємства, ЗАТ, муніципальні утворення тощо). При проведенні цієї роботи важливо враховувати, які споживачі плануються для включення до складу мікромережі (вже існуючі або знову підключаються) і як вони функціонуватимуть складі мікромережі (у мікромережі вироблена енергія, в основному, використовується місцевими споживачами, що забезпечує зниження втрат, пов'язаних із передачею та розподілом енергії по електричних мережах).

8. Оцінка наявності в безпосередньої близькості до території, що обслуговується централізованої мережі та можливості технологічного приєднання до неї.

9. Розгляд питань надійності електропостачання споживачів у мікромережі (надійність постачання електроенергією в аварійних випадках різного роду в рамках мікромережі забезпечити суттєво легше, ніж у великих енергетичних системах; споживачі енергії в мікромережі можуть брати участь у процесі балансування потужності шляхом регулювання своїх навантажень, генеруючи, накопичуючи та відпрацьовуючи).

10.Розгляд питань економіки мікромережі та тарифів на вироблену та електроенергію, що постачається , а також терміну окупності проекту створення мікромережі.

11.Забезпечення оптимального вибору системи керування роботою мікромережі та її реалізація.

Приблизна схема мікромережі для енергопостачання котеджного селища, з'єднана з центральною мережею, наведена нарисунку 3.1.

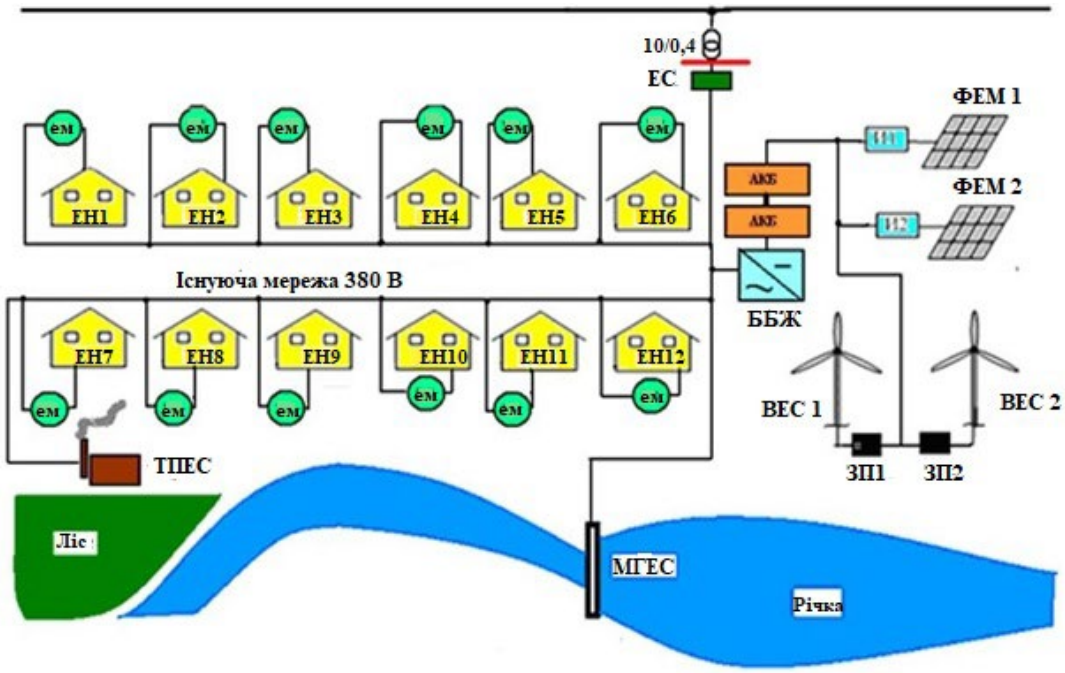


Рисунок 3.1 - Зразкова схема мікромережі для енергопостачання котеджного селища, підключеного до центральної мережі (ЕМ – електролічильник)

Оскільки в цій схемі передбачено приєднання до централізованої мережі, суттєво знижуються вимоги до систем акумулювання та резервного електропостачання. В даному варіанті передбачається робота мікромережі паралельно з мережею, але електроенергія і виробляється, і споживається в основному в межах самої мікромережі. Обмін потоками електроенергії здійснюється у разі передачі в мережу надлишків виробленої в мікромережі електричної енергії або для відбору електроенергії з мережі для покриття пікових навантажень.

Другий рівень передбачає розгляд питань щодо вибору елементів мікромережі: тип і потужність генераторів, систем акумулювання, конструкцій інтерфейсних пристроїв передачі електроенергії. від генераторів у мікромережу та низку інших питань, що стосуються компонентів мікромережі.

Правильний вибір елементів мікромережі є важливим етапом у формуванні мікромережі в заданому районі з точки зору забезпечення надійності її функціонування, термінів окупності, вартості енергоресурсу, що виробляється і поставляється. Тому цей етап роботи є вкрай важливим.

Склад джерел генерації в такій мікромережі визначається низкою факторів, основними яких є такі, як склад споживачів, їх навантаження, а також потенціал ВДЕ різного типу, доступних для використання на території, де реалізується мікромережа. На рисунку 3.2 наводиться принципова схема мікромережі для енергопостачання сільських споживачів.

3.2 Критерії відбору джерел генерації електроенергії до роботи у складі мікромережі.

Вироблення таких критеріїв створить сприятливі умови для розширення обсягів і потужності мікромереж, що впроваджуються в практику, на основі ВДЕ, оскільки забезпечить практичних працівників ефективним інструментом. для рішення цих задач. Для вибору і обґрунтування подібних критеріїв вкрай необхідна оцінка ефективності всіх можливих використання джерел генерації, як традиційних, і нетрадиційних, тобто поновлюваних варіанти їх комбінування в створюваних мікромережах [3].

Це вимагає використання єдиного системного підходу до аналізу як окремих технологій перетворення енергії, і комбінованих систем, і навіть облік багатьох супутніх чинників.

Мікромережі, як системи енергопостачання, створюються, зрештою, до виконання цілком певної мети – задоволення попиту споживачів, які входять до складу мікромережі, на енергію за мінімальної потреби у ресурсах, з найменшими витратами і з найменшою сумарною шкодою протягом певного періоду часу. Мірою досягнення цієї мети є ефективність системи, що характеризується одним чи кількома параметрами. Ці параметри можна прийняти як критерії ефективності, які дозволяють вирішити основне завдання – вибір оптимального варіанта складу мікромережі, і навіть проведення

аналізу чинників, визначальних існування такого варіанта та його впливом геть остаточне рішення.

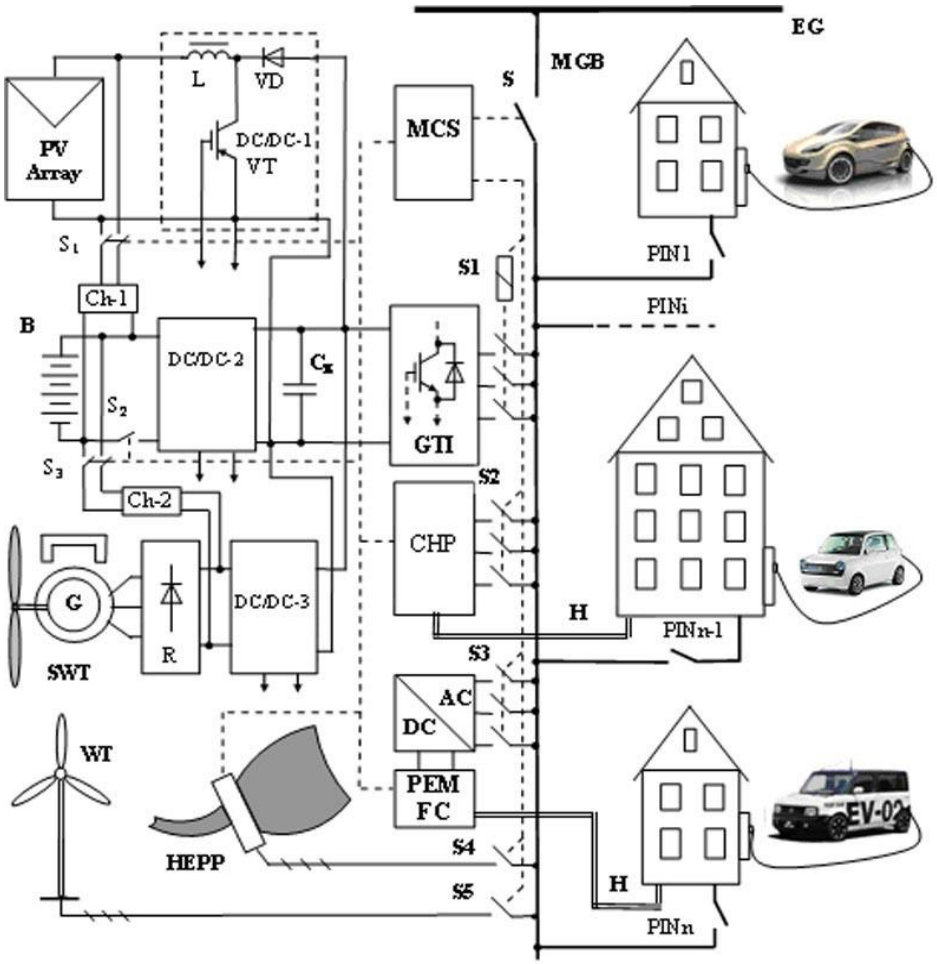


Рисунок 3.2 - Один з можливих варіантів локальною мікромережі для сільських територій

Вибір ефективних варіантів енергопостачання споживачів, об'єднаних у мікромережу – складна проблема системного аналізу, оскільки системи енергопостачання розрізняються за багатьма ознаками:

– на вигляд використовуваної технології виробництва енергії;

– за ступенем взаємозамінності та взаємодоповнюваності (компліментарності) джерел енергії;

– за передбаченими режимами експлуатації;

– за планованими термінами експлуатації створюваної мікромережі;

– за передбачуваною мірою заміщення енергії, вироблюваної традиційними генеруючими пристроями, зеленою, тобто. одержаної на основі ВДЕ, енергією;

– наявність енергетичного потенціалу в даному місці для даного конкретного виду ВДЕ;

– за режимами функціонування стосовно централізованих мереж вищого рівня;

– за рівнем автономності (можливості працювати в «острівному» режимі);

– щодо низки економічних показників;

– по наявності в мережі споживачів, які потребують забезпечення безперебійного енергопостачання, та їх співвідношенню до споживачів інших категорій;

– за ступенем сталості вироблення електроенергії даним генератором та можливості роботи у «базовому» режимі.

Загалом джерела можуть класифікуватися за такими критеріями:

– за погодно-кліматичними умовами (визначають потенціал цього джерела);

– за технічними характеристиками (комплекс параметрів, що визначаються типом установки, її характеристиками тощо);

– за економічними показниками (вартість одиниці встановленої потужності, експлуатаційні витрати, необхідність обслуговування тощо).

Найбільш поширеними на практиці, як вже було зазначено в розділі 2, є такі генеруючі системи: вітряні електростанції, сонячні електростанції, мікроГЕС та біогазові установки.

Висновки по третьому розділу

Розширення масштабів використання мікромереж має гарну перспективу у зв'язку з можливостями подальшого зниження собівартості електроенергії, що виробляється, а також з досить великими можливостями застосування технології електропостачання на основі мікромереж з використанням ВДЕ для виробництва екологічно чистої сільськогосподарської продукції, потреба в якій на ринку безперервно зростає .

ВИСНОВКИ

Проаналізовано світовий досвід використання поновлюваних джерел енергії, та в зокрема сонячної енергетики, а також розглянуті перспективи використання поновлюваних джерел енергії в системі електропостачання сільських поселень.

Впровадження в практику мікромереж видається перспективним, оскільки з їх допомогою створюються сприятливі умови для широкого використання ВІЕ, а виробникам та споживачам енергії забезпечується можливість впливати на процес оптимізації. роботи мікромережі з метою зменшення вартості енергії та підвищення надійності енергопостачання.

Розширення масштабів використання мікромереж має гарну перспективу у зв'язку з можливостями подальшого зниження собівартості електроенергії, що виробляється, а також з досить великими можливостями застосування технології електропостачання на основі мікромереж з використанням ВДЕ для виробництва екологічно чистої сільськогосподарської продукції, потреба в якій на ринку безперервно зростає .

Впровадження в практику мікромереж видається перспективним, оскільки з їх допомогою створюються сприятливі умови для широкого використання ВІЕ, а виробникам та споживачам енергії забезпечується можливість впливати на процес оптимізації. роботи мікромережі з метою зменшення вартості енергії та підвищення надійності енергопостачання.

Розширення масштабів використання мікромереж має гарну перспективу у зв'язку з можливостями подальшого зниження собівартості електроенергії, що виробляється, а також з досить великими можливостями застосування технології електропостачання на основі мікромереж з використанням ВДЕ для виробництва екологічно чистої сільськогосподарської продукції, потреба в якій на ринку безперервно зростає.

Серйозні перспективи мають мікромережі для енергопостачання об'єктів малоповерхового будівництва поселень на територіях або за освоєння нових ділянок для дачного будівництва.

Застосування мікромереж, кожна з яких є «енергетичний острів» відкриває великі можливості для організації енергопостачання великих територій. У цьому випадку загальна схема енергопостачання території буде системою енергетичних острівців, що покривають всю територію і з'єднаних між собою лініями низької напруги, які повинні виконувати функції обміну енергетичними потоками кожної з мікромереж з централізованою мережею і між собою. Кожна мікромережа споживає всю енергію, що виробляється в її межах, тому зазначені потоки не будуть значними, що істотно розвантажить низьковольтні сільські мережі, підвищить їх пропускну здатність і надійність.

Запропонована та розвинена концепція мікромережі на основі переважного використання відновлюваних джерел енергії, що представляє собою нову форму реалізації ідеології розподіленої енергетики, відкриває можливість ефективного застосування відновлюваних джерел енергії для вирішення задачі енергопостачання віддалених, в першу чергу, сільських територій, малоповерхового будівництва та автономного енергопостачання окремо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року та плану заходів з його виконання / Розпорядження Кабінету міністрів України від 13 серпня 2024 р. № 761- Київ

2. https://ecopolitic.com.ua/news/novyj-nacplan-ukrainy-po-vie-chto-on-predpolagaet/

3. Заруба, С.. Розвиток мікромереж в Україні: виклики та можливості. Енергетична політика, 145, 111928. doi:10.1016/j.enpol.2020.111928

4. Ковальчук, В. . Участь громади в проектах мікромереж: уроки України. Сталі міста та суспільство, 65, 102675. doi:10.1016/j.scs.2021.102675

5. Slowe, J. Micro-CHP: Global Industry Status and Commercial Prospects // 23rd World Gas Conference (Amsterdam, 2006). - P. 9.

6. Laria A. та ін. al. Survey on microgrids: analysis of technical limitations to carry out of new solutions // 13th European Conference on Power Electronics and Applications 2009 (EPE'09) (September 8–10, 2009). – P. 1–8.

7. Витаута Adomavicius, Valeriy Kharchenko, Jonas Valickas, Valentin Gusarov. RES-базовані microgrids для навколишнього природного energy supply in agriculture // Proceeding of 5th International Conference «Trends in Agricultural Engineering 2013» (September 3–6, 2013, Prague, Czech Republic).

8. Аналіз впровадження мікромереж в Україні/ https://www.mev.gov.ua/sites/default/files/2025-10/mikromerezhi-ua_0.pdf

9. Бейкер, Дж. (2020). Мікромережі як рішення для енергетичної стійкості в Україні. Журнал енергозбереження, 32, 101820. doi:10.1016/j.est.2020.101820

10. Гонсалес, М. та Сміт, Т. (2021). Роль зберігання енергії в системах мікромереж. Енергетичні звіти, 7, 52-60. doi:10.1016/j.egyr.2021.10.012

11. Назаров, І. (2022). Інформованість громадськості та залучення громади до розвитку мікромереж в Україні. Відновлювана енергія, 178, 1098-1106. doi:10.1016/j.renene.2021.09.020

12. Шмідт, Р. (2020). Впровадження мікромереж у зонах конфлікту: практичні приклади та висновки. Дослідження в галузі енергетики та соціальних наук, 66, 101470. doi:10.1016/j.erss.2020.101470

13. Липов, В. КОНЦЕПЦІЯ КООПЕРАТИВУ-ЛОКАЛЬНОЇ МІКРОМЕРЕЖІ ВДЕ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІНКЛЮЗИВНОГО РОЗВИТКУ І ПІДТРИМКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ/ https://heraldes.khmnu.edu.ua/index.php/heraldes/article/view/43/195