

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Карбовський Володимир Михайлович

УДК 621.359.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування схеми вітросонячної системи малої потужності для живлення
сільськогосподарських споживачів

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

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

_____ Карбовський Володимир Михайлович.

Керівник роботи
Борисов Федір Іванович
к.ф-м.н., доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та інженерної екології

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Карбовський В.М. Обґрунтування схеми вітросонячної системи малої потужності для живлення сільськогосподарських споживачів. Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Враховуючи переваги і недоліки сонячних та вітрових електроустановок, визначено, що найбільш вдалим буде рішення про електрозабезпечення на базі гібридної вітросонячної установки. Запропоновано схему вітросонячної установки малої потужності.

Ключові слова: сонячна електроустановка, вітроелектрична установка, гібридна вітросонячна електростанція, мала потужність, сільський споживач.

ABSTRACT

Karbovskyy V. Substantiation of the scheme of low-power wind solar system for power supply of agricultural consumers. Manuscript.

Qualification work for a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics - Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

Given the advantages and disadvantages of solar and wind power plants, it is determined that the most successful decision will be on the power supply based on a hybrid wind solar system. The scheme of low-power wind solar installation is offered.

Key words: solar electric installation, wind electric installation, hybrid wind solar power plant, low power, rural consumer.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	7
1.1. Оцінка використання альтернативних систем для виробництва електроенергії	7
1.2. Сутність вітросонячної системи для виробництва електроенергії.....	9
Висновки до розділу 1	11
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВІТРОСОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	12
2.1. Загальна характеристика альтернативних систем для виробництва електроенергії	12
2.1.1. Сонячна електроустановка	12
2.1.2. Вітроелектрична установка	13
2.1.3. Гібридна вітросонячна електростанція	14
2.2. Обґрунтування схеми вітросонячної системи малої потужності	16
Висновки до розділу 2.....	19
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОНОМНОГО СІЛЬСЬКОГО СПОЖИВАЧА З ВИКОРИСТАННЯМ ВІТРОСОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ	21
3.1. Методологія оцінки використання окремих сонячних та вітрових систем електропостачання	21
3.2. Методологія використання гібридної вітросонячної електричної системи	26
Висновки до розділу 3	30
ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	34

ВСТУП

Актуальність теми та аналіз останніх досліджень. Електрична енергія, один із найважливіших видів енергії. Сьогодні без неї неможливо уявити життя та діяльність сучасної людини. Від її згенерованої кількості залежать не тільки комфортні умови існування людини, а й розвиток усіх сфер виробництва, науки та техніки. Нині, поруч із традиційними джерелами енергії, використовують звані нетрадиційні відновлювані джерела енергії. Особливо це актуально в екологічно чистих районах, де не можливе застосування традиційних джерел енергії через їх негативний вплив на навколишнє середовище, а також на віддалених об'єктах, де застосування традиційних джерел енергії недоцільно економічно або з інших причин. Зростання цін на енергоносії зробило актуальним використання альтернативних систем електропостачання у виробничому процесі підприємств. Все це робить актуальним тему кваліфікаційної роботи.

Питання використання сонячних електростанцій для виробництва електроенергії вивчали: Байдала В. В., Бондаренко Д. В., Буратинський І. М., Бутенко В. М., Ващишак І. Р., Власов К. В., Джигун О. М. Др'омін І. В., Згуровець О. В., Казіміров О. О., Козак Х. Р., Козирська Т. О., Костенко І. Л., Кривобок П. В., , Марченко Р. М., Нараєвський С. В., Нечаєва Т. П., Онипченко П. М., Поліщук О. М., Савченко О. О., Саух С. Є., Стаценко В. В., Федак Т. Ю., Цих В. С., Шульженко С. В. та інші. Можливість використання енергії вітру для виробництва електроенергії досліджували Андропова О. В., Галушак М. О., Джигун О. М., Донець Д. М., Згуровець О. В., Ільчук Н. І., Кравчишин В. С., Кузнецов М. П., Кулик М. М., Курак В. В., Лисак К. М., Медиковський М. О., Москальчук Н. М., Настенко Д. В., Рикованова І. С., Рубаненко О. О., Таранський І. П., Труніна Г. О., Шульженко С. В., Яндульський О. С., Яценко А. М. та інші. Незважаючи на значну кількість досліджень про генерування електричної енергії з альтернативних джерел

питання обґрунтування схеми вітросонячної системи малої потужності для живлення сільськогосподарських споживачів є актуальними і малодослідженими.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є обґрунтування схеми вітросонячної системи малої потужності для живлення сільськогосподарських споживачів. Виконання поставленої мети обумовило розв'язання наступних завдань наступні завдання:

- розглянути виробництво електроенергії з відновлювальних джерел;
- розкрити сутність вітросонячної системи малої потужності;
- охарактеризувати параметри вітросонячної системи малої потужності;
- провести обґрунтування схеми та методології вітросонячної системи малої потужності для живлення сільських споживачів.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження є вітросонячні системи малої потужності. Предметом дослідження є обґрунтування схеми вітросонячної системи малої потужності для живлення сільських споживачів.

Методи дослідження. Теоретичним і методологічним підґрунтям кваліфікаційної роботи стали наукові дослідження провідних вітчизняних учених з питання використання альтернативних систем для отримання електроенергії. У роботі використані спеціальні методи дослідження: абстрактно-логічний та теоретичного узагальнення – при написанні теоретичної частини роботи; графічний для побудови схем вітросонячних електроустановок; економіко-статистичний – при оцінці сучасного стану виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії та розроблена методологія розрахунків параметрів впровадження вітросонячної електросистеми для сільських споживачів.

Практичне значення одержаних результатів. Практична значимість кваліфікаційної роботи у тому, що розроблена схема та запропонована методологія показують актуальність впровадження об'єктів власної генерації для сільських споживачів.

Борисов Ф.І., Карбовський В. М., МЕТОДОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОЇ ВІТРОСОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

V МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАТЕРІАЛИ. ЧАСТИНА 2. С. . «Біоенергетичні системи». 27-28 травня 2021 Житомир, Україна.

Борисов Ф.І., Карбовський В. М., МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ВИКОРИСТАННЯ ОКРЕМИХ СОНЯЧНИХ ТА ВІТРОВИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

V МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАТЕРІАЛИ. ЧАСТИНА 2. С. . «Біоенергетичні системи». 27-28 травня 2021 Житомир, Україна.

Карбовський В. М., ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВІТРОСОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Студентські читання – 2021: Матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики «Студентські читання – 2021». 26 жовтня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021.- 400 с.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

1.1. Оцінка використання альтернативних систем для виробництва електроенергії

Енергетична галузь має значення для економічного розвитку будь-якої країни. У міру вичерпання нафтогазових та вугільних ресурсів підвищується конкурентоспроможність відновлювальних джерел енергії. Щоб вирішувати довгострокові енергетичні проблеми людства, необхідно активно розвивати альтернативну енергетику.

Найважливіше завдання енергозбереження – це збереження природних ресурсів. Це не тільки раціональне витрачання енергетичних ресурсів, а й залучення відновлюваних джерел енергії для потреб народного господарства в електроенергії. З кожним роком вуглеводневих джерел енергії стає дедалі менше, запаси їх у надрах землі вичерпуються [22, с. 317].

У той же час ми все більше переконуємось у тому, що використання паливних ресурсів для отримання енергії шкодить екології, причому у масштабі всієї планети. Згодом доведеться вкладати кошти для того, щоб хоч якось компенсувати екологічну шкоду, завдану використанням органічного палива в енергетиці. Тому в даний час всі розвинені країни оцінили перспективи застосування його альтернативи – відновлюваних джерел енергії, оскільки вони є більш екологічними та економічними, адже, як відомо, енергетика, економіка та екологія нерозривно пов'язані.

В технологіях відновлюваної енергетики реалізуються новітні досягнення багатьох наукових напрямів і галузей: метеорології, аеродинаміки, електроенергетики, теплоенергетики, генераторо- і турбобудування, мікроелектроніки, силової електроніки, нанотехнологій, матеріалознавства і т. д. Технології відновлювальної енергетики провокують

розвиток наук та розширення наукової, виробничої та експлуатаційної інфраструктури енергетики, а також експорту наукомісткого обладнання [31].

Основними джерелами відновлюваної енергії є енергії вітру, сонця, біоенергетика та геотермальна. В Україні найбільш широко застосовуються енергія сонця та вітру, далі іде біоенергетика, геотермальна енергія стоїть на останньому місці [9].

Енергія вітру широко використовується як джерело «чистої» енергії у великій кількості країн світу та розвивається посиленими темпами. Наприклад, у Данії відсоток вироблення електроенергії вітроустановками сягає 43 %, у Португалії до 28 % від усієї вироблюваної електроенергії країни, і далі за спадною [25]. В Україні ж використання вітрової енергії настільки широко не поширене, хоча енергетичний потенціал дозволяє (теоретично) виробляти до 3% всієї електроенергії країни силами вітроустановок.

Використання енергії сонця поширене набагато більше, від вітру, особливо в розвинених країнах світу. За встановленою потужністю лідирує Євросоюз (у Німеччині більше 30% електроенергії виробляється силами сонячних електростанцій, Італії – більше 15%) [21]. В Україні показники куди скромніше.

Розглянемо роль відновлювальних джерел енергії у виробництві електроенергії в Україні (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Аналіз виробництва електроенергії за 2016-2020 роки в Україні, млн. МВт-год.

Джерело	Роки					Зміна 2020 р. до 2019 р.		Зміна 2020 р. до 2016 р.	
	2016	2017	2018	2019	2020	+, –	у %	+, –	у %
Всього	154,9	155,5	159,3	154,0	148,9	-5,1	-3,3	-6,0	-3,9
В т.ч. Альтернативні джерела (ВЕС, СЕС, інші)	1,6	1,9	2,6	5,5	10,8	5,3	96,4	9,2	більше в 6,8 разів

Джерело: [16].

Генерування електроенергії альтернативними джерелами за підсумками 2020 року дорівнювали потужності 10,8 млн. МВт-год (7,3% від згенерованої електроенергії), що на 5,3 млн. МВт-год, або на 96,4% краще чим в 2019 році та на 9,3 млн. МВт-год, або 6,8 разів більше чим за 2016 рік.

Електроенергія, вироблена з допомогою альтернативних джерел, від загального обсягу виробленої електроенергії в Україні займає вагому частку і має динаміку до зростання.

1.2. Сутність вітросонячної системи для виробництва електроенергії

В останні роки широкого поширення набувають технології енергозбереження та використання джерел відновлюваної енергії. У розвинених країнах приділяють велику увагу розробці систем на основі відновлювальних джерел енергії, у тому числі енергії сонця та вітру [22, с. 317]. Як правило, створення таких систем вкладаються значні кошти з державних бюджетів, діють численні податкові пільги.

Одним із актуальних завдань сучасної енергетики є розробка та створення маловитратних та екологічно чистих відновлюваних джерел енергії.

Широкому впровадженню сонячної енергетики перешкоджає її дорожнеча. Це уявлення в'їлося у суспільну свідомість, і тому використання енергії сонця відносять до далекого майбутнього, не заперечуючи у своїй перспективності використання сонячної енергії для локальних потреб. Для оцінки необхідно брати до уваги існуючі тенденції зміни цін на енергію, що отримується від сонця та традиційних джерел [6, с. 211].

Частка інвестицій у вітрові енергетичні системи стрімко зростає з кожним роком. Їхньою головною перевагою є відсутність викидів вуглекислого газу в атмосферу в процесі роботи. Проте вироблення енергії на

таких електростанціях залежить від непостійного чинника – сили вітру, тому регулювати її неможливо. Таким чином, у багатьох випадках доцільне використання гібридної вітросонячної електростанції [7, с.47].

На користь застосування малопотужних вітросонячних електросистем свідчить те, що ведення в енергосистему значних потужностей може призвести до дестабілізації. Тому система повинна мати великий резерв потужності. Крім того, можливості електричної мережі іноді не дозволяють включати в неї великі потужності, інакше потрібно її реструктуризація [15, 21].

Автономні вітросонячні електричні системи (ВСЕС) можуть бути різної потужності. Для живлення малопотужного навантаження – наприклад, 2-3 люмінесцентні або світлодіодні світильники, телевізор, радіо та інше малопотужне навантаження постійного струму, невеликий холодильник – система будується на базі малопотужних вітросонячних електричних установок потужністю 200-500Вт. Такі системи рекомендуються за середньорічних швидкостей вітру від 3 м/с та 10-15 сонячних днів у місяць. Споживач при цьому скоріше за все не отримає максимум енергії від такої вітроустановки, однак ціна вітряка дозволяє отримувати електроенергію за цілком прийнятні гроші [15, 21].

Більш потужні системи на базі ВСЕС потужністю до 5 кВт можуть жити в котеджі, що окремо стоять, і малі виробничі об'єкти. Вартість такої вітросонячної системи висока, її застосування рекомендується за середньорічних швидкостей вітру понад 4 м/с та значної кількості сонячних днів. Інакше термін окупності може тривати довгі роки. Застосовувати вітроустановки потужністю понад 5 кВт потрібно з великою обережністю та ретельно вибирати місце їх встановлення. Середньорічна швидкість вітру в таких місцях має бути не менше 4 м/с, а кількість сонячних днів не менше 20 інакше споживач отримає від такої ВСЕС лише малу частину від паспортного вироблення електроенергії [15, 21].

Практично будь-яка система електропостачання з вітро-сонячною

електричною установкою може бути доповнена бензо- або дизельним генератором для живлення навантаження змінного струму (освітлення, телевізор, аудіосистема, холодильник, пральна машина тощо) як додаткове джерело електроенергії на період безвітря або хмарного дня [32].

Особливо відчуваються переваги гібридних станцій при цілорічному використанні. При цьому в зимовий час основне виробництво електроенергії припадає на вітроелектричну установку, а влітку – на сонячні фотоелектричні модулі.

Висновки до розділу 1

Основними джерелами відновлюваної енергії є енергії вітру, сонця, біоенергетика та геотермальна. В Україні найбільш широко застосовуються енергія сонця та вітру, далі іде біоенергетика, геотермальна енергія стоїть на останньому місці.

Генерування електроенергії альтернативними джерелами за підсумками 2020 року дорівнювали потужності 10,8 млн. МВт-год (7,3% від згенерованої електроенергії), що на 5,3 млн. МВт-год, або на 96,4% краще чим в 2019 році та на 9,3 млн. МВт-год, або 6,8 разів більше чим за 2016 рік.

Електроенергія, вироблена з допомогою альтернативних джерел, від загального обсягу виробленої електроенергії в Україні займає вагому частку і має динаміку до зростання.

Одним із актуальних завдань сучасної енергетики є розробка та створення маловитратних та екологічно чистих відновлюваних джерел енергії.

На користь застосування малопотужних вітросонячних електросистем свідчить те, що ведення в енергосистему значних потужностей може призвести до дестабілізації. Тому система повинна мати великий резерв потужності. Крім того, можливості електричної мережі іноді не дозволяють включати в неї великі потужності, інакше потрібно її реструктуризація.

РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВІТРОСОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

2.1. Загальна характеристика альтернативних систем для виробництва електроенергії

2.1.1. Сонячна електроустановка

Одержання електроенергії за допомогою фотоелементів (сонячних батарей) відбувається за рахунок перетворення фотовольтаїчного ефекту, в фотоелементах виникає в неоднорідних напівпровідникових структурах при впливі на них сонячного випромінювання. Ефективність перетворення залежить від електрофізичних характеристик неоднорідної напівпровідникової структури, а також оптичних властивостей фотоелементів, серед яких найважливішу роль відіграє фотопровідність. Вона зумовлена явищами внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках при опроміненні їх сонячним світлом.

У складі будь-якої сонячної електростанції (СЕС), у тому числі і мікро, присутні одні й ті самі елементи. Вони описані нижче:

1. Сонячні батареї. Вони потрібні для перетворення сонячної енергії на електричний струм. Сонячні батареї складаються із фотоелектричних елементів. Змінюючи кількість фотоелементів, можна змінювати потужність та напругу батареї;

2. Акумулятор. Один або кілька акумуляторів необхідні для накопичення електричної енергії, оскільки вироблення струму сонячних батарей непостійне в часі. Акумулятори будуть віддавати накопичену енергію вночі та у хмарну погоду. Ємність акумуляторів визначає час роботи побутових приладів та освітлення при простої сонячних батарей;

3. Інвертор. Пристрій, який перетворює постійний струм від фотоелементів на змінний, який споживає навантаження;

4. Різні з'єднання, контролери заряду, розряду батарей, дроти,

кріплення та інше.

Визначимо переваги та недоліки сонячних електросистем:

- переваги: загальнодоступність та невичерпність джерела; теоретично, повна безпека для навколишнього середовища (проте в даний час у виробництві фотоелементів і в них використовуються шкідливі речовини);

- недоліки: сонячна електростанція не працює вночі та недостатньо ефективно працює в ранкових та вечірніх сутінках; висока ціна сонячних фотоелементів, імовірно, з розвитком технології цей недолік подолають; недостатній ККД сонячних елементів (імовірно, незабаром буде збільшено); поверхню фотопанелей потрібно очищати від пилу та інших забруднень. При їх значній площі це може викликати труднощі; ефективність фотоелектричних елементів помітно падає при їх нагріванні; через 30 років експлуатації ефективність фотоелектричних елементів починає знижуватись.

2.1.2. Вітроелектрична установка

Вітрогенератор (вітроелектрична установка або скорочено ВЕУ) – пристрій для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну.

Вітрогенератори можна розділити на дві категорії: промислові та домашні (для приватного використання). Промислові встановлюються державою чи великими енергетичними корпораціями. Як правило, їх об'єднують у мережі, у результаті виходить вітряна електростанція. Її основна відмінність від традиційних (теплових, атомних) – повна відсутність як сировини, так і відходів. Єдина важлива вимога для ВЕУ – високий середньорічний рівень вітру.

Більшість типів вітродвигунів відомі так давно, що історія замовчує імена їх винахідників. Основні різновиди вітроагрегатів поділяються на дві групи:

1. Вітродвигуни з горизонтальною віссю обертання (крильчасті);

2. Вітродвигуни з вертикальною віссю обертання - карусельні: лопатеві та ортогональні. Типи крильчастих вітродвигунів відрізняються лише кількістю лопатей.

Визначимо переваги та недоліки вітрової електроустановки:

- перевага 1: екологічно чистий вид енергії;
- перевага 2: ергономіка. Вітрова енергетика – найкраще рішення для важкодоступних місць;
- перевага 3: поновлювана енергія;
- недоліками є: нестабільність; відносно невисокий вихід електроенергії; висока вартість; природні умови; шумове забруднення; пожежі.

2.1.3. Гібридна вітросонячна електростанція

Враховуючи переваги і недоліки сонячних та вітрових електроустановок, найбільш вдалим буде рішення про електрозабезпечення на базі гібридної вітросонячної установки (рис 2.1).

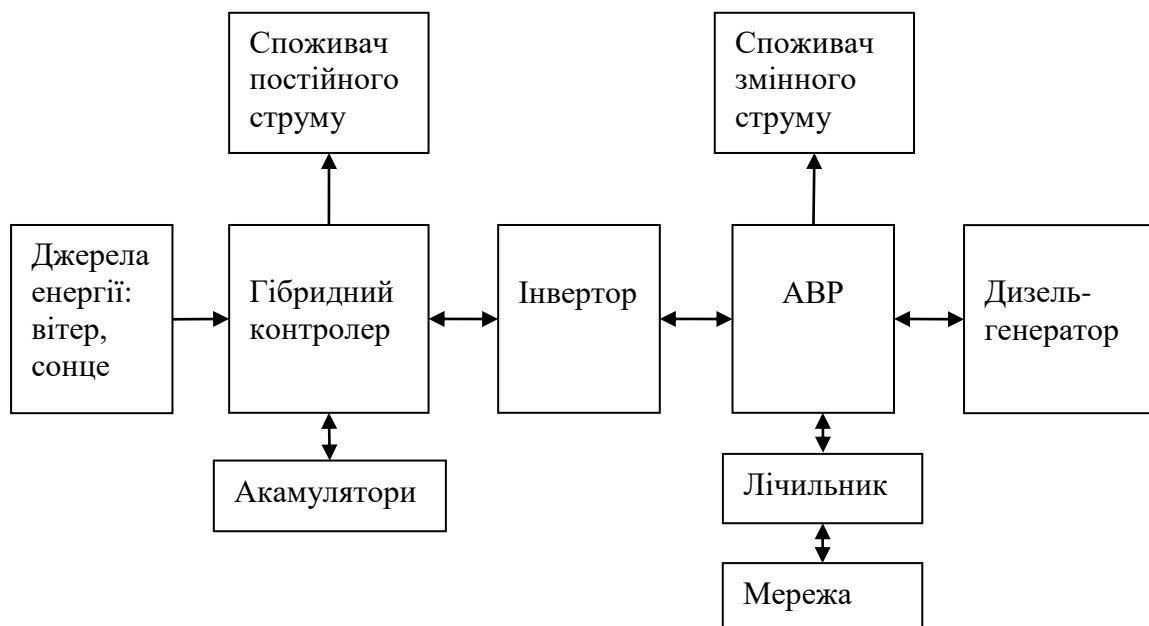


Рис. 2.1. Структурна схема електрозабезпечення на базі гібридної вітросонячної установки

Вітросонячні електроустановки можуть бути реалізовані у вигляді трьох структур: автономні, мережеві, автономно-мережеві (рис. 2.2).

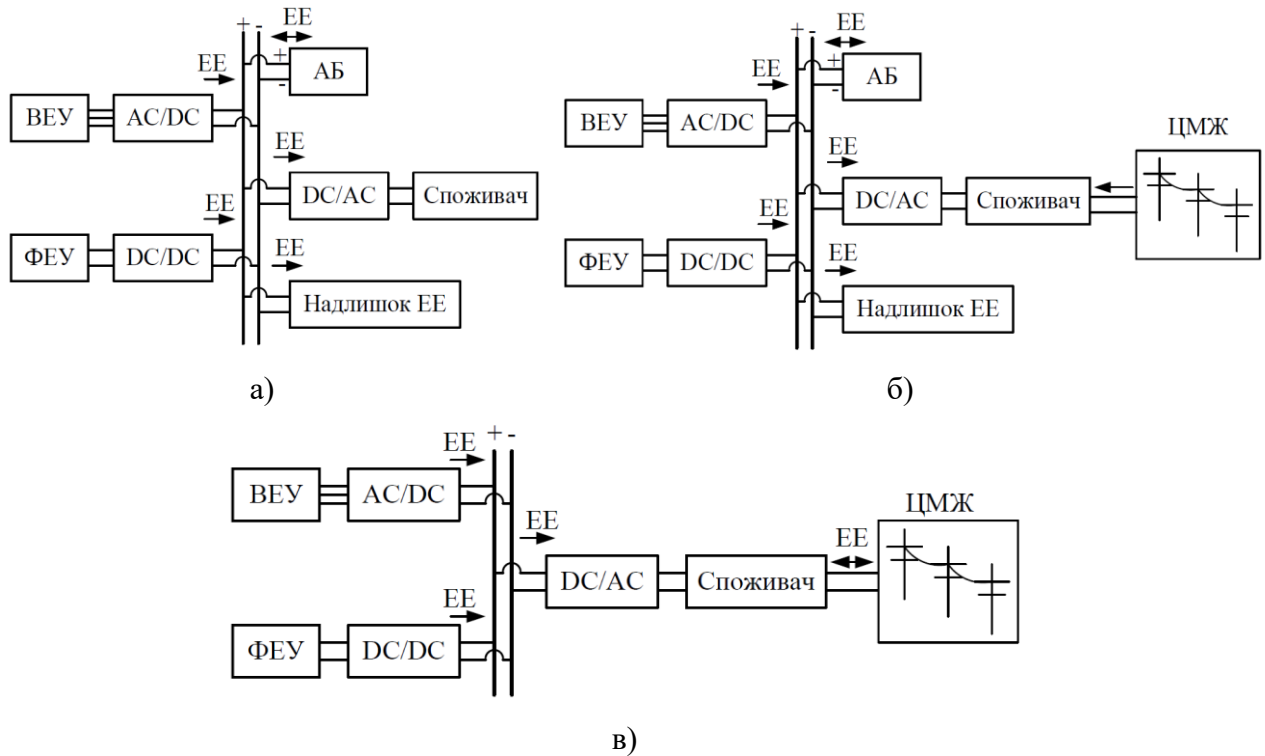


Рис. 2.2. Структури ВСУ: а) автономна; б) автономно-мережева; в) мережева

У загальному випадку гібридна вітросонячна електростанція складається з наступних компонентів:

- вітроелектричної установки, що включає вітротурбіну, щоглу, блок контролю та управління зарядом акумуляторної батареї, баластне навантаження;
- фотоелектричних модулів;
- контролера заряду для сонячних батарей;
- інвертора – залежно від ваших потреб, інвертор може бути як із синусоїдальною формою напруги на виході, так і квазісинусоїдальною
- спеціальних гелевих або AGM акумуляторних батарей, що добре переносять режими глибокого циклування напругою 12 або 2В.
- сполучних кабелів, іншого електромонтажного обладнання.

У вітросонячних гібридних енергоустановках рекомендується застосовувати свинцево-кислотні акумулятори глибокого розряду AGM або з рідким електролітом. Не рекомендується застосовувати звичайні акумулятори (як герметизовані, так і з рідким електролітом), і особливо стартерні автомобільні, оскільки вони не розраховані на циклічні режими заряду-розряду. Не рекомендується використовувати лужні акумулятори, тому що вони не можуть заряджатися малими струмами, і в більшості випадків їх режими заряду не передбачені широко поширеними ББП і зарядними пристроями.

Для забезпечення безперебійного електропостачання бажано також ввести в систему невеликий бензоелектричний агрегат у разі відсутності вітру та яскравого сонця протягом тривалого часу. У цьому випадку інвертор повинен бути замінений на ББП з функцією заряджання акумуляторів, або, якщо потрібні великі струми заряджання, використовувати окремий зарядний пристрій для акумуляторів.

Також слід пам'ятати про необхідність встановлення щогли достатньої висоти – нижній край лопаті повинен бути мінімум на 10 метрів вище за будь-яку перешкоду в радіусі 500 м від вітротурбіни. В іншому випадку вироблення енергії вітротурбіною дуже знижується, і споживач не отримує очікуваного ефекту від застосування вітроелектричної станції.

2.2. Обґрунтування схеми вітросонячної системи малої потужності

Для реалізації вітросонячної системи малої потужності, враховуючи низькі за потенціалом регіональні (маємо на увазі Житомирську область) ресурси вітру і сонця, пропонуємо розробити спеціальну конструкцію вітросонячної системи. Дана конструкція буде складатися з вітроенергетичної системи на вертикальній осі обертання на базі синхронного генератора з постійними магнітами та фотоелектричної системи.

Для зростання енергетичної віддачі вітросонячної установки до її складу потрібно включити стаціонарний симетричний концентратор вітрового потоку, який дає змогу підвищити крутний момент вітроротора, а також забезпечить можливість його самостійного його старту. Щодо сонячної частини установки, то для підвищення енергоефективності, в установці фотоелектричні панелі пропонуємо встановити з оптимальним кутом нахилу до горизонту, а також слід передбачити можливість азимутального стеження за рухом сонця, що потрібно реалізувати за допомогою поворотного механізму.

Схему конструкції описаної вітросонячної установки наведено на рис 2.3.

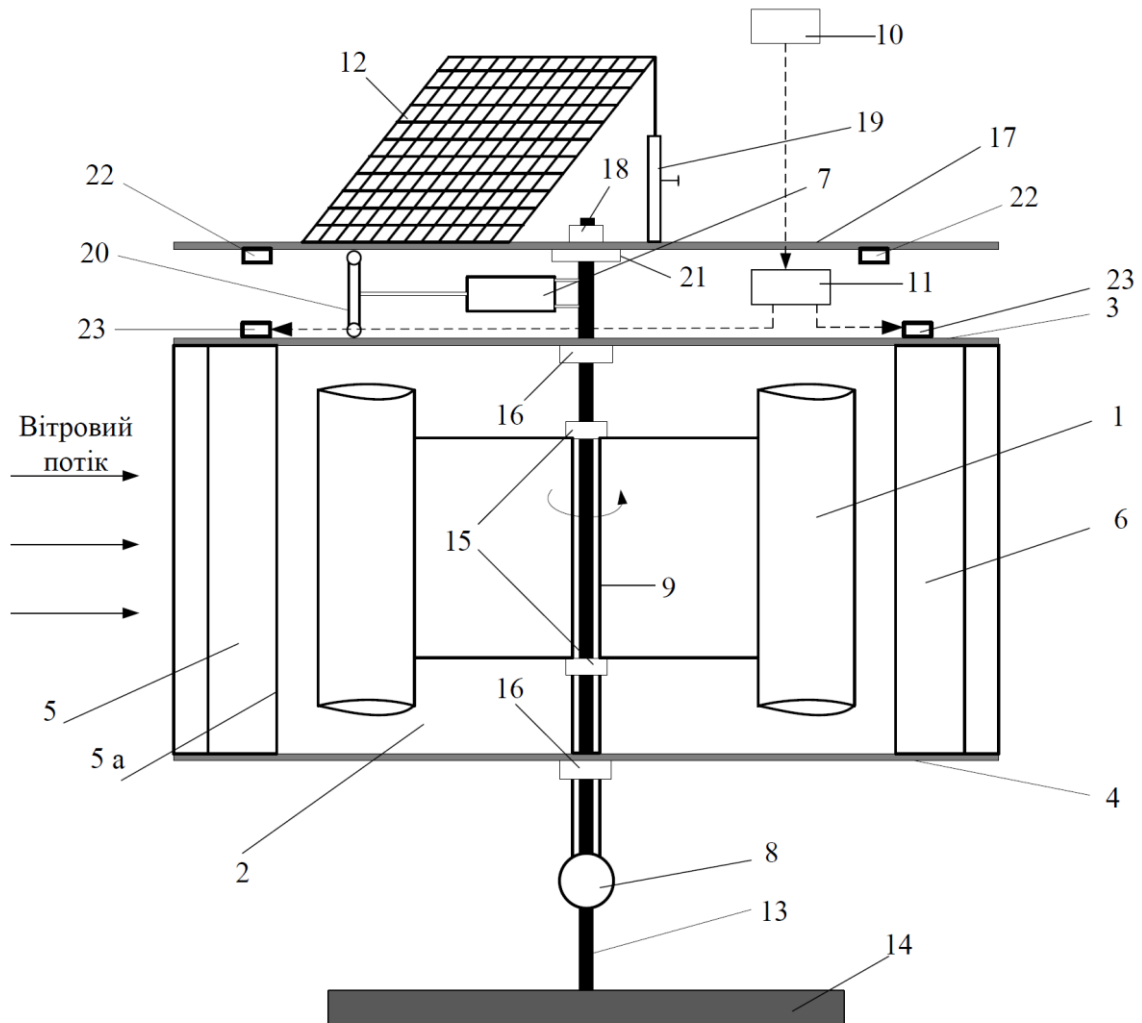


Рис. 2.3. Схема конструкції вітросонячної установки

Як бачимо з рис 2.3, вітросонячну систему запропонованої конструкції

потрібно монтувати на нерухомій вертикальній опорі (позиція 13), що буде закріплена на основі (позиція 14). На підшипниках (позиція 15) слід встановити вал (позиція 9) з Н-ротором (позиція 1). Вал (позиція 9) буде зв'язаний з електрогенератором (позиція 8). Концентратор вітрового потоку (позиція 2), який має входні (позиція 5) та вихідні (позиція 6) канали для проходження вітрового потоку. Концентратор вітрового потоку (позиція 2) складається з окремих вертикальних направляючих вітропотоку (позиція 5а), які необхідно закріпити між двома горизонтальними пластинами (позиції 3 і 4). Відносно верхньої пластини (позиція 3) за допомогою ролика (позиція 20), що приводиться в рух кроковим двигуном (позиція 7), буде обертатися навколо вертикальної опори (позиція 13) горизонтальна платформа (позиція 17), на якій буде встановлено сонячну (фотоелектричну) систему (позиція 12).

Розглянута вітросонячна система матиме наступний принцип роботи. Вітровий потік, який проходить через входні канали (позиція 5) концентратора вітрового потоку (позиція 2), впливатиме на аеродинамічні профілі лопатей та обертатиме вітроротор (позиція 1), який, у свою чергу, через вертикальний вал (позиція 9) приведе в рух електрогенератор (позиція 8), в якому відбуватиметься перетворення кінетичної енергії в електричну. Сонячні панелі (позиція 12) разом з горизонтальною платформою (позиція 17) повертатимуться навколо нерухомого валу (позиція 13) використовуючи ролика (позиція 20) і привідний кроковий електродвигун (позиція 7), при ввімкнутій електромагнітній муфті (позиція 21). Необхідний кут повороту сонячних (фотоелектричних) панелей (позиція 12) визначатиметься певною кількістю кроків електродвигуна (позиція 7), ця кількість кроків задається блоком керування (позиція 11). Електромагнітна муфта (позиція 21) у знеструмленому стані жорстко фіксує положення горизонтальної платформи (позиція 17). Передбачений установці фіксатора кутового положення панелі (позиція 19) дасть змогу встановлювати сонячну панель під оптимальними сезонними чи загальнорічним кутами нахилу панелі до горизонту. Кінцеві

вимикачі (позиція 22) кутового положення горизонтальної платформи (позиція 17) мають на меті фіксування початкового та кінцевого її положень, з метою подальшого коректного підрахунку зроблених електродвигуном (позиція 7) кроків.

Можна виділити такі переваги приведеної вище схеми вітросонячної системи:

- перевага 1: поєднання двох поновлюваних джерел енергії для вирівнювання графіку генерування електроенергії;

- перевага 2: використання симетричного концентратора вітрового потоку, що дає можливість концентрувати вітер будь-яких напрямів без застосування додаткових пристроїв;

- перевага 3: використання стаціонарного концентратора вітрового потоку сприяє збільшенню вихідної потужності вітрової системи з порівняно малою обертовою частиною – вітроротору, що спрощує установку та знижує її ціну;

- перевага 4: несуча конструкція стаціонарного концентратора вітрового потоку використовується для кріплення вузлів обертання вітроротора, розташування сонячних (фотоелементних) панелей та пристроїв, що забезпечують її слідкування за сонцем;

- перевага 5: елементи концентратора вітрового потоку беруть участь у механізмі захисту вітроротора від шквальних вітрів.

Використання даної установки зможе забезпечити електроенергією невелике виробництво.

Висновки до розділу 2

Для реалізації вітросонячної системи малої потужності, враховуючи низькі за потенціалом регіональні (маємо на увазі Житомирську область) ресурси вітру і сонця, пропонуємо розробити спеціальну конструкцію вітросонячної системи. Дана конструкція буде складатися з

вітроенергетичної системи на вертикальній осі обертання на базі синхронного генератора з постійними магнітами та фотоелектричної системи. Для зростання енергетичної віддачі вітросонячної установки до її складу потрібно включити стаціонарний симетричний концентратор вітрового потоку, який дає змогу підвищити крутний момент вітроротора, а також забезпечить можливість його самостійного його старту. Щодо сонячної частини установки, то для підвищення енергоефективності, в установці фотоелектричні панелі пропонуємо встановити з оптимальним кутом нахилу до горизонту, а також слід передбачити можливість азимутального стеження за рухом сонця, що потрібно реалізувати за допомогою поворотного механізму.

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОНОМНОГО СІЛЬСЬКОГО СПОЖИВАЧА З ВИКОРИСТАННЯМ ВІТРОСОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Методологія оцінки використання окремих сонячних та вітрових систем електропостачання

У цій частині роботи розглядаються такі способи електрифікації автономного сільського житла: підключення до централізованої системи енергопостачання за допомогою ЛЕП, автономні системи на базі рідкопаливних електрогенераторів (РПЕ), фотоелектричних та вітроелектричних установок (ФЕУ та ВЕУ відповідно) та їх різні комбінації (комбіновані електричні системи).

Підключення до централізованої енергетичної мережі, в даний час, є найбільш поширеним способом електропостачання житла, зрозуміло, при виконанні умов економічної доцільності до технічної здійсненності проекту, оскільки надає максимум зручностей споживачеві. Проте в більшості випадків для малопотужних розосереджених автономних споживачів цей спосіб є мало придатним.

Електропостачання на основі РПЕ - найбільш поширений і не представляє особливих труднощів, як на етапі проектування, так і при купівлі обладнання (через невеликі початкові капіталовкладення), спосіб електропостачання автономних споживачів. Але в цьому випадку особливе значення мають поточні витрати, характерні саме для цього варіанту. Тут необхідно оцінювати витрати на купівлю та доставку палива протягом усього терміну служби системи, ремонт, шум та ін. Крім того, системи РПЕ зазвичай розраховуються на максимальну величину миттєвої споживаної потужності електричного навантаження будинку протягом доби для розрахункового періоду року, більшу частину часу РПЕ працюють при неефективному рівні

навантаження, що, крім іншого, негативно позначається на витратах На виробництво енергії та тривалості технічного терміну служби системи в цілому.

Щодо цих двох варіантів електропостачання, то визначення їх технічних характеристик виходить за рамки інтересів розглянутої роботи. оскільки основна увага буде зосереджена на системах на основі ВДЕ.

Системи з використанням технологій поновлюваної енергетики позбавлені недоліків РПЕ, однак мають свої особливості. Головна із них полягає в тому, що у ФЕС та ВЕС, зокрема, використовуються природні джерела енергії, які є надзвичайно непостійними в часі, що в свою чергу позначається на надійності енергопостачання споживача. Це питання вирішується, якщо основні технічні параметри установок визначати в відповідності до найгірших протягом розрахункового періоду року характеристик вітру та приходу сонячної радіації (СР). Однак, враховуючи нестабільність цих джерел енергії, надійність вироблення енергії одиночними ФЕС і ВЕС все одно залишиться досить низькою, а її підвищення (надійності) досягається за рахунок використання акумуляторної батареї (АБ) великої ємності, розрахованої на кілька днів забезпечення автономності електропостачання споживача у відсутності енергоджерела. Ці заходи одночасно з підвищенням рівня надійності електропостачання, безсумнівно, ведуть до подорожчання системи в цілому, що відбивається на можливій галузі застосування одиночних ФЕС та ВЕС для електропостачання автономних будинків.

Тут необхідно підкреслити, що в умовах щодо стабільного рівня приходу СР (південні регіони України) або швидкості вітру (північні та приморські території) переваги систем, що розглядаються, набувають особливого значення, так як необхідний в кожному конкретному випадку рівень надійності електропостачання досягається за допомогою менших матеріальних витрат проти областей, котрим характерні великі сезонні перепади швидкостей вітру чи надходження СР.

В якості основного параметра, яким можна характеризувати систему одиночної ФЕУ, і відповідно в залежності від якого встановлюються інші параметри системи, являється потужність $P_{\text{ФЕУ}}$ ($\text{Вт}_{\text{пік}}$), яка визначається за наступною формулою:

$$P_{\text{ФЕУ}} = \frac{H}{E_{\text{min}} - K_{\text{ФЕУ}}}, \quad (3.1)$$

де H - добове споживання електроенергії у будинку (Втг/добу):

$$H = \frac{\sum P_{i \text{ ном.приб.}} \cdot t_{i \text{ приб.}}}{\eta_{\text{інв}} \cdot \eta_{\text{пер.І}}} + \sum H_{\text{дод.вик.}j}, \quad (3.2)$$

де $P_{i \text{ ном.приб.}}$ - номінальна потужність i -го приладу споживання (Вт);

$t_{i \text{ приб.}}$ - добовий режим експлуатації i -го приладу (година);

$H_{\text{дод.вик.}j}$ - добове споживання енергії j -м автоматичним приладом (холодильник або ін.) (Втг/добу);

$\eta_{\text{інв}}$ - ККД інвертора (від.од), якщо передбачається використання електропобутових приладів змінного струму;

$\eta_{\text{пер.І}}$ - ККД перетворювача постійного струму (відн.од.), якщо передбачається використання електропобутових приладів постійного струму;

E_{min} - середньомісячна денна енергетична освітленість у площині фотоелектричної панелі (ФЕП), мінімальна в межах розрахункового періоду року (сонце-година пік); (1 сонце-година пік-1 $\text{кВтг/м}^2\text{добу}$),

Причому метеорологічні дані зазвичай збираються для горизонтального приймального майданчика ФЕП. Їх необхідно перетворити за будь-яким з відомих методів (методи Лю та Джордана або Даффі та Бекмана) до площини ФЕП у відповідності до кута нахилу (збігається, як правило, з широтою місцевості).

$K_{\text{ФЕУ}}$ - загальний коефіцієнт (відн. од), який враховує всі втрати під час передавання енергії від ФЕП до споживача, що визначається за наступною формулою:

$$K_{\text{ФЕУ}} = \eta_{\text{ФЕП}} \eta_{\text{зар}} \eta_{\text{АБ}} \quad (3.3)$$

де $\eta_{\text{ФЕП}}$ - ККД ФЕП (відн. од.);

$\eta_{зар}$ – ККД зарядного регулятора АБ (від. од);

$\eta_{АБ}$ – ККД АБ (відн. од.).

Визначальним параметром, який характеризує систему яка складається із одиночної ВЕУ, так і в випадку з ФЕУ, є необхідна розрахункова потужність вітроагрегату $P_{ВЕУ}$ (Вт) для забезпечення потреб автономного будинку в електроенергії.

На практиці ж, при визначенні інтересу щодо використання ВЕУ для електропостачання споживача виникає потреба встановити зв'язок між величиною добового споживання будинком електроенергії та необхідною потужністю вітроагрегату. В даному випадку спочатку необхідно визначити площу ометаної поверхні ВЕУ, а потім відповідно до отриманого значення отримати номінальну (середню мінімальну) потужність ВЕУ.

Відповідно середня потужність на валу вітроагрегату може бути визначена відповідно до виразу:

$$\bar{P}_{ВЕУ} = \xi \cdot F \cdot \bar{P}_{c.num}, \quad (3.4)$$

де ξ – коефіцієнт який характеризує перетворення енергії вітру вітрогенератором в корисну (від. од.);

F – площа відповідно поверхні, яку описує вітроколесо (m^2);

$\bar{P}_{c.num}$ – середня питома щільність вітру на рівні ступиці вітроколеса ($Вт/m^2$), величина якої дорівнює:

$$\bar{P}_{c.num} = \frac{6}{\pi} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{min}^3, \quad (3.5)$$

де $\frac{6}{\pi}$ – коефіцієнт який визначає розподіл швидкості вітру;

ρ – щільність повітря на рівні ступиці вітроколеса ($кг/m^3$);

V_{min} – середня зв місяць швидкість вітру на рівні ступиці вітроколеса (m/c), яка є мінімальною на інтервалі обраного проміжку часу;

З другої сторони:

$$\bar{P}_{ВЕУ} = \frac{H}{T_{доб} \cdot K_{ВЕУ}}, \quad (3.6)$$

де $T_{\text{доб}}$ - кількість годин експлуатації ВЕУ на добу, (год);

K_{BEU} - загальний коефіцієнт (відн. од.), який враховує всі втрати енергії під час передачі від вітроагрегату до споживача. Даний коефіцієнт визначається за формулою:

$$K_{BEU} = \eta_{\text{ног}} \eta_{\text{зар}} \eta_{\text{АБ}} \quad (3.7)$$

де $\eta_{\text{ног}}$ – коефіцієнт, який враховує зниження номінальних характеристик вітроагрегату із-за впливу погодних умов (сніг, дощ, зледеніння) (відн. од.);

$\eta_{\text{зар}}$ – ККД зарядного регулятора АБ (відн. од.);

$\eta_{\text{АБ}}$ – ККД АБ (відн. од.).

Прирівнюючи вирази (3.4) і (3.6), враховуючи (3.5), можна одержати відповідну формулу для визначення мінімальної необхідної площі поверхні, що омітається вітроколесом:

$$F = \frac{H}{Z_{BEU} \cdot V_{\text{min}}^3 \cdot K_{BEU}}, \quad (3.8)$$

де Z_{BEU} – коефіцієнт (кг.г/м³), який визначається виразом:

$$Z_{BEU} = \frac{3}{\pi} \cdot \xi \cdot \rho \cdot T_{\text{доб}}, \quad (3.9)$$

Необхідно відмітити, що на сьогодні ККД вітроагрегатора по перетворення енергії вітру на корисну становить порядка 26%. При цьому число добих годин експлуатації ВЕУ може становити 24 години, а щільність повітря дорівнює 1,225 кг/м³, а величина Z_{BEU} складе 7 кг.ч/м³.

Відповідно до значення ометаної поверхні вітроагрегату, отриманого з виразу (3.8), можна за формулами (3.4) і (3.5) визначити потужність вітроагрегату, яку може виробляти ВЕУ за мінімальної середньомісячної швидкості вітру в межах розрахункового річного періоду. Наступним кроком є вибір, відповідно до кривих потужностей, необхідної моделі ВЕУ установки, яка здатна видавати необхідне значення потужності при характерній швидкості вітру.

3.2. Методологія використання гібридної вітросонячної електричної системи

В економічному відношенні не вигідно використовувати цілий рік одну автономну систему на основі ВДЕ в тих районах де присутні великі перепадами швидкості вітру та приходу СР (до яких належить зона регіону Полісся), так як в цьому випадку необхідно розраховувати їх на найгірші умови щодо джерела енергії. Все це, у свою чергу, призводить до значного подорожчання в цілому системи енергопостачання. Крім того, одиничні системи які працюють з використанням енергії сонця та вітру більшу частину розрахункового періоду року на повну потужність не використовуються.

Застосування однак разом ФЕУ і ВЕУ , як гібридної електричної системи може в багатьох випадках виявитися доцільним, внаслідок того, що максимум приходу СР припадає , як правило, на періоди мінімальної швидкості вітру і навпаки. В наслідок цього з'являється можливість використовувати комбіновану систему у складі установок ФЕУ і ВЕУ, але із значно меншими потужностями і, отже, з меншими цінами, в порівнянні з одиничними системами. Крім цього, в результаті використання двох різних енергетичних джерел (сонце та вітер), в цілому значно підвищується надійність роботи системи по виробленню електроенергії, а також є можливість використовувати АБ меншої ємності по відношенню до одиничних систем. Все це у свою чергу, відповідно позитивно позначається на сумарних витратах на виробництво енергії в умовах автономії і, таким чином, впливає на вибір споживачем того чи іншого способу енергозабезпечення свого житла.

Однак коли визначаються основні встановленні параметри гібридної системи електропостачання виникає певна складність у розрахунку потужностей ФЕУ та ВЕУ, які входять в конкретну енергетичну установку.

При створенні малопотужних автономних споживачів рекомендовано використовувати як «основне» енергоджерела - ВЕУ, а ФЕУ - як додаткове,

так як ФЕУ є модульною конструкцією, що дозволяє при необхідності додавати модулі сонячної батареї (ФМ).

Для визначення оптимального співвідношення енергетичних компонентів у складі загальної системи, при розрахунку гібридної вітрофотоелектричної установки можна, використати методика, яка визначає послідовність розрахунків:

1. визначається необхідна величина споживання електроенергії автономним об'єктом, протягом доби для подальшого розрахунку основних технічних характеристик компонентів гібридної системи;

2. відповідно для максимальної середньомісячної швидкості вітру для розрахункового періоду не більше року, вибирається модель вітроагрегату, яка буде задовольняти необхідний рівень забезпеченості енергопостачання споживача;

3. визначається місячне середньодобове вироблення енергії ВЕУ для мінімальної, в межах розрахункового періоду року, середньомісячної швидкості вітру;

4. встановлюється величина різниці добового споживання енергії навантаженням автономного будинку для періоду року з найменшою середньомісячною швидкістю вітру та виробленої енергією вітроагрегатом за даний час. За визначеними значенням розраховується потужність ФЕУ, яка необхідна для енергоспоживання;

5. виконуються розрахунки для коригування необхідної потужності ВЕУ з урахуванням можливостей вироблення енергії ФЕУ на період з максимальною середньомісячною швидкістю вітру.

Однак слід зауважити, що не слід відкидати можливість використання зворотної схеми гібридної електричної установки, а саме коли ФЕУ є базовою системою, а ВЕУ – додатковою.

Відповідно до запропонованої вище схеми, потужність ФЕУ та площа робочої поверхні ВЕУ визначається рішенням наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} H = H_{BEV}^1 + H_{\Phi EV}^2, \\ H = H_{BEV}^2 + H_{\Phi EV}^1, \end{cases} \quad (3.10)-(3.11)$$

де H_{BEV}^1 – частина енергії будинку яка споживається протягом доби, яку забезпечує ВЕУ при максимальній середньомісячній швидкості вітру в межах розрахункового річного періоду;

$H_{\Phi EV}^2$ – частина енергії будинку споживаної протягом доби, яку забезпечує ФЕУ при визначеному середньодобовому приході СР за місяць з максимальною середньомісячною швидкістю вітру в межах розрахункового періоду року;

H_{BEV}^2 – частина енергії будинку споживаної протягом доби, яку забезпечує ВЕУ за мінімальної середньомісячної швидкості вітру в межах розрахункового річного періоду;

$H_{\Phi EV}^1$ – частина добового споживання енергії будинку, яку забезпечує ФЕУ при деякому середньодобовому приході СР протягом місяця з мінімальною в межах розрахункового періоду року середньомісячною швидкістю вітру,

З урахуванням формули (3.6) отримаємо наступні залежності:

$$H_{BEV}^1 = T_{доб} \cdot \bar{P}_{BEV} \{V_{\max}\} \cdot K_{BEV}, \quad (3.12)$$

$$H_{BEV}^2 = T_{доб} \cdot \bar{P}_{BEV} \{V_{\min}\} \cdot K_{BEV}, \quad (3.13)$$

де H_{BEV}^1 та H_{BEV}^2 - фактично максимальна та мінімальна величини виробленої енергії ВЕУ протягом розрахункового періоду, а $\bar{P}_{BEV} \{V_{\max}\}$ і $\bar{P}_{BEV} \{V_{\min}\}$ – значення середньої потужності ВЕУ які відповідають максимальному та мініальному розрахунковому середньомісячному значенню швидкості вітру.

Або, за аналогією з отриманням виразу (3.8), отримаємо:

$$H_{BEV}^1 = F \cdot Z_{BEV} \cdot V_{\max}^3 \cdot K_{BEV}, \quad (3.14)$$

$$H_{BEV}^2 = F \cdot Z_{BEV} \cdot V_{\min}^3 \cdot K_{BEV}, \quad (3.15)$$

Відповідно до виразу (3.1) величина енергії ФЕУ виробленої при певних значеннях середньомісячного приходу СР у місяці з максимальною та мінімальною швидкостями вітру можуть бути визначені за формулами:

$$H_{\text{ФЕУ}}^1 = E_{\text{min}} \cdot P_{\text{ФЕУ}} \cdot K_{\text{ФЕУ}}, \quad (3.16)$$

$$H_{\text{ФЕУ}}^2 = E_{\text{max}} \cdot P_{\text{ФЕУ}} \cdot K_{\text{ФЕУ}}. \quad (3.17)$$

Вирішуючи систему рівнянь (3.10) і (3.11), та враховуючи вирази (3.14) -(3.17), отримаємо залежність площі поверхні ВЕУ, яка змінюється, від величини потужності ФЕУ для будь-якого конкретного місяця з конкретними характеристиками вітру і величини приходу СР:

$$Z_{\text{ВЕУ}} \cdot F \cdot K_{\text{ВЕУ}} \cdot (V_{\text{max}}^3 - V_{\text{min}}^3) = P_{\text{ФЕУ}} \cdot K_{\text{ФЕУ}} \cdot (E_{\text{max}} - E_{\text{min}}) \quad (3.18)$$

Позначимо через $G_{\text{зiбp}}$ (Вт/м²) величину, яку назвемо відносним коефіцієнтом гібридної системи. Тоді отримаємо вираз, що включає параметри, які мають для кожного визначеного конкретного місяця в межах обраного експлуатаційного періоду року цілком певні значення:

$$P_{\text{ФЕУ}} = F \cdot G_{\text{зiбp}}, \quad (3.19)$$

$$F = P_{\text{ФЕУ}} / G_{\text{зiбp}}, \quad (3.20)$$

$$\text{де } G_{\text{зiбp}} = Z_{\text{ВЕУ}} \cdot \frac{K_{\text{ВЕУ}}}{K_{\text{ФЕУ}}} \cdot \frac{(V_{\text{max}}^3 - V_{\text{min}}^3)}{(E_{\text{max}} - E_{\text{min}})}. \quad (3.21)$$

З рівності (3.10) або (3.11) (все одно), враховуючи вираз (3.19), отримаємо формулу за допомогою якої визначимо мінімальну необхідну площі ометаної поверхні ВЕУ в комбінованій електроенергетичній установці для автономного будинку:

$$F = \frac{H}{Z_{\text{ВЕУ}} \cdot V_{\text{max}}^3 \cdot K_{\text{ВЕУ}} + G_{\text{зiбp}} \cdot E_{\text{min}} \cdot K_{\text{ФЕУ}}}. \quad (3.22)$$

По аналогії з попереднім розділом 3.1, за значенням ометаної поверхні вітроагрегата спочатку визначається потужність, яку повинна видавати ВЕУ при характерній швидкості вітру і потім за кривими потужності вибирається відповідна модель вітроагрегата.

Аналогічно, відповідно до виразу (3.20) отримаємо формулу для визначення необхідної мінімальної потужності ФЕУ для конкретної гібридної електричної установки в вибраному будинку:

$$P_{\text{ФЕУ}} = \frac{H}{Z_{\text{БЕУ}} \cdot V_{\text{max}}^3 \cdot K_{\text{БЕУ}} / G_{\text{гібр}} + E_{\text{min}} \cdot K_{\text{ФЕУ}}} . \quad (3.23)$$

Отримані вирази (3.1), (3.8), (3.22) та (3.23) будуть використовуватися далі для визначення економічної ефективності застосування систем ВДЕ для електропостачання автономних сільських споживачів.

Висновки до розділу 3

Для електропостачання автономних сільських споживачів у деяких випадках може бути вигідним використовувати гібридні системи на базі РПЕ та ФЕУ чи ВЕУ. Дані систем передбачається використовувати, якщо немає доцільності застосування систем на основі РПЕ. Відповідно з принциповим підходом до конструювання подібних комбінованих систем можна визначити два основних напрямки, а саме: 1) ФЕУ та ВЕУ є додатковими джерелами енергії до основної установки - РПЕ і, в основному, використовуються для зменшення поточних витрат на виробництво енергії від РПЕ; 2) РПЕ являється резервним джерелом енергії і призначена для збільшення надійності електропостачання споживача в умовах коли відсутні СР або вітру а також зменшення розмірів блоку АБ.

Розрахунок даних систем (за пунктом 2) проводиться слідуючим чином: спочатку визначається потужність ФЕУ або ВЕУ у відповідності до найкращих умов вітру або СР. Потужність РПЕ визначається кількістю години, необхідних для зарядки АБ, ємність якої розраховується на один-два дні забезпечення автономності електропостачання без енергоджерела. Кількість годин роботи РПЕ протягом року визначається кількістю годин без сонця або безвітря (при розрахунковій швидкості) протягом року.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дає змогу зробити такі висновки:

Основними джерелами відновлюваної енергії є енергії вітру, сонця, біоенергетика та геотермальна. В Україні найбільш широко застосовуються енергія сонця та вітру, далі іде біоенергетика, геотермальна енергія стоїть на останньому місці.

Генерування електроенергії альтернативними джерелами за підсумками 2020 року дорівнювали потужності 10,8 млн. МВт-год (7,3% від згенерованої електроенергії), що на 5,3 млн. МВт-год, або на 96,4% краще чим в 2019 році та на 9,3 млн. МВт-год, або 6,8 разів більше чим за 2016 рік.

Електроенергія, вироблена з допомогою альтернативних джерел, від загального обсягу виробленої електроенергії в Україні займає вагому частку і має динаміку до зростання.

Одним із актуальних завдань сучасної енергетики є розробка та створення маловитратних та екологічно чистих відновлюваних джерел енергії.

На користь застосування малопотужних вітросонячних електросистем свідчить те, що ведення в енергосистему значних потужностей може призвести до дестабілізації. Тому система повинна мати великий резерв потужності. Крім того, можливості електричної мережі іноді не дозволяють включати в неї великі потужності, інакше потрібно її реструктуризація.

Для реалізації вітросонячної системи малої потужності, враховуючи низькі за потенціалом регіональні (маємо на увазі Житомирську область) ресурси вітру і сонця, пропонуємо розробити спеціальну конструкцію вітросонячної системи. Дана конструкція буде складатися з вітроенергетичної системи на вертикальній осі обертання на базі синхронного генератора з постійними магнітами та фотоелектричної системи. Для зростання енергетичної віддачі вітросонячної установки до її складу потрібно включити стаціонарний симетричний концентратор вітрового

поток, який дає змогу підвищити крутний момент вітроротора, а також забезпечить можливість його самостійного його старту. Щодо сонячної частини установки, то для підвищення енергоефективності, в установці фотоелектричні панелі пропонуємо встановити з оптимальним кутом нахилу до горизонту, а також слід передбачити можливість азимутального стеження за рухом сонця, що потрібно реалізувати за допомогою поворотного механізму.

Можна виділити такі переваги розробленої схеми вітросонячної системи: поєднання двох поновлюваних джерел енергії для вирівнювання графіку генерування електроенергії; використання симетричного концентратора вітрового потоку, що дає можливість концентрувати вітер будь-яких напрямів без застосування додаткових пристроїв; використання стаціонарного концентратора вітрового потоку сприяє збільшенню вихідної потужності вітрової системи з порівняно малою обертовою частиною – вітроротору, що спрощує установку та знижує її ціну; несуча конструкція стаціонарного концентратора вітрового потоку використовується для кріплення вузлів обертання вітроротора, розташування сонячних (фотоелементних) панелей та пристроїв, що забезпечують її слідкування за сонцем елементи концентратора вітрового потоку беруть участь у механізмі захисту вітроротора від шквальних вітрів. Використання даної установки зможе забезпечити електроенергією невелике виробництво.

Для електропостачання автономних сільських споживачів у деяких випадках може бути вигідним використовувати гібридні системи на базі РПЕ та ФЕУ чи ВЕУ. Дані систем передбачається використовувати, якщо немає доцільності застосування систем на основі РПЕ. Відповідно з принциповим підходом до конструювання подібних комбінованих систем можна визначити два основних напрямки, а саме:

- 1) ФЕУ та ВЕУ є додатковими джерелами енергії до основної установки - РПЕ і, в основному, використовуються для зменшення поточних витрат на виробництво енергії від РПЕ;

2) РПЕ являється резервним джерелом енергії і призначена для збільшення надійності електропостачання споживача в умовах коли відсутні СР або вітру а також зменшення розмірів блоку АБ.

Розрахунок даних систем (за пунктом 2) проводиться слідуєчим чином: спочатку визначається потужність ФЕУ або ВЕУ у відповідності до найкращих умов вітру або СР. Потужність РТЕ визначається кількістю години, необхідних для зарядки АБ, ємність якої розраховується на один-два дні забезпечення автономності електропостачання без енергоджерела. Кількість годин роботи РПЕ протягом року визначається кількістю годин без сонця або безвітря (при розрахунковій швидкості) протягом року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко Д. В. Еквівалентні схеми акумуляторів електроенергії, які підключені до сонячних фотоелементів. *Відновлювана енергетика*. 2019. № 3. С. 30-34.
2. Буратинський І. М., Нечаєва Т. П. Моделювання сукупної роботи сонячної фотоелектричної електростанції та системи акумулявання електроенергії. *Проблеми загальної енергетики*. 2020. Вип. 3. С. 30-36.
3. Бутенко В. М., Байдала В. В., Козирська Т. О. Фактори розвитку сонячної електроенергетики в Україні. *Інвестиції: практика та досвід*. 2019. № 17. С. 5-11.
4. Ващишак І. Р., Цих В. С. Підвищення енергоефективності сонячної електростанції. *Нафтогазова енергетика*. 2020. № 1. С. 132-142.
5. Гаднадь І. Тар К., Молнар Й. Сучасний стан та перспективи розвитку вітрової енергетики у світі, Європі та в Україні, зокрема на Закарпатті. *Український географічний журнал*. 2020. № 1. С. 59-70.
6. Двудіт З., Крахмелюк Є. Використання сонячної енергетики для покращення соціального становища сільського населення. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер.: Економіка і управління*. 2014. Вип. 29. С. 210-217.
7. Ільчук Н. І. Особливості та перспективи розвитку вітрової енергетики. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2014. Вип. 2. С. 46-48.
8. Казіміров О. О., Власов К. В., Онипченко П. М., Костенко І. Л. Орієнтування сонячних панелей системи автономного електроживлення стаціонарного пункту управління. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2021. Вип. 1. С. 45-48.
9. Ковальчук Р. Л. Альтернативна енергія в сільському господарстві: переваги та недоліки. *Науковий вісник Львівського національного*

університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Гжицького. 2010. Т. 12, № 2(5). С. 65-69.

10. Кравчишин В. С., Медиковський М. О., Галушак М. О. Моделювання енергетичного потенціалу вітрової електричної станції. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Інформаційні системи та мережі.* 2016. № 854. С. 80-87.

11. Кривобок П. В. Реалізація моделі соціально-орієнтованого підприємства на прикладі сонячної електростанції. *Ефективна економіка.* 2018. № 9. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2018_9_50

12. Кузнецов М. П. Фактори впливу вітрової енергетики на стійкість енергосистеми. *Відновлювана енергетика.* 2015. № 2. С. 51-55.

13. Кулик М. М., Дрьомін І. В., Згуровець О. В. Можливості використання великих накопичувачів електроенергії для стабілізації частоти в об'єднаних енергосистемах з потужними сонячними електростанціями. *Відновлювана енергетика.* 2018. № 3. С. 6-14.

14. Кулик М. М., Згуровець О. В. Роль і механізми впливу похідних від регулюючих потужностей на стабільність частоти в енергосистемах з вітровими електростанціями. *Проблеми загальної енергетики.* 2020. Вип. 1. С. 24-30.

15. Курак В. В., Андронова О. В., Яценко А. М., Яценко Н. В. Автономна вітро-сонячна система для електрозабезпечення промислового об'єкту. *Вісник Херсонського національного технічного університету.* 2019. № 2(1). С. 55-61.

16. Кухарець М.М., Костриця А.В. Аналіз виробництва електроенергії в Україні: *матеріали V міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи».* Частина 2., 27-28 травня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С.8-10.

17. Марченко Р. М., Стаценко В. В. Стенд для дослідження системи живлення електричного компресора із використанням сонячної енергії. *Технології та дизайн.* 2020. № 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2020_2_14

18. Масло В. Р. Альтернативна енергетика у контексті забезпечення сталого розвитку сільських територій. *Сталий розвиток економіки*. 2013. № 1. С. 66-69.

19. Месель-Веселяк В. Я. Виробництво альтернативних видів енергетичних ресурсів як фактор підвищення ефективності сільськогосподарських підприємств. *Економіка АПК*. 2015. № 2. С. 18-27.

20. Москальчук Н. М. Вітрова енергетика – особливості оцінки впливу на навколишнє середовище. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2016. № 1. С. 130-135.

21. Нараєвський С. В. Порівняльний аналіз ефективності роботи сонячної та вітрової енергетики на світовому ринку. *Економіка та держава*. 2019. № 5. С. 33-38.

22. Поліщук О. М. Застосування альтернативних джерел енергії у сільському господарстві. *Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок*. 2014. Вип. 15, № 1. С. 316-319.

23. Про альтернативні джерела енергії: Закон України №555- 555-IV від 20 лютого 2003 року, чинний, редакція від 16.10.2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення 27.11.2021)

24. Про ринок електричної енергії: Закон України № 2019-VIII від 13 квітня 2017 року, чинний, редакція від 29.08.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення 27.11.2021)

25. Рикованова І. С., Таранський І. П., Донець Д. М. Вітрова електрогенерація: світовий досвід та перспективи розвитку в Україні. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Логістика*. 2017. № 863. С. 159-167.

26. Рубаненко О. О. Використання біоресурсів для компенсації нестабільності вітрових і сонячних електричних станцій з метою забезпечення незалежного електропостачання підприємств АПК. *Вісник*

Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2018. Вип. 196. С. 8-9.

27. Савченко Є. Застосування сонячної енергії у сільському господарстві України: можливості і проблеми їх збереження та охорони. *Аграрна економіка*. 2012. Т. 5, № 1-2. С. 128-135.

28. Савченко О. О., Козак Х. Р., Федак Т. Ю. Автономна сонячна електростанція для будинку ОСББ. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва*. 2018. № 888. С. 117-122.

29. Саух С. Є., Джигун О. М. Ретроспективні моделі вітрових і сонячних електростанцій в задачах планування режимів електроенергетичних систем. *Електронне моделювання*. 2020. Т. 42, № 6. С. 18-33.

30. Шемякіна О. М. Аналіз та перспективи розвитку вітрової енергетики у світі. *Ефективна економіка*. 2013. № 8. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2013_8_56 (дата звернення 27.11.2021)

31. Шпикуляк О. Г., Білокінна І. Д. Формування інституційних складових кооперативного розвитку альтернативної енергетики в аграрному секторі економіки. *Економіка АПК*. 2020. № 8. С. 72-81.

32. Шульженко С. В. Статистична обробка даних мінливості генерації вітрових та сонячних електростанцій для оцінки додаткової гнучкості енергосистеми. *Проблеми загальної енергетики*. 2021. Вип. 1. С. 14-28.

33. Яндульський О. С., Труніна Г. О., Настенко Д. В., Лисак К. М. Керування роботою електростанції з фотоелектричною та вітровою установками з накопичувачем електроенергії в електричній мережі. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2019. Вип. 6. С. 146-151.