

Власник документу:
Бевза Олег Миколайович

ID перевірки:
1004017893

Дата перевірки:
13.06.2020 14:42:50 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
13.06.2020 16:21:23 EEST

ID користувача:
90740

Назва документу: 2020-bachelor-EDS_Kopysov_Prohnozuvannya_elektroheneratsiyi_

ID файлу: 1004030961 Кількість сторінок: 20 Кількість слів: 6810 Кількість символів: 51314 Розмір файлу: 78.10 KB

22.2% Схожість

Найбільша схожість: 4.61% з джерело <http://ua.z-pdf.ru/7tehnicheskie/958679-3-na-pravah-rukopisu-osipenko-katerina-s...>

20.4% Схожість з Інтернет джерелами 18 Page 22

5.8% Текстові збіги по Бібліотеці акаунту 77 Page 22

0.23% Цитат

Цитати 1 Page 23

Вилучення переліку посилань вимкнено

0% Вилучень

Вилучений текст відсутній

Підміна символів

Не знайдено заміненних символів

Кописову Владиславу Андрійовичу
Прогнозування електрогенерації у MicroGrid

АНОТАЦІЯ

У ході виконання роботи були розглянуті різні моделі та типи альтернативної відновлювальної енергетики. Детально досліджено роботу та характеристики вітрогенераторів та сонячних панелей. Зважаючи на проведений аналіз можливих рішень проблеми просадки енергії, в зв'язку з нестабільністю погодних умов, розроблено програму, що прогнозує електрогенерацію пристроїв спираючись на метеорологічні дані. За допомогою технічної документації приладів електрогенерації розраховані вихідні коефіцієнти корисної дії при різних погодних умовах. Даний проект є актуальним через зростаючу популярність альтернативної енергетики та використання її для автономії та енергоефективності.

Ключові слова: MicroGrid; Сонячна панель; Вітрогенератор; енергоефективність; Прогнозування.

ANNOTATION

During the work, various models and types of alternative renewable energy were considered. The work and characteristics of wind generators and solar panels are studied in detail. Based on the analysis of possible solutions to the problem of energy subsidence due to the instability of weather conditions, a program was developed that provides for the generation of devices based on meteorological data. With the help of technical documentation of power generation devices, the initial efficiency factors were calculated under different weather conditions. This project is relevant due to the growing popularity of alternative energy and its use for autonomy and energy efficient.

Keywords : Microgrid; Solar panel; Wind power; Energy efficiency; Forecasting.

ВСТУП

Стрімке зростання населення і розвиток промисловості, підвищення споживання електроенергії і при цьому обмежені джерела енергії - це одна з ключових проблем, яка стоїть перед сучасною енергетикою.

Інноваційною відповіддю на нові виклики електроенергетики стала концепція MicroGrid – відносно невеликих систем розподіленої генерації. Основним фактором для виникнення і популяризації MicroGrid стала задача забезпечення енергоефективності.

Завданням проекту була розробка програми для прогнозування електрогенерації від вітрогенераторів і сонячних панелей у складі MicroGrid. Поставлена задача є актуальною при розробці та проектуванні систем електроживлення з альтернативними та відновлювальними джерелами енергії.

Основним недоліком відновлюваної енергії є те, що вона є не постійною, а залежить від кліматичних факторів та погодних умов. Так, у дні штилю енергія від вітрогенераторів суттєво зменшується, а у дощові або похмурі дні спостерігається суттєве зменшення енергії від фотобатарей. Прогнозування обсягів генерації з урахуванням різноманітних факторів

1

дозволяє забезпечити більшу гнучкість системи керування та безперебійне електроживлення відповідальних навантажень у MicroGrid.

1. ЕЛЕКТРОГЕНЕРАЦІЯ ПРИЛАДІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СИСТЕМІ MICROGRID

1.1 Опис системи MicroGrid

Ключовими вимогами до енергетики XXI століття стали доступність, надійність, економічність, ефективність, гармонія з навколишнім середовищем, безпека. Для розосереджених енергосистем, що мають порівняно низький коефіцієнт корисної дії, особливо актуальною є проблема підвищення якості та мінімізації втрат електроенергії при її розосередженій генерації та передачі до кінцевого споживача.

Такі фактори, як подальше економічне зростання, збільшення обсягу електроспоживання, підвищення вимог до якості та рівня надійності енергопостачання, значний негативний вплив електроенергетики на навколишнє середовище за рахунок використання традиційних технологій, проблеми зі створенням потужного енергетичного обладнання призвели до необхідності побудови інтелектуальних енергетичних систем з розосередженою генерацією. Подібні системи повністю інтегровані, саморегульовані та самовідновлювані, мають мережеву топологію та об'єднують генеруючі джерела, магістральні, розподільні мережі та різноманітні види споживачів, які керуються єдиною системою в реальному часі.

Основними цілями, що реалізуються при впровадженні інтелектуальних мереж, є досягнення енергетичної безпеки, безперебійного постачання, електричної енергії відповідної якості, енергоощадності та доступної ціни на електроенергію, мінімального впливу на навколишнє середовище [22].

MicroGrids - це локалізовані електромережі, які дозволяють інтегрувати розподілені ресурси генерації для задоволення електричних навантажень частини або всіх об'єктів, присутніх у мережах.[1]

MicroGrids можуть працювати або в режимі централізованого управління, або в режимі децентралізованого управління. У централізованому режимі найважливішу роль в оптимізації MicroGrid відіграє центральний контролер MicroGrid (MGCC – MicroGrid Central Controler). На основі ціни на електроенергію, ціни на газ та інформацію про безпеку, MGCC вирішує, скільки енергії потрібно імпортувати з комунальної мережі та скільки некритичних навантажень слід додати в критичних умовах. У децентралізованому режимі першочерговою метою є максимізація виробництва електроенергії для задоволення потреб у навантаженні та експорту надлишкової електроенергії до комунальної мережі (рис.1.1) [3] [2].

Рис.1.1. Концепція MicroGrid

На рис.1.2. [3] показано протікання різних типів енергій в системі MicroGrid.

Червоним кольором позначено тепла енергія, вона генерується тепловими генераторами, такими як геліосистеми (Solar Heat на рисунку), теплові насоси (Heat Exchanger на рисунку) та інші.

2

Рис.1.2. Протікання енергій в MicroGrid

Геліосистемами (або геліотермальних системами) називають комплекси з утилізації променевої сонячної енергії за допомогою трансформації її в теплову енергію для подальшого використання в побутових і промислових цілях, таких як опалення, гаряче водопостачання (ГВП) та інших. На сьогоднішній день найбільш виправданим є застосування таких комплексів у системах ГВП для побутових і гігієнічних потреб.

Крім того, сонячні системи можуть успішно використовуватися для підігріву великих обсягів води, нагріву технологічних рідин на виробництві харчових продуктів і напоїв, у сільському господарстві, хімічній промисловості, пральнях, а також у процесах сушіння [4].

Тепловий насос – це екологічно чиста система опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування, яка приносить тепло з навколишнього середовища у будинок. Тепловий насос використовує тепло, розсіяне в навколишньому середовищі – в землі, воді або повітрі, доставляючи його настільки продуктивно, що вартість опалення істотно знижується. Немає потреби в будь-якому паливі. Заощадження коштів часто настільки значні, що вартість установки такої системи окупається всього за кілька років.[5]

Синім кольором вказана енергія вироблена за рахунок генераторів, котрі працюють на біопаливі: вугілля, нафта, торф та інші.

Біопаливо — будь-яке паливо, яке містить (за об'ємом) не менш ніж 80 % матеріалів, отриманих від живих організмів, зібраних у межах десяти років перед виробництвом [6].

Помаранчевим кольором позначено протікання втрат енергії. Втрати трапляються під час переносу або зберігання енергії, також використання енергії підлягає втраті енергії.

Зеленим кольором позначено протікання електроенергії, вона генерується за допомогою сонячних панелей (Photovoltaic (PV) на рис.1.2) або вітрогенераторами (Wind Power на рис. 1.2).

На рис. 1.3. [22] наведено приклад системи MicroGrid, яка складається з різнотипних відновлюваних джерел та традиційних генераторів, забезпечує якість напруги на навантаженні необхідного рівня і працює або як частина SmartGrid, або як ізольована система.

Рис.1.3. Приклад системи MicroGrid

Двигун внутрішнього згорання (ДВЗ) з синхронним генератором (СГ) задає частоту та рівень напруги у системі, тоді як вітрогенератор (ВГ) і сонячна батарея (СБ) генерують певний рівень потужності залежно від параметрів потоків первинної енергії, паливний елемент (ПЕ) є джерелом постійного струму, акумуляторна батарея (АБ) забезпечує накопичення електроенергії та виконання умови рівності еквівалентного внутрішнього опору джерел опору навантаження для відбирання максимальної енергії від відновлюваних джерел залежно від зовнішніх умов та навантаження (Н) [22].

Загальна структура MicroGrid з електричними та тепловими мережами показана на рис.1.4 [18]., де

– суцільна товста лінія - електричний/тепловий вузол;

3

- суцільна тонка лінія - електрична кабельна мережа;
- переривчаста тонка лінія - тепла трубопровідна мережа.

Рис.1.4. Загальна структура MicroGrid

Заштрихованим об'єктом, котрий підключається через ключ є допоміжний Macrogrid.

Електрична мережа може бути сітчастою або радіальною. Аналогічно, трубопровідна мережа може мати будь-яку довільну конфігурацію. MicroGrid може мати або не мати утиліту. Навантаження на кожен вузол складається з декількох кінцевих потреб, включаючи лише електрику (в основному штепсельні навантаження), нагрівання (нагрівання води та приміщення) та навантаження на охолодження. Завдання полягає у визначенні оптимального портфеля, потужності та розміщення різних технологій розподілення енергетичних ресурсів (Distributed Energy Resources (DER)), що мінімізують загальні інвестиції та з урахуванням втрат та обмежень електричних та теплових мереж, а також обмежень експлуатації різних технологій.[18]

Ефективне використання електроенергії у MicroGrid досягається таким чином:

1. Оптимізацією шляхів передачі електроенергії в енергосистемі з мінімізацією втрат при передачі в навантаження та обміні енергією між вузлами розосередженої генерації.
2. Адекватним вибором режимів роботи кожного генератора енергії (джерело напруги, струму, потужності).
3. Відбором максимальної енергії відновлюваних джерел при зміні потоку первинної енергії: величини сонячного випромінювання, швидкості на напрямку вітру, а також мінімізацією рівня витрат палива двигунів.
4. Вибором такого режиму роботи накопичувача електроенергії, який би мінімізував подвійну втрату енергії при заряді/розряді.
5. Забезпеченням необхідних параметрів якості електроенергії, яка б відповідала вимогам споживачів щодо рівня та якості напруги, відповідного
6. та коефіцієнта гармонік, а також режимам роботи генераторів, наприклад, забезпеченням відповідного кута навантаження θ синхронного генератора.
7. Організацією системи керування процесами при зміні конфігурації мережі розосередженої генерації при узгодженні режимів роботи генераторів та навантажень з виконанням умов відбору максимальної енергії та забезпеченні стійкості системи в цілому. Мінімізація втрат електроенергії в процесі її генерації. [22]

Вибір акумуляторів для системи MicroGrid

На даний час найбільш розповсюдженими є акумулятори із номінальною напругою 12 В та терміном експлуатації 10-15 років. Декілька акумуляторів підключених послідовно або паралельно в одне електричне коло утворюють блок, який характеризується такими параметрами як: робоча ємність, струм заряду та розряду, напруга. Важливо відмітити, що напругу акумуляторного блоку можна збільшувати за рахунок послідовного

підключення окремих його одиниць, а силу струму та ємність застосовуючи їх паралельне підключення.

З точки зору техніки безпеки, всі акумулятори в одному блоці повинні бути одного типу та мати однакову номінальну ємність. При послідовному підключенні акумуляторів ця вимога є обов'язковою. Заміну окремих складових слід виконувати поблоково, так знижується рівень небезпеки вибуху або спалаху вогню.

Найбільш поширеними у використанні є свинцево-кислотний та літій-іонний типи акумуляторів. Останні характеризуються більшою питомою ємністю, що зменшує їх габарити та масу, вони більш ефективно використовують номінальну ємність, та вдвоє ефективніші при роботі у буферному режимі ніж свинцево-кислотні акумулятори. Недоліками літій-іонних акумуляторів є їх дороговизна та підвищена вогненебезпека. Крім того, вони вимагають використання специфічних контролерів заряду. В результаті, для мобільних енергосистем більш раціональним вибором є літій-іонні акумулятори, а для стаціонарних – свинцево-кислотні.

При виборі акумуляторів потрібно визначити їх необхідну загальну ємність, робочий та буферний енергозапас; струми заряду-розряду.

Робочий енергозапас блоку акумуляторів повинен дорівнювати середньодобовому споживанню електроенергії. Як правило акумулятор розрахований на 250 циклів зарядки/розрядки, що зменшує термін його експлуатації при частих повних циклах використання. При виборі кількості та типу акумуляторів враховуються два основні параметри: конструкцію інвертора та струм заряду (не повинен перевищувати 10 % від 24 номінальної ємності для кислотного типу та 25-30 % для лужного).

Якщо інвертор має зарядний пристрій від зовнішньої мережі, то він повинен регулювати струм в залежності від рівня заряду акумуляторів. Крім того, акумулятори повинні витримувати процеси сульфатації пластин адже в іншому випадку є ймовірність їх виходу з ладу. Акумулятори повинні мати низький рівень саморозряду, про який виробник зазначає в паспорті. При розрахунках слід орієнтуватися на 20 % глибину розряду акумуляторів. Акумулятор повинен бути герметизованим та розташовуватися в добре провітрюваному приміщенні з кімнатною температурою [20].

Ефективне використання енергії акумуляторної батареї

Оскільки в енергетичному вузлі розосередженої генерації акумуляторна батарея виконує не тільки функцію запасу енергії, а й використовується для забезпечення ефективної роботи дизель-генератора, бажано забезпечити умови раціонального використання енергії акумуляторної батареї при її заряді та розряді в режимах, які подовжують ресурс її експлуатації та гарантують мінімальні втрати енергії. Так, для зменшення втрат свинцево-кислотних акумуляторів, викликаних поляризацією, використовується режим імпульсного асиметричного заряду, який дає змогу збільшити термін роботи акумуляторної батареї в 1,5-3 рази [28]. Для інших типів акумуляторів, таких як нікель-кадмієві, натрій-сірчані, літій-іонні та суперконденсатори,

використовується заряд постійним струмом, але параметри зарядного та розрядного струмів залежать від типу акумуляторів.

З метою прогнозування використання мінімально необхідної частки енергії, що накопичується в акумуляторі та віддається в навантаження, використовуються добові часові характеристики генерації енергії відновлюваними джерелами, сумарної згенерованої енергії та енергії споживання. За обраний проміжок часу середні рівні енергій, що генеруються та споживаються, дорівнюють один одному.

Для подовження терміну експлуатації акумуляторної батареї необхідно зменшувати глибину її заряду та розряду. Така організація керування дає змогу мінімізувати кількість підключень акумуляторної батареї і в тих режимах пікових навантажень, які не відповідають прогнозу, навантажувати дизель-генератор як основне джерело живлення. З точки зору ефективного використання енергії відновлюваних джерел від вітрогенератора та сонячної батареї бажано відбирати максимально можливу енергію під час їх роботи [22].

1.2 Прилади електрогенерації

1.2.1 Сонячні панелі. Типи та режими роботи

Фотоелектричні перетворювачі існують різні (рис.1.5) [19].

Рис.1.5. Різниця між побудовою сонячних панелей

Причому відрізняється і матеріал, з якого вони виготовляються, і технології. Від усіх цих факторів безпосередньо залежить продуктивність цих перетворювачів. Деякі фотоелементи мають коефіцієнт корисної дії (ККД) 5-7%, а найбільш вдалі останні розробки показують 44% і вище. Зрозуміло, що від розробок до побутового використання відстань величезна, і за часом, і по грошам. Зате можна уявити, що чекає нас в найближчому майбутньому. Для отримання кращих характеристик використовують інші рідкоземельні метали, але з поліпшенням характеристик маємо пристойне підвищення ціни. Середня ж продуктивність відносно недорогих сонячних перетворювачів становить 20-25%.

Найпоширеніші кремнієві сонячні батареї. Цей напівпровідник недорогий, його виробництво освоєно давно. Але вони мають не найвищий ККД - ті самі 20-25%. Тому при всій різноманітності сьогодні переважно використовуються три види сонячних перетворювачів:

- Найдешевші - тонкоплівкові батареї. Вони являють собою тонкий наліт кремнію на несучому матеріалі. Кремнієвий шар покритий захисною плівкою. Плюс цих елементів в тому, що працюють вони навіть в розсіяному світлі, а, отже, є можливість встановлювати їх навіть на стіни будівель. Мінуси - низька ефективність 7-10%, а також, незважаючи на захисний шар, поступова деградація кремнієвого шару. Проте зайнявши велику площу, можна отримати електрику навіть в похмуру погоду.

- Полікристалічні сонячні батареї виготовляють з розплаву кремнію, повільно його охолоджуючи. Відрізнити ці елементи можна по яскраво-синього кольору. Ці сонячні батареї мають кращу продуктивність: ККД 17-20%, але в розсіяному світлі малоефективні.

6

- Найдорожчі з усієї трійці, але при цьому досить широко поширені - монокристалічні сонячні батареї. Вони виходять шляхом поділу одного кристала кремнію на пластини і мають характерну геометрію зі скошеними кутами. У цих елементів ККД від 20% до 25%. [19]

Промені, які падають під великим кутом, а також розсіяне світло краще вловлюється сучасними тонкоплівковими панелями на базі різноманітних хімічних елементів. Опади теж знижують ефективність роботи, ККД сонячних батарей в похмуру погоду знижується на 10-25% (роль відіграє щільність хмар). Набагато гірше тінь будь-яких предметів – дерев, веж, стовпів, сусідніх будівель тощо. ККД сонячних батарей взимку також залежить від освітленості більше, ніж від температури повітря або кількості снігу. Єдиний непереборний фактор – нічний час. Без сонячного потоку генерація електроенергії не відбувається, і навіть сонячні панелі з найвищим ККД вимушено простоюють, а власники переходять на живлення від мережі або акумуляторів.[7]

В залежності від рівня енергозабезпечення приміщення розрізняють наступні режими використання енергосистеми (рис.1.6) [20] : повний, комфортний, помірний, базовий та аварійний.

Рис.1.6. Схематичний вигляд фотоелектричної системи автономного електрозабезпечення

Кожен з режимів має різні вимоги до миттєвої потужності та енергозапасу системи, що впливає перш за все на вартість її встановлення.

Повне енергозабезпечення дозволяє провести заміну електроенергії, що постачається мережами, на постачання за рахунок сонячних батарей. Воно досягається шляхом відповідного вибору потужності фотоелектричної енергосистеми, яка здатна покрити максимальні енергозатрати господарства і виключити необхідність живлення від зовнішньої електромережі. Щоб повністю відключитися від електромережі, але жодним чином не змінювати спосіб життя родини, необхідна система, здатна за місяць виробляти не менше 600 кВт·год електроенергії при потужності в тривалому режимі не менше 5 кВт, а споживання енергії за добу може досягати 50 кВт·год при середньому значенні від 10 до 20 кВт·год на добу.

У разі використання режиму комфортного енергозабезпечення енергосистема повинна забезпечувати живлення мало та середньопотужних приладів (< 4 кВт), в той самий час як енергозатратні прилади (електроплити, 19 електродуховки, конвектори та електрорідівачі великих площ) повинні живитися за рахунок зовнішньої електромережі.

Помірне енергозабезпечення характеризується комфортним режимом енергозабезпечення, але з більш раціональним підходом до використання високопотужного обладнання. Так, енергозатратні роботи повинні проводитися в періоди максимального надходження сонячної енергії до фотоелектричної системи, а їх живлення здійснюватися за гібридною схемою з одночасним використанням зовнішньої електромережі та попередньо накопиченої енергії в акумуляторах енергосистеми.

Базовий та аварійний режими характеризуються постійним живленням від зовнішньої електромережі з частковим застосуванням фотоелектричної енергосистеми для роботи малопотужних приладів або в аварійних ситуаціях, коли зовнішня електромережа відключена.[20]

Відбір максимальної енергії від сонячної батареї

При виконанні умови відбору максимальної енергії сонячна батарея (СБ) працює в точці максимальної потужності.

Зі зміною зовнішніх умов та режиму роботи навантаження забезпечення виконання умови відбору максимальної енергії здійснюється шляхом вибору відповідного середнього значення струму широтно-імпульсного перетворювача, що підключений на виході сонячної батареї, та амплітуди пульсації його змінної складової, значення яких нормуються струмом короткого замикання СБ.

Наявність несиметричної пульсації потужності сонячної батареї обумовлює необхідність змінювати значення параметрів струму та амплітуди його пульсацій для забезпечення регулювання потужності сонячної батареї в діапазоні від нуля до одиниці, причому одне значення вихідної потужності забезпечується нескінченною множиною режимів роботи сонячної батареї за комбінацією величини струму та амплітуди його пульсацій в околі точки відбору максимальної потужності.

Інші способи відбору максимальної енергії від сонячної батареї засновані на використанні заздалегідь відомих схем ввімкнення СБ та стабілізації вихідної напруги при послідовному з'єднанні та вихідного струму при паралельному з'єднанні. Незважаючи на спосіб відбору максимальної енергії, що реалізується, одним з конструктивних вузлів системи є широтно-імпульсний перетворювач, який виконує функції регулятора та/або стабілізатора напруги, струму або потужності [22].

Відомо, що режим відбору максимальної потужності від джерела електричної енергії забезпечується за умови, що його вихідний опір дорівнює опору навантаження

При зміні умов навколишнього середовища, а також режиму роботи навантаження умова (1.1) порушується, і енергія, що відбирається від джерела, є меншою від максимально можливої. У таких випадках навантаження до джерела електричної енергії підключають через узгоджувальний пристрій, роль якого часто виконує імпульсний регулятор постійної напруги. Оскільки вихідна потужність відновлювальних джерел електричної енергії (ВДЕЕ) залежить від умов навколишнього середовища, для забезпечення надходження необхідного обсягу енергії до навантаження використовують акумулятор енергії.

При заданих умовах навколишнього середовища ВДЕЕ може забезпечити певну максимально можливу величину вихідної потужності

. При передаванні виробленої електричної енергії до навантаження в елементах системи електроживлення матимуть місце втрати енергії. Крім того, ці елементи впливатимуть на режими роботи ВДЕЕ, в результаті чого вихідна потужність коливатиметься відносно точки максимально можливої

8

потужності (ММП). В результаті енергія навантаження буде меншою від максимально можливої

. Оскільки завданням подібних систем є одержання максимальної кількості енергії у навантаженні, доцільно проаналізувати джерела додаткових втрат, оцінити величину цих втрат та запропонувати шляхи їхнього зменшення. Розглянемо ці питання на прикладі ВДЕЕ на основі сонячної батареї.

Відомо, що при виконанні умови (1.1) СБ працює в точці максимальної потужності з координатами

(рис. 1.7) [29], де.

- струм короткого замикання;
- напруга холостого ходу.

Рис.1.7. ВАХ максимальної потужності

У цьому випадку при заданих умовах від неї можна одержати ММП та максимально можливу енергію. При зміні зовнішніх умов та режиму роботи навантаження для забезпечення виконання умови (1.1) використовують узгоджувальний імпульсний регулятор (ІР).

Оскільки ІР працює в імпульсному режимі, його вхідний струм (вихідний струм СБ) має пульсуючий характер. При цьому навіть в узгодженому режимі робоча точка СБ коливатиметься відносно точки максимальної потужності (МП). Тому енергія, одержана від СБ, буде меншою від

. Очевидно, що для мінімізації недоотриманої енергії необхідно зменшувати пульсацію струму

який споживається від СБ.

- струм короткого замикання;
- напруга холостого ходу.

Введемо поняття коефіцієнт використання електричної енергії СБ: $1 - \text{ВАХ СБ}$, $2 - \text{крива потужності СБ}$:
де

– кількість електричної енергії, яку може віддати СБ протягом одного періода T роботи ІР при споживанні від неї постійного струму

– реальна кількість одержаної електричної енергії на виході СБ [29].

1.2.2 Вітрогенератор. Типи та принцип дії

Використання енергії вітру набуває все більшої ваги у складі енергосистем багатьох країн, зростає кількість автономних систем електропостачання на основі вітроелектроустановок. Виробництва електроенергії вітроелектроустановок (ВЕУ) супроводжується низкою проблем, зумовлених нестабільністю вітру та невизначеності миттєвих і усереднених значень.[21]

Сучасні вітряки обертаються з частотою, яка найкраще сприймає енергію вітру і використовують перетворювачі "back-to-back" або генератори подвійного збудження для отримання електричної енергії на номінальній частоті змінного струму. Зміна кута леза може змінювати потужність, зібрану вітряком, але, щоб не витратити наявну енергію, кут лопаті зазвичай

9

регулюється для максимального виходу потужності. Таким чином, вітряки, ймовірно, не будуть корисними для регулювання частоти в період великого завантаження системи. Мало того, що вітряк може бути непридатним для регулювання частоти, поки система сильно навантажена, але її потужність змінюється залежно від поривів вітру, тому вона додає додаткове навантаження на джерела, які змінюють свою потужність, щоб збалансувати навантаження та регулювати електричну частоту. Тому встановлена потужність вітряного млина в MicroGrid може бути обмежена, або можуть знадобитися великі накопичувачі енергії, такі як накачане гідро, щоб допомогти збалансувати навантаження та генерацію та регулювати частоту системи. Негабаритний конденсатор на стороні постійного струму перетворювача також може бути використаний для накопичення енергії між поривами вітру і для сприяння обмеженню частотних екскурсій після порушення системи, поки інші джерела енергії не зможуть реагувати [23]. По своїй конструкції генератор ВЕУ нагадує генератори, використовувані в електростанціях, що працюють за рахунок спалювання вихопного палива. Існують два основних типи вітрогенераторів.(рис.1.8) [10].

У низці країн науково-дослідницькі роботи в області вітроенергетики посилено розвивалися з кінця 1940-х до початку 1960-х років. Однак на той час ціни на вихопне паливо помітно знизилися і з точки зору вартості електроенергії вітроелектричні установки не могли вже конкурувати з тепловими електростанціями. У цей період комерційна вітроенергетика практично не розвивалася. Були створені різні експериментальні зразки, в тому числі вітроелектростанція (ВЕС) в Курську [26].

На початку 1970-х років стався новий зліт вітроенергетики, обумовлених перш за все відомих енергетичною кризою. У цей період уряди багатьох країн розгорнули широкомасштабні програми, щодо створення ВЕУ. Згідно з цими програмами розробка технологій, конструкторські роботи і експериментальні дослідження повинні були проводитися в постійній взаємодії. Плани передбачали створення трьох поколінь експериментальних агрегатів. Перше покоління дозволяло отримати базові напрацювання і дані, щоб створювати чітку концепцію ВЕУ. Друге покоління було необхідно для напрацювання практичного досвіду створення ВЕУ. І, нарешті, третє покоління повинно було довести рівень надійності і ефективності вітроустановок до комерційної використання. Ці серії ВЕУ повинні були удосконалити вітротехнології до тієї позначки, коли технічний ризик малий настільки, що може залучити значні комерційні капітали. Дослідження були розділені на два напрямки - ВЕУ з горизонтальною віссю і ВЕУ з вертикальною віссю обертання [25].

Вітрогенератор з горизонтальною віссю обертання, має дві або три лопаті, встановлені на вершині вежі, – найбільш поширений тип вітроустановок ВЕУ. У турбін з горизонтальною віссю обертання ведучий вал ротора розташований горизонтально. У робочому стані відносно напрямку повітряного потоку ротор турбіни може перебувати перед опорою – так званий навітряний ротор або за опорою – підвітряний ротор. Найчастіше

10

турбіни з горизонтальною віссю обертання мають дві або три лопаті, хоча є і моделі з великим числом лопатей. Останні вітряки являють собою диск з великою кількістю лопатей. Вони отримали назву “монолітних” установок [10].

Дане обладнання (рис.1.9) [9] має лопаті, які приводяться в рух внаслідок дії сили вітру.

Рис.1.9. Розріз корпусу вітрогенератора

Дане обертання запускає турбіну, яка також починає обертатися. У турбіні починає генеруватися енергія, потужність якої визначається силою вітру. З ростом вітрової енергії збільшується і механічна, що виробляється турбіною.

Пристрій вітрогенератора може відрізнятися наявністю або відсутністю мультиплікатора на роторі. Якщо він передбачений, енергія від турбіни передається йому. Призначенням мультиплікатора є прискорення обертання осі. Установки без цього обладнання є більш ефективними, оскільки в них не відбуваються генерації додаткової енергії (для прискорення обертання осі), а значить, і її витрати. Такому обладнанню цілком достатньо вітрової енергії для повноцінного функціонування.

Принцип роботи вітряної електростанції дозволив отримувати електроенергію альтернативним способом і забезпечити автономність кожного об'єкта. Потужність даного обладнання повністю визначається розмірами його лопатей. Чим більше їх площа, тим вищу потужність можна отримати, використовуючи принцип роботи вітроустановки [9].

Для вітрогенератора проекція вектора швидкості вітру на вісь обертання пропорційна косинусу кута атаки, і при малих приростах кута при постійній швидкості обертання виконуючих механізмів внутрішній опір вітрогенератора можна вважати лінійною функцією часу:

де

- коефіцієнт масштабування, який має розмірність

Оскільки для роботи вітрогенератора в режимі відбору максимальної потужності необхідно, щоб виконувалася умова :

то еквівалентний опір навантаження має змінюватися за таким же лінійним законом, що й внутрішній:

У цьому випадку, нехтуючи внутрішнім опором транзистора, пульсаціями струму в індуктивності

та пульсаціями напруги на ємності

, рівняння

-кола спрощеної еквівалентної схеми запишеться у вигляді:

Для визначення струму перехідного процесу у вихідному колі вітрогенератора необхідно розв'язати рівняння (1.2), права частина якого є синусоїдальною функцією напруги. Однак у вітроенергетичних установках потужністю до 2 кВт [27] швидкість обертання лопатей становить 4,6...5 °/с, а швидкість обертання гондоли – 0,5...1 °/с, при цьому точність орієнтації на напрямок вітру має бути не меншою 4...5 °, оскільки при відхиленні в 5 ° втрати потужності можуть становити до 10 %. Час повороту лопатей та

11

гондоли дорівнює приблизно 10 с. Період синусоїдальної напруги з частотою 50 Гц становить 0,02 с, що набагато менше, ніж час повороту. Вказана особливість дає змогу перейти від синусоїдальної напруги до її середнього значення за період

, що значно спрощує розрахунок [22].

Розрахунок потужності вітряного обладнання здійснюється на основі кубічної залежності швидкості вітрового потоку. Кубічна залежність означає, що якщо вітровий потік зі швидкістю, умовно 6 м/с, забезпечує потужність установки 100 Вт, то збільшення потоку до 12 м/с призведе до зростання потужності у вісім разів – до 800 Вт. Якщо турбіна характеризується невеликими розмірами, для отримання високої потужності буде потрібен дуже сильний вітер.

Якщо ж турбіна велика, вона здатна і за незначної вітрової швидкості видавати необхідну потужність. [9]

Відбір максимальної енергії від вітрогенератора забезпечується режимом відбору максимальної енергії від кожного конструктивного вузла, основними з яких є синхронний генератор та вітроколесо. Синхронний генератор підключається до навантаження або через перетворювач частоти з вставкою постійного струму, або безпосередньо в мережу як генератор змінної напруги. Оскільки в енергетичному вузлі розосередженої генерації додавання енергії відбувається на постійному струмі, то для узгодження синхронного генератора та навантаження в систему включено випрямляч.

Несинусоїдальність фазних напруг та струмів при роботі синхронного генератора на випрямляч призводить до виникнення вищих гармонік струму споживання, зміни кута навантаження та зменшення рівня енергії, що передається в навантаження. Цей рівень буде максимальним за умови формування компенсатором К активного характеру навантаження та відповідної форми задавального струму.

Залежність потужності P вітроколеса від швидкості вітру та інших параметрів описується формулою [24]

де

- швидкість вітру;
- густина повітря;
- радіус вітроколеса;
- коефіцієнт потужності.

Оскільки зі зміною швидкості вітру змінюється швидкість обертання вітроколеса, за якої потужність на валу вітроколеса є максимальною, необхідно узгодити характеристики зміни потужності вітроколеса та електричного генератора залежно від швидкості обертання, загальний вигляд яких показано на рис. 1.10 [22].

Рис.1.10. Характеристики потужності вітроколеса та електричного генератора

На основі рис. 1.10. можна зробити висновок, що найсприятливіший режим роботи вітроколеса та генератора досягається для системи вітроколесо-генератор за кривою потужності А, яка відповідає максимально можливим значенням потужності для різних швидкостей вітру

12

[22].

2. ПРОГРАМА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАЦІЇ У СИСТЕМІ MICROGRID

2.1 Робота програми

Програма прогнозування електрогенерації у системі MicroGrid розраховує потужність для таких елементів, як сонячна панель (СП) та вітрогенератор. Як відомо для коректної роботи цих генераторів потрібні відповідні погодні умови, а саме : для вітрогенератора – значення швидкості вітру більше пускового значення, а краще ближче до значення номінальної швидкості, що дозволить вітрогенератору працювати з максимальною вихідною потужністю; для СП – відсоток хмарності, через високий відсоток пристрій буде працювати з низькою вихідною потужністю, що є критичним для невеликих сонячних станцій, також наявність опадів, а саме дощу, бо через каплі на СП ККД також сильно знижується.

Дані беруться з метеорологічного сайту, методом парсингу цього сайту. Досить мало відомих і інформаційних метеорологічних сайтів дозволяють парсити або збирати інформацію з свого сайту, і мало з тих сайтів, які залишились мають досить багато необхідної інформації для отримання більш чітких даних електрогенерації. Але мною був обраний сайт котрий підходив для даної задачі і він дозволяв збирати з себе інформацію, він буде розглянутий далі.

Програма написана на мові Python.

Python – інтерпретуєма об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня, призначена для широкого кола задач. За допомогою цієї мови можна оброблювати різні дані, створювати зображення, працювати з базами даних, розроблювати Web-сайти та додатки з графічним інтерфейсом.[11]

Програма будує графік потужності і відкриває його у окремому вікні. Для зручності всі дані зберігаються в окремому файлі.

2.1.1 Інтерфейс та його функції

Інтерфейс програми представлений у простому програмному одновіконному вигляді (рис.2.1).

Рис.2.1. Інтерфейс програми

У вікні знаходяться елементи керування програмою :

- меню вибору моделі приладу СП або вітрогенератора
- календар для вибору дати
- меню вибору типу графіків
- панель керування
- область графіка – місце де буде будуватись графік
- керуюча кнопка «Ready» – вона запускає алгоритм побудови

Розкрите меню вибору моделі приладу виглядає так (рис.2.2.).

Він представляє собою путівник по даним за певний день і дозволяє обирати в певному проміжку (на даний момент цей проміжок 7 днів), на більшу кількість часу отримати даних неможливо.

Меню вибору графіків дозволяє обрати тип графіків котрий користувач захоче побачити(рис.2.4) :

13

Рис.2.4. Меню вибору типу графіка

- загальний графік – будує графік суми потужностей двох приладів (СП та вітрогенератора);
- графік для сонячної панелі – будує графік потужностей СП;
- графік для вітрогенератора – будує графік потужностей для вітрогенератора.

Панель керування (рис.2.5.) панель котра дозволяє пересуватись по вікна (функції будуть корисні в більш продвинутій версії програми), керувати інтерфейсом або графіком.

Рис.2.5. Панель керування

Кнопки керування на панелі (зліва на право):

- повернення на головне вікно (функція буде корисною для швидкого повернення на стартове вікно програми);
- кнопка повернення на одне вікно назад (корисна, якщо потрібно зробити повернення на одну дію назад);
- кнопка повернення вперед (дозволяє повернутись на одну дію вперед);
- кнопка дозволяє керувати пересуванням по графіку (корисна при збільшенні графіка);
- кнопка дозволяє збільшити окрему область на графіку (якщо потрібно більш чітко роздивитись графік);
- кнопка дозволяє настроїти інтерфейс (доступний лише для адміністратора);
- керує відображенням графіка (можна налаштувати осі і надписи);
- дозволяє обрати місце куди зберігати дані потужностей.

Область графіка це графічний дисплей на якому будується графік потужностей (рис.2.6.)

Рис.2.6. Дисплей відображення графіка потужності

2.1.2 Розрахунок потужностей та побудова графіків

Спираючись на отримані дані погодних умов, а саме хмарності, дощу були підібрані 3 моделі сонячних панелей (табл.2.1) [12-14].

Таблиця 2.1.

Основні параметри сонячних панелей

Оскільки дані подані не чітко, а саме відсутні відсоткові значення хмарності, була розроблена таблиця ККД приладів відносно погодного стану для СП (табл.2.2).

Таблиця 2.2.

Зменшення вихідного ККД відносно погодних умов

Такий грубий розподіл збільшить похибку в розрахунках, але спростить обрахунок потужності.

Формула для визначення вихідної потужності СП при ясній погоді :

де

– максимальна потужність приладу;

– ефективність перетворення сонячної енергії.

Формула вихідної потужності при наявності негативних погодних умов:

де

– ефективність перетворення сонячної енергії при негативних погодних умовах:

де

– зменшення вихідного ККД.

Для вітрогенераторів також були підібрані 3 моделі приладів (табл.2.3) [15-17].

Таблиця 2.3.

Параметри вітрогенераторів

Основні параметри для роботи – це стартова та номінальна швидкість вітру при якій працює вітряк.

Для більш чіткого результату були додані додаткові проміжні ККД між стартовою і номінальною швидкістю (табл.2.4.).

Таблиця 2.4.

Вихідний ККД відносно швидкості вітру

Якщо ж швидкість вітру менша стартової то вихідна потужність рівна 0.

Формула вихідної потужності вітрогенератора дорівнює:

де

– ефективність перетворення сили вітру.

Після збирання даних і підстановки їх у формули будуються графіки в області графіків.

Для отримання графіку потужності СП потрібно обрати модель приладу в програмі (рис.2.7).

Рис.2.7. Вибір моделі СП

Наступний крок – вибір періоду, за який надається графік, але не більше допустимого (не більше 7 днів).

Діапазон вибирається в календарі (рис.2.8.).

Рис.2.8. Вибір діапазону для побудови графіка

Для побудови графіку обирається тип графіку, котрий підходить для приладу з меню графіків або залишається «Загальний графік» – підійде для будь якого приладу. Графік потужності наведено на рис.2.9.

Рис.2.9 Графік потужності СП

Графік залежності потужності від часу можна спостерігати в окремому (рис.2.9.) або ж на головному вікні програми (рис.2.10.).

Рис.2.10. Інтерфейс з побудованим графіком

Аналогічно робиться побудова графіку прогнозування вихідної потужності вітрогенератора (рис.2.11):

Рис.2.11. Графік вихідної потужності для вітрогенератора

- 1) обирається модель вітрогенератора;
- 2) задаємо діапазон днів;
- 3) обираємо тип побудови графіка;
- 4) натискаємо кнопку «Ready!».

Але, якщо залишили в меню графіків пункт «Загальний графік», то потрібно прибрати модель СП або перемкнути на пункт «Графік для вітрогенератора».

Через великий діапазон часу, на котрий не вистачає місця на осях графіку, було знайдено рішення заносити дані в документ (рис.2.12), що полегшить не тільки сприймання, а й прибере необхідність списувати дані з графіку.

Рис.2.12. Фрагмент файлу даних вітрогенератора

2.2 Потенційні модифікації програми

Програма знаходиться на ранній alpha версії, тобто версії прототипу, а не повноцінної самостійної програми тому кількість потенційних модифікацій значна.

Щоб пришвидшити роботу програми, а в даний момент швидкість вимірюється швидкістю інтернета, бо вона потребує даних від сайту з погодою, доцільніше було б отримувати дані про погодний стан напряму від метеорологів або мати свою станцію, що було б досить затратно, але швидкість і точність розрахунків значно би зросла.

При розрахунку потужності для зручності було розподілено ККД на групи, що є досить серйозною проблемою для точності отриманих результатів. Урахувавши більш точний, плавний перехід між ефективністю роботи при різних умовах, результати могли би позбавитись від різких змін в потужності і показувати більш реальні показники. А в сукупності від даних метеорологів похибка показників реальних пристроїв була би мінімальна, що і є головною ідеєю цієї програми.

При довгій роботі електрогенератори мають таку здатність як зношуваність, в маленькому діапазоні такому як рік це мало чим завадить, але дивлячись вперед на 3-5 років, щоб не тільки окупити встановлення досить коштовного обладнання, а й забезпечувати решту користувачів мережі енергією, зменшення вихідної енергії за рахунок зносу елементів енергопостачання, стає проблемою. Для вирішення і показу реальних даних потрібно під'єднати діагностичний блок, котрий буде з інтервалом в 1 місяць перевіряти стан вихідної потужності генераторів та після виявлення неполадок сповістить про це користувача.

Занести всі моделі сонячних панелей та вітрогенераторів, було б не тільки проблематично, а й не зручно для користування. Функція додавання своїх моделей могла би бути корисною.

В наш час стрімко розвивається технологія штучного інтелекту, для даної програми ця технологія була би значною мірою корисною. Навчивши її збирати дані від користувача, а також підключивши програму до системи Smart house, симбіот зробив би прорив в автономії і енергоефективності.

Існує досить велика кількість компаній котрі аналізують інформацію подану від великих вітропарків або сонячних станцій, котрих могла би замінити одна моя програма.

3. ФУНКЦІЇ БЛОКІВ КОДУ ПРОГРАМИ

Розглянемо деякі блоки коду програми, котрі розкриють функцію програми з точки зору програмування, повний код знаходиться у Додатку А.

Так як стандартні методи PyQt(оболонка для побудови інтерфейсу на мові Python) не дозволяють вибирати і змальовувати діапазони дат. Код

перевіряє чи нетиснений Shift і якщо так то замальовує дати між початковою і кінцевою :

Блок помилки вибору діапазону дат у якому отримуємо спливаюче повідомлення (рис.3.1.) у разі вибору однієї дати а не проміжку:

Рис.3.1. Помилка «обраний діапазон в один день»

Блоки коду, котрий відноситься до блоку «Помилки діапазону дат», він дає змогу викинути вікно помилки при обранні діапазону дат на який відсутні дані :

1) Якщо обрані дні котрі вже минули, тобто є відсутня інформація про погодні умови (рис.3.2):

Рис.3.2. Помилка «обраний минулий день»

2) Якщо обраний діапазон виходить з рамки 7 доступних на сайті днів (рис.3.3):

Рис.3.3. Помилка «обраний період більше 7 днів»

Функція розрахунку вихідної потужності для сонячної панелі моделі

Блоки коду котрі відповідають за сповіщення користувача про:

1) Для побудування графіку для вітрогенератора, не було вибрано моделі вітрогенератора (рис. 3.4):

Рис.3.4. Помилка «не було обрано вітрогенератора»

2) моделі СП (рис.3.5):

Рис.3.5. Помилка «не було обрано сонячної панелі»

3) Не було обрано жодної моделі приладу(рис.3.6.):

Рис.3.6. Помилка «не було обрано приладу»

Функція підрахунку вихідної потужності для вітрогенератора моделі «Flamingo aero FA - 4. 4» :

Блок відповідальний за зміну текстового значення хмарності, котрий знаходиться на сайті в чисельний формат зменшення ККД сонячної батареї:

Функція збереження даних в таблицю (excel) :

Блок у якому функція збирає інформацію з метеорологічного сайту :
#Збираємо дані з сайту

Блок відповідальний за зміну текстового значення хмарності, котрий знаходиться на сайті в чисельний формат зменшення ККД сонячної батареї:

ВИСНОВКИ

В результаті виконання даного проекту було досліджено роботу системи MicroGrid, визначено її особливості та переваги. Досліджено електрогенераційні елементи системи та розібрані їх можливості в забезпеченні автономії мережі.

Було розроблено програму котра прогнозує генерацію електроенергії від сонячних панелей та вітрогенератора. Були озвучені можливості, а також майбутні модифікації програми.

Можливості енергоефективності та енергонезалежності зростають за рахунок стрімкого росту попиту на відновлювальну енергію, а отже зростає кількість підприємств, що забезпечують «зеленою» енергією будинки і міста. Це призведе до того, що компанії котрі займаються аналізом і прогнозуванням показників електрогенераційних станцій буде не вистачати. А людям котрі мають маленьку сонячну або вітростанцію і навіть не

17

замислювались над прорахунком можливих доходів від невикористаної енергії. Допоможе програма котра прорахує за них майбутні показники, а з ними і впевненість в майбутньому.

SUMMARY

The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization «Forecasting of electricity generation in MicroGrid» Kopysov Vladyslav. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Faculty of Electronics, Department of Electronic Devices and Systems. Academic group DS-61.

Thesis project contains: 3 theoretical drawings; 55 pages of explanatory note, 3 sections, 29 illustrations, 4 tables and 1 addition.

Rapid population growth and industrial development, increasing electricity consumption and at the same time limited energy sources are one of the key problems facing modern energy.

An innovative response to the new challenges of electricity was the concept of MicroGrid - small distributed energy. The main factor for the emergence and promotion of MicroGrid technology was the task of ensuring energy efficiency.

MicroGrids can operate either in centralized management mode or in decentralized management mode. In centralized mode, the MicroGrid central controller plays the most important role in MicroGrid optimization.

Devices generation

The most common silicon solar panels. This semiconductor is inexpensive, its production is mastered for a long time. But they are not the highest efficiency - the same 20-25%. Therefore, despite the diversity of today primarily use three types of solar inverters:

- Very cheap - thin-film battery. They represent a thin coating of silicon on the carrier material. The silicon layer covered with a protective film. Plus these items that they work even in diffused light and, therefore, it is possible to install them even on the walls of buildings. Cons - low efficiency of 7-10%, as well as, despite the protective layer, a gradual degradation of the silicon layer. However, occupying a large area, you can get electricity even in cloudy weather.

- Polycrystalline solar panels made from a melt of silicon, it slowly cooling. To distinguish these elements by a bright blue color. These solar panels have the best performance efficiency of 17-20%, but diffuse light is ineffective.

The most expensive of all the Trinity, but it is pretty widespread - monocrystalline solar panels. They are obtained by dividing the single crystal silicon plates and have a characteristic geometry with bevelled corners. These elements efficiency from 20% to 25%.

The use of wind energy is gaining weight in the structure of the power systems of many countries, a growing number of Autonomous power supply systems based on metroelectrotrans. Electricity production of wind turbines (croelectronics) entails a number of problems due to instability of the wind and the uncertainties of instantaneous and averaged values.

Calculation of wind power equipment is based on the cubic dependence of the velocity of the wind flow. The cubic dependence means that if the wind flow

18

with velocity, conventionally 6 m/s, provides a power setting of 100 W, the flow increases up to 12 m/s will increase the power eight – fold to 800 watts. If the turbine is characterized by small size, to produce a high power will need a very strong wind.

The program

The program of forecasting of power generation in the MicroGrid system calculating power for items such as solar panel and wind turbine. As you know for the correct operation of these generators need appropriate weather conditions, namely for a wind turbine – the value of wind speed greater than the starting value, and better closer to the nominal speed, allowing the turbine to operate with maximum output power; solar panel (SP) – percentage of cloud cover, using a high percentage of the device will work with low output power, which is critical for small solar plants, also the presence of precipitation, namely rain, because the drops on SP efficiency is also greatly reduced.

The data is taken from the meteorological site, the method of parsing this site. Relatively little known information and meteorological sites allow you to parse or collect information from your site, and very few of those sites that remained pretty much have the necessary information to obtain more precise data generation. But I've chosen a site which is suitable for this task and he was allowed to collect the information, it will be discussed later.

The program is written in Python.

Python – interpretum object-oriented programming language high-level, designed for a wide range of tasks. Using this language it is possible to process a variety of data, create images, work with databases, develop Web sites and applications with a graphical interface.

Graphs the power and opens it in a separate window. For convenience, all data is stored in a separate file.

The program interface is presented in a simple software single window form (Fig. 1.)

Fig.1. Program interface

The window contains program controls:

- menu for selecting the model of the JV device or wind generator
- calendar to select the date
- menu for selecting the type of graphs
- control panel
- schedule area - the place where the schedule will be built
- control button "Ready" - it starts the construction algorithm

Capacity calculation and plotting

3 models of solar panels were selected (Table 1.).

Table 1.

The main parameters of solar panels

Based on the obtained data of weather conditions, namely clouds, rain. Due to the fact that the data are not clear, namely the lack of percentages of cloudiness, a table of efficiency of devices relative to the weather condition for the efficiency was developed (Table 2).

19

Table 2.

Reducing the initial efficiency relative to weather conditions

The formula for determining the output power of the joint venture in clear weather:

where

- maximum power of the device;
- solar energy conversion efficiency.

The formula of the output power in the presence of negative weather conditions:

Where

- the efficiency of solar energy conversion in adverse weather conditions:

Where

- reducing the initial efficiency.

3 models of devices were also selected for wind generators (Table 3). The main parameters for operation are the starting and nominal wind speed at which the windmill operates.

Table 3

Parameters of wind generators

For a clearer result, additional intermediate efficiencies between starting and rated speed were added (Table 4). If the wind speed is less than the starting then the output power is 0.

Table 4

Output efficiency relative to wind speed

The formula for the output power of the wind turbine is equal to:

Where

- wind force conversion efficiency.

After collecting data and substituting them into formulas, graphs are built in the area of graphs.

Схожість

Схожість із джерелами з Інтернету

18

1	http://ua.z-pdf.ru/7tehnicheckie/958679-3-na-pravah-rukopisu-osipenko-katerina-sergiivna-udk-621314-keruvannya-rezhimam...	4.61%
2	https://techned.org.ua/2014_4/st18.pdf	3 Джерело 3.64%
3	http://ua.z-pdf.ru/7tehnicheckie/958679-2-na-pravah-rukopisu-osipenko-katerina-sergiivna-udk-621314-keruvannya-1	2 Джерело 3.36%
4	https://vencon.ua/ua/articles/printsip-raboty-vetrogeneratora	2.86%
6	http://www.kdpu-nt.gov.ua/sites/default/files/work_files/4_referat_0_0.docx	1.66%
7	https://www.atmosfera.ua/uk/vitryani-elektrostantsii/tipi-vitrogeneratoriv	1.59%
8	https://greentechtrade.com.ua/kkd-sonyachnyh-batarej-rozrahunok	1.35%
9	https://wishenko.org/navchalenij-posibnik-dlya-studentiv-yaki-navchayutesya-za-spec-v2.html?page=2	1.17%
13	https://avtonom.com.ua/ua/stati/towari_alternativnoy_energetiki/solnechnie_batarei/obschij-printsip-podbora-solnechnyh-bata...	0.53%
18	https://www.wikiwand.com/uk/%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE	0.34%
19	http://uk.x-pdf.ru/5tehnicheckie/2256064-2-peretvoryuvachiv-avtonomnih-sistem-elektrozhlennya-specialnist.php	0.32%
21	https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28342/1/Petrenko_bakalavr.pdf	0.22%
23	http://chem-upal.pto.org.ua/index.php/component/k2/itemlist/category/276-rozdil-vuglevodni	0.18%
26	http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/151449/%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D...	0.12%
27	http://5fan.ru/wievjob.php?id=5225	0.12%

Схожість по Бібліотеці акаунту

77

5	Студентська робота	ID файлу: 1177384	Institution: Lviv Polytechnic National University	7 Джерело 2.19%
10	Диплом_Яременко	ID файлу: 5984948	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Inst...	0.9%
11	V1.5.3.1	ID файлу: 5984931	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	0.76%
12	Вакулюк Максим	ID файлу: 6000652	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institu...	0.72%

14	2020-bachelor-EDS_Didkovskyy_Dzherelo_zhyvlennya_fch	ID файлу: 1004030974	Institution: National Techn	24 Джерело	0.48%
15	2020-bachelor-EDS_Kyvyhlo_n-p_prystroyii_fch	ID файлу: 1004030973	Institution: National Technical University of Ukr...		0.47%
16	ДИПЛОМ-гузов	ID файлу: 1000070101	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Insti...		0.37%
17	Студентська робота	ID файлу: 1839720	Institution: National University of Life and Environmental Scienc	7 Джерело	0.34%
20	Дисертація Яременко	ID файлу: 1000781263	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytech...		0.23%
22	Диплом Стрижеус А.І	ID файлу: 1000032450	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv P	30 Джерело	0.19%
24	Протащик О В	ID файлу: 5688477	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"		0.18%
25	овс_дип_маг_пров	ID файлу: 1000757039	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic In...		0.13%
28	Студентська робота	ID файлу: 1035886	Institution: Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University		0.12%

Цитати

Цитати

1

1 The program interface is presented in a simple software single window form (Fig. 1.) Fig.1.