



УДК 004.2

**USE OF ELECTRICAL NETWORKS WITH DISTRIBUTED GENERATION FOR BALANCED ELECTRICITY SUPPLY****ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З РОЗПОДІЛЕНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ ДЛЯ ЗБАЛАНСОВАНОГО ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

Shcherbyna D.V. / Щербина Д.В.

master / магістр

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Kyiv, Prosp. Peremohy, 37, 03056

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Київ, Проспект Перемоги, 37, 03056

**Анотація.** Ця стаття присвячена дослідженню та аналізу використання електричних мереж з розподіленою генерацією для збалансованого постачання електроенергії. Основною метою статті є розгляд переваг і викликів, пов'язаних зі змінами у електричних мережах та інтеграцією відновлюваних джерел енергії. Також у статті будуть розглянуті стратегії та технології, що дозволяють оптимально управляти розподіленою генерацією, забезпечуючи стабільне та стійке постачання електроенергії.

**Ключові слова:** електричні мережі, розподілена генерація, збалансоване постачання електроенергії, відновлювані джерела енергії, централізовані мережі, енергетична стійкість.

**Вступ.**

В сучасному світі зростають вимоги до стабільного та стійкого постачання електроенергії, а також до зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. З цією метою все більшу популярність набувають електричні мережі з розподіленою генерацією, які поєднують в собі відновлювані джерела енергії, ефективне управління та інноваційні технології. Ці мережі відкривають нові перспективи для забезпечення збалансованого та екологічно чистого постачання електроенергії.

**Мета роботи.** Дослідження та аналіз використання електричних мереж з розподіленою генерацією для забезпечення збалансованого постачання електроенергії. Робота спрямована на вивчення особливостей цих мереж, викликів, з якими вони стикаються, та переваг, які вони можуть принести.

**Основна частина.****Електричні мережі з розподіленою генерацією.**

Електричні мережі з розподіленою генерацією представляють собою новий підхід до постачання електроенергії, який базується на використанні децентралізованих джерел енергії, таких як сонячна, вітрова або гідроенергія [1]. У традиційних централізованих мережах електроенергія генерується великими електростанціями та передається через великі відстані до кінцевих споживачів. Однак, цей підхід часто супроводжується втратами енергії під час передачі та залежністю від викопних палив.

Електричні мережі з розподіленою генерацією пропонують розміщувати джерела виробництва енергії ближче до місця споживання (рисунок 1). Наприклад, сонячні панелі можуть бути встановлені на дахах будинків, а вітрові турбіни - на пагорбах або уздовж узбіч великих доріг. Це дозволяє



знизити втрати енергії, оскільки електроенергія виробляється там, де вона використовується [3].



**Рисунок 1 – Загальний макет електричної мережі з розподіленою генерацією**

Однією з особливостей електричних мереж з розподіленою генерацією є можливість використання різних джерел енергії в комбінації. Наприклад, сонячна енергія може бути використана протягом сонячного дня, тоді як вітрова енергія може забезпечувати постачання електроенергії у вечірні години або в періоди недостатнього сонячного випромінювання. Таке поєднання різних джерел дозволяє забезпечити більш стабільне постачання електроенергії [2].

При розгляді електричних мереж з розподіленою генерацією важливо враховувати інтеграцію з традиційними централізованими мережами. Це може включати використання системи двостороннього лічильника, яка дозволяє обмінюватись електроенергією між джерелами виробництва та споживачами, а також впровадження систем управління та моніторингу, що забезпечують координацію між різними частинами мережі [2,3].

***Виклики і переваги використання електричних мереж з розподіленою генерацією.***

Один з викликів полягає у забезпеченні збалансованості між виробництвом та споживанням електроенергії.

З мінливістю виробництва відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, виникає потреба в розробці стратегій управління, які дозволять підтримувати стабільне постачання електроенергії до споживачів. За умови зміни погодних умов або інших факторів, що впливають на виробництво енергії з відновлюваних джерел, може змінюватись і кількість доступної електроенергії. Це може призвести до недостатнього або надлишкового постачання електроенергії [4].

Оптимальне управління електричними мережами з розподіленою генерацією вимагає розробки алгоритмів та стратегій, які забезпечать баланс між виробництвом та споживанням електроенергії. Наприклад, можуть бути



розроблені алгоритми передачі даних про очікуване виробництво енергії від відновлюваних джерел та прогноз споживання, щоб забезпечити збалансованість у реальному часі.

Незалежно від викликів, використання електричних мереж з розподіленою генерацією також має кілька переваг. Перш за все, це знижує залежність від викопних палив, так як відновлювані джерела енергії є безперервно доступними та необмеженими. Крім того, використання розподіленої генерації допомагає зменшити викиди парникових газів, оскільки вони мають значно менший вплив на навколишнє середовище порівняно з традиційними електростанціями на викопних паливах. Крім того, розподілені генераційні системи можуть підвищити стійкість електричних мереж, оскільки вони розподілені та менш вразливі до відмов [2,5].

### **Оптимальне управління електричними мережами з розподіленою генерацією.**

Ось кілька ключових елементів, які розглянуті в цьому пункті:

1. Прогнозування споживання та виробництва. Одним із ключових викликів в управлінні електричними мережами з розподіленою генерацією є нестабільність у виробництві енергії з відновлюваних джерел, таких як сонячна та вітрова енергія. Оптимальне управління вимагає точних прогнозів споживання та виробництва електроенергії. Такі прогнози можуть базуватися на аналізі історичних даних, використанні штучного інтелекту та машинного навчання.

2. Управління зберіганням енергії. Зберігання енергії може відігравати важливу роль у розподіленій генерації. Енергія, зібрана з відновлюваних джерел, може бути збережена у батареях або інших системах зберігання для використання в часи пікового навантаження або коли виробництво енергії з інших джерел є недостатнім.

Крім того, оптимальне управління включає розробку алгоритмів управління, що дозволяють ефективно керувати навантаженням та розподіляти електроенергію між різними джерелами. Ці алгоритми враховують прогнози попиту на електроенергію, наявність та потужність розподілених джерел генерації, а також стан електричної мережі. Вони допомагають забезпечити стійкість та ефективність системи, регулюючи режим роботи різних компонентів електричної мережі.

Для досягнення оптимального управління електричними мережами з розподіленою генерацією можуть бути використані технології Internet of Things (IoT) та штучного інтелекту. IoT дозволяє підключати різні пристрої та сенсори до мережі, що забезпечує збір та обмін даними. Це дозволяє отримувати реальний час інформації про стан електричної мережі, що допомагає управляти її роботою [6].

Штучний інтелект використовується для аналізу та обробки великих обсягів даних, що збираються в електричних мережах з розподіленою генерацією. За допомогою алгоритмів машинного навчання та глибокого навчання можна здійснювати автоматизоване прийняття рішень щодо управління мережею, прогнозування попиту на електроенергію та оптимізації



роботи розподілених джерел генерації [6].

3. Балансування навантаження. Електрична мережа повинна бути збалансованою, щоб забезпечити стабільну роботу та запобігти перевантаженням або перенавантаженням. Оптимальне управління включає стратегії балансування навантаження, які розподіляють споживання енергії в різних часах та місцях, використовуючи технології "розумних сіток" та автоматизовані системи [4].

4. Врахування тарифів та вартості енергії. Оптимальне управління електричною мережею з розподіленою генерацією також враховує тарифи на електроенергію та вартість виробництва. Використання "розумних" тарифів, які варіюються залежно від попиту та доступності енергії, може сприяти ефективному використанню та збереженню енергії.

Це лише кілька аспектів оптимального управління електричними мережами з розподіленою генерацією. Враховуючи унікальні вимоги та контекст кожної мережі, можуть використовуватись різні стратегії та технології для досягнення максимальної ефективності, стійкості та сталості.

***Приклади успішного впровадження електричних мереж з розподіленою генерацією.***

Згідно з опитуванням World Energy Council, понад 50% експертів у галузі енергетики очікують, що до 2025 року розподілена генерація зросте принаймні на 15% від загальної встановленої потужності їхньої країни. Ці об'єкти забезпечують безпеку, доступність і конкурентоспроможність енергетичних ресурсів, тому приваблюють енергетиків, інноваторів, політиків і споживачів як найкращий спосіб задоволення енергетичних потреб [5].

Прагнення до використання сонячної енергії продовжує зростати – сонячні батареї на даху будинку чи земельної ділянки та сонячні теплові колектори для нагрівання води. Глобальні інвестиції в невеликі сонячні системи на дахах і на землі зросли на 15 відсотків до 49,4 мільярда доларів у 2017 році [5].

Один з прикладів успішного впровадження електричних мереж з розподіленою генерацією знаходиться в Данії. У цій країні вдалося створити ефективну мережу, що базується на вітрових та сонячних електростанціях, яка забезпечує електроенергією значну частку населення.

Данська система електричних мереж з розподіленою генерацією відома своєю інноваційністю та забезпечує стабільне та стійке постачання електроенергії. Основна частина енергетичної системи в Данії базується на вітровій енергії, зокрема на великих вітрових фермах, розташованих на узбережжі. Ці ферми виробляють значну кількість електроенергії та постачають її у мережу з розподіленою генерацією.

У додаток до вітрової енергії, широко використовуються сонячні електростанції, які генерують електроенергію з сонячного випромінювання. Ці сонячні панелі встановлюються на дахах будівель, на земельних ділянках та інших відкритих просторах. Генерована електроенергія поступово інтегрується у мережу з розподіленою генерацією та постачається споживачам.

Одна з головних переваг електричних мереж з розподіленою генерацією в Данії - це їх гнучкість та здатність швидко реагувати на зміни в обсягах





виробництва енергії. Завдяки сучасним технологіям управління, система може підлаштовувати розподіл електроенергії в залежності від потреб споживачів та доступних джерел генерації. Наприклад, у періоди зі збільшеним виробництвом енергії, коли вітрові та сонячні електростанції працюють на повну потужність, зайву електроенергію можна перенаправити на заряджання батарей для зберігання енергії або на інші потреби [9].

Вже 2014 року у Німеччині частка малих систем генерації, встановлених споживачами, сягнула майже 20% від всіх встановлених потужностей у країні. Орієнтир на розвиток малих сонячних станцій країна взяла ще на початку 1990, були створені державні програми підтримки малих СЕС «Тисяча сонячних дахів», яка після успіху трансформувалась у програму «Сто тисяч сонячних дахів». Завдяки програмі було доведено, що дахи звичайних приватних будинків є добре пристосованими для децентралізованого виробництва електроенергії. Запуск «100 000 сонячних дахів» підвищив обізнаність громадськості про можливість використання фотоелектричної генерації електроенергії, що допомогло підвищити інтерес громадськості та загальну частку ринку до застосування цієї технології [5,9].

Ці приклади успішного впровадження електричних мереж з розподіленою генерацією в Данії та Німеччині показують, що такі системи можуть бути надійним та стійким джерелом електроенергії, сприяти зменшенню викидів шкідливих газів та прискорювати перехід до сталого енергетичного майбутнього.

### **Висновок.**

Використання електричних мереж з розподіленою генерацією може стати ефективним рішенням для забезпечення збалансованого постачання електроенергії в умовах зростаючого використання відновлюваних джерел енергії. Оптимальне управління електричними мережами з розподіленою генерацією вимагає використання передових технологій та розробку алгоритмів, що дозволяють ефективно керувати навантаженням та забезпечувати стабільне постачання. Приклади успішного впровадження таких мереж свідчать про потенціал цієї концепції для енергетичної стійкості та сталого розвитку.

### **Література:**

1. EPA United States Environmental Protection Agency: The Electricity System; Distributed Generation; Distributed Generation of Electricity and its Environmental Impacts; About Distributed Generation. – 15.05.2023 – Режим доступу: <https://www.epa.gov/energy>
2. УАВЕ Українська асоціація відновлюваної енергетики: Головна / Новини / Розподілена генерація електроенергії – глобальні тенденції розвитку. – 25.02.2016 – Режим доступу: <https://uare.com.ua/novyny>
3. Вікіпедія Вільна енциклопедія: стаття - Розподілене виробництво енергії – 26.03.2022 – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
4. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141



«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.П. Кузнєцов, О.А. Мельник – Електронні текстові дані (1 файл: 7,93 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – ст. 66-80  
Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream>

5. SETech Спеціалізовані Енергетичні Технології: стаття - Чому в Україні слід розвивати децентралізовану енергетику вже сьогодні? – 25.07.2018 – Режим доступу: <https://setech.in.ua>

6. ORACLE: Internet of Things (IoT); IoT topics – 2023 – Режим доступу: <https://www.oracle.com/internet-of-things>

7. БІЛА КНИГА. РОЗПОДІЛЕНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ. Автори дослідження: А. Зинченко, И. Бондарчук, В. Хоменко – Електронні текстові дані (1 файл: 1 Мбайт) – 22.01.2020 – ст. 20-21. Режим доступу: <https://www.undp.org/sites>

8. Вікіпедія Вільна енциклопедія: стаття - Відновлювана енергія у Данії – 07.06.2022 – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>

9. DS Нова енергія: стаття - Електрика та зберігання енергії – 01.04.2023 – Режим доступу: <https://ua.dsisolar.com/info>

***Abstract.** This article is devoted to research and analysis of the use of distributed generation electric networks for balanced electricity supply. The main purpose of the article is to consider the benefits and challenges associated with changes in electrical networks and the integration of renewable energy sources. The article will also consider strategies and technologies that allow optimal management of distributed generation, ensuring a stable and sustainable supply of electricity.*

***Keywords:** electrical networks, distributed generation, balanced power supply, renewable energy sources, centralized networks, energy sustainability.*

Стаття відправлена: 19.10.2023 р.

© Щербина Д.В.