

ІНТЕГРАЦІЯ ЗМІННОЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У зв'язку з інтеграцією в системи електроенергії все більшої кількості відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як вітер і сонце, виникають технічні проблеми, пов'язані з необхідністю підтримувати баланс між навантаженням і генерацією в усіх часових проміжках. У даній роботі розглядаються проблеми пов'язані з інтеграцією великої кількості ВДЕ в електроенергетичну систему, розглядається ряд рішень цих проблем і надається опис прикладів систем з високою інтеграцією ВДЕ.

Ключові слова: відновлювальна енергетика, електроенергетична система, інтеграція ВДЕ

Abstract

With the integration of more and more renewable energy sources (RES), such as wind and solar, into electricity systems, there are technical challenges related to the need to maintain a balance between load and generation in all time slots. This work examines the problems associated with the integration of a large amount of RES into the electric power system, considers a number of solutions to these problems, and provides a description of examples of systems with high integration of RES.

Keywords: renewable energy, electric power system, RES integration

За останні 100 років системи електроенергії розвинулися таким чином, що диспетчеризована генерація використовується для забезпечення електроенергією, коли цього вимагають споживачі. Традиційні джерела енергії, що використовуються для генерації базуються на вугільній сировині, атомній енергії, гідро енергії, дизельному паливі та природному газі. Однією з ключових особливостей цих джерел є використання синхронних генераторів. Синхронний генератор використовується для формування змінного струму (АС) з частотою 50 Гц. Змінний струм був обраний більше століття тому як кращий спосіб виробництва та переміщення електроенергії в основному через здатність передавати струм змінного струму на великі відстані за дуже високої напруги та відносно низького рівня струму. Це був найбільш економічний спосіб передачі через мінімізацію розміру провідника та через те, що втрати при передачі пропорційні квадрату сили струму. Ця характеристика дозволила будувати великі електростанції далеко від центрів навантаження, а електроенергія передавалась через лінії електропередач високої напруги змінного струму. Інновації в проектуванні та використанні електромереж змінного струму дозволили їм стати домінуючою структурою систем електромереж у всьому світі[1-2].

Протягом останніх 30 років спостерігалось значне зростання використання вітрової та сонячної енергії. Ці технології пропонують буквально безкоштовне джерело палива, але мають змінний характер і виробляють електроенергію лише за наявності сонячних чи вітрових ресурсів. Тому ми називаємо їх нерівномірною відновлюваною енергією. Характеристиками, які ускладнюють інтеграцію ВДЕ, є невизначеність, пов'язана з їх генерацією, і асинхронний характер підключення до мережі. Оскільки витрати на вітрову та сонячну енергію продовжують зменшуватися, а нормативні документи вимагають використання більш чистих енергетичних технологій, існує потреба зрозуміти технічні проблеми та розробити рішення для інтеграції ВДЕ в системи електроенергії. У даній роботі надвисоким рівнем проникнення ВДЕ вважається у тому випадку, коли генерується понад 50% на

річний енергетичній основі через синхронну енергосистему та до 100% на миттєвій основі. Річний рівень проникнення – це середнє значення кількості енергії, яку виробляє ВДЕ (Вт·год), поділеної на загальну кількість енергії (Вт·год), необхідної за весь рік. Миттєве проникнення відноситься до вихідної потужності ВДЕ (Вт), поділеної на загальну потребу в потужності (Вт) у будь-який момент часу. Миттєве проникнення може значно змінюватися протягом дня залежно від доступних відновлюваних ресурсів та електричного навантаження[1,3].

Однією з унікальних особливостей фотоелектричних і вітряних турбін є те, що вони, як правило, розроблені з використанням силового електронного інтерфейсу до мережі, який називається інвертором, а не синхронним генератором. Це пояснюється тим, що фотоелектрична система природним чином виробляє електроенергію постійного струму, а більшість нових конструкцій вітрових турбін використовують певний тип силової електроніки для перетворення несинхронного обертання вітрових турбін у форми змінного струму, сумісні з електромережею. Інвертор перетворює електроенергію постійного струму (DC) на живлення змінного струму, сумісне з мережею.

Для всіх систем живлення змінного струму основною технічною проблемою є підтримка належної напруги та частоти в будь-якому часовому масштабі та подача електроенергії до навантажень. Це забезпечує стабільну та надійну роботу. Енергосистема також повинна мати можливість підтримувати безпечну роботу в межах ряду фізичних обмежень, включаючи рівні напруги та струму. На малюнку 1 [5] показана загальна крива щоденного навантаження для енергосистеми, де навантаження системи (МВт) зростає в середині дня та знижується вночі. У будь-який період часу протягом цього дня попит повинен задовольнятися за рахунок електроенергії з виробництва або накопичення.

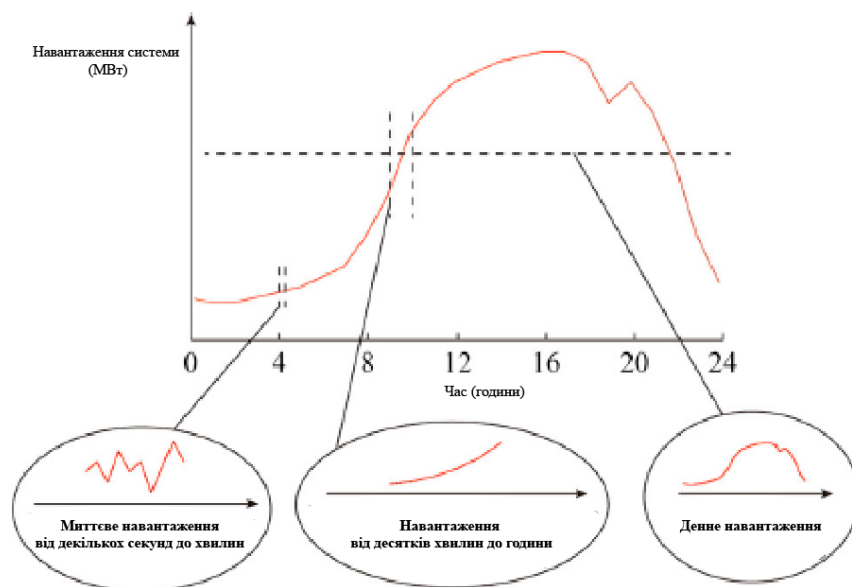


Рисунок 1 - Загальна добова крива навантаження енергосистеми

Існують різноманітні проблеми для інтеграції високої частки ВДЕ в електроенергетичну систему. Деякі з цих проблем, зосереджуються на оперативних міркуваннях та пропонуються ряд можливих рішень. Рішення завжди залежать від системи та місця розташування та можуть бути застосовними або незастосовними до певних ситуацій. Головним атрибутом ВДЕ, який необхідно розглянути, є мінливість ресурсу та те, як врахувати цю мінливість протягом кількох часових проміжків[4].

Системи живлення змінного струму можуть варіюватися за розміром від дуже маленьких окремих домогосподарств до континентальних систем, які простягаються на великі території. Фізичний розмір електроенергетичної системи на сьогоднішній день впливає на кількість ВДЕ, інтегрованих в мережу. Менші системи є справжніми синхронними мережами змінного струму з надвисоким рівнем відновлюваних джерел. Здебільшого це дуже малі системи встановлені

потужністю до 1 МВт, розташовані у віддалених районах та острівні енергосистеми. Для прикладу можна розглянути острови, які відокремлені від загальної мережі, а тому повинні бути абсолютно автономними. На острів встановлено фотоелектричну систему потужністю 1,4 МВт і акумуляторну систему на 6 МВт-год. Середнє навантаження становить лише близько 80 кВт. Причина того, що встановлена потужність фотоелектричної системи та батареї набагато вища за середнє навантаження, полягає в тому, що розмір системи повинен бути таким, щоб повністю задовольняти свої енергетичні потреби лише за допомогою сонячної енергії, а коефіцієнт потужності для сонячної енергії навіть у найкращих місцях становить близько 20. %. Таким чином, щоб виробляти достатньо електроенергії для 24-годинної роботи, розмір фотоелектричної системи повинен бути принаймні в 5 разів більшим, ніж навантаження на щоденній основі. Фотоелектричні та накопичувачі енергії також повинні бути сконструйовані таким чином, щоб забезпечувати електроенергію протягом кількох днів, коли немає сонця[3,5].

Також віддалені села можуть працювати з високим рівнем інтеграції ВДЕ. Ці системи в основному являють собою гібридні енергетичні системи вітру, дизеля і батареї. Приклади таких малих типів систем можна знайти по всьому світу. ВДЕ часто інтегрується в ці системи, щоб зменшити використання дизельного палива, оскільки доставляти паливо у ці віддалені місця дорого.

Оскільки високий рівень інтеграції ВДЕ в електроенергетичну систему, це породжує основні технічні проблеми, які стосуються мінливості, невизначеності та асинхронних операцій. Існує цілий ряд ключових технологій і заходів управління, які можна використовувати для підвищення рівня встановлення ВДЕ. Географічне розмаїття, гнучка традиційна генерація, контроль навантаження та скорочення можуть бути використані для боротьби з мінливістю ВДЕ. Краще прогнозування відновлюваної енергії може допомогти впоратися з невизначеністю у виробництві та запасах. Зберігання енергії може допомогти впоратися з усіма аспектами проблеми інтеграції, але також є одним із найдорожчих варіантів. При високому рівні інтеграції ВДЕ накопичення енергії є надзвичайно важливим аспектом для забезпечення значного переміщення енергії та доступності мережі, коли відновлюваний ресурс недоступний. Щоб забезпечити достатню кількість енергії, системам ВДЕ, можливо, знадобиться збільшити розмір і може знадобитися значне скорочення в деякі частини дня. У міру того, як проникнення ВДЕ зростає, також зазвичай виникає потреба збільшити як вимоги до зберігання енергії, так і кількість енергії, яка скорочується через надмірне виробництво в певний час протягом дня. Ще одна критична проблема полягає в тому, що ВДЕ також потрібно буде спроектувати для надання повного спектру основних послуг надійності мережі для забезпечення стабільності системи. Це означає, що має бути певний пристрій, який повинен бути схожим на джерело напруги, коли немає достатньої синхронної генерації для підтримки еталонної напруги та реагування на відхилення напруги та частоти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах : монографія / П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, О. В. Нікіторович, В. В. Кулик. – Вінниця : Вінниця : ВНТУ, 2014. — 204 с.
2. Blaabjerg F, Chen Z, Kjaer SB (2004) Power electronics as efficient interface in dispersed power generation systems. IEEE Trans Power Electron 9(5):1184–1194
3. Узгодження графіків генерування відновлюваних джерел енергії та електричного навантаження в локальній електричній системі / П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, С. В. Кравчук // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. - 2016. - № 2. - С. 30-37. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekit_2016_2_9
4. Parsons B (2006) Grid Impacts of wind power variability: recent assessments from a variety of utilities in the United States. National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden
5. Hoicka C, Rowlands I (2011) Solar and wind resource complementarity: advancing options for renewable electricity integration in Ontario, Canada. Renew Energy 36(1):97–107

Лежнюк Петро Дем'янович – докт. техн. наук, проф., професор кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, email : lezhp@gmail.com

Повстянко Катерина Олександрівна – аспірантка, кафедра ЕСС, ВНТУ, Вінниця, e-mail: ekaterina.povstyanko@gmail.com

Lezhniuk Petro Demyanovych – Dr. tech. Sciences, Prof., Prof. of the Department of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsya, email : lezhpd@gmail.com

Povstianko Kateryna Oleksandrivna - – graduate student, Department of Department of Power Plants and Systems, VNTU, Vinnytsia, e-mail: ekaterina.povstyanko@gmail.com