

ЗАХОДИ ТА ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Кучанський В. В.¹, Нестерко А. Б.², Гунько І. О.³

¹Інститут електродинаміки НАН України (м. Київ),

² Національний технічний університет України "Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського",

³ Вінницький національний технічний університет

В статті розглянуто проблеми та перспективи залучення електричних станцій, що працюють на відновлюваних джерелах енергії до регулювання параметрів режиму роботи мереж електроенергетичної системи.

Постановка проблеми: Відповідно до закону України "Про альтернативні джерела енергії" основними засадами державної політики у сфері альтернативних джерел енергії є нарощування обсягів виробництва та споживання енергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), з метою економного використання традиційних паливно-енергетичних ресурсів. Наразі найбільш активно розвиваються такі види ВДЕ, як вітрові і сонячні електростанції. Розвиток вітрової та сонячної енергетики в Україні сприяє вирішенню низки енергетичних, екологічних, соціальних та економічних проблем, що мають важливе значення для країни. Розвиток електроенергетичних систем (ЕЕС), підвищення вимог до надійності та якості електропостачання разом зі збільшенням частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в загальному енергобалансі ЕЕС визначають необхідність подальшого удосконалення методів аналізу та засобів керування режимами ЕЕС.

Збільшення частки генерування ВДЕ в енергобалансі ОЕС України призводить до погіршення умов функціонування системи автоматичного регулювання частоти ЕЕС. Тому стає актуальною задача використання ВДЕ, як засобів керування потужністю, які здатні швидко, на інтервалах біля 0.5с, змінювати вихідну потужність в широких діапазонах, що дозволяє залучити ВДЕ до регулювання частоти ЕЕС в перехідних режимах. Разом з тим впровадження ВДЕ з інверторними перетворювачами обумовлює необхідність дослідження умов виникнення та характеру розвитку аномальних режимів електричних мереж з екстремальними значеннями параметрів, такими як перенапруги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За даною тематикою ведеться активна робота закордонних та вітчизняних вчених [1,2] в яких вказується, що для зменшення втрат електроенергії та покращення показників її якості доцільно переходити до розв'язання комплексної задачі оптимізації схеми розподільчої електричної мережі (РЕМ). Це передбачає реалізацію ефективних проектних рішень та впровадження систем оперативної реконфігурації схем приєднання відновлюваних джерел енергії засобами Smart Grid [3].

Дослідження наслідків приєднання ВДЕ до РЕМ показало [4], що такі джерела як фотоелектричні сонячні електростанції, які використовують інвертори для виробництва змінного струму, не створюють інерційного відгуку та не підтримують частоту в ЕЕС.

При цьому потужність СЕС, як правило, є тільки функцією сонячного випромінювання, а перетворювачі потужності ВДЕ, орієнтовані виключно на оптимізацію процесу екстракції енергії [5]. Результати моделювання роботи ВДЕ в мережі [4, 6] показали, що при приєднанні ВДЕ за допомогою інверторів, окрім іншого, спостерігається зменшення сумарного інерційного відгуку ЕЕС, а відповідно і збільшення максимального відхилення частоти системи, що призводить до необхідності використання додаткових засобів, таких як регулятори віртуальної інерції ВДЕ.

Для дослідження можливості виникнення аномальних перенапруг відомі роботи [7-8] по визначенню характеристик перенапруг, зумовлених вищими гармоніками інверторів ВДЕ, аналітичними методами розрахунку електричних кіл. Але більш точним і адекватним є використання математичного моделювання. В той же час в роботах [7-8] наведені результати використання тільки імітаційного моделювання, не дає можливості повною мірою відтворити ймовірнісну природу перенапруг досліджуваного виду

Мета статті є підвищення енергоефективності електроенергетичних систем, в яких експлуатуються вітрові та сонячні фотоелектричні електростанції, що приєднані на паралельну роботу у складі Об'єднаної енергетичної системи України.

Основні матеріали дослідження. Авторами розглянуто вплив аномальних режимів магістральних електричних мереж на режими роботи розподільчих електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії. Розроблено метод оптимального керування потоками потужності в локальній електричній системі з різнотипними відновлюваними джерелами. Вплив на перерозподіл потоків потужності здійснюється зміною генерування потужності малих ГЕС. Для зменшення втрат електроенергії під час її транспортування виконано коригування потоків потужності, що відповідають місцям секціонування розподільчих електричних мереж, які раніше були вибрані тільки з умов забезпечення нормативів по надійності електропостачання.

Отримано нове вирішення актуальної науково-прикладної задачі оптимізації функціонування електричних систем з оцінюванням впливу аномальних режимів, що полягає в узгодженому керуванні генеруванням сонячних електростанцій та малих гідроелектростанцій для оптимізації потоків потужності і зменшення втрат електроенергії в умовах виникнення аномальних перенапруг.

Вирішено проблему створення сприятливих умов для підвищення якості регулювання частоти електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії з оцінюванням впливу несинусоїдних джерел спотворення на основі розвитку методів ідентифікації динамічної моделі електроенергетичної системи з використанням даних системи моніторингу перехідних режимів. Розроблено нові методи залучення відновлюваних джерел енергії з регуляторами віртуальної інерції до регулювання частоти електроенергетичної системи. Встановлено, що значна частка відновлюваних джерел енергії з інверторним приєднанням в енергобалансі призводить до погіршення умов функціонування систем автоматичного регулювання частоти, що пов'язано зі зменшенням еквівалентної постійної інерції енергосистеми. Досліджено методи автоматичного регулювання потужності відновлюваних джерел енергії в перехідних режимах електроенергетичної системи.

Розроблена штучна нейронна мережа дає можливість встановити на практиці, при яких факторах виникають перенапруги на вищих гармонічних складових з небезпечними для ізоляції обладнання характеристиками. Розроблено рекомендації щодо впровадження практичних заходів для попередження виникнення аномальних перенапруг ліній електропередачі. Результати досліджень аномальних перенапруг були передані в Національну енергетичну компанію "Укренерго".

Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблено алгоритми і програми коригування потоків потужності в секціонованій за умов надійності розподільній електричній мережі шляхом зміни генерування потужності керування РДЕ, в першу чергу малих гідроелектростанцій і, в перспективі, сонячних електростанцій. Відповідним чином вдосконалено структурну схему автоматизованої системи керування станціями, які використовують ВДЕ, що дозволяє узгоджувати графіки видачі потужності та її споживання.

Висновки. Запропоновані в роботі методи та заходи направлені на покращення функціонування вітрових та сонячних електростанцій у складі ОЕС України в сучасних умовах відповідно до законодавства України та Енергетичного Співтовариства.

Проведені розробки мають значне економічне значення для електроенергетики України, оскільки впровадження розроблених підходів дає відчутний економічний ефект.

Список використаних джерел

1. Кириленко О. В. Технічні особливості функціонування енергосистем при інтеграції джерел розподіленої генерації / О. В. Кириленко, І. В. Трач // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. – 2009. – Вип. 24. – С. 3–7.

2. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії / С. О. Кудря. – К. : НТУУ "КПІ", 2012. – 492 с.

3. Лежнюк П. Д. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії: монографія / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. О. Гунько. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 164 с.

4. Яндутьський О. С. Дослідження впливу відновлюваних джерел енергії з віртуальною інерцією на процеси регулювання частоти та потужності електроенергетичної системи / О. С. Яндутьський, А. Б. Нестерко // Енергетика, економіка, технології, екологія. Науковий журнал. – 2015. – №1(39) – С.17-24.

5. Яндутьський О. С. Визначення резервів активної потужності джерел розосередженого генерування з урахуванням їх впливу на напругу в мережі / О. С. Яндутьський, А. А. Марченко, А. Б. Нестерко, Г. О. Труніна // Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України. Збірник наукових праць. – 2016. – №1(43). – С. 13-18.

6. Яндутьський О. С., Марченко А. А., Нестерко А. Б. Оцінка динамічних характеристик багатомашинних електроенергетичних систем на основі даних системи моніторингу перехідних режимів // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – № 4. – 2014. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/3824/5575>

7. Kuchansky V. The application of controlled switching device for prevention resonance overvoltages in nonsinusoidal modes / V. Kuchansky // IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2017, April - P. 394–399.

8. Kuchansky V. V. Abnormal resonance overvoltages in main power electrical networks with sources of distortions / V. V. Kuchansky, // Works of the Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine. –2018. – № 50 – С. 27–37.

Анотація

МЕРОПРИЯТИЯ И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Кучанский В. В., Нестерко А. Б., Гунько И. А.

В статье рассмотрены проблемы и перспективы эксплуатации электрических станций, работающих на возобновляемых источниках энергии к регулированию параметров режима работы сетей электроэнергетической системы.

Abstract

MEASURES AND MEANS OF ENHANCING THE RELIABILITY AND QUALITY OF ELECTRICAL SUPPLY IN ELECTRIC POWER-SYSTEMS WITH RENEWABLE ENERGY SOURCES

V. Kuchansky, A. Nesterko, I. Hunko

The article deals with the problems and prospects of the exploitation electric power stations which operates on renewable energy sources to the regulation of the parameters mode networks power system.