

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Лисенко Ольги Валеріївни

«Наукові основи підвищення енергетичної ефективності та якості електропостачання в електротехнічних системах з комбінованою генерацією»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.09.03 - електротехнічні комплекси та системи.

1. Актуальність теми дисертації

Актуальною народно-господарською проблемою є ускладнення забезпечення надійного енергетичного балансу генерації та споживання електричної енергії, що обумовлено зростанням частки потужностей стохастичних відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) за рахунок заміщення традиційної генерації. Це призводить до відхилень частоти та напруги в споживчій мережі, погіршує індекси балансової надійності електропостачання та веде до можливих технічних збоїв і економічних втрат. Збільшення частки генерації ВДЕ потребує більш системного підходу до формування енергетичної системи.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичної проблеми інтеграції сонячної та вітрової енергії до електротехнічних систем електропостачання, що потребує проведення досліджень процесів генерації ВДЕ з урахуванням впливу їх імовірнісної природи, розгляду питань, пов'язаних з дією випадкових чинників процесу споживання електроенергії та визначення їх впливу на збалансованість енергосистем.

Мета дисертаційної роботи полягає в розробці науково-технічних основ підвищення якості електропостачання споживачів та ефективності проектних рішень в електротехнічних системах з комбінованою генерацією на базі відновлюваних джерел енергії шляхом оптимізації їх структури на основі системного аналізу.

Об'єктом досліджень дисертаційної роботи є процеси генерації та споживання електричної енергії в електротехнічних системах із комбінованою генерацією з використанням відновлюваних джерел електроенергії.

Предметом досліджень є характеристики випадкових процесів, притаманних електротехнічним системам із комбінованою генерацією з використанням відновлюваних джерел.

В дисертаційній роботі встановлені критерії, що визначають збалансованість енергосистеми з розосередженою генерацією на основі ВДЕ мінливої природи, та досліджено фактори, які спричинені наявністю ВДЕ і врахуванням випадкової природи генерації, розв'язано багатокритеріальну оптимізаційну задачу формування структури генерації електроенергії, розроблено методи розрахунку показників якості постачання електричної енергії та їх довірчих інтервалів для електротехнічних систем з високим рівнем впровадження вітро-сонячної генерації, на підставі яких розроблено алгоритми розрахунків щодо використання систем резервування та акумуляування енергії в комплексі з ВДЕ для забезпечення визначеної якості енергопостачання.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами

Дисертація виконувалась за планом наукових досліджень Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Тема дисертаційної роботи пов'язана з планами НДР за держбюджетною темою: «Автоматизація електротехнічних систем в АПК» (ДР № 0116U002728). Відповідно до договору про спільну діяльність між ТДАТУ та Інститутом відновлюваної енергетики НАН України матеріали дисертації використано у наукових дослідженнях при виконанні науково-дослідних робіт з шифром «Комплекс-3» (ДР № 0118U003385) та «Комплекс-М» (ДР № 0117U000703).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У результаті дисертаційних досліджень отримано наступні нові наукові результати.

Вперше на підставі дослідження кореляції змін поточних потужностей генерації сонячної і вітрової енергії та споживання електроенергії електротехнічними системами різного рівня локальності встановлено взаємну незалежність швидкоплинних змін цих потужностей як випадкових процесів, що дозволило побудувати адекватну математичну модель процесу балансування потужностей.

Вперше формалізовано та сформульовано особливості стохастичної оптимізації енергосистем, які відрізняються комбінованим застосуванням різних типів відновлюваних та традиційних джерел енергії, що дозволило дослідити оптимальні розв'язки при уживаних обмеженнях задач оптимізації.

Вперше сформульовано проблему та формалізовано відповідну задачу забезпечення енергобалансу комбінованих електротехнічних систем, яка відрізняється урахуванням можливостей прогнозування потужності та застосуванням методу декомпозиції з урахуванням дискретної та неперервної складових у різних часових градаціях до випадкових процесів, що дозволило описати баланс генерування і споживання електроенергії в електротехнічних системах з комбінованою генерацією.

Набув подальшого розвитку метод розрахунку показників балансової надійності електротехнічних систем із комбінованою генерацією, який відрізняється використанням інтегральних характеристик процесів балансування потужності, що дозволило визначити зазначені показники балансової надійності із заданою довірчою ймовірністю.

Набув подальшого розвитку метод багатокритеріальної оптимізації стосовно комбінованих енергосистем різного рівня, що відрізняється застосуванням стохастичної оптимізації складу потужностей на базі відновлюваних джерел енергії та розрахунку конфігурації електротехнічних систем із комбінованою генерацією, що забезпечило мінімізацію небалансів потужностей та енергетичну ефективність при заданих обмеженнях показників надійності.

Вперше розроблено метод розрахунку потреб у резервних та акумулюючих потужностях для електротехнічних систем з комбінованою генерацією різного рівня локальності з урахуванням випадкових флуктуацій поточного балансу генерації та споживання електроенергії, що дозволило

визначити гарантовані із заданою довірчою імовірністю потреби в акумулюванні енергії.

4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень і результатів

Основні положення дисертації, висновки і рекомендації достатньо обґрунтовані. Теоретичні дослідження базуються на використанні статистичних методів обробки даних, статистичного та регресійного аналізу, математичному моделюванні випадкових процесів, методах теорії ймовірності, методах аналітичного та числового розв'язання диференціальних та алгебраїчних рівнянь, імітаційному комп'ютерному моделюванні та методах Монте-Карло. Висновки є обґрунтованими, логічно завершеними та впливають зі змісту дисертації. Зокрема, у висновках детально відображено результати вирішення поставлених наукових задач.

5. Наукове значення та практична цінність

Практична цінність роботи полягає у вирішенні актуальної проблеми забезпечення енергетичної ефективності та якості електропостачання в електротехнічних системах із комбінованою генерацією при використанні ВДЕ з урахуванням впливу їх імовірнісної природи. Результати досліджень створюють достатню наукову базу для визначення впливу ВДЕ на якість забезпечення електричною енергією електротехнічних систем різного рівня локальності, що дає змогу оцінити фактичні небаланси генерації та споживання електричної енергії в реальному масштабі часу в електротехнічних системах з комбінованою генерацією.

Результати дослідження впровадженні в таких установах як: Мелітопольська районна рада Запорізької області, Мелітопольські високовольтні електромережі ПАТ «Запоріжжяобленерго», Запорізька обласна державна адміністрація, Інститут відновлювальної енергетики НАН України, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Отримані результати використовуються в навчальному процесі у Таврійському державному агротехнологічному університеті імені Дмитра Моторного на кафедрі електроенергетики і автоматизації при підготовці фахівців за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», де розроблено відповідне методичне забезпечення з дисципліни «Вітроелектроенергетика».

6. Повнота опублікування результатів

Матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 32 друкованих наукових працях, з них 1 монографія, 18 статей у наукових фахових виданнях України та 5 статей у періодичних виданнях іноземних держав, що входять до міжнародних наукометричних баз Web of Science та Index Copernicus, 8 публікацій у збірниках матеріалів та тез наукових конференцій.

7. Зміст дисертації та її завершеність

Дисертаційна робота Лисенко О.В. складається з вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел (226 найменувань) і двох додатків. Основний зміст викладений на 311 сторінках друкованого тексту, містить 101 рисунок, 95 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 365 сторінок.

Вступ містить обґрунтування актуальності теми дисертації, зв'язок роботи з науковими програмами та темами, мету та задачі дослідження, використані методи, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Наведені відомості щодо апробації роботи, публікації і особистий внесок здобувача.

У першому розділі наведений аналіз досліджень у світовими та українськими вченими в галузі використання ВДЕ та за досліджуваною науково-практичною проблемою, проведений аналіз існуючих підходів забезпечення споживачів електричною енергією в електротехнічних системах з комбінованою генерацією та факторів впливу вітро-сонячної генерації на роботу енергосистеми.

У другому розділі проведені дослідження метеорологічних даних, а саме швидкості вітру та сонячної радіації, в досліджуваному регіоні. В результаті досліджень запропоновано математичні моделі поточної потужності ВДЕ. Перевірено адекватність моделі сумісної роботи сонячної і вітрової електростанцій та проведено порівняння результатів, отриманих моделюванням сумарної потужності, та суміщення річного обсягу фактичних синхронізованих даних.

У третьому розділі проведені дослідження даних, що характеризують споживання електричної енергії в розглянутому регіоні. Побудована математична модель навантажень на електроенергетичну систему за результатами статистичного аналізу показників споживання різними групами споживачів. Процесу споживання описано математичною моделлю на базі стохастичних процесів. Дослідження кореляції змін поточних потужностей генерації сонячної і вітрової енергії та споживання електроенергії електротехнічними системами різного рівня локальності дозволило встановити взаємну незалежність швидкоплинних змін цих потужностей, як випадкових процесів.

У четвертому розділі висунуті критерії та обмеження оптимізації роботи електротехнічних систем з комбінованою генерацією. Запропонована класифікація задач оптимізації в умовах невизначеності, притаманних енергосистемам з ВДЕ, вказано відмінності за цільовими функціями, по характеру обмежень і по виду рішення. Формалізовано та сформульовано особливості стохастичної оптимізації енергосистем, які відрізняються комбінованим застосуванням різних типів відновлюваних та традиційних джерел енергії.

У п'ятому розділі наведена методологія та приклади розрахунку показників балансової надійності та їх довірчих інтервалів для локальних електротехнічних систем з комбінованою генерацією. Для перспективного моделювання можливих ситуацій встановлено характер розподілу випадкових величин, а саме, метеофакторів і рівня споживання, та розраховано параметри їхнього розподілу. Далі для оптимізації використовуються не статистичні дані, а їх імітаційне моделювання та статистична обробка методами Монте-Карло. Запропоновано застосування методу багатокритеріальної оптимізації стосовно комбінованих енергосистем різного рівня, що відрізняється використанням стохастичної оптимізації складу потужностей на базі відновлюваних джерел

енергії та розрахунку конфігурації електротехнічних систем із комбінованою генерацією.

Шостий розділ стосується потреб у резервуванні та акумулюванні енергії в комплексних системах з ВДЕ. Розроблено метод розрахунку потреб у резервних та акумулюючих потужностях для електротехнічних систем з комбінованою генерацією різного рівня локальності з урахуванням випадкових флуктуацій поточного балансу генерації та споживання електроенергії.

У висновках узагальнено основні наукові та практичні результати, отримані в дисертаційній роботі. Висновки походять з проведених здобувачем досліджень та відображають основні результати роботи.

8. Зауваження.

До роботи є зауваження, деякі із яких є наступними:

1. стан вивченості теми та аналіз світового досвіду частково розпорошено по розділах дисертаційної роботи. Це спрощує розгляд окремих задач дослідження, але ускладнює розуміння науково-практичної проблеми в цілому. Крім того, в загальних висновках не приділено достатньо уваги напрямам розвитку досліджуваної тематики та подальших досліджень;

2. за змістом робота структурована у вигляді окремих задач, зв'язок між якими не завжди є очевидним (окрім наявності імовірнісних факторів). Бажано було б надати висновки до окремих розділів дисертації для більшої систематизації, ранжування та конкретики з точки зору отриманих власних результатів;

3. оцінка впливу ВДЕ на енергосистему проведена по суті без врахування таких властивостей самої електроенергетичної системи, як збалансованість чи забезпеченість резервними потужностями, пропускної здатності електричної мережі, тощо, що може розглядатись лише як певне наближення до смислового розгляду цього впливу;

4. дослідження проведено без врахування конкретних типів вітрових чи сонячних установок, параметрів допоміжного обладнання, що залишає питання відносно універсальності отриманих результатів;

5. не приведено відмінність між відомими та отриманими автором характеристиками режимів роботи ВЕС та СЕС, в чому полягає вдосконалення методів оцінки імовірнісних характеристик цих ВДЕ;

6. при формулюванні вимог до системи акумулювання енергії не враховано властивості наявних акумуляторів, наскільки вони можуть відповідати цим вимогам.

9. Загальний висновок опонента

Дисертаційна робота Лисенко Ольги Валеріївни на тему «Наукові основи підвищення енергетичної ефективності та якості електропостачання в електротехнічних системах з комбінованою генерацією» є завершеною науковою працею, в якій практично і теоретично обґрунтовано вирішення науково-прикладної проблеми ефективного енергозабезпечення електротехнічними системами з комбінованою генерацією, що враховують випадковий характер режимів генерування та споживання енергії.

Робота виконана на достатньо високому науковому рівні. Автореферат та наукові публікації у повній мірі відображають основні результати

дисертаційної роботи. Зміст автореферату й основні положення дисертаційної роботи ідентичні. Достовірність результатів дисертаційної роботи не викликає сумніву.

Враховуючи актуальність теми, наукову новизну одержаних результатів, значимість одержаних результатів, відповідність дисертаційної роботи вимогам, що пред'являються до докторських дисертацій (пп. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року (зі змінами)), вважаю, що її автор, Лисенко Ольга Валеріївна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.03 - електротехнічні комплекси та системи

Офіційний опонент

доцент кафедри відновлюваних джерел енергії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
доктор технічних наук, доцент

