

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Котилко Ірини Вадимівни на тему «Оптимізація сумісного використання різнотипних відновлювальних джерел енергії для підвищення надійності роботи електричних мереж», яку представлено на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

Актуальність теми дисертації.

Через стрімку розбудову в електричних мережах (ЕМ) відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) на сьогодні загострилась проблема оптимального інтегрування ВДЕ в електричні мережі енергосистем. Вітроелектричні станції (ВЕС) та фотоелектричні станції (ФЕС) складають на сьогодні біля 90% введених потужностей, а одинична потужність введених в цей час ВДЕ сягає десятки і навіть сотні МВт. Встановлена потужність ВЕС та ФЕС в Україні станом на кінець 2019 року сумарно складає 3653 МВт. ВДЕ суттєво впливають на техніко-економічні показники електричних мереж. Очікується, що розбудова ВДЕ в електричних мережах може суттєво покращити їх енергоефективність – підвищити надійність, зменшити втрати електроенергії, покращити її якість. Проте, на режими роботи електричних мереж негативно впливає нестабільний характер роботи відновлювальних джерел енергії. Оскільки нестабільність ВДЕ вимушено компенсується потужністю з централізованих джерел енергії, то це впливає і на режими ЕЕС.

Умови енергоринку України спонукають ВДЕ працювати за заданим погодинним графіком потужності на наступну добу, тому для роботи за заданим графіком потрібно дослідити потенційні можливості джерел генерування щодо покриття графіків навантаження. Через негарантоване генерування ВДЕ необхідно визначатися з резервом потужності. Крім ЕЕС це можуть бути накопичувачі електроенергії. Оскільки останні суттєво впливають на собівартість електроенергії з ВДЕ, то необхідно обґрунтовувати оптимальну ємність накопичувача. Іншою складовою комплексного завдання інтегрування ВДЕ в електричні мережі є розроблення методів підвищення надійності їх роботи. Очікується, що сумісне використання різнотипних ВДЕ дозволить підвищити надійність електропостачання споживачів мережі та зменшити обсяги недовідпуску електроенергії споживачам.

Отже, на сьогодні актуальним є оптимальне інтегрування ВДЕ в електричні мережі енергосистем враховуючи їх всесторонній вплив. Метою дисертаційної роботи Котилко І.В. є підвищення надійності електричних мереж з різнотипними відновлювальними джерелами енергії за рахунок визначення оптимальних схем приєднання до мережі та обсягів балансувальних потужностей, що визначає її актуальність.

Дисертація виконана в плані наукових досліджень, які проводились кафедрою електричних станцій та систем Вінницького національного технічного університету за держбюджетними темами «Інтелектуалізація електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами енергії на основі

принципу Гамільтона-Остроградського» (№ держреєстрації 0115U001120), «Інтегрування нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в електричні мережі для підвищення їх енергоефективності з використанням SMART GRID технологій» (№ держреєстрації 018U000206) та теми за господарчим договором з Подільським енергоконсалтингом «Програмно-апаратний комплекс прогнозування режимів функціонування фотовольтаїчних електричних станцій». Автор брала участь у виконанні вищевказаних робіт як виконавець.

Короткий аналіз змісту дисертації і відповідність його поставленим задачам.

У *першому розділі* проведено аналіз умов функціонування електричних мереж з відновлювальними джерелами електроенергії в умовах впровадження нового ринку електроенергії, показано вплив нестабільності генерування ВДЕ на надійність роботи електричних мереж та якість електроенергії в них. Також в розділі уточнено задачі наукового дослідження.

У *другому розділі* розроблено математичні моделі для визначення обсягів генерування фотоелектричних станцій, які можуть бути забезпечені маневровими потужностями в об'єднаній електроенергетичній системі України. Показано, що подальший розвиток ФЕС і ВЕС можливо лише при збільшенні маневрових потужностей. Для подальшого нарощування генерування ВДЕ в електричних мережах обґрунтовано використання накопичувачів електроенергії та їх ємності. Показано, що системи акумуляування електроенергії (САЕ) можна буде використовувати для планування та дотримання графіків генерування ФЕС на добу наперед. Оскільки темпи генерування ВДЕ досить високі, то спільне використання накопичувачів електроенергії та ВДЕ, приведе до зменшення кількості теплових електростанцій, що вже технічно відпрацювали свій технічний ресурс.

У *третьому розділі* виконується алгоритмічна реалізація запропонованих у другому розділі методів, зокрема, розроблено алгоритми для визначення ємності накопичувача для балансування режиму електричної мережі та для підвищення надійності її роботи. Показано, що інтегрування ВДЕ, зокрема ФЕС, може і має здійснюватися з урахуванням інтересів електричних мереж. Тоді розбудова ФЕС в електричних мережах може супроводжуватися підвищенням надійності (покращенням SAIDI і SAIFI), зменшенням втрат електроенергії і покращанням її якості. Для підвищення техніко-економічної ефективності сумісної експлуатації розосереджених джерел електроенергії і розподільних електричних мереж потрібно здійснювати ціле направлену реконструкцію останніх. З метою підвищення надійності електропостачання розроблено метод відновлення електропостачання споживачів при втраті централізованого живлення.

У *четвертому розділі* показано ефективність використання розроблених математичних моделей та алгоритмів шляхом обчислювальних експериментів реальних районних електричних мереж. Розглянуто фрагмент схеми Ямпільських РЕМ з ФЕС і малими ГЕС. Результати проведених розрахунків підтверджують позитивний вплив джерел розосередженого генерування на

режимну та балансову надійності розподільних електричних мереж. Проте міра цього позитивного впливу може бути різною, залежно від типу відновлювальних джерел та їх міри прогнозованості. Стверджується, що позитивний ефект від використання ФЕС в електричних мережах отримується лише за умови скоординованого сумісного використання ВДЕ. Для підвищення балансової надійності в роботі запропоновано метод визначення ємності накопичувача для фотоелектричної станції. Показано, що запропонований метод дозволяє отримати низку переваг.

На підставі аналізу змісту дисертації можна зробити висновок, що Котилко І.В. розв'язала поставлені нею задачі і досягла поставлену в роботі мету – підвищення надійності електричних мереж з різнотипними відновлювальними джерелами енергії за рахунок визначення оптимальних схем приєднання до мережі та обсягів балансувальних потужностей.

Зміст дисертації засвідчує її завершеність та відповідність встановленим вимогам і спеціальності, за якою вона подана до захисту. Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації і повністю відображає її кваліфікаційні ознаки.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна.

В дисертації, Котилко І.В. отримала такі результати, що мають суттєву наукову новизну:

- вперше запропоновано метод підвищення надійності роботи розподільних електричних мереж з різнотипними відновлювальними джерелами енергії, що ґрунтується на подачі живлення від джерела з гарантованим графіком генерування на шини ФЕС;

- вдосконалено метод визначення ємності накопичувача енергії фотоелектричної станції для покриття небалансів з застосуванням нейро-нечіткого моделювання;

- на основі аналізу графіків генерування та навантаження встановлено залежності зменшення теплової генерації та нарощування потужностей систем акумулювання енергії для збільшення частки ФЕС в загальному балансі потужностей.

Положення і висновки щодо методів і засобів підвищення надійності в роботі достатньо обґрунтовані. Вони базуються на теорії математичного моделювання, статистичних методів, матричної алгебри, декомпозиції та об'єктно-орієнтованого аналізу.

Висновки по розділах і по роботі в цілому відповідають змісту дисертації і є об'єктивними. Висновки і рекомендації щодо використання результатів досліджень достатньо обґрунтовані і відповідають дійсності. Достовірність їх досягається коректністю використання математичного апарату та наукових положень. Перевірка ефективності розроблених методів та алгоритмів проводилася на основі аналізу результатів моделювання з допомогою сертифікованих пакетів програм розрахунку режимів електричних мереж. Як

вихідні дані для обчислювальних експериментів використовувалася інформація реальних електричних мереж.

Основні результати дослідження **достатньо апробовані**. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 12 робіт, з яких 6 статей у наукових фахових виданнях, 1 з них проіндексована в базі даних Scopus, 1 стаття у міжнародних періодичних виданнях, 6 публікацій у збірниках матеріалів міжнародних технічних конференцій.

Практична цінність отриманих результатів.

Практична цінність роботи полягає в тому, що на підставі результатів виконаних досліджень розв'язана задача підвищення надійності електричних мереж з відновлювальними джерелами енергії, що полягає у визначенні оптимальних схем приєднання до мережі та обсягів балансувальних потужностей. За результатами проведених теоретичних досліджень розроблено метод відновлення електропостачання споживачів електричної мережі та виконано його алгоритмічну реалізацію, що дозволяє покращити показник середньої тривалості перерв в електропостачанні. Запропонований підхід реалізовано та передано для дослідної експлуатації в ТОВ «НЕСС ЕНЕРДЖІ» (довідка про впровадження від 03.09.2019 р.). Розроблені у роботі метод та алгоритм визначення ємності накопичувача, що рекомендується для встановлення на ФЕС, передано для дослідної експлуатації до ТОВ «НЕСС РНД ЦЕНТР» (довідка про впровадження від 20.08.2019 р.). Результати дисертаційного дослідження впроваджено в навчальний процес Вінницького національного технічного університету (довідка про впровадження від 10.09.2019 р.).

Результати дисертаційної роботи можуть бути використані в наукових та проектних організаціях, які займаються дослідженнями та розробкою методів і засобів впровадження відновлюваних джерел енергії, зокрема ФЕС, в електричних мережах енергосистем.

Зауваження по роботі.

1. Перший розділ дисертації містить багато загальновідомої інформації, щодо якої можна було б обійтися посиланнями на літературні джерела. Наприклад, інформація щодо існуючих показників оцінювання надійності роботи електричних мереж, показників якості енергії тощо.

2. В роботі не визначено чи мають бути накопичувачі системи акумулювання електроенергії (САЕ) при конкретних ФЕС, чи вони призначені для сукупності ФЕС, що створюють балансуєчу групу.

3. В роботі не достатньо обґрунтована близька до лінійної (рис. 2.10) залежність ємності САЕ від потужності ФЕС.

4. Для оцінювання переходів з одного стану в інший, при побудові дерева графів автором враховується лише пошкодзованість (відмова) ЛЕП і не враховуються інші елементи ЕМ.

5. Автором проаналізовано великий обсяг статистичної інформації, але необхідної оцінки достовірності результатів в роботі не зроблено.

6. Наукова новизна отриманих автором результатів не в повній мірі відповідає вимогам МОНУ щодо визначення рівня новизни, її порівняльної оцінки та позитивного ефекту.

7. Висновки по роботі не в повній мірі відображують результати виконання поставлених задач дисертації.

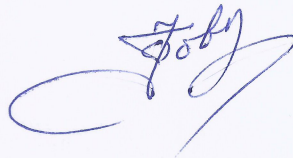
8. Щодо загальної оцінки змісту, структури та оформлення результатів роботи. У роботі зустрічаються граматичні помилки і описки, але кількість їх не виходить за допустимі межі.

В цілому зазначені зауваження не є принциповими і такими, що піддають сумніву результати досліджень. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Котилко І.В.

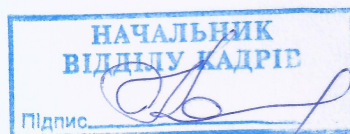
Висновки.

Зміст дисертації Котилко Ірини Вадимівни відповідає спеціальності 05.14.02, за якою вона подана до захисту. Дисертаційна робота має значну наукову цінність, є закінченою науково-дослідною роботою, яка присвячена вирішенню важливої і складної проблеми для електроенергетики – підвищенню надійності та якості роботи електричних мереж з різнотипними відновлювальними джерелами енергії за рахунок визначення оптимальних схем приєднання до мережі та обсягів балансувальних потужностей. Дисертаційна робота за актуальністю теми, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, новизною досліджень і практичною цінністю отриманих результатів відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р., №656). Її автор, Котилко Ірина Вадимівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі та системи.

Професор кафедри світлотехніки та джерел світла
Харківського національного університету міського
господарства ім. О.М.Бекетова,
доктор технічних наук, професор



П. П. Говоров



Котилко Ірина Вадимівна