

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Кравчука Сергія Васильовича на тему:
«Оптимізація потужностей генерування фотовольтаїчних електростанцій в задачах забезпечення балансової надійності локальних електричних систем», яку представлено на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи

1. Актуальність теми та її зв'язок з державними науковими програмами.

Збільшення кількості та встановленої потужності відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в електричних мережах, спонукає останніх набувати ознак локальних електричних систем (ЛЕС), що, в свою чергу, призводить до виникнення задач, які є характерними для електроенергетичних систем (ЕЕС) з крупними тепловими, атомними і гідроелектростанціями. До них відносяться забезпечення надійності електропостачання споживачів, підтримка рівнів напруги в допустимих межах, оптимізація перетоків потужності з метою зменшення втрат, а також підтримування балансової надійності в ЛЕС з комбінованим електроживленням від місцевих і централізованих джерел енергії.

Специфіка вироблення енергії відновлювальними джерелами вимагає врахування природної нестабільності генерування таких джерел. Особливу увагу приділено залежності режиму функціонування ВДЕ від природних умов. В результаті таких досліджень розроблено показники, за яким можна оцінити стабільність розосереджених джерел генерування електричної енергії та якість електропостачання в локальних електричних мережах. Враховуючи нестабільність генерування ВДЕ, зокрема фотовольтаїчних електростанцій (ФЕС), досліджено вплив цих станцій на балансову надійність електричних мереж, а також розроблено метод визначення потужності резерву, що має забезпечувати централізоване джерело живлення для безперебійного електропостачання.

Виходячи з цього, дисертація Кравчука С.В. спрямована на розроблення методів та засобів підвищення балансової надійності локальних електричних систем і тому є актуальною.

Дисертація виконана в плані наукових досліджень, які проводились кафедрою електричних станцій та систем Вінницького національного технічного університету за держбюджетною та госпдоговірною темами: «Інтелектуалізація електроенергетичних систем з відновлювальними джерелами енергії на основі принципу Гамільтона-Остроградського» (№ держреєстрації 0115U001120) та «Програмно-апаратний комплекс прогнозування режимів функціонування фотовольтаїчних електричних станцій» (№ договору 2162) відповідно. Автор брав участь у виконанні вищевказаних робіт як виконавець.

2. Ступінь обґрунтованості і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій.

Наукові положення, висновки і рекомендації, їх достовірність та наукова новизна базуються на коректній постановці завдання досліджень, використанні методів критеріального моделювання, лінійного програмування, методу вузлових напруг, матричної алгебри, теорії графів. Для розроблення алгоритмів і програм аналізу графіків генерування ФЕС та їх впливу на режими роботи ЛЕС використовувалися декомпозиція та об'єктно-орієнтований аналіз.

З урахуванням вимог та ступеня представлення основних наукових положень і результатів роботи їх можна оцінити цілком обґрунтованими та достовірними.

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. В якості вихідних даних для обчислювальних експериментів використовувалися режимні виміри напруги, потужностей генерації сонячних електростанцій та споживання.

3. Новизна сформульованих в дисертації наукових положень.

Новизна наукових положень полягає у тому, що:

– вперше запропоновано метод визначення оптимальної потужності резерву для фотовольтаїчних електростанцій в локальній електричній системі за критерієм мінімуму приведених витрат енергопостачальної компанії, що ґрунтується на оцінюванні нестабільності процесу генерування ФЕС;

– вперше запропоновано метод узгодження графіків електричних навантажень в локальній електричній системі і генерування фотовольтаїчних електростанцій в ній, що, на відміну від існуючих, дозволяє підвищити енергоефективність ЛЕС за рахунок покращення якості електроенергії та зменшення її недовідпуску.

– вдосконалено метод визначення коефіцієнта стабільності генерування ФЕС завдяки застосуванню розподілу Гаусових сумішей для генерації ФЕС та електроспоживання ЛЕС, що дозволяє обґрунтувати вибір накопичувача електроенергії, який є одним з засобів підвищення балансової надійності ЛЕС;

– отримав подальший розвиток метод оцінювання якості функціонування локальних електричних систем шляхом визначення вагових коефіцієнтів для складових інтегрального показника якості.

4. Значимість результатів роботи для науки і практики.

Практична цінність роботи полягає в тому, що на підставі результатів виконаних досліджень розв'язана задача підвищення балансової надійності ЛЕС, яка полягає у визначенні оптимальної потужності резерву від централізованих джерел живлення. Така потужність визначена за критерієм мінімуму приведених витрат енергопостачальної компанії.

За результатами проведених теоретичних досліджень розроблено програмне забезпечення, що дозволяє на основі аналізу нерівномірності сумарного добового графіка локальної електричної системи визначити необхідну міру зміщення графіка споживання протягом доби за умови фінансового стимулювання енергопостачальною компанією в частині забезпечення максимального вирівнювання сумарного добового графіка електроспоживання ЛЕС.

Розроблені у роботі алгоритми та програми визначення ємності накопичувача, що рекомендується для встановлення на фотовольтаїчній електростанції, передано для дослідної експлуатації до ТОВ «Подільський енергоконсалтинг». На основі вдосконаленого показника якості функціонування ЛЕС запропоновано метод визначення оптимальної встановленої потужності ФЕС, яка забезпечує зниження втрат електроенергії, підвищення якості напруги і надійності електропостачання. Запропонований підхід реалізовано програмними засобами та передано для дослідної експлуатації в ТОВ «Енергоінвест».

5. Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях.

Основні результати дослідження достатньо апробовані. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 15 робіт, з яких 7 статей у наукових фахових виданнях, 4 статті у міжнародних періодичних виданнях, 1 з них проіндексована в базі даних Scopus, 3 публікації у збірниках матеріалів міжнародних технічних конференцій, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.

Основні положення дисертаційної роботи і результати досліджень пройшли достатню апробацію, доповідалися та обговорювалися на одинадцяти науково-технічних конференціях.

Автореферат дисертації відображає її зміст, ідеї і висновки. У авторефераті розкрито внесок дисертанта в даний науковий напрям, новизна розробок, теоретичні і практичні значення результатів проведених досліджень.

6. Оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеності.

У першому розділі проведено аналіз умов функціонування електричних мереж з відновлювальними джерелами електроенергії, показано вплив нестабільності генерування відновлювальних джерел енергії на втрати електроенергії в електричних мережах, на якість електроенергії в них, а також на надійність електропостачання, обґрунтовано

доцільність використання інтегрального показника якості функціонування електричних мереж з ВДЕ. З метою узгодження графіків генерування ВДЕ та навантаження проаналізовано показники оцінювання їх нерівномірності. Також в розділі сформульовані задачі наукового дослідження.

У другому розділі розроблено математичні моделі для визначення впливу відновлювальних джерел енергії, зокрема ФЕС, на якість функціонування локальних електричних систем. За рахунок поєднання теорії марковських процесів та критеріального методу в моделі враховано зміну параметрів та характеристики їх елементів. Розроблено показники, що дають змогу оцінювати основні властивості функціонування локальної електричної системи: балансову надійність, стабільність генерування ФЕС, потужність необхідного резерву для забезпечення балансової надійності ЛЕС. Запропоновано метод узгодження графіків генерування ФЕС та навантаження ЛЕС.

У третьому розділі виконано алгоритмічну реалізацію запропонованих у другому розділі методів. Розроблено алгоритми визначення показника якості функціонування локальної електричної системи, показника оцінки стабільності генерування ФЕС для забезпечення балансової надійності ЛЕС, визначення ємності та графіка роботи накопичувача електроенергії ФЕС з урахуванням нестабільності її генерування, визначення імовірності забезпечення нормативних значень відхилення рівня напруг у вузлах та втрат потужності в ЛЕС, визначення оптимальної потужності генерування ФЕС на основі оцінювання якості функціонування ЛЕС, узгодження графіків генерування ФЕС та електричного навантаження ЛЕС.

У четвертому розділі показано ефективність використання розроблених математичних моделей та алгоритмів шляхом виконання обчислювальних експериментів на прикладі фрагменту схеми Ямпільських РЕМ. Підтверджено доцільність застосування методів щодо визначення оптимальної, за критерієм мінімуму приведених витрат енергопостачальної компанії, потужності резерву та узгодження графіків генерування ФЕС та навантаження ЛЕС.

В загальних висновках наводиться формулювання розв'язаної науково-прикладної задачі та узагальнення отриманих наукових та практичних результатів.

Додатки містять інформацію про впровадження результатів роботи, список опублікованих праць за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

Дисертація містить усі необхідні структурні компоненти, а її обсяг знаходиться в рамках встановлених норм.

Наведена оцінка змісту 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.

7. Зауваження по дисертаційній роботі.

1. В п.1.3 наведено чотири морфологічних показника: M_1 , M_2 , M_3 та M_4 , які визначають нерівномірність добового графіка навантаження. Бажано було б деталізувати визначення нерівномірності графіка навантаження на основі «сукупного» аналізу цих морфологічних показників.

2. Як зазначено в п. 1.5, дійсно, генерації ВЕС та СЕС притаманний ймовірнісний характер, який визначається багатьма чинниками. З урахуванням цього, є незрозумілим підхід визначення оптимальної потужності ВДЕ на основі електроенергії цих джерел. Очевидно, що врахування потужності генерації ВДЕ дозволить забезпечити визначення їх впливу на втрати активної потужності та напруги в мережі, а отже, ідентифікувати таку потужність генерації СЕС, при якій забезпечуються допустимі втрати напруги та активної потужності.

3. В роботі запропоновано визначення інтегрального показника якості функціонування ЛЕС. В той же час при лише відомому значенні цього показника (зворотна задача) залишається відкритим питання, а саме: яка складова (наприклад, за відхиленням напруги або за втратами активної потужності) має найбільший вплив на значення цього коефіцієнту, що дозволило б визначити заходи, направлені на підвищення коефіцієнтів окремих складових (відхиленням напруги або за втратами активної потужності).

4. В п. 2.2.6 запропоновано визначати вагові коефіцієнти для інтегрального показника якості функціонування ЛЕС методом попарного порівняння критеріїв. Застосування даного методу потребує опрацювання думок експертів, що вносить певну похибку на результати такого аналізу.

5. В п. 3.1.4. запропоновано алгоритм визначення оптимальної потужності СЕС. У разі, якщо оптимальна потужність СЕС буде менше від поточної потужності, що генерується цією станцією, це потребує обмеження генерації СЕС і до недовикористання її встановленої потужності.

6. В тексті роботи декілька разів зустрічається визначення «якісне та надійне функціонування». Бажано конкретизувати, якою величиною або показником визначається таке функціонування.

7. В п. 4.1.5 визначається оптимальна потужність резерву з урахуванням добового графіку навантаження, проте графік генерації СЕС розглядається з 06.00 до 20.00. В роботі не зазначено, на якому рівні повинен підтримуватися резерв потужності для годин нічного мінімуму, тобто коли потужність генерації ФЕС дорівнює нулю.

8. Щодо загальної оцінки змісту, структури та оформлення результатів роботи. У роботі зустрічаються граматичні помилки і описки, але їх кількість є допустимою і це не впливає на зміст роботи.

Наведені зауваження не ставлять під сумнів наукову новизну чи практичну значимість одержаних в дисертації результатів.

8. Висновок.

Дисертація Кравчука С.В. є завершеною науковою працею, яка присвячена вирішенню важливої і складної проблеми для електроенергетики – розбудови відновлюваних джерел енергії в електричних мережах. В ній отримано нові науково обґрунтовані результати, що у сукупності розв'язують актуальну науково-прикладну задачу підвищення балансової надійності локальних електричних систем, за рахунок визначення оптимальної потужності генерування фотовольтаїчних електростанцій.

За змістом та одержаними результатами дисертаційна робота задовольняє вимогам п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013р., зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів №656 від 19 серпня 2015 р., а її автор, Кравчук Сергій Васильович, заслуговує присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи.

Офіційний опонент,
доцент, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник відділу
модельовання електроенергетичних об'єктів і систем
Інституту електродинаміки НАН України

А. О. Стелюк

Відомо А. О. Стелюку:
Інституту електродинаміки
Нац. Академії наук України

