

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Коваленко Ірини Яківни

на тему «Автономна безмультимплікаційна вітроелектрична установка на базі генератора торцевого типу»

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 Електрична інженерія

за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Актуальність теми дисертації.

Сучасна вітроенергетика вже сьогодні є важливою галуззю енергетики в ряді країн та відіграє ключову роль у забезпеченні електричною енергією. Відповідно до сучасних тенденцій, зацікавленість споживачів змістилася з потужних вітроустановок мегаватного класу (біля 98% світового вітроенергетичного парку) до установок з малою встановленою потужністю (до 100 кВт). Вказана обставина в першу чергу пов'язана з глобальними змінами клімату та останніми зобов'язанням світової спільноти щодо забезпечення сталого розвитку суспільства. Для досягнення цієї амбітної мети необхідно впроваджувати заходи, які направлені на зменшення екологічного впливу і розвитку відновлюваної енергетики, яка не завдає шкоди навколишньому середовищу.

Споживачі з відносно невеликим рівнем споживання енергії, останнім часом проявляють підвищений інтерес до розробки та впровадження установок на основі відновлюваних джерел енергії. Така ситуація спричинена багатьма факторами, а саме залежністю від тарифів місцевих енергокомпаній, що надають послуги з електро- та теплопостачання; виникненням вимушених перерв в наданні послуг, які часто відбуваються через несплатежі несумлінних сусідів, тренду на екологічність тощо.

Технологічні зміни останніх років, які призвели до виробництва більш ефективних і надійних вітрових турбін, дозволили зробити енергію вітру економічно ефективнішою. Сьогодні вітрові турбіни, які виробляють електроенергію, використовують перевірену технологію та забезпечують безпечне та стабільне енергопостачання. Через змінний характер вітру, питання максимально ефективного використання його енергії в процесі електромеханічного перетворення є актуальним науковим завданням.

Традиційним підходом до підвищення ефективності використання енергії вітру є зміна аеродинамічних параметрів ротора вітрової турбіни або використання більш досконалих аеродинамічних профілів. Іншим дієвим способом підвищення ефективності перетворення енергії вітру є вдосконалення конструкції існуючих генераторів або розробка абсолютно нових типів генераторів.

В наведеній дисертаційній роботі виконані дослідження для визначення параметрів енергогенеруючого обладнання, що дозволяють забезпечити збалансування вихідної потужності при різних швидкостях вітру. На основі проведених досліджень розв'язана наукова задача, яка полягає в обґрунтуванні методів регулювання вихідної потужності та розробці генераторного обладнання безмультиплікаторної автономної вітроелектроустановки, з урахуванням даних методів і змінної частоти вітру.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Вирішення поставлених у роботі завдань досліджень, здійснювалося з використанням: загальної теорії вітроелектричних установок, методів математичного моделювання, основою яких є чисельне розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь для оцінки способів корекції вихідної потужності, методи теорії планування експерименту та фізичного моделювання при експериментальних дослідженнях, відомі методики розрахунку магнітоелектричних генераторів при визначенні вихідних параметрів генератора, метод скінченних елементів при розрахунку електромагнітного поля генератора та потокозчеплення.

Узгодження цих результатів підтверджує адекватність запропонованих математичних моделей та результатів, що були одержані аналітичними методами. Отже, методи дослідження відповідають поставленим завданням і забезпечують ефективне їх розв'язання та досягненої у роботі мети. Наведені аргументи дають змогу визнати наукові результати, що були одержані аналітичними методами.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Отримав подальший розвиток метод порівняльного аналізу аеродинамічних характеристик роторів вітроустановок шляхом урахування раціонального взаємовпливу коефіцієнта використання енергії вітру і модуля швидкохідності, що дозволив провести узгодження аеродинамічних

характеристик ротора вітроустановки з механічною характеристикою електрогенератора та встановлювати межі корекції моменту і потужності за різних значень швидкості вітру.

2. Уточнена математична модель безмультимплікаційної вітроелектроустановки з магнітоелектричним генератором з одностороннім та двостороннім розташуванням магнітів ротора, яка, на відміну від відомої, враховує наявність впливу параметрів подвійного статора та додаткової обмотки для підмагнічування магнітної системи, що дозволило визначити межі корегування вихідної потужності генератора.

3. Обґрунтовано шляхом структурного імітаційного моделювання та експериментально підтверджено характер впливу корекції вихідної потужності магнітоелектричного генератора з аксіальним магнітним потоком за допомогою введення статичних конденсаторів та додаткового збудження статора генератора, що дозволило провести оцінку величини корегування вихідної потужності за випадкової зміни швидкості вітру.

Практичне значення отриманих результатів у:

- розробці методики побудови імітаційної моделі генератора вітроелектроустановки з одностороннім та двостороннім розташуванням магнітів ротора;

- розробці алгоритму визначення ємності додаткових конденсаторів для корекції вихідної потужності магнітоелектричного генератора з аксіальним магнітним потоком безмультимплікаційної вітроустановки;

- розробці методики експериментального дослідження магнітоелектричного генератора з аксіальним магнітним потоком у складі безмультимплікаційної вітроелектроустановки, для проведення досліджень ефективності корекції вихідної потужності у вигляді структурних алгоритмів.

Робота безпосередньо пов'язана із науковою тематикою, яка виконувалась на кафедрі нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії КПІ ім. Ігоря Сікорського. Результати роботи використані при виконанні дослідних робіт ІВЕ НАН України за темою «Розроблення математичних моделей прогнозу та оптимізації процесів перетворення енергії вітру в енергетичних системах (Державний реєстраційний номер: 0119U001599) та передані для використання у навчальному процесі та наукових дослідженнях кафедри електропостачання ім. проф. В.М. Синькова ІНІ енергетики, автоматики і енергозабезпечення Національного університету біоресурсів та природокористування України.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Коваленко І.Я. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у галузь знань 14 «Електрична інженерія».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Коваленко Ірини Яківни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Дослідження відповідає основній темі дослідження і представлено у послідовній та доступній формі. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 170 сторінок.

У *вступі* дисертації обґрунтовано актуальність теми, визначено мету і задачі досліджень, підкреслено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, розглянуто особистий внесок здобувача та наведено апробацію результатів.

У *першому розділі* автором проаналізовано роботи та дослідження зарубіжних та вітчизняних науковців за темою дисертації. Представлено відомі підходи до налаштування параметрів вітроенергетичних установок. Автор розглядає існуючі типи генераторів, що використовуються у вітроенергетичних установках.

У *другому розділі* порівнюються аеродинамічні характеристики роторів вітрогенераторів у зв'язку з взаємодією між коефіцієнтом використання енергії вітру та модулем швидкості. Розраховано геометричні розміри вітрогенератора для визначення енергетичних витрат на регулювання потужності генератора при зміні швидкості вітру.

У *третьому розділі* викопане технічне обґрунтування конструкції генератора вітроелектростанції та наведені розрахунки для вибору генератора торцевого типу із збудженням від постійних магнітів. Для дослідження параметрів і характеристик синхронного генератора вказаного типу, розроблено чисельну математичну модель, яка враховує аеродинамічні параметри осердя статора і ротора вітротурбіни.

Розроблено математичну модель для прогнозування смності конденсатора для ефективного перетворення механічної енергії вітрового потоку в електричну енергію. За допомогою моделі, розробленої засобами програмного середовища MATLAB-Simulink, оцінено вплив додаткової смності, що використовується в процесі намагнічування генератора, на вихідну потужність і напругу генератора при зміні частоти обертання ротора вітрової турбіни і постійній швидкості вітру.

У *четвертому розділі*, розроблено випробувальний стенд для дослідження параметрів і характеристик автономного магнітоелектричного генератора у складі вітроелектростанції. За допомогою стенду була оцінена можливість корекції вихідної ефективної потужності генератора в різних режимах роботи. Результати показали, що найбільш ефективним способом регулювання вихідної потужності є використання додаткових обмоток підмагнічування. Цей спосіб дозволяє збільшити вихідну потужність без додаткових втрат в режимі низьких навантажень. Використання додаткових обмоток намагнічування дозволяє збільшити вихідну ефективну потужність на 44%, 35,5%, 18,07% і 21,6% при частотах обертання – 200 об/хв, 350 об/хв, 550 об/хв і 650 об/хв відповідно. Порівняння експериментальних результатів з результатами математичного моделювання показує високу достовірність отриманих результатів.

Загальні висновки висвітлюють одержані наукові результати, а також включають основні рекомендації щодо їх використання.

У *додатках* до дисертації наведено розрахунки параметрів вітроустановки, методику розрахунку основних розмірів генератора та акти впровадження результатів дисертаційної роботи в наукові організації та навчальні заклади.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 23 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 13 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у

періодичних наукових виданнях, проіндексовані у базі даних Scopus, з яких 1 віднесена до другого квартилю (Q2) і 2 статі у виданнях, віднесених до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports. Також результати дисертації були апробовані на 10 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Кількість завдань досліджень, що ставляться на початку роботи, значно перевищує існуючі вимоги до дисертацій докторів філософії. Вважаю, що можна було звужити завдання досліджень для більш глибокого розгляду певних питань, наприклад дослідженні впливу смності конденсаторів у ширшому діапазоні.

2. Для забезпечення більш комплексної оцінки ефективності конструкції запропонованої вітроустановки було б доцільно розглянути не тільки електромеханічні засоби регулювання, а й засоби на базі силових електроніки.

3. В роботі не виконані розрахунки техніко-економічної ефективності впровадження запропонованих систем, це б значно підвищило їх інвестиційну привабливість.

4. Наукове завдання на початку роботи відрізняється від наукового завдання у загальних висновках, у додатках наведено методичку розрахунку, а не алгоритм;

5. Незрозуміло сформульовані висновки 3 та 9 до розділу 3. У розділі 3 необхідно було б виконати аналіз впливу смності у певному діапазоні, а не певних визначених значень, що не дає повного уявлення про отриманий результат

6. На стор. 28 наведено фразу «за останні 15 років та роки 2005-2016», що не є коректною інформацією і спотворює результат. На стор. 64 стверджується, що машини з аксіальним магнітним потоком мають менший об'єм у порівнянні зі машинами класичної конструкції, проте не наведено доказів. В таблиці 3.1, стор. 66 вказано матеріал статора та ротора сталь, що є невірним. Незрозумілою є заступна схема (рис. 3.33) на стор. 98. На стор. 128 є незрозумілим твердження «використання додаткових приєднаних конденсаторів збільшує навантаження на ротор вітрогенератора, збільшує втрати в

генераторі, зменшус його загальний ККД та дозволяє ступінчасте регулювання вихідних параметрів»

7. В тексті зустрічаються некоректні терміни: «падіння напруги» замість *спадання напруги*; «обороти» замість *оберти*; «вихід енергії» замість *енергоефективність*; «низькошвидкісні» замість *низькочастотні* тощо.

Висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Коваленко Ірини Яківни на тему «Автономна безмультимплікаційна вітроелектрична установка на базі генератора торцевого типу» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 14 «Електрична інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Коваленко Ірина Яківна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Рецензент:

Професор кафедри
відновлюваних джерел енергії
КІП ім. Ігоря Сікорського,
д-р, техн. наук, доцент



Олександр ОСТАПЧУК

М.П. «22» грудня 2023 року

