

ВІДГУК

офіційного опонента 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 світова тенденція розвитку електроенергетики спрямована на масштабне використання відновлюваних джерел енергії, що зумовлено вичерпністю запасів викопних органічних і ядерних палив та актуальністю проблеми декарбонізації економіки. В нашій країні розроблення технологій використання нових видів палива, відновлюваних і альтернативних джерел енергії відноситься до пріоритетних тематичних напрямів науково-технічних досліджень (постанови Кабінету Міністрів України № 942 від 7 вересня 2011 р. та № 463 від 9 травня 2023 р.). Вже споруджено близько 1740 МВт потужності промислових вітроелектростанцій в складі електроенергетичної системи України, проте ринок малих автономних вітроенергетичних установок практично відсутній. Тому тема даного дисертаційного дослідження безсумнівно актуальна та своєчасна.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Дисертаційна робота спрямована на обґрунтування методів регулювання вихідної потужності малих вітроелектричних установок з прямим приводом генератора торцевого типу з урахуванням стохастичної зміни швидкості вітру. Дослідження здійснювались з використанням основних положень теорії вітрових турбін, числового розв'язку нелінійних диференціальних рівнянь динаміки обертового руху складових конструкції вітроелектричної установки, методу скінченних елементів розрахунку електромагнітного поля генератора, експериментальних випробовувань фізичного макету генератора.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження:

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 вітроелектричної установки 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.

Отже, можна зазначити, що в дисертаційній роботі досягнуто поставленої мети, а здобувач оволодів методологією наукового дослідження.

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

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

Дисертація викладена на 170 сторінках, складається із анотації, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел в кількості 119 одиниць та 6 додатків.

У вступі описано актуальність теми, мету і задачі дослідження, сформульовано наукову новизну отриманих результатів і їхнє практичне значення, особистий внесок здобувача, а також апробацію результатів роботи.

У першому розділі проведено аналіз літературних джерел за тематикою дисертаційного дослідження та відомі методи регулювання параметрів електроенергії вітроустановок. Наведено огляд різних типів електрогенераторів, що використовуються у складі вітроустановок, зокрема, генераторів з аксіальним магнітним потоком. Оскільки для малопотужних вітроустановок більш перспективним є використання генераторів торцевого типу, то його і було обрано для подальших досліджень.

У другому розділі виконано дослідження аеродинамічних характеристик роторів вітроустановок в залежності від коефіцієнта використання енергії вітру і модуля швидкохідності. Проведено узгодження аеродинамічних характеристик ротора вітротурбіни з механічною характеристикою електрогенератора, що дало можливість встановити межі корекції за моментом та потужністю за різних значень швидкості вітру. Запропоновано для подальшого дослідження два методи корекції: приєднання додаткових конденсаторів до обмотки статора генератора та застосування додаткової обмотки збудження.

В третьому розділі обрано для подальших досліджень генератор торцевого типу із збудженням від постійних магнітів. Розроблено числову математичну модель для дослідження параметрів та характеристик синхронного генератора із постійними магнітами, з врахуванням двосторонньої активної зони статора. Також розроблено імітаційну математичну модель корекції вихідної потужності безмультіплікаційної вітроустановки з магнітоелектричним генератором з двостороннім розташуванням постійних магнітів на роторі та аксіальним магнітним потоком за дискретних та випадкових значеннях швидкості вітру. Проведено дослідження методів корекції вихідної потужності генератора безмультіплікаційної вітроустановки шляхом підключення конденсаторів до якорної обмотки генератора та шляхом застосування додаткової обмотки підмагнічування. Зроблено висновок про доцільність застосування додаткової обмотки підмагнічування.

У четвертому розділі описано результати експериментального дослідження можливості корекції вихідної активної потужності магнітоелектричного генератора в автономному режимі роботи в результаті підключення конденсаторів до якорної обмотки та застосування додаткової обмотки підмагнічування. Експериментально підтверджено ефективність метода регулювання шляхом застосування додаткової обмотки підмагнічування, що узгоджується з результатами моделювання, отриманими в третьому розділі роботи.

У висновках висвітлено основні результати дослідження.

Додатки містять графічне представлення функціональних залежностей коефіцієнта використання енергії вітру від швидкохідності ротора та коефіцієнта гальмування повітряного потоку для різних аеродинамічних профілів лопатей малопотужних вітроустановок, питомої потужності на валу ротора вітроустановки від модуля швидкохідності та швидкості вітру для певних профілів лопатей, алгоритм розрахунку основних параметрів генератора, три акти використання результатів дисертаційного дослідження в науково-дослідних та навчальних інститутах.

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

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрямок «Джерела відновлюваної енергії та її перетворення».

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

Порушення принципів академічної доброчесності не виявлено.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Етапи дослідження виконані відповідно загальної тематики роботи, є логічними і викладені в зрозумілій та доступній формі.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 23 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 13 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus та віднесених до третього квартилю (Q3).

Результати дисертації були апробовані на 10 наукових фахових конференціях.

Наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Порушення принципів академічної доброчесності не виявлено.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Зауваження.

1. У вступі при обґрунтуванні актуальності теми дослідження пошукач висловлює свою думку стосовно перспективи збільшення потужності вітроустановки шляхом збільшення діаметру її ротора наступним чином (стор.17 останній абзац): "... Так для збільшення величини потужності на валу ротора збільшують його діаметр. Але підвищення потужності в два рази призводить до збільшення діаметра ротора в чотири рази. Такий результат викликає подальше зростання розмірів, а значить і маси інших складових вітроагрегата, тобто питома матеріалоемність конструкції зростає і знижується економічна доцільність використання даної установки....".

Наведений постулат (посилання на першоджерело відсутнє) не відповідає теоретичним положенням вітротехніки і суперечить практиці побудови та експлуатації вітроустановок, тому його необхідно визнати помилковим.

2. Для математичного моделювання перехідних електромагнітних та електромеханічних процесів в генераторі використовується повна система диференціальних рівнянь Парка-Горєва (3.5). Проте вона доповнюється ще одним рівнянням руху обертових частин (3.7), яке вже використовується в (3.5), але з іншими позначеннями змінних (передостаннє рівняння). До того ж, автор викладає своє розуміння фізичного змісту параметрів L_d, L_q як змінних величин, що залежать від положення ротора генератора (стор.74, передостанній абзац; стор.76, останній абзац: "...Індуктивності L_q та L_d являють собою залежність між фазною індуктивністю та положенням ротора..."). Таке трактування є помилковим, так як суть перетворення координат Парка-Горєва полягає в заміні функціональної залежності індуктивностей фаз статора від положення ротора на сталі

значення розрахункових еквівалентних індуктивностей статора L_d, L_q , що обертаються разом з ротором.

3. Рівняння динаміки обертового руху синхронної машини в (3.5), (3.7) та (3.25) записано для умов функціонування в режимі двигуна зі сталим значенням механічного моменту на валу, а не для генераторного режиму. До того ж, механічний момент на валу генератора залежить від частоти обертання, відповідно до матеріалів другого розділу.

4. Дослідження методів корекції потужності генератора на експериментальному стенді здійснювалось для різних сталих значень частоти обертання. В роботі відсутня інформація про параметри приводного двигуна для макету генератора і методу стабілізації частоти обертання, тому потребує пояснення в результаті чого було отримано збільшення потужності генератора при застосуванні любого із методів корегування. Якщо номінальні значення моментів вітрової турбіни і генератора однакові, то у відповідності до даних рис.2.4 збільшення моменту навантаження призводить до майже пропорційного зменшення частоти обертання.

Недоліки оформлення.

1. Автор довільно трактує деякі поняття термінів стосовно конструкції вітроустановки, що стандартизовані в нормативному документі ДСТУ 3896:2007. Зокрема, один з основних регульовальних параметрів вітрової турбіни, а саме кут установлення лопаті, визначається в третьому розділі на сторінці 72 як кут нахилу лопаті, а на наступній (стор.73) - як кут атаки лопаті. Використовується заміна стандартизованого поняття "коефіцієнт використання енергії вітру" на коефіцієнт корисної дії вітроустановки (стор.72, формула (3.4)).

2. Використовуються різні позначення одного і того ж коефіцієнта використання енергії вітру (в розділі 2 - ξ , в розділі 3 - C_p). Аналогічна ситуація і з позначенням параметра швидкохідності (в розділі 2 - z , в розділі 3 - λ). До того ж, приведені на стор.72 визначення швидкохідності (λ - коефіцієнт відношення швидкості обертання турбіни до швидкості вітру;) є неправильним.

3. В роботі поняття методу і способу як ототожнюються, так і протиставляються між собою. Так, зокрема, навіть у загальних висновках в п.3 наголошується про способи корекції потужності, а в п.5 - про методи корекції.

Текст на стор. 74-75 з формулами 3.6, 3.7, 3.8 повторюється на стор.76-77. Якість рисунків 1.3, 1.4, 1.5, 1.8 незадовільна.

Вважаю, що 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 знань¹⁴ «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 знань¹⁴ «Електрична інженерія» за спеціальністю¹⁴¹ «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Офіційний опонент:

завідувач відділом гідроенергетики

Інституту відновлюваної енергетики НАН України

доктор технічних наук,

старший науковий співробітник



Петро ВАСЬКО

Підпис д-ра техн. наук П. Васька засвідчую.

Вчений секретар

Інституту відновлюваної енергетики НАН України

доктор технічних наук

«21» грудня 2023 р.



Таміла СУРЖИК

