

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Коваленко Ірини Яківни на тему «Автономна безмультиплікаційна 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.

Електропостачання споживачів через віддаленість від енергосистеми та малої потужності потребує великих витрат. Велика протяжність та розгалуженість ліній електропередачі (ЛЕП), зношування електричних мереж викликають значні втрати електроенергії. В результаті спостерігається зростання витрат на електропостачання, що погіршує умови комфортного проживання населення України. Одним із шляхів вирішення залежності від регіональної електромережі є застосування автономних електроустановок. Це дозволяє знизити втрати, отже, витрати на передачу електроенергії.

Для зниження витрат на електропостачання перспективним напрямом є використання відновлюваних джерел енергії. При цьому, вони можуть знизити витрати на електроенергію, що споживається, за рахунок заміщення традиційних енергоресурсів. В даний час у світі діє великий парк вітроенергетичних установок великої, середньої та малої потужності. Найбільш поширеними є вітроелектричні станції великої потужності, встановлені, як правило, на територіях, де спостерігається висока швидкість вітру. Для малопотужних споживачів є актуальним використання вітроелектричних установок малої потужності. Використання таких електроустановок в районах з низькою швидкістю вітру розширює сферу їх застосування.

Технологія малих вітряних турбін може позитивно вплинути на енергетичну безпеку та на стратегічні енергоефективні технології. Малі вітряні турбіни є «розподіленим» джерелом генерації з перспективним потенціалом для швидкого і відносно недорогого зростання потужності. Невеликі вітряні турбіни можуть покращити енергоефективність систем електропостачання. Крім того, електроенергія, що генерується малими вітряними турбінами, використовує екологічно чисте джерело енергії - вітер.

У секторі малої вітроенергетики, існують вітроустановки, які працюють ефективно лише при одній конкретній швидкості вітру. Це обмеження у номінальній потужності призводить до невідповідного використання потенціалу вітру в широкому діапазоні його швидкостей. З цього приводу, важливою задачею, яка має практичне значення, є створення автономної

безмультимплікаційної малопотужної вітроустановки на основі результатів математичного моделювання.

Порівняно з іншими відомими варіантами, дана розробка наближається до максимального використання енергії вітру при будь-якій його швидкості. Додатковою актуальною задачею є аналіз аеродинамічних характеристик роторів вітроустановок та розробка числових імітаційних моделей для оцінки ефективності різних методів корекції вихідної потужності генератора безмультимплікаційної вітроустановки.

Таким чином, **метою** дисертаційного дослідження є обґрунтування методів регулювання вихідної потужності генераторного обладнання безмультимплікаційної автономної вітроелектроустановки шляхом математичного та імітаційного моделювання за змінної частоти обертання ротора вітроустановки, що визначає його **актуальність**. В роботі приділяється увагу новим можливостям для глибокого вивчення електромеханічних процесів у вітроустановках малої потужності та дослідженню методів корекції вихідної потужності. Для цього використовуються сучасні засоби чисельного моделювання, такі як програмні пакети MATLAB-Simulink, Comsol Multiphysics. Використання цих інструментів дозволяє підвищити точність розрахунків, враховувати конструктивні особливості, нелінійні властивості матеріалів генератора вітроустановки та проводити імітаційне моделювання різноманітних робочих, перехідних і динамічних процесів.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

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.

2. Вдосконалена математична модель безмультимплікаційної вітроелектроустановки з магнітоелектричним генератором з одностороннім та двостороннім розташуванням магнітів ротора.

3. Шляхом структурного імітаційного моделювання обґрунтовано та експериментально підтверджено характер впливу корекції вихідної потужності магнітоелектричного генератора з аксіальним магнітним потоком за допомогою введення статичних конденсаторів та додаткового збудження статора генератора.

Положення і висновки відносно суті проблеми, принципів і методів побудови математичних моделей в роботі обґрунтовані та базуються на законах електротехніки, теорії електричних кіл і методах математичного моделювання.

Висновки по розділах і по роботі в цілому відповідають змісту дисертації і є об'єктивними. Можна стверджувати, що наведені в дисертаційній роботі Коваленко І. Я. висновки і рекомендації щодо використання результатів досліджень достатньо обґрунтовані та відповідають дійсності. Достовірність їх забезпечена коректністю використання математичного апарату, наукових положень та результатів експерименту. Можна стверджувати, що в дисертаційній роботі Коваленко І. Я. поставлене наукове завдання виконано, а здобувач оволодів методологією наукових досліджень.

Практична цінність отриманих результатів.

Розроблено методики побудови імітаційної моделі генератора вітроелектроустановки з одностороннім розташуванням магнітів ротора, побудови імітаційної моделі генератора вітроелектроустановки з двостороннім розташуванням магнітів ротора та методику експериментального дослідження безмультимплікаційної вітроелектроустановки у складі з магнітоелектричними генераторами з аксіальним магнітним потоком для проведення досліджень ефективності корекції вихідної потужності у вигляді структурних алгоритмів. Розроблено алгоритм визначення ємності додаткових конденсаторів для корекції вихідної потужності магнітоелектричного генератора з аксіальним магнітним потоком безмультимплікаційної вітроустановки. Наукові та практичні результати дисертаційної роботи передано для використання у навчальному процесі низки спеціалізованих кафедр університетів.

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 науковий напрям 14 «Електрична інженерія».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Коваленко І. Я. 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.

Короткий аналіз змісту дисертації, відповідність його поставленим задачам, мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Дослідження виконано відповідно до основної теми роботи і представлено в послідовній та доступній

формі. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків.

У *вступі* дисертаційної роботи розглянуто актуальність теми, визначено мету та завдання дослідження, сформульовано наукову новизну отриманих результатів та їхнє практичне значення. Також вказано особистий внесок здобувача і наведено апробацію отриманих результатів.

У *першому* розділі Коваленко І.Я. аналізує літературні джерела, що стосуються теми дослідження дисертації, та представляє відомі методи регулювання параметрів вітроустановок. У ході дисертаційного дослідження виконується порівняльний аналіз генераторів з аксіальним магнітним потоком та генераторів традиційної конструкції із постійними магнітами малої потужності. З огляду на перспективи використання генераторів торцевого типу в даному класі потужностей, саме цей клас генераторів обирається для подальших досліджень.

У *другому* розділі проводиться розрахунок геометричних розмірів генератора вітроустановки з метою визначення енергетичних витрат на регулювання потужності генератора при зміні швидкості вітру.

У *третьому* розділі розглядаються генератори для використання у вітроелектричних установках, і обирається генератор торцевого типу із збудженням від постійних магнітів для подальших розрахунків. Розробляється числова математична модель для дослідження параметрів та характеристик синхронного генератора із постійними магнітами, враховуючи двосторонню активну зону статора та аеродинамічні параметри ротора вітроустановки. Також генерується математична модель для оцінки величини ємності конденсаторів для ефективного перетворення механічної енергії вітрового потоку на електричну енергію.

У *четвертому* розділі розробляється експериментальний стенд для вивчення параметрів та характеристик автономного магнітоелектричного генератора у вітроенергетичній установці. Експериментально оцінюється можливість корекції вихідної активної потужності генератора в різних режимах роботи, і визначено, що найбільш ефективним методом регулювання є використання додаткової обмотки підмагнічування. Результати експериментів порівнюються з результатами імітаційного математичного моделювання, що підтверджує адекватність розроблених моделей та достовірність отриманих результатів.

Таким чином, Коваленко І. Я., провівши сукупність наукових досліджень, спираючись на сучасні методи досліджень і технічні засоби, розв'язала поставлені нею задачі і досягла поставлену в роботі мету.

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

Рукопис характеризується доступністю викладення результатів дослідження. Матеріал викладено послідовно і логічно з використанням загальноприйнятої термінології.

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, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 3 статей у виданнях, віднесених до третього квартилів (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports³. Також результати дисертації були апробовані на 10 наукових фахових конференціях.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Перший розділ дещо перевантажений описом конструктивних особливостей вітроелектроустановок. Разом з тим недостатньо обґрунтовано застосування імітаційного моделювання як методу аналізу безмультимплікаційної вітроелектроустановки, чому присвячено третій розділ.

2. Запропоноване авторкою рішення підвищення ефективності перетворення механічної енергії вітру в електричну досліджено на установках досить малої потужності, в той час, як серійні вітроагрегати виконуються, як правило, на великі потужності.

3. Використання в дисертаційному дослідженні додаткової підмагнічувальної обмотки доцільне для певного діапазону швидкостей вітру, оскільки регульовальні можливості магнітоелектричного генератора обмежені вагогабаритними параметрами магнітної системи генератора та насиченням його магнітного кола.

4. Було б доречно в дисертаційному дослідженні порівняти економічність, ефективність, вартість, надійність, потребу в технічному обслуговуванні та комерційну привабливість безмультимплікаційних вітроелектричних систем в порівнянні з класичними технічними рішеннями в даній галузі.

5. В роботі не до кінця обґрунтовано використання генератора торцевого типу із двосторонньою активною поверхнею.

6. Експериментальні дослідження проведено автором на розробленому макеті, який не враховує аеродинамічних властивостей ротора вітроагрегату.

7. Недостатньо уваги приділено урахуванню і узгодженню графіків навантаження споживачів електроенергії і генерування безмультимплікаційної вітроелектроустановки.

8. Доцільно було б оцінити чутливість результатів імітаційного моделювання до вихідних параметрів .

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів і 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 безмультиплікаційна 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».

Офіційний опонент:

професор кафедри електричних станцій і систем
Вінницького національного технічного університету,
докт. техн. наук, професор



Петро ЛЕЖНЮК

21 грудня 2023 року

Учений секретар
к.т.н., доц.



Ліна ВІШТАК