

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Климка Володимира Івановича** «*Вітросонячні системи електроживлення малопотужних споживачів*», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 - Електротехнічні комплекси та системи

### Актуальність теми дисертації

На теперішній час поширюється застосування малопотужних систем електроживлення на базі відновлюваних джерел енергії, таких як вітер та сонячне випромінювання. Це обумовлено як економічними, так і екологічними чинниками. Особливістю цих відновлюваних джерел є нерівномірний розподіл потужності впродовж доби. Причому їх часові графіки потужностей не співпадають. У зв'язку з цим, досить ефективним є комбіноване застосування цих видів енергії в одній системі електроживлення (вітросонячні системи), що дозволяє отримати більш рівномірний потік генерованої енергії. У більшості випадків такі малопотужні системи електроживлення розташовуються у місцях з низьким потенціалом відновлювальних джерел, тому, у даному випадку, питання підвищення їх ефективності стає дуже актуальним.

Дисертаційна робота **Климка Володимира Івановича** спрямована на вирішення наукової задачі, яка полягає у розробці нових конструктивних рішень та розвитку методології параметричної оптимізації вітросонячних установок малої потужності в умовах низькопотенційних поновлювальних джерел енергії.

Результати дисертаційної роботи були використані в процесі виконання держбюджетних науково-дослідних робіт: «Комбінована система автономного електрозабезпечення на базі вітро- і фотоелектричних перетворювачів енергії» (держреєстрація №0111U001212, 2011-2012 рр.) та «Гібридні автономні вітроенергоустановки, що виробляють теплову та електричну енергії» (держреєстрація №0113U001358, 2013-2014 рр.).

На підставі вищезазначеного вважаю, що тема дисертаційної роботи є актуальною.

## **Структура та зміст роботи**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (190 найменувань) та 4 додатків. Вона має загальний обсяг 209 сторінок, в тому числі 149 сторінок основного тексту, містить 117 рисунків та 4 таблиці.

**У вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, визначено мету та завдання, предмет та об'єкт дослідження, наведені дані про зв'язок роботи з науковими програмами та темами, викладена наукова новизна, практичне значення результатів досліджень, наведені відомості про їх апробацію, публікації та впровадження.

**У першому розділі** проведено аналіз існуючих способів отримання електроенергії, використовуючи вітровий та сонячний енергоресурси, а також аналіз структур вітросонячних систем електроживлення та способів їх параметричної оптимізації. Особливу увагу зосереджено на підвищенні енергетичної ефективності ВЕУ з вертикальною віссю обертання за рахунок застосування концентратора вітрового потоку. Також розглянуте питання впливу способів стеження за сонцем на ефективність фотоелектричного перетворювача. Здійснено аналіз методів розрахунку потужності на виході фотоелектричного перетворювача.

**У другому розділі** на основі електронної бази метрологічних спостережень проведена оцінка ресурсів поновлюваних джерел енергії, а саме енергії сонячної радіації та вітрового потоку у м. Львові. Розглянуто алгоритм для розрахунку кількості електроенергії на виході з вітросонячної установки.

Створено програмний продукт в середовищі Matlab для розрахунку питомої кількості погодинної та сумарної за рік електричної енергії на виході вітросонячної установки з заданими параметрами та способом управління.

Запропоновано ефективний варіант конструкції вітросонячної установки.

**У третьому розділі** розглянуто автономну, мережеву та автономно-мережеву вітросонячну системи. Для кожної з них розроблено алгоритми

управління вищого рівня, запропоновано цільові функції та розроблена методика проведення техніко-економічної оптимізації на основі розрахунку цих цільових функцій. Техніко-економічна оптимізація параметрів складових елементів відповідної вітросонячної системи проводилась з застосування генетичних алгоритмів.

Розроблено програмні продукти в середовищі Matlab для розрахунку погодинних перетоків електричної енергії між вузлами системи та показників енергоефективності.

Наведені приклади параметричної оптимізації для автономної, мережевої та автономно-мережевої вітросонячної системи.

**У четвертому розділі** наведено результати імітаційного моделювання аеродинамічних процесів роботи вітроротору з вертикальною віссю обертання та вітроротору з вертикальною віссю обертання в поєднанні з концентратором вітрового потоку. Обґрунтовано раціональні параметри макетного зразка ВЕУ для роботи на малих вітрах.

Проведено дослідження відомих способів електричного навантаження синхронного генератора з постійними магнітами у ВЕУ з вертикальною віссю обертання. На основі результатів математичного моделювання запропоновано ефективний комбінований активно-пасивний спосіб.

Обґрунтовано, з точки зору енергетичної ефективності, оптимальний для регіону Львова спосіб наведення фотоелектричної панелі на сонце. Створено та експериментально досліджено макетний зразок вітроротору з вертикальною віссю обертання в поєднанні з концентратором вітрового потоку, а також макет когенераційної ВЕУ з двома генераторами – електричним і тепловим.

**У висновках** наведено основні результати роботи та дані щодо їх подальшого використання.

**У додатках до роботи** наведено номінальні параметри досліджуваних ВЕУ та фотоперетворювача, лістинг програми для розрахунку перетоків електроенергії

між вузлами вітросонячної системи та акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Аналіз структури, змісту та обсягу дисертації дозволяє зробити висновок про її відповідність положенням п.9 п.11 та п.12 “Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання...”.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що сформульовані у дисертації**

Отримані теоретичні результати є логічними та математично обґрунтованими. У роботі було проведено достатньо змістовний огляд науково-технічної літератури за напрямом дисертаційної роботи. В цілому ж можна вважати, що ступінь обґрунтованості положень, висновків і рекомендацій, що сформульовані у дисертаційній роботі, є достатнім.

### **Достовірність отриманих результатів досліджень**

Достовірність наукових результатів підтверджується коректністю прийнятих допущень та коректністю постановки задач досліджень, застосуванням загальновідомих положень фундаментальних законів електротехніки, теорії електропостачання, проведенням досліджень із застосуванням відомих теоретичних та експериментальних методів. Результати роботи пройшли апробацію на кількох науково-технічних конференціях.

### **Наукова новизна одержаних результатів дисертації**

У першу чергу слід зазначити, що в дисертаційній роботі сформульована і вирішена задача розробки нових конструктивних рішень вітросонячних установок та розвитку методології параметричної оптимізації вітросонячних установок малої потужності в умовах низькопотенційних поновлювальних джерел енергії.

Важливим аспектом новизни результатів роботи також є обґрунтування цільових функцій енергоефективності для трьох структур вітросонячних систем автономного електроживлення окремих об'єктів та розроблений метод параметричної оптимізації цих систем з використанням генетичних алгоритмів, що дає змогу створювати ефективні системи електрозабезпечення для індивідуальних споживачів.

Окремої уваги заслуговує розроблений активно-пасивний метод управління електричним навантаженням синхронного генератора з постійними магнітами у ВЕУ, що дає змогу відбирати максимальну потужність вітрового потоку, використовуючи електронний перетворювач лише на третину потужності ВЕУ.

### **Практична цінність результатів роботи, важливість одержаних в дисертаційній роботі результатів для науки й народного господарства**

Практична цінність роботи полягає у наступному.

Розроблена у роботі методика та відповідне програмне забезпечення дають змогу оперативно визначати оптимальні параметри вітросонячної енергосистеми для споживачів з різними рівнями електроживлення та графіками енергоспоживання.

Новий розроблений пристрій – електромагнітний перетворювач механічної енергії в теплоту, може бути застосований в малопотужних автономних ВЕУ з вертикальною віссю обертання з метою подальшого нагромадження генерованої від вітру енергії у вигляді теплоти.

Сформована погодинна електронна база метеорологічних досліджень може бути використана в подальших наукових дослідженнях та інженерних розробках у галузі поновлюваної енергетики.

Результати проведених в роботі досліджень використовуються в науково-дослідних роботах, що виконуються в СКБ електромеханічних систем Національного університету «Львівська політехніка», ПП «ЕКО-СТ» для

створення систем електроживлення на базі вітрових і сонячних установок, а також у навчальному процесі кафедри «Електропривод та комп'ютеризовані електромеханічні системи» Національного університету «Львівська політехніка».

### **Оцінка мови, стилю, оформлення дисертації та повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях**

Стиль висвітлення – послідовний, лаконічний. Робота написана технічно грамотно, оформлена акуратно. Ілюстрації інформативні і за своїм оформленням відповідають діючим нормативам.

Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно викладені у 10 наукових працях (з них 1 одноосібно), серед яких 2 статті у фахових виданнях України (1 з яких включена до міжнародних наукометричних баз), 3 статті у наукових періодичних виданнях інших держав (з них 2 включені до міжнародних наукометричних баз, в тому числі 1 в базу Scopus), 1 патент України на винахід, 1 патент України на корисну модель та три тези доповідей.

### **Зауваження по дисертаційній роботі**

1. На стор. 14 дисертаційної роботи вказано посилання - "[169]", зміст якого ніяк не пов'язаний з відповідним змістом тексту дисертації.

2. На стор. 32 дисертації наведено результати дослідження, у яких вказано, що застосування концентратора призводить до того, що кутова швидкість зростає у 1,75 разів, кутовий момент зростає у 2,88 разів, а вихідна потужність - у 5,8 разів. Але заявлені зростання кутової швидкості та кутового моменту, виходячи з фізичного смислу механічної потужності, відповідають зростанню механічної потужності лише у 5,04 рази, що менше наведеного значення.

3. У тексті дисертаційної роботи на стор. 52 вказані посилання на формули - "(1.41) та (1.42)", яких у тексті дисертації не існує.

4. З опису алгоритму (стор. 90 дисертації) вказується, що після оцінки

потужності генерування та споживання, в залежності від знака балансу потужностей, подається команда на замикання перемикача SR (якщо баланс позитивний), чи подається команда на замикання перемикачів SB та SR (якщо баланс негативний). З цього опису зрозуміло, що до оцінки потужностей генерування та споживання і подавання відповідних команд перемикачі SB та SR були розімкнені. У цьому випадку не зрозуміло, яким чином може бути проведена оцінка потужності споживання за допомогою датчика струму CS2 (рис. 3.9, стор. 89), якщо при розімкненому стані перемикачів SB та SR контур струму у навантаженні є відсутнім.

5. На стор. 117 зустрічаються незрозумілі терміни: *"стимуляційне комп'ютерне моделювання"* та *"фективний комбінований активно-пасивний спосіб електричного навантаження"*.

6. За текстом дисертації зустрічаються деякі помилки набору.

## **Висновок**

Представлена дисертаційна робота є закінченою науково-дослідною роботою, що виконана автором самостійно. Зроблені зауваження не знижують наукової та практичної цінності дисертації.

В роботі вирішена актуальна наукова задача розробки нових конструктивних рішень вітросонячних установок та розвитку методології параметричної оптимізації вітросонячних установок малої потужності в умовах низькопотенційних поновлювальних джерел енергії.

Автореферат дисертації за своїм змістом відповідає змісту дисертації, яка має наукову новизну, практичну цінність, написана грамотною технічною мовою і оформлена з дотриманням всіх вимог нормативних документів, що висуваються до кандидатських дисертацій.

Зміст дисертації відповідає спеціальності 05.09.03 - Електротехнічні комплекси та системи.

На підставі зазначеного вище вважаю, що дисертаційна робота «*Вітросонячні системи електроживлення малопотужних споживачів*» відповідає вимогам до робіт, що висуваються на здобуття наукового ступеня кандидата наук, згідно п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», постанова Кабінету міністрів України №567, а її автор, **Климко Володимир Іванович**, заслуговує присудження йому наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 - Електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент,

докторант кафедри електричних та електронних апаратів

Запорізького національного технічного університету

Міністерства освіти і науки України,

к.т.н., доцент



Алексієвський  
Дмитро Геннадійович

Підпис Алексієвського Д.Г. засвідчую.

Вчений секретар Ради Запорізького

національного технічного університету

Міністерства освіти і науки України,

д.т.н. професор



Наумик  
Валерій Владиленович