

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

доктора технічних наук, професора

**Сеньківського Всеволода Миколайовича**

на дисертаційну роботу **Кравчишина Віталія Степановича**

**«Інтелектуалізація управління комплексною системою  
генерації електричної енергії»,**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

**Актуальність теми.** Сучасний стан розвитку автоматизованих систем диспетчерського управління (АСДУ) енергодинамічними режимами потужних вітрових електростанцій (ВЕС) характеризується тим, що крім завдань виробництва електроенергії згідно з заданим графіком одночасно ставляться завдання компенсації реактивної потужності, покриття пікових навантажень, в тому числі з використанням можливостей енергоакumuлюючого елемента. Причому, реалізація таких режимів нерідко відбувається за умов невизначеності багатьох параметрів і характеристик таких об'єктів.

Разом з тим, такі особливості вітрової електростанції як: розподіленість елементів ВЕС на значних площах; наявність у їх структурі вітрових установок (ВЕУ) з різними номінальними параметрами, різною готовністю до використання; випадковий характер первинного енергетичного потенціалу; різні функції, які виконують елементи ВЕС, не дають змоги безпосередньо застосовувати відомі результати для коректного аналітичного розв'язання оптимізаційних завдань щодо формування активного складу вітрової електростанції, тобто визначення множини ВЕУ, які необхідно задіяти в даний час для генерації енергії. Для удосконалення технологічних процесів та автоматизації процесу підтримки і прийняття рішень перспективним напрямом вважається інтелектуалізація процесу керування системою генерації електричної енергії..

Приймаючи до уваги приведене вище, можна стверджувати, що тема дисертаційної роботи Кравчишина В.С., присвячена підвищенню рівня інтелектуалізації керування комплексними системами генерації електричної енергії вітровими електричними установками за наявності енергоакumuлюючого елемента

через розроблення інформаційних засобів підтримки прийняття рішень диспетчером, є своєчасною та актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку кафедри автоматизованих систем управління Національного університету “Львівська політехніка” – методи, моделі та компоненти інформаційних управляючих систем і технологій. Дисертація виконана у межах держбюджетної науково-дослідної роботи “Розроблення компонентів для синтезу інтегрованих автоматизованих систем управління”, державна реєстрація № 0114U001232 та науково-дослідної роботи кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка»: “Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону”, державна реєстрація № 0117U1004450.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.** Наукові положення, результати і висновки дисертаційної роботи загалом є достатньо обґрунтованими. Запропоновані автором нові та удосконалені існуючі методи та моделі інтелектуалізації автоматизованої системи управління (АСУ) енергетичними режимами вітрової електричної станції за наявності засобів акумулювання обґрунтовані, як з теоретичної, так і практичної точок зору. В ході досліджень, автор коректно використовує теорію розв'язання задач багатокритеріальної оптимізації, методи інтегрального оцінювання систем, теорію штучних нейронних мереж, теорію проектування апаратно-програмних засобів та методи об'єктно-орієнтованого підходу. Висновки чітко висвітлюють одержаний ефект від проведених досліджень, а рекомендації конкретно вказують на переваги отриманих результатів.

Достовірність та цінність результатів дисертаційної роботи підтверджена належною практичною їх апробацією та впровадженням.

*Наукова новизна отриманих результатів.* На підставі теоретичних і практичних досліджень, виконаних здобувачем, отримано такі нові результати:

- *Вперше* розроблено метод статистичного аналізу швидкості вітру з використанням сімейств двопараметричних неперервних розподілів, що забез-

печило можливість визначення ймовірнісного діапазону робочих швидкостей вітру, для оцінювання потужності ВЕС.

- *Вперше* розроблено модель управління енергодинамічними режимами вітрової електричної станції на основі бази продукційних правил з врахуванням ємності енергоакumuлюючого елемента, що забезпечує можливість інтелектуалізації процесів управління енергодинамічними режимами.

- *Удосконалено* метод динамічного програмування для розв'язання задачі пакування рюкзака при визначенні активного складу ВЕС введенням адитивної функції мети, що враховується на кожному кроці алгоритму та забезпечує необхідний коефіцієнт ефективності набору і мінімізує відхилення результату від заданого навантаження.

#### **Практичні результати роботи, їх рівень та ступінь впровадження.**

Розроблений метод статистичного аналізу швидкості вітру з використанням сімейств двопараметричних неперервних розподілів забезпечує можливість визначення ймовірнісного діапазону робочих швидкостей вітру для оцінювання потужності вітрових станцій.

Дослідження залежності кількості перевизначень активного складу вітрової електричної станції від встановленої ємності енергоакumuлюючого елемента уможлиблює економічне і технічне обґрунтування номінальних параметрів акумуляторної батареї.

Використання цих даних при моделюванні енергодинамічних процесів обміну активною енергією між акумуляюючим елементом, ВЕС та розподільчою мережею з врахуванням розміру заряду акумуляюючого елемента і графіка навантажень дає змогу вирішити завдання забезпечення потреб споживачів в періоди несприятливих погодних умов та мінімізувати переключення активного складу вітрової електричної станції.

Застосування розроблених методів та засобів дає змогу визначати склад вітрової електростанції в режимі реального часу з врахуванням навантаження споживачів, енергетичного потенціалу вітру, потужностей ВЕС та енергетичної ємності енергоакumuлюючого елемента. Оптимізація складу вітрової електрич-

ної станції сприяє зростанню економічної та технічної ефективності використання вітрових електроустановок.

Обґрунтовані та розроблені методи використано при розробленні інтелектуальної інформаційної системи підтримки прийняття рішень для керування енергодинамічними режимами вітрової електричної станції.

Результати дослідження використано в роботі ТОВ "ЕКО-ОПТИМА" під час виконання держбюджетної науково-дослідної теми "Розроблення компонентів для синтезу інтегрованих автоматизованих систем управління", науково-дослідної роботи "Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону" та у навчальному процесі НУ "Львівська політехніка". Впровадження матеріалів досліджень підтверджено відповідними актами.

#### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Аналіз сукупності наукових результатів дисертаційної роботи Кравчишина В.С. забезпечує можливість зробити висновок про їх цілісність і засвідчує особистий внесок автора в науку щодо розроблення методів та засобів інтелектуалізації автоматизованої системи управління енергодинамічними режимами вітрової електричної станції за наявності засобів акумуляування

Основні результати дослідження опубліковано в 16 наукових публікаціях, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті у наукових періодичних виданнях інших держав та 1 стаття у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз, 9 тез доповідей та матеріалів конференціях.

**Оцінка основного змісту дисертації та її структури.** Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 192 найменувань та додатків. Структурно аналізована праця відповідає основним вимогам щодо оформлення дисертаційних робіт. Зміст дисертації свідчить про її завершеність з огляду на повноту розкриття озвучених у роботі завдань, що підтверджує наведена нижче характеристика основних структурних підрозділів.

*У вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні завдання дослідження, визначені предмет та об'єкт дослідження, показано зв'язок з науковими програмами, планами, темами, відображено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. Наведено дані про впровадження результатів у практику, особистий внесок здобувача у розроблення наукових результатів, а також відомості про апробацію та публікацію основних результатів роботи.

*У першому розділі* дисертаційної роботи здійснено аналіз режимів роботи системи управління вітровою електричною станцією та визначено проблеми, які виникають при прийнятті рішень щодо можливості генерації необхідних обсягів електричної енергії вітровою електростанцією. Проведено аналіз методів визначення активного складу вітрової електричної станції з врахуванням динаміки навантаження, енергетичного потенціалу вітру та ефективності вітрових енергетичних установок. На підставі проведених аналітичних досліджень підтверджено актуальність теми дисертації, сформульовано мету та конкретизовано зміст завдань, які необхідно розв'язати для досягнення цієї мети.

*В другому розділі* розроблено модель управління енергодинамічними режимами вітрової електричної станції на основі бази продукційних правил з врахуванням ємності енергоакуюлюючого елемента, яка забезпечує можливість ефективно досліджувати енергодинамічні процеси з метою аналізу їх параметрів, розроблено метод статистичного аналізу швидкості вітру, який забезпечує можливість визначення ймовірного діапазону робочих швидкостей вітру, для оцінювання потужності вітрової електричної станції. Отримані результати покладено в основу розроблення блоку інтелектуалізації системи управління вітровою електричною станцією, який забезпечує визначення критеріїв ефективності окремих ВЕУ та попереднє опрацювання вхідних даних з врахуванням технічних параметрів ВЕУ та умов експлуатації.

*У третьому розділі* розроблено метод визначення активного складу вітрової електричної станції, який ґрунтується на модифікації методу динамічного програмування, використовує експертні оцінки параметрів, узагальнений кри-

терій ефективності вітрової електроустановки, доступну енергетичну ємність акумулюючого елемента та забезпечує можливість приймати рішення в режимі реального часу. Розроблений метод доцільно використати під час проектування інтелектуального блоку управління вітровою електричною станцією, що забезпечить визначення активного складу вітрової електричної станції при використанні інтелектуальної системи, побудованої на продукційних правилах. При цьому формуються когнітивні рекомендації диспетчеру щодо управління потоками енергії для забезпечення рівномірного навантаження споживачів, ефективного використання енергоакumuлюючого елемента та ефективного функціонування вітрової електричної станції.

*У четвертому розділі* дисертаційної роботи реалізовано засоби інтелектуалізації автоматизованої системи управління вітровою електричною станцією, які забезпечують функціонування системи підтримки прийняття рішення диспетчером при управлінні енергодинамічними процесам. В системі передбачено засоби зберігання інформації про стан системи на момент прийняття рішення, для аналізу результатів в певних часових проміжках, параметри вітрової електричної установки, основні параметри вітрових електростанцій, значення вагових коефіцієнтів важливості, навантаження споживачів. Розроблено ситуаційні карти особливостей на основі штучних нейронних мереж, які забезпечують візуалізацію вихідних параметрів в режимі реального часу та дають змогу оперативного реагування диспетчером на критичні значення параметрів навантаження та потужності вітрової електричної станції.

*Висновки* по роботі сформульовані чітко, повністю висвітлюють отримані в роботі результати.

*Список використаної літератури* достатньо інформативний, відображає результати опрацювання автором значної кількості джерел, у тому числі іноземних публікацій, з досліджуваної проблематики, доволі повно охоплює предметну область.

Зміст реферату та основні положення дисертації ідентичні. Оформлення дисертації та автореферату відповідають існуючим вимогам.

### Зауваження до дисертації

1. У першому розділі недостатньо повно висвітлено внесок інших науковців, які працювали над розробленням методів та засобів управління енергодинамічними режимами вітрових електростанцій.
2. Відсутній словесний опис (зокрема не наведено розшифрування величин  $P$  та  $V$ ) відображеної на рисунку 1.2 потужності вітрової електричної станції з аеродинамічним регулюванням залежно від швидкості вітру.
3. Не цілком зрозуміло, як саме визначалися основні критерії ефективності вітрової енергетичної установки та яким ваговим коефіцієнтам вони відповідають при визначенні ефективності вітрових електричних установок.
4. У розділі 2 недостатньо ґрунтовно подано опис складових блоків модуля опрацювання даних, інтелектуального блоку управління вітровою електричною станцією з використанням енергоакумуляуючого елемента.
5. Таблиця 3.1 з порівняльним аналізом досліджуваних методів частково дублює дані таблиці 1.2, а саме інформацію про метод динамічного програмування, метод гілок і границь та метод повного перебору.
6. У третьому розділі (параграф 3.7) незрозумілий механізм формування значень швидкості вітру та навантаження для комп'ютерного симулювання роботи системи управління вітровою електричною станцією.
7. Відсутній опис основних характеристик акумуляторної батареї, використаної для проведення імітаційного моделювання.
8. У дисертаційній роботі зустрічаються граматичні та стилістичні огріхи.

### Висновки

Дисертація Кравчишина Віталія Степановича «Інтелектуалізація управління комплексною системою генерації електричної енергії» за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю та апробацією результатів є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальне наукове завдання інтелектуалізації управління енергетичними режимами вітрової електричної станції з використанням розроблених засобів підтримки прийняття рішень оператором комплексної системи

щодо доцільності використання в певний період часу відповідного набору вітрових агрегатів.

Результати дослідження уможливають визначення складу вітрової електростанції в режимі реального часу з врахуванням навантаження споживачів, енергетичного потенціалу вітру, потужностей вітрових електростанцій та енергетичної ємності енергоакумулюючого елемента.

За актуальністю тематики, рівнем виконання, новизною результатів, їх науковим і практичним значенням, обґрунтованістю висновків дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», що висуваються до кандидатських дисертацій з технічних наук. Зміст дисертації відповідає спеціальності 05.13.06 – інформаційні технології, а її автор, Кравчишин Віталій Степанович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент

завідувач кафедри комп'ютерних наук

та інформаційних технологій

Української академії друкарства

доктор технічних наук, професор

В. М. Сеньківський

Підпис професора Сеньківського В. М. завіряю:

Вчений секретар Української академії друкарства

кандидат технічних наук, доцент



З. М. Сельменська