

**ВІДГУК**

*рецензента КОШЕЛЕНКА Євгенія Валерійовича  
на дисертаційну роботу ЗИБАЛОВА Дмитра Сергійовича*

**«АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМИ  
МАЛОПОТУЖНИМИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИМИ УСТАНОВКАМИ»**

яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування

**Актуальність теми.**

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі підвищення ефективності функціонування автономних малопотужних фотоелектричних установок. На відміну від великих сонячних електростанцій, для яких характерна централізована оптимізація режимів роботи, малопотужні автономні системи функціонують в умовах обмежених енергетичних ресурсів і підвищених вимог до надійності та ресурсу виконавчих механізмів.

Існуючі підходи до керування положенням фотоелектричних установок орієнтовані переважно на максимізацію миттєвої потужності та, як правило, не враховують стохастичний характер змін сонячного випромінювання, обумовлений хмарністю. У результаті цього виникає протиріччя між енергетичною ефективністю та ресурсними характеристиками системи.

У роботі запропоновано підхід до розв'язання зазначеного протиріччя шляхом переходу від задачі екстремального керування до задачі адаптивного вибору режимів функціонування установок з урахуванням статистичних характеристик сигналу потужності, яка генерується фотоелектричним модулем. Такий підхід є обґрунтованим і відповідає сучасним тенденціям розвитку інтелектуальних систем керування технічними об'єктами в умовах невизначеності.

**Наукові результати та їх новизна.** У дисертаційній роботі отримано результати, які мають наукову новизну та розширюють уявлення про принципи побудови підсистем керування просторовим положенням фотоелектричних модулів в змінних умовах оточуючого середовища.

На відміну від відомих рішень, у роботі запропоновано використовувати статистичні характеристики сигналу генерованої потужності як інформаційну основу для прийняття керуючих рішень.

Розроблений алгоритм керування положенням фотоелектричного модуля, що базується на ранжуванні ступеня хмарності та застосуванні відповідної стратегії керування.

Важливим результатом є встановлення того, що за певних умов доцільним є відмова від безперервного стеження за Сонцем для забезпечення максимальної ресурсоефективності системи з урахуванням співвідношення витрат енергії на

переміщення фотоелектричного модуля та очікуваним приростом генерації енергії внаслідок такого переміщення. Обґрунтування такого підходу має принципове значення, оскільки змінює традиційне уявлення про оптимальну стратегію керування просторовим положенням фотоелектричного модуля.

У цілому наукові результати мають системний характер і базуються на поєднанні методів математичного моделювання, статистичного аналізу та сучасної теорії керування.

### **Практичне значення результатів.**

Робота виконана на основі даних математичного моделювання, а також даних натурних експериментів, проведених автором. Отримані результати та запропоновані рішення щодо керування положенням фотоелектричних модулів можуть бути використані при створенні малопотужних автономних систем електропостачання з фотоелектричними модулями. Це дозволить забезпечити їх ресурсоефективність не лише за рахунок збільшення генерації, але й за рахунок зниження витрат на керування та підвищення ресурсу приводів.

Результати досліджень впроваджені у навчальний процес на кафедрі «Кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем» Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» у рамках дисциплін «Моделювання вимірювальних пристроїв», «Інформаційно-вимірювальні системи» та «Автоматизація технологічних процесів виробництва» при підготовці бакалаврів та магістрів при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

### **Оцінка змісту дисертації та відповідність встановленим вимогам**

Дисертаційна робота Зибалова Д.С. є завершеною науковою роботою, містить анотацію – українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел із 85 найменувань та 3 додатки, загальний обсяг роботи – 193 сторінок.

Дисертаційна робота має логічно вибудовану структуру та характеризується внутрішньою узгодженістю між поставленими задачами та отриманими результатами.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації з розвитку систем керування автономними малопотужними фотоелектричними установками, визначені задачі дослідження.

У *першому розділі* сформовано теоретичну основу дослідження, виконано аналіз факторів, що впливають на ефективність фотоелектричних установок, та визначено обмеження існуючих підходів до керування. Це дозволило обґрунтувати необхідність розробки нових методів керування просторовим положенням фотоелектричних перетворювачів.

У *другому розділі* розроблено математичну модель системи автоматичного керування фотоелектричною установкою, яка враховує як детерміновані, так і випадкові впливи зовнішнього середовища. Важливою особливістю є інтеграція різномірних моделей у єдину структуру, що забезпечує можливість

комплексного аналізу процесів, які мають місце при роботі установки в різних режимах.

У *третьому розділі* отримано ключові наукові результати, пов'язані з визначенням інформаційного критерію хмарності, дослідженням його залежності від впливу зовнішнього середовища та формуванням умов переходу між режимами керування фотоелектричною установкою.

У *четвертому розділі* наведено результати моделювання та експериментальних досліджень, що підтверджують адекватність запропонованих моделей і ефективність розробленого методу керування.

Результати експериментальних випробувань підтвердили відтворюваність результатів математичного моделювання на реальному об'єкті. Отримані результати проведених експериментів переконливо свідчать про ефективність запропонованого підходу щодо керування автономними малопотужними фотоелектричними установками, що доводить практичну цінність проведених досліджень.

**Достовірність результатів досліджень** забезпечується коректністю постановлених задач, застосуванням процедур і методів математичного моделювання. Дослідження виконані з використанням сучасних засобів комп'ютерного моделювання, а також з перевіркою отриманих результатів на фізичній моделі.

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

Основні положення та результати дисертаційної роботи Зибалова Д.С. опубліковано у 5 фахових наукових публікаціях, апробація здійснена на 5 міжнародних наукових конференціях з публікаціями тез доповідей.

Зазначене вище дозволяє стверджувати, що дослідження, представлені у дисертаційній роботі Зибалова Д.С. є достатньо висвітленими, виконаними самостійно. У написаних у співавторстві працях зазначено особистий внесок здобувача, який відповідає його дисертаційним дослідженням.

#### **Академічна доброчесність.**

Порушень академічної доброчесності в дисертаційній роботі та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків здобувача. Використання ідей, результатів та текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

#### **Зауваження по дисертаційній роботі Зибалова Д.С.:**

1. У роботі виконане моделювання продуктивності фотоелектричного модуля з обмеженням вихідної потужності, що може бути характерним для деяких режимів і не охоплює всі типові режими експлуатації фотоелектричних модулів.

2. Моделювання та експеримент виконані для одностороннього фотоелектричного модуля, у той час як набувають все більшого поширення двосторонні модулі, які можуть забезпечувати додаткову ефективність за рахунок випромінювання, відбитого від землі, у тому числі в режимі високої хмарності.

3. Моделювання показників економічної ефективності виконане відносно тарифу на електричну енергію для побутових споживачів. У той же час, створення слідкуючих систем найбільш актуальним є для станцій малих та середніх промислових станцій, які мають відмінні тарифи, що може забезпечити покращення показників економічної ефективності запропонованих рішень.

4. У тексті роботи наявні орфографічні, граматичні та пунктуаційні помилки у допустимій кількості.

Зазначені недоліки і зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Зибалова Д.С., її наукову новизну і практичну цінність.

### ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Зибалова Дмитра Сергійовича на тему «Автоматизація процесів керування автономними малопотужними фотоелектричними установками» є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу наукову задачу розроблення системи керування положенням фотоелектричного модуля на основі аналізу зовнішніх умов для забезпечення підтримки ефективного режиму роботи малопотужних фотоелектричних систем.

Дана дисертаційна робота за своїм змістом відповідає спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 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 КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач **Зибалов Дмитро Сергійович** заслуговує **присудження наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.**

#### Рецензент:

Декан Електротехнічного факультету  
Національного технічного університету  
«Дніпровська політехніка», к.т.н.  
28 травня 2026 року



Євгеній КОШЕЛЕНКО