

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
за спеціальністю 151 «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології» в
галузі знань 15 «Автоматизація та
приладобудування»
доктору технічних наук, професору
Алексєєву Михайлу Олександровичу

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Зибалова Дмитра Сергійовича

“Автоматизація процесів керування автономними малопотужними
фотоелектричними установками”, подану на здобуття

наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”

Актуальність теми дослідження

На сьогодні одним із важливих завдань енергетичної галузі є створення умов для безперебійного та надійного живлення споживачів. Одним із перспективних шляхів вирішення цього завдання є розвиток та інтеграція відновлюваних джерел енергії, зокрема фотоелектричних установок, як у промисловому секторі, так і в системах енергозабезпечення приватних домогосподарств. Досвід експлуатації фотоелектричних установок підтверджує, що одним із можливих варіантів підвищення їх ефективності роботи є удосконалення систем автоматизованого керування режимами функціонування, спрямованих на оптимізацію процесів перетворення сонячної енергії в електричну. Одним із найбільш перспективних напрямів підвищення потужності генерування фотоелектричних модулів є застосування трекерних систем відстеження положення Сонця, які забезпечують оптимальне просторове орієнтування фотоелектричного перетворювача та сприяють збільшенню обсягів генерування електроенергії.

Разом із тим застосування сонячних трекерів супроводжується низкою технічних та економічних обмежень, зокрема високою вартістю конструктивної реалізації, необхідністю використання додаткових сенсорних елементів і складністю алгоритмів керування. За таких умов особливого значення набуває удосконалення методів автоматичного керування положенням фотоелектричного модуля, здатних забезпечувати оптимальний баланс між приростом генерованої потужності та витратами ресурсів на функціонування системи відстеження.

Крім того, ефективність роботи фотоелектричних установок також залежить від змін метеорологічних факторів, рівня хмарності, інтенсивності прямої та розсіяної сонячної радіації, що вимагає застосування інтелектуальних алгоритмів керування, здатних оперативно змінювати режим

орієнтування фотоелектричного перетворювача відповідно до зовнішніх умов. Таким чином, дослідження, спрямовані на автоматизацію процесів керування фотоелектричними модулями з трекерними системами відстеження Сонця, удосконалення алгоритмів позиціонування є *актуальними* як з наукової, так і з практичної точки зору. Отримані результати можуть бути використані для підвищення ефективності автономних фотоелектричних установок, розвитку енергоощадних технологій та вдосконалення сучасних систем автоматизації у сфері відновлюваної енергетики.

Наукова обґрунтованість отриманих результатів

У рамках дисертаційного дослідження здобувачем отримано результати, що мають наукову цінність для підвищення енергетичної ефективності малопотужних віддалених сонячних фотоелектричних установок за рахунок удосконалення підходів до керування просторовою орієнтацією фотоелектричного перетворювача залежно від метеорологічних умов та співвідношення приросту генерованої потужності до втрат на позиціонування.

Серед отриманих у дисертаційній роботі результатів варто відзначити удосконалення критерію оцінювання ефективності функціонування автономної малопотужної фотоелектричної установки, що дозволяє більш точно оцінювати доцільність використання трекерних систем у автономних режимах роботи.

Запропоновано використання вибіркового коефіцієнта варіації потужності, що генерується фотоелектричним перетворювачем, як інформаційного параметра для оцінювання ступеня хмарності в системі адаптивного керування його положенням у просторі.

Подальшого розвитку набув метод керування просторовим положенням фотоелектричного перетворювача за рахунок введення адаптивного перемикачів режимів орієнтування за розрахованим положенням Сонця, екстремального пошуку та горизонтального положення залежно від інформаційного критерію хмарності.

А також набула подальшого розвитку імітаційна модель системи автоматичного керування положенням автономної малопотужної фотоелектричної установки, у якій враховано зміну положення Сонця, хмарність, електричні параметри фотоелектричного перетворювача, алгоритм позиціонування у просторі та втрати потужності на переміщення, що дає змогу порівнювати режими керування положенням фотоелектричного перетворювача за згенерованою електроенергією.

Таким чином, наукова обґрунтованість результатів дисертаційної роботи забезпечується використанням сучасних методів математичного моделювання, теорії автоматичного керування та статистичного аналізу. У роботі використано відомі й апробовані моделі визначення положення Сонця, моделі інсоляції та модель фотоелектричного перетворювача на основі моделі одного діода, що адекватно описують процеси генерування електричної енергії. Обґрунтованість отриманих результатів підтверджується узгодженістю результатів математичного моделювання з експериментальними даними, отриманими на створеному фізичному макеті системи сонячного

трекінгу. Висновки та рекомендації базуються на результатах теоретичних і експериментальних досліджень та є логічно взаємопов'язаними.

Отримані в дисертаційній роботі результати мають практичне значення, оскільки спрямовані на підвищення ефективності використання відновлюваних джерел енергії та розвиток сонячної енергетики та можуть бути використані як в Україні, так і в інших країнах, де переважають хмарні дні.

Практична цінність результатів полягає у можливості використання розроблених алгоритмів у системах сонячного трекінгу різного призначення, зокрема в автономних системах електроживлення споживачів. Реалізація запропонованих рішень сприятиме підвищенню енергоефективності функціонування фотоелектричних установок, оптимізації процесів генерування електричної енергії з відновлюваних джерел та вдосконаленню систем автоматизованого керування, що відповідає сучасним тенденціям розвитку світової та національної енергетики.

Відповідність теми дисертаційної роботи

Викладені в дисертаційній роботі наукові положення, результати досліджень, висновки та практичні рекомендації повністю відповідають темі дисертації та спрямовані на розв'язання задачі підвищення ефективності генерування електроенергії фотоелектричними установками шляхом розроблення адаптивного алгоритму керування їх просторовим положенням. Зміст дисертаційної роботи відповідає поставленій меті та сформульованим завданням дослідження. Усі розділи роботи логічно пов'язані між собою та послідовно розкривають питання математичного моделювання процесів генерування електроенергії фотоелектричним перетворювачем, аналізу впливу хмарності на генеровану потужність фотоелектричного перетворювача, розроблення алгоритму керування положенням фотоелектричного перетворювача і його експериментальної перевірки. Отримані результати безпосередньо стосуються предмета дослідження та повною мірою відображають основний зміст дисертаційної роботи.

Рівень виконання поставленого наукового завдання

У дисертаційній роботі повною мірою вирішено поставлені наукові та практичні завдання для підвищення ефективності роботи фотоелектричних перетворювачів в умовах хмарності та проведено комплексні теоретичні та експериментальні дослідження, розроблено математичні моделі процесів генерування електричної енергії, виконано аналіз впливу погодних умов на ефективність роботи фотоелектричного перетворювача та запропоновано адаптивний алгоритм керування положенням сонячного фотоелектричного перетворювача.

Розроблений алгоритм реалізовано на фізичній моделі системи сонячного трекінгу, що дозволило підтвердити працездатність та ефективність запропонованих рішень. Отримані результати мають наукову новизну, практичну цінність та можуть бути використані при розробленні енергоефективних систем сонячної енергетики.

Оволодіння методологією наукової діяльності

У процесі виконання дисертаційної роботи здобувач продемонстрував уміння формулювати наукову проблему, визначати мету та завдання дослідження, обирати й обґрунтовувати методи досліджень відповідно до поставлених завдань. У роботі використано сучасні методи математичного моделювання, статистичного аналізу, експериментальних досліджень та обробки результатів вимірювань. Здобувачем виконано аналіз наукових джерел, проведено теоретичні та експериментальні дослідження, здійснено перевірку адекватності розробленої моделі і сформульовано обґрунтовані висновки. Отримані результати свідчать про належний рівень володіння методологією проведення наукових досліджень та здатність самостійно розв'язувати актуальні науково-прикладні задачі в галузі фотоелектричної енергетики та систем автоматичного керування.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні наукові положення, результати досліджень та практичні напрацювання дисертаційної роботи Зибалова Дмитра Сергійовича достатньою мірою відображені в опублікованих наукових працях. За темою дисертації опубліковано п'ять наукових статей у наукових фахових виданнях України. Результати досліджень апробовано на п'ятьох міжнародних наукових конференціях з публікацією тез, де вони отримали відповідне обговорення та позитивну оцінку наукової спільноти. Опубліковані праці повною мірою висвітлюють основні результати дисертаційного дослідження, зокрема питання моделювання процесів генерування електроенергії фотоелектричними перетворювачами, аналізу впливу хмарності на ефективність генерування, а також розроблення алгоритму адаптивного керування положенням фотоелектричного перетворювача залежно від умов інсоляції.

Академічна доброчесність

У дисертаційній роботі та наукових публікаціях Зибалова Дмитра Сергійовича, у яких відображено основні результати дослідження, порушень принципів академічної доброчесності не виявлено. Дисертаційна робота виконана автором самостійно, а всі наукові результати, положення та висновки, що виносяться на захист, отримані здобувачем особисто та належним чином апробовані в опублікованих наукових працях. У роботах, виконаних у співавторстві, використано лише ті наукові ідеї, результати досліджень, методи, моделі та розрахунки, які є результатом особистого внеску здобувача. Усі запозичені положення, наукові результати та ідеї інших авторів супроводжуються відповідними посиланнями на джерела згідно з вимогами академічної етики та чинних нормативних документів.

Дискусійні положення та зауваження:

1. У роботі загалом витримано належний науковий стиль викладення матеріалу, проте доцільно було б приділити більшу увагу уніфікації термінологічного апарату відповідно до чинних нормативних документів та сучасної науково-технічної практики, зокрема ДСТУ ISO 9488:2010, ДСТУ

8328:2015, ДСТУ 7503:2014. Узгодженість використання окремих термінів сприяла б підвищенню точності формулювань і покращенню сприйняття матеріалу фахівцями відповідного напрямку.

2. Під час викладення матеріалу здобувачу доцільно більш чітко розмежовувати поняття “втрати” та “витрати”, оскільки у технічній та економічній літературі ці терміни традиційно мають різне змістове значення. Так, термін “втрати” зазвичай використовується для характеристики електроенергетичних процесів і відповідних фізичних величин, тоді як поняття “витрати” частіше стосується економічних або ресурсних показників.

3. Формулювання першого та шостого пунктів наукової новизни могли б бути дещо конкретизовані та структуровані з позиції більш чіткого розмежування елементів наукової новизни та практичного значення отриманих результатів. У представленому вигляді зазначені положення значною мірою підкреслюють прикладний аспект виконаної роботи, що, безумовно, є позитивною характеристикою дослідження, хоча окремі формулювання могли б бути подані у більш академічно акцентованій формі.

4. У процесі ознайомлення з роботою були помічені окремі незначні розбіжності між посиланнями, наведеними у тексті, та позиціями у списку використаних джерел.

5. У розділі, присвяченому моделі хмарності, окремі параметри та позначення потребують більш чіткого уточнення одиниць вимірювання. Більш детальне подання відповідних величин сприяло б однозначності інтерпретації результатів моделювання та підвищило б рівень сприйняття матеріалу.

6. Робота містить значний обсяг теоретичного матеріалу та узагальнення відомих положень, що свідчить про ґрунтовне опрацювання автором наукових джерел за тематикою дослідження. Разом із тим окремі фрагменти оглядового характеру могли б бути подані у більш стислому та узагальненому вигляді з акцентуванням основної уваги саме на авторських результатах, методах і практичних аспектах проведеного дослідження.

7. Текст роботи загалом викладено на належному науковому рівні та характеризується достатньою змістовністю, проте місцями зустрічаються окремі стилістичні неточності, граматичні помилки та нестандартні мовні особливості викладення. Крім того, окремі рисунки та графічні матеріали могли б бути подані з вищою якістю візуального оформлення та чіткішою деталізацією окремих елементів, що сприяло б кращому сприйняттю й інтерпретації представлених результатів дослідження.

У цілому робота справляє позитивне враження та демонструє належний рівень опрацювання досліджуваної тематики. Водночас автору у подальшій науковій діяльності доцільно звернути дещо більшу увагу на питання термінологічної узгодженості, коректності формулювання окремих положень наукової новизни, точності оформлення бібліографічних посилань, а також стилістичної виваженості викладення матеріалу. Наведені зауваження мають переважно рекомендаційний та редакційний характер і загалом не знижують наукової та практичної цінності представленої роботи.

Загальний висновок

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Зибалова Дмитра Сергійовича на тему “Автоматизація процесів керування автономними малопотужними фотоелектричними установками” виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є цілісною, завершеною та самостійно виконаною науковою працею.

Робота присвячена вирішенню актуального науково-прикладного завдання підвищення ефективності роботи фотоелектричних установок шляхом адаптивного керування системою позиціонування залежно від рівня хмарності. У роботі запропоновано підхід до визначення рівня хмарності на основі статистичного аналізу потужності фотоелектричної системи, що дозволяє обирати найбільш доцільний алгоритм слідкування за Сонцем. Отримані результати підтверджено засобами моделювання та експериментальними дослідженнями.

Узагальнюючи результати проведеного аналізу дисертаційної роботи, слід зазначити, що вона характеризується належним науковим рівнем, актуальністю обраної тематики, достатньою глибиною виконаних досліджень, а також практичною значущістю отриманих результатів.

Представлена робота містить науково обґрунтовані положення, висновки та рекомендації, що мають теоретичне і прикладне значення для подальшого розвитку в галузі автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій. За змістом, структурою, обсягом проведених досліджень та рівнем оформлення дисертація загалом відповідає вимогам “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 (зі змінами № 507 від 03.05.2024 р.) та вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. “Про затвердження вимог до оформлення дисертації”.

На підставі вищевикладеного вважаю, що Зибалов Дмитро Сергійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, доцент,

доцент кафедри електричних станцій та систем

Вінницького національного технічного університету

Гулько Ірина Олександрівна